



**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**MMB 401
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I**

ve

**MMB 402
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI II**

DENEY KİTABI



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BORULARDA BASINÇ KAYBI DENEYİ

12.1. Deneyin Adı

Yerel basınç kayıp katsayılarının hesabı

12.2. Giriş

12.2.1. Basınç Kayıplarının Nedenleri

Enerjinin korunumu prensibi gereğince bir borudaki veya kontrol hacmindeki ideal ve gerçek akışında enerji kayıplarının olmaması gerekir. İdeal bir sıvı akışı halinde enerji dönüşümleri sadece bunlar arasında oluşur;

- Basınç
- Kinetik enerji (hız)
- Potansiyel enerji (yükseklik)

Bütün bu enerji formları bir diğerine dönüştürebilir.

Gerçek sıvılar olması durumunda, sıvı akışı durumunda moleküller arasında ve duvar yüzeylerinde sürtünme oluşur. Sürtünme esnasında basınç, kinetik veya potansiyel enerjinin bir kısmı sürtünmeden dolayı ısı enerjisine dönüşür. Bu enerji transferi genellikle denetlenmediğinden “*kayıp*” olarak kabul edilir. Çünkü sıvıdaki sıcaklık artışı çok küçüktür ve hızla yüzeylerden dağılır. Örnek olarak 10m’lik basınç kaybı su sıcaklığında sadece 0,023°C yükselmeye yol açar¹.

⁽¹⁾ Bu durum aşağıdaki işlemlerle görülebilir;

$$\text{Enerji} = m \cdot g \cdot H = m \cdot 9,81 \cdot 10 = m \cdot 98,1 \text{ (J)}$$

$$\text{Sıcaklık artışı} = m \cdot c_p \cdot \Delta T \text{ Su için } c_p = 4,19 \text{ kJ/kgk} \quad \Delta T = \frac{m \cdot 98,1}{m \cdot 4,19 \cdot 10^3} = 0,023^\circ C$$

12.2.2. Basınç Kayıplarının En Aza İndirilmesi

Basınç kayıpları faydalı enerjinin kaybı olduğundan, kayıpların en aza indirilmesi çok önemlidir. Buna rağmen borular, bağlantı elemanları ve tesisat üzerindeki basınç kayıplarının en aza indirilmesi için oldukça büyük bir masraf yapılması kaçınılmaz olacaktır.

Basınç kayıpları şu yollarla azaltılabilir:

1. Akış hızı düşürülerek basınç kaybı azaltılır. Çünkü basınç kayıpları laminar akışta hıza eşit olarak değişirken türbülanslı akışta yaklaşık hızın karesiyle orantılı olarak değişir. Akış hızı bir sistemde debi azaltılarak veya verilen bir debi için boru çapı büyütülerek düşürülür.
2. Sıvının viskozitesinin düşürülerek basınç kaybı azaltılır. Bu genelde pratik bir uygulama değildir. Ancak fuel-oil gibi viskozitesi çok yüksek olan sıvılarda onları ısıtmak akışkanlıklarını artırır. Diğer bütün durumlarda basınç kayıplarının düşürülmesi ısıtma masraflarından ucuza gelecektir.
3. Girdap ve türbülanslar en aza indirilerek basınç kaybı düşürülür. Bu, boru ve elemanlarında keskin köşelerden, ani kesit değişimlerinden pürüzlü iç yüzeylerden kaçınmak suretiyle dikkatli sistem tasarımıyla sağlanabilir. Buna rağmen, standart boru ve bağlantı elemanlarının kullanılması ekonomik olacaksa bunları basınç kayıplarını en aza indirecek şekilde seçmek gerekir.

12.2.3. Borularda Basınç Kayıpları

Borularda akış kaybı aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho \cdot \frac{u^2}{2} \quad (1)$$

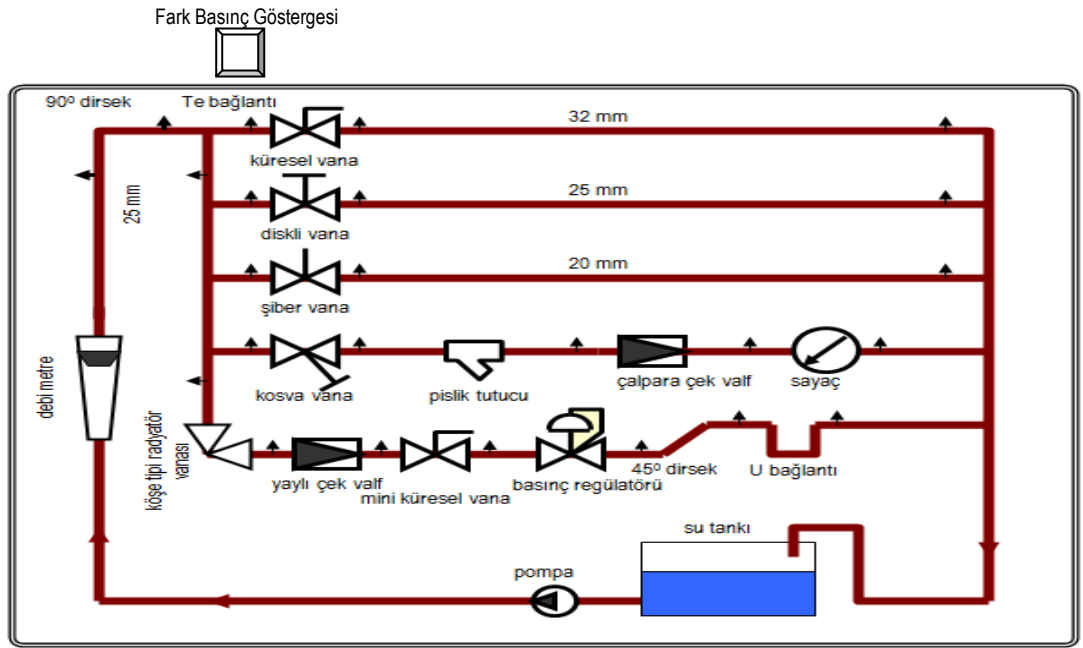
Burada;

ΔP = basınç kaybı (Pa)

L = borunun uzunluğu (m)
 u = ortalama akış hızı (m/s)
 f = sürtünme kayıp katsayısı (boyutsuz)
 ρ = akışkan yoğunluğu (kg/m^3)

12.3. Deneyin Amacı

Sıvı akışkan hatlarında kullanılan ve akım çizgilerini geometrik olarak değiştirerek kısıtlayan yerel bağlantı cihazlarındaki basınç kayıplarını ölçmek. Bu ölçüm değerlerine bağlı olarak yerel basınç kayıp katsayısı K değerini hesaplayabilmek.



Şekil 12.1. Basınç kayıpları eğitim seti şeması

12.4. Deney Yöntemi

- Manometre bağlantı hortumlarını diskli vana giriş ve çıkışındaki tapalara bağlayın.
- Su hattını açın ve debiyi 250 lt/h değerine ayarlayın.
- Ölçüm değerlerini tabloya kaydedin.

- Su debisini sırayla 500, 1000 ve 1500 lt/h (veya ulaşabildiği en büyük debi) değerlerine ayarlayarak ölçümleri tabloya kaydedin.
- Debi değerlerini boru kesitine bölerek akış hızlarını bulun.
- (2) formülü yardımıyla K değerlerini farklı akış hızları ve basınç kayıpları için hesaplayın.

$$K = \frac{\Delta P}{\rho * u^2 / 2} \quad (1.2)$$

- Buraya kadar olan işlem adımlarını vananın farklı açıklık oranları için tekrarlayabilirsiniz.
- Diğer vana ve bağlantı elemanları için deneyleri benzer şekilde tekrarlayın.

12.5. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 12.1. Debi ve hız ölçüm değerleri

ÖLÇÜM	Debi [lt/h]	Kesit [m ²]	Hız [m/s]	ΔP [mbar]	K
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Kosva vana, pirinç, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Ortalama					
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Radyatör vana, pirinç, ½"		1,4095x10 ⁻⁴			
Ortalama					
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Yarım dirsek, 45°, PPRC, 25 mm		2,2420x10 ⁻⁴			
Ortalama					

12.6. Kaynaklar

[1] Deneysan Deney Föyleri



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

FRANCIS TÜRBİN DENEYİ

13.1. Deney No: 01

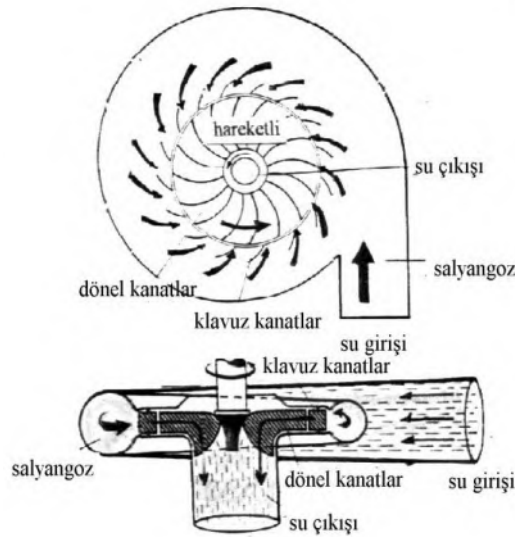
13.1.1. Deneyin Adı

Farklı akış debilerinde türbin çıkış gücünün değişimi

13.1.2. Giriş

Francis türbinleri genellikle orta kademe su düşülerinde ve büyük debilerde iyi sonuç verirler. Tam püskürtmeli olarak tanınan bu türbinlerde suyun debisi $130 \text{ m}^3/\text{h}$ civarındadır. Girişteki suyun potansiyel enerjisinin bir kısmı kinetik enerjiye çevrilir. Suyun hızı, çarka girişte en yüksek değerini alır. Suyun hızla çıkması sonucu oluşan tepkime ile çark döndürülür. Bu türbinlerde statör (salyangoz), su kütlesini çarka bütün çevreden gönderir. Suyun yörüngesi çarka girişte çevreden merkeze doğru, çıkışta ise dönme eksenine paraleldir.

Geniş kullanma alanı olan bu türbinlerin büyük güçte olanları dik, küçük güçte olanları yatay eksenli çalışırlar. Francis türbinler kendi aralarında, yüksek hızlı, orta hızlı ve yavaş hızlı olmak üzere üçe ayrılırlar.

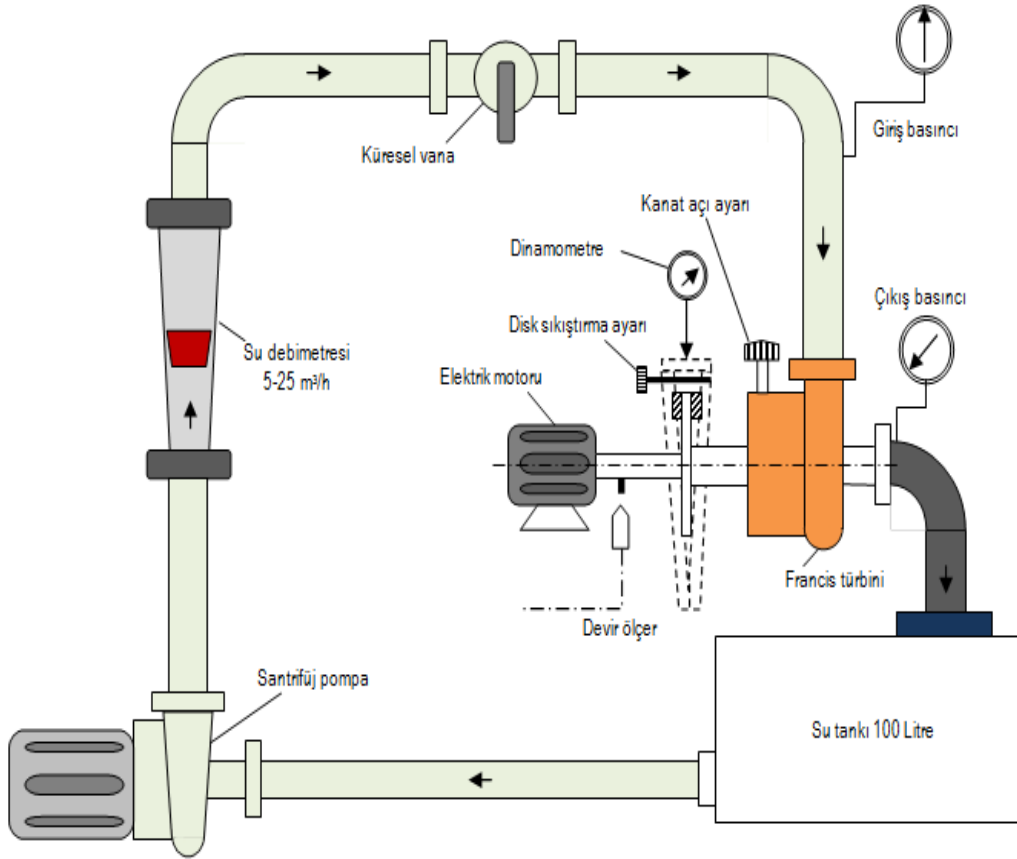


Şekil 13.1. Francis çarkı ve salyangoz

Francis türbinleri suyun giriş sırasına göre salyangoz, sabit dağıtıcı, hareketli dağıtıcı, kumanda çemberi ve kumanda mekanizması, çark ve emme borusu kısımlarından oluşurlar.

13.1.3. Deneyin Amacı

Türbin veriminin akış debisine bağlı olarak nasıl değiştiğini kavramak.



Şekil 13.2. Francis türbini eğitim seti şeması

13.1.4. Deney Yöntemi

- Ana şalteri açın, pompayı çalıştırın.
- Küresel vanayı tam açık konuma getirin.
- Kanat açısı ayarını sola çevirerek en dik konuma getirin.
- Dinamometrenin kadranını sıfırlayın.

- Dinamometrenin disk sıkıştırma ayar vidasını yavaşça sıkıştırın.
- Disk yavaşladığında ölçülen dinamometre değerini ve türbin devir sayısını kaydedin.
- Türbine giriş-çıkış basınçlarını kaydedin.
- Yukarıdaki ölçümleri 7, 6 ve 5 m³/h için tekrarlayın.
- Tablo değerlerini kullanarak, örnekteki bağıntı yardımıyla türbin verimlerini hesaplayın.
- Akış debisi-verim değerlerini Şekil 13.3'teki grafik üzerine aktarın.

13.1.5. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 13.1. Debi ve basınç ölçüm değerleri

Ölçüm sayısı	1	2	3	4
Devir sayısı, n [d/d]				
Dinamometre kuvveti, F [N]				
Su debisi, \dot{V} [m ³ /h]				
Su giriş basıncı, P ₁ [mSS]				
Su çıkış basıncı, P ₂ [mSS]				

$$\text{Türbin verimi [\%]} \quad \eta = \frac{P_{shaft}}{P_{hyd}} = \frac{M_d \cdot \omega}{\dot{m} \cdot g \cdot H} = \frac{0,085 \cdot F \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / 60}{\dot{m} \cdot g \cdot H}$$

M_d: Döndürme momenti [N.m]

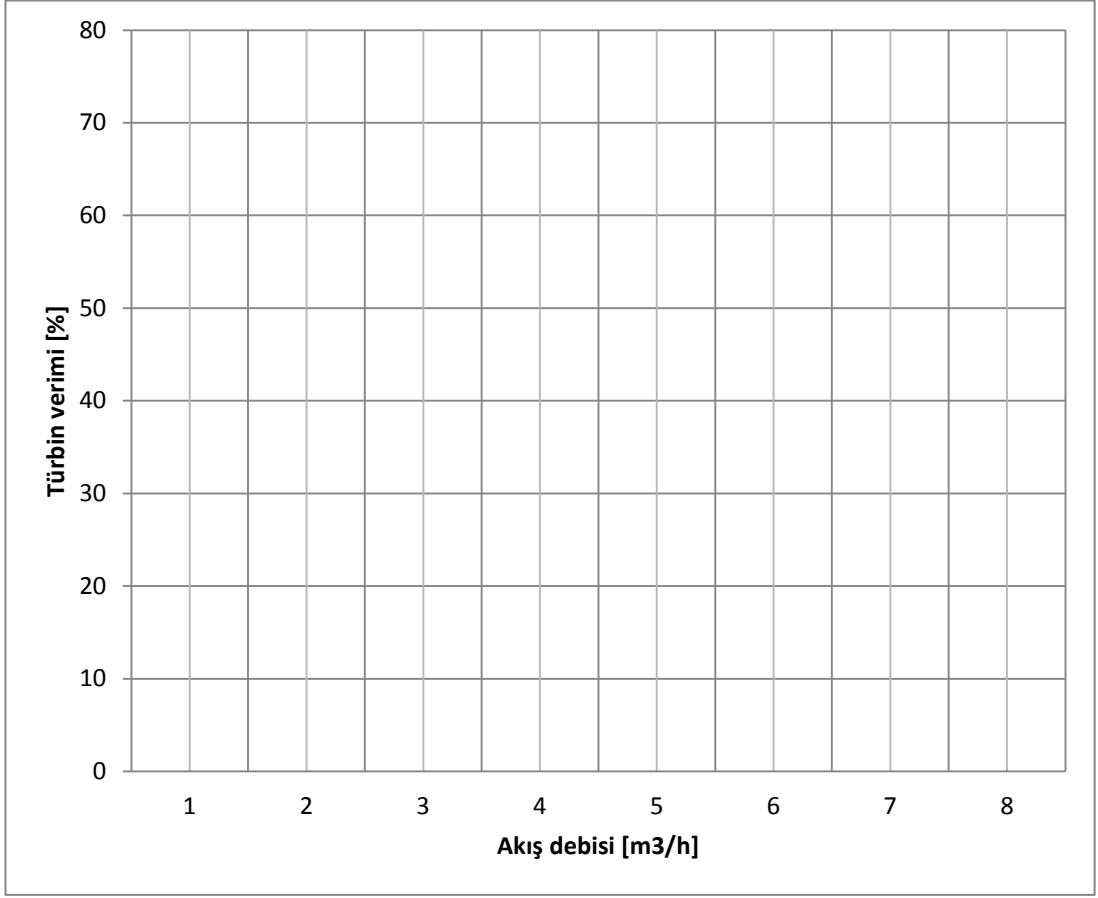
ω : Açısal hız [rad/s]

F: Dinamometre kuvveti [N]

\dot{m} : Suyun debisi [kg/s]

g: Yer çekim ivmesi = 9.81 [m/s²]

H: Net düşü [mSS], H = P₁-P₂



Şekil 13.3 Türbin verimi – Akış debisi diyagramı

13.1.6. Kaynaklar

- [1] Deneysan Deney Föyleri

13.2. Deney No: 02

13.2.1. Deneyin Adı

Farklı kılavuz kanat açılarında türbin veriminin değişimi

13.2.2. Deneyin Amacı

Farklı kılavuz kanat girişlerinde türbin veriminin nasıl değiştiğini kavramak.

13.2.3. Deney Yöntemi

- Ana şalteri açın, pompayı çalıştırın.
- Küresel vanayı tam açık konuma getirin.
- Kanat açısını sola çevirerek en dik konuma getirin.
- Dinamometrenin kadranını sıfırlayın.
- Dinamometrenin disk sıkıştırma ayar vidasını yavaşça sıkıştırın.
- Disk yavaşladığında ölçülen dinamometre değerini ve türbin devir sayısını kaydedin.
- Türbine giriş-çıkış basınçlarını kaydedin.
- Yukarıdaki ölçümleri, kanat ayar vanasını her defasında 1 tur sağa çevirip tekrarlayın.
- Tablo değerlerini kullanıp, örnekteki bağıntı yardımıyla türbin verimlerini hesaplayın.
- Kılavuz kanat giriş açısı-verim değerlerini Şekil 13.4'deki grafik üzerine aktarın.

13.2.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 13.2. Debi ve basınç ölçüm değerleri

Ölçüm sayısı	1	2	3	4
Devir sayısı, n [d/d]				
Dinamometre kuvveti, F [N]				
Su debisi, \dot{V} [m ³ /h]				
Su giriş basıncı, P ₁ [mSS]				
Su çıkış basıncı, P ₂ [mSS]				
Kılavuz kanat ayarı, [tur]	Tam açık	3/4 açık	1/2 açık	1/4 açık

$$\text{Türbin verimi [\%]} \quad \eta = \frac{P_{shaft}}{P_{hyd}} = \frac{M_d \cdot \omega}{\dot{m} \cdot g \cdot H} = \frac{0,085 \cdot F \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / 60}{\dot{m} \cdot g \cdot H}$$

M_d: Döndürme momenti [N.m]

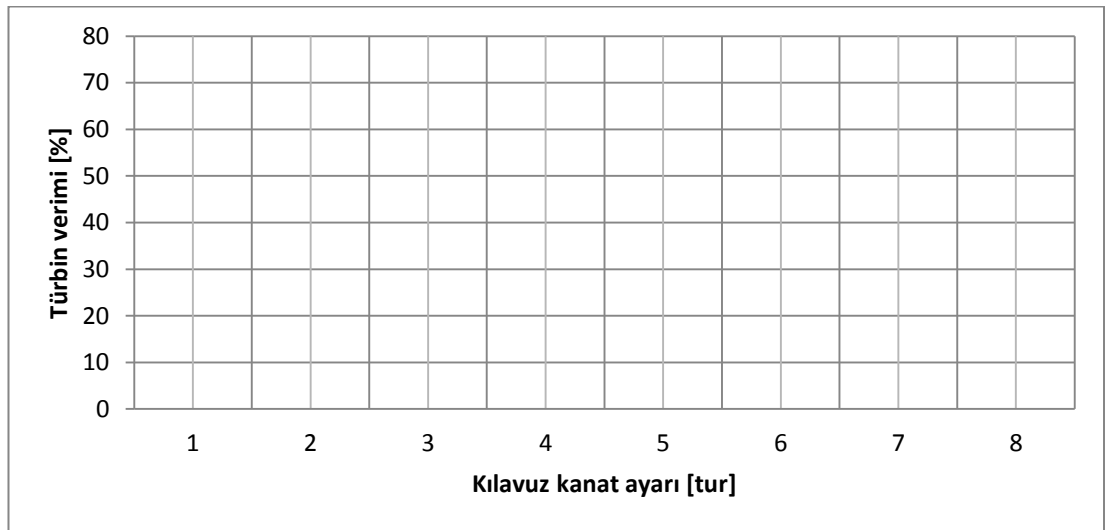
ω : Açısal hız [rad/s]

F: Dinamometre kuvveti [N]

\dot{m} : Suyun debisi [kg/s]

g: Yer çekim ivmesi = 9.81 [m/s²]

H: Net düşü [mSS], H = P₁-P₂



Şekil 13.4 Türbin verimi – Akış debisi diyagramı

13.2.5. Kaynaklar

- [1] Deneysan Deney Föyleri



**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ DENEYİ

14.1. Giriş

Mühendislik uygulamalarında en önemli ve en çok karşılaşılan konulardan birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı transferidir. Isı değiştiriciler, birbirine karışmaları engellenen, sıcaklıkları farklı iki akışkan arasında ısı değişimini sağlayan cihazlardır. Isı değiştiricilerinin pratikte geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Güç merkezleri(santralleri), kimya ve gıda endüstrisi, atık ısının geri kazanımı, soğutma, ısıtma ve iklimlendirme tesisleri, ısı depolama sistemleri, yağ soğutma birimleri ısı değiştiricilerinin başlıca uygulama alanlarıdır [1].

14.2. Deneyin Amacı

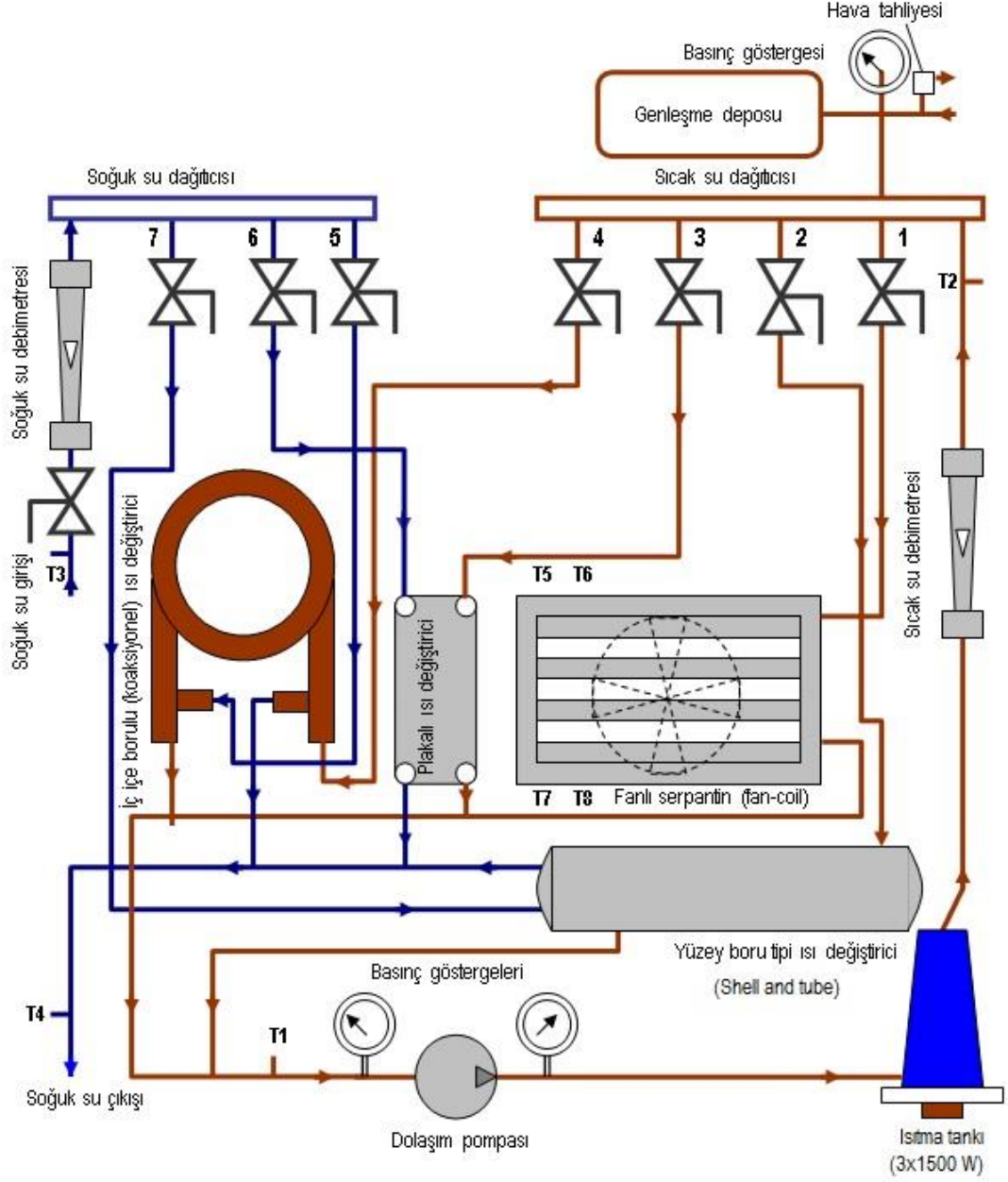
- Eş merkezli bir ısı değiştiricisinde paralel akışın gösterilmesi
- Isı değiştiricileri için termodinamiğin birinci kanununun yazılması
- Toplam ısı geçiş katsayısının hesaplanması

14.3. Deney Yöntemi

Eş merkezli borular arasındaki ısı transferini incelemek için Şekil 1’de görünen Çoklu Isı Değiştirici Eğitim Seti adlı deney düzeneği kullanılmaktadır. Deney düzeneği üzerinde birden fazla ısı değiştiricisi bulunmaktadır. Bunlar; iç içe borulu (koaksiyel) ısı değiştiricisi, plakalı ısı değiştiricisi, yüzey ve boru tipi ısı değiştiricisi, fanlı serpantin (fan-coil) tipi ısı değiştiricisidir. Isı değiştiricisinde farklı sıcaklıklarda en az iki akışkan bulunmalıdır. Burada sıcak akışkan olarak bir ısıtma tankı içerisinde 2500 W ’lık iki adet ısıtıcıyla ısıtılan sıcak su, soğuk akışkan olarak şebeke suyu kullanılmaktadır. Sıcak suyun dolaşımını sağlayan küçük bir pompa, deney düzeneğinin en alt bölgesine yerleştirilmiştir. Sıcak akışkanın debisi üç kademeli dolaşım pompası yardımıyla değiştirilebilmektedir.

Deney düzeneğinin su giriş hortumu şebeke musluğuna bağlanarak sisteme soğuk su girişi sağlanmaktadır. Sıcak ve soğuk akışkanların debileri rotametreler yardımıyla

ölçülmektedir. Isı değiştirici tipine bağlı olarak sıcak ve soğuk su dağıtıcısındaki gerekli vanalar açılarak su giriş-çıkışı sağlanmaktadır.



Şekil 14.1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

Deneyin Yapılışı;

Deneyle iç-içe borulu ısı değiştiricisi ile yapılacak olup, ısı transfer alanı $F = 0,0967 \text{ m}^2$

- Sigortaları açık (ON) konumuna getirin.
- Pompayı çalıştırın. Sıcak su dağıtıcısındaki 3 no'lu, soğuk su dağıtıcısındaki 6 no'lu vanayı açın. Debileri 1000 L/h'ye ayarlayın.
- Isıtıcı anahtarlarını açın. (2500 W)
- Sistem kararlı hale gelince sıcaklık ve debi değerlerini Çizelge 14.1'e kaydedin.

14.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

Bir ısı değiştiricisinin performansı hakkında bilgi sahibi olabilmek için, ısı değiştiricisindeki toplam ısı geçişi ile akışkan giriş ve çıkış sıcaklıkları, toplam ısı geçişi katsayısı ve ısı geçişi toplam yüzey alanı arasında bir bağintı bulunması gerekir.

Çevreye olan ısı kaybı, potansiyel ve kinetik enerjilerdeki değişimler ihmal edilmiştir. Ayrıca faz değişiminin olmadığı ve özgül ısıların sabit kaldığı kabul edilmiştir. Bu şartlara sahip bir ısı değiştiricisi için:

$$\dot{Q} = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad \text{Sıcak akışkandan olan ısı geçişi miktarı} \quad (1)$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \quad \text{Soğuk akışkana olan ısı geçişi miktarı} \quad (2)$$

Termodinamiğin birinci kanunu analizi bize sıcak akışkanın entalpisindeki düşüşü ve soğuk akışkanın entalpisindeki yükselişi vermektedir. Bu da enerji dengesi olarak adlandırılır.

$$\dot{Q} = \dot{m}_h (h_o - h_i)_h + \dot{m}_c (h_o - h_i)_c \quad \text{veya} \quad (3)$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) + \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \quad (4)$$

Kayıplar yok sayıldığından değeri sıfırdır. Fakat deney sırasında ortama ısı kayıplarından dolayı sonuç sıfırdan farklı çıkabilmektedir.

Taşınım katsayısı ve toplam ısı geçirme katsayısı

İç ve dış taraftaki ısı taşınım katsayısı belirlenirken Newton soğuma kanunundan yararlanılmaktadır.

$$Q = UF(\Delta T)_{lm} \quad (5)$$

Burada;

U : Toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 K$)

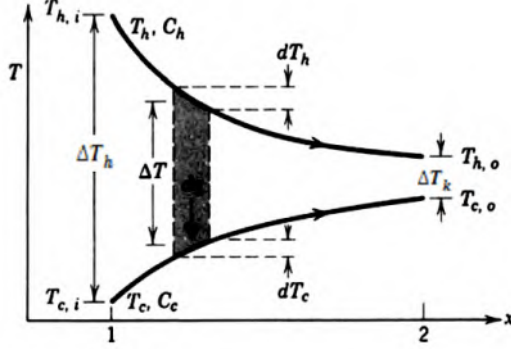
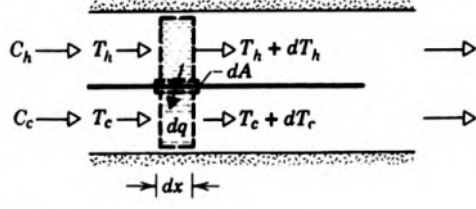
ΔT_{lm} : Logaritmik Ortalama sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

F : Isı transferi yüzey alanı (m^2)

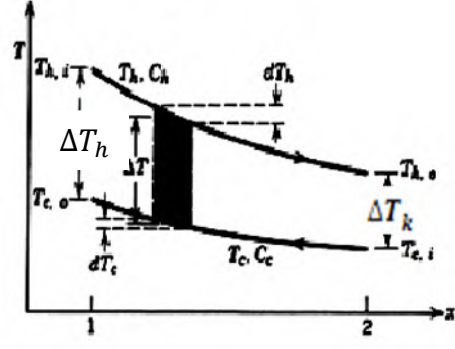
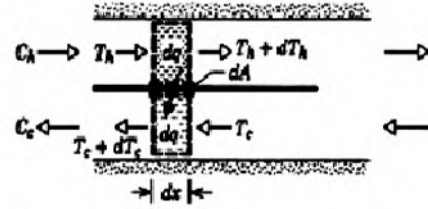
Cidar kalınlığının ince ve ısı iletim katsayısının büyük olduğu göz önüne alınarak cidardaki iletim terimi ihmal edilebilir. Bu kabuller altında kanatsız, borulu ısı değiştiricileri için toplam ısı geçirme katsayısı

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_h} + \frac{1}{h_c}} \quad (6)$$

Paralel akışlı ısı değiştirgeci



Zıt akışlı ısı değiştirgeci



Şekil 14.2. Paralel ve zıt akışlar için sıcaklıkların ısı değiştirgeci boyunca değişimi [2]

Logaritmik ortalama sıcaklık farkı,

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_b - \Delta T_k}{\ln\left(\frac{\Delta T_b}{\Delta T_k}\right)} \quad (7)$$

$$\Delta T_b = T_{h,i} - T_{c,i}$$

$$\Delta T_k = T_{h,o} - T_{c,o}$$

Burada ΔT_m ; logaritmik sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Isıtma suyuna verilen yük:

$$\dot{Q}_h = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (8)$$

Soğutma suyuna aktarılan yük:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \quad (9)$$

Kayıplar ihmal edildiği durumda $\dot{Q}_h = \dot{Q}_c$ olacaktır.

Toplam ısı geçişi katsayısı $U = \frac{\dot{Q}}{F\Delta T_m}$ [W/m²K] (10)

Çizelge 14.1. Ölçülen değerler

lüm sayısı		1	2	3	4
Sıcak su giriş sıcaklığı, T _{hi}	[°C]				
Sıcak su dönüş sıcaklığı, T _{ho}	[°C]				
Soğuk su giriş sıcaklığı, T _{ci}	[°C]				
Soğuk su dönüş sıcaklığı, T _{co}	[°C]				
Isıtıcı giriş gücü, P ₁	[kW]				
Pompa ve fan giriş gücü, P ₂	[kW]				
Pompa giriş basıncı, p ₁	[MSS]				
Pompa çıkış basıncı, p ₂	[MSS]				
Basınc kaybı, P ₂ -P ₁	[MSS]				
Sıcak suyun debisi \dot{V}_1	(L/h)	800			
Soğuk suyun debisi \dot{V}_2	(L/h)	500			

Deneyden İstenenler;

- Deneyin amacını ve deney düzeneğinin tesisat şemasıyla birlikte kısaca tanıtılması.
- Hesaplar kısmında verilen teorik bilgiye ve deney verilerine göre izelge 14.2'deki değerlerin hesaplanması. (Raporda sadece bir ölçüm için hesaplama ayrıntılarının verilmesi gerekmektedir.)
- Toplam ısı transferi katsayısı U ve toplam basınc kaybı ΔP nin debi ile değişimlerinin çizilmesi.

Çizelge 14.2. Hesaplanacak veriler

Hesaplanacak veriler	Deney No			
	1	2	3	4
Sıcak akışkanın ısı değiştiriciye giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkı				
Soğuk akışkanın ısı değiştiriciye giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkı				
Sıcak akışkan ile soğuk akışkan arasındaki ortalama logaritmik sıcaklık farkı; ΔT_{lm}				
Sıcak akışkanın kaybettiği ısı, \dot{Q}_h				
Soğuk akışkanın kazandığı ısı, \dot{Q}_c				
Isı geçirgenlik değeri, U				

14.5. Kaynaklar

- [1] YILMAZ, T., “Isı Değiştiricileri Ders Notu”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2013.
- [2] BULGURCU, H., “HT320 Çoklu Isı Değiştirici Eğitim Seti Deney Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DOĞAL VE ZORLANMIŞ ISI TAŞINIM DENEYİ

15.1. Giriş

Isı bir enerji çeşidi olup, yüksek sıcaklıktaki bir ortamdan daha düşük sıcaklıktaki bir ortama kendiliğinden geçer. Isının geçtiği ortamlar gaz veya sıvı akışkanlar ile katılar olabilir. Bu ortamlara bağlı olarak ısı transferi, üç ayrı şekilde veya bunların bir arada bulunması ile meydana gelir.

Bunlar;

- Isı iletimi
- Isı taşınımı
- Isı ışınımı

şeklinde sınıflandırılmaktadır.

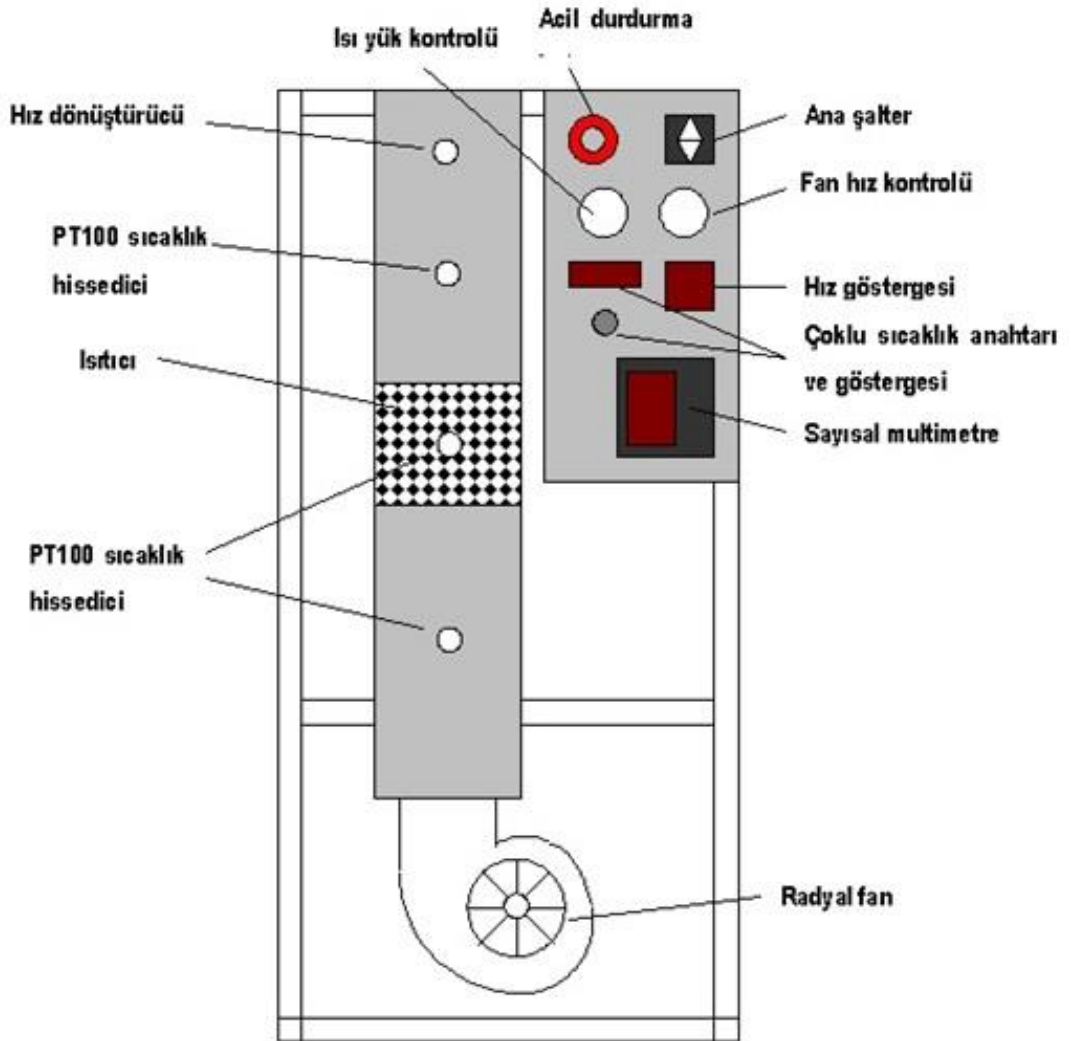
Bu deney kapsamı içerisinde ısı taşınımı incelenecek ve doğal taşınım ile zorlanmış taşınım tanıtılarak aralarındaki farklar üzerinde durulacaktır. Isı taşınımı olayı, akışkanın hareket şekline göre doğal ve zorlanmış taşınım olarak iki grupta incelenmektedir. Akışkanın hareketi dışarıdan bir enerji verilmesiyle (hava akımının fan, su akışının pompa vb. vasıtasıyla) sağlanıyorsa ısı taşınımı, zorlanmış ısı taşınımı adını alır. Eğer akışkanın hareketi (bir ısıtıcıyla temas eden havanın yükselmesi vb.) sıcaklık farkı neticesinde değişen yoğunluk vasıtasıyla meydana geliyorsa taşınım, doğal taşınım adını alır. Doğal taşınımdaki ısı taşınım katsayısı, zorlanmış taşınımdaki ısı taşınım katsayısına göre daha küçüktür.

15.2. Deneyin Amacı

Deneyin amacı farklı tip ısıtıcılarda hıza bağlı olarak ısı transferi katsayısının değişimi hesaplamaktır.

15.3. Deney Yöntemi

Deney düzeneği Şekil 15.1’de gösterilmiştir. Burada 3 farklı tip ısıtıcı kullanılacaktır. Düz levha tipi ısı değiştirici 163 Ω direncinde olup kolon yuvasına arka taraftan takılmalıdır (Şekil 15.2). Ayrıca enerji besleme kablosu cihaz kontrol panosunun arka yüzünde bulunan prize bağlanmalıdır. Enerji besleme kablosu cihaz kontrol panosunun arka yüzünde bulunan prize bağlanmalıdır. Çoklu levha tipi ısı değiştirici 155 Ω direncinde olup kolon yuvasına arka taraftan takılmalıdır (Şekil 15.3). Çubuklu tip ısı değiştirici 294 Ω direncinde olup kolon yuvasına arka taraftan takılmalıdır (Şekil 15.4).



Şekil 15.1. Doğal ve zorlanmış taşınım eğitim seti şeması [1]

Deneyin yapılışı;

- Düz levha tipi ısıtıcıyı kolondaki yuvasına yerleştirin ve elektrik bağlantı kablosunu yuvasına takın.
- Ana şalteri açın, ısıtıcıyı ısı yük kontrolü yardımıyla en yüksek değere ayarlayın.
- Fan hızını fan hız kontrolü yardımıyla belirli bir değere ayarlayın.
- Sistemin kararlı hale gelmesini bekleyin.
- Sıcaklıklar dengeli hale geldiğinde aşağıdaki tabloya kaydedin.
- Hava hızını sırasıyla 2.5, 4.0 m/s değerlerine ayarlayıp kararlılık sağlandığında ölçüm değerlerini tabloya kaydedin.
- 1-6 basamaklar arasındaki işlemleri çoklu düz levha ve çubuklu levha tipi ısıtıcılar için gerçekleştirin.
- Her üç tip ısıtıcı için tablo değerlerini kullanıp, örnekteki bağıntılar yardımıyla ısı transfer katsayılarını hesaplayın.



Şekil 15.2. Düz levha tipi ısı değiştirici



Şekil 15.3. Çoklu düz levha tipi ısı değiştirici



Şekil 15.4. Çubuklu levha tipi ısı değıştirci

15.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 15.1. Deneysel değerlerin gösterimi

Ölçüm sayısı		Düz levha			Çoklu düz levha			Çubuklu levha		
Kolon hava giriş sıcaklığı	T_1 [$^{\circ}\text{C}$]									
Isıtıcı yüzey sıcaklığı	T_2 [$^{\circ}\text{C}$]									
Kanal hava çıkış sıcaklığı	T_3 [$^{\circ}\text{C}$]									
Kanal hava hızı	U [m/s]	1.0	2.5	4.0	1.0	2.5	4.0	1.0	2.5	4.0
Isıtıcı akımı	I_2 [A]									
Isıtıcı voltajı	U_2 [Volt]									
Fan akımı	I_1 [A]									
Fan voltajı	U_1 [Volt]									

Ölçüm sonuçları Çizelge 15.1’de verilmiştir. Bu değerlerle hesaplamalar yapılmalıdır.

$$\text{Havaya aktarılan ısı güç} \quad Q = \dot{m}_h c_{ph} (T_3 - T_1) \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

\dot{m}_h =Hava debisi [kg/s]

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{A \cdot u_0}{v} = \frac{0,85 \cdot u \cdot A}{v} \quad (2)$$

c_{ph} = Havanın özgül ısısı [kJ/kgK] (Ortalama hava sıcaklığı için Çizelge 15.2’den alınacaktır)

$(T_3 - T_1)$ Havanın çıkış-giriş sıcaklık farkı [°C]

A: Kolon kesiti (0.015 m²)

$$\text{Elektriksel giriş gücü:} \quad W = U_2 I_2 \quad [\text{W}] \quad (3)$$

(3)

U_2 : Isıtıcı voltajı [Volt]

I_2 : Isıtıcı akımı [Amper]

Toplam ısı geçişi şu bağıntı ile hesaplanır;

$$\dot{Q} = K A_h (\Delta T)_{lm} \quad (4)$$

A_h : Isıtıcı yüzeyi [m²]

$$\Delta T_{ln} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\xi}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_\xi}} \quad (5)$$

$$\Delta T_g = T_2 - T_1$$

$$\Delta T_\xi = T_2 - T_3$$

(1) ve (2) bağıntıları birleştirilirse toplam ısı geçirgenlik katsayısı:

$$h = \frac{\dot{Q}}{A_h(\Delta T)_{lm}} \text{ [W/m}^2\text{K]} \text{ bulunur.} \quad (6)$$

Çizelge 15.2. Havanın atmosferik basınçtaki fiziksel özellikleri [2]

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	μ (kg/m·s)	ν (m ² /s)	k (W/m·K)	α (m ² /s)	Pr
Hava							
100	3.605	1039	0.711×10^{-5}	0.197×10^{-5}	0.00941	0.251×10^{-5}	0.784
150	2.368	1012	1.035	0.437	0.01406	0.587	0.745
200	1.769	1007	1.333	0.754	0.01836	1.031	0.731
250	1.412	1006	1.606	1.137	0.02241	1.578	0.721
260	1.358	1006	1.649	1.214	0.02329	1.705	0.712
270	1.308	1006	1.699	1.299	0.02400	1.824	0.712
280	1.261	1006	1.747	1.385	0.02473	1.879	0.711
290	1.217	1006	1.795	1.475	0.02544	2.078	0.710
300	1.177	1007	1.857	1.578	0.02623	2.213	0.713
310	1.139	1007	1.889	1.659	0.02684	2.340	0.709
320	1.103	1008	1.935	1.754	0.02753	2.476	0.708
330	1.070	1008	1.981	1.851	0.02821	2.616	0.708
340	1.038	1009	2.025	1.951	0.02888	2.821	0.707
350	1.008	1009	2.090	2.073	0.02984	2.931	0.707
400	0.8821	1014	2.310	2.619	0.03328	3.721	0.704
450	0.7840	1021	2.517	3.210	0.03656	4.567	0.703
500	0.7056	1030	2.713	3.845	0.03971	5.464	0.704
550	0.6414	1040	2.902	4.524	0.04277	6.412	0.706
600	0.5880	1051	3.082	5.242	0.04573	7.400	0.708
650	0.5427	1063	3.257	6.001	0.04863	8.430	0.712
700	0.5040	1075	3.425	6.796	0.05146	9.498	0.715
750	0.4704	1087	3.588	7.623	0.05425	10.61	0.719
800	0.4410	1099	3.747	8.497	0.05699	11.76	0.723
850	0.4150	1110	3.901	9.400	0.05969	12.96	0.725
900	0.3920	1121	4.052	10.34	0.06237	14.19	0.728
950	0.3716	1131	4.199	11.30	0.06501	15.47	0.731
1000	0.3528	1142	4.343	12.31	0.06763	16.79	0.733
1100	0.3207	1159	4.622	14.41	0.07281	19.59	0.736
1200	0.2940	1175	4.891	16.64	0.07792	22.56	0.738
1300	0.2714	1189	5.151	18.98	0.08297	25.71	0.738
1400	0.2520	1201	5.403	21.44	0.08798	29.05	0.738
1500	0.2352	1211	5.648	23.99	0.09296	32.64	0.735

* ($P_{atm} = 101.325$ kPa)

15.5. Kaynaklar

- [1] BULGURCU, H., “HT330 Doğal ve Zorlanmış Taşınım Eğitim Seti Deney Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.
- [2] Yılmaz, T., Teorik ve Uygulamalı Isı Transferi, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 1999.



**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

ISI GERİ KAZANIM DENEYİ

16.1. Deney No: 01

16.1.1. Deneyin Adı

Isı tekeri veriminin ve kapasitesinin hesaplanması

16.1.2. Giriş

Klima sistemlerinde egzoz havasından yararlanmak veya soğutma sistemlerinde yoğuşturucudan atılan ısı kullanılması veya motorların soğutması ve egzoz gazlarından atılan ısı kullanılması işlemine “ısı geri kazanımı” denir. Bir başka deyişle herhangi bir makinede esas süreç sonucunda ısı atımı söz konusu oluyorsa atılan ısı kullanılması işlemine ısı geri kazanımı denir.

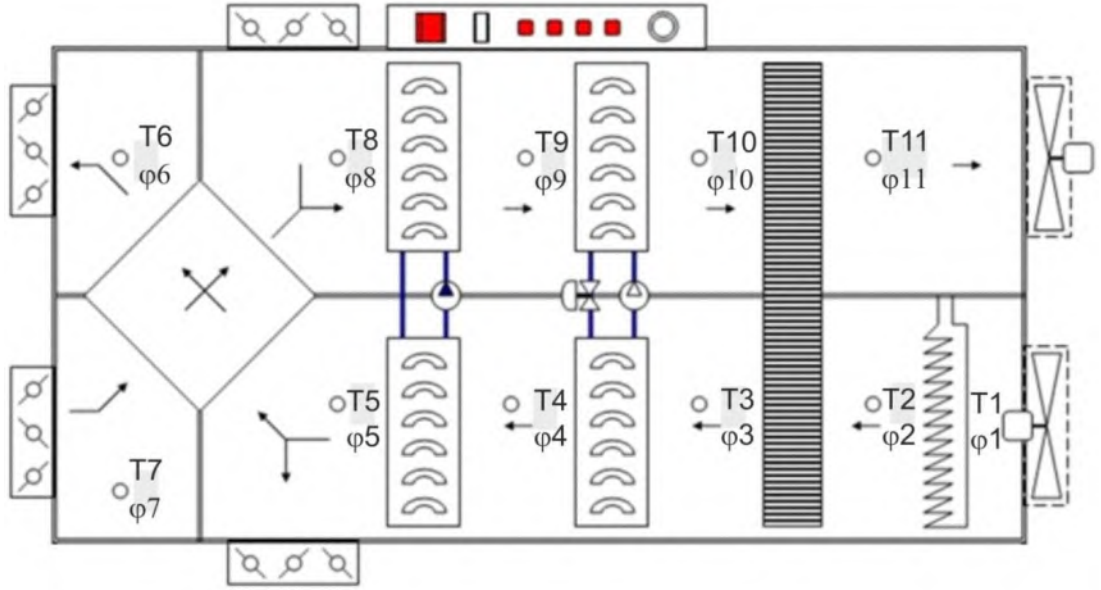
Isı geri kazanımına örnek teşkil eden bazı uygulamalar şöyledir;

- Bir proses soğutmasında geri yoğuşturucuda kazanılacak ısı büro ısıtmasında kullanılır.
- Nem alma, ön ısıtma gibi konfor şartlarının yaratılmasında kullanılır.
- Otellerde soğutma esnasında yoğuşturucudan atılan ısı, sıcak su elde etmek için kullanılır.

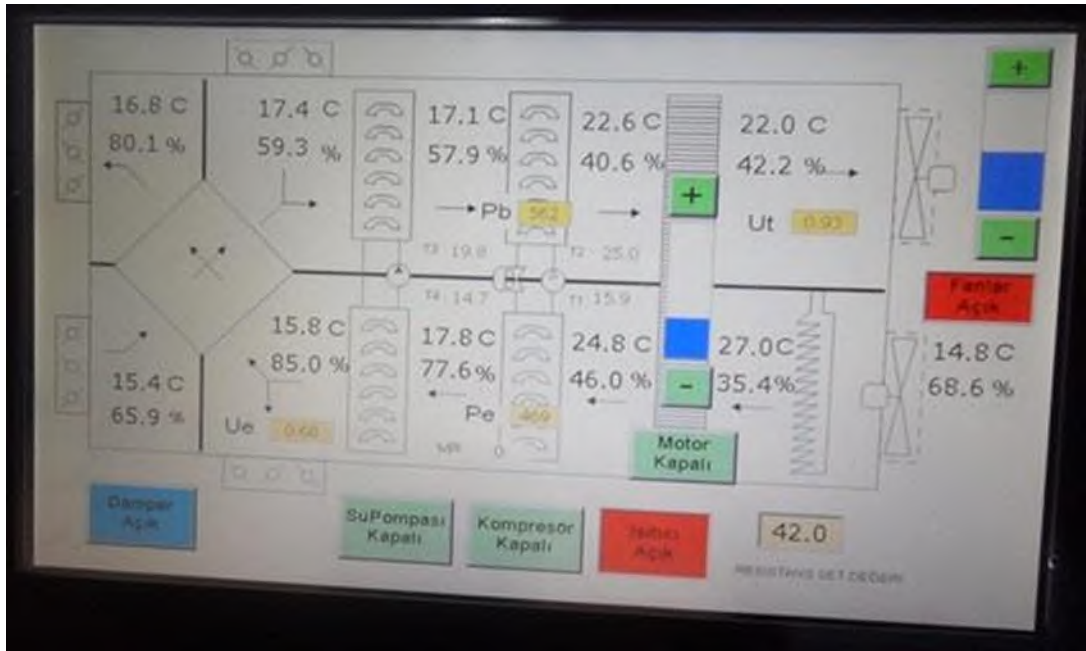
Isı geri kazanımında ısı kaynağındaki sıcaklığın düşük olması halinde bu ısı, ısı pompası yardımı ile sıcaklığı kullanılabilir.

16.1.3. Deneyin Amacı

Isı tekerinde herhangi bir hava akış debisi ve devir sayısında verim ve kapasite değerlerinin deneysel olarak hesaplanması.



Şekil 16.1. Isı geri kazanım sistemleri eğitim seti şeması



Şekil 16.2. Isı geri kazanım sistemleri eğitim ekranı

16.1.4. Deney Yöntemi

- Sigortaları açık (ON) konumuna getirin.
- Fanları dokunmatik ekran yardımıyla çalıştırın.
- Fan frekansını 80 Hz değerine ayarlayın.
- Plakalı ısı değiştirici üstünde ve altındaki hava damperlerini açık konuma getirin.
- Isı tekeri devir sayısını 20 d/d olarak ayarlayın.
- Isıtıcı rezistansları T_1 sıcaklığı 40°C olacak şekilde ayarlayın.
- Sistem kararlı hale gelince sıcaklık, nem ve hava hızı değerlerini Çizelge 16.1'e kaydedin.
- Çizelgedeki değerleri kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Bu hesaplamalar için psikometrik diyagramdan (Şekil 16.3) yararlanın.
- Farklı fan frekansları ve ısı tekeri devir sayıları için bu deneyi tekrarlayabilirsiniz.

16.1.5. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 16.1. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri

Ölçüm sayısı	1	2	3
Isıtıcı çıkışındaki hava sıcaklığı, T_2 [$^\circ\text{C}$]			
Isıtıcı çıkışındaki havanın nemi, ϕ_2 [%]			
Isı tekeri alt çıkış hava sıcaklığı, T_3 [$^\circ\text{C}$]			
Isı tekeri alt çıkış hava nemi, ϕ_3 [%]			
Isı tekeri üst giriş hava sıcaklığı, T_{10} [$^\circ\text{C}$]			
Isı tekeri üst giriş hava nemi, ϕ_{10} [%]			
Isı tekeri üst çıkış hava sıcaklığı, T_{11} [$^\circ\text{C}$]			
Isı tekeri üst çıkış hava nemi, ϕ_3 [%]			
Isı tekeri devir sayısı, n_1 [d/d]			
Fan frekansı, f_1 [Hz]			
Taze hava hızı (üst kanal), u_t [m/s]			
Egzoz hava hızı (alt kanal), u_e [m/s]			

Isı tekerine verilen yük: $\dot{Q}_1 = \dot{m}_e * (h_3 - h_2)$

Isı tekerinden alınan yük: $\dot{Q}_2 = \dot{m}_t * (h_{11} - h_{10})$

Isıl verim değeri: $\eta_t = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_{10}} [\%]$

Havanın hacimsel debisi $\dot{V}_t = A * U_t \text{ [m}^3\text{/s]}$

$$\dot{V}_e = A * U_e \text{ [m}^3\text{/s]}$$

A: Panjur Kesit Alanı (m²) = 0,2763 m²

Havanın kütleli debisi $\dot{m}_t = \dot{V}_t / v_t \text{ [kg/s]}$

$$\dot{m}_e = \dot{V}_e / v_e \text{ [kg/s]}$$

v_t =Taze havanın özgül hacmi (m³/kg)

v_e =Egzoz havanın özgül hacmi (m³/kg)

16.1.6. Kaynaklar

[1] Deneysan Deney Föyleri

16.2. Deney No: 02

16.2.1. Deneyin Adı

Plakalı ısı değiştirici veriminin hesaplanması

16.2.2. Deneyin Amacı

Plakalı ısı değiştiricide herhangi bir hava akış debisinde verim ve kapasite değerlerinin deneysel olarak hesaplanması

16.2.3. Deney Yöntemi

- Sigortaları açık (ON) konumuna getirin.
- Fanları dokunmatik ekran yardımıyla çalıştırın.
- Fan frekansını 80 Hz değerine ayarlayın.
- Plakalı ısı değiştirici üstünde ve altındaki hava damperlerini kapalı konuma, dolayısıyla yan alındaki damperleri açık konuma getirin.
- Isıtıcı rezistansları T_1 sıcaklığı 40°C olacak şekilde ayarlayın.
- Sistem kararlı hale gelince sıcaklık, nem ve hava hızı değerlerini Çizelge 16.2'ye kaydedin.
- Çizelgedeki değerleri kullanarak aşağıdaki hesaplamaları yapın. Bu hesaplamalar için psikometrik diyagramdan (Şekil 16.3) yararlanın.
- Farklı fan frekansları için bu deneyi tekrarlayabilirsiniz.

16.2.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 16.2. Sıcaklık ve nem ölçüm değerleri

Ölçüm sayısı	1	2	3
Egzoz havası eşanjör giriş sıcaklığı, T_5 [°C]			
Egzoz havası eşanjör giriş nemi, ϕ_5 [%]			
Egzoz havası eşanjör çıkış sıcaklığı, T_6 [°C]			
Egzoz havası eşanjör çıkış nemi, ϕ_6 [%]			
Taze hava eşanjör giriş sıcaklığı, T_7 [°C]			
Taze hava eşanjör giriş nemi, ϕ_7 [%]			
Taze hava eşanjör çıkış sıcaklığı, T_8 [°C]			
Taze hava eşanjör çıkış nemi, ϕ_8 [%]			
Isı tekeri devir sayısı, n_1 [d/d]			
Fan frekansı, f_1 [Hz]			
Taze hava hızı (üst kanal), u_t [m/s]			
Egzoz hava hızı (alt kanal), u_e [m/s]			

Eşanjöre verilen yük: $\dot{Q}_1 = \dot{m}_e * (h_6 - h_5)$

Eşanjörden alınan yük: $\dot{Q}_2 = \dot{m}_t * (h_8 - h_7)$

Isıl verim değeri: $\eta_t = \frac{T_5 - T_6}{T_5 - T_7}$ [%]

Havanın hacimsel debisi $\dot{V}_t = A * U_t$ [m³/s]

$$\dot{V}_e = A * U_e \text{ [m}^3\text{/s]}$$

A: Panjur Kesit Alanı (m²) = 0,2763 m²

Havanın kütleli debisi $\dot{m}_t = \dot{V}_t / v_t$ [kg/s]

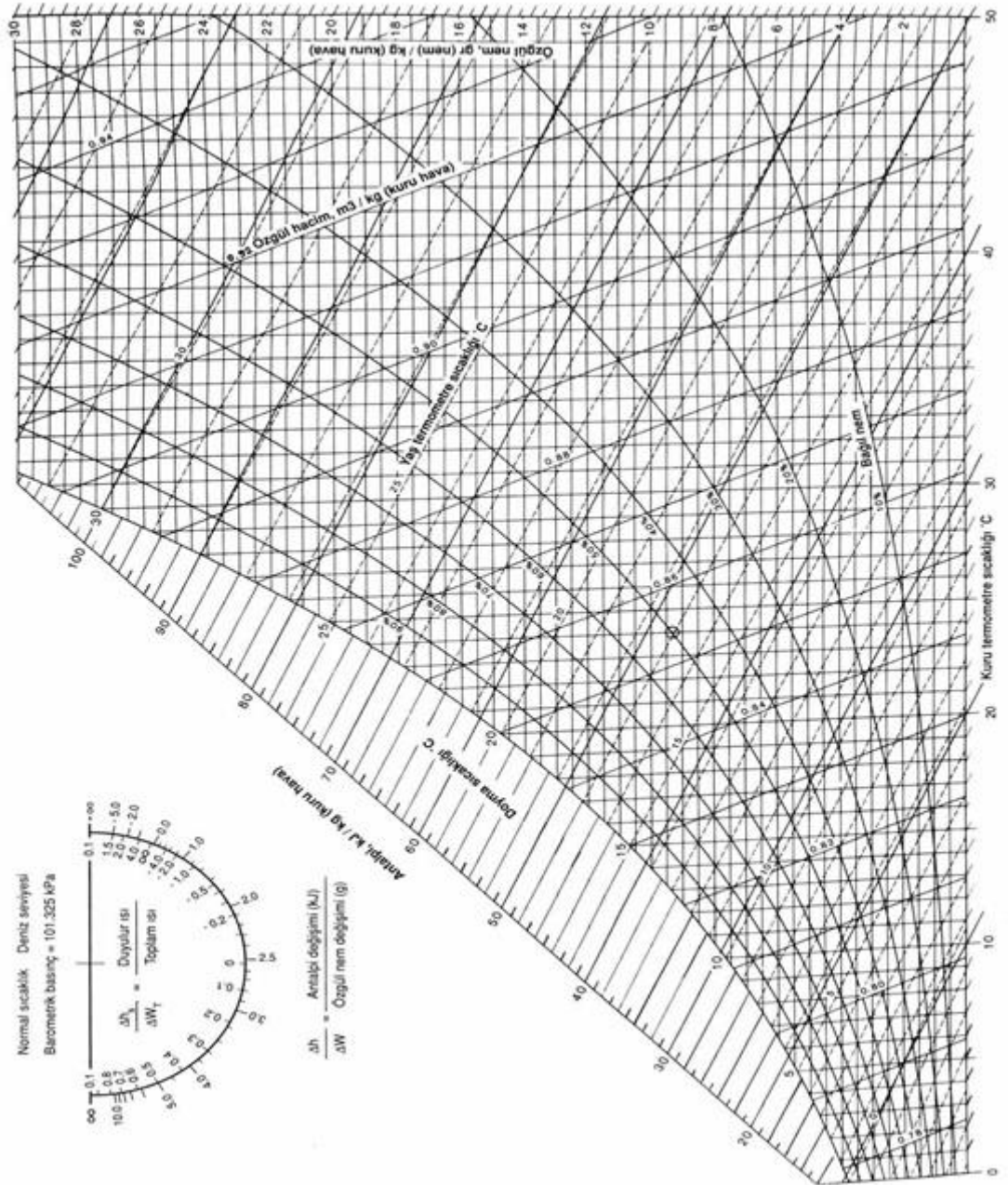
$$\dot{m}_e = \dot{V}_e / v_e \text{ [kg/s]}$$

v_t =Taze havanın özgül hacmi (m³/kg)

v_e =Egzoz havanın özgül hacmi (m³/kg)

16.2.5. Kaynaklar

[1] Deneysan Deney Föyleri



Şekil 16.3. Psikometrik diyagram



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

TEMEL SOĞUTMA DENEYİ

17.1. Deney No: 01

17.1.1. Deneyin Adı

Yoğuşturucuda yoğuşmanın gözlenmesi

17.1.2. Giriş

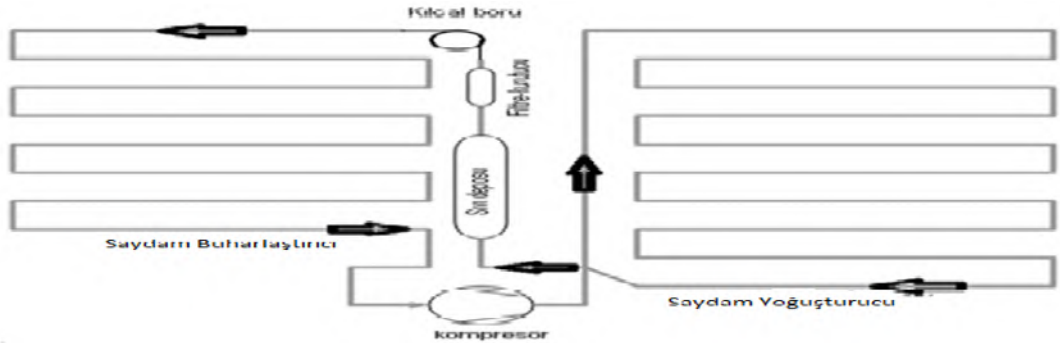
Bir soğutma çevrimi, soğutucu bir akışkanın ısıyı alması ve daha sonra da vermesi ile oluşan değişikliklerin tanımlandığı, bir soğutucu içinde gerçekleşen çevrimdir.

Çevrim döngüsü şu şekildedir;

Kompresör tarafından alçak basınçtaki soğutucu akışkan yüksek basınca çıkartılarak buradan yoğuşturucuya yollanır, yoğuşturucuda yoğuşma oluşturulur ve genişleme valfinden geçerek alçak basınçta sıvı hale dönüştürülür ve buradan buharlaştırıcı vasıtası ile soğutma gerçekleştirilir.

17.1.3. Deneyin Amacı

Buharlaştırıcı boruları içinde renklendirilmiş soğutucu akışkanın nasıl buharlaştığını gözlemek



Şekil 17.1. Saydam soğutma eğitim seti şeması

17.1.4. Deney Yöntemi

- Ana şalteri açın.
- Şalterleri yardımıyla kompresör ve buharlaştırıcı/yoğuşturucu fanlarını çalıştırın.
- Kompresörden itibaren yoğuşturucu girişine doğru yükselen saydam boru içindeki olayları gözleyin. Yağın nasıl sürüklendiğine dikkat edin.
- Yoğuşturucuda soğutucu akışkanın ısınıcı cidarlara bırakarak nasıl yoğunlaştığını gözlemleyin.
- Sıvının yoğuşturucu sonuna doğru nasıl birikmeye başladığını gözleyin.
- Metal boru kılavuz yuvalarına elle dokunarak bu bölgenin atılan ısı nedeniyle sıcak hale geldiğini denetleyin.
- Yoğuşturucu girişinin çıkışa göre niçin daha sıcak olduğunu araştırın.
- Anahtarları kapatıp cihazı durdurun.

17.1.5. Kaynaklar

- [1] Deneysan Deney Föyleri

17.2. Deney No: 02

17.2.1. Deneyin Adı

Kılcal boruda genleşmenin gözlenmesi

17.2.2. Deneyin Amacı

Kılcal borudan veya herhangi bir kısma elemanından ayrılan soğutucu akışkanın düşük basınçta ortamdan ısı alarak nasıl buharlaştığını gözlemek.

17.2.3. Deney Yöntemi

- Ana şalteri açın.
- Şalterleri yardımıyla kompresör ve buharlaştırıcı/yoğuşurucu fanlarını çalıştırın.
- Flüoresan sıvı (yeşil) ile renklendirilmiş soğutucu akışkanın (R-134a) kılcal boru çıkışından itibaren nasıl püskürdüğünü ve nasıl buhar fazına geçtiğini gözleyin.
- Kılcal boru çıkışındaki rakor üzerine dokunarak soğumanın nasıl gerçekleştiğini gözlemleyin.
- Kılcal boru çıkışında soğutucu akışkanın ne kadarının sıvı ve ne kadarının buhar fazında olduğunu ekteki R-134a yardımıyla nasıl bulunduğunu araştırın.
- Anahtarları kapatıp cihazı durdurun.

17.2.4. Kaynaklar

[1] Deneysan Deney Föyleri

17.3. Deney No: 03

17.3.1. Deneyin Adı

Buharlaştırıcıda buharlaşmanın gözlenmesi

17.3.2. Deneyin Amacı

Kılcal borudan veya herhangi bir kısma elemanından ayrılan soğutucu akışkanın düşük basınçta ortamdan ısı alarak nasıl buharlaştığını gözlemek.

17.3.3. Deney Yöntemi

- Ana şalteri açın.
- Şalterleri yardımıyla kompresör ve buharlaştırıcı/yoğuşturucu fanlarını çalıştırın.
- Kompresörden itibaren yoğuşturucu girişine doğru yükselen saydam boru içindeki olayları gözleyin. Yağın nasıl sürüklendiğine dikkat edin.
- Yoğuşturucuda soğutucu akışkanın ısınıcı cidarlara bırakarak nasıl yoğunlaştığını gözlemleyin.
- Sıvının yoğuşturucu sonuna doğru nasıl birikmeye başladığını gözleyin.
- Metal boru kılavuz yuvalarına elle dokunarak bu bölgenin atılan ısı nedeniyle sıcak hale geldiğini denetleyin.
- Yoğuşturucu girişinin çıkışa göre niçin daha sıcak olduğunu araştırın.
- Anahtarları kapatıp cihazı durdurun.

17.3.4. Kaynaklar

[1] Deneysan Deney Föyleri



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İKLİMLENDİRME VE HAVALANDIRMA SİSTEMİ DENEYİ

18.1. Deney No: 1

18.1.1. Giriş

İklimlendirme bir mahalın veya ortamın hava sıcaklığının, neminin, hava hızının ve kalitesinin yıl içerisinde istenen değerlerde tutulması işlemidir.

Ortam için bu değerler;

Sıcaklık: Mahal sıcaklığı kış durumunda (18-24 °C), yaz durumunda (22-27 °C) olmak üzere dış ortama göre ve iklimlendirilecek mahalın kullanım amacına göre değişmektedir.

Nem: Mahal içerisindeki bağıl nem konfor iklimlendirilmesinde %30 - %60 arasında olmalıdır. Endüstriyel tesislerde işlemlere göre bu değerler değişebilir.

Hava Hızı: İnsanları rahatsız etmeyecek şekilde hava hızı kış ve yaz durumlarına göre; kış artlarında 0,1 m/s, yaz şartlarında ise 0,2 - 0,3 m/s arasında değişmektedir.

Hava Kalitesi: Yıl boyunca iklimlendirilecek mahalın iç ve dış kirleticilerden arındırılması ve havanın taze tutulması gerekmektedir.

Atmosferik havanın (nemli havanın) termodinamik özelliklerini gösteren çizgeye psikrometrik çizge denir. Üzerinde iklimlendirme işlemleri (ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem alma...) gösterilir. Psikrometrik çizge iklimlendirme sistemlerinin tasarımında ve hesaplamalarında büyük kolaylık sağlar. Farklı haller için tekrarlanan hesaplamalardan kurtulmamızı sağlar.

Psikrometrik çizge için bazı temel kavramlar;

Atmosferik Hava: İçerisinde bir miktar su buharı (nem) bulunan atmosfer havasıdır.

Kuru Hava: İçerisinde su buharı bulunmayan havadır.

Kuru Termometre Sıcaklığı (KT): Atmosferik havanın normal termometre sıcaklığıdır.

Yaş Termometre Sıcaklığı (YT): Belirli şartlarda bulunan ıslak havanın ısını değiştirilmeden doyma durumuna getirerek ölçülen sıcaklığa denir. Direkt olarak ölçülemez. Bunun için termometre haznesine suya doymuş bir pamuk fitil sarmak ve üzerinden hava akışı sağlamak gerekir.

Özgül (Mutlak) Nem (ω): Birim ağırlıktaki nemli havanın ihtiva ettiği su buharının kuru hava ağırlığına oranına denir.

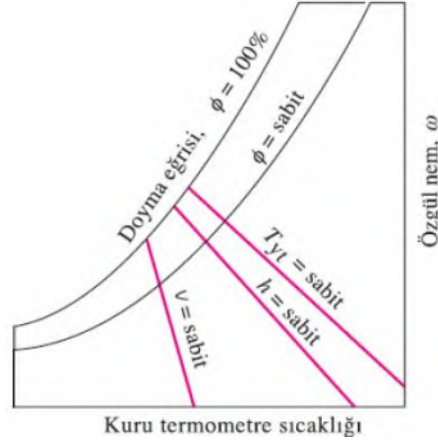
Bağıl (İzafi) Nem (ϕ): Havadaki mevcut su buharı basıncının aynı kuru termometre sıcaklığının doymuş havanın buharı basıncına denir. Veya havadaki su buharı miktarının, aynı sıcaklıktaki havada bulunabilecek en çok su buharı miktarına oranıdır.

Çiy Noktası Sıcaklığı: Nem ihtiva eden bir havayı soğutursak, bir sıcaklıkta soğuyan hava içindeki nem yoğuşur. Bu sıcaklıktaki havanın sıcaklığına çiy noktası sıcaklığı denir. Veya sabit basınçta soğutulduğu zaman yoğuşmanın başladığı zamandır.

Gizli Isı: Faz değişimi ile ilgili ısıdır.

Duyulur Isı: Sıcaklık artışı ile ilgili ısıdır.

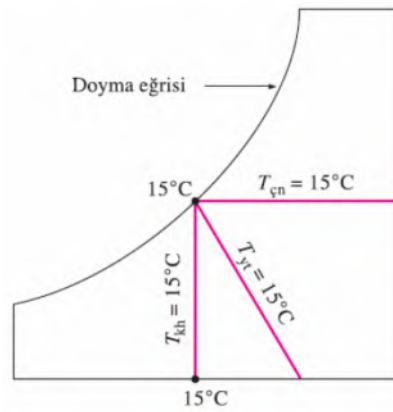
Psikrometrik çizgenin temel öğeleri Şekil 18.1'de gösterilmektedir. Kuru termometre sıcaklıkları yatay eksen, özgül nemler ise dikey eksen yer almaktadır. Psikrometrik çizgenin sol bitiminde, bir doğru yerine doyma hattı verilen bir eğri vardır. Doymuş havanın tüm halleri bu eğri üzerinde yer alır. Bu nedenle söz konusu eğri aynı zamanda %100 bağıl nem eğrisidir.



Şekil 18.1. Psikrometrik çizgenin genel çizimi

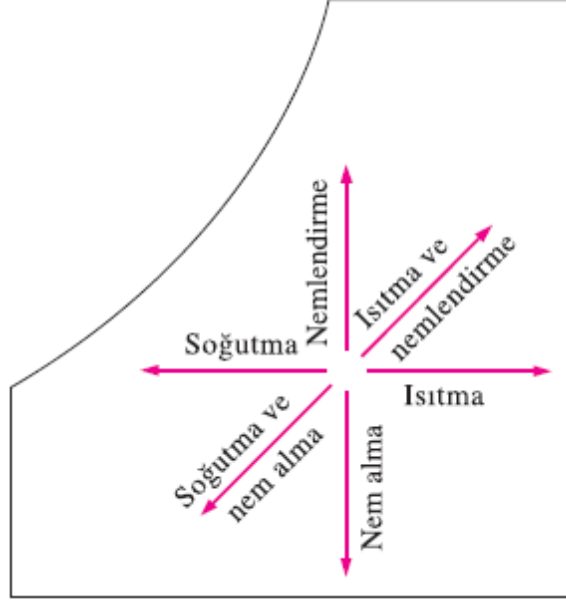
Sabit yaş termometre sıcaklığı doğruları sağa doğru azalan eğimli bir davranış gösterirler. Sabit özgül hacim doğruları da benzer şekilde yer alırlar, ancak daha diktirler. Sabit entalpi doğruları sabit yaş termometre doğrularına hemen hemen paraleldir. Bu nedenle bazı çizgelerde sabit yaş termometre doğruları sabit entalpi doğruları olarak kullanılmaktadır.

Kuru termometre, yaş termometre ve çiy noktası sıcaklıkları doymuş hava için aynıdır (Şekil 18.2). Bu nedenle atmosferik havanın çiy noktası sıcaklığı, psikrometrik çizge üzerindeki herhangi bir nokta için, bulunulan noktadan doyma eğrisine yatay bir doğru çizilerek ($\omega = \text{sabit}$) bulunabilir. Bu doğrunun doyma eğrisiyle kesiştiği nokta çiy noktası sıcaklığıdır.



Şekil 18.2. Doymuş havanın kuru termometre, yaş termometre ve çiy noktası sıcaklıklarının gösterimi

Değişik iklimlendirme işlemleri Şekil 18.3'te psikrometrik çizge üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 18.3. Değişik iklimlendirme işlemleri [3]

18.1.2. Deneyin Amacı

Havaya ısıtma, nemlendirme ve ısı geri kazanımı uygulandığındaki durum değişmelerini incelemek.

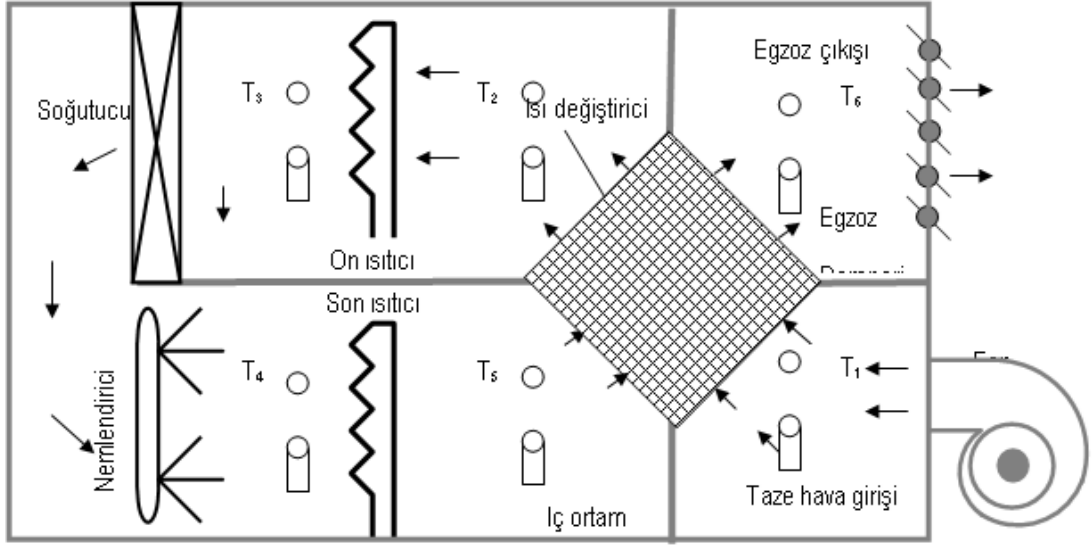
18.1.3. Deney Yöntemi

Bu deney düzeneğinde Isı Geri Kazanımlı Klima Santrali Eğitim Seti kullanılacaktır. Deney düzeneğinin şeması Şekil 18.4'de gösterilmiştir. Ayrıca hava hızölçer (anemometre) gerekmektedir.

Deneyin yapılışı;

- Sigortaları açarak fanı çalıştırın ve panjurdaki hava hızını ortalama 1,2 m/s hıza ayarlayın.

- Ön ısıtıcıyı çalıştırıp sıcaklıkların kararlı hale gelmesini bekleyin.
- Ön ısıtıcı giriş ve çıkış sıcaklıklarını kaydedin.
- Bu sıcaklık değerlerini psikrometrik çizgeye yerleştirin.
- Bu noktalara ait entalpi, özgül hacim ve özgül nem noktalarını bulun.



Şekil 18.4. Isı geri kazanımlı klima santral eğitim seti şeması [1]

18.1.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

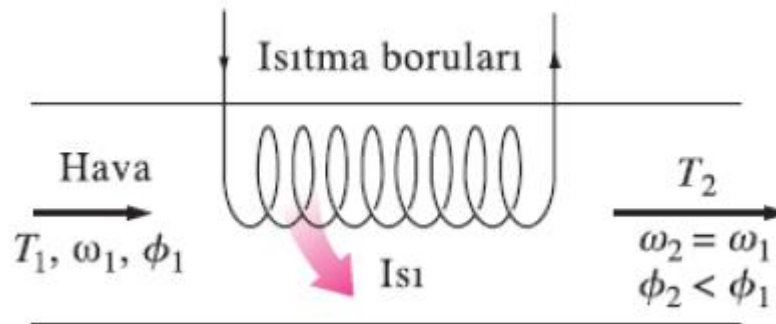
Ölçümler için Çizelge 18.1 verilmiştir. Deneysel sonuçlar bu çizelgeye işlenecektir.

Çizelge 18.1. Deneysel değerlerin gösterimi

Ölçüm sayısı		1	2	3	4
Giriş kuru termometre	T_1 [$^{\circ}\text{C}$]				
Giriş bağıl nem	φ_1 [%]				
Isı değiştirici çıkışı kuru t.	T_2 [$^{\circ}\text{C}$]	8			
Isı değiştirici çıkışı bağıl nem	φ_2 [%]	62			
Ön ısıtma sonu kuru term.	T_3 [$^{\circ}\text{C}$]	20			
Ön ısıtma sonu bağıl nem	φ_3 [%]	30			
Soğ. Nem sonu kuru term.	T_4 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğ. nem sonu bağıl nem	φ_4 [%]				
Son ısıtma sonu kuru term.	T_5 [$^{\circ}\text{C}$]				
Son ısıtma sonu bağıl nem	φ_5 [%]				
Isı değiştirici çıkışı kuru t.	T_6 [$^{\circ}\text{C}$]				
Isı değiştirici bağıl nem	φ_6 [%]				
Hava hızı	u [m/s]	1,2			
Giren havanın özgül hacmi	v [m ³ /kg]	0,799			
Ön ısıtıcı akımı	I_1 [A]	2,68			
Son ısıtıcı akımı	I_2 [A]				
Hat gerilimi	U [V]	220			

18.1.4.1. Isıtma hesapları

Bu işlem sırasında havanın nemlendirilmesi ya da havadan nem alınması söz konusu olmadığından havadaki nem miktarı sabit kalır (Şekil 18.5, $\omega = \text{sabit}$). Bu tür bir ısıtma işlemi, psikrometrik çizgede yatay bir doğru olarak görünen sabit özgül nem doğrusunu izleyerek, artan kuru termometre sıcaklığı yönünde gelişir.



Şekil 18.5. Isıtma işlemi [3]

Isıtıcı gücü: $\dot{Q}_e = E.I$ [W]

E: hat gerilimi (Volt) ve I: Isıtıcı akımı (A)

Havadaki entalpi değişmesi: $\dot{Q}_g = \dot{m}_h \Delta h$

\dot{m}_h : hava debisi (kg/s)

$$\dot{m}_h = \frac{V_h}{v}$$

Δh : havadaki entalpi değişimi (kJ/kg)

18.1.4.2.Nemlendirme Hesapları

Havadaki entalpi değişmesi: $Q = 0$ (Adyabatik (sabit entalpi) nemlendirme)

$$\dot{m}_{su} = \dot{m}_h(w_4 - w_3) \text{ kg/s}$$

18.1.4.3.Isı Geri Kazanım Hesabı

Isı değiştiricisine giren taze hava entalpisi $h_{t,g} = \dots$

Isı değiştiricisine giren çıkış(eksoz) hava entalpisi $h_{e,g} = \dots$

Isı değiştiricisinden çıkan taze hava entalpisi $h_{t,\zeta} = \dots$

Isı değiştiricisinden çıkan çıkış hava entalpisi $h_{e,\zeta} = \dots$

$$\dot{Q}_t = \dot{M}_h(h_{t,\zeta} - h_{t,g}) = \dots$$

$$\dot{Q}_t = \dot{M}_h(h_{e,g} - h_{e,\zeta}) = \dots$$

18.1.5. Kaynaklar

- [1] Bulgurcu, H., “K-212 Isı Geri Kazanımlı Klima Santrali Eğitim Seti Deney Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.
- [2] Yılmaz, T., “Isıtma ve İklimlendirme Ders Notu”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2013.
- [3] Çengel, Y., “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”, Güven Yayınevi, 2010.

- [4] Ashrae, “Handbook of Fundamentals”, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, 2009.

18.2. Deney No: 2

18.2.1. Deneyin Amacı

Havaya soğutma işlemi uygulandığındaki durum değişmelerini incelemek.

18.2.2. Deney Yöntemi

Bu deney düzeneğinde “Geri ısı kazanımlı klima santrali eğitim seti” kullanılacaktır. Deney düzeneğinin şeması Şekil 18.4’de gösterilmiştir. Ayrıca hava hızölçer (anemometre) gerekmektedir.

Deneyin yapılışı;

- Sigortaları açarak fanı çalıştırın ve panjurdaki hava hızını ortalama 1,2 m/s hıza ayarlayın.
- Ön ısıtıcıyı çalıştırıp sıcaklıkların kararlı hale gelmesini bekleyin.
- Ön ısıtıcı giriş ve çıkış sıcaklıklarını kaydedin.
- Bu sıcaklık değerlerini psikrometrik çizgeye yerleştirin.
- Bu noktalara ait entalpi, özgül hacim ve özgül nem noktalarını bulun.

18.2.3. Ölçümler ve Hesaplamalar

Ölçümler için Çizelge 18.2 verilmiştir. Deneysel sonuçlar bu çizelgeye işlenecektir.

Çizelge 18.2. Deneysel değerlerin gösterimi

Ölçüm sayısı		1	2	3	4
Giriş kuru termometre	T_1 [$^{\circ}\text{C}$]				
Giriş bağıl nem	φ_1 [%]				
Isı değiştirici çıkışı kuru t.	T_2 [$^{\circ}\text{C}$]	8			
Isı değiştirici çıkışı bağıl nem	φ_2 [%]	62			
Ön ısıtma sonu kuru term.	T_3 [$^{\circ}\text{C}$]	20			
Ön ısıtma sonu bağıl nem	φ_3 [%]	30			
Soğ. Nem sonu kuru term.	T_4 [$^{\circ}\text{C}$]				
Soğ. nem sonu bağıl nem	φ_4 [%]				
Son ısıtma sonu kuru term.	T_5 [$^{\circ}\text{C}$]				
Son ısıtma sonu bağıl nem	φ_5 [%]				
Isı değiştirici çıkışı kuru t.	T_6 [$^{\circ}\text{C}$]				
Isı değiştirici bağıl nem	φ_6 [%]				
Hava hızı	u [m/s]	1,2			
Giren havanın özgül hacmi	v [m ³ /kg]	0,799			
Ön ısıtıcı akımı	I_1 [A]	2,68			
Son ısıtıcı akımı	I_2 [A]				
Hat gerilimi	U [V]	220			

Hesaplamalar;

$$\text{Havadaki entalpi değişmesi: } \dot{Q} = m_h \Delta h + \dot{m}_{su} h_{su}$$

m_h : hava debisi (kg/s)

Δh : havadaki entalpi değişimi (kJ/kg)

$$\dot{m}_h = \frac{V_h}{v}$$

18.2.4. Kaynaklar

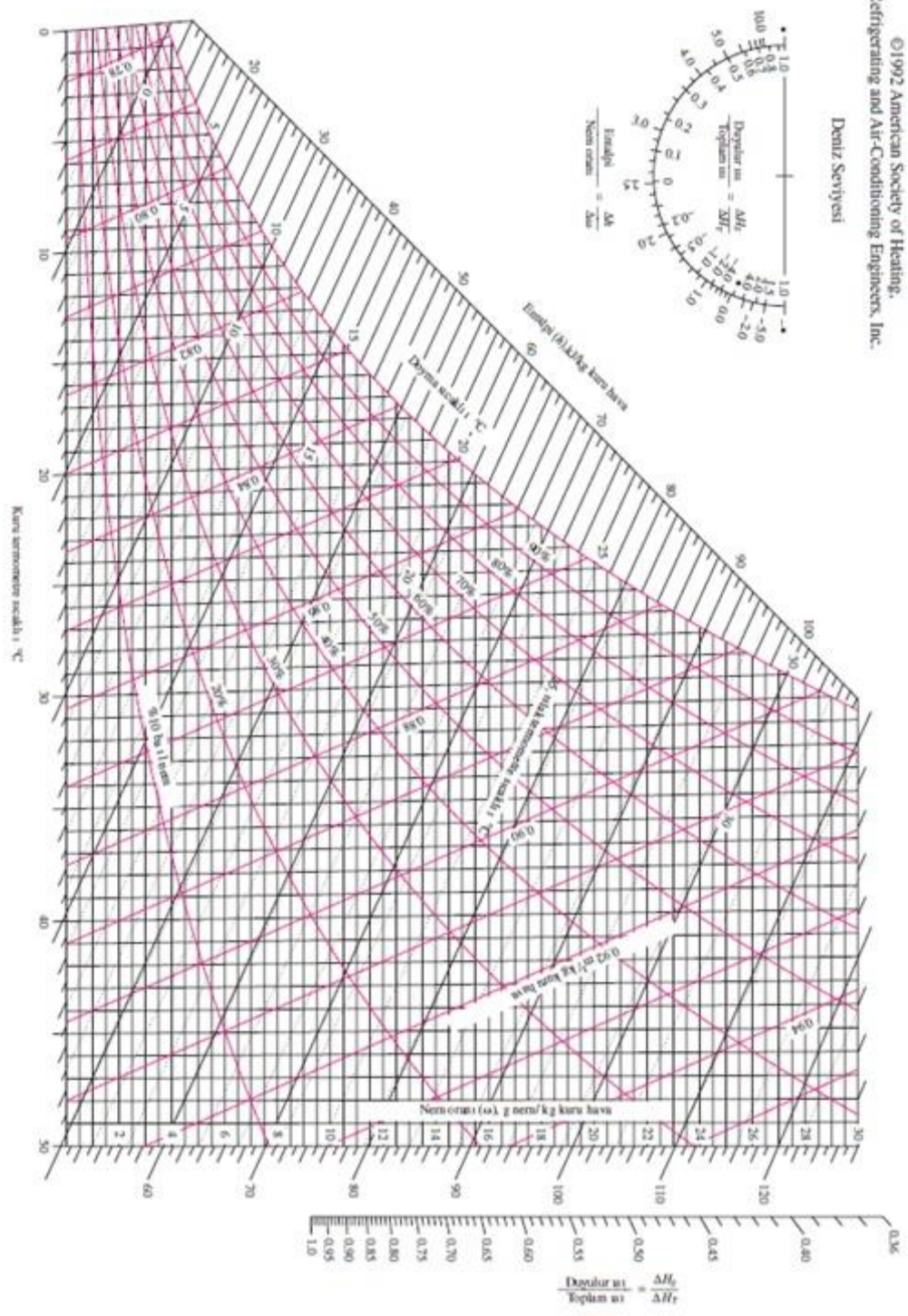
- [1] Bulgurcu, H., “K-212 Isı Geri Kazanımlı Klima Santrali Eğitim Seti Deneysel Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.
- [2] Yılmaz, T., “Isıtma ve İklimlendirme Ders Notu”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2013.
- [3] Çengel, Y., “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”, Güven Yayınevi, 2010.

- [4] Ashrae, “Handbook of Fundamentals”, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, 2009.



©1992 American Society of Heating,
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Deniz Seviyesi



Şekil 18.8. Psikometrik çizge [4]

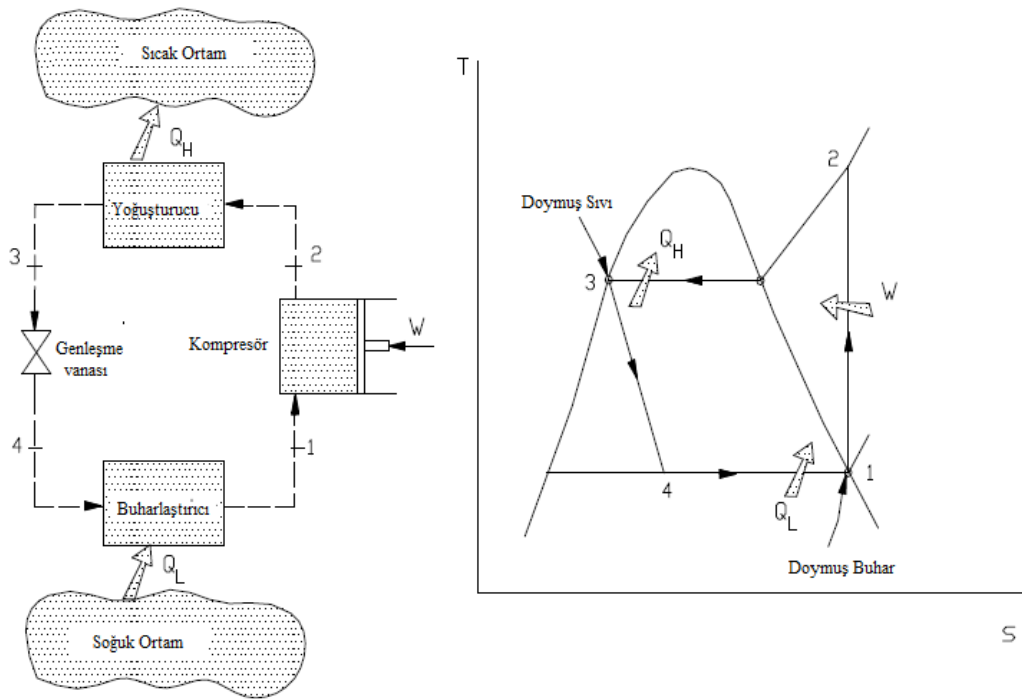


T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

HAVA-SU KAYNAKLI ISI POMPASI DENEYİ

19.1. Giriş

Isı pompası, mekanik enerjiyi kullanarak düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısı enerjisini daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama aktarma işlemini gerçekleştiren cihazdır. Isı pompası temelde Şekil 19.1’de verildiği gibi yoğuşturucu, genişleme vanası, buharlaştırıcı ve kompresör elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 19.1. Isı pompasının çalışma prensibi [1]

Soğutucu akışkan kompresöre buhar olarak girer ve burada basıncı yoğuşturucu basıncına yükseltilir. Akışkan kompresörden çok yüksek sıcaklıkta çıkar ve yoğuşturucuya kızgın buhar olarak girer. Yoğuşturucuya giren kızgın buhar önce doymuş buhar olur ve daha sonra sıcak ortama ısı vererek yoğunlaşır. Akışkan yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkar ve genişleme vanasına girer. Genleşme vanasında sabit entalpide basıncı düşer. Akışkan buharlaştırıcıya girer ve soğuk ortamdan ısı alarak buharlaşır. Akışkan buharlaştırıcıdan çıkıp kompresöre girerek çevrim tamamlanır.

Yukarıdaki işlemlerle buharlaştırıcıda ısı soğuk ortamdandan alınıp, yoğuşturucuda sıcak ortama verilir.

19.2. Deneyin Amacı

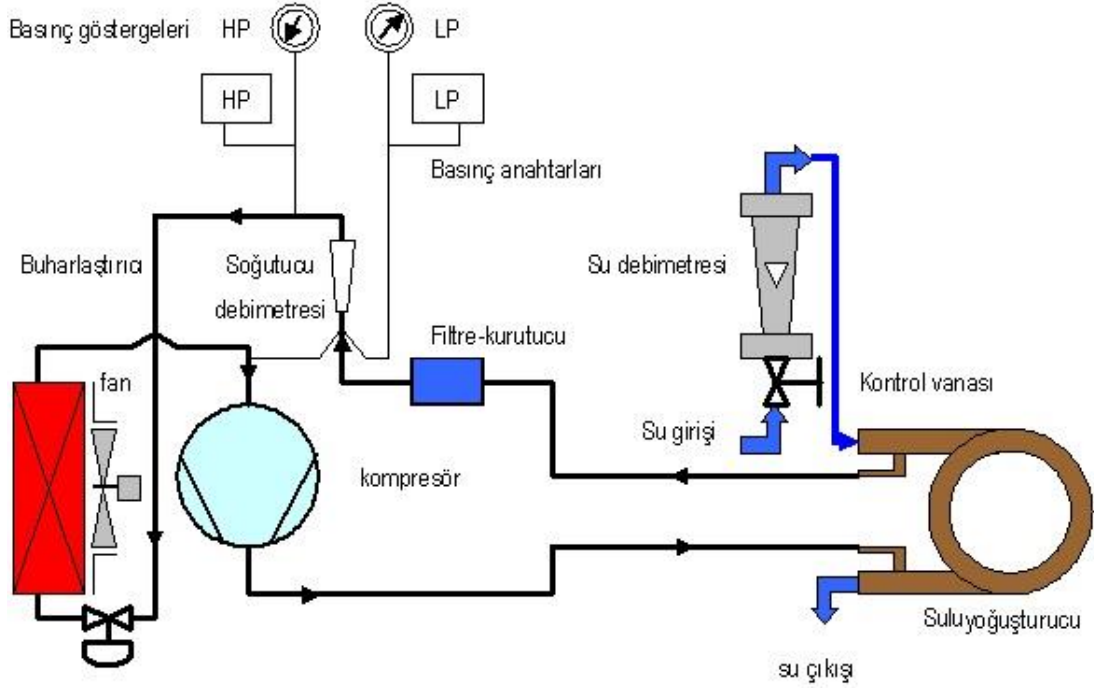
Deneyin amacı, ısı pompası etkinliğinin çeşitli parametrelere göre deneysel olarak incelenmesidir. Isı pompalarının etkinliği (COP'si: Coefficient of Performance) birçok şarta bağlı olmakla birlikte yoğuşturucuya giren suyun ve ortam havasının sıcaklıklarına da bağlıdır. Farklı ortam ve su giriş sıcaklıkları kullanılarak farklı verim değerleri elde edilebilir.

19.3. Deney Yöntemi

Bu deneyde Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti kullanılacaktır. Deneyde oda sıcaklığını ölçmek için bir termometre kullanılacaktır. Deney setinin şeması Şekil 19.2'de gösterilmiştir.

Deneyin yapılışı;

- Yoğuşturucu su debisini en büyük değere (250 L/h) ayarlayınız. Sonra sistemi çalıştırınız ve ısı pompasının kararlı hale gelmesini sağlayın.
- Çizelge 19.1'de verilen ölçümleri yapın.
- Hava sıcaklığını sabit tutarak yoğuşturucu su akış debisini her defasında 50 L/h azaltın.
- Artışları $T_6 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ oluncaya kadar tekrarlamaya devam edin.



Şekil 19.2. Hava-Su kaynaklı ısı pompası eğitim seti şeması [2]

19.4. Ölçümler ve Hesaplamalar

Çizelge 19.1. Deney sonuçları

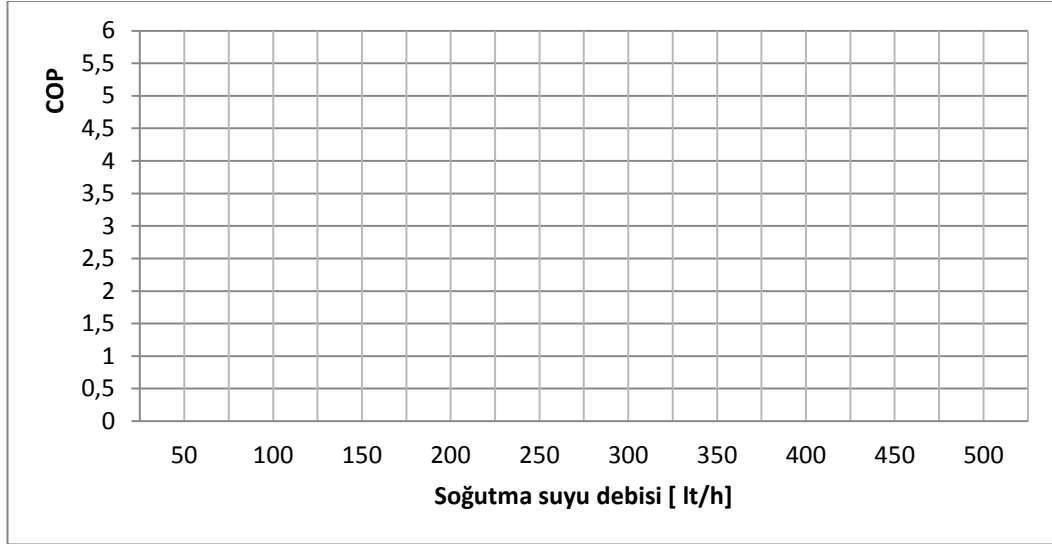
Ölçüm sayısı		1	2	3	4	5
Oda sıcaklığı, T_a	[$^{\circ}\text{C}$]					
Hat gerilimi,	U [Volt]					
Kompresör akımı,	I_c [Amper]					
Kompresör güç katsayısı	$\text{Cos}\Phi$					
Yoğuşturucu su giriş sıcaklığı	T_5 [$^{\circ}\text{C}$]					
Yoğuşturucu su çıkış sıcaklığı	T_6 [$^{\circ}\text{C}$]					
Yoğuşturucu su debisi, \dot{V}_s	[lt/h]	250	200	150	100	50

Hesaplamalar;

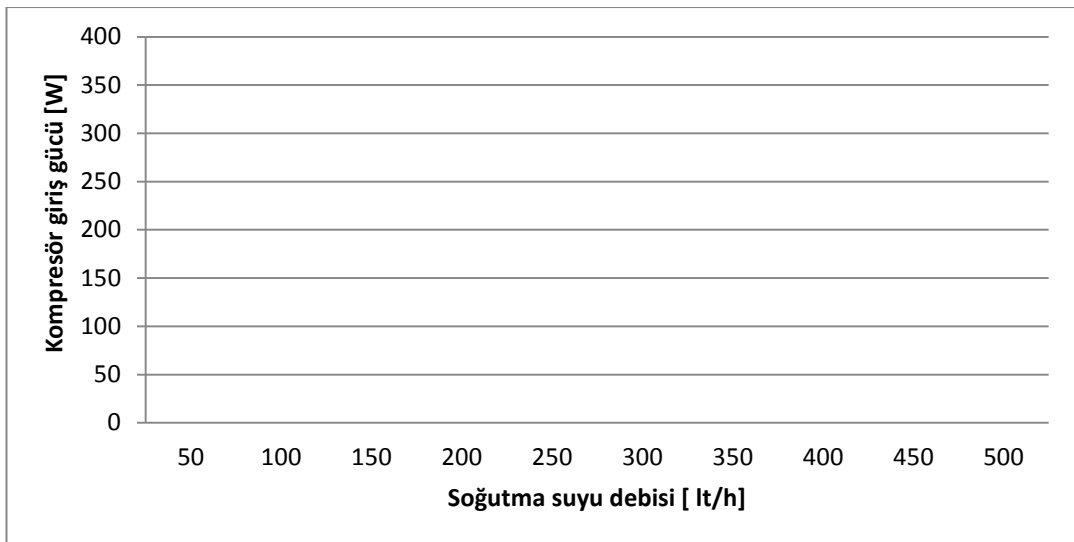
$$\text{Kompresörün çektiği güç: } W = U.I_c \text{ Cos}\phi \quad (\text{W})$$

$$\text{Suya verilen ısı: } \dot{Q}_S = \dot{M}_{su} c_{psu} (T_6 - T_5) \quad (\text{W})$$

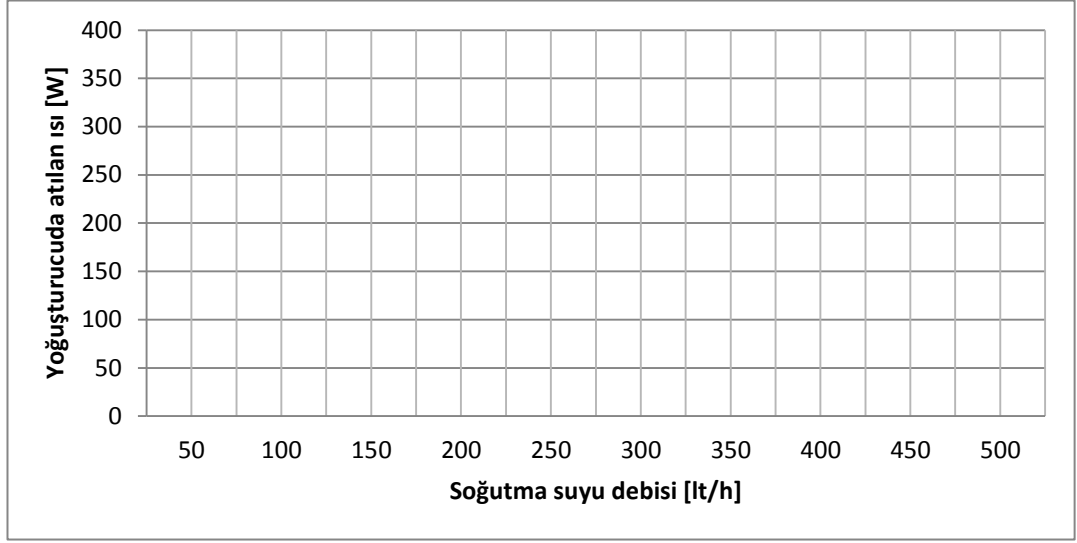
$$\text{Etkinlik(COP)} = \dot{Q}_S / W$$



Şekil 19.3. Isı pompası etkinliğinin (COP) soğutma suyu debisi ile değişimi



Şekil 19.4. Soğutma suyu debisi ile kompresörün çektiği gücün değişimi



Şekil 19.5. Yoğuşturucuda atılan ısının soğutma suyu debisi ile değişimi

19.5. Kaynaklar

- [1] Yılmaz, T., “Soğutma Teknolojisi Ders Notları”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2013.
- [2] Bulgurcu, H., “K-215 Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti Deney Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA DENEYİ

20.1. Giriş

Bir soğutma makinesinin performansı kompresör giriş/ çıkış sıcaklıkları ve basınçları ile yoğuşturucu çıkış sıcaklığı ölçülerek değerlendirilebilir. Bu basit yöntem uygulanarak soğutma makinesinin durumu hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilir.

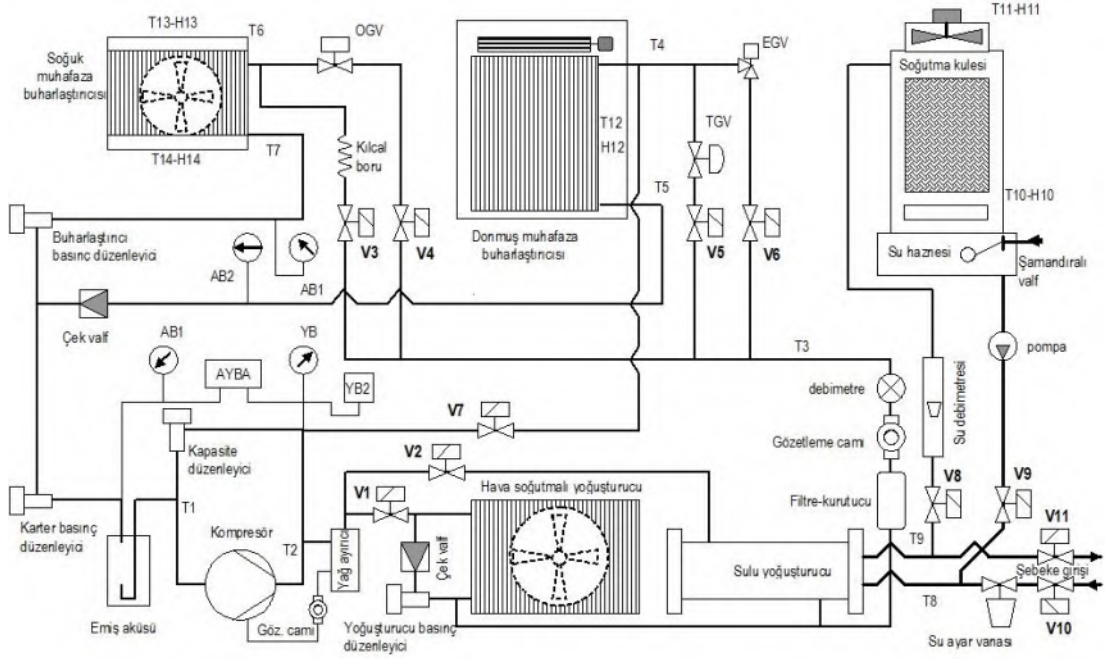
Soğutma makinemizde soğutucu akışkan olarak R 134a kullanılmaktadır. Hem su soğutmalı yoğuşturucu hem de hava soğutmalı yoğuşturucu kullanılabilir. Su soğutmalı yoğuşturucu seçeneğinde soğutma kulesinin giriş ve çıkış sıcaklıkları ve su debisi ölçülerek yoğuşturucunun ısıtma yükü bulunur.

20.2. Deneyin Amacı

Var olan bir soğutma makinesinin performansı kompresör giriş/çıkış sıcaklıkları ve basınçları ile yoğuşturucu çıkış sıcaklığı ölçülerek hesaplanması amaçlanmaktadır. Bu basit yöntem her türlü soğutma makinelere uygulanabilir.

20.3. Deney Yöntemi

Soğutma makinesini incelemek için Şekil 20.1'de Endüstriyel Soğutma Eğitim Seti adlı deney düzeneği kullanılmaktadır. Deney düzeneğinde birden çok genleşme vanaları ve basınç düzenleyicileri, hava ve su soğutmalı yoğuşturucu, iki ayrı buharlaştırıcı, su soğutma kulesi, sıvı tankı ve kurutucu bulunmaktadır. Su soğutmalı yoğuşturucu da su debisi rotametre yardımıyla ölçülecektir.



Şekil 20.1. Endüstriyel soğutma eğitim ünitesi akış şeması [1]

Deneyin yapılışı;

- V2, V5 ve V10-V11 vanalarını açın. Böylece termostatik valf devreye girmiş olacaktır.
- Dokunmatik ekran üzerinden kompresörü ve 1. buharlaştırıcı fanını çalıştırın.
- Su tesisat giriş ve çıkışını hortumlar yardımıyla şebekeye bağlayın.
- Su akış düzenleyici vanasını basma hattı basıncı 6 bar olacak şekilde ayarlayın.
- Şartlar kararlı hale geldiğinde tablo ölçümlerini kaydedin.
- Su akış düzenleyici vanasını bu defa basma hattı basıncı 8 bar olacak şekilde ayarlayın.
- Şartlar kararlı hale geldiğinde tablo ölçümlerini kaydedin.
- Düğmeleri ve su bağlantılarını kapatarak sistemi durdurun.

20.4. Hesaplamalar ve Ölçümler

Hesaplamalar su soğutmalı yoğuşturucu için yapılacaktır.

Kompresör giriş (1) ve çıkış basınçları (2):

$P_1 = \dots$ bar ve $P_2 = \dots$ bar

Kompresör giriş (1) ve çıkış sıcaklıkları (2):

$T_1 = \dots$ °C ve $T_2 = \dots$ °C

Yoğuşturucu çıkış sıcaklığı:

$T_6 = \dots$ °C

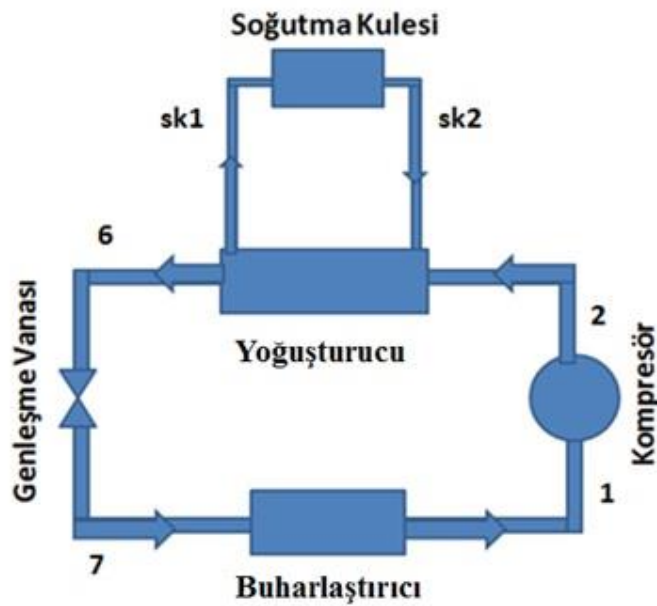
Su soğutma kulesi giriş ve çıkış sıcaklığı:

$T_{sk1} = \dots$ °C ve $T_{sk2} = \dots$ °C

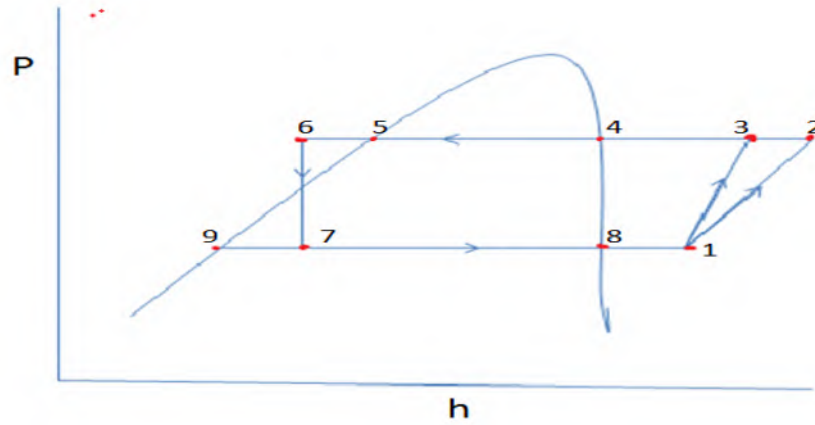
$\dot{M}_s = \dots$ kg/s

Kabuller;

Suyun yoğunluğu $\rho = 997$ kg/m³, $c_p = 4178$ J/kg.K olarak alınacaktır. Kompresör giriş basıncı buharlaştırıcı giriş ve çıkış basınçları, kompresör çıkış basıncı da yoğuşturucu giriş ve çıkış basınçlarına eşit olarak alınacaktır.



Şekil 20.2. Soğutma makinasının şematik görünümü



Şekil 20.3. Soğutma çevriminin P-h çizgesinde gösterimi

Verilen değerler yardımıyla Şekil 20.3'te verilen P-h diyagramındaki noktalar bulunur. Bu noktalardaki entalpiler aşağıda verilmiştir.

$$h_1 = \dots \text{ kJ/kg}, h_2 = \dots \text{ kJ/kg}, h_6 = h_7 = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$h_9 = \dots \text{ kJ/kg doymuş sıvı entalpisi}$$

$$h_8 = \dots \text{ kJ/kg doymuş buhar entalpisi}$$

Ayrıca Şekil 20.3'ten veya daha hassas olarak Çizelge 20.1'den $T_y = T_4 = T_5 = \dots \text{ }^\circ\text{C}$ ve $T_b = T_7 = T_8 = \dots \text{ }^\circ\text{C}$ değerleri elde edilir.

Soğutucu akışkanın kütleli debisi;

Bunun için ilk önce yoğuşturucudan alınan ısı hesaplanır.

$$\dot{Q}_{iK} = \dot{Q}_K = \dot{M}_s \cdot C p_s \cdot \Delta T = \dots \text{ kW}$$

Soğutucu akışkan debisi de aşağıdaki eşitlikten elde edilir.

$$\dot{M}_R = \frac{\dot{Q}_c}{h_2 - h_6} = \dots \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Kuruluk derecesi;

Buharlaştırıcı girişindeki kuruluk derecesi

$$x_7 = \frac{h_7 - h_9}{h_8 - h_9} \text{ olarak bulunur.}$$

$COP_{C,s}$ ve $COP_{g,s}$ (Carnot etkinliği ve gerçek etkinlik);

$$COP_{C,s} = \frac{T_b}{T_y - T_b}$$

olarak elde edilir. Soğutma gerçek etkinliği de

$$COP_{R,s} = \frac{h_1 - h_7}{h_2 - h_1} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Kompresör g¼c¼;

Kompresöre verilen g¼c¼

$$W = \dot{M}_R \cdot (h_2 - h_1) = \dots kW$$

olarak elde edilir.

Buharlaştırıcı ısısı;

Buharlaştırıcıya verilen ısı da aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\dot{Q}_e = \dot{M}_R \cdot (h_1 - h_7) \dots kW$$

olarak çıkar.

Kompresör izantropik verimi;

$$\eta_i = \frac{h_3 - h_1}{h_2 - h_1}$$

eşitliğinden bulunur. Bunun için ¼nce h_3 ¼n bulunması gerekli olduğundan ve $s_1 = s_3$

kabul¼yle 3 noktası belirlenir. Buradan da

$$h_3 = \dots kJ/kg$$

olarak elde edilir.

¼kinci kanun verimi;

$$\eta_{IK} = \frac{COP_{g,s}}{COP_{C,s}} = \dots$$

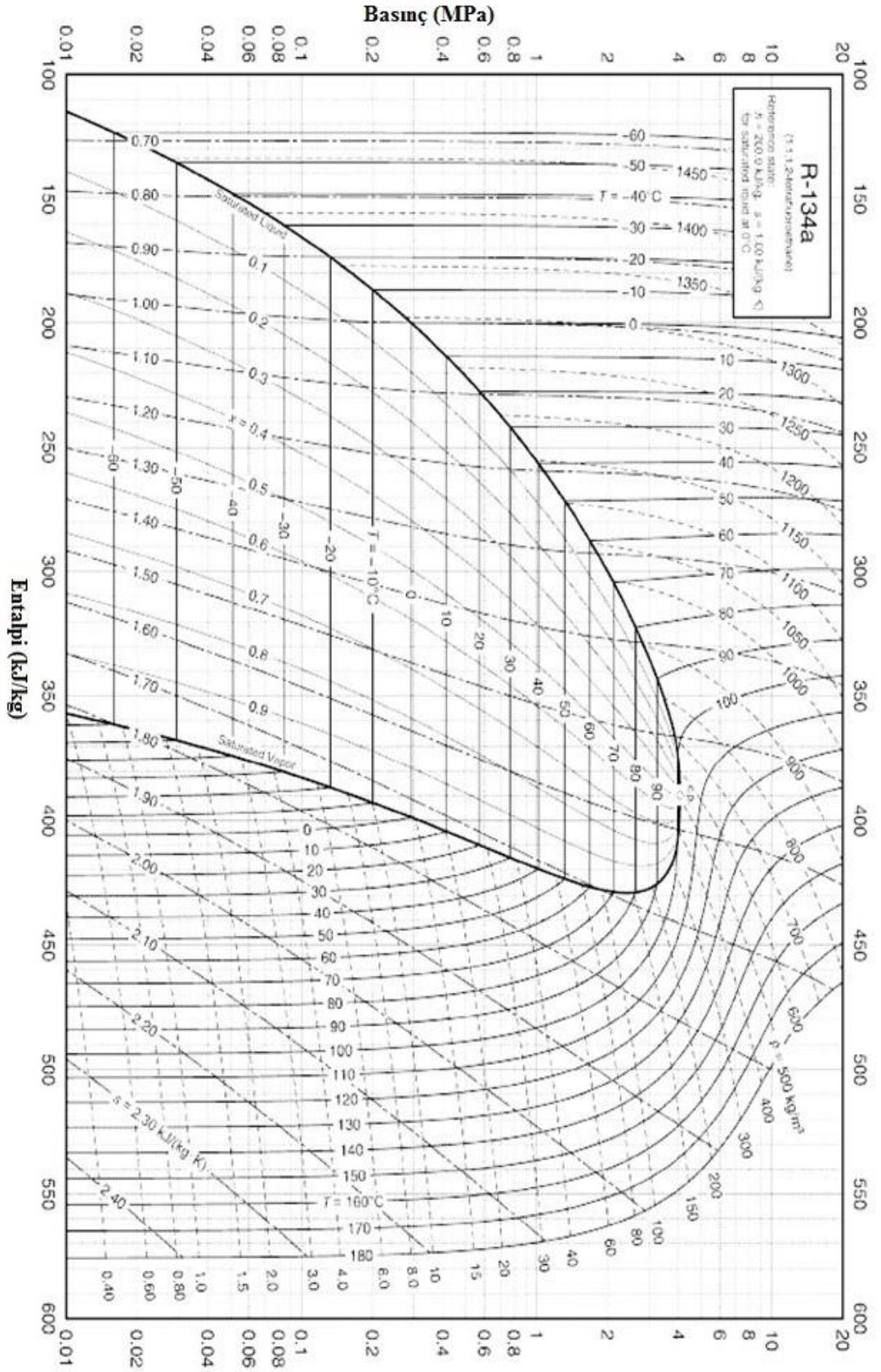
şeklinde bulunur.

Çizelge 20.1. Ölçümler

Özellikler / ölçüm sayısı	Okunan gösterge	1	2	3
Emme hattı basıncı, P_1 [kPa]	AB			
Basma hattı basıncı, P_2 [kPa]	YB			
Kompresör giriş sıcaklığı, T_1 [$^{\circ}$ C]	T_1			
Basma hattı sıcaklığı, T_2 [$^{\circ}$ C]	T_2			
Yoğuşturucu çıkış sıcaklığı, T_6 [$^{\circ}$ C]	T_6			
Su giriş sıcaklığı, T_8 [$^{\circ}$ C]	T_8			
Su çıkış sıcaklığı, T_9 [$^{\circ}$ C]	T_9			

20.5. Kaynaklar

- [1] Bulgurcu, H., “K-212 Geri Isı Kazanımlı Klima Santrali Eğitim Seti Deney Föyü”, Deneysan Eğitim Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 2010.
- [2] Yılmaz, T., “Soğutma Teknolojisi Ders Notları”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2013.



Şekil 20.4. Soğutucu akışkan R134a'nın P-h çizgesi

Çizelge 20.2. R134a'nın doymuş su ve doymuş buhar fiziksel ve termodinamik özellikleri [2]

R-134a (1,1,1,2-Tetrafloroetan) soğutucu akışkanının doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri.

Sıc* °C	Bas. MPa	Yoğ. kg/m ³ Sıvı	Hac. m ³ /kg Buhar	Entalpi kJ/kg.K		Entropi kJ/kg.K		Özgül ısı c _p kJ/kg.C		c _p /c _v	Ses hızı m/s		Viskozite μ/Pa.s		İletim kat. mW/m.K		Yüz. ger. mN/m	Sıc °C
				Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar		Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar		
-103.30a	0.00039	1591.2	35.263	71.89	335.07	0.4143	1.9638	1.147	0.585	1.163	1135	127.	2186.6	6.63	—	—	28.15	-103.30
-100.00	0.00056	1581.9	25.039	75.71	337.00	0.4366	1.9456	1.168	0.592	1.161	1111	128.	1958.2	6.76	—	—	27.56	-100.00
-90.00	0.00153	1553.9	9.7191	87.59	342.94	0.5032	1.8975	1.201	0.614	1.155	1051.	131.	1445.6	7.16	—	—	25.81	-90.00
-80.00	0.00349	1526.2	4.2504	99.65	349.03	0.5674	1.8585	1.211	0.637	1.151	999.	134.	1109.9	7.57	—	—	24.11	-80.00
-70.00	0.00801	1498.6	2.0528	111.78	355.23	0.6286	1.8269	1.215	0.660	1.148	951.	137.	879.6	7.97	125.8	—	22.44	-70.00
-60.00	0.01594	1471.0	1.0770	123.96	361.51	0.6871	1.8016	1.220	0.685	1.146	904.	139.	715.4	8.38	121.1	—	20.81	-60.00
-50.00	0.02948	1443.1	0.60590	136.21	367.83	0.7432	1.7812	1.229	0.712	1.146	858.	142.	594.3	8.79	116.5	7.12	19.22	-50.00
-40.00	0.05122	1414.8	0.36095	148.57	374.16	0.7973	1.7649	1.243	0.740	1.148	812.	144.	502.2	9.20	111.9	8.19	17.66	-40.00
-30.00	0.08436	1385.9	0.22596	161.10	380.45	0.8498	1.7519	1.260	0.771	1.152	765.	145.	430.4	9.62	107.3	9.16	16.13	-30.00
-28.00	0.09268	1380.0	0.20682	163.62	381.70	0.8601	1.7497	1.264	0.778	1.153	756.	145.	418.0	9.71	106.3	9.35	15.83	-28.00
-26.07b	0.10132	1374.3	0.19016	166.07	382.90	0.8701	1.7476	1.268	0.784	1.154	747.	146.	406.4	9.79	105.4	9.52	15.54	-26.07
-26.00	0.10164	1374.1	0.18961	166.16	382.94	0.8704	1.7476	1.268	0.785	1.154	747.	146.	406.0	9.79	105.4	9.52	15.53	-26.00
-24.00	0.11127	1368.2	0.17410	168.70	384.19	0.8806	1.7455	1.273	0.791	1.155	738.	146.	394.6	9.88	104.5	9.71	15.23	-24.00
-22.00	0.12160	1362.2	0.16010	171.26	385.43	0.8908	1.7436	1.277	0.798	1.156	728.	146.	383.6	9.96	103.6	9.89	14.93	-22.00
-20.00	0.13268	1356.2	0.14744	173.82	386.66	0.9009	1.7417	1.282	0.805	1.157	719.	146.	373.1	10.05	102.6	10.07	14.63	-20.00
-18.00	0.14454	1350.2	0.13597	176.39	387.89	0.9110	1.7399	1.286	0.812	1.159	710.	146.	363.0	10.14	101.7	10.24	14.33	-18.00
-16.00	0.15721	1344.1	0.12556	178.97	389.11	0.9211	1.7383	1.291	0.820	1.160	700.	147.	353.3	10.22	100.8	10.42	14.04	-16.00
-14.00	0.17074	1338.0	0.11610	181.56	390.33	0.9311	1.7367	1.296	0.827	1.162	691.	147.	344.0	10.31	99.9	10.59	13.74	-14.00
-12.00	0.18516	1331.8	0.10749	184.16	391.55	0.9410	1.7351	1.301	0.835	1.164	682.	147.	335.0	10.40	99.0	10.76	13.45	-12.00
-10.00	0.20052	1325.6	0.09963	186.78	392.75	0.9509	1.7337	1.306	0.842	1.166	672.	147.	326.3	10.49	98.0	10.93	13.16	-10.00
-8.00	0.21684	1319.3	0.09246	189.40	393.95	0.9608	1.7323	1.312	0.850	1.168	663.	147.	318.0	10.58	97.1	11.10	12.87	-8.00
-6.00	0.23418	1313.0	0.08591	192.03	395.15	0.9707	1.7310	1.317	0.858	1.170	654.	147.	309.9	10.67	96.2	11.28	12.58	-6.00
-4.00	0.25257	1306.6	0.07991	194.68	396.35	0.9805	1.7297	1.323	0.866	1.172	644.	147.	302.2	10.76	95.3	11.45	12.29	-4.00
-2.00	0.27206	1300.2	0.07440	197.33	397.55	0.9903	1.7285	1.329	0.875	1.175	635.	147.	294.7	10.85	94.3	11.62	12.00	-2.00
0.00	0.29269	1293.7	0.06935	200.00	398.68	1.0000	1.7274	1.335	0.883	1.178	626.	147.	287.4	10.94	93.4	11.79	11.71	0.00
2.00	0.31450	1287.1	0.06470	202.68	399.84	1.0097	1.7263	1.341	0.892	1.180	616.	147.	280.4	11.03	92.5	11.96	11.43	2.00
4.00	0.33755	1280.5	0.06042	205.37	401.00	1.0194	1.7252	1.347	0.901	1.183	607.	147.	273.6	11.13	91.6	12.13	11.14	4.00
6.00	0.36186	1273.8	0.05648	208.08	402.14	1.0291	1.7242	1.353	0.910	1.187	598.	147.	267.0	11.22	90.7	12.31	10.86	6.00
8.00	0.38749	1267.0	0.05284	210.80	403.27	1.0387	1.7233	1.360	0.920	1.190	588.	147.	260.6	11.32	89.7	12.48	10.58	8.00
10.00	0.41449	1260.2	0.04948	213.53	404.40	1.0483	1.7224	1.367	0.930	1.193	579.	146.	254.3	11.42	88.8	12.66	10.30	10.00
12.00	0.44289	1253.3	0.04636	216.27	405.51	1.0579	1.7215	1.374	0.939	1.197	569.	146.	248.3	11.52	87.9	12.84	10.02	12.00
14.00	0.47276	1246.3	0.04348	219.03	406.61	1.0674	1.7207	1.381	0.950	1.201	560.	146.	242.5	11.62	87.0	13.02	9.74	14.00
16.00	0.50413	1239.3	0.04081	221.80	407.70	1.0770	1.7199	1.388	0.960	1.206	550.	146.	236.8	11.72	86.0	13.20	9.47	16.00
18.00	0.53796	1232.1	0.03833	224.59	408.78	1.0865	1.7191	1.396	0.971	1.210	541.	146.	231.2	11.82	85.1	13.39	9.19	18.00
20.00	0.57319	1224.9	0.03603	227.40	409.84	1.0960	1.7183	1.404	0.982	1.215	532.	145.	225.8	11.92	84.2	13.57	8.92	20.00
22.00	0.60977	1217.5	0.03388	230.21	410.89	1.1055	1.7176	1.412	0.994	1.220	522.	145.	220.5	12.03	83.3	13.76	8.65	22.00
24.00	0.64666	1210.1	0.03189	233.05	411.93	1.1149	1.7169	1.420	1.006	1.226	512.	145.	215.4	12.14	82.4	13.96	8.38	24.00
26.00	0.68531	1202.6	0.03003	235.90	412.95	1.1244	1.7162	1.429	1.018	1.231	503.	144.	210.4	12.25	81.4	14.15	8.11	26.00
28.00	0.72676	1194.9	0.02829	238.77	413.95	1.1338	1.7155	1.438	1.031	1.238	493.	144.	205.5	12.36	80.5	14.35	7.84	28.00
30.00	0.77008	1187.2	0.02667	241.65	414.94	1.1432	1.7149	1.447	1.044	1.244	484.	143.	200.7	12.48	79.6	14.56	7.57	30.00
32.00	0.81530	1179.3	0.02516	244.55	415.90	1.1527	1.7142	1.457	1.058	1.251	474.	143.	196.0	12.60	78.7	14.76	7.31	32.00
34.00	0.86250	1171.3	0.02374	247.47	416.85	1.1621	1.7135	1.467	1.073	1.259	465.	142.	191.4	12.72	77.7	14.97	7.05	34.00
36.00	0.91172	1163.2	0.02241	250.41	417.78	1.1715	1.7129	1.478	1.088	1.267	455.	142.	186.9	12.84	76.8	15.19	6.78	36.00
38.00	0.96301	1154.9	0.02116	253.37	418.69	1.1809	1.7122	1.489	1.104	1.276	445.	141.	182.5	12.97	75.9	15.41	6.52	38.00
40.00	1.0165	1146.5	0.01999	256.35	419.58	1.1903	1.7115	1.500	1.120	1.285	436.	140.	178.2	13.10	75.0	15.64	6.27	40.00
42.00	1.0721	1137.9	0.01890	259.35	420.44	1.1997	1.7108	1.513	1.138	1.295	426.	140.	174.0	13.24	74.1	15.86	6.01	42.00
44.00	1.1300	1129.2	0.01786	262.38	421.28	1.2091	1.7101	1.525	1.156	1.306	416.	139.	169.8	13.38	73.1	16.10	5.76	44.00
46.00	1.1901	1120.3	0.01689	265.42	422.09	1.2185	1.7094	1.539	1.175	1.318	407.	138.	165.7	13.52	72.2	16.34	5.51	46.00
48.00	1.2527	1111.3	0.01598	268.49	422.88	1.2279	1.7086	1.553	1.196	1.331	397.	137.	161.7	13.67	71.3	16.59	5.26	48.00
50.00	1.3177	1102.0	0.01511	271.59	423.63	1.2373	1.7078	1.569	1.218	1.345	387.	137.	157.7	13.83	70.4	16.84	5.01	50.00
52.00	1.3852	1092.6	0.01430	274.71	424.35	1.2468	1.7070	1.585	1.241	1.360	377.	136.	153.8	13.99	69.5	17.10	4.76	52.00
54.00	1.4553	1082.9	0.01353	277.86	425.05	1.2562	1.7061	1.602	1.266	1.377	367.	135.	149.9	14.16	68.5	17.36	4.52	54.00
56.00	1.5280	1073.0	0.01280	281.04	425.68	1.2657	1.7051	1.621	1.293	1.395	358.	134.	146.1	14.33	67.6	17.63	4.28	56.00
58.00	1.6033	1062.8	0.01212	284.25	426.29	1.2752	1.7041	1.641	1.322	1.416	348.	133.	142.3	14.51	66.7	17.91	4.04	58.00
60.00	1.6815	1052.4	0.01146	287.49	426.86	1.2847	1.7031	1.663	1.354	1.438	338.	132.	138.6	14.71	65.8	18.19	3.81	60.00
62.00	1.7625	1041.7	0.01085	290.77	427.37	1.2943	1.7019	1.686	1.388	1.463	328.	131.	134.9	14.91	64.9	18.48	3.57	62.00
64.00	1.8464	1030.7	0.01026	294.08	427.84	1.3039	1.7007	1.712	1.426	1.490	318.	129.	131.2	15.12	63.9	18.78	3.34	64.00
66.00	1.9334	1019.4	0.00970	297.44	428.25	1.3136	1.6993	1.740	1.468	1.522	308.	128.	127.5	15.35	63.0	19.09	3.12	66.00
68.00	2.0234	1007.7	0.00917	300.84	428.61	1.3234	1.6979	1.772	1.515	1.557	298.	127.	123.9	15.59	62.1	19.40	2.89	68.00
70.00	2.1165	995.6	0.00867	304.29	428.99	1.3332	1.6963	1.806	1.567	1.597	287.	126.	120.3	15.85	61.2	19.72	2.67	70.