

ESM-354

ENERJİ

UYGULAMALARI

LAB. II DERSİ

LABORATUVARLAR

➡ ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

- ➡ Dr. Öğr. Üye. H. İbrahim VARİYENLİ
- ➡ Arş. Gör. Sedat MANTICI
- ➡ Arş. Gör. Kerim MARTİN

➡ TERMODİNAMİK LABORATUVARI

- ➡ Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ
- ➡ Arş. Gör. H. Erdi TANÜRÜN
- ➡ Arş. Gör. Şulenur ASAL

➡ AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI

- ➡ Prof. Dr. Kurtuluş BORAN
- ➡ Arş. Gör. Büşra ARSLAN
- ➡ Arş. Gör. Fethi M. ÇİMEN

Deney Grupları

TERMODİNAMİK LABORATUVARI			
Gün	Saat	Şube/Grup	Deney Adı
21.02.2020	09.30-12.20	4. Şube	Isı Pompası ve Soğutma Sistemi Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
28.02.2020	09.30-12.20	4. Şube	Yenilenebilir Enerji Eğitim Seti Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
6.03.2020	09.30-12.20	4. Şube	Buhar Türbini Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
13.03.2020	09.30-12.20	4. Şube	Gaz Türbini Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI			
Gün	Saat	Şube/Grup	Deney Adı
21.02.2020	09.30-12.20	5. Şube	Bernoulli Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
28.02.2020	09.30-12.20	5. Şube	Su Jeti Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
6.03.2020	09.30-12.20	5. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
13.03.2020	09.30-12.20	5. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	

ISI TRANSFERİ LABORATUVARI			
Gün	Saat	Şube/Grup	Deney Adı
21.02.2020	09.30-12.20	6. Şube	Isı İletim Katsayısı Ölçme Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
28.02.2020	09.30-12.20	6. Şube	Isıl Işınım Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
6.03.2020	09.30-12.20	6. Şube	Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
13.03.2020	09.30-12.20	6. Şube	Sudan Suyu Türbülanslı Akış Isı Değiştiricisi Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	

20.03.2020	09.30-12.20	5.Şube	Isı Pompası ve Soğutma Sistemi Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
27.03.2020	09.30-12.20	5.Şube	Yenilenebilir Enerji Eğitim Seti Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
3.04.2020	09.30-12.20	5.Şube	Buhar Türbini Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
10.04.2020	09.30-12.20	5.Şube	Gaz Türbini Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	

20.03.2020	09.30-12.20	6. Şube	Bernoulli Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
27.03.2020	09.30-12.20	6. Şube	Su Jeti Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
3.04.2020	09.30-12.20	6. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
10.04.2020	09.30-12.20	6. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	

20.03.2020	09.30-12.20	4. Şube	Isı İletim Katsayısı Ölçme Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
27.03.2020	09.30-12.20	4. Şube	Isıl Işınım Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
3.04.2020	09.30-12.20	4. Şube	Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
10.04.2020	09.30-12.20	4. Şube	Sudan Suyu Türbülanslı Akış Isı Değiştiricisi Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	

17.04.2020	09.30-12.20	6. Şube	Isı Pompası ve Soğutma Sistemi Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
24.04.2020	09.30-12.20	6. Şube	Yenilenebilir Enerji Eğitim Seti Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
8.05.2020	09.30-12.20	6. Şube	Buhar Türbini Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	
15.05.2020	09.30-12.20	6. Şube	Gaz Türbini Deneyi
	13.30-15.20	3. Şube	

17.04.2020	09.30-12.20	4. Şube	Bernoulli Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
24.04.2020	09.30-12.20	4. Şube	Su Jeti Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
8.05.2020	09.30-12.20	4. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	
15.05.2020	09.30-12.20	4. Şube	Sürtünme Kayıplan Deneyi
	13.30-15.20	1. Şube	

17.04.2020	09.30-12.20	5.Şube	Isı İletim Katsayısı Ölçme Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
24.04.2020	09.30-12.20	5.Şube	Isıl Işınım Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
8.05.2020	09.30-12.20	5.Şube	Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	
15.05.2020	09.30-12.20	5.Şube	Sudan Suyu Türbülanslı Akış Isı Değiştiricisi Deneyi
	13.30-15.20	2. Şube	

LABORATUVARDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- Enerji Laboratuvarı Dersi; Akışkanlar Lab., Termodinamik-Enerji Verimliliği Lab. ve Isı Lab. olmak üzere 3 bölüm şeklinde yapılacak olup, öğrenciler bahsi geçen 3 laboratuvara dönüşümlü olarak katılacaklardır.
- Dersi alan öğrenciler dersi seçtiği şubesine göre gruplandırılmıştır. Her şube 4 hafta süreyle ilgili laboratuvarda deneylerini yapacak, ardından belirtilen takvime göre diğer laboratuvarlara geçeceklerdir.
- Deney föyleri Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü web sayfasından temin edilecektir.
- Öğrencilerin deney saatinde ilgili laboratuvarda hazır bulunmaları gerekmektedir. Her ne sebeple olursa olsun deney başladığı andan itibaren **geç gelen öğrenci deneye alınmayacaktır.**

LABORATUVARDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- Lisans eğitim-öğretim ve sınav yönetmeliğine göre, laboratuvar dersi uygulamalı dersler kapsamında olduğundan devam zorunluluğu **% 80**'dir.
- Her öğrenci, verilen takvim doğrultusunda kendi şubesini içeren grubu ile deneylere katılmak zorundadır. Hiçbir öğrenci, takvim dışında deneylere alınmayacaktır.
- Deney sonrası hazırlanan raporların özgün olması en önemli kriterdir. Birbirinin aynı veya benzeri raporlar değerlendirmeye alınmayacaktır.
- Deney raporları bir sonraki deney başlangıcında teslim edilmelidir. Her deneyin sonunda bir önceki deneyin rapor teslimi ve kısa sözlü sınavı yapılacaktır.

Değerlendirme Kriteri

Değerlendirme Kriteri	Katkısı (%)
Deney Raporu	40
Sözlü Sınav	60
TOPLAM (1 deneyden alınacak puan)	100

Toplam 12 deney için her bir deneyden alınacak puanların aritmetik ortalaması **DÖNEM VİZE** **NOTU'nu** belirleyecektir. Final yazılı sınav olacaktır.

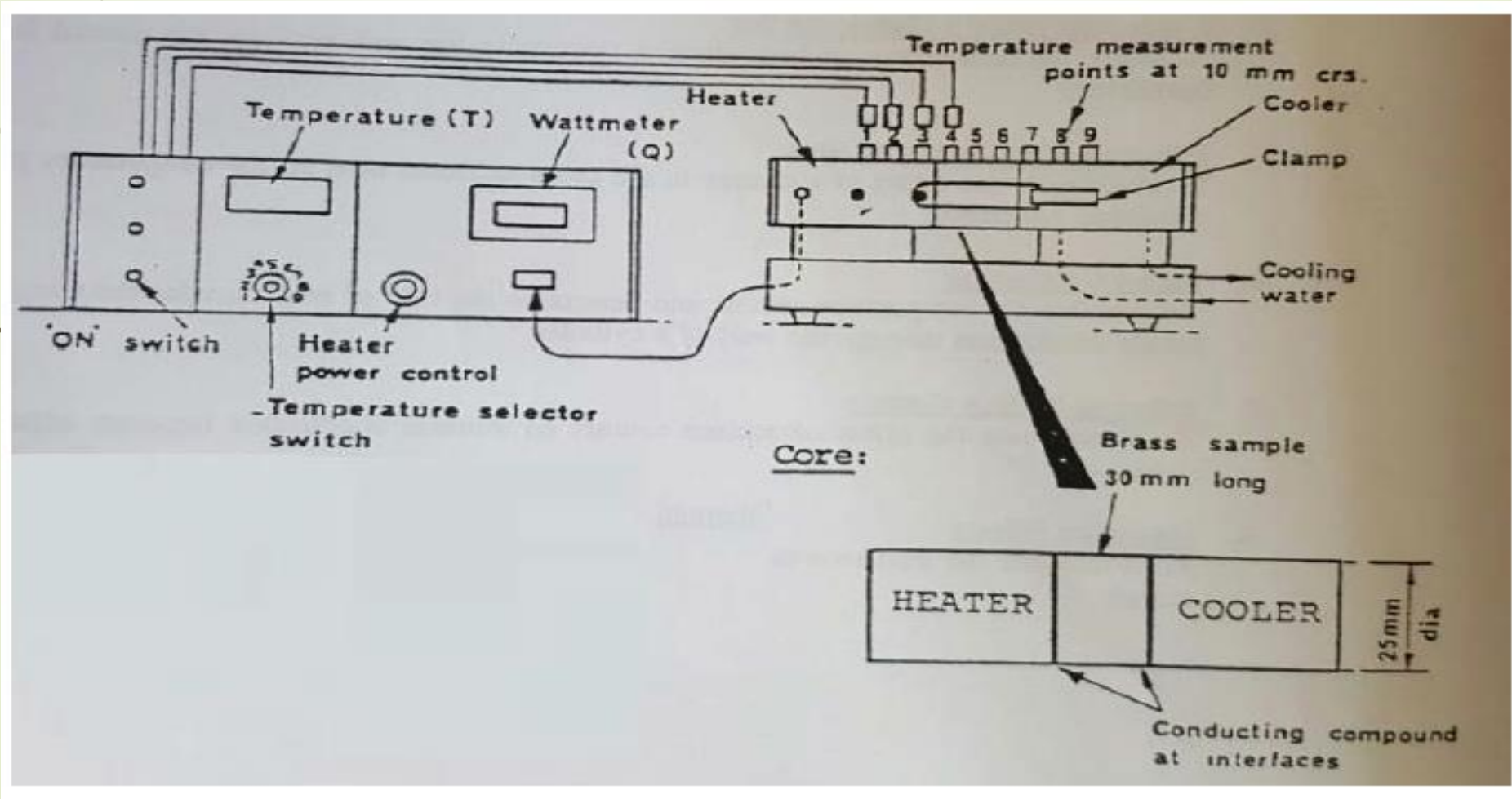
ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

➡ DENEYLER

- ➡ Isı İletim Katsayısı Tespiti Deneyi
- ➡ Isıl Işınım Deneyi
- ➡ Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deneyi
- ➡ Sudan suya Türbülanslı Akış Isı Değiştirici Deneyi

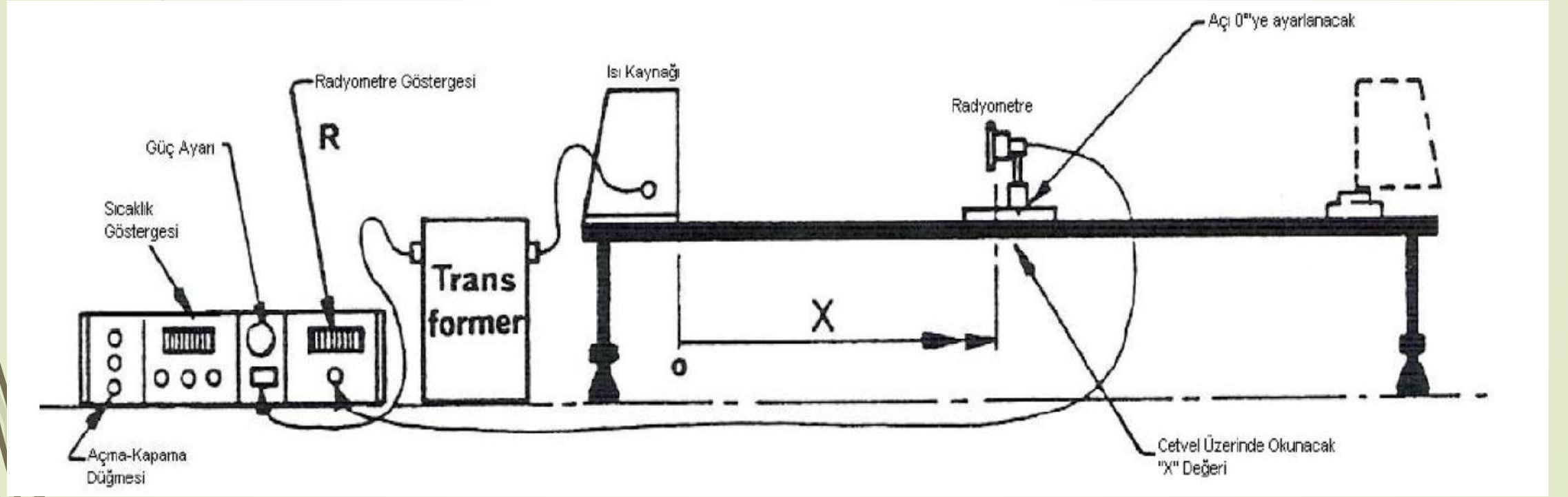
ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

➡ Isı İletim Katsayısı Tespiti Deneyi

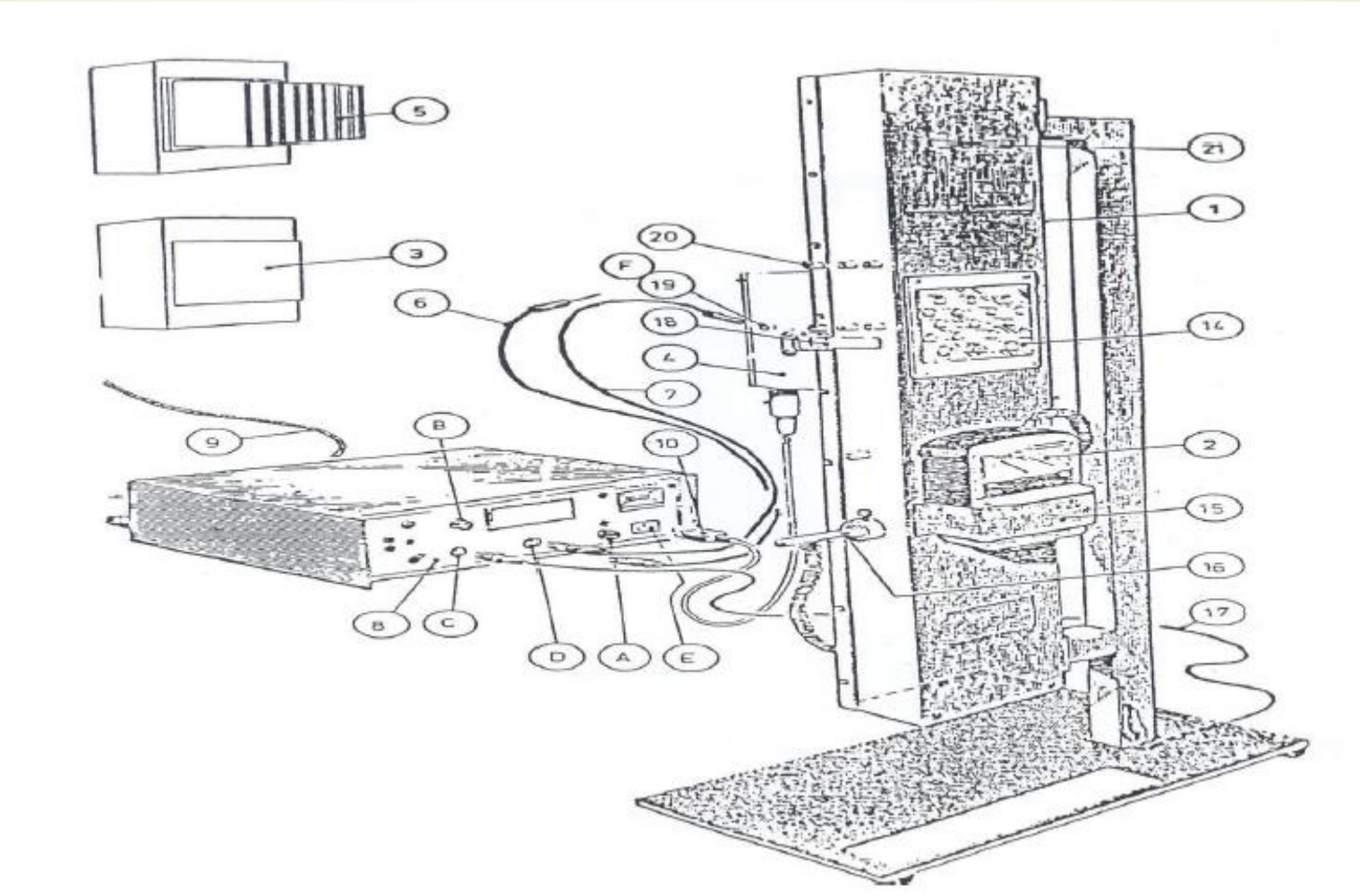


ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

► Isıl Işınım Deneyi

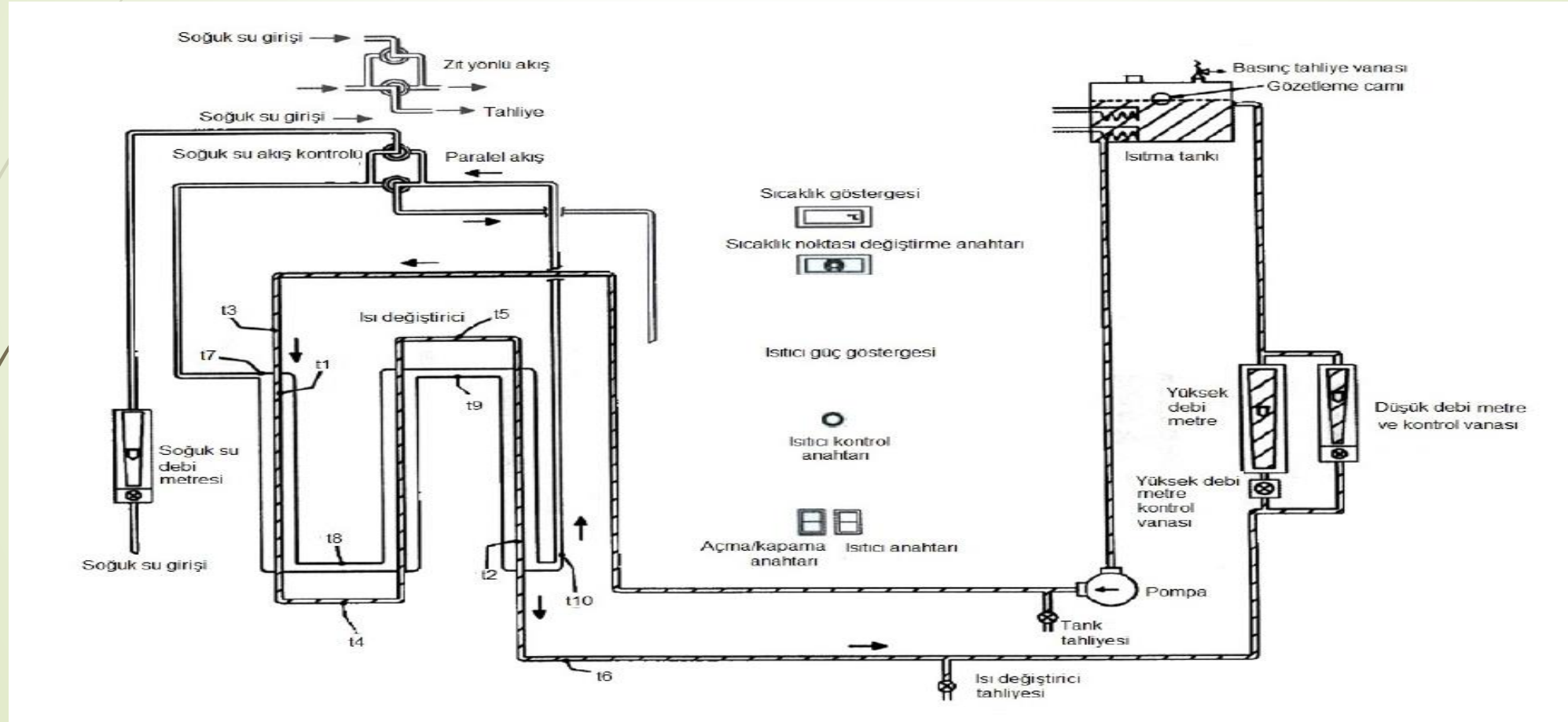


Doğal ve Zorlanmış Taşınım Deneyi



ISI TRANSFERİ LABORATUVARI

■ Sudan suya Türbülanslı Akış Isı Değiştirici Deneyi



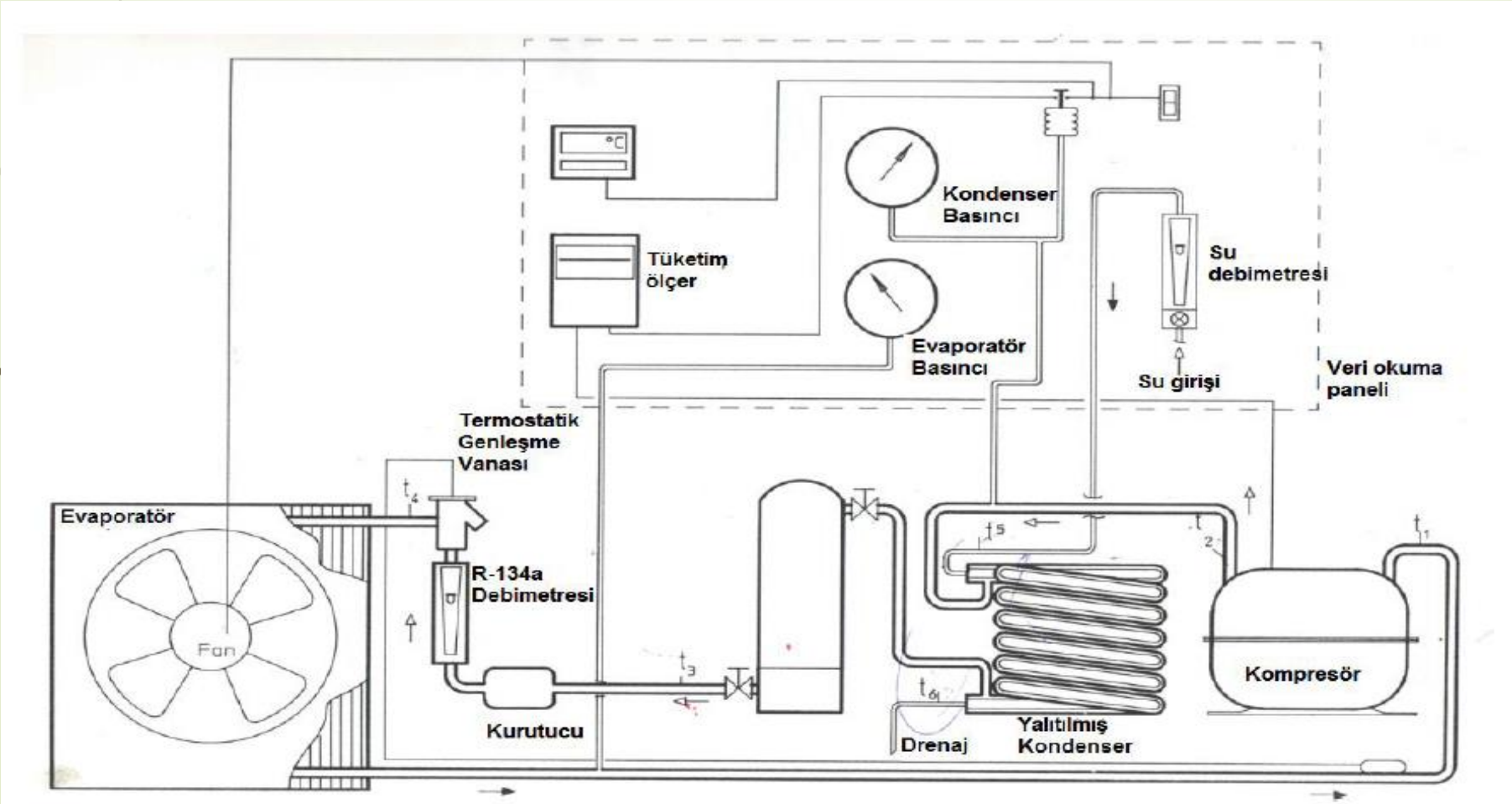
TERMODİNAMİK LABORATUVARI

► DENEYLER

- Isı Pompası ve Soğutma Sistemi Deneyi
- Yenilenebilir Enerji Eğitim Seti Deneyi
- Buhar Türbini ve Gaz Türbini Deneyi
- İklimlendirme Sistemi Deneyi

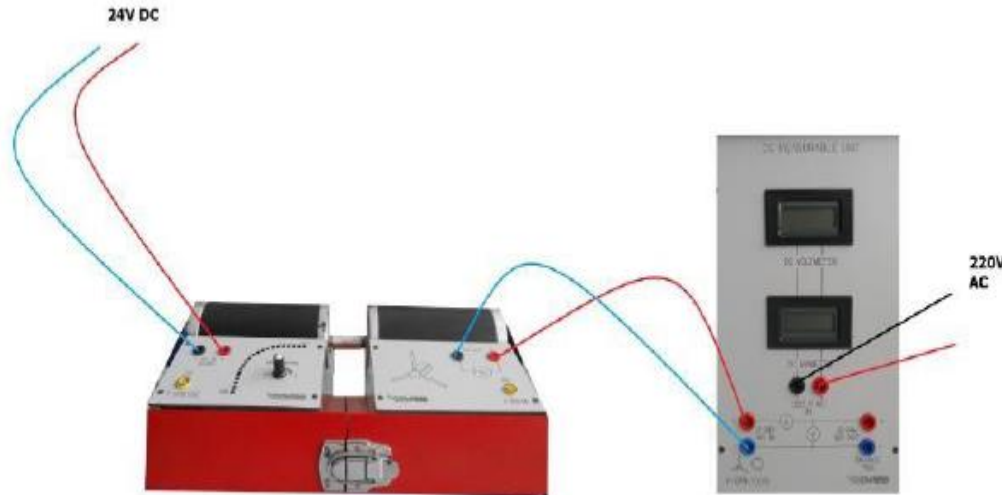
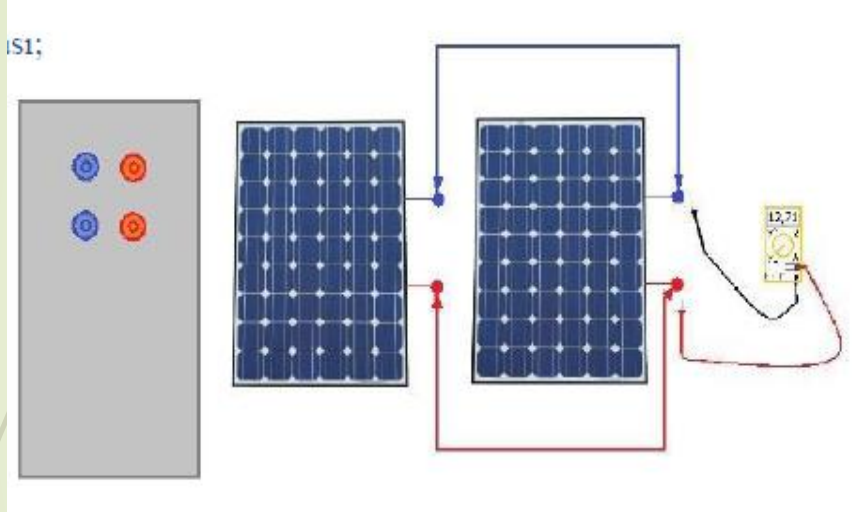
TERMODİNAMİK LABORATUVARI

Isı Pompası ve Soğutma Sistemi Deneyi



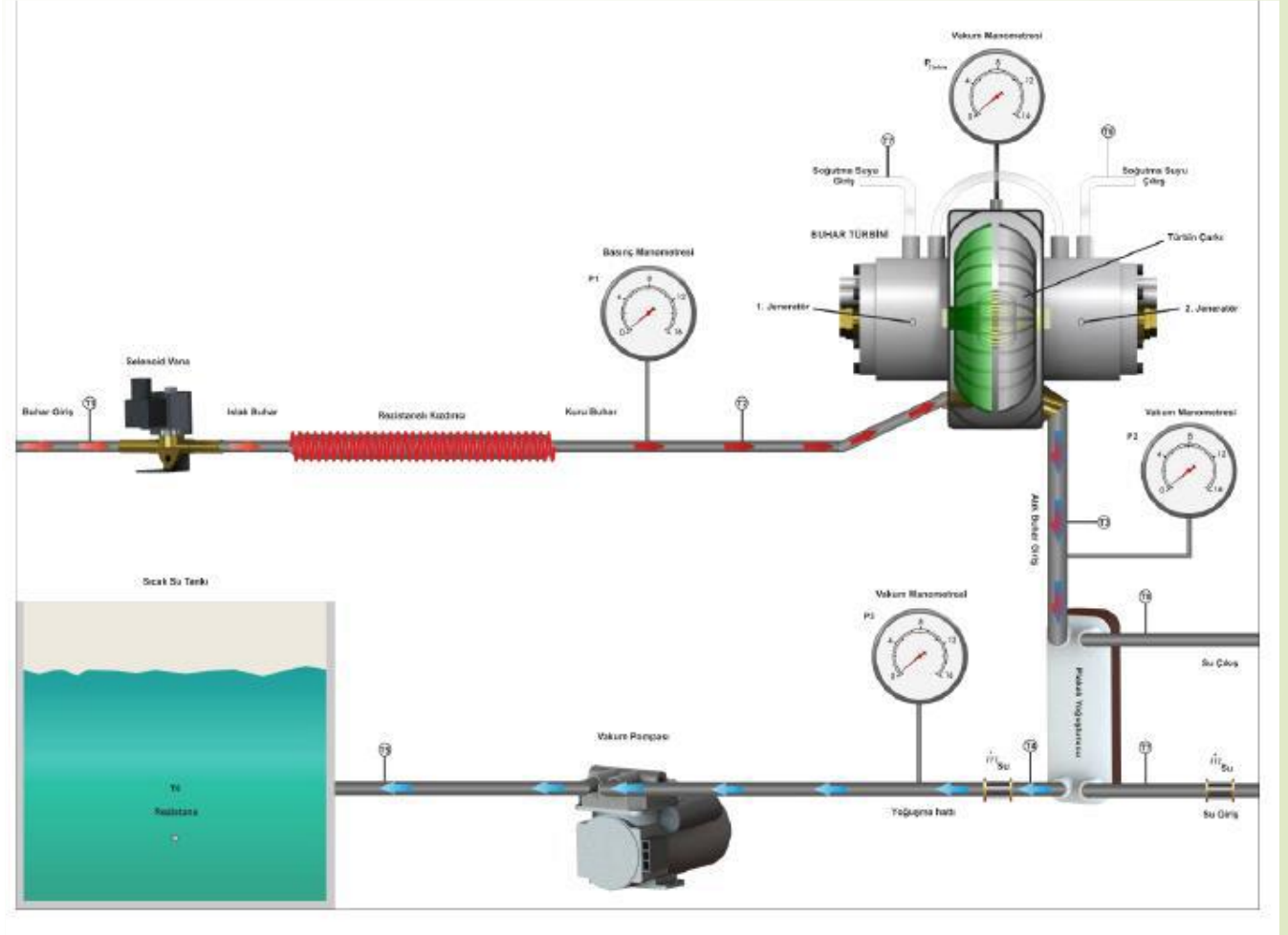
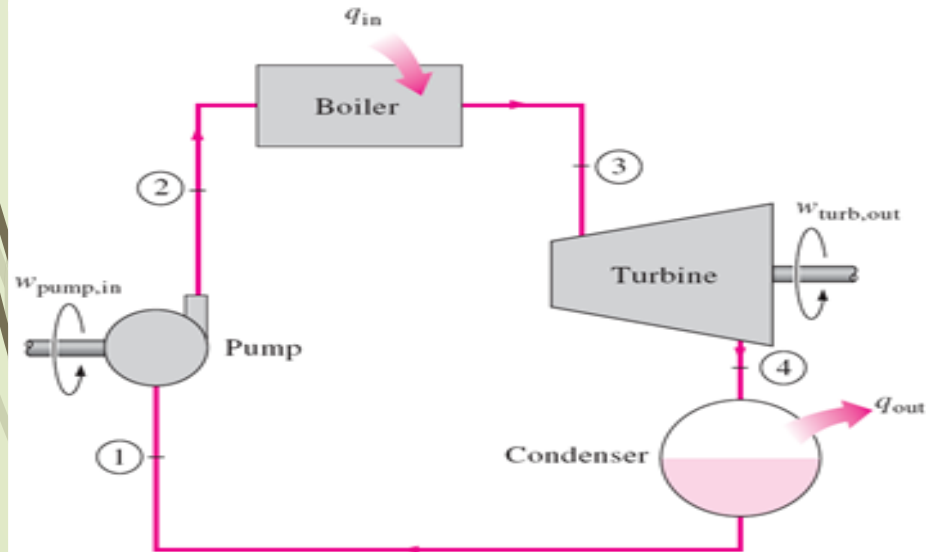
TERMODİNAMİK LABORATUVARI

Yenilenebilir Enerji Eğitim Seti Deneyi



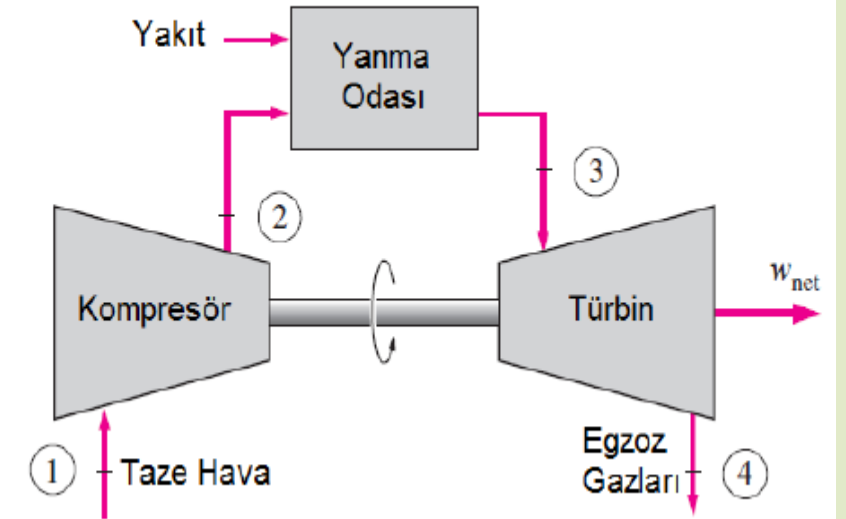
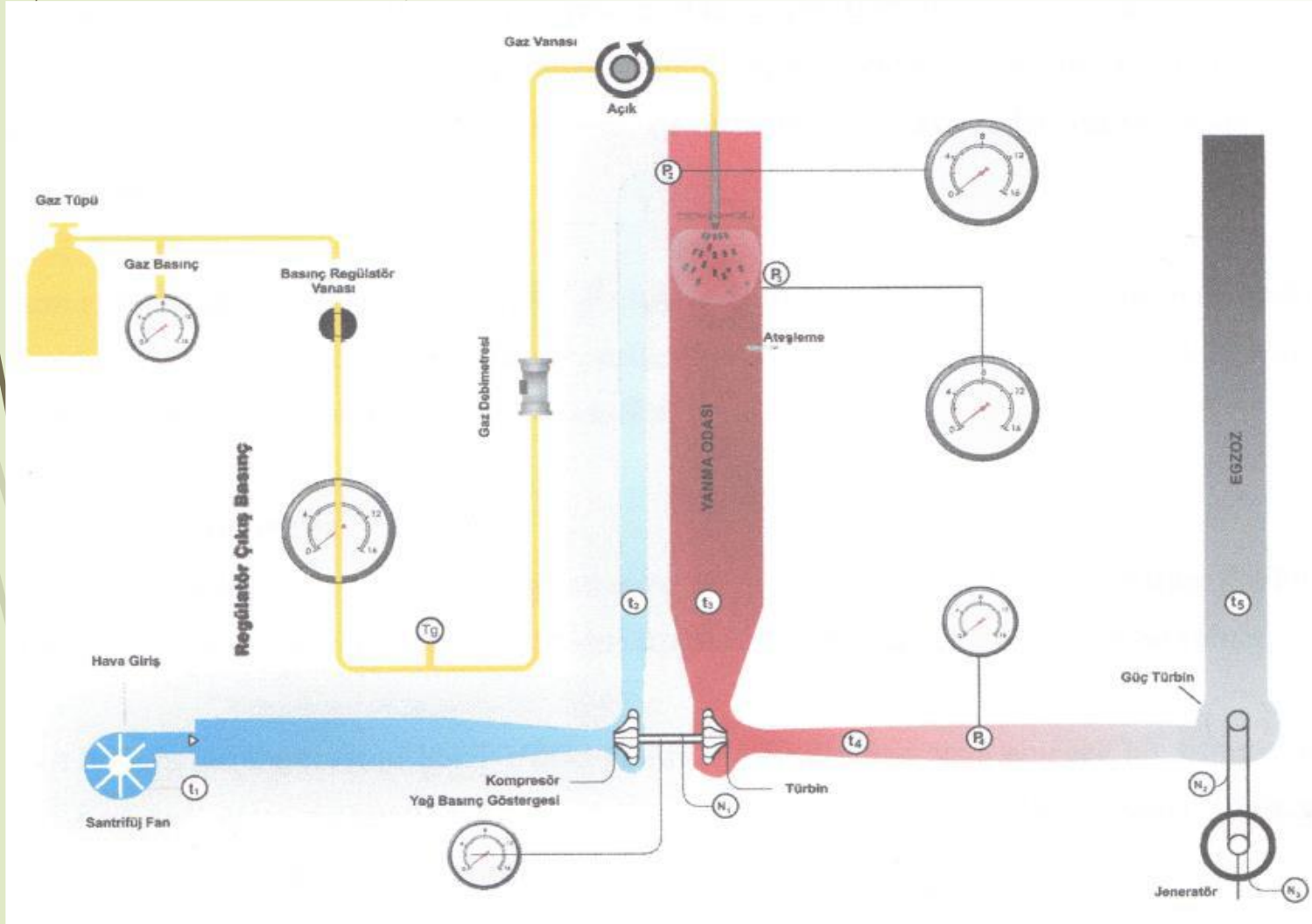
TERMODİNAMİK LABORATUVARI

► Buhar Türbini Deneyi



TERMODİNAMİK LABORATUVARI

► Gaz Türbini Deneyi



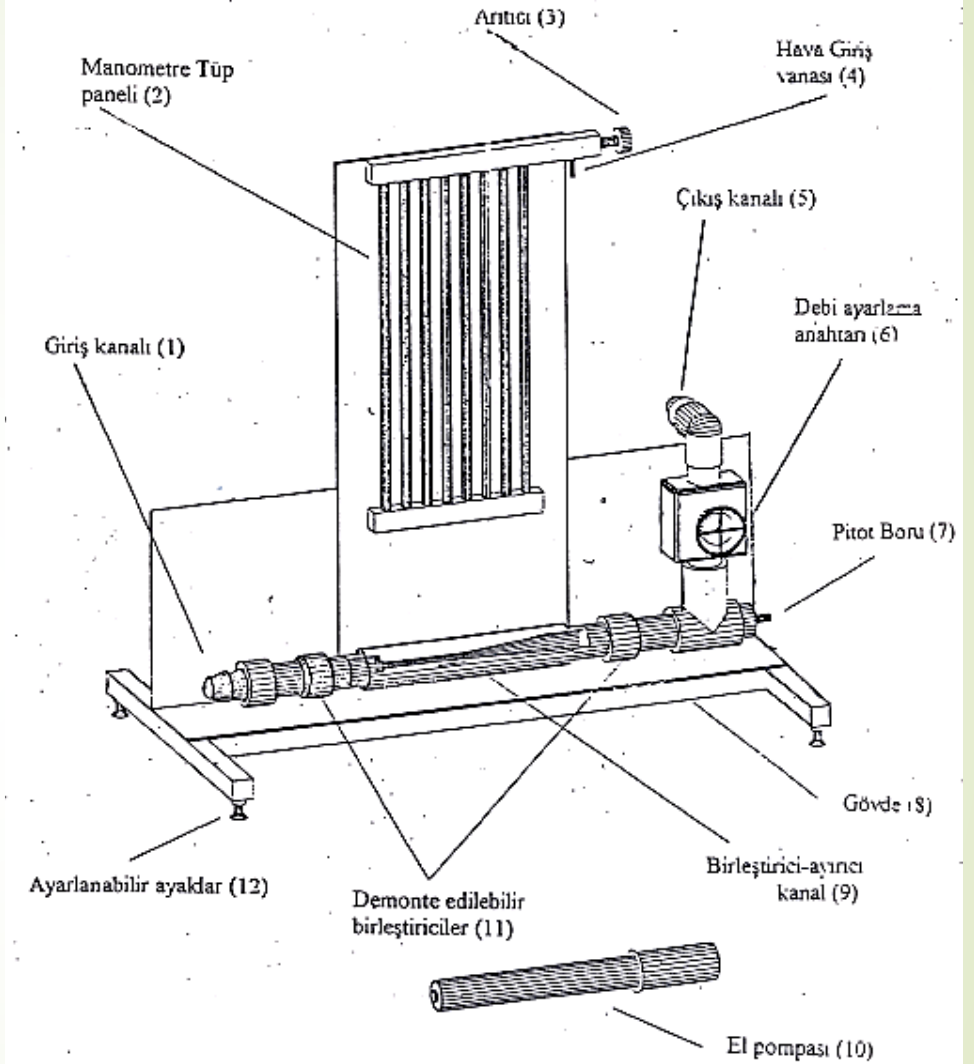
AKIŞKANLAR MEKANIĞI LABORATUVARI

➤ DENEYLER

- Bernoulli Teoremi Deneyi
- Su Jeti Deneyi
- Sürtünme Kayıpları Deneyi-1-2
- Fan Verim ve Pompa Verim Deneyi

AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI

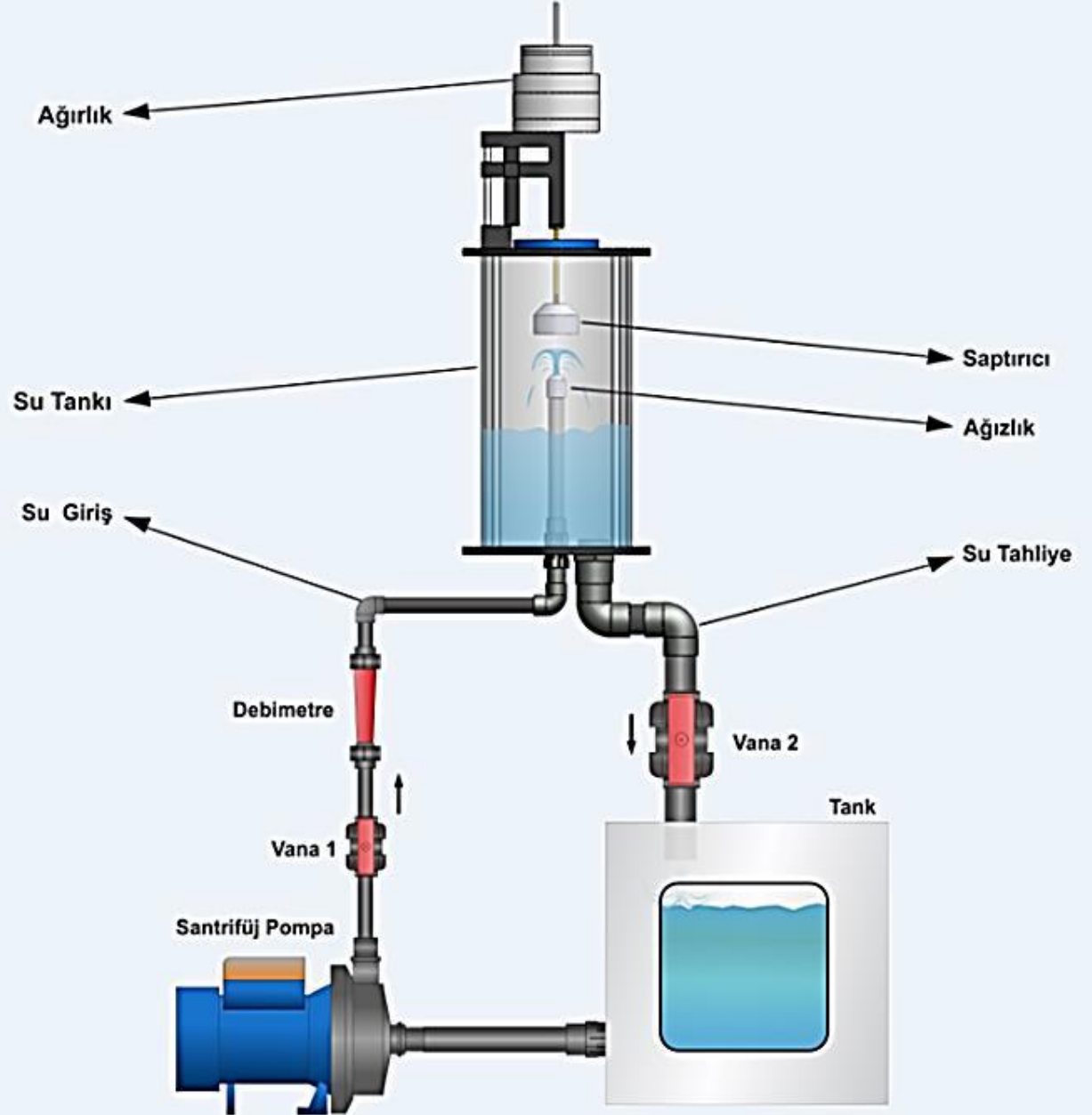
➔ Bernolli Deneyi



Alan S ₀ = 490,87 mm ²	Alan S ₄ = 121,73 mm ²
Alan S ₁ = 78,54 mm ²	Alan S ₅ = 174,35 mm ²
Alan S ₂ = 88,41 mm ²	Alan S ₆ = 490,87 mm ²
Alan S ₃ = 98,87 mm ²	Alan S ₇ = 490,87 mm ²

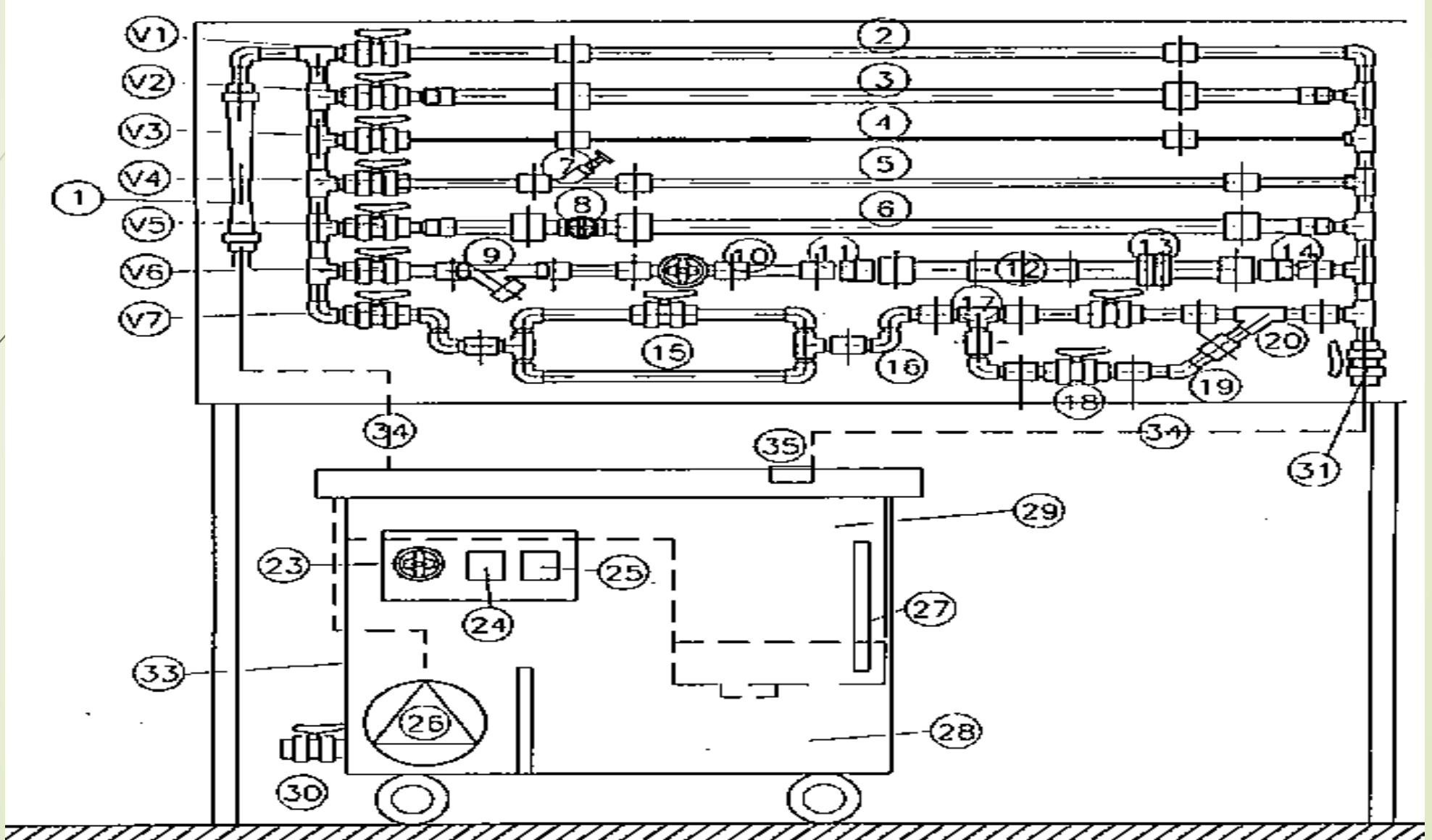
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI

➔ Su jeti Deneyi



AKIŞKANLAR MEKANİĞİ LABORATUVARI

► Sürtünme Kayıpları Deneyi



ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ESM-354 ENERJİ
UYGULAMALARI LAB. II DERSİ DENEY RAPORU



LABORATUVARI	DENEYİ	Adı-Soyadı	
		Numarası	

Soru Numarası	Rapor	S1	S2	S3	
Soru Puanı	40	20	20	20	
Öğrenci Puanı					

Deney Düzenəğinin Şematik Gösterimi (Deney düzeneğinin şekli basitçe çizilmelidir. Parçaların isimleri üzerine yazılmalıdır)

Deney Düzenəğinin Çalışma Prensibi (Deney düzeneğinin çalışma prensibi gerekli teorik bilgiler de verilerek kısaca açıklanmalıdır)

Deneyin Yapılışı (Deneyin yapılışı basit cümlelerle açıklanmalıdır.)

Elde Edilen Sonuçlar ve Hesaplamalar (Deneyden elde edilen veriler tablo olarak bu bölümde verilmeli ve föyde istenilen hesaplamalar yapılmalıdır.)

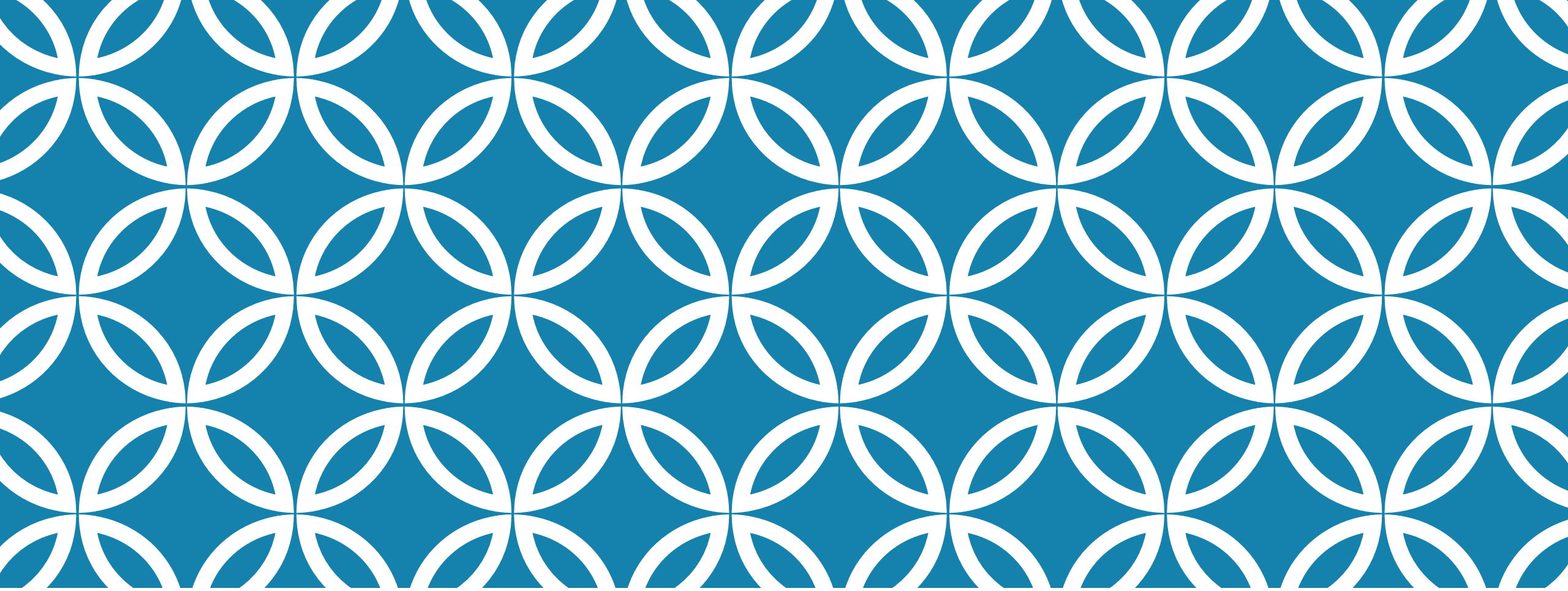
Deneyin Yorumu (Bu bölümde deney özgün cümlelerle yorumlanmalı ve (varsa) meydana gelen hataların neden kaynaklanmış olabileceği tartışılmalıdır.)

DENEY RAPORU FORMATI

Dersin Öğrenim Çıktıları

Bu dersi alan öğrenciler;

- Isı değiştiricileri, akış ve akış analiz cihazları, enerji verimliliği ve iklimlendirme cihazları, fan ve pompa vb. hakkında deney yapma, deney sonuçlarını çözümleme ve analiz etme bilgisine sahip olur.
- Akışkanların hareket denklemlerinin pratik bilgilere dönüştürme becerilerini geliştirir.
- Isı transferi ile ilgili teorik bilgilerini geliştirir.
- Enerjinin etkin kullanımı ve enerji sistemleri konularında uygulama-deney yapma ve çözümleme becerisi edinirler.
- Temel termodinamik çevrimler hakkındaki bilgilerini pekiştirirler.



BUHAR SIKIŖTIRMALI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

PROF. DR. MUSTAFA AKTAŖ

TEMEL KAVRAMLAR

ISI, GİZLİ ISI, DUYULUR ISI

BASINÇ, DOYMA BASINCI, KOMPRESÖR NE YAPAR, POMPA NE YAPAR ?

SICAKLIK, ENTALPİ, YOĞUNLUK

GENLEŞME, BÜZÜLME, GENLEŞME VALFİ, GENLEŞME VALFİ NE YAPAR?

ISI TAŞINIM KATSAYISI, ISI İLETİM KATSAYISI

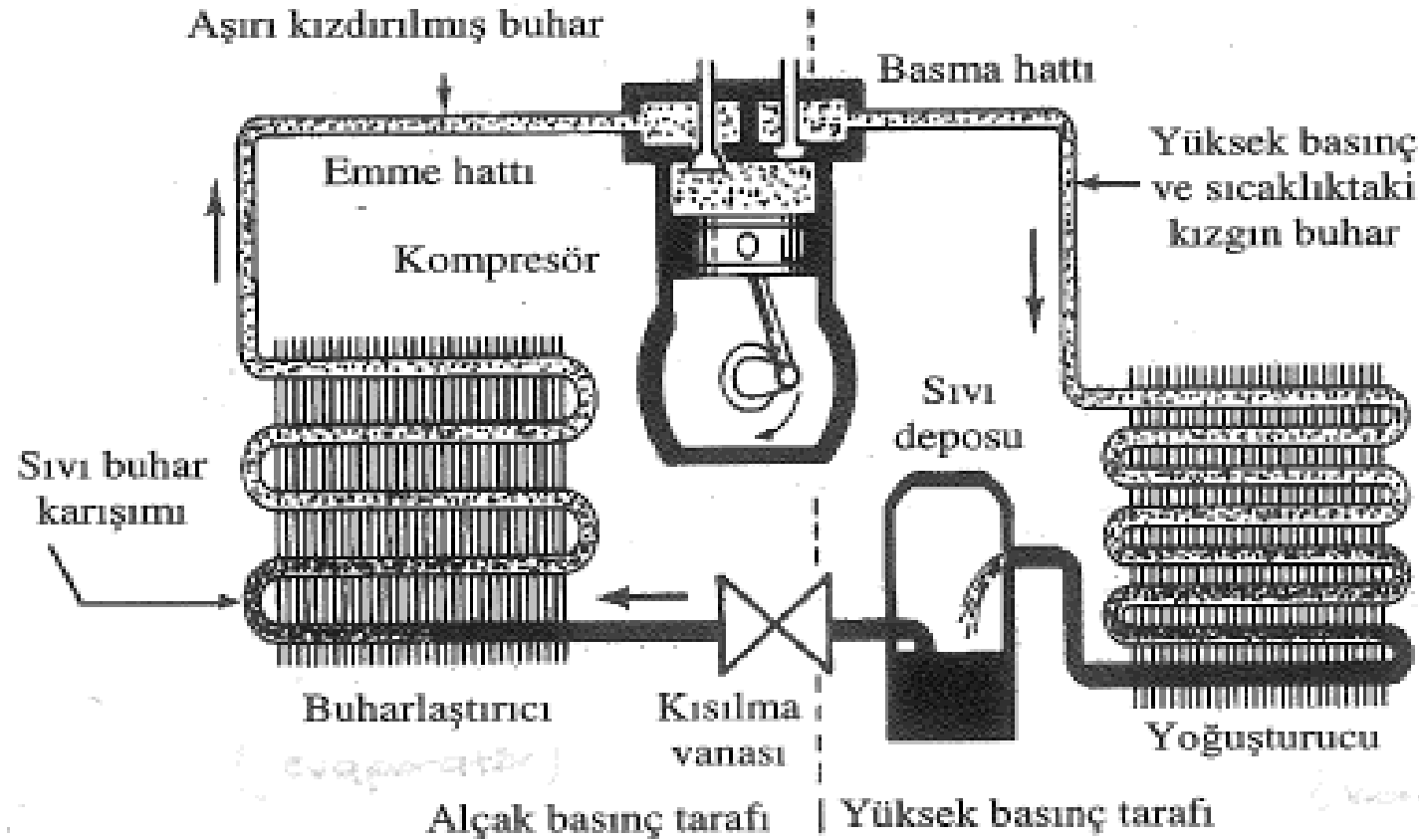
TOPLAM ISI TRANSFER KATSAYISI

YOĞUŞMA, BUHARLAŞMA, YOĞUŞTURUCU, BUHARLAŞTIRICI

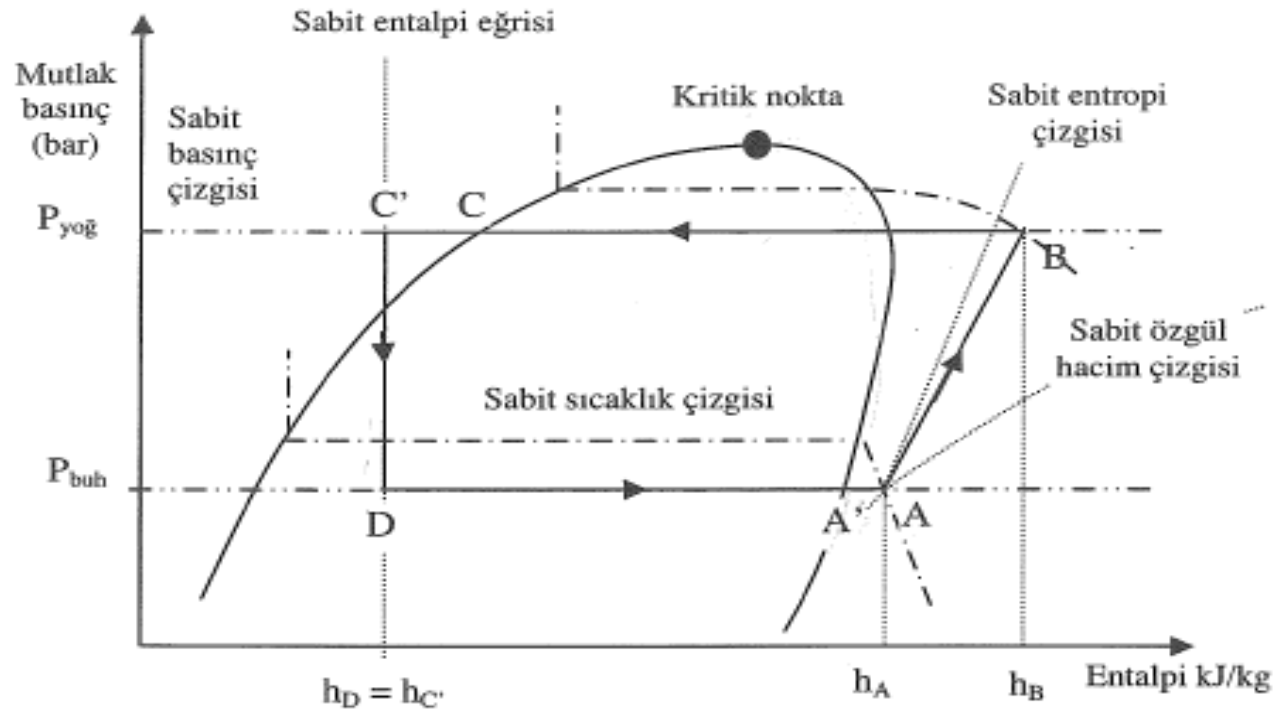
KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI, YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI

ÇİY NOKTASI SICAKLIĞI, ÖZGÜL NEM, BAĞIL NEM

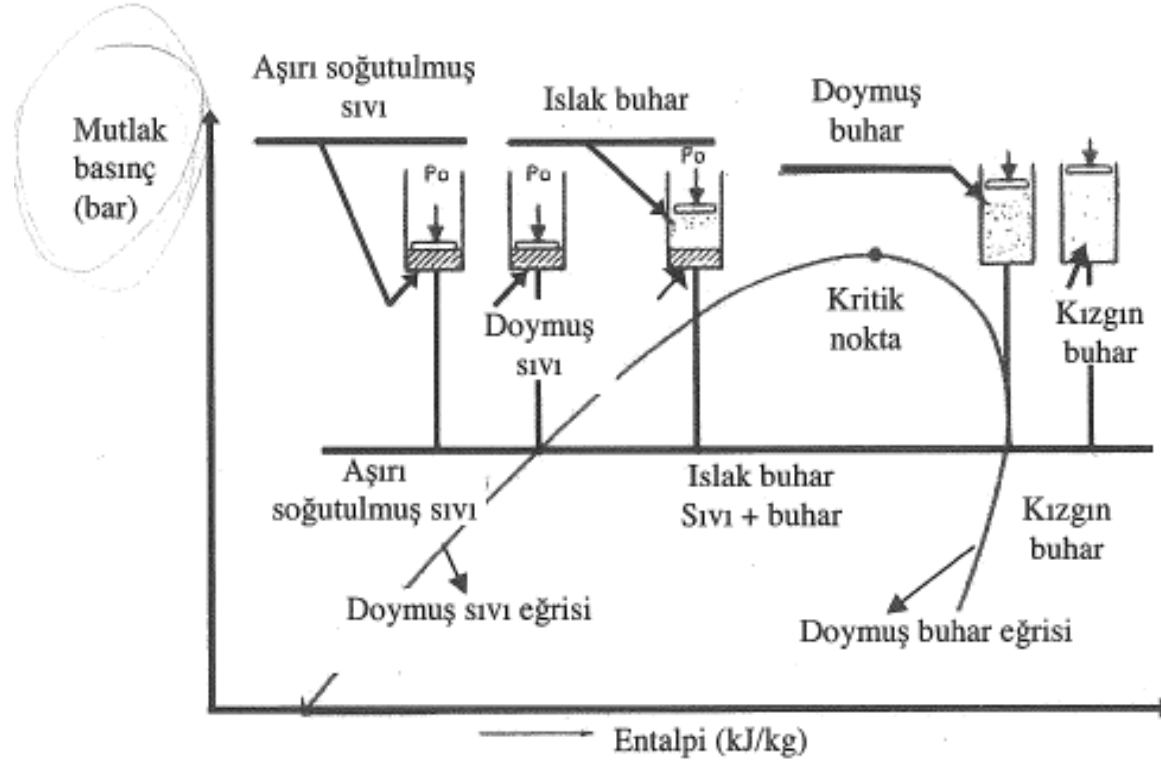
BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ



TERMODİNAMİK ANALİZ



BASINÇ-ENTALPİ DİYAGRAMI ÜZERİNDE HAL DEĞİŞİMLERİNİN GÖSTERİLMESİ



T-S VE LOG P-H DİYAGRAMINDA GÖSTERİM

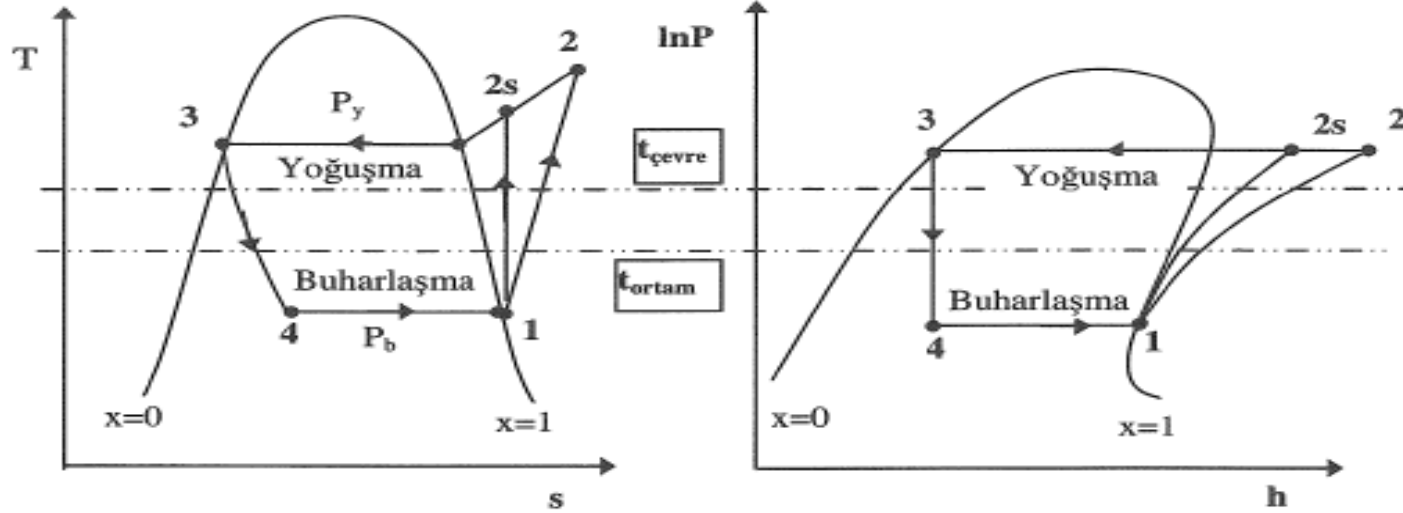
Tersinir çevrim:

1-2s : Kompresörde Tersinir adyabatik sıkıştırma

2s-3 : Tersinir sabit basınçta çevreye ısı atılması

3-4 : Kısılma vanasında sabit entalpide genişleme

4-1 : Tersinir sabit basınçta soğutucu akışkanın buharlaşması
(ortamın ısını çekme)



KOMPRESÖR İZANTROPİK VERİMİ

Kompresör iç verimi:

$$\eta_{IK} = 1 - 0.05 \frac{P_y}{P_b} \cong 0.76 \dots 0.80 \text{ aralığındadır.}$$

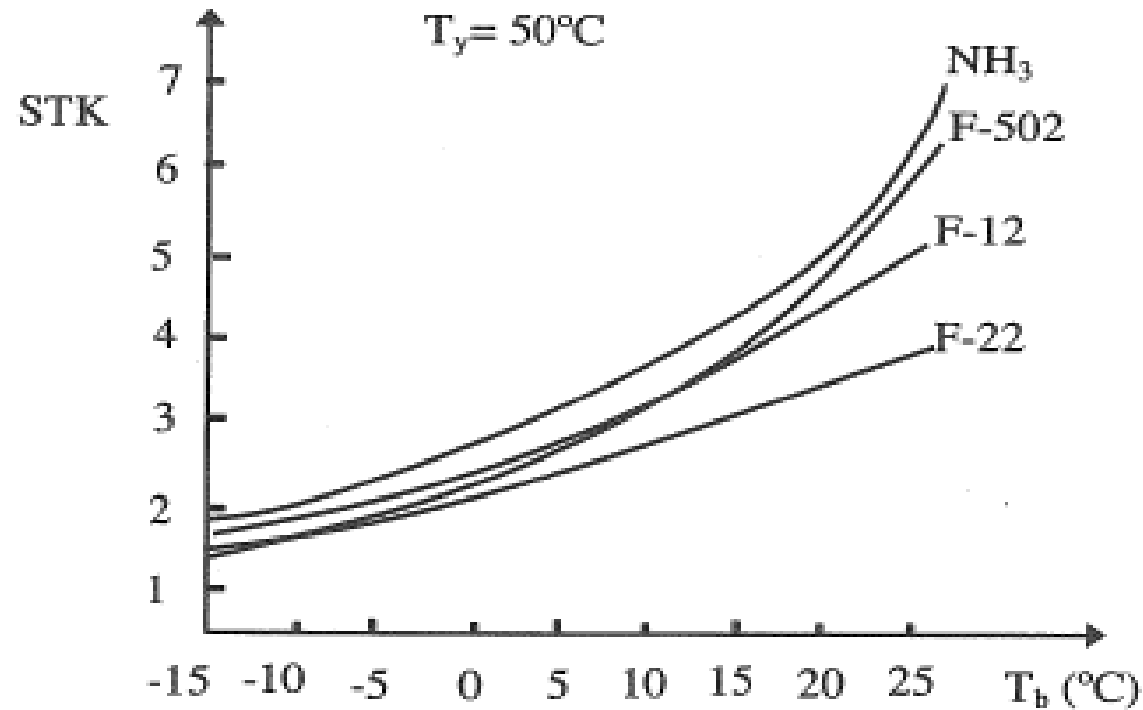
$$|\dot{W}_{K12s}| < |\dot{W}_{K12}| \Rightarrow \eta_{IK} = \frac{\dot{W}_{K12s}}{\dot{W}_{K12}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \text{ ve } \eta_{IK} \text{ belli oldu-}$$

ğuna göre adyabatik kompresör çıkışındaki soğutucu akışkanın entalpisi h_2 bulunabilir.

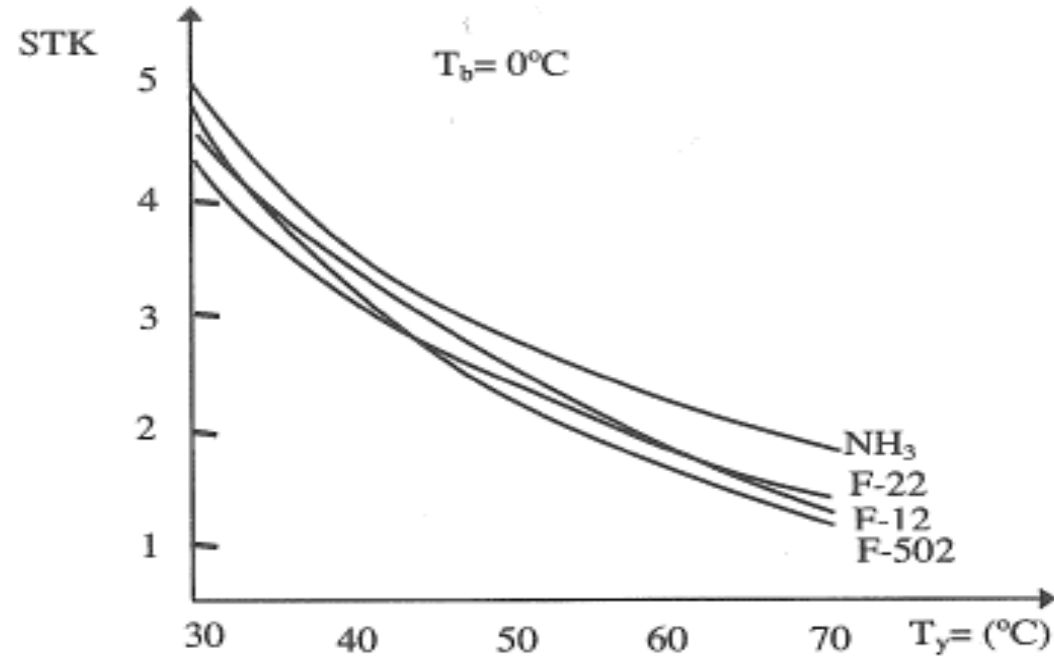
h_2 noktasının bulunması :

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{IK}}$$

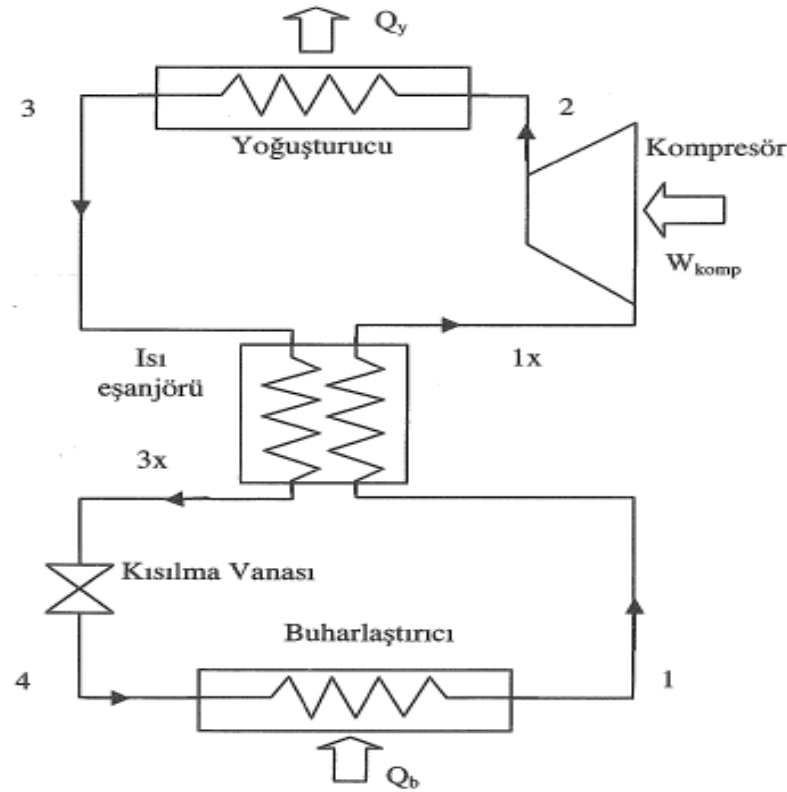
SOĞUTMA ETKİNLİK KATSAYISININ DEĞİŞİMİ



SOĞUTMA ETKİNLİK KATSAYISININ DEĞİŞİMİ

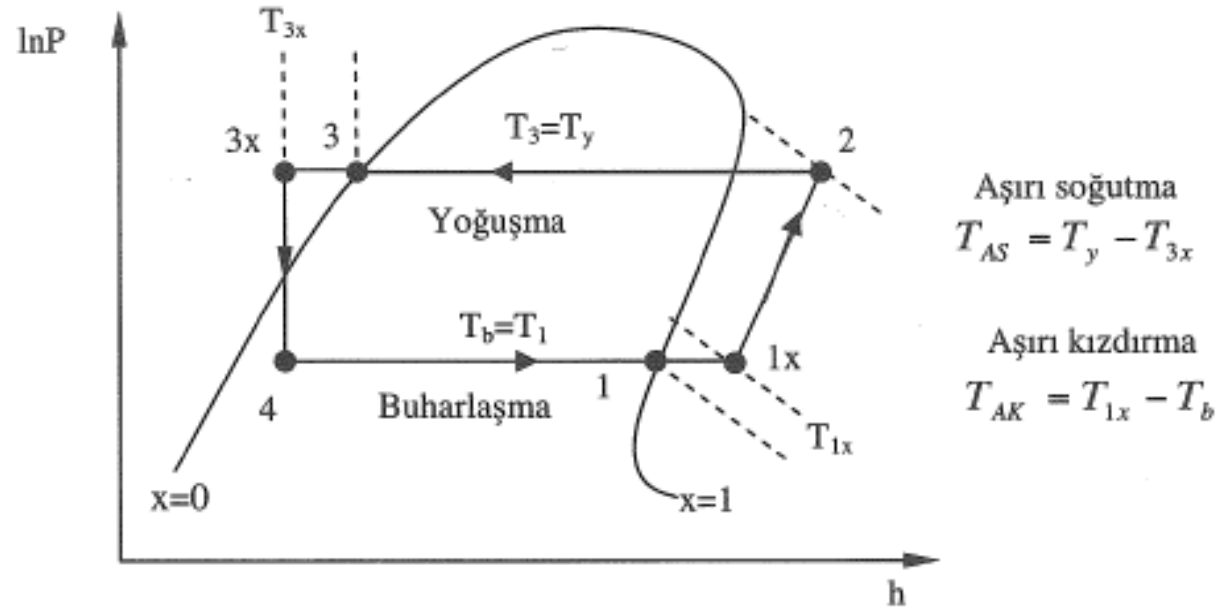


ISI EŞANJÖRLÜ SOĞUTMA SİSTEMİ

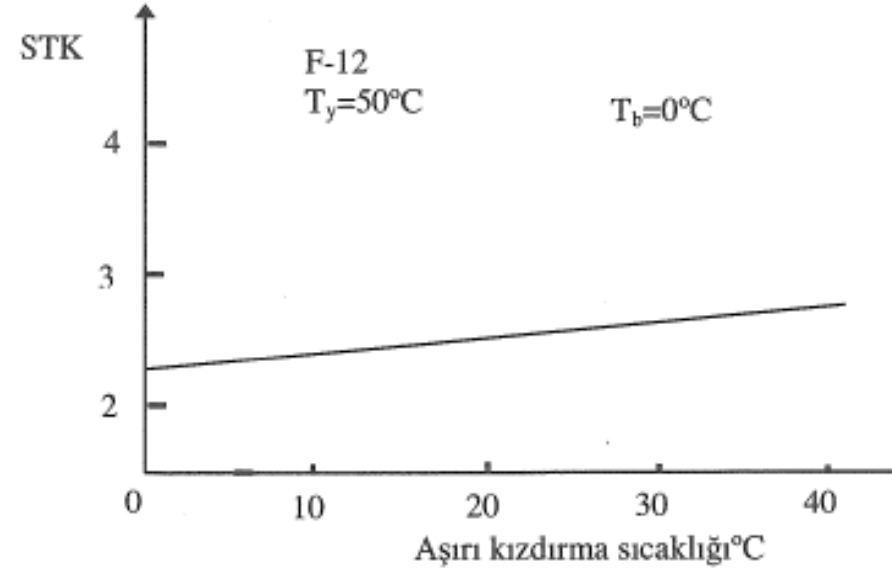


Isı eşanjöründe; yoğuşturucudan çıkan yüksek basınçlı sıvı (3) haldeki soğutucu akışkan ısısını, evaporatörden buhar halde çıkan (1) soğutucu akışkana vererek soğur (3x). Bu işleme “*aşırı soğutma*” adı verilir. Bu esnada, evaporatör çıkışındaki buhar haldeki akışkan da (1) ısınır, yani sıcaklığı artar (1x). Evaporatörde gerçekleşen bu işleme de “*aşırı kızdırma*” adı verilir. Aşırı kızdırma miktarı; buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı (T_{1x}) ile buharlaştırıcı sıcaklığı arasındaki (T_b) sıcaklık farkıdır ($T_{AK}=T_{1x}-T_b$). Aşırı soğutma miktarı ise; yoğuşturucu sıcaklığı (T_y) ile yoğuşturucu çıkış sıcaklığı (T_{3x}) arasındaki sıcaklık farkıdır ($T_{AS} = T_y - T_{3x}$). Böylece kompresöre emilen soğutucu akışkan buharında sıvı bulunması ihtimali ortadan kalkar. Bu arada, kısılma vanasına gitmekte olan sıvı soğutucu akışkan da bir miktar soğuyacaktır. Bu soğuma, sistem performansının (soğutma tesir katsayısı) yükselmesine neden olmaktadır.

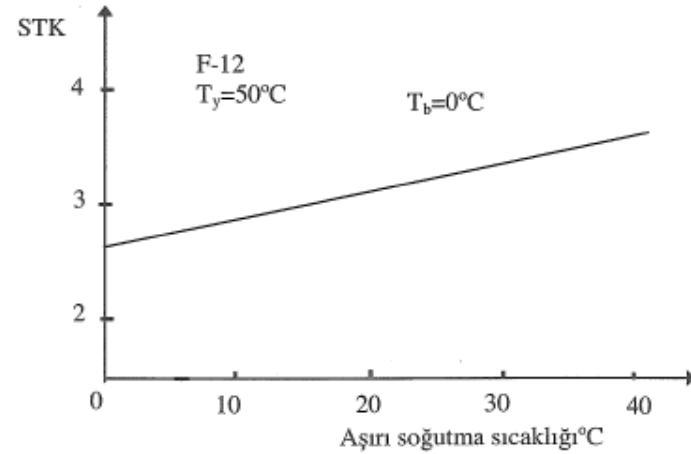
AŞIRI ISITMA VE AŞIRI SOĞUTMA



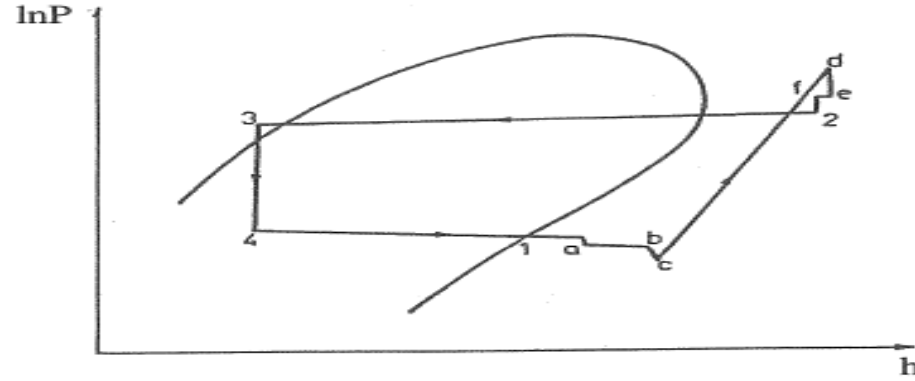
AŞIRI KIZDIRMANIN SOĞUTMA ETKİNLİK KATSAYISINA ETKİSİ



AŞIRI SOĞUTMANIN SOĞUTMA ETKİNLİK KATSAYISINA ETKİSİ



GERÇEK SOĞUTMA ÇEVİRİMİ



Şekil 2.12. Gerçek soğutma çevriminin gösterildiği basınç-entalpi diyagramı

Diyagramda;

1 : Buharlaştırıcı çıkışı,

1-a : Emme hattındaki basınç kaybı,

a-b : Emme hattında çevreden ısı geçişi nedeniyle sıcaklık artışı
($T_b > T_a$),

b-c : Emme vanasındaki basınç düşümü,

c-d : Kompresörde sıkıştırma,

d-e : Basma valfindeki basınç düşümü,

e-f : Basma hattında çevreye ısı kaybı nedeniyle sıcaklık düşümü,

f-2 : Basma hattındaki basınç düşümü,

2-3 : Yoğuşturucuda yoğuşma esnasında basınç düşümü,

3-4 : Kısılma vanasında sürtünmeler nedeniyle entalpi artışı,

4-1 : Buharlaşma esnasında sürtünmeler nedeniyle basınç düşümü.

SİSTEM TASARIMI

SOĞUTMA YÜKÜ: 5 kW,

SOĞUTUCU AKIŞKAN: R290,

YOĞUŞMA SICAKLIĞI: 45 C

BUHARLAŞMA SICAKLIĞI: -10 C

AŞIRI KIZDIRMA: 5 C

AŞIRI SOĞUTMA: 5 C

KOMPRESÖR İZANTROPİK VERİMİ: $\eta_{IK} = 1 - 0.05 \frac{P_y}{P_b}$



TEŞEKKÜR EDERİM