



GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ESM-354 ENERJİ UYGULAMALARI LAB. II

Termodinamik Laboratuvarı Deney 3 : BUHAR TÜRİNİ

Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ

Arş. Gör. H. Erdi TANÜRÜN

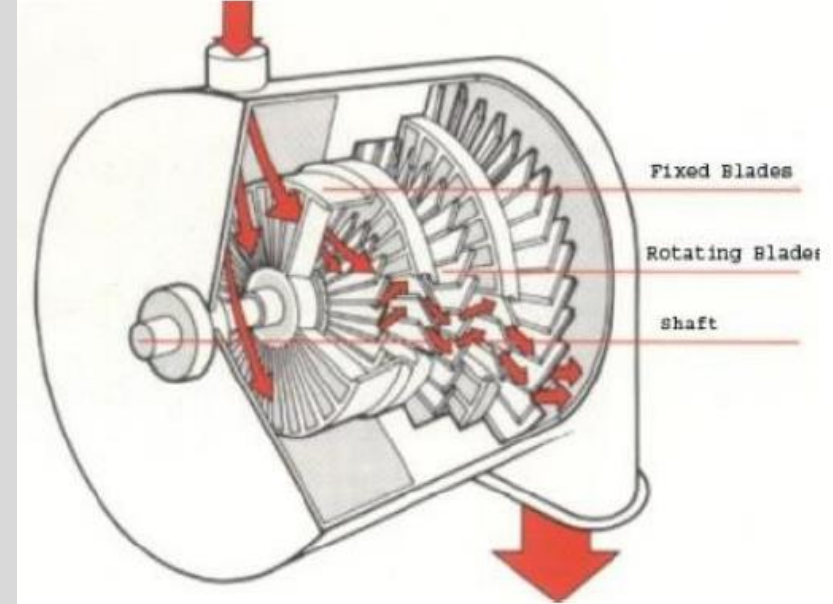
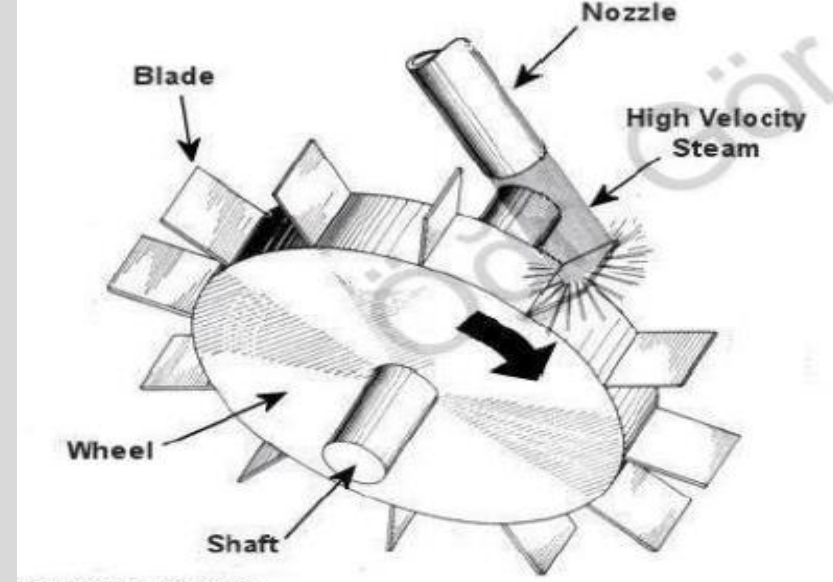
Arş. Gör. Şulenur ASAL

Arş. Gör. Oğuz Kaan ÇİNİCİ



GENEL BİLGİLER

Buhar türbini, genel olarak yatay eksenli etrafında dönebilen bir rotor, bu rotor üzerine monte edilmiş ve rotorla beraber dönen hareketli kanatlar, türbin gövdesi, bu gövde içinde bulunan iç gövde, sabit kanat taşıyıcıları ve sabit kanatlardan meydana gelir. Rotor, her iki tarafından radyal yataklarla yataklanmıştır. Eksenel yatak, rotoru eksenel yönde sabitleştirir. Buharın türbinden dışarı kaçmasının söz konusu olduğu yerler labirentlerle donatılmıştır.

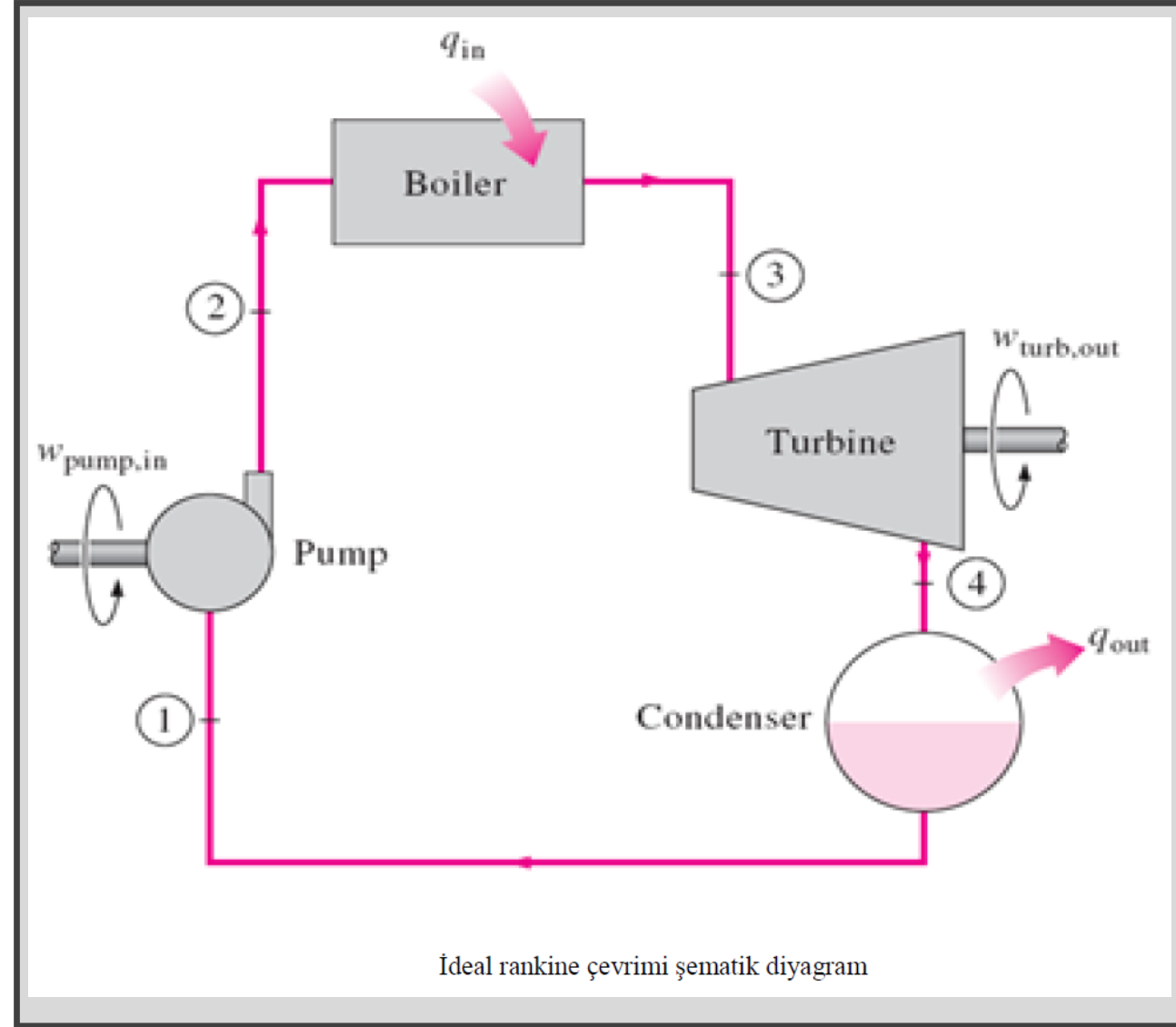


Buhar türbin gövdesi içersine girerek türbinin tüm kanat basamaklarına akar. Buhar, türbinin içersinde ilerlerken iş meydana getirir ve hacmi genişler. Bu nedenle basamaklar ilerledikçe türbinin sabit ve hareketli kanatlarının boyları daha uzun dizayn edilir. Buhar, faydalı enerjisini kanatlar yardımıyla rotora verdikten sonra çürük buhar kondenseye dökülür. Türbin çıkış tarafında bulunan jeneratörün rotoru, türbin rotoruna kaplinle bağlanmıştır.



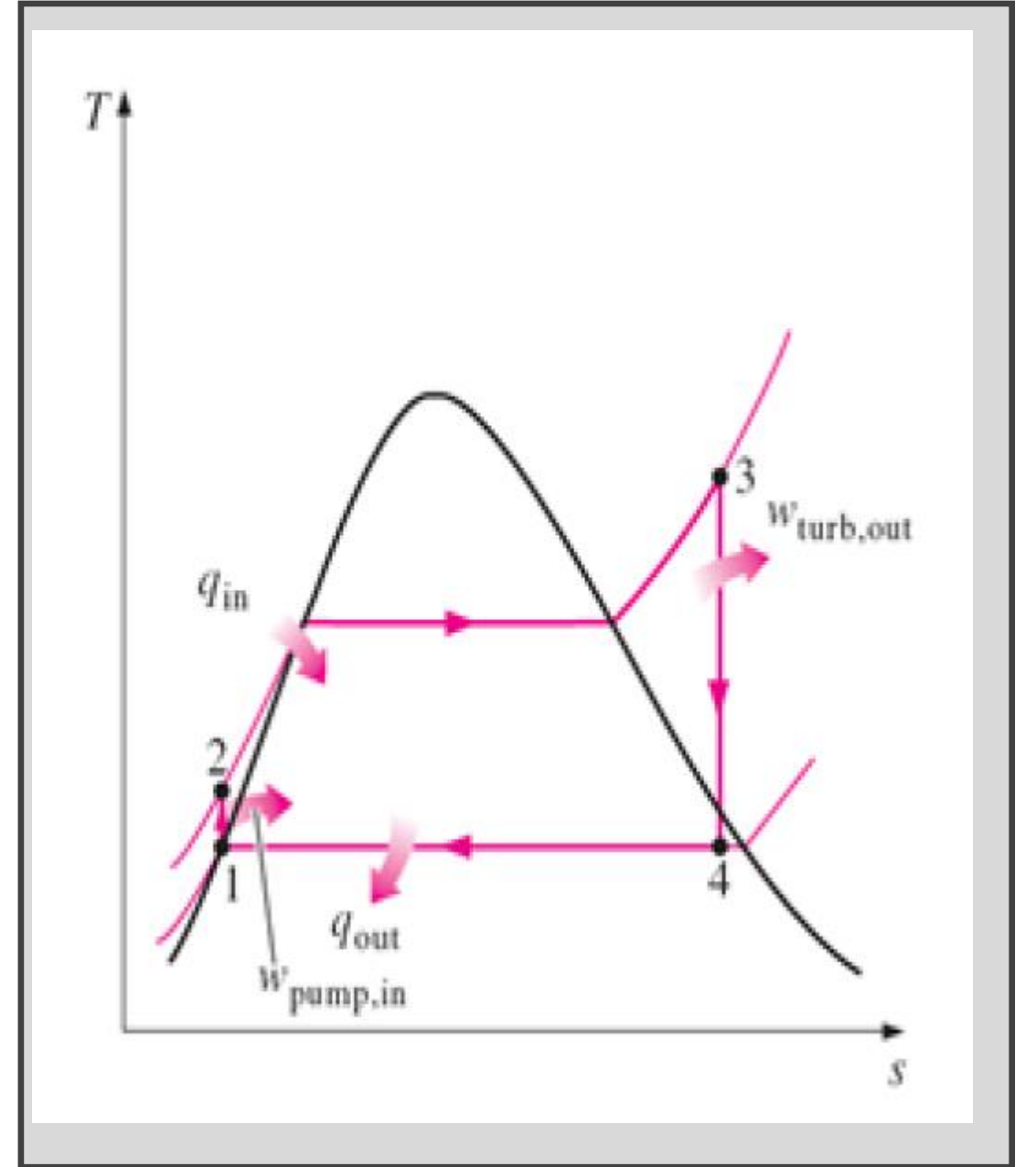
DENEYİN AMACI:

Yapılacak olan buhar türbini deneyi, endüstride yaygın olarak kullanılan rankine çevriminin ana ekipmanları olan buhar kazanı ve türbin-jeneratör veriminin bulunması amaçlanmaktadır. Deney düzeneğinde sıcaklık debi ve basıncın kademeli olarak değişebilmesinden dolayı, sistemin veriminin kademeli olarak nasıl artırabileceğimizi farklı ölçümlerle bulunabilir ayrıca yoğusturucu çıkışındaki suyun termodinamik özellikleri ölçülebildiğinden için ekserji analizinde yapılabilmektedir.



Belirli iki sıcaklık sınırı arasında çalışan en yüksek verimli çevrim Carnot çevrimidir. Buharlı güç santralleri için ideal bir çevrim değildir. Carnot çevriminin uygulanmasında karşılaşılan sorunların birçoğu, kazanda suyun kızgın buhar haline ısıtılması ve yoğuşturucuda doymuş sıvı haline soğutulmasıyla giderilebilir. Oluşan bu çevrim, buharlı güç santrallerinin ideal çevrimi olan Rankine çevrimidir. İdeal Rankine çevrimi, içten tersinmezliklerin olmadığı dört hal değişiminden oluşur:

- | | |
|-----|---|
| 1-2 | Pompada izantropik sıkıştırma |
| 2-3 | Kazanda sabit basınçta ısı girişi |
| 3-4 | Türbinde izantropik genişleme |
| 4-1 | Yoğuşturucuda sabit basınçta ısı atılması |



Enerji analizi, termodinamiğin birinci kanunu olan, enerjinin korunumu prensibine dayanır. Enerjinin korunumu denklemleri, sistem ile çevre arasında gerçekleştiren iş ve ısı etkileşimlerinin net etkisinden türetilir.

Birinci yasa, birden çok giriş ve çıkış olan sürekli akışlı bir kontrol hacmi için bu şekilde yazılır;

$$\dot{Q} - \dot{W}_{kh} = \sum_{\dot{m}_{\dot{\varsigma}}} \dot{m}_{\dot{\varsigma}} \left(h_{\dot{\varsigma}} + \frac{V_{\dot{\varsigma}}^2}{2} + gz_{\dot{\varsigma}} \right) - \sum_{\dot{m}_{\dot{g}}} \dot{m}_{\dot{g}} \left(h_{\dot{g}} + \frac{V_{\dot{g}}^2}{2} + gz_{\dot{g}} \right)$$

Denklem 'de ısı transferi terimi yok edilir, potansiyel ve kinetik enerji farkları ihmal edilirse adyabatik bir süreçte üretilen güç aşağıdaki denklemle bulunabilir.

$$\dot{W}_{kh} = \sum_{\dot{m}_{\dot{g}}} \dot{m}_{\dot{g}} h_{\dot{g}} - \sum_{\dot{m}_{\dot{\varsigma}}} \dot{m}_{\dot{\varsigma}} h_{\dot{\varsigma}}$$



---Pompa için ısı transferi olmaması ve iş transferi olduğunda;

Pompa($q=0$) olduğu için ; $W_{pompa}=h_2-h_1$ ile gösterilir yada basınç farkından yararlanılarak

$W_{pompa}=v_1(P_2-P_1)$ olarak da ifade edilebilir.Denkemdeki v (ölgül hacim) termodinamik tablolarında doymuş sıvı. ($v_1=v_{f@p1}$) bölümünden bulunur.

---Kazan da sisteme ısı girişı olur ancak herhangi bir ısı girişı olmadığından enerji denklemleri aşağıdaki gibidir.

Kazan($w=0$) olduğu için $q_{kazan}=h_3-h_2$ ile gösterilir.

---Türbinde için ısı girişı olmadığından dolayı ve mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesinden dolayı ürettiğı enerji aşağıdaki gibidir.

Türbin ($q=0$) olduğu için $W_{türbin}=h_2-h_1$ ile gösterilir.



--- Yoğuşturucu da sisteme ısı çıkışı olur ancak herhangi bir iş girişi olmadığında enerji denklemi aşağıdaki gibidir.

Yoğuşturucu ($w=0$) olduğu için $q_{\text{yoğuşturucu}}=h_3-h_2$ ile gösterilir.

Tüm çevrimlerde olduğu gibi basit Rankine çevriminin en önemli karakteristiği ısı verimidir. Daha önce tanımlandığı gibi ısı verim çevrimdeki net işin giren ısıya oranı:

$$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{giren}}} = \frac{W_p + W_T}{Q_{\text{giren}}} = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)}{(h_3 - h_2)}$$

Çevresel parametreler referans durum olarak kabul edildiğinde, belirlenen durumdan çevresiyle dengede olduğu duruma gelinceye kadar, bir sistemden tersinir bir süreçte elde edilebilecek maksimum güç, sistemin faydalı güç potansiyelidir ve fiziksel ekserji olarak adlandırılır. Ekserji analizi, termodinamiğin ikinci yasasına dayanmaktadır. Birden çok giriş ve çıkışı olan sürekli akışlı bir süreç, P_o sabit basınç ve T_o sabit sıcaklığında bir ısı kaynağı gibi davranan çevreyle ısı alışverişinde bulunabilir. Bu tür süreç için ikinci yasa yazılacak olursa;

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = \sum_{\text{ç}} \dot{m}_{\text{ç}} s_{\text{ç}} - \sum_{\text{g}} \dot{m}_{\text{g}} s_{\text{g}} + \frac{\dot{Q}_{\text{çev}}}{T_o}$$



DENEYİN YAPILIŐI

1. Elektrikli buhar kazanının ve TE-660 cihazının fiőini uygun prizlere takın.
2. Kazan su besleme hattını, TE-660 cihazındaki su deposuna bağlayın.
3. Kazan buhar çıkıőını, TE-660 cihazı buhar giriőine bağlayın.
4. Ana őalter açılmadan önce gerekli őebeke suyu bağlantısı yapılmalıdır. Suyun geğtiğinden emin olunduktan sonra ana őalter açılmalıdır. Zira őebeke bağlantısı yapılmadan ana őalter açılırsa sistem hava yapacağından su geėiőı olmaz ve buhar tőrbinini aőırı ısınacağından yanar.
5. Kazanın üzerindeki ana őalteri açın.
6. Kazan basıncı 4,5 bar'a ulaőırken dokunmatik ekran üzerinden kızdırıcıyı ve vakum pompasını çalıőtırın, buhar giriş sıcaklığının 120 C ulaőmasını bekleyin.
7. Kazan üzerindeki küresel vanayı yavaőça açın.
8. Kontrol ve ölçüm menüsü üzerinden devir sayısının, elektriksel çıkış gücünün ve sıcaklıkların artıőını gözleyin.

MALZEMENİN ADI	ADEDİ	ÖZELLİğİ
Elektrikli buhar kazanı	1	15 kW elektrik giriőli, 4 bar basınçlı, 0,005 kg/s buhar debili
Buhar tőrbinini	1	30 000 d/d, 1,2 kW elektrik çıkıőlı, giriş-çıkış açısı 45°
Kondenser	1	18 kW kapasiteli, kaynaklı plakalı ısı deėiőtirici
Vakum pompası	1	Yağsız, diyaframlı tip ve 36 l/d debiye sahip diyaframlı
Su tankı	1	100 lt

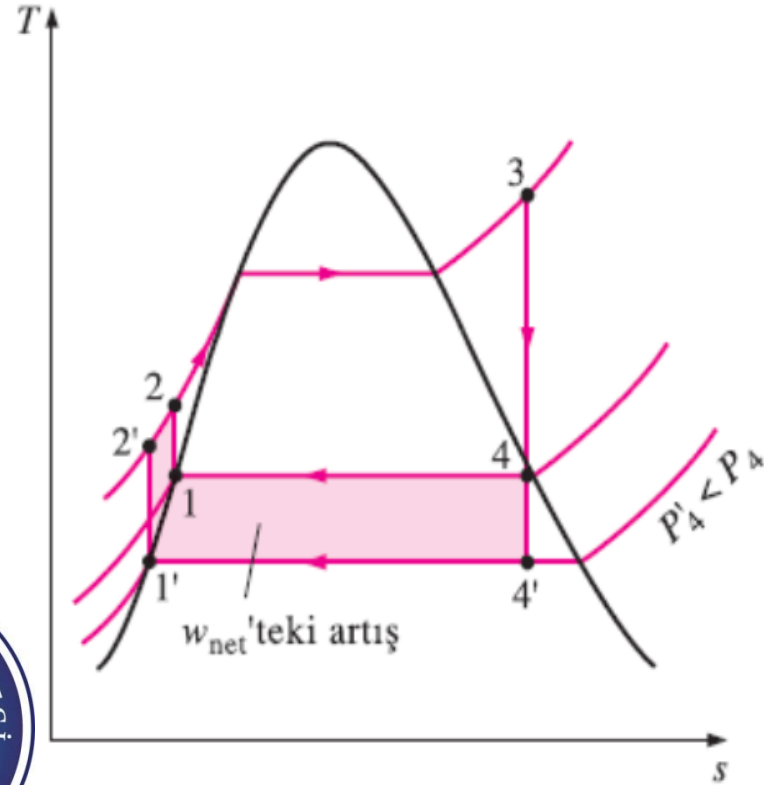


		1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm(ort)	5.ölçüm(ort)
Türbin giriş basıncı	<i>P1</i>	3,4bar	3,0bar	3,3bar	1,66bar	2bar
Türbin çıkış basıncı	<i>P2</i>	-0,74bar	-0,76bar	-0,75bar	-0,75bar	-0,66bar
Türbin vakum basıncı	<i>Pt</i>	-585mmHg	-597mmHg	-596mmHg		
Yoğ. hattı vakum basıncı	<i>P3</i>	-615mmHg	-625mmHg	-625mmHg		
Soğutma suyu debisi	<i>Ms</i>	0l/h	0l/h	0l/h		
Buhar kütleli debisi	<i>Mb</i>	16,3 g/s	16,1 g/s	16,3 g/s	11,3 g/s	6,7 g/s
Güç (P)	<i>W</i>	920,2W	873,6W	886,2W	417,7W	198,5W
Devir sayısı (n)	<i>d/dk</i>	31170d/dk	30089d/dk	30682d/dk		
Buhar giriş sıcaklığı	<i>T1</i>	149,2	147,1	147,4	132,8	131,9
Kuru buhar sıcaklığı	<i>T2</i>	148,3	146,5	146,8		
Atık buhar giriş sıcaklığı	<i>T3</i>	52,3	50,4	50,6	49,5	63,2
Yoğuşma hattı sıcaklığı	<i>T4</i>	14,1	13,7	13,8	14,4	52,1
Tank giriş sıcaklığı	<i>T5</i>	24,4	17,2	16,3	23,5	56,1
Tank sıcaklığı	<i>T6</i>	23,4	24,7	26,3		
Soğ. Suyu giriş sıcaklığı	<i>T7</i>	13,1	13,1	13,1		
Soğ. Suyu çıkış sıcaklığı	<i>T8</i>	29,6	27,4	27,4		
Türbin su çıkış sıcaklığı	<i>T9</i>	19,7	20,1	20,2		



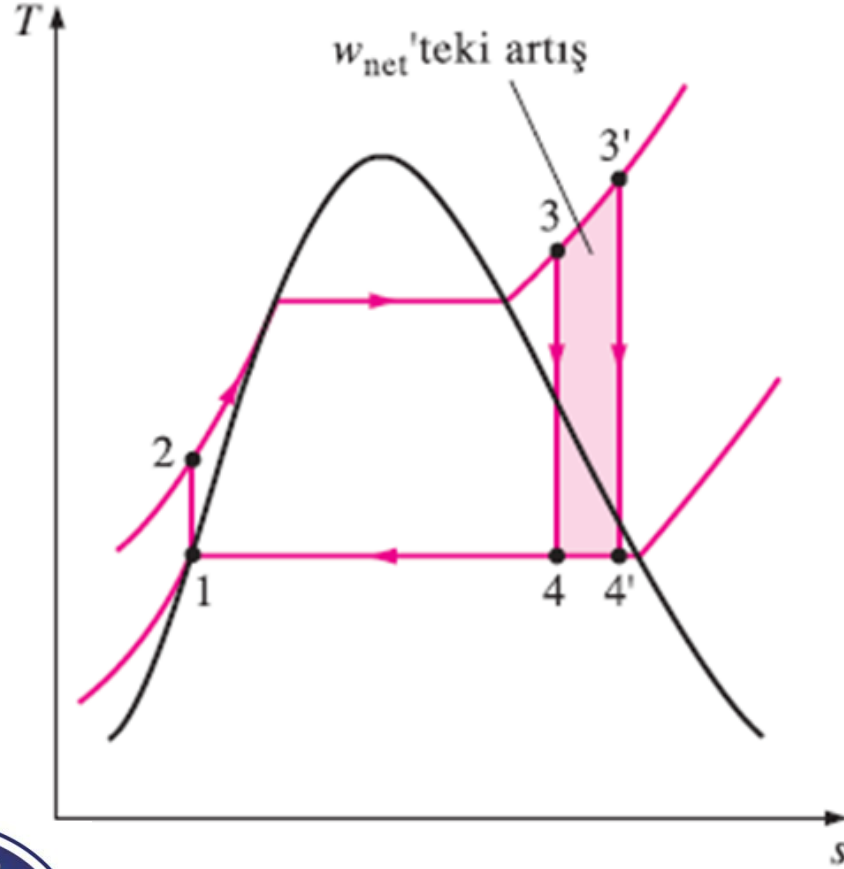
RANKINE ÇEVİRİMİNDE VERİMİ ARTIRAN PARAMETRELER

YOĞUŞTURUCU BASINCININ DÜŞÜRÜLMESİ



Düşük basınç sonucu ısı verimindeki artıştan yararlanmaya yönelik olarak buharlı güç santrallerindeki yoğuşturucular genellikle atmosfer basıncının oldukça altında çalıştırılırlar. Fakat yoğuşturucu basıncının düşürülebileceği bir alt sınır vardır.

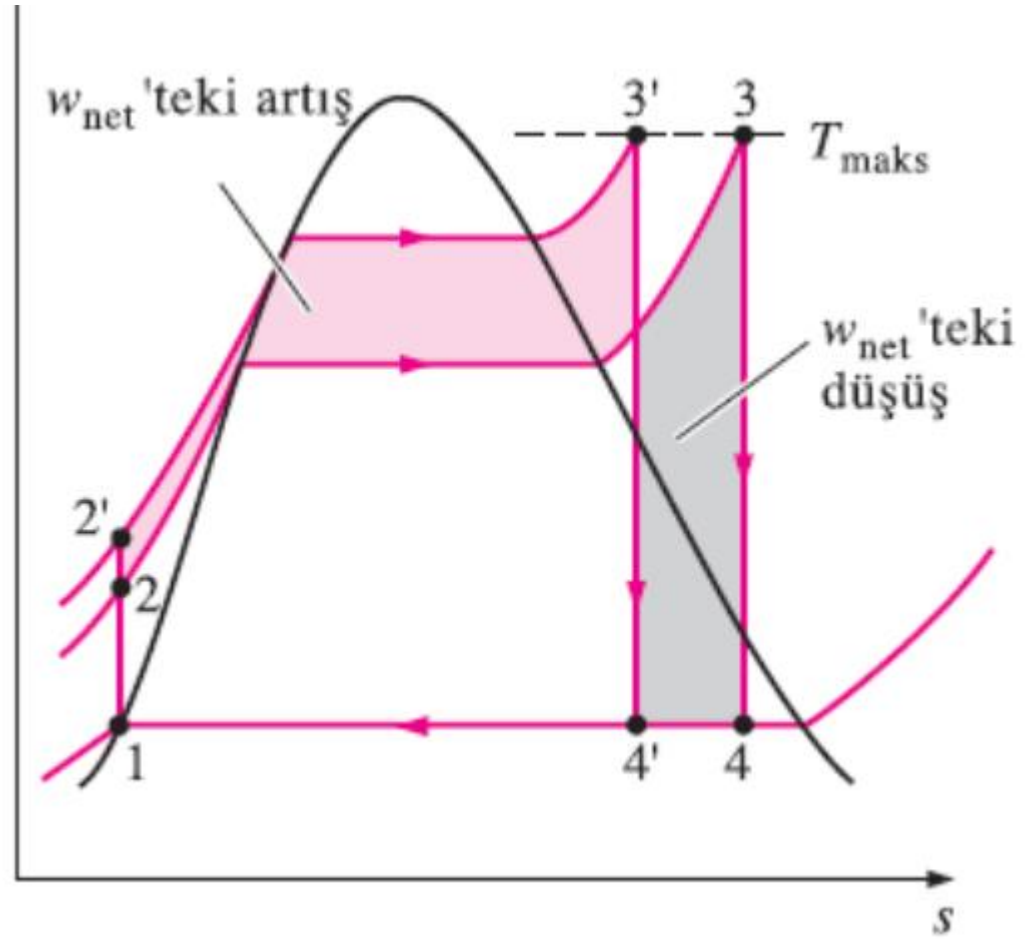
BUHARIN KIZDIRILMASI



Buhara ısının verildiği ortalama sıcaklık, kazan basıncı yükseltilmeden buharın kızgın buhar bölgesinde daha yüksek sıcaklıklara ısıtılmasıyla artırılabilir. Kızdırmanın buharlı güç çevriminin performansına etkisi Şekil'de bir $T-s$ diyagramı üzerinde gösterilmiştir. Bu diyagramdaki renklendirilmiş alan net işteki artışı göstermektedir.

Kızdırma sonucu türbin çıkışındaki buharın kuruluk derecesi artmaktadır

KAZAN BASINCININ YÜKSELTİLMESİ



DENEY RAPORUNDA ISTENENLER

P-V ve T-S diyagramlarını çiziniz ve yorumlayınız.

Kazanın, türbinin ve yoğuşturucunun ayrı ayrı verimlerini bulunuz?

Sistemin verimini bulunuz?



COMBINED CYCLE: BRAYTON-RANKINE

