

# Tunçbilek Termik Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi

Fatih ÜNAL  
Derya Burcu ÖZKAN

## ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’de çalışmakta olan Tunçbilek Termik Santrali, ünite ekipmanlarının her birinin termodinamik analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Termik santral ünitesinde belirlenen yirmi yedi düğüm noktasının termodinamik özelliklerine bağlı olarak enerji ve ekserji değerleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar ile ekipmanların ayrı ayrı enerji ve ekserji dengeleri kurularak ortalama kayıp ve tahrip olan enerji ve ekserjiler hesaplanmış, kayıp enerji oranı ve yok olan ekserji oranı bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları grafik olarak verilmiştir. Buna göre, en yüksek enerji kaybı oranı ve en yüksek ekserji kaybı oranı olan ekipman sırasıyla %71,1 ve %79,5 ile kazan olarak bulunmuştur. Elde edilen termodinamik özellikler yardımıyla Termik Santral’in ısı ve ikinci yasa verimleri sırasıyla %32,3 ve %75,1 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekserji Analizi, Termik Santral, İkinci Kanun Analizi, Enerji Analizi, Termodinamik Analiz.

## 1. GİRİŞ

Dünyada hızlı nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler neticesinde enerjinin tasarruflu kullanılması zorunluluğu doğmuştur. Enerji denilince akla ilk gelen kavram elektrik enerjisidir. Son yıllarda bilim adamları ve mühendisler etkin enerji kullanımı ve çevreci sistemlerin tasarımı ya da mevcut sistemlerin iyileştirilmesi konusunda çalışmaktadırlar. Bu bağlamda enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemizde termik santrallerin varlığı zorunlu bir ihtiyaç olmakla beraber, çalışan birçok santralimizde bazı iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

Literatürde güç santrallerinin performans analizlerine yönelik çalışmalar mevcuttur. Rosen ve Dincer (2004), yaptıkları çalışmada ölü hal şartlarını farklı seçerek kömür yakıtlı bir güç santraline enerji ve ekserji analizi uygulamışlardır. Enerji ve ekserji analizini hem tüm sisteme hem de sistemin tüm bileşenlerine ayrı ayrı uygulayarak sonuçları analiz etmişlerdir [2]. Arslan (2005), yaptığı çalışmada

## Abstract:

In this study is done to thermodynamics analysis and evaluation of each unit of a Tunçbilek thermal power plant which is running in Turkey.

Depending on thermodynamic features of twenty seven knot points detected at unit of thermal power plant, energy and exergy values have been calculated. With the results gained, every equipment lost and destroyed energy and exergies have been found by setting energy and exergy balances, have been put out by determining the eliminated exergy ratio. Results have been evaluated graphically. Accordingly, highest energy lost ratio and exergy lost ratio is found at boiler with respectively %71,1 and %79,5. The thermal and second law efficiency of thermal power plant are respectively; %38 and %53 with the help of the thermodynamic properties are obtained.

## Key Words:

Exergy Analysis, Thermal Power Plant, Second Law Analysis, Energy Analysis, Thermodynamic Analysis.

## Makale

Seyitömer Termik Santrali'ne enerji ve ekserji analizi yapmıştır. Her ekipmana ayrı ayrı enerji ve ekserji dengeleri kurarak ortalama enerji ve ekserji kaybını belirlemiş ve analiz sonuçları arasında bağlantı kurularak düzeltme yapılabilecek ekipmanlar belirlenerek çözüm önerileri sunulmuştur [3]. Kaya (2008), çalışmasında basit Rankine buhar çevrimini ele almış ve çevrime ekserji analizi uygulamıştır. Böylece kapalı ve adyabatik kabul edilen sistemin ekserji verimliliğinin yanı sıra sistemin termik verimi mukayese edilerek net güç çıkışına etki eden parametreler belirlenmiştir [4]. Coşkun ve arkadaşları (2013), yaptıkları çalışmada Çayırhan Termik Santrali'nde enerji ve ekserji analizleri yapmışlardır. Elde edilen termodinamik özellikler yardımıyla Termik Santral'in ısı ve ikinci yasa verimleri sırasıyla %38 ve %53 olarak bulmuşlardır. Termik Santral'de en fazla ekserji kayıplarının sırasıyla; kazan, türbin grupları, kondenser, ısıtıcı grup ve pompa gruplarında meydana geldiğini belirtmişlerdir [5]. Literatürde termik santraller enerji ve ekserji analizlerini yapan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak, Tunçbilek Termik Santrali'nin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır.

## 2. SÜREKLİ AKIŞLI AÇIK SİSTEMLERDE ENERJİ KORUNUMU

Enerjinin korunumu ilkesi sürekli akışlı açık sistemler için aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_c \theta_c - \sum \dot{m}_g \theta_g \quad (1)$$

Burada  $\theta$  akış işi de içinde olmak üzere akışkanın birim kütesinin toplam enerjisidir.  $\theta = h + ke + pe$  olduğu göz önüne alınırsa, enerjinin korunumu ilkesi,

$$Q_{ay} = \left[ H(T_i - T_{d,ay}) - \eta(\phi_i - \phi_{g,ay}) \right] \times t \quad (2)$$

şeklini alır. Ayrıca potansiyel ve kinetik enerjilerin değişmediği kabul edilirse, bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için enerjinin korunumu denklemi

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}[h_2 - h_1] \quad (\text{kW}) \quad (3)$$

şeklinde yazılır. Isıl verim ifadesi;

$$\eta = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{giren}} \quad (4)$$

şeklinde verilir.

### 2.1 Ekserji Bileşenleri

Nükleer, manyetik, elektriksel ve yüzey gerilme etkilerinin yokluğunda bir sistemin toplam ekserjisi  $\dot{E}_x$  dört ayrı bileşene bölünebilir: fiziksel ekserji  $\dot{E}_x^{PH}$ , kinetik ekserji  $\dot{E}_x^{KN}$ , potansiyel ekserji  $\dot{E}_x^{PT}$  ve kimyasal ekserji  $\dot{E}_x^{CH}$ ;

$$\dot{E}_x = \dot{E}_x^{PH} + \dot{E}_x^{KN} + \dot{E}_x^{PT} + \dot{E}_x^{CH} \quad (5)$$

Özgül ekserji aşağıdaki şekilde tanımlanır [1].

$$ex = ex^{PH} + ex^{KN} + ex^{PT} + ex^{CH} \quad (6)$$

Saf maddelerin fiziksel ekserjisi genel olarak;

$$ex^{PH} = (u - u_0) - p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (7)$$

Fiziksel ekserji kısaca;

$$ex^{PH} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (8)$$

Toplam fiziksel ekserji akışı ise;

$$\dot{E}_x^{PH} = \dot{m} \cdot ex^{PH} \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir.

Kimyasal ekserjiyi değerlendirirken çeşitli alternatif teoriler ortaya atılmıştır. Saf maddeler için standart kimyasal ekserji değerleri ilgili çizelgelerden okunarak hesaplamalarda kullanılabilir. Gaz karışımları için ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılır [1].

$$\bar{e}_x^{CH} = \sum x_k \bar{e}_x^{CH} + \bar{R}T_0 \sum x_k \ln x_k \quad (\text{kJ/kg}) \quad (10)$$

Bu denklemde  $\bar{e}_x^{CH}$  terimi için standart kimyasal ekserji çizelgelerinden Model I veya Model II değerlerinden birisi seçilmelidir.

## 2.2 Ekserji Kaybı ve Yıkımı

Sistemin herhangi bir elemanı için birim zamanda kaybedilen ekserji miktarı  $E_{ky}$ ;

$$\dot{E}_{x_{ky}} = \dot{E}_{x_Q} - \dot{E}_{x_W} + \sum \dot{E}_{x_{m,g}} - \sum \dot{E}_{x_{m,\phi}} \quad (11)$$

veya

$$\dot{E}_{x_{ky}} = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q - W + \sum \dot{m}_g ex_g - \sum \dot{m}_\phi ex_\phi \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. Sistemin tümünde yok edilen ekserji ise, her bir elemanda yok edilen ekserjinin toplamıdır.

$$\sum_{x=1}^n \dot{E}_{x_{ky_x}} = \dot{E}_{x_{ky_1}} + \dot{E}_{x_{ky_2}} + \dot{E}_{x_{ky_3}} + \dots + \dot{E}_{x_{ky_n}} \quad (13)$$

Herhangi bir ünite veya elemanda yok edilen ekserjinin sistemin tümünde yok edilen ekserjiye oranı ( $y_k$ ), ele alınan birimin kayıp enerjisinin ne kadarına neden olduğunu gösterir.

$$\sum_{x=1}^n \dot{E}_{x_{ky_x}} = \dot{E}_{x_{ky_1}} + \dot{E}_{x_{ky_2}} + \dot{E}_{x_{ky_3}} + \dots + \dot{E}_{x_{ky_n}} \quad (14)$$

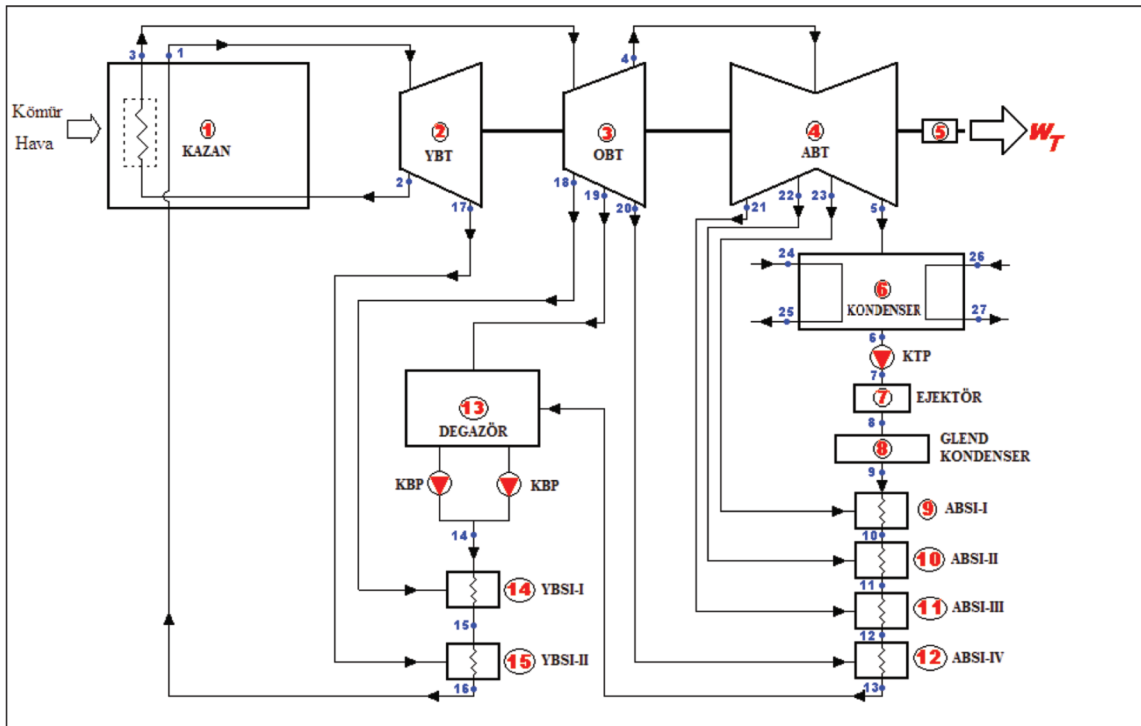
ikinci kanun verimi;

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\text{kayıp ekserji}}{\text{giren ekserji}} = 1 - \frac{\dot{E}_{x_{ky}}}{\dot{E}_{x_g}} \quad (15)$$

formülü ile ifade edilir.

## 3. MATERYAL VE METOT

Üzerinde çalışılacak olan termik santral Türkiye'de TKİ tesisleri ile entegre olarak çalışan Tunçbilek Termik Santrali'dir. Santral düşük kaliteli linyit rezervlerinin değerlendirilmesi amacıyla tesis edilmiştir. Termik Santral'in ikinci ünitesinde; 150 MW gücünde bir adet türbin grubu, bir adet buhar kazanı, bir adet kondenser, ısıtıcı grupları ve yardımcı grup olarak adlandırılan glend kondenser ve ejektör yer almaktadır. Türbin grubu, alçak basınç, orta basınç ve yüksek basınç türbininden oluşmaktadır. Isıtıcı grupları, 4 adet alçak basınç, 2 adet yüksek basınç besleme suyu ısıtıcısı ve degazör bileşenlerinden oluşmaktadır. Santral'de 27 adet düğüm noktası belirlenmiş ve belirlenen düğüm noktaları için Santral'den alınan akış diyagramına göre işlemler yapılmıştır. İşlemlerde Santral'den her bir düğüm noktası için alınan sıcaklık, basınç ve debi değerlerine göre santralin düğüm noktalarında oluşan değerler bulunmuştur. Santral'e ait akış diyagramı sırasıyla Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Termik Santral'in Akış Diyagramı

**Makale****Çizelge 1. Santral'e Ait Belirlenen Düğüm Noktaları Değerleri**

Düğüm No	Faz Durumu	Sıcaklık	Basınç	Debi	Entalpi	Entropi
		T(°C)	P(bar)	m(kg/s)	h(kj/kg)	s(kj/kg.K)
1	Buhar	535	132	116,6	3427,2	6,4984
2	Buhar	375	33	106,5	3173,1	6,7823
3	Buhar	530	30	106,5	3524,2	7,3162
4	Buhar	275	3,7	89,9	3017,1	7,5316
5	Buhar	52	0,1	77,2	2596,4	8,1858
6	Sıvı	46	0,1	77,2	192,6	0,6517
7	Sıvı	46	14,25	77,2	192,6	0,6517
8	Sıvı	44	13,5	77,2	184,3	0,6253
9	Sıvı	44	13,5	77,2	184,3	0,6253
10	Sıvı	57	12,3	79,9	238,6	0,7932
11	Sıvı	75	12	83	313,9	1,0155
12	Sıvı	118	12	89,9	490,1	1,5059
13	Sıvı	147	11,8	95,2	619,3	1,8114
14	Sıvı	175	138	100,4	741,2	2,0909
15	Sıvı	201	138	106,5	856,9	2,3403
16	Sıvı	241	138	116,6	1042,1	2,7106
17	Buhar	360	33	10,1	3131,9	6,6944
18	Buhar	300	16	6,1	3034,8	6,8844
19	Buhar	300	6	5,2	3061,6	7,3724
20	Buhar	232	3	5,3	2994,1	7,5648
21	Buhar	155	0,5	6,9	2789,9	7,9619
22	Buhar	77	0,4	3,1	2660,2	7,8168
23	Buhar	66	0,2	2,7	2631,6	8,1032
24	Sıvı	25	1,6	3150	104,9	0,3674
25	Sıvı	31	1,2	3150	130	0,4506
26	Sıvı	25	1,6	3150	104,9	0,3674
27	Sıvı	31	1,2	3150	130	0,4506
WT	<b>109,2 MW</b>					

**Çizelge 2. Santral'e Ait KTP ve KBP Verileri**

Pompa tipi	Güç (kW)	M (kg/s)		P (kPa)		T (°C)		h (kJ/kg)	
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış*
Kondenser tahliye	800	77,2	77,2	10	1425	46	46	0,001010	0,001010
Kazan besleme suyu	6200	100,4	100,4	700	13800	175	175	0,001108	0,001108

\*Çevrimdeki su sıkıştırılmaz sıvı kabul edilmiştir.

Çizelge 3. Santral'e Ait Enerji ve Ekserji Değerleri

Komponent	Komponentin şekli	Enerji ve Ekserji Dengeleri	
		Enerji dengesi	Ekserji dengesi
Kazan		$\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_{16} h_{16} + \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_2 h_2$ $-E_{\text{yakıt}} + E_{\text{bg}} - E_{\text{hava}}$	$\dot{E}x_A + \dot{E}x_B + \dot{E}x_2 + \dot{E}x_{16} = \dot{E}x_C + \dot{E}x_1 + \dot{E}x_3 + \dot{E}x_{ky}$
Türbin grubu		$\dot{Q}_{\text{Türbin}} - \dot{W}_T = \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + \dot{Q}_4$ $- (\dot{W}_2 + \dot{W}_3 + \dot{W}_4) + \dot{W}_T$	$\dot{E}x_1 + \dot{E}x_3 + \dot{E}x_4 = \dot{E}x_2 + \dot{E}x_{17}$ $+ \dot{E}x_{18} + \dot{E}x_{19} + \dot{E}x_{20}$ $+ \dot{E}x_{21} + \dot{E}x_{22} + \dot{E}x_{23}$ $+ \dot{E}x_4 + \dot{E}x_5 + E_{w,\text{türbin}}$ $+ \dot{E}x_{ky}$
Kondenser		$\dot{Q}_6 = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_{25} h_{25} + \dot{m}_{27} h_{27}$ $- \dot{m}_5 h_5 - \dot{m}_{24} h_{24} - \dot{m}_{26} h_{26}$	$\dot{E}x_5 + \dot{E}x_{24} + \dot{E}x_{26} = \dot{E}x_6 + \dot{E}x_{25} + \dot{E}x_{27} + \dot{E}x_{ky}$
Ejektör		$\dot{Q}_7 = \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_7 h_7$	$\dot{E}x_7 = \dot{E}x_8 + \dot{E}x_{ky}$
Glend kondenser		$\dot{Q}_8 = \dot{m}_9 h_9 - \dot{m}_8 h_8$	$\dot{E}x_8 = \dot{E}x_9 + \dot{E}x_{ky}$
Alçak basınç besleme suyu ısıtıcısı-I		$\dot{Q}_9 = \dot{m}_{10} h_{10} - \dot{m}_9 h_9 - \dot{m}_{23} h_{23}$	$\dot{E}x_9 + \dot{E}x_{23} = \dot{E}x_{10} + \dot{E}x_{ky}$
Alçak basınç besleme suyu ısıtıcısı-II		$\dot{Q}_{10} = \dot{m}_{11} h_{11} - \dot{m}_{10} h_{10} - \dot{m}_{22} h_{22}$	$\dot{E}x_{10} + \dot{E}x_{22} = \dot{E}x_{11} + \dot{E}x_{ky}$
Alçak basınç besleme suyu ısıtıcısı-III		$\dot{Q}_{11} = \dot{m}_{12} h_{12} - \dot{m}_{11} h_{11} - \dot{m}_{21} h_{21}$	$\dot{E}x_{11} + \dot{E}x_{21} = \dot{E}x_{12} + \dot{E}x_{ky}$
Alçak basınç besleme suyu ısıtıcısı-IV		$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_{13} h_{13} - \dot{m}_{12} h_{12} - \dot{m}_{20} h_{20}$	$\dot{E}x_{12} + \dot{E}x_{20} = \dot{E}x_{13} + \dot{E}x_{ky}$
Degazör		$\dot{Q}_{13} = \dot{m}_{14} h_{14} - \dot{m}_{13} h_{13} - \dot{m}_{19} h_{19}$	$\dot{E}x_{13} + \dot{E}x_{19} = \dot{E}x_{14} + \dot{E}x_{ky}$
Yüksek basınç besleme suyu ısıtıcısı-I		$\dot{Q}_{14} = \dot{m}_{15} h_{15} - \dot{m}_{14} h_{14} - \dot{m}_{18} h_{18}$	$\dot{E}x_{14} + \dot{E}x_{18} = \dot{E}x_{15} + \dot{E}x_{ky}$
Yüksek basınç besleme suyu ısıtıcısı-II		$\dot{Q}_{15} = \dot{m}_{16} h_{16} - \dot{m}_{15} h_{15} - \dot{m}_{17} h_{17}$	$\dot{E}x_{15} + \dot{E}x_{17} = \dot{E}x_{16} + \dot{E}x_{ky}$
Kondenser tahliye pompası		$\dot{Q}_{KTP} = \dot{m}_7 h_7 - \dot{m}_6 h_6$	$\dot{E}x_6 = \dot{E}x_7 + \dot{E}x_{ky}$
Kazan besleme suyu pompası		$\dot{Q}_{KBP} = \dot{m}_{14} h_{14} - \dot{m}_{13} h_{13} - \dot{m}_{19} h_{19}$	$\dot{E}x_{13} + \dot{E}x_{19} = \dot{E}x_{14} + \dot{E}x_{ky}$

**Makale****Çizelge 4. Termik Santral'in Ünitesine Ait Enerji ve Ekserji Değerleri**

Düğüm No	Enerji	Fiziksel ekserji	Kimyasal Ekserji	Toplam Ekserji
	E(kW)	$\dot{E}_x^{PH}$ (kW)	$\dot{E}_x^{CH}$ (kW)	$\dot{E}_x$ (kW)
1	399611,52	174349,7	291,5	174641,2
2	337935,15	123177,9	266,25	123444,2
3	375327,3	143622,7	266,25	143889
4	271237,29	69877,5	224,75	70102,25
5	200442,08	12477,9	193	12670,9
6	14868,72	230,8	193	423,8
7	14868,72	232,37	193	425,37
8	14227,96	197,63	193	390,63
9	14227,96	197,63	193	390,63
10	19061,74	542,52	199,75	742,27
11	26056,19	1320,53	207,5	1528,03
12	44061,78	4131,8	224,75	4356,55
13	58952,6	8001,56	238	8239,56
14	74413,47	12316,06	251	12567,06
15	91267,3	17483,04	266,25	17749,29
16	121508,86	27860,4	291,5	28151,9
17	31632,19	11529,75	25,25	11555
18	18512,28	6025,82	15,25	6041,07
19	15920,31	4519,94	13	4532,94
20	15868,73	3945,26	13,25	3958,51
21	19250,31	2911,39	17,25	2928,64
22	8246,62	1039,71	7,75	1047,46
23	7105,32	597,88	6,75	604,63
24	330435	31,5	7875	7906,5
25	409500	996,66	7875	8871,66
26	330435	31,5	7875	7906,5
27	409500	996,66	7875	8871,66

Çizelge 4'teki değerler ile 4 ve 15 no'lu denklemlerden yararlanılarak Termik Santral'in ısı verimi %35,2 ve ekserji verimi %75,1 olarak bulunmuştur.

Termik Santral'in ünite bileşenlerine ait enerji ve ekserji değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Santral'de Ünite Bileşenleri İçin Enerji ve Ekserji Değerleri

ÜNİTE	Giren Enerji(kW)	Çıkan Enerji(kW)	Giren Ekserji(kW)	Çıkan Ekserji(kW)	Ekserji Verimi(%)
Kazan	979834,65	858128,99	608455,15	388498,17	63,85
Türbin Grubu	1046176,10	1035330,28	388632,45	346085,6	89,05
Kondenser	861312,08	833868,72	28483,9	18167,12	63,78
Yardımcı Grup	103969,60	102869,39	13620,1	13381,49	98,24
Isıtıcı Grubu	369703,46	360908,47	63468,95	60767,6	95,74
Pompa Grubu	8000,00	6120,00	7000	5950	85

Şekil 2'de üzerinde çalışılan Tunçbilek Termik Santral ekipmanlarının enerji kayıp oranları verilmiştir. Buna göre enerji kaybının en fazla görüldüğü bileşenler; kazan, kondenser, türbin ve ısıtıcı grubudur. Büyükten küçüğe enerji kayıp oranları sırasıyla; kazanda %71,1, kondenserde %16, türbin grubunda %6,4, ısıtıcı grubunda %5,2, yardımcı grupta %0,7 ve pompa grubunda %0,6 olarak bulunmuştur. Pompa ve yardımcı grubun taşıdığı enerji çok azdır. Giren ve çıkan enerji arasındaki fark, enerji kaybını ifade ettiğinden öncelikle ele alınması gereken bileşenler bu farkın yüksek olduğu bileşenler olmalıdır. Buna göre, kazan ve kondenser, enerji kaybının değerlendirilmesi açısından birinci öncelikli bileşenlerdir.

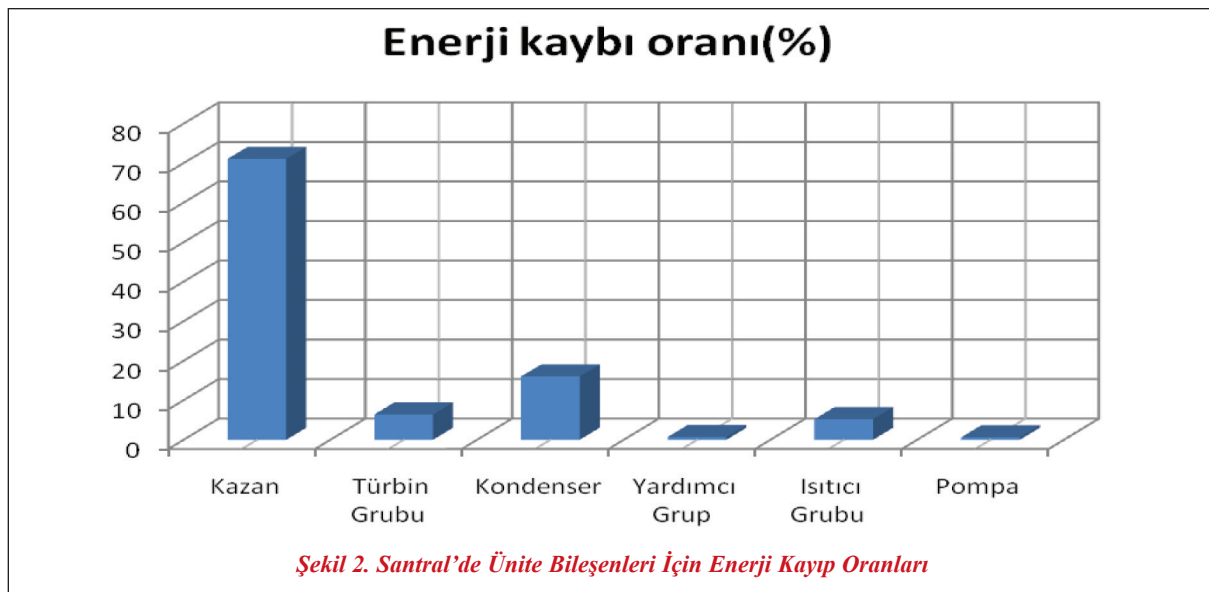
Şekil 3'de Santral ekipmanlarında ekserji kaybı

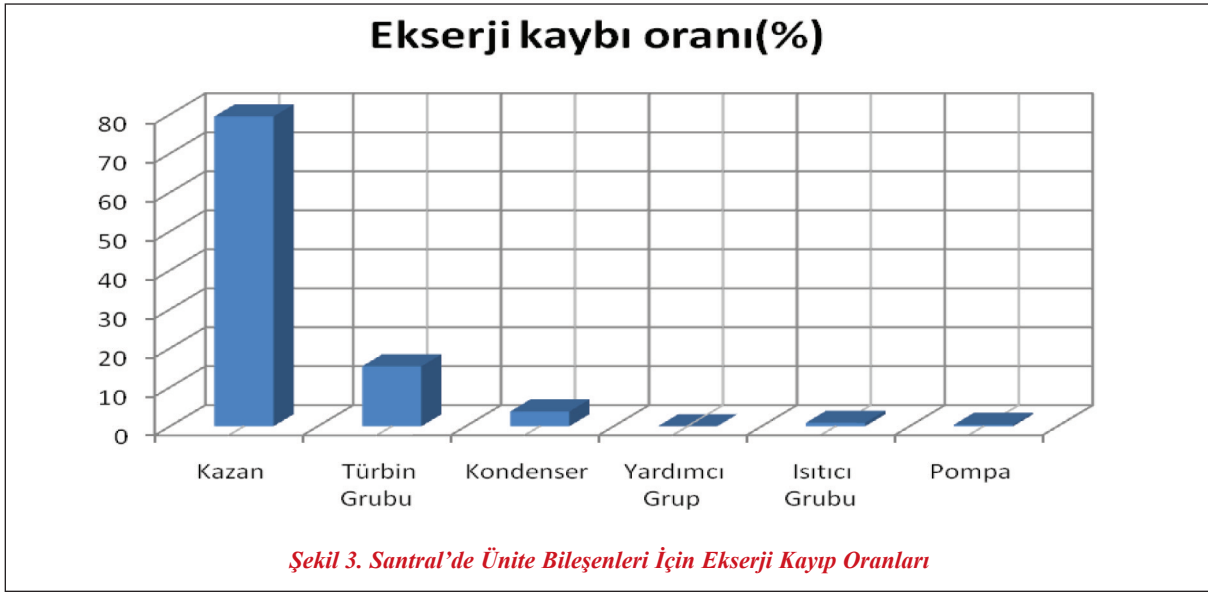
değerleri görülmektedir. Büyükten küçüğe ekserji kayıp oranları sırasıyla; kazanda %79,5, türbin grubunda %15,4, kondenserde %3,8, ısıtıcı grubunda %0,9, pompa grubunda %0,4 ve yardımcı grupta %0,01 olarak bulunmuştur. Buna göre kazan, türbin grubu ekserji kaybının en fazla olduğu bileşenler olarak ortaya çıkarlar. Isıtıcı grubu, pompa, yardımcı gruplardaki kayıplar diğer ekipmanlara göre oldukça düşüktür.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'de halen çalışmakta olan Tunçbilek Termik Santrali'nin, belirlenen parametrelere bağlı olarak, ekserji analiz yöntemiyle bütün ekipmanlarında değerlendirme yapılmıştır.

Santral'de enerji ve ekserji kaybının en fazla olduğu





ekipmanın buhar kazanı olduğu tespit edilmiştir. Gerek enerji ve ekserji kaybı, gerekse enerji verimi ve ekserji verimi değerleri öncelikle buhar kazanında iyileştirme yapılabileceğinin en önemli göstergelerinden biridir. Buhar kazanının veriminin yüksek olması için toz kömür yakma tekniği yerine yüksek ısı transfer katsayısına sahip akışkan yatakta yakma sistemine geçilmeli ve Santral'de zenginleştirilmiş kömür kullanılmalıdır. Eğer kurulu sistemde bir iyileştirme yapılması düşünülecekse optimum bir yanma sağlanması açısından taze hava fanları tekrar gözden geçirilmeli ve otomatik kontrol tekniği düşünülmelidir.

Çevrimde kondenser için farklı bir durum söz konusudur. Kayıpların yüksek olduğu bu ekipmanda, soğutma suyuna verilen enerji ilk bakışta kayıp olarak görünebilir, ancak pompa tek fazlı sistemle çalışan bir ekipmandır ve pompaya gelen akışkanın sıvı olması zorunluluğu vardır.

Türbin grubunda ekserji kaybı buhar kazanına göre çok düşüktür. Bu ekipmanda yapılması düşünülen bir iyileştirme ekipmanın performansını arttıracak fakat sistemin performans artışını çok etkilemeyecek ve maliyeti de arttıracaktır. Dolayısı ile türbinde, maliyeti düşük olacak, sistem içerisinde yapılacak kontrollerle verim artışı sağlanmaya çalışılmalıdır. Türbinden alınan ara buharın optimizasyonu yapılarak türbinde ve sistemde verim artışı sağlanabilir.

Çalışmada; enerji ve ekserji kaybındaki payları düşük olan ekipmanlar üzerinde yapılacak iyileştirmelerin sistemin performansına katkı yapmayacağı gibi sadece maliyet artırıcı iyileştirmeler olduğu sonucuna varılmıştır. Santral'de genel bir revizyonun yapılması ve yeni teknolojilerin kullanılması, otomasyonun iyileştirilmesi gerekmektedir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının tükenmesi sebebi ile enerjinin verimli kullanılmasının gerekliliği, Santral'in geneline uygulanacak çeşitli kontrol optimizasyonlarının önemini açıkça göstermektedir.

#### SEMBOLLER

A	Bir değere getirilme faktörü, birimsiz
C	Ekserji fiyatı, \$/kj
c	Birim ekserji fiyatı, \$/kj.kg
ç	Çıkış
CELF	Sabit eskalasyon düzeltme faktörü, birimsiz
CRF	Kapital geri kazanım faktörü, birimsiz
E	Enerji, kj/kg
ex	Özgül ekserji, kj/kg
Ēx	Ekserji, kj/kg
f	Termoekonomik (eksergoekonomik) faktör, birimsiz
g	Giriş
h	Entalpi, kj/kg
ky	Kayıp
m	Kütle, kg
ṁ	Kütleli debi, kg/s



Q	Isı , kJ
s	Entropi, kJ/kgK
T	Sıcaklık, K
W	İş, J
y	Yok edilen ekserji oranı, birimsiz
Z	Toplam maliyet değeri, \$

### KISALTMA LİSTESİ

ABT	Alçak basınç türbini
OBT	Orta basınç türbini
YBT	Yüksek basınç türbini
ABSI	Alçak basınç besleme suyu ısıtıcısı
YBSI	Yüksek basınç besleme suyu ısıtıcısı
KBP	Kazan besleme suyu pompası
KTP	Kondenser tahliye pompası
PH	Fiziksel ekserji
CH	Kimyasal ekserji
PT	Potansiyel ekserji
KN	Kinetik ekserji

### KAYNAKÇA

- [1] Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M., “Thermal Design and Optimization”, 1996.
- [2] Rosen, M. A., Dincer, I., “Effect of Varying Dead-State Properties on Energy and Exergy Analyses of Thermal Systems”, *International Journal of Thermal Sciences*, 43, 121-133, 2004.
- [3] Arslan, O., Seyitömer Termik Santrali Birinci ve İkinci Yasa Çözümlenmeleri, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [4] Kaya, M., “Buharlı Güç Çevrim Veriminin Ekserji Analiziyle Belirlenmesi”, *CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, Cilt:1, Sayı: 9, Soma, 2008.
- [5] Coşkun, A., Geredelioglu, Ç., Bolattürk, A., Gökaslan, M. Y. , “Çayırhan Termik Santralinin Enerji ve Ekserji Analizi”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17/20 Nisan 2013, İzmir.
- [6] Ünal, F., “Bir Termik Santralin Ekserji Analizi”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*, 2009.
- [7] Çengel, Y. A., Boles, M. A, 1996, “Mühen-dislik Yaklaşımıyla Termodinamik”, McGraw-Hill Literatür Ortak Yayını, (Çev. T. Derbentli), 796 s.