



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**850 Mw DOĞAL GAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİNDE
EKSERJİ VE ENERJİ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA SENCAN

ARALIK - 2014

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Mustafa SENCAN tarafından hazırlanan 850 Mw Doğal Gaz Kombine Çevirim Santralinde Ekserji ve Enerji Analizi isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08-12-2014 tarih ve 2014\1136 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç.Dr. Ethem TOKLU
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç.Dr.Suat SARIDEMİR
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd.Doç.Dr. Yüksel KORKMAZ
Sakarya Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 18-12-2014

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'm Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

18 Aralık 2014

Mustafa SENCAN

Sevgili Aileme

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Ethem Toklu'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Merve Tiryaki Sencan'a, eğitim hayatım boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen pek değerli aileme, çalışmam süresince tez için gerekli dokümantasyon desteğini bana koşulsuz sağlayan Ekon Endüstri İnşaat Ticaret Anonim Şirketi' ne, Ekon A.Ş. Genel Müdür Yrd. Sn. Orhan Aytaç ve Kısım Amirim Sn. Mehmet Cihangir Ersayın'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

18 Aralık 2014

Mustafa Sencan

TEŞEKKÜR SAYFASI.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖZET	1
ABSTRACT	2
EXTENDED ABSTRACT	3
1. GİRİŞ.....	7
1.1. AMAÇ VE KAPSAM	7
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
2.1. YENİ ELEKTRİK A.Ş. SANTRALİ	14
2.2. EKSERJİ ANALİZİ	16
2.3. EKSERJİ TERİMLERİ	20
2.4.EKSERJİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER	23
2.4.1. İş Transferine Bağlı Ekserji.....	23
2.4.2. Isı Transferine Bağlı Ekserji	24
2.4.3. Maddenin Kararlı Akışına Bağlı Ekserji	24
2.5. EKSERJİ VERİMLİLİKLERİ	24
2.5.1. Ekserji Verimliliğini Artırmanın Yolları	25
.....	
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
3.1. TESİSİN GENEL GÖRÜNÜŞÜ VE DÜĞÜM NOKTALARINA AİT	
AÇIKLAMALAR.....	27
3.1.1. Buhar Türbini	28
3.1.2. Kondenser	28

3.1.3. Yoğuşma Tankı	29
3.1.4. Deminiralizasyon Pompası (Hattı)	29
3.1.5. Besleme Suyu Pompası-1	29
3.1.6. Besleme Suyu Pompası-2	29
3.1.7. Atık Isı Kazanı Yüksek Basınçlı Tankı	30
3.1.8. Atık Isı Kazanı Orta Basınçlı Tankı.....	30
3.1.9. Atık Isı Kazanı Düşük Basınçlı Tankı.....	30
3.2. MEVCUT TESİSTE ÜNİTELERE BİRİNCİ KANUNUN UYGULANMASI	31
3.2.1. Buhar Türbininde Meydana Gelen Enerji Kaybı	31
3.2.2 Kondenser Ünitesinde Meydana Gelen Enerji Kaybı.....	31
3.2.3. Yoğuşma Tankında Meydana Gelen Enerji Kaybı	32
3.2.4. Deminiralizasyon Hattında Meydana Gelen Enerji Kaybı	32
3.2.5. Besleme Suyu Hattı 1 Meydana Gelen Enerji Kaybı.....	32
3.2.6. Besleme Suyu Hattı 2 Meydana Gelen Enerji Kaybı	33
3.2.7. Yüksek Basınçlı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı	33
3.2.8. Orta Basınçlı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı	33
3.2.9. Düşük Basınçlı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı	33
3.3.MEVCUT TESİSE AİT 40 DÜĞÜM NOKTASI İÇİN KİMYASAL, TERMOMEKANİKSEL VE TOPLAM ENERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI.....	36
3.4.ÜNİTELERDE KAYBOLAN EKSERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLAN-MASI.....	53
3.4.1. Buhar Türbini	53
3.4.2. Kondenser Ünitesi.....	54
3.4.3. Yoğuşma Tankı Ünitesi.....	54
3.4.4. Deminiralizasyon Hattı.....	55
3.4.5. Besleme Suyu 1 Hattı	55
3.4.6. Besleme Suyu 2 Hattı	55
3.4.7. Yüksek Basınç Tankı	56
3.4.8.Orta Basınç Tankı.....	56
3.4.9 Düşük Basınç Tankı	57
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58

5. KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	73

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Change in Power Generation 2010-2035	4
Şekil 1.2. General Chart of Combine Plant	5
Şekil 1.3. Kojenerasyon Tesisin Şematik Görünüşü	13
Şekil 2.1. Yeni Elektrik A.Ş. Kapalı Çevirim Santrali Şeması	15
Şekil 3.1. Santral Direnç Akış Şeması	35
Şekil 3.2. Buhar Kazanı Şematik Görünüşü	53
Şekil 3.3. Kondenser Ünitesi Şematik Görünüşü	54
Şekil 3.4. Yoğuşma Tankı Şematik Görünüşü	54
Şekil 3.5. Demineralizasyon Hattı Şematik Görünüşü	55
Şekil 3.6. Besleme Suyu 1 Şematik Görünüşü	55
Şekil 3.7. Besleme Suyu 2 Şematik Görünüşü	55
Şekil 3.8. Yüksek Basınç Tankı Şematik Görünüşü	56
Şekil 3.9. Orta Basınç Tankı Şematik Görünüşü	56
Şekil 3.10. Düşük Basınç Tankı Şematik Görünüşü	57
Şekil 5.1. Enerji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (Kw)	59
Şekil 5.2. Enerji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (%)	60
Şekil 5.3. Ekserji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (Kw)	62
Şekil 5.4. Ekserji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (%)	63
Şekil 5.5. Ünitelerden Giren ve Kayıp Ekserji (Kw)	65
Şekil 5.6. Ünitelerden Çıkan Kayıp ve Ekserji (Kw)	66
Şekil 5.7. Ünitelerde Kayıp Enerji ve Ekserji Değerleri (Kw)	67
Şekil 5.8. Ünitelerde Ekserji ve Enerji Kayıp Yüzdeleri (%)	68

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Dünya, Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervleri, [8]	9
Çizelge 1.2. Dünya, Kanıtlanmış Petrol Rezervleri, [8]	9
Çizelge 1.3. Türkiye, birincil enerji arzı,[10]	10
Çizelge 1.4. Yıllara göre kişi başına enerji ve elektrik tüketimi[10]	11
Çizelge 1.5. Ocak-2013 itibariyle inşa halindeki santraller*, [16]	12
Çizelge 1.6. 2012'de devreye alınan santral/yeni santral üniteler	12
Çizelge 2.1. Enerji ve Ekserji Kavramlarının Karşılaştırılması [19]	18
Çizelge 2.2. Entropi ve Ekserji Kavramlarının Karşılaştırılması [26]	19
Çizelge 3.1. Mevcut Santralin Termodinamiksel Verileri	27
Çizelge 3.2. Santral Enerji Kaybı Veriler	34
Çizelge 3.3. Çürük Gaz Bileşimi	36
Çizelge 3.4. Enerji Santrali Ekserji Veriler	52
Çizelge 3.5. Ünitelerde Tesis Toplam Kaybına Göre Yüzde Değerleri	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

E, e	Ekserji, Özgül ekserji
E_K	Kayıp ekserji
e_{kim}	Kimyasal ekserji
e_y	Yakıt ekserjisi
e_i	i maddesinin kontrol hacmine giriş ekserjisi
e_j	j maddesinin kontrol hacminden çıkış ekserjisi
$e_{fiz.}$	Fiziksel ekserji
$e_{kim.}$	Kimyasal ekserji
$e_{pot.}$	Potansiyel ekserji
$e_{tm.}$	Termomekaniksel ekserji
Q_K	Isı kaybı
Q_j	T_j sıcaklığındaki kaynaktan birim zamanda transfer edilen ısı
G, g	Gibbs fonksiyonu, özgül Gibbs fonksiyonu
g	Yerçekimi ivmesi
h	Entalpi
h_u	Alt ısı değer
m	Kütleli debi
n_i	i maddesinin mol katsayısı
P	Basınç
V	Hız
R	Universal gaz sabiti
S, s	Entropi, özgül entropi
$S_{ür.}$	Entropi üretimi
T	Sıcaklık
W_{cv}	Kontrol hacim işi
Y_i	i maddesinin mol oranı

ÖZET

850 Mw DOĞAL GAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİNDE EKSERJİ VE ENERJİ ANALİZİ

Mustafa SENCAN
Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ethem TOKLU

Aralık 2014, 73 sayfa

Doğal gaz kombine çevrim santrallerinin faaliyet alanları içerisinde bulunan atık ısı kazanları, buhar türbini ve yoğuşma ünitelerinin termodinamik optimizasyonu, gaz türbinin atık ısı çıkışından üretilen güce kadar geçen süre içerisinde en iyi verimi geliştirebilmek için çok önemlidir. Enerji tüm dünyada zorunlu bir gereksinim haline gelmiştir. Birçok ülke alternatif enerji kaynakları ile ilgilenmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeye çalışılmakta ve mevcut santrallerin daha verimli kullanımı için çaba sarf etmekte devamlı kayıp analizleri yapılmaktadır.

Kayıp belki önlenemez ancak ne kadar azaltılırsa doğal kaynaklara, ülke ekonomisine ve insanlığa büyük kazançlarla geri döner. İnsanları ya da devletleri gelişmiş denilen kavrama ulaştıran hassas nokta farkındalık ve ona erişebilmek için yapılan çalışmalardır. Bu yüzden bu çalışma içerisinde fosil kökenli bir madde olan doğal gaz ve onunla çalışan doğal gaz çevrim santraline ait operasyon verileri ile termodinamik optimizasyon uygulanarak kayıp tespit edilmeye çalışılmıştır.

İşletme verileri üzerinden alınan değerler ile ekserji analizleri ünite ünite uygulanarak toplam ekserjileri ve kayıp ekserjileri belirlenerek tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Atık Isı Kazanı, Doğalgaz, Ekserji, Enerji, Global Enerji, Verim

ABSTRACT

EXERGY AND ENERGY ANALYSIS OF 850M_w NATURAL GAS COMBINE CYCLE PLANT

Mustafa SENCAN
Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Manufacturing
Engineering Master of Science

Supervisor: Assist. Doc. Dr. Ethem TOKLU

December 2014, 73 pages

In the field of the combined cycle plant analysis, thermodynamic optimization of the heat recovery steam generator, the steam turbine and the condensate unit is to much more important to able to improve the efficiency of the section of the plant from gas turbine exhaust and to maximize the power generated in the vapor cycle. Power has become an essential requirement all over the world today. Many countries interests with alternative energy source and countries are trying in order to power generate form renewable energy source too also they makes an effort for more effective production of existing power plants.

May be we cannot avoid the all energy loss exactly but each reformation will be provided many earn for the world and national economy. Aliveness for people is done studies in order to achieve them also aliveness is sensitive point for developed countries. So that in this study, natural gas which was used fossil based has been examined with in combine cycle plant.

Exergy and energy analysis have been determined for each unit in the plant with stated value through the operating datas and the total exergy and losses have been defined in the plant.

Keywords: Exergy, energy, efficiency, global energy, heat recovery boiler natural gas,

EXTENDED ABSTRACT

EXERGY AND ENERGY ANALYSIS OF 850M_w NATURAL GAS COMBINE CYCLE PLANT

Mustafa SENCAN

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Manufacturing

Engineering

Master of Science

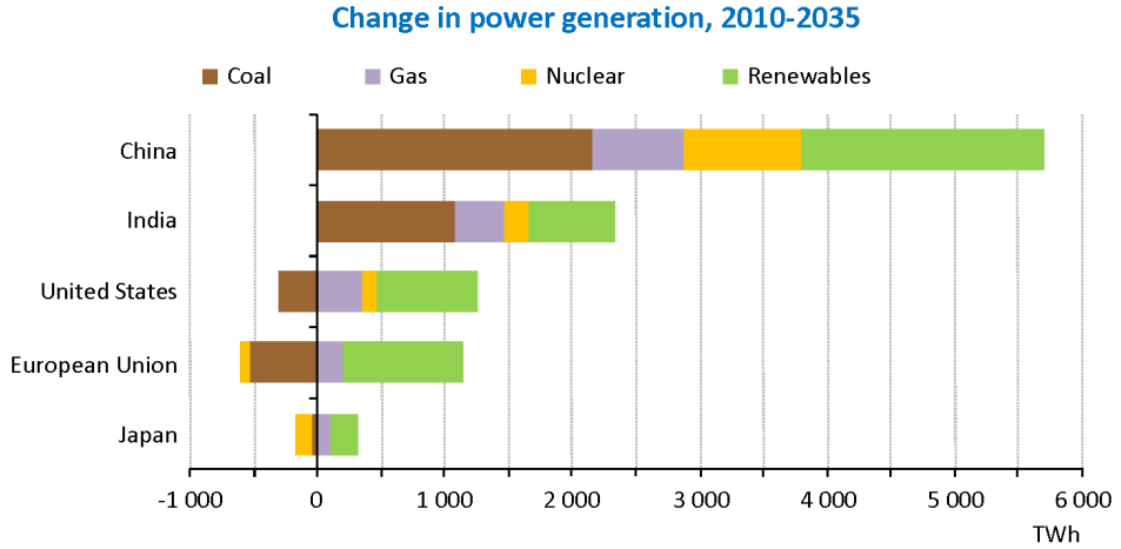
Supervisor: Assist. Doç. Dr. Ethem TOKLU

December 2014, 73 pages

1. INTRODUCTION:

The combine cycle power plant (CCGT) is one of the most important systems of energy generate and the cogeneration (combined heat and power CHP) idea is to taken an important place for affect the efficiency and the cost of the whole plant. Resource and development policy of CHP system is improved due to rapidly decreasing of the stock belong to energy source and many studies have been prepared out thermo economic and the thermo dynamic optimization of the CCGT.

Energy efficiency only isn't the calculated thermodynamic optimization or cogeneration system. Also it is to the energy consumption per unit of GDP. So that Energy efficiency can improve energy security, Spur economic growth and mitigate pollution, but current and planned effects fall well short of tapping its full economic potential.. A number of major energy consuming countries (China, United States, the European Union and Japan) have adopted new energy efficiency measures over the last year. Progress towards their implementation is projected to contribute to a reduction in global energy intensity (Energy consumption per unit of GDP) of 1.8 % a year through to 2035 in the new policies scenario, a major improvement compared with only 0.5 % per year over the last decade. Nonetheless, a signification share of the economic potential of energy efficiency four-fifths in the buildings sector and more than half in industry remains untapped, mostly due to non-technical barriers [1]. Please see table-1 for change in power generation until to 2035.



The need for electricity in emerging economies drives a 70% increase in worldwide demand, with renewables accounting for half of new global capacity

© OECD/IEA 2012

Şekil 1. 1. Change in Power Generation 2010-2035.

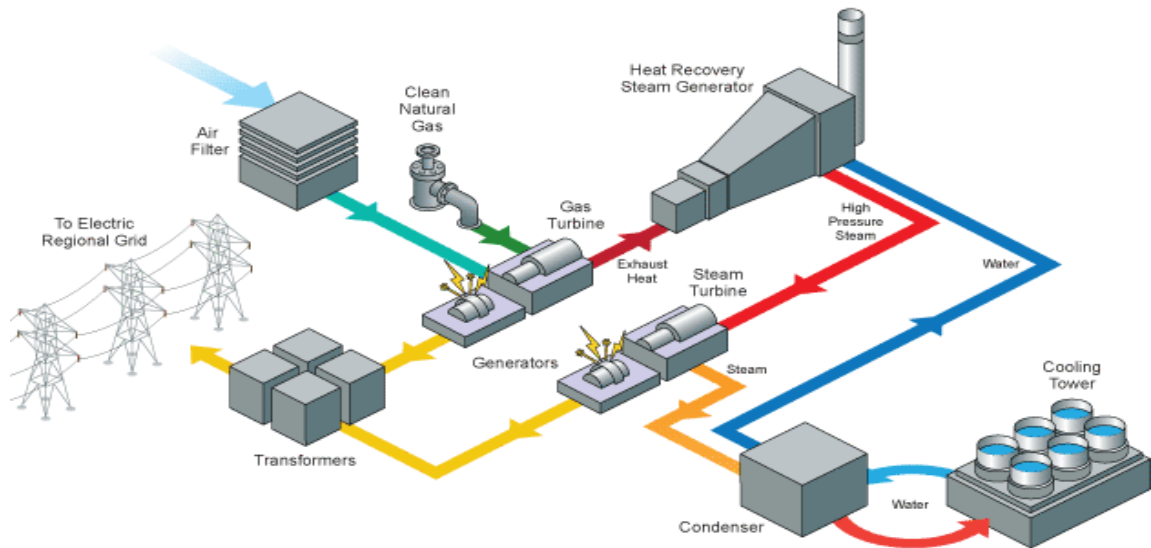
The human have to provide the minimum consumption of the energy source and the minimum entropy production in order to solution of the problem increasing all over the world.

2. MATERIAL AND METHODS:

A combine cycle plant respectively and mainly is occurred from gas turbine (GT), heat recovery steam generator (HRSG), steam generator (ST), air cold condenser (ACC) and the demi water system (DWS). This study will consist of five main systems (GT-HRSG-ST-ACC-DWS) and their sub-system.

The GT is an interface between the gas reducing station and the HRSG. The GT is generated approximately 300 Mw energy and waste gas is used to superheat water vapor. The HRSG is an interface between the gas cycle and the extracted heat is used to generate steam. The ST is an interface between the HRSG and the ACC. The ST is generated approximately 300 Mw energy and waste steam is used again in the ACC for recycling of plant. The ACC is an interface between the ST and the HRSG. The ACC is used to cooling of waste water and for recycling. DWS is an interface between the ACC and the Demi Tank. DWS is produced the demineralized water in order to complete missing water requirement of plant. Please see table-2 for general chart of plant.

Combined-cycle generation process



Şekil 1. 2. General Chart of Combine Plant.

To calculation of plant will be used actual operations data by help of competent staff and two kind of way will be used as method within this study. Those are first and second law of thermodynamic.

Traditionally, the basis for the study of energy conversation system has been the conversation of mass and the first law of thermodynamic. But efficiency based on the first law of thermodynamics cannot properly assess performance a HRSG when the final aim is production of work [2]. This notion is valid for each of system efficiency.

The use of second law of thermodynamic offers a more appropriate approach carrying out the thermodynamic analysis with the minimization of the irreversibility. The entropy generation minimization was first applied in heat exchangers by bejan [3].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

The aim of this study is to develop a simple procedure for optimizing of 40 pinch point over existing workable plant. Each pinch point is to defined and stated according to PID drawing belong to plant. Please see figure 2.1.

In the first step, the experience-based values for the pressure of pinch point are selected and held constant during this step.

In the second step, for the energy analysis of plant is to executed some calculation to find the largest power loss of plant with mass and entropy value according to first law of thermodynamic. In this calculation method, the result shows that was more less ratio to usable energy amount of lost energy amount. But this case of plant will be compared with second law of thermodynamic for more affect result.

In the third step, for the exergy analysis of plant is to used operations parameters to improvement of the efficiency of plant (CCGT). To fix the largest power loss of units is to used enthalpy and entropy value for calculation according to second law of thermodynamic. In this calculation method, the result shows that was more much ratio to usable energy amount of lost energy amount. Please see figure 5.7.

Efficiency loss of plant is steam turbine and high pressure drum. So optimization should be significantly carried out over this unit.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

The aim of this optimizations was to outline the thinking behind the design of plant and the explain some of background, recycle, energy, exergy to the engineering and heat transfer problems that have been encountered. The paper has tried the Show how the design has been dominated by heat transfer concerns, and the that this has led to units that are difficult to build, inspect and transfer.

As a result, thermodynamic optimizations has been significantly applied on the plant to improvement the largest loss. Steam turbine and high pressure drum should develop and as timing the passing of heat transfer between the unit.

1.GİRİŞ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Ülkelerin endüstriyel ve sosyoekonomik yapılarının gelişmesinde enerji faktörü önemli bir yere sahiptir. Gelişmişliğin ve kalkınmanın bir göstergesi olan kişi başı enerji tüketimi önemli bir indikatör olarak görülmektedir. Bir cismin veya bir sistemin iş yapabilme yeteneği “enerji” olarak tanımlanabilir. Dünyada yaşanan enerji krizleri, artan lüks yaşamdan kaynaklanan enerji ihtiyacının ve sanayileşmenin giderek artması sebebi ile çevre kirliliğinin üst seviyelere ulaşması gibi nedenlerden dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim giderek artmaktadır[4].

Demografik değişiklikler enerji talebinin miktarını ve kompozisyonunu doğrudan etkilemektedir. Dünya nüfusu sürekli artmaktadır ve 2010’da 6,8 milyar olan nüfusun 2035’de 8,6 milyara yükselmesi beklenmektedir. 2025’den sonra Çin’in nüfusunu geçecek olan Hindistan’ın nüfusu 2035’de 1,5 milyara ulaşacaktır. Dünya nüfusunun kentleşme oranı ise 2010’da %51 iken 2035’de %61’e yükselecektir. Fakat günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %19’unu teşkil eden 1,3 milyar insan halen elektriğe kavuşmuş değildir. Bu insanların %95’i sadece gelişmekte olan Asya ülkeleri ve Afrika’da hayatlarını sürdürmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık %38’i olan 2,6 milyar insan ise yemek pişirmek için geleneksel yöntemlerle biyokütle enerjisinden yararlanmaktadır. Bu insanların yarısı Çin, Hindistan ve Bangladeş’te yaşamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı’nın “Yeni Politikalar Projeksiyonu” bu durumun uzun dönemde de devam edeceğini ve 2030 yılında çoğunluğu kırsal bölgede yaşayan 1 milyar insanın (2030’daki dünya nüfusunun %12’si) elektriksiz yaşamaya, 2,6 milyar insanında da temiz pişirme tekniklerine sahip olmadan hayatlarını idame ettireceklerini göstermektedir. Bu insanların büyük kısmı Orta ve Güney Afrika, Hindistan ve gelişmekte olan Asya ülkelerinde (Çin hariç) yaşıyor olacaktır. Bu ülkelerdeki açlık ve yoksullukla mücadelenin başarılı olması, enerjiye erişim konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmesine bağlı olup, bu ilerlemelerin sağlanması için 2030 yılına kadar 1 trilyon ABD \$ harcama yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır [1].

Türkiye’nin girmeye aday olduğu Avrupa Birliği (AB) ise Çin ve ABD’nin ardından en büyük üçüncü enerji tüketicisi konumundadır. AB genelinde birincil enerji talebi

artışı 1990-2010 döneminde düşük hızlarda seyretmiştir (yılda ortalama %0,2). 2010'dan 2035 yılına kadar artış yönünde bir miktar yavaşlama beklenmekte olup, rakamların yıllık ortalama %0.14 artış değerini göstereceği düşünülmektedir [1]. AB genelinde birincil enerji arzında 2005'de %52,5 ve 2010 yılında %52,7 düzeyinde olan ithalat bağımlılığı oranının (doğalgazda %62,4, petrolde %84,3 ve katı yakıtlarda %39,4) 2030 yılına kadar olan dönemde %59,1'e ulaşması beklenmektedir [5,6].

2010 itibariyle AB tarafından ithal edilen doğalgazın %31,8'i Rusya, %28,2'si Norveç, %14,4'ü Cezayir tarafından temin edilirken, Katar'ın payı 2009'a göre %4,6'dan %8,6'ya yükselmiştir. Ham petrolün ise %34,4'ü Rusya, %13,8'i Norveç, %10,2'si Libya'dan edinilmektedir. AB'ye taşkömürü temininde de %27,1 oranıyla Rusya ilk sırada yer alırken, onu %20,3 ile Kolombiya, %16,9 ile ABD takip etmektedir. 2009'a göre Güney Afrika Cumhuriyeti'nden kömür ithalatı %15,9'dan 2010 yılında %10,2'ye gerilemiştir. AB üyesi 27 ülkenin toplam ithalat rakamlarına bakıldığında, 2000-2010 döneminde katı yakıtlarda %12,3, petrolde %5,0, doğalgazda ise %43,1 oranlarında bir artış yaşanmıştır. Bu dönemde Portekiz %121, İspanya %100, Yunanistan %90 ve Lüksemburg %81 olmak üzere doğalgaz ithalat rakamlarını neredeyse iki kat arttırırken, 2000 yılında net ihracatçı olan İngiltere, sonraki yıllarda doğalgaz ithalatçısı ülke konumuna dönüşmüş ve sadece 2006-2010 yılları arasında doğalgaz ithalatını %235 arttırmak zorunda kalmıştır. 2010 yılında AB'de miktar olarak en fazla doğalgaz ithal eden ülkeler sırasıyla İtalya, Almanya, Fransa, İngiltere, İspanya'dır. Türkiye'nin ithalat rakamı ise İspanya ile neredeyse aynı gerçekleşmiştir. 2000-2010 döneminde Romanya (-%33) ve Bulgaristan'da (-%22) ise azalmalar görülmüştür. Tüm AB ülkeleri arasında sadece Hollanda ve Danimarka net ihracatçı ülke konumundadır [7].

Enerji kaynakları açısından incelendiğinde, birincil enerji arzında, petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil kaynaklı yakıtların ağırlıklı konumunun önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmekte ve enerji talebindeki artışın (2010-2035 dönemi) % 77,8'lik bölümünün bu kaynaklardan karşılanması öngörülmektedir. Biyoenerji için bu oran %7,8, diğer yenilenebilirler için %6,5, nükleer için %5,0, hidrolik için ise %2,8'dir [1]. Dünya genelinde enerji kaynakları olarak 1 Ocak 2012 itibariyle petrol ve doğal gaz rezervlerinin dağılımına bakıldığında (Çizelge-1,1 ve Çizelge-1,2), kanıtlanmış petrol rezervlerinin (1,638 milyar varil) %49'unun Ortadoğu'da bulunduğu görülmektedir [8].

2012 verilerine göre, petrol rezerv miktarlarında %7,75 artış olup, Venezuela Suudi Arabistan'ın önüne geçerek dünyada en büyük petrol rezervi bulunduran ülke konumuna gelmiştir. En büyük rezervlere sahip 10 ülkenin (sırasıyla Venezuela, S.Arabistan, Kanada, İran, Irak, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Rusya, Libya, Nijerya) Kanada ve Rusya hariç 8'i OPEC üyesidir. Bu 10 ülke toplam dünya rezervlerinin yaklaşık %85,3'üne sahiptirler [8]. Doğal gaz rezervlerinin de yaklaşık %66,7'si Rusya Federasyonu, Eski Sovyet Cumhuriyetleri ve Ortadoğu ülkelerinde bulunmaktadır. Sadece Rusya, İran ve Katar bu rezervlerin %55,4'ünü elinde bulundurmaktadır [8]. Petrol rezervlerinde Uganda'da % 150, Venezuela'da %40,9 ve Rusya'da %33,3'lük artışlar görülürken miktar bazında en büyük artış ise Venezuela (86,4 milyar varil) ve Rusya'da (20 milyar varil) tespit edilmiştir. Doğal gaz rezervlerinde 2011'e göre 2012 yılında Fransa'da %94,0, Romanya'da %67,4 ve Avustralya'da %54,5'lik artışlar görülürken, miktar bazında en büyük artış Çin'de (17,230 milyar ft³) belirlenmiştir [8].

Çizelge 1. 1. Dünya, Kanıtlanmış Petrol Rezervleri, [8]

Sıra	Ülkeler	1 Ocak 2013 (milyar varil)	1 Ocak 2012 (milyar varil)
1.	Venezuela	297.57	211.17
2.	Suudi Arabistan	265.41	264.52
3.	Kanada	173.10	173.62
4.	İran	154.58	151.17
5.	Irak	141.35	143.10
6.	Kuveyt	101.50	101.50
7.	B. Arap Emirlikleri	97.80	97.80
8.	Rusya	80.00	60.00
9.	Libya	48.01	47.10
10.	Nijerya	37.20	37.20
	Dünya-Toplam	1,637.85	1,520.09

Çizelge 1. 2. Dünya, Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervleri, [8]

Sıra	Ülkeler	1 Ocak 2013 (milyar ft ³)	1 Ocak 2012 (milyar ft ³)
1.	Rusya	1,688,228	1,680,000
2.	İran	1,187,000	1,168,000
3.	Katar	890,000	890,000
4.	Suudi Arabistan	287,844	283,000
5.	ABD	272,509	272,509

6.	Türkmenistan	265,000	265,000
7.	B. Arap Emirlikleri	215,035	215,035
8.	Venezuela	195,100	195,100
9.	Nijerya	182,008	180,458
10.	Cezayir	159,054	159,000
	Dünya-Toplam	6,793,369	6,746,581

2011 yılında 114,48 milyon ton petrol eşdeğerini (milyon tep) geçen yıllık enerji arzı bir önceki yıla nazaran yaklaşık %4,8'lik bir artış göstermiştir. Enerji arzının 2015 yılında 170 milyon tep, 2020 yılında ise 222 milyon tep düzeyine ulaşacağı beklenmektedir [9]. En son açıklanan verilere göre (2011 yılı) enerji arzında %32,2 ile doğalgaz en büyük paya sahip olmayı sürdürürken, bunu %31,3 ile kömür, %26,6 ile petrol izlemiş, geri kalan %9,9'luk bölüm ise başta hidrolik olmak üzere yenilenebilir ve diğer kaynaklardan (odun) karşılanmıştır (Çizelge 1,3). 2009-2011 dönemi kıyaslandığında, doğalgazın ve rüzgârın birincil enerji arzındaki payının sürekli arttığı görülmektedir.

Çizelge 1.3 Türkiye, birincil enerji arzı, [10]

	2009 (bin tep)	2009 (%)	2010 (bin tep)	2010 (%)	2011 (bin tep)	2011 (%)
Kömür*	32,913	31.0	33,531	30.7	35,841	31.3
Doğalgaz	32,775	30.9	34,907	31.9	36,909	32.2
Petrol	30,565	28.8	29,221	26.7	30,499	26.6
Hidrolik	3,092	2.9	4,454	4.1	4,501	3.9
Odun	3,530	3.3	3,392	3.1	2,446	2.1
Jeo. Isı,	1,250	1.2	1,391	1.3	1,463	1.3
Hayv. ve Bit.	1,136	1.1	1,166	1.1	1,091	0.9
Jeotermal	375	0.3	575	0.5	597	0.5
Güneş	429	0.4	432	0.4	630	0.5
Rüzgar	129	0.1	251	0.2	406	0.3
Biyoyakıt	9	0.01	12	0.01	18	0.02
Toplam	106,138		109,266		114,480	

* kömür; taş kömürü, linyit, asfaltit, p.kok ve kok toplamını ifade etmektedir.

Türkiye enerji sektöründe büyüme rakamları, gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça yüksektir. Son 10 yılda Türkiye elektrik ve doğal gaz talep artış oranları bakımından Avrupa'da ilk, dünyada ise Çin'den sonra ikinci sırayı almaktadır [7]. 2011 itibariyle yaklaşık 74 milyon nüfusa sahip olan Türkiye'de kişi başına enerji tüketiminin %4,4 artışla 1548 kep, elektrik tüketiminin ise %6,09 artışla 2490 kWh olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 1.4.) [10].

Çizelge 1.4. Türkiye, yıllara göre kişi başına enerji ve elektrik tüketimi, [10]

	2009	2010	2011	2010-2011 Fark
Nüfus	73,000,000	74,000,000	73,950,000	- % 0.07
Enerji tüketimi	1463 kep	1482 kep	1548 kep	+ % 4.45
Elektrik tüketimi-net	2162kWh	2347kWh	2490kWh	+ % 6.09
Elektrik tüketimi-brüt	2685kWh	2865kWh	3070kWh	+ % 7.15

Fosil enerji kaynakları bakımından net ithalatçı ülke konumunda olan Türkiye’de 2011 yılında enerji arzının petrolde %92, doğalgazda %98, taş kömüründe %92 olmak üzere toplamda %71,8’lik bölümü ithalat ile karşılanmıştır [10].

2011 yılında ithal edilen doğalgazın yaklaşık %55’i Rusya (2010’da %46), %21’i İran (2010’de %24), %11’i Cezayir (2010’da %12), %10’u Azerbaycan (2010’da %14) ve %3’ü de Nijerya’dan (2010’da %4) temin edilmektedir. Ülke içinde satışı yapılan doğalgazın %48,1’i elektrik üretiminde (2010’da %56,5), %25,8’ü konutlarda (2010’da %21.4), %24.2’si ise sanayide (2010’da %20.1) kullanılmaktadır. Türkiye’nin doğal gaz tüketimi 2002 yılındaki 16,7 milyar m³ düzeyinden, 2009 yılında 31,6 milyar m³’e ulaşmışken, 2010 yılında 30,9 milyar m³’e düşmüş ancak sonrasında 2011 yılında 38,7 milyar m³ ile tarihi zirvesine ulaşmıştır. 2011 yılında bir önceki yıla göre %25’lik bir artış olmuştur. 2011 yılında doğal gazın, miktar olarak, konut, sanayi ve elektrik sektöründe kullanımları sırasıyla %51, %50 ve %6 oranlarında artmıştır [11].

2012 yılında elektrik tüketimimiz bir önceki yıla (230,3 milyar kWh) göre %5.04 artarak 241,9 milyar kW-saat, elektrik üretimimiz ise bir önceki yıla göre (229,39 milyar kW-saat) %4.23 artarak 239,1 milyar kW-saat olarak gerçekleşmiştir [12, 13, 14]. Elektrik talebinin (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca belirlenen son elektrik talep serilerine göre); 2021 yılında Yüksek Talep Senaryosunda (ortalama %7,5 artış öngörülen) 467,26, Düşük Talep Senaryosunda (ortalama %6,5 artış) ise 424,78 milyar kW-saat düzeyine ulaşacağı gösterilmektedir [12, 15].

EPDK verilerine göre [13] Ocak-2013 itibariyle proje fiili gerçekleşme yüzdesi %10’un üzerinde olan inşa halindeki santrallerin listesi kaynak bazında yer almaktadır (Çizelge 1,5). Buna göre inşa halindeki kapasite değerleri incelendiğinde, yakın zamanda devreye girmesi planlanan kurulu enerji kapasitesinin %38,9’unun hidrolik santrallara ait olduğu görülmektedir. Ardından doğalgaz (%25,3), ithal kömür (%16,7), linyit

(%7,6) ile rüzgâr (%6,2) santralleri gelmektedir.

Çizelge 1. 5. Ocak-2013 itibariyle inşa halindeki santraller, [16]

Yakıt/Kaynak Türü	Santral Sayısı	İnşa halindeki kapasite
Hidrolik	265	6397.5 MW
Doğalgaz	29	4164.6 MW
İthal Kömür	3	2750.0 MW
Linyit	6	1244.8 MW
Rüzgar	33	1024.3 MW
Kömür	1	290.0 MW
Asfaltit	1	278.3 MW
Jeotermal	7	130.6 MW
Fuel-Oil	1	110.4 MW
Atık Isı	3	32.0 MW
Biyokütle	5	26.2 MW
Toplam	354	16448.7 MW

Elektrik Üretim A.Ş. ve özel sektör tarafından 2012’de devreye alınan santraller veya yeni santral ünitelerinden en büyük kurulu güce sahip 10 tanesi listelenmiştir(Çizelge 1,6). 31.12.2012 itibariyle devreye alınan 206 kamu veya özel sektör santralinin toplam gücü 4192 Mw’dır.

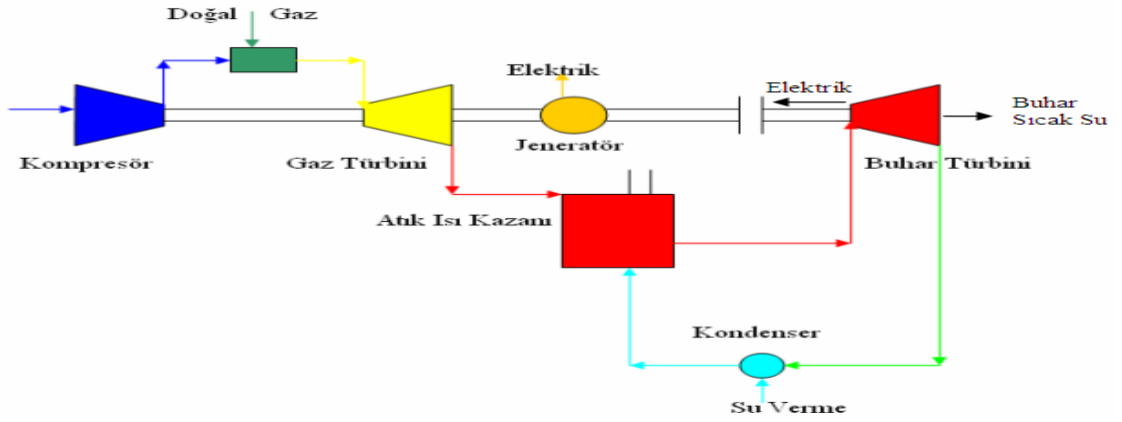
Çizelge 1. 6. 2012’de devreye alınan santral/yeni santral ünitelerinden bazıları

Sıra	Santral	Santral Sahibi	Santral Cinsi	Şehir	Güç (MW)
1.	Boyabat	Boyabat Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	Hidrolik	Sinop	513 (3x171)
2.	Ermenek	Elektrik Üretim A.Ş.	Hidrolik	Karaman	302 (2x151)
3.	Akköy-II	Akköy Enerji A.Ş.	Hidrolik	Gümüşhane	230 (2x115)
4.	Alpaslan-I	Elektrik Üretim A.Ş.	Hidrolik	Muş	160 (4x40)
5.	Age DGKÇ Santrali	Age Denizli Doğalgaz Elk. Üre. A.Ş.	Doğalgaz	Denizli	141 (3x47)
6.	Çay DGKÇ Santrali	Dedeli Doğalgaz Elk. Üre. ve Tic. A.Ş.	Doğalgaz	Afyonkarahisar	126 (13x9.7)
7.	Akköprü	Elektrik Üretim A.Ş.	Hidrolik	Muğla	115 (2x57.5)
8.	Bilecik DGKÇ	Dedeli Doğalgaz Elk. Üre. ve Tic. A.Ş.	Doğalgaz	Bilecik	107 (11x9.7)
9.	Güllübağ	Senerji Enerji Üretim A.Ş.	Hidrolik	Erzurum	96 (3x32)
10.	Aksa Termik	Aksa Akrilik Kimya San. A.Ş.	İth.Kömür/Dgaz	Yalova	75 (1x75)
2012-Toplam (206 santral)					4192 MW

Yukarıdaki verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere ülkemizin yüksek büyüme oranları

beraberinde enerji talebinin hızla artışı getirmekte ve önümüzdeki yıllarda da bu artış eğilimin devam edeceği gözükmektedir. Avrupa da birinci dünyada ikinci Enerji talebi müşterisi olan ülkemizde yapılan milyarlarca dolar yatırım verimliliğinin yanı sıra kojenerasyon sistemlerle verimliliği arttırmakta oldukça önem kazanmıştır. Son zamanlarda, çevresel önemden dolayı, yüksek verimli kombine çevrim santralleri yoğun inceleme altına alınmış ve verim hesapları çok büyük önem kazanmıştır.

Kojenerasyon tesislerinin basit çevrimdeki sistemlerden daha yüksek verimle çalışmasının başlıca nedeni egzoz gazlarından faydalanarak ikincil bir enerji üretmektir. Basit bir çevrimde, sadece elektrik üreten gaz türbini ya da motor, enerjinin % 30-40'ını elektriğe çevirirken; kojenerasyon sisteminde dışarıya atılacak ısının büyük kısmı kullanılabilir enerjiye dönüşmektedir [17]. Böylece toplam enerji girişinin % 60-90'ı değerlendirilmektedir. Bu tekniğe aynı zamanda Birleşik Isı-Enerji Sistemleri (Combined Heat and Power Systems) denilmektedir. Şekil 1.3'de kojenerasyon bir tesisini oluşturan sistemin şematik görünüşü verilmektedir.



Şekil 1.3. Kojenerasyon Tesisin Şematik Görünüşü

2.MATERYAL VE YÖNTEM

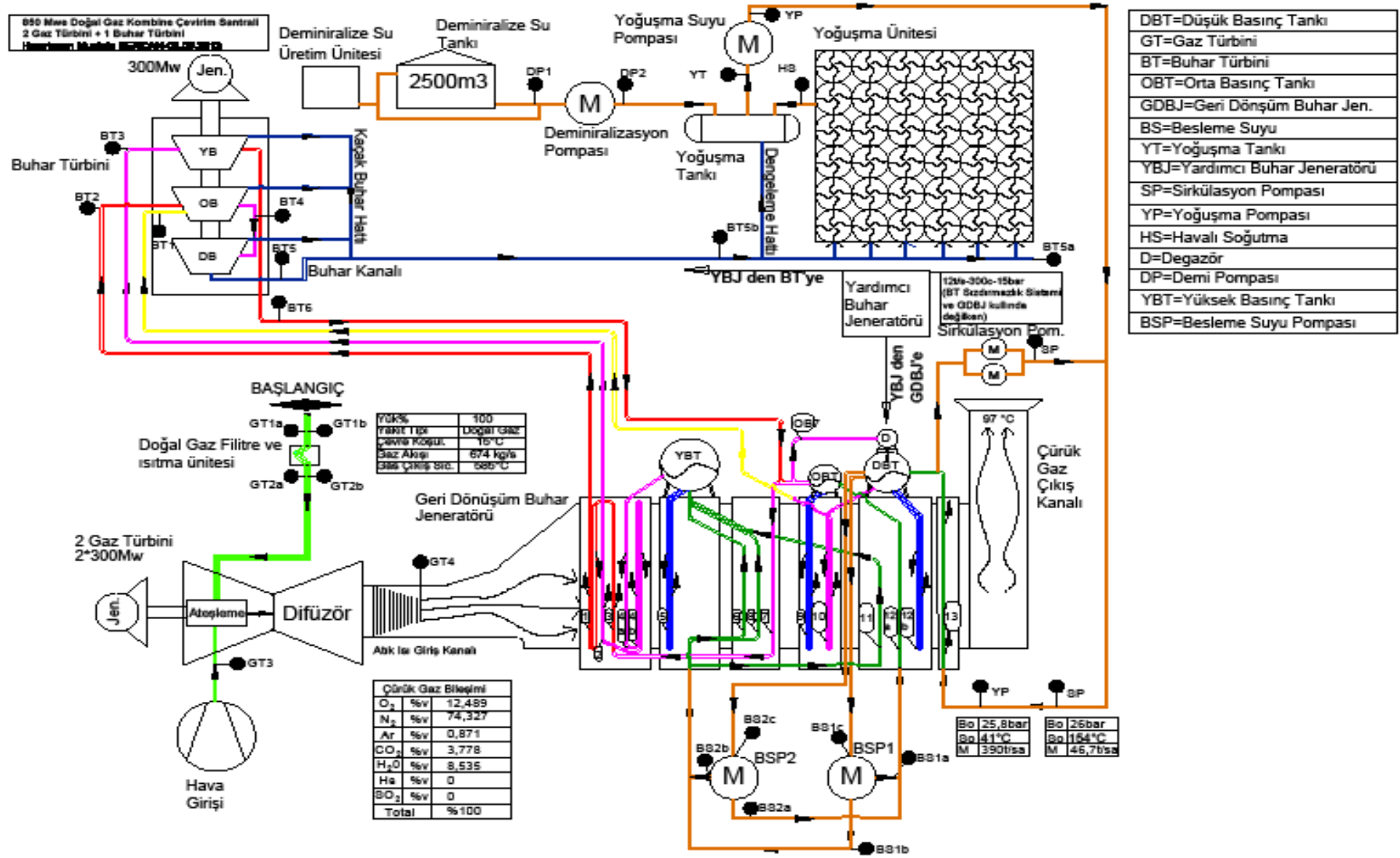
Bu çalışmada 850 Mw kurulu gücü olan doğal gaz çevrim santraline ait olan operasyon değerleri üzerinden ekserji ve enerji analizi yapılmıştır. Operasyon değerleri kullanılan santral Kocaeli ili, Dilovası ilçesi, Çerkeşli köyü mevkiindedir. Yatırım maliyeti 1 milyar dolar olan projenin 2014 yılı başında ticari işletmeye alınması planlanmaktadır. Doğal gaz çevrim santrallerinde 100 birim doğalgazın elektriğe dönüşüm oranı %50 civarında iken söz konusu hesaplamanın yapılacağı santralde bu oranın %57,9 olarak gerçekleşmesi öngörülmekte ve 6055 Gwe/yıl elektrik enerjisi üretmesi planlanan kojenerasyon tipi santrallerden biridir.

Kojenerasyon tipi santraller özellikle doğal kaynakların azaldığı günümüz dünyasında oldukça önemli bir yer tutmakta ve yinelenabilir sistemlerin atıktan elde ettiği ısı, sıcaklık, enerji, v.s. gibi etkenler sayesinde tüketimi en aza indirilmektedir. Burada amaç üretim sonrası açığa çıkan atığı en iyi şekilde değerlendirmektir. Bunun içinde ekserji ve enerji analizi oldukça büyük önem arz etmektedir. Ekserji; “Enerji, çevre ve sürdürülebilir gelişmenin bir karışımı olarak karşımıza çıkar. Enerji, hareket veya hareket üretme yeteneğidir. Ekserji ise, iş ya da iş üretebilme kabiliyetidir” şeklinde tanımlanır[24].

Bu çalışmada termodinamiğin birinci ve ikinci kanunları uygulanarak, santrale ait gerçek operasyon değerleri üzerinden santralin basınç konfigürasyonlarını incelenmiştir.

2.1.YENİ ELEKTRİK A.Ş SANTRALİ

Kocaeli de bulunan fabrika otoprodüktör kombine çevrim santrali ilkesine göre çalışmaktadır. Santral, doğal gaz ve sıvı yakıtla çalışan çift yakıtlı bir kombine çevrim santralidir. Doğalgazın herhangi bir sebepten kesintiye uğraması durumunda fuel oil ikinci bir yakıt olarak kullanılabilir. Kendi içinde kurulu 2 adet 300MW Ansaldo Enerji teknolojisine sahip toplam 600 Mw’lık gaz türbini, 2 adet STF teknolojisine sahip atık ısı kazanı ve 1 adet yine Ansaldo Enerji teknolojisine sahip 300 MW enerji üreten buhar türbini bulunmaktadır. Santral kendi tükettiği enerji düşüldüğünde şalt sahasından şebekeye yaklaşık 850 ile 865 Mw arasında enerji iletmiş olacaktır. Şekil 2.1’de Yeni Elektrik AŞ’ye ait kapalı çevrim şeması verilmektedir.



Şekil 2.1 Yeni Elektrik A.Ş. Santrali Kapalı Çevrim Şeması

2.2.EKSERJİ ANALİZİ

Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin korunmasını tanımlarken niceliği ön plana çıkartır. Sistemlerde hal değişimi sırasında enerji her zaman için korunur fakat niteliği azalır. 19. yüzyılın sonlarına doğru, termodinamiğin II. kanunu, entropi ve tersinirlik ile ilgili bir ifade olarak ortaya çıkmıştır. Termodinamiğin ikinci yasası sistemlerdeki enerjinin azalan niteliğini, hal değişimleri boyunca üretilen entropi ile ortaya koyar. Entropi kısaca moleküler düzensizlik olarak tanımlanabilir. Sistemin bir termodinamik özelliği olan entropi; ilk kez 1865 yılında Clausius tarafından bulunmuştur. Yunancada “entropé” (bozulma) kelimesinden türetilmiştir. Entropi, sistemde kendiliğinden meydana gelen değişmelerin yönü hakkında bilgi verir.

Termodinamik problemlerin çözümü için sadece I. kanun yeterli olmadığından, ekserji ya da entropi kavramlarını içeren II. kanunun da I. kanun ile birlikte kullanılmalıdır. Hesaplama kolaylığı, daha sağlıklı sonuçlar verme gibi nedenler, ekserji analizinin tercih edilme sebepleri olarak gösterilebilir. Ekserji kavramı, bazı bilim adamları tarafından aşağıdaki şekillerde tanımlanmıştır:

- Belirli bir haldeki sistemin yapabileceği en çok iş [25].
- Ekserji, tersinmez sistemler veya süreçlerde, entropi üretiminin neden olduğu kullanılabilir enerji kaybını belirleyen bir ifadedir [37].
- Bir termodinamik sistemin ekserjisi, sistemin sadece çevresiyle etkileşimi durumunda, sistemin çevresiyle tümüyle termodinamik denge haline gelirken, elde edilebilecek maksimum teorik yararlı iş (mekanik veya elektrik işi) olarak tanımlanır [18].
- Bir enerji şeklinin ya da maddenin ekserjisi, onun çevre üzerinde değişim yapabilme potansiyeli, kalitesi ya da kullanılabilirliğinin bir ölçüsüdür[19].
- Ekserji, sistemin çevresiyle etkileşimi sonucu, ısı transferinin sadece çevreyle olması durumunda elde edilebilecek maksimum teorik yararlı iştir[20].
- Ekserji, herhangi bir maddenin, çevresiyle tersinir anlamda termodinamik denge haline gelmesi esnasında elde edilebilecek maksimum iştir[21].
- Ekserji, gazlarda, sıvılarda ya da bir kütlede, herhangi bir referans ortama göre var olan dengesizliğin neden olduğu iş potansiyelidir[38].
- Ekserji, enerjinin tamamen diğer enerji şekillerine dönüşebilen kısmıdır[22].

Bir sistemin, çevresiyle termodinamik dengede bulunması, o sistemin ölü halde olduğunu ifade etmektedir. Sistemin, çevre sıcaklığında (25 oC) ve basıncında (101,23 kPa) olduğu durumuna “ölü hal” denir. Bir diğer tanım da sadece basınç ve sıcaklığın dengede olduğu “sınırlandırılmış ölü haldir. Çok büyük miktarda enerji içeren atmosferden, ölü halde bulunmasından dolayı iş elde edilemez.

Eğer bir sistem bulunduğu koşullardan, çevrenin bulunduğu ölü hale getirilirse, maksimum iş elde edilir. Bu maksimum değere “ekserji” denir. Son hal “ölü hal” ise, tersinir iş, ekserjiye eşittir ve tersinir iş ile yararlı iş arasındaki fark, tersinmezlikleri verir [23].

Ekserji analizlerini içeren hesaplamalarda kolaylık sağlaması bakımından aşağıda verilen bazı kabuller ve basitleştirmelerin yapılması gerekebilmektedir;

- Herhangi bir sistem, bir çevre ortamı içinde çalışır.
- Ekserji hesaplamalarında, çevrenin öneminin yanında, çevre ile sistem arasındaki sınırın belirlenmesi de büyük önem taşır.
- Buna göre çevre basitçe, sistem içerisinde olmayan diğer her şey olarak tanımlanabilir.

Ekserji, mühendislik biliminde iki temel konuyu kapsamaktadır. Bunlar çevre ve ekonomidir. Ekoteknolojik bakımdan ise ekserji aşağıdaki üç temel konsept kapsamında ele alınmaktadır:

- 1) En az çevresel etki, en fazla enerji ve enerji kaynaklarının ideal koşullarda işletileceği teknolojiler.
- 2) Çevreyi kirletme potansiyelleri yüksek olan maddelerin çevresel davranışları.
- 3) Çevresel değerlendirme, enerji ve toplum güvenliği.

Yukarıdaki temel ekserji konseptlerine bakarak ekserjinin termodinamik bir potansiyel olduğu, iş yapabilme ve kullanılabilir enerjinin bir ölçütü olduğu söylenebilir. Ekserji, aynı zamanda teknik iş yapma kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Ekserji sadece faydalı enerji düşüncesinden oluşmayan, aynı zamanda çevreyi kirleten enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması ve yeni çevre dostu enerji kaynaklarının kullanıma sunulması gibi konuları da kapsayan çok önemli bir mühendislik yaklaşımıdır [26].

Ekserji analizi aşağıdaki nedenlerden dolayı sanayi uygulamalarında kullanım alanlarına sahiptir.

- Ekserji analizi sistemin veya prosesin kütle ve farklı şekillerdeki enerji akışkanlarının faydalı miktarlarını gösterdiği için etkin bir maliyet analizinin yapılmasına olanak vermektedir.
- Sistemden veya prosesten kullanım ömrü boyunca elde edilebilecek yararlı iş miktarı belirlenebileceği için işletimi yapılan sistemin bu süre boyunca çevreye verdiği zararlar, kaynak kullanımları net bir şekilde belirlenebileceği için maliyet analizinin yanında etkin bir çevresel analizi yapmak için ekserji analizi gereklidir.
- Sistem ve prosesin ekserji kaybı açısından küçük olanın tespit edilerek daha iyi proses veya sistemin bileşenlerini oluşturulabilir.
- Ekserji analiziyle enerji açısından atık veya kaybın meydana geldiği yer ve gerçek değeri tespit edilerek gerekli iyileştirmeler yapılabilir.
- Geleneksel üniteler veya tesisler üzerindeki tasarım dışı koşulların gerçek etkisini belirlemede ekserji analizi önemli bir yere sahiptir.
- İncelemeye alınan prosesin tersinmezliklerinin nicel olarak hesaplanması önemlidir.

Ekserji ve enerji kavramları, Çizelge 2.1’de ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.1. Enerji ve ekserji kavramlarının karşılaştırılması[19]

Enerji	Ekserji
Çevresel değişkenlere değil sadece madde ve enerji akış değişkenlerine bağlıdır.	Madde ve enerji akımının her ikisine de bağlıdır.
Sıfırdan farklı değere sahiptir. Einstein’ın $E=m.c^2$ bağıntısına göre	Sıfıra sahip değeri vardır (Çevre ile dengede olduğu ölü durumda sıfırdır).
Tüm proseslerde termodinamiğin I. kanunu ile ifade edilir.	Sadece tersinir prosesler için termodinamiğin I. kanunuyla gösterilir. Tersinmez proseslerde kısmen veya tamamen yok olur.

Hareket veya hareketi üretme kabiliyetidir.	İş yada iş üretme kabiliyetidir.
Bir proseste her zaman korunur. Yoktan var ya da vardan yok olmaz.	Tersinir proseslerde her zaman korunur. Tersinmez proseslerde ise her zaman tüketilir.
Niceliğin (miktarın) bir ölçüsüdür.	Niceliğin ve entropi nedeniyle niteliğin (kalitenin) bir ölçüsüdür.

Ekserji analizi yapmanın önemi aşağıdaki şekilde sıralanabilir [19]:

- Enerji kullanımının çevreye etkilerini en iyi şekilde belirler.
- Enerji sistemlerinin daha iyi analiz ve dizayn edilebilmesi için kullanılan etkin bir yöntemdir.
- Verimi yüksek kaynakların kullanımını destekler. Kayıpların, yeri ve büyüklüğü hakkında bilgi verir.
- Daha verimli enerji sistemleri tasarlamayı mümkün kılar.
- Sürdürülebilir gelişmeye ulaşmada ve enerji politikalarını belirleme de önemli bir etkidir.

Ekserji ve entropi arasındaki farklılıklar Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir [26]. Karşılaştırmaya göre ekserji ve entropi zıt değildir. Ekserji, enerji dönüşümü sırasında, kazanılan enerji hakkında elde edilen yararlı bilgidir. Entropi artışı ise, enerji dönüşüm sırasında, enerji hakkında ortaya konulan belirsizliktir.

Çizelge 2.2. Entropi ve ekserji kavramlarının karşılaştırılması [26].

Entropi	Ekserji
Enerjinin ne kadar tersinmezlik ve belirsizlik ürettiğini açıklar.	Enerjiyle neler yapılabildiğini açıklar.
Enerjinin ne olduğu hakkında bilgi verir.	Enerjiyle bir şey yapmanın potansiyeli hakkındadır.
Bir prosesteteki tersinmezliği açıklar.	Durumun, dengenin ne kadar dışında olduğunu, bu durumla yararlı bir şey yapılıp yapılamayacağını belirtir.
Entropi artışı, enerji dönüşümü sırasında ortaya çıkan belirsizliktir.	Ekserji, enerji dönüşümü sırasında, elde edilen enerji hakkında bilgi verir.

2.3.EKSERJİ TERİMLERİ

Ekserji dengesi; enerji kaynaklarının atıklarının gerçek büyüklüğünü, türünü ve meydana geldiği yerin tespit edilmesinde kullanılabilir ve bundan dolayı da ekserji dengesi, etkin yakıt kullanımı için geliştirilen stratejiler içinde önemli bir rol oynar.

Ekserji analizinde, sisteme giren ($\dot{E}x_{in}$) ve sistemden çıkan ($\dot{E}x_{out}$) ekserji akımları birbirine eşittir ve bu eşitlikten yararlanılarak ekserji analizine başlanır.

$$\dot{E}x_{in} = \dot{E}x_{out} \quad (2.1)$$

Birim kütle için toplam ekserji miktarı, kinetik, potansiyel, fiziksel ve kimyasal ekserjilerinin toplamından oluşur.

$$\dot{E}_X = \dot{E}x_{kn} + \dot{E}x_{pt} + \dot{E}x_{fz} + \dot{E}x_{km} \quad (2.2)$$

Burada; \dot{E}_{kn} kinetik ekserjii, \dot{E}_{pt} potansiyel ekserjii, \dot{E}_{fz} fiziksel ekserjii, \dot{E}_{km} kimyasal ekserjii belirtmektedir. Kimyasal ekserjinin akış ekserjisinin içerisinde bulunabilmesi için akış sırasında sistemde bir kimyasal tepkime dogması gerekir. Akış halindeki ekserji; potansiyel, kinetik, fiziksel ve kimyasal (fiziksel ve kimyasal ekserji aynı zamanda termal ekserji olarak da adlandırılır) ekserji olarak 4'e ayrılır.

Kinetik ekserji akımı; düzenli bir enerji formudur, tamamen işe dönüştürülebilir. Kinetik enerji, çevresel referans düzeyine göre hesaplanırsa kinetik ekserji akımına eşit olur.

$$Ex_{kn} = m(v^2/2) \quad (2.3)$$

Burada, m akışkanın kütleli debisini (kg/s) ve V akışkanın kütle hızını (m/s) göstermektedir.

Potansiyel ekserji akımı; potansiyel enerji, çevresel referans düzeyine göre hesaplanırsa potansiyel ekserji akımına eşit olur. Tamamen işe dönüştürülebilir.

$$Ex_{pt} = \dot{m}gz_0 \quad (2.4)$$

Burada z_0 deniz seviyesinden olan kot farkını (m) g yerçekimi ivmesini (m/s^2), \dot{m} akış halindeki akışkanın kütleli debisini (kg/s) göstermektedir.

Fiziksel ekserji akımı; Akış halindeki bir madde, tersinir fiziksel prosesler ile ilk koşullardan, P_0, T_0 ile belirli çevre koşullarında getirildiğinde elde edilebilen maksimum iş miktarına eşittir [27]. Entalpi (h) ve Entropi (s) terimleri olmak üzere birim kütle için fiziksel ekserji;

$$\dot{E}xfz = [(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (2.5)$$

formülünden hesaplanır [28]. Buradaki ($h-h_0$) terimini, enerji dengesi terimleri kısmındaki değişken veya sabit ısılar ile entalpi formülünden bulunabilir. ($s-s_0$) terimi ise değişken özgül ısılar yardımı ile,

$$S_{(T,P)} - S_{(T_0P_0)} = \int_{T_0}^T \frac{c_p(T)}{T} dt - R \ln \frac{P}{P_0} \quad (2.6)$$

$$S_{(T,P)} - S_{(T_0P_0)} = \int_{T_0}^T \frac{c_v(T)}{T} dt - R \ln \frac{V}{V_0} \quad (2.7)$$

Sabit özgül ısılar yardımı ile,

$$s - s_0 = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{P}{P_0} \quad (2.8)$$

$$s - s_0 = c_v \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{V}{V_0} \quad (2.9)$$

formüllerinden bulunur [29].

İdeal gaz kabul edilen, sabit basınçta özgül ısıya sahip hava ve yanmış gazların fiziksel ekserjisi, birim kütle için;

$$\varepsilon_{fz} = c_{p(T)} \left[T - T_0 - T_0 \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \right] + RT_0 \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (2.10)$$

denkleminde bulunabilir [30]. Bu denklemdeki c_0 sabit basınçta özgül ısıyı, R evrensel gaz sabitini, T sıcaklığı ve P basıncı göstermektedir.

Kimyasal ekserji akımı; Kimyasal ekserji (çevreden sistemin kimyasal kompozisyonunun farkı ile ilişkili ekserji bileşeni) değerlendirilmediği zaman, sistemi oluşturan materyaller çevresel materyallerden kurulu uygunca seçilmiş özellikleri

belirtmelidir. Çevrenin bölümleri arasındaki fiziksel veya kimyasal etkileşimlerden geliştirilen işin olasılığını kapsamada, bu referans maddeleri karşılıklı denge halinde olması gereklidir. Doğal çevremiz denge halinde değildir. Fiziksel realite ve termodinamik teoremin gereklilikleri arasında ilişki kurma önemlidir.

Standart Kimyasal Ekserji; Standart kimyasal ekserjiler T_0 çevre sıcaklığı ve p_0 çevre basıncının, mesela sırasıyla 298,15 K ve 1 atm standart değerlerine bağlıdır. Standart çevre doğal çevreyi tamamlayan mümkün kimyasal kadar yakından yansıtan standart konsantrasyonlarla referans maddenin kurulmasının olduğu gözü ile bakılır. Referans maddeler aşağıda belirtildiği gibi genellikle 3 gruba ayrılır:

1. Atmosferin gaz bileşenleri
2. Litosferden katı maddeler
3. Okyanuslardan iyonik veya iyonik olmayan maddeler.

İki alternatif standart ekserji referans çevresi mühendislik uygulamaları için mevcuttur. Bunlar, burada Model 1 ve Model 2 olarak verilmiştir. Literatürde verilen Model 1 için referans maddeleri nitrik asit ve nitratlar için sınırlı kimyasal denge ve atmosfer, okyanuslar ve litosfer parçasının tüm diğer kimyasal bileşenleri için sınırsız termodinamik denge olduğu kabul edilerek belirlenir [31]. Yine literatürde verilen farklı bir yaklaşım Model 2 olarak kullanılmıştır[32]. Referans maddesi inceleme yapılan elementi içeren maddeler arasından her bir kimyasal element için seçilir. Standart kimyasal ekserjilerin tablosunun kullanılması ekserji prensiplerinin uygulanmasını kolaylaştırır. Standart terimi biraz yanlış olsa da, tüm uygulamalar için yeterli olan çevrenin bir özelliği değildir. Yine de, çevrenin alternatif özellikleriyle ilişkili olan hesaplanmış kimyasal ekserjiler genellikle uyum içindedir [33].

Gaz karışımlarının kimyasal ekserjileri; Gaz karışımlarının ekserjilerinin bilinmesi önem arz eder zira termal sistemlerin çoğu, gaz karışımları içermektedir. Özellikle yanma ve kimyasal proseslerin ekserji analizlerinde gaz karışımları ön plana çıkmaktadır. N adet gazdan oluşan bir gaz karışımının kimyasal ekserjisi;

$$\dot{E}x_{gaz} = \sum_{i=1}^N x_i b_{0,i} + RT_0 \sum_{i=0}^N x_i \ln x_i \quad (2.11)$$

Şeklinde hesaplanır.

Yakıtların kimyasal ekserjileri; Yakıtların kimyasal ekserjileri, yakıtı oluşturan bileşenlerden hareketle hesaplanabilir. Bundan dolayı yakıt ekserjisinin yakıtın ısıl değerine oranını ifade eden β değeri,

$$\beta = \frac{Ex_{yk}}{H_L} \quad (2.12)$$

olarak belirtilmiştir ve katı yakıtlar için aşağıdaki şekilde hesaplanır [34].

$$\beta_{kt} = 1.0437 + 0.1882 \frac{h}{c} + 0.0610 \frac{o}{c} + 0.0404 \frac{n}{c} \quad (2.13)$$

Yukarıdaki ifadede su buharının ekserjisi dikkate alınmamıştır. Su buharı dikkate alındığında katı yakıtlar için kimyasal ekserji aşağıda belirtilen denklemdeki gibi hesaplanır.

$$Ex_{0,kt} = \beta_{kt}(H_l + wh_{fg}) \quad (2.14)$$

Sıvı yakıtlar için ekserji oranı β_{sv} ise kükürdün etkisi de dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada kullanılan s yakıt içerisindeki kükürdün kütle oranıdır.

$$\beta_{sv} = 1.0401 + 0.1728 \frac{h}{c} + 0.0432 \frac{o}{c} + 0.2169 \frac{s}{c} \left(1 - 2.07 \frac{h}{c}\right) \quad (2.15)$$

Buradan da sıvı yakıtların kimyasal ekserjisi,

$$Ex_{0,sv} = \beta_{sv}(H_L)_{sv} \quad (2.16)$$

Şeklinde hesaplanır.

2.4. EKSERJİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER

2.4.1. İş Transferine Bağlı Ekserji

Verilen bir enerji formunun eşdeğer işi, onun ekserjisinin bir ölçüsü olarak tanımlandığından, iş her durumda ekserjiye eşittir. Bundan dolayı ekserji transferi büyüklük ve doğrultu olarak iş transferi ile aynı büyüklük ve doğrultuya sahiptir.

$$\dot{W} = \dot{E}_x \quad (2.17)$$

2.4.2. Isı Transferine Bağlı Ekserji

Isı transferinden dolayı meydana gelen ekserji, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [28]

$$Ex = \int ((T - T_0)/T) Q_i dA \quad (2.18)$$

Eğer bir sistemde düzenli sıcaklık dağılımı varsa, ısı transferinden dolayı oluşan ekserji;

$$\dot{E}x_Q = Q_A \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \quad (2.19)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

2.4.3 Maddenin Kararlı Akışına Bağlı Ekserji

Kararlı akış halindeki bir maddenin ekserjisi, sadece çevreyle etkileşebilen akış sırasında akışın prosesler vasıtasıyla başlangıç durumundan çevrenin ölü durumuna getirildiği zaman elde edilen iş miktarına denir. Maddenin akış halinin spesifik ekserjisi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$Ex = (Ex_k + Ex_p + \Delta H - T_a \Delta S) + Ex_{ch} \quad (2.20)$$

Burada Ex_k kinetik ekserjiyi, Ex_p potansiyel ekserjiyi, ΔH entalpi değişimi, T_a çevre sıcaklığını, ΔS entropideki değişimi ve Ex_{ch} kimyasal ekserjiyi göstermektedir.

2.5. EKSERJİ VERİMLİLİKLERİ

Termokimyasal çevrimler ve enerji santralleri gibi kimyasal reaksiyonlar sayesinde iş yapacak şekilde tasarlanmış sistemler veya araçlar çalışmalarına bağlı olarak tersinmezlik ve kayıplara sahip olmaktadır. Buna bağlı olarak gerçek araçlar ideal şartlardaki değerlere sahip olduğu kabul edilip hesaplanan maksimum teorik değerinden sadece bir bölümüne eşdeğer iş üretilebilmektedir. Termal bir sistemdeki asıl termodinamik verimsizlik ekserji kaybı ve yıkımı ile alakalıdır. Ekserji analizi en yüksek ekserji yıkımına sahip bileşenleri ve buna neden olan etkenleri tanımlamaktadır. Fakat ekserji yıkımının sadece bir bölümünden kaçınılabılır. Her bir sistem bileşeni için minimum ekserji yıkım oranı fiziksel, teknoloji ve ekonomik sınırlamalarla

karşılaşılmaktadır. Toplam ve kaçınılmayan ekserji yıkımı arasındaki fark kaçınılabılır ekserji yıkımını ifade etmektedir. Buda bir bileşenin termodinamik verimliliğini geliştirmede daha gerçekçi bir ölçüm sağlamaktadır.

Artan enerji talebini karşılama planlarında önemli bir etkende enerjinin verimli kullanılmasıdır. Bu yüzden, üretim aşamasındaki enerji ve ekserji verimlilikleri açısından nükleer hidrojen üretimine alternatif teknolojiler sunmak gerekmektedir. Bu amaçla nükleer enerjiyi kullanmak için alternatif rotaların toplam verimliliği çalışma sıcaklığına, prosesin dönüşüm verimliliğine ve tesisin kompleksliğine bağlı olmaktadır. Son seçim verimliliğin yanında maliyete de bağlı olmaktadır. Dolayısıyla verimlilik teknolojinin maliyetini etkileyen bir faktördür.

İş yapacak sistemin performansı üretilen gerçek işin maksimum teorik işe oranından elde edilir. Bu oran ekserjetik verimlilik (ikinci yasa analizi). Yapılan analizlerde; enerji ve ekserji değerleri, bir referans çevreye göre hesaplanmaktadır [35]. Bu referans çevre, normal şartlar altında 25 °C sıcaklıkta ve 1 atm basınçta. Kullanılan referans çevresinin entalpisi ise, o çevrenin ekserjisine eşittir ve bu değer sıfırdır [36]. Rasyonel verim yada diğer adıyla ekserjik verim hesaplanırken;

$$\Psi = \frac{\dot{W}}{\dot{E}x_{yk}} \quad (2.21)$$

Burada $\dot{E}x_{yk}$ sisteme giren yakıtın ekserji akımıdır (Kw).

2.5.1. Ekserji Verimliliğini Artırmanın Yolları

Sistemlerde verimliliği yükseltmeye ve ekserji kaybını azaltmaya yönelik yapılacak analizlerin temel kuralları [37];

- Ekserji kaybına neden olan temel noktalar belirlenir. Ekserji kaybı, genellikle ısı transferi, kimyasal reaksiyon, karışım, sürtünme ve gazların genleşmesini içerir.
- Basit kabullerle yapılan uygulamalar belirlenir.
- Kolaylaştırılmış ekserji hesapları kullanılır (ideal gaz, sıkıştırılmazlık).
- Kojenerasyon kullanılarak, sistemlerde ekserji kaybı azaltılır.
- Kimyasal reaksiyon için yanmanın kullanımı, aşırı hava en aza indirilir ve

reaksiyona girenler ön ısıtılmaya tabi tutulur.

- Isı transferinin direkt havaya, soğutma suyuna ve soğutucuya transferini engellemek gerekir.
- Isı transferinin meydana geldiği düşük sıcaklıklarda ($T < T_0$ için) hava ya da ısı akışı ile doğrudan ısı transferi önlenmelidir.
- Düşük sıcaklıklarda, ısı değişimi uygulandığı zaman, akışlar arasındaki sıcaklık farklılıkları en aza indirilmelidir.
- İki akış arasında, ısı transferi yolu ile enerji değişiminde, akışkanların ısı transferi ortalamasının kullanımından sakınılmalıdır.
- Gazların genişlemesinden dolayı ortaya çıkan tersinmezlikler, yanma ve ısı transferinde ikinci derece öneme sahiptir.
- Aşırı yoğun termodinamik sistemlerden, sıcaklık, basınç gibi farklılıklardan dolayı kaçınılmalıdır.
- Akışkan karışımlarının, sıcaklık, basınç gibi farklılıkları en aza indirilmelidir.
- Büyük kütle akışı kütle ya da akışkan ekserjisinin daha verimli kullanımını gerektirir.

Ekserji kavramının önemli boyutları aşağıda verilmiştir;

- Ekserji, ölü durumdaki çevreyle dengede olan sistemden elde edilebilecek maksimum iş miktarıdır.
- Ekserji, sıfıra eşit veya sıfırdan büyüktür.
- Bir T sıcaklığı ile çevrenin T_0 sıcaklığı arasındaki fark büyürse ekserji de büyür.
- Sistemin potansiyel ve kinetik enerjilerinin tamamı ekserjiye katılır.
- Ekserji, kimyasal ve termomekaniksel (fiziksel, kinetik ve potansiyel) ekserjilerin toplamı olarak anlatılabilir.
- Ekserji, transfer edilebilir ve tersinmezlikler yüzünden tahrip edilebilir ve ekserji dengesiyle tanımlanabilir [37]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 TESİSİN GENEL GÖRÜNÜŞÜ VE DÜĞÜM NOKTALARINA AİT AÇIKLAMALAR

İncelenen tesis, mevcut olan bir doğalgazdan elektrik enerjisi üreten bir santraldir. Analizin uygulandığı santralde çizelge 3.1'den de görüldüğü gibi 40 adet düğüm noktası tespit edilmiş ve bu noktalara ait termodinamik özellikler aşağıdaki şekilde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Düğüm noktalarının anlamaları için şekil 2,1'e bakınız.

Çizelge 3.1. Mevcut Santralin Termodinamiksel Verileri

Düğüm Noktaları	Bar P₀	°C T₀	Mpa P₀	M ³ /kg (v)	KJ/Kg (u)	KJ/Kg (h)	KJ/KgK (s)	Ton/Sa (m)
*1/BT1	4,87	235	0,49	0,45467	2691,6	2918,92	7,1879	35,3
2/BT2	28,2	560,1	2,82	0,12595	3214,74	3592,56	7,4005	320
3/BT3	128,8	552	12,9	0,029	3126,1	3476,5	6,6317	261
4/BT4	5,5	285	0,55	0,4651	2778,3	3032	7,3607	354,5
5/BT5	0,068	38,5	0,0068	14,67	2437,2	2373,5	8,1488	356,4
6/BT5a	0,068	38,5	0,0068	14,67	2437,2	2373,5	8,1488	356,4
7/BT5b	0,068	38,5	0,0068	14,67	2437,2	2373,5	8,1488	356,4
8/BT6	29,2	334	2,92	0,087746	2816,32	3079,56	6,6838	258
9/BS1a	62	165	6,2	0,03242	2589,9	2784,6	5,8902	289,6
10/BS1b	62	165	6,2	0,03242	2589,9	2784,6	5,8902	289,6
11/BS1c	5,45	161,7	0,55	0,3748	2560,7	2748,1	6,8207	387,1
12/BS2a	163	165	16,3	0,0932	2401,4	2588,3	5,2238	289,6
13/BS2b	163	165	16,3	0,0932	2401,4	2588,3	5,2238	289,6
14/BS2c	5,45	161,7	0,55	0,3748	2560,7	2748,1	6,8207	387,1
15/YT	0,862	38,4	0,09	1,6941	2505,6	2675	7,3589	361
16/YP	25,8	41	2,6	0,079	2602,1	2801,9	6,255	390
17/SP	26	154	2,6	0,079	2602,1	2801,9	6,255	46,7
18/HS	0,2	60	0,02	7,812	2464,8	2620,7	7,6153	52,33
19/Dp1	1	15	0,1	14,67	2437,2	2583,9	8,148	50
20/Dp2	8	15	0,8	2,6218	2492,16	2657,12	7,499	50
21/Ob7	25,3	310	2,5	0,10328	2789,32	3056,56	6,7245	18,6
22/13	26	154	2,6	0,079	2602,1	2801,9	6,255	46,7
23/12-b	10	209	1	0,21083	2638,1	2849	6,7372	35,64
24/12-a	67	275	6,7	0,030928	2587,2	2781	5,8675	271,9
25/11	205	275	20,5	0,005275	2065,32	2107,9	4,4379	271,9
26/10	5,5	162	0,55	0,03595	2593,45	2789,4	5,9319	35,1
27/9	40	277	4	0,05461	2668,9	2887,3	6,2312	35,64
28/8	205	275	20,5	0,005275	2065,32	2107,9	4,4379	271,9
29/7	29,2	334	2,92	0,0877	2816,32	3079,56	6,6838	258,5
30/6	205	275	20,5	0,005275	2065,32	2107,9	4,4379	271,9
31/5	150	368	15	0,012235	2560,4	2924	5,522	261
32/4a	132,9	333,1	13,3	0,013496	2496,7	2662,9	5,339	261
33/4b	132,3	410	13,2	0,0212	2839,24	3104,6	6,1359	261
34/3	29,1	509	2,91	0,11945	3143,98	3502,32	7,298	320

35/2	131,1	476	13,1	0,01975	2699,4	3219,5	6,2808	261
36/1	28,2	560,1	2,82	0,1341	3215,86	3594,1	7,4288	320
37/DBT	5,5	162	0,55	0,3452	2563,75	2752,15	6,79	351
38/OBT	30,6	236,7	3,1	0,0667	2603,2	2803,2	6,1856	61,56
39/YBT	132,9	333,1	13,3	0,212	2839,24	3104,6	6,1359	261
40/d(De gazör)	5,5	184	0,55	0,3452	2563,75	2752,15	6,79	35,1

P_0 =Operasyon Basıncı, T_0 =Operasyon Sıcaklığı, v =Özgül Hacim u =İç Enerji, h =Entalpi,
 s =Entropi, m =Debi

*1/Bt1 ; 1 düğüm noktası sırasını, Bt düğüm bölgesinin adını tanımlar.

Çizelge 3,1 de görüldüğü gibi buhar türbini, kondenser, atık ısı kazanı gaz türbini ve besleme suyu ısıtıcısı ünitelerinden meydana gelen tesis için belirlenen ve yukarıda da sayılarının 40 adet olarak belirtilen düğüm noktaları, bu ünitelerin giriş ve çıkışlarına ait termodinamik özellikleri temsil etmektedir. Bu açıklamalara göre yukarıda bahsi geçen üniteler için 40 adet düğüm noktasına ait özellikleri şu şekilde açıklayabiliriz:

3.1.1 Buhar Türbini

Türbin ünitesine BT1, BT2, BT3 numaralı düğüm noktalarından 3 adet girişe, BT5 ve BT6 nolu düğüm noktası ile temsil eden 2 adet çıkışa sahiptir. Buna göre BT1 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 4,87 bar operasyon basıncına, 235 °C operasyon sıcaklığına, 2918,92 kJ/kg entalpi ve 7,1879 kJ/kgK entropi değerlerine; BT2 nolu düğüm noktası tarafından temsil edilen giriş 28,2 bar operasyon basıncına, 560,1 °C operasyon sıcaklığına, 3592,56 kJ/kg entalpi ve 7,4005kJ/kgK entropi değerlerine, BT3 nolu düğüm noktası tarafından temsil edilen giriş 128,8 bar operasyon basıncına, 285 °C operasyon sıcaklığına, 3476 kJ/kg entalpi ve 6,6317 kJ/kgK entropi değerlerine,ve buna karşılık BT5 nolu düğüm noktası tarafından temsil edilen giriş 0,068 bar operasyon basıncına, 38,5 °C operasyon sıcaklığına, 2373,5 kJ/kg entalpi ve 8,1488 kJ/kgK entropi değerlerine, BT6 nolu düğüm noktası tarafından temsil edilen giriş 29,2 bar operasyon basıncına, 334 °C operasyon sıcaklığına, 3079,56 kJ/kg entalpi ve 6,6838 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.2 Kondenser

Kondenser ünitesine BT5a numaralı düğüm noktasından 1 adet girişe, HS nolu düğüm noktası ile temsil edilen 1 adet çıkışa sahiptir. Buna göre BT5a nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 0,068 bar operasyon basıncına, 38,5 °C operasyon sıcaklığına, 2373,5 kJ/kg entalpi ve 8,1488 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık HS nolu

düğüm noktasından çıkış 0,2 bar basınç, 60 °C sıcaklık, 2620,7 kJ/kg entalpi ve 7,6153 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.3 Yoğuşma Tankı

Yoğuşma ünitesine BT5b, HS, Dp2 numaralı düğüm noktalarından 3 adet girişe, YT nolu düğüm noktası ile temsil edilen 1 adet çıkışa sahiptir. Buna göre BT5a nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 0,068 bar operasyon basıncına, 38,5 °C operasyon sıcaklığına, 2373,5 kJ/kg entalpi ve 8,1488 kJ/kgK entropi değerlerine, HS nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 0,2 bar operasyon basıncına, 60 °C operasyon sıcaklığına, 2620,7 kJ/kg entalpi ve 7,6153 kJ/kgK entropi değerlerine, Dp2 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 8 bar operasyon basıncına, 15 °C operasyon sıcaklığına, 2657,12 kJ/kg entalpi ve 7,499 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık YT nolu düğüm noktasından çıkış 0,862 bar basınç, 38,4 °C sıcaklık, 2675 kJ/kg entalpi ve 7,3589 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.4 Demineralizasyon Pompası (Hattı)

Demineralizasyon pompası Dp1 düğüm noktasından 1 adet girişe, Dp2 nolu düğüm noktası ile temsil edilen 1 adet çıkışa sahiptir. Buna göre Dp1 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 1 bar basınç, 15 °C sıcaklık, 2583,9 kJ/kg entalpi ve 8,148 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık Dp2 nolu düğüm noktasından çıkış 8 bar basınç, 15 °C sıcaklık, 2657,12 kJ/kg entalpi ve 7,499 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.5 Besleme Suyu Pompası-1

Besleme suyu pompası-1 BS1c düğüm noktasından 1 adet girişe, BS1a ve BS1b nolu düğüm noktası ile temsil edilen 2 adet çıkışa sahiptir. Buna göre BS1c nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 5,45 bar basınç, 161,7 °C sıcaklık, 2748,1 kJ/kg entalpi ve 6,8207 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık BS1a nolu düğüm noktasından çıkış 62 bar basınç, 165 °C sıcaklık, 2784,6 kJ/kg entalpi ve 5,8902 kJ/kgK entropi değerlerine, BS1b nolu düğüm noktasından çıkış 62 bar basınç, 165 °C sıcaklık, 2784,6 kJ/kg entalpi ve 5,8902 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.6 Besleme Suyu Pompası-2

Besleme suyu pompası-2 BS2c düğüm noktasından 1 adet girişe, BS2a ve BS2b nolu

düğüm noktası ile temsil edilen 2 adet çıkışa sahiptir. Buna göre BS2c nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 5,45 bar basınç, 161,7 °C sıcaklık, 2748,1 kJ/kg entalpi ve 6,8207 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık BS2a nolu düğüm noktasından çıkış 163 bar basınç, 165 °C sıcaklık, 2588,3 kJ/kg entalpi ve 5,2238 kJ/kgK entropi değerlerine, BS1b nolu düğüm noktasından çıkış 163 bar basınç, 165 °C sıcaklık, 2588,3 kJ/kg entalpi ve 5,2238 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.7 Atık Isı Kazanı Yüksek Basınçlı Tankı

Atık ısı kazanına ait olan yüksek basınçlı kapalı kap 11, 8, 6, 5 nolu düğüm noktalarından 4 adet girişe, 1 nolu düğüm noktası ile temsil edilen 1 adet çıkışa sahiptir. Buna göre 11 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 205 bar operasyon basıncı, 275 °C operasyon sıcaklığı, 2107,9 kJ/kg entalpi ve 4,4379 kJ/kgK entropi değerlerine, 8 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 205 bar operasyon basıncı, 275 °C operasyon sıcaklığı, 2107,9 kJ/kg entalpi ve 4,4379 kJ/kgK entropi değerlerine, 6 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 205 bar operasyon basıncı, 275 °C operasyon sıcaklığı, 2107,9 kJ/kg entalpi ve 4,4379 kJ/kgK entropi değerlerine, 5 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 150 bar operasyon basıncı, 368 °C operasyon sıcaklığı, 2924 kJ/kg entalpi ve 5,522 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık 4a nolu düğüm noktasından çıkış 132,9 bar basınç, 333,1°C sıcaklık, 2662,9 kJ/kg entalpi ve 5,339 kJ/kgK entropi değerlerine sahiptir.

3.1.8 Atık Isı Kazanı Orta Basınçlı Tankı

Atık ısı kazanına ait olan orta basınçlı kapalı kap 12a, 9 nolu düğüm noktalarından 2 adet girişe, 7, ob7 nolu düğüm noktası ile temsil edilen 2 adet çıkışa sahiptir. Buna göre 12a nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 67 bar operasyon basıncı, 275 °C operasyon sıcaklığı, 2781 kJ/kg entalpi ve 5,8675 kJ/kgK entropi değerlerine, 9 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 40 bar operasyon basıncı, 277 °C operasyon sıcaklığı, 2887,3 kJ/kg entalpi ve 6,2312 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık 7 nolu düğüm noktasından çıkış 29,2 bar basınç, 334 °C sıcaklık, 3079,56 kJ/kg entalpi ve 6,68 kJ/kgK entropi değerine, ob7 nolu düğüm noktasından çıkış 25,3 bar basınç, 310 °C sıcaklık, 3056,56 kJ/kg entalpi ve 6,7245 kJ/kgK entropi değerine,

3.1.9 Atık Isı Kazanı Düşük Basınçlı Tankı

Atık ısı kazanına ait olan orta basınçlı kapalı kap D, 12b, 13 nolu düğüm noktalarından

3 adet girişe, 10, BS2c, BS1c nolu düğüm noktası ile temsil edilen 3 adet çıkışa sahiptir. Buna göre d nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 5,5 bar operasyon basıncı, 184 °C operasyon sıcaklığı, 2752,15 kJ/kg entalpi ve 6,79 kJ/kgK entropi değerlerine, 12b nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 10 bar operasyon basıncı, 209 °C operasyon sıcaklığı, 2849 kJ/kg entalpi ve 6,7372 kJ/kgK entropi değerlerine, 13 nolu düğüm noktasından temsil edilen giriş; 26 bar operasyon basıncı, 154 °C operasyon sıcaklığı, 2801,9 kJ/kg entalpi ve 6,255 kJ/kgK entropi değerlerine ve buna karşılık 10 nolu düğüm noktasından çıkış 5,5 bar basınç, 162 °C sıcaklık, 2789,4 kJ/kg entalpi ve 5,9319 kJ/kgK entropi değerine, BS2c nolu düğüm noktasından çıkış 5,45 bar basınç, 161,7 °C sıcaklık, 2748,1 kJ/kg entalpi ve 6,8207 kJ/kgK entropi değerine, BS1c nolu düğüm noktasından çıkış 5,45 bar basınç, 161,7 °C sıcaklık, 2748,1 kJ/kg entalpi ve 6,8207 kJ/kgK entropi değerine sahiptir.

3.2 MEVCUT TESİSTE ÜNİTELERE BİRİNCİ KANUNUN UYGULANMASI

3.2.1 Buhar Türbininde Meydana Gelen Enerji Kaybı

Fabrikanın bir parçası olan yardımcı buhar jeneratörü sistem durduğunda ya da bakıma alındığında devreye alma işlemi anında ortaya çıkabilecek zaman ve verim kaybını önleyebilmek için buhar türbini, atık ısı kazanı, yardımcı pompalar ve yoğuşma ünitesini devamlı olarak 300 oC sıcaklıkta tutulmaktadır.

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{\text{BT1}} * h_{\text{BT1}} + m_{\text{BT2}} * h_{\text{BT2}} + m_{\text{BT3}} * h_{\text{BT3}} - m_{\text{BT5}} * h_{\text{BT5}} - m_{\text{BT6}} * h_{\text{BT6}} \cdot W_t$$

$$Q_{\text{kayıp}} = 1.660,6 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0 = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K} \quad T_K = 298 \text{ °C} = 573 \text{ K}$$

$$E_{\text{Qtürbin}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0 / T_K)$$

$$E_{\text{Qtürbin}} = 796,97 \text{ kW}$$

3.2.2 Kondenser Ünitesinde Meydana Gelen Enerji Kaybı

Mevcut hat devamlı olarak 30 °C sıcaklıkta tutulmaktadır.

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{\text{BT5a}} * h_{\text{BT5a}} - m_{\text{HS}} * h_{\text{HS}}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = 431.943,92 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0=25 \text{ }^\circ\text{C}=298\text{K} \quad T_K=298 \text{ }^\circ\text{C}=303\text{K}$$

$$E_{Q_{\text{kondenser}}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0/T_K)$$

$$E_{Q_{\text{kondenser}}} = 7.127,79 \text{ kW}$$

3.2.3 Yoğuşma Tankında Meydana Gelen Enerji Kaybı

Mevcut hat devamlı olarak 30 °C sıcaklıkta tutulmaktadır.

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{BT5b} * h_{BT5b} + m_{HS} * h_{HS} + m_{dp2} * h_{dp2} - m_{YT} * h_{YT}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = 276.794,89 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0=25 \text{ }^\circ\text{C}=298\text{K} \quad T_K=298 \text{ }^\circ\text{C}=303\text{K}$$

$$E_{Q_{YT}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0/T_K)$$

$$E_{Q_{YT}} = 4.567,57 \text{ kW}$$

3.2.4 Demineralizasyon Hattında Meydana Gelen Enerji Kaybı

Mevcut hat devamlı olarak 30 °C sıcaklıkta tutulmaktadır.

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{dp1} * h_{dp1} - m_{dp2} * h_{dp2}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = -1.016,91 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0=25 \text{ }^\circ\text{C}=298\text{K} \quad T_K=298 \text{ }^\circ\text{C}=573\text{K}$$

$$E_{Q_{\text{Dem}}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0/T_K)$$

$$E_{Q_{\text{Dem}}} = -16,78 \text{ kW}$$

3.2.5 Besleme Suyu Hattı 1 Meydana Gelen Enerji Kaybı

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{BS1c} * h_{BS1c} - m_{BS1a} * h_{BS1a} - m_{BS1b} * h_{BS1b}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = -152.514,11 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0=25 \text{ }^\circ\text{C}=298\text{K} \quad T_K=298 \text{ }^\circ\text{C}=573\text{K}$$

$$E_{Q_{\text{pompa1}}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0/T_K)$$

$$E_{Q_{\text{pompa1}}} = -16.030,01 \text{ kW}$$

3.2.6 Besleme Suyu Hattı 2 Meydana Gelen Enerji Kaybı

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{\text{BS2c}} * h_{\text{BS2c}} - m_{\text{BS2a}} * h_{\text{BS2a}} - m_{\text{BS2b}} * h_{\text{BS2b}}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = -120.931,63 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298\text{K} \quad T_K = 298 \text{ }^\circ\text{C} = 573\text{K}$$

$$E_{\text{Qpompa2}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0 / T_K)$$

$$E_{\text{Qpompa2}} = -12.710,53 \text{ kW}$$

3.2.7 Yüksek Basıncılı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{11} * h_{11} + m_8 * h_8 + m_6 * h_6 + m_5 * h_5 - m_{4a} * h_{4a}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = 496.545 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298\text{K} \quad T_K = 298 \text{ }^\circ\text{C} = 573\text{K}$$

$$E_{\text{QYBT}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0 / T_K)$$

$$E_{\text{QYBT}} = 238.307 \text{ kW}$$

3.2.8 Orta Basıncılı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı

$$Q_{\text{kayıp}} = m_{12a} * h_{12a} + m_9 * h_9 - m_7 * h_7 - m_{ob7} * h_{ob7}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = 1705,28 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298\text{K} \quad T_K = 300 \text{ }^\circ\text{C} = 573\text{K}$$

$$E_{\text{QOBT}} = Q_{\text{kayıp}} * (1 - T_0 / T_K)$$

$$E_{\text{QOBT}} = 818,413 \text{ kw}$$

3.2.9 Düşük Basıncılı Tankta Meydana Gelen Enerji Kaybı

$$Q_{\text{kayıp}} = m_d * h_d + m_{12b} * h_{12b} + m_{13} * h_{13} - m_{10} * h_{10} + m_{\text{BS2c}} * h_{\text{BS2c}} + m_{\text{BS1c}} * h_{\text{BS1c}}$$

$$Q_{\text{kayıp}} = -554.002,4 \text{ kW}$$

Isıya bağlı enerji kaybı;

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298\text{K} \quad T_K = 300 \text{ }^\circ\text{C} = 573\text{K}$$

$$E_{QDBT} = Q_{kayıp} * (1 - T_0/T_K)$$

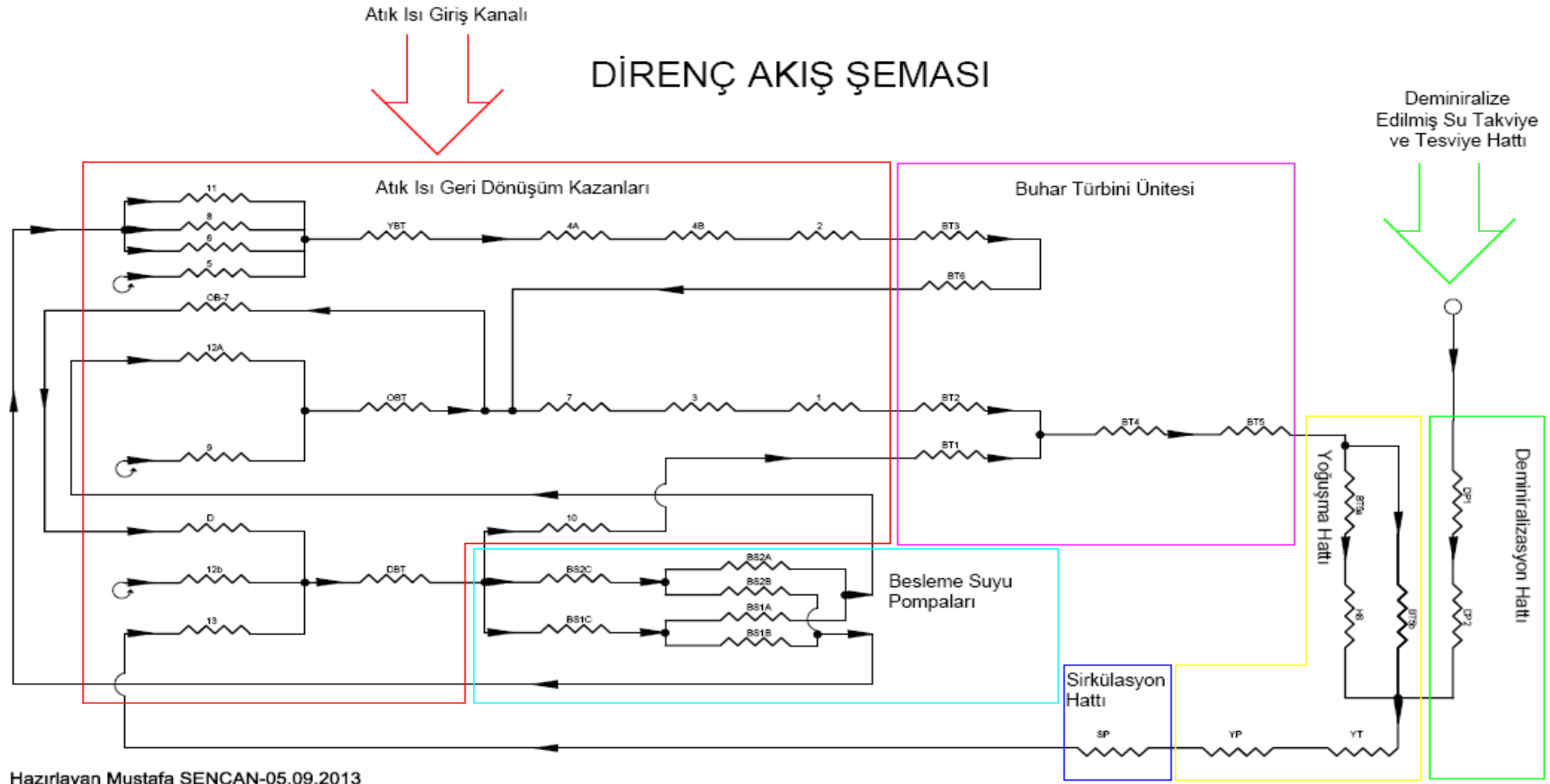
$$E_{QDBT} = -265.882,31 \text{ kW}$$

Elde edilen enerji değerlerinin oranları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Şekil 3.2. Santral Enerji Kaybı Verileri

Ünite	Enerji Kaybı (KW)	%Kayıp
Buhar Türbini	796,97kW	-1,85
Kondenser	7.127,79kW	-16,57
Yoğuşma Tankı	4.567,57kW	-10,62
Demineralizasyon Hattı	-16,78kW	0,04
Besleme Suyu Hattı 1	-16.030,01kW	37,26
Besleme Suyu Hattı 2	-12.710,53kW	29,54
Yüksek Basınçlı Tank	238.307kW	-553,92
Orta Basınçlı Tank	818,413kW	-1,90
Düşük Basınçlı Tank	-265.882,31kW	618,2
Toplam	-43021,89	% 100

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere en çok enerji kaybının yüksek basınçlı tankında meydana geldiği ve bunu çok düşük miktarlarda da olsa kondenser, yoğuşma tankı ve buhar türbini takip ettiği gözlenmektedir.



Şekil 3.1. Santral Direnç Akış Şeması

3.3 MEVCUT TESİSE AİT 40 DÜĞÜM NOKTASI İÇİN KİMYASAL, TERMOMEKANİKSEL VE TOPLAM ENERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Birinci kanun analizlerinin bu tip santrallerde tek başına enerji verimliliği hesaplamalarında yetersiz kaldığı bilinmektedir. Bu çalışmada daha efektif veriler alabilmek için birinci kanun analizi ile birlikte ikinci kanun analizi de uygulanmıştır. İkinci kanun analizine yakıtların kimyasal ekserjilerinin tespiti ile başlanmıştır. Bunun için gaz türbini üreticisi olan Ansaldo Energia 'nın türbin çürük gaz bileşimi verileri kullanılmıştır. Bu veriler sekiz ayrı hava koşullarına göre değerlendirilmiş olup % 100 yükte hesaplanmıştır. Verim hesaplamalarında garanti koşul diye adlandırdıkları 15 °C çevre koşulları baz alınmıştır. Bu koşullar kızgın su buharı için 25 °C sıcaklık 1.atm basınç olarak kabul edilmiştir. Entalpi değeri 104.5 kJ/kg, entropi değeri 0,3545 kJ/kgK dir. Yakıt tipi olarak doğal gaz kullanılmıştır.(Şekil 2.1).

Çizelge 3.3. Çürük Gaz Bileşimi

ÇÜRÜK GAZ BİLEŞİMİ % HACİM DEĞERİ			REFERANS MADDELER %MOL KESRİ
O ₂	% v	12,489	20,35
N ₂	% v	74,327	75,67
Ar	% v	0,871	0,00005
CO ₂	% v	3,778	3,03
H ₂ O	% v	8,535	3,03
He	% v	0	
SO ₂	% v	0	
TOTAL		%100	

1.Nokta İçin;

$$(e_{kim})' = -R_{H_2O} T_0 \ln(P_d/P_0) \quad (P_d=0,0317 \text{ bar } P_0=0,088 \text{ bar})$$

$$(e_{kim})' = -0,462 * 298 * \ln(0,0317/0,088)$$

$$(e_{kim})_{h2o} = 176,44 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{tm})_{BT1} = (h_{BT1}-h_0) - T_0(S_{BT1}-S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT1} = (2918,92-104,5)-298(7,1879-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT1} = 778,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT1} = (e_{tm})_{BT1} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT1} = 778,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT1} = 954,54 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 954,54 \text{ kJ/kg} * (67780/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 17971,86 \text{ kW}$$

2.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT2} = (h_{BT2}-h_0) - T_0(S_{BT2}-S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT2} = (3592,56-104,5)-298(7,4055-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT2} = 1388,35 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT2} = (e_{tm})_{BT2} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT2} = 1388,35 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT2} = 1564,8 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1564,8 \text{ kJ/kg} * (641200/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 278706,8 \text{ kW}$$

3.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT3} = (h_{BT3}-h_0) - T_0(S_{BT3}-S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT3} = (3476,5-104,5)-298(6,6317-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT3} = 1501,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT3} = (e_{tm})_{BT3} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT3} = 1501,4 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT3} = 1677,8 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1677,8 \text{ kJ/kg} * (522000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 243286 \text{ kW}$$

4.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT4} = (h_{BT4}-h_0) - T_0(S_{BT4}-S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT4} = (3032-104,5)-298(7,36-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT4} = 839,65 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT4} = (e_{tm})_{BT4} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT4} = 839,65 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT4} = 1016,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1016,1 \text{ kJ/kg} * (709000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 200113,8 \text{ kW}$$

5.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT5} = (h_5-h_0) - T_0(S_5-S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT5} = (2373,5-104,5)-298(8,15-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT5} = -53,7 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT5} = (e_{tm})_{BT5} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT5} = -53,7 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT5} = 122,73 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 122,73 \text{ kJ/kg} * (712930/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 24306,7 \text{ kW}$$

6.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT5a} = (h_{BT5a} - h_0) - T_0(S_{BT5a} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT5a} = (2373,5-104,5)-298(8,15-0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT5a} = -53,7 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT5a} = (e_{tm})_{BT5a} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BT5a} = -53,7 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT5a} = 122,73 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 122,73 \text{ kJ/kg} * (712930/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 24306,68 \text{ kW}$$

7.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT5b} = (h_{BT5b} - h_0) - T_0(S_{BT5b} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT5b} = (2373,5 - 104,5) - 298(8,15 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT5b} = -53,7 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT5b} = (e_{tm})_{BT5b} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BT5b} = -53,7 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT5b} = 122,73 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 122,73 \text{ kJ/kg} * (712930/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 24306,68 \text{ kW}$$

8.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BT6} = (h_{BT6} - h_0) - T_0(S_{BT6} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BT6} = (3079,6 - 104,5) - 298(6,68 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BT6} = 1088,9 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BT6} = (e_{tm})_{BT6} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BT6} = 1088,9 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BT6} = 1265,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1265,4 \text{ kJ/kg} * (516960/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 181706,9 \text{ kW}$$

9.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BS1a} = (h_{BS1a} - h_0) - T_0 (S_{BS1a} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS1a} = (2784,6 - 104,5) - 298(5,89 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS1a} = 1030,46 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS1a} = (e_{tm})_{BS1a} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BS1a} = 1030,46 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS1a} = 1206,9 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1206,9 \text{ kJ/kg} * (289600/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 97088,5 \text{ kW}$$

10.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{BS1b} = (h_{BS1b} - h_0) - T_0 (S_{BS1b} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS1b} = (2784,6 - 104,5) - 298(5,89 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS1b} = 1030,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS1b} = (e_{tm})_{BS1b} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BS1b} = 1030,4 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS1b} = 1206,9 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1206,9 \text{ kJ/kg} * (289600/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 97088,5 \text{ kW}$$

11.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{BS1c} = (h_{BS1c} - h_0) - T_0 (S_{BS1c} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS1c} = (2748,1 - 104,5) - 298(6,82 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS1c} = 716,67 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS1c} = (e_{tm})_{BS1c} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BS1c} = 716,67 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS1c} = 893,11 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 893,11 \text{ kJ/kg} * (387100/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 96034,4 \text{ kW}$$

12.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BS2a} = (h_{BS2a} - h_0) - T_0(S_{BS2a} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS2a} = (2588,3 - 104,5) - 298(5,22 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS2a} = 1032,75 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS2a} = (e_{tm})_{BS2a} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BS2a} = 1032,75 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS2a} = 1209,18 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1209,2 \text{ kJ/kg} * (289600/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 97272,51 \text{ kW}$$

13.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BS2b} = (h_{BS2b} - h_0) - T_0(S_{BS2b} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS2b} = (2588,3 - 104,5) - 298(5,22 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS2b} = 1032,75 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS2b} = (e_{tm})_{BS2b} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{BS2b} = 1032,75 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS2b} = 1209,2 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1209,2 \text{ kJ/kg} * (289600/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 97272,51 \text{ kW}$$

14.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{BS2c} = (h_{BS2c} - h_0) - T_0(S_{BS2c} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{BS2c} = (2748,1 - 104,5) - 298(6,82 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{BS2c} = 716,7 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{BS2c} = (e_{tm})_{BS2c} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{BS2c} = 716,7 + 176,44$$

$$(e_{top})_{BS2c} = 893,11 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 893,11 \text{ kJ/kg} * (387100/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 96034,9 \text{ kW}$$

15.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{YT} = (h_{YT} - h_0) - T_0(S_{YT} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{YT} = (2675 - 104,5) - 298(7,35 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{YT} = 483,2 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{YT} = (e_{tm})_{YT} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{YT} = 483,2 + 176,44$$

$$(e_{top})_{YT} = 659,6 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 659,6 \text{ kJ/kg} * (361000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 66146,11 \text{ kW}$$

16.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{YP} = (h_{YP} - h_0) - T_0(S_{YP} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{YP} = (2801,9 - 104,5) - 298(6,25 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{YP} = 939,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{YP} = (e_{tm})_{YP} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{YP} = 939,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{YP} = 1115,5 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1115,5 \text{ kJ/kg} * (390000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 120844,9 \text{ kW}$$

17.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{SP} = (h_{SP} - h_0) - T_0(S_{SP} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{SP} = (2801,9 - 104,5) - 298(6,25 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{SP} = 939,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{SP} = (e_{tm})_{SP} + (e_{kim})_{H_2O}$$

$$(e_{top})_{SP} = 939,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{SP} = 1115,5 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1115,5 \text{ kJ/kg} * (46700/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 14470,4 \text{ kW}$$

18.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{HS} = (h_{HS} - h_0) - T_0(S_{HS} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{HS} = (2620,7 - 104,5) - 298(7,61 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{HS} = 352,48 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{HS} = (e_{tm})_{HS} + (e_{kim})_{H_2O}$$

$$(e_{top})_{HS} = 352,48 + 176,44$$

$$(e_{top})_{HS} = 528,9 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 528,9 \text{ kJ/kg} * (52330/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 7688,4 \text{ kW}$$

19.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{dp1} = (h_{dp1} - h_0) - T_0(S_{dp1} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{dp1} = (2583,9 - 104,5) - 298(7,5 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{dp1} = 156,93 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{dp1} = (e_{tm})_{dp1} + (e_{kim})_{H_2O}$$

$$(e_{top})_{dp1} = 156,93 + 176,44$$

$$(e_{top})_{dp1} = 333,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 333,4 \text{ kJ/kg} * (50000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 4630,3 \text{ kW}$$

20.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{dp2} = (h_{dp2} - h_0) - T_0(S_{dp2} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{dp2} = (2657,2 - 104,5) - 298(7,5 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{dp2} = 423,55 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{dp2} = (e_{tm})_{dp2} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{dp2} = 423,55 + 176,44$$

$$(e_{top})_{dp2} = 600 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 600 \text{ kJ/kg} * (50000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 8333,3 \text{ kW}$$

21.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{ob7} = (h_{ob7} - h_0) - T_0(S_{ob7} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{ob7} = (3053,56 - 104,5) - 298(6,72 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{ob7} = 1053,8 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{ob7} = (e_{tm})_{ob7} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{ob7} = 1053,8 + 176,44$$

$$(e_{top})_{ob7} = 1230,3 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1230,3 \text{ kJ/kg} * (18600/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 6356,2 \text{ kW}$$

22.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{13} = (h_{13} - h_0) - T_0(S_{13} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{13} = (2801,9 - 104,5) - 298(6,25 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{13} = 939,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{13} = (e_{tm})_{13} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{13} = 939,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{13} = 1115,5 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1115,5 \text{ kJ/kg} * (46700/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 14470,4 \text{ kW}$$

23.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{12b} = (h_{12b} - h_0) - T_0(S_{12b} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{12b} = (2849 - 104,5) - 298(6,75 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{12b} = 842,45 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{12b} = (e_{tm})_{12b} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{12b} = 842,45 + 176,44$$

$$(e_{top})_{12b} = 1018,9 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1018,9 \text{ kJ/kg} * (35640/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 10087,06 \text{ kW}$$

24.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{12a} = (h_{12a} - h_0) - T_0(S_{12a} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{12a} = (2781 - 104,5) - 298(5,86 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{12a} = 1033,62 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{12a} = (e_{tm})_{12a} + (e_{kim})_{h2o}$$

$$(e_{top})_{12a} = 1033,62 + 176,44$$

$$(e_{top})_{12a} = 1210,06 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1210,06 \text{ kJ/kg} * (271900/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 91393,6 \text{ kW}$$

25.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{11} = (h_{11} - h_0) - T_0(S_{11} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{11} = (2107,9 - 104,5) - 298(4,43 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{11} = 786,54 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{11} = (e_{tm})_{11} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{11} = 786,54 + 176,44$$

$$(e_{top})_{11} = 962,98 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 962,98 \text{ kJ/kg} * (271900/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 72732 \text{ kW}$$

26.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{10} = (h_{10} - h_0) - T_0(S_{10} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{10} = (2789,4 - 104,5) - 298(5,93 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{10} = 1022,83 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{10} = (e_{tm})_{10} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{10} = 1022,83 + 176,44$$

$$(e_{top})_{10} = 1199,3 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1199,3 \text{ kJ/kg} * (70200/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 23385,86 \text{ kW}$$

27.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_9 = (h_9 - h_0) - T_0(S_9 - S_0)$$

$$(e_{tm})_9 = (2887,3 - 104,5) - 298(6,23 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_9 = 1031,54 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_9 = (e_{tm})_{10} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_9 = 1031,54 + 176,44$$

$$(e_{top})_9 = 1207,98 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1207,98 \text{ kJ/kg} * (35640/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 11959,04 \text{ kW}$$

28.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_8 = (h_8 - h_0) - T_0(S_8 - S_0)$$

$$(e_{tm})_8 = (2107,9 - 104,5) - 298(4,44 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_8 = 786,55 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_8 = (e_{tm})_8 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_8 = 786,55 + 176,44$$

$$(e_{top})_8 = 962,99 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 962,99 \text{ kJ/kg} * (271900/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 72732,25 \text{ kW}$$

29.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_7 = (h_7 - h_0) - T_0(S_7 - S_0)$$

$$(e_{tm})_7 = (3079,56 - 104,5) - 298(6,68 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_7 = 1088,93 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_7 = (e_{tm})_7 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_7 = 1088,93 + 176,44$$

$$(e_{top})_7 = 1265,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1265,4 \text{ kJ/kg} * (258500/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 90860,5 \text{ kW}$$

30.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_6 = (h_6 - h_0) - T_0(S_6 - S_0)$$

$$(e_{tm})_6 = (2107,9 - 104,5) - 298(4,44 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_6 = 786,55 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_6 = (e_{tm})_6 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_6 = 786,55 + 176,44$$

$$(e_{top})_6 = 962,99 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 962,99 \text{ kJ/kg} * (271900/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 72732,25 \text{ kW}$$

31.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_5 = (h_5 - h_0) - T_0(S_5 - S_0)$$

$$(e_{tm})_5 = (2922 - 104,5) - 298(5,52 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_5 = 1279,58 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_5 = (e_{tm})_5 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_5 = 1279,58 + 176,44$$

$$(e_{top})_5 = 1456,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1456,1 \text{ kJ/kg} * (261000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 105561,8 \text{ kW}$$

32.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{4a} = (h_{4a} - h_0) - T_0(S_{4a} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{4a} = (2662,9 - 104,5) - 298(5,44 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{4a} = 1073,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{4a} = (e_{tm})_{4a} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{4a} = 1073,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{4a} = 1249,5 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1249,5 \text{ kJ/kg} * (261000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 90585,78 \text{ kW}$$

33.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{4b} = (h_{4b} - h_0) - T_0(S_{4b} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{4b} = (3104,6 - 104,5) - 298 (6,14 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{4b} = 1277,23 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{4b} = (e_{tm})_{4b} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{4b} = 1277,23 + 176,44$$

$$(e_{top})_{4b} = 1453,67 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1453,67 \text{ kJ/kg} * (261000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 105391,1 \text{ kW}$$

34.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_3 = (h_3 - h_0) - T_0(S_3 - S_0)$$

$$(e_{tm})_3 = (3502,32 - 104,5) - 298 (7,3 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_3 = 1328,65 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_3 = (e_{tm})_3 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_3 = 1328,65 + 176,44$$

$$(e_{top})_3 = 1505,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1505,1 \text{ kJ/kg} * (320000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 133786,4 \text{ kW}$$

35.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_2 = (h_2 - h_0) - T_0(S_2 - S_0)$$

$$(e_{tm})_2 = (3219,5 - 104,5) - 298 (6,28 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_2 = 1348,96 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_2 = (e_{tm})_2 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_2 = 1348,96 + 176,44$$

$$(e_{top})_2 = 1525,4 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1525,4 \text{ kJ/kg} * (522000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 221183,4 \text{ kW}$$

36.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_1 = (h_1 - h_0) - T_0(S_1 - S_0)$$

$$(e_{tm})_1 = (3594,1 - 104,5) - 298 (7,42 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_1 = 1381,45 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_1 = (e_{tm})_1 + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_1 = 1381,45 + 176,44$$

$$(e_{top})_1 = 1557,89 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1557,89 \text{ kJ/kg} * (640000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 276959,8 \text{ kW}$$

37.Nokta İçin:

$$(e_{tm})_{DBT} = (h_{DBT} - h_0) - T_0(S_{DBT} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{DBT} = (2752,15 - 104,5) - 298 (6,79 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{DBT} = 729,87 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{DBT} = (e_{tm})_{DBT} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{DBT} = 729,87 + 176,44$$

$$(e_{top})_{DBT} = 906,31 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 906,31 \text{ kJ/kg} * (351000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 88365,32 \text{ kW}$$

38.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{OBT} = (h_{OBT} - h_0) - T_0(S_{OBT} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{OBT} = (2803,2 - 104,5) - 298 (6,18 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{OBT} = 961,1 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{OBT} = (e_{tm})_{OBT} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{OBT} = 961,1 + 176,44$$

$$(e_{top})_{OBT} = 1137,47 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1137,47 \text{ kJ/kg} * (61560/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 19450,77 \text{ kW}$$

39.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_{YBT} = (h_{YBT} - h_0) - T_0(S_{YBT} - S_0)$$

$$(e_{tm})_{YBT} = (3104,6 - 104,5) - 298 (6,14 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_{YBT} = 1277,24 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_{YBT} = (e_{tm})_{YBT} + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_{YBT} = 1277,24 + 176,44$$

$$(e_{top})_{YBT} = 1453,68 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 1453,68 \text{ kJ/kg} * (261000/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 105392 \text{ kW}$$

40.Nokta İçin;

$$(e_{tm})_d = (h_d - h_0) - T_0(S_d - S_0)$$

$$(e_{tm})_d = (2752,15 - 104,5) - 298 (6,79 - 0,3545)$$

$$(e_{tm})_d = 729,87 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top})_d = (e_{tm})_d + (e_{kim})_{h_2o}$$

$$(e_{top})_d = 729,87 + 176,44$$

$$(e_{top})_d = 906,31 \text{ kJ/kg}$$

$$(e_{top}) = 906,31 \text{ kJ/kg} * (35100/3600) \text{ kg/s}$$

$$(e_{top}) = 8836,53 \text{ kW}$$

Aşağıdaki tabloda hesaplarla bulmuş olduğumuz her düğüm noktası için ekserji verileri mevcuttur.

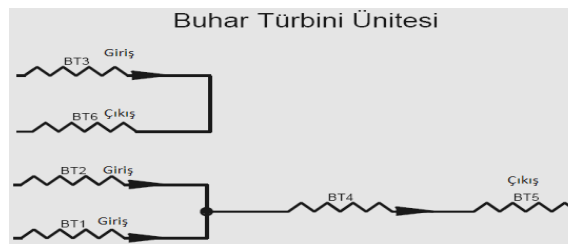
Çizelge 3.4. Enerji Santrali Ekserji Verileri

Düğüm Noktası	Kim. Ekserji (kJ/kg)	Termomek. Eks. (kJ/kg)	Top. Eks. Kaybı (kW)
1/BT1	176,45	778,1	17971,86
2/BT2	176,45	1388,35	278706,8
3/BT3	176,45	1501,39	243286
4/BT4	176,45	839,65	200113,8
5/BT5	176,45	-53,70	24306,68
6/BT5a	176,45	-53,70	24306,68
7/BT5b	176,45	-53,70	24306,68
8/BT6	176,45	1088,93	181706,9
9/BS1a	176,45	1030,46	97088,51
10/BS1b	176,45	1030,46	97088,51
11/BS1c	176,45	716,67	96034,39
12/BS2a	176,45	1032,75	97272,51
13/BS2b	176,45	1032,75	97272,11
14/BS2c	176,45	716,67	96034,39
15/YT	176,45	483,2	66146,11
16/YP	176,45	939,51	120844,9
17/SP	176,45	939,51	14470,4
18/HS	176,45	352,48	7688,46

19/Dp1	176,45	156,93	4630,23
20/Dp2	176,45	423,55	8333,31
21/Ob7	176,45	1053,8	6356,24
22/13	176,45	939,51	14470,4
23/12-b	176,45	842,45	10087,06
24/12-a	176,45	1033,62	91393,6
25/11	176,45	786,54	72732,25
26/10	176,45	1022,83	23385,86
27/9	176,45	1031,54	11959,04
28/8	176,45	786,54	72732,25
29/7	176,45	1088,92	90860,5
30/6	176,45	786,54	72732,25
31/5	176,45	1279,58	105561,8
32/4a	176,45	1073,1	90585,78
33/4b	176,45	1277,23	105391,1
34/3	176,45	1328,66	133786,4
35/2	176,45	1348,96	221183,4
36/1	176,45	1381,46	276959,8
37/DBT	176,45	729,87	88365,32
38/OBT	176,45	961,03	19450,77
39/YBT	176,45	1277,24	105392
40/d(Degazör)	176,45	729,87	8836,53

3.4. ÜNİTELERDE KAYBOLAN EKSERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

3.4.1 Buhar Türbini



Şekil 3.2. Buhar Kazanı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{BT1}} + e_{\text{BT2}} + e_{\text{BT3}} - (e_{\text{BT5}} + e_{\text{BT6}})$$

$$e_{\text{kayıp}} = 333951 \text{ kW}$$

3.4.2 Kondenser Ünitesi



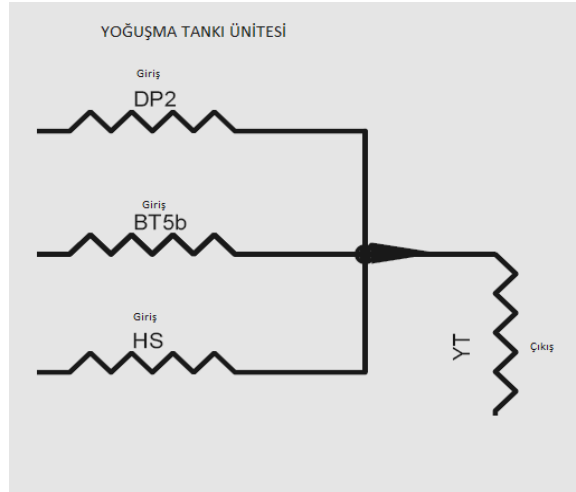
Şekil 3.3. Kondenser Ünitesi Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{BT5a}} - e_{\text{HS}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = 235618 \text{ kW}$$

3.4.3 Yoğuşma Tankı Ünitesi



Şekil 3.4. Yoğuşma Tankı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{BT5b}} + e_{\text{HS}} + e_{\text{dp2}} - e_{\text{YT}}$$

$$e_{\text{kayıp}}=193182 \text{ kW}$$

3.4.4 Demineralizasyon Hattı



Şekil 3.5. Demineralizasyon Hattı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}}= e_{\text{giriş}}- e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}}= e_{\text{dp1}} - e_{\text{dp2}}$$

$$e_{\text{kayıp}}= -3703,08 \text{ kW}$$

3.4.5 Besleme Suyu 1 Hattı



Şekil 3.6. Besleme Suyu 1 Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}}= e_{\text{giriş}}- e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}}= e_{\text{BS1c}} - e_{\text{BS1a}} + e_{\text{BS1b}}$$

$$e_{\text{kayıp}}= -98148,6 \text{ kW}$$

3.4.6 Besleme Suyu 2 Hattı



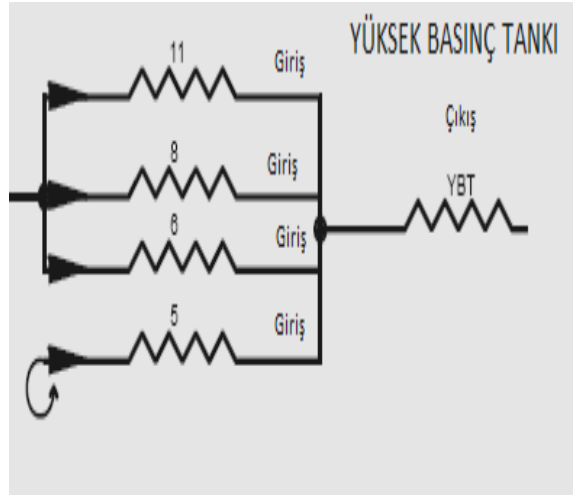
Şekil 3.7. Besleme Suyu 2 Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{BS2c}} - e_{\text{BS2a}} + e_{\text{BS2b}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = -98509,8 \text{ kW}$$

3.4.7 Yüksek Basınç Tankı



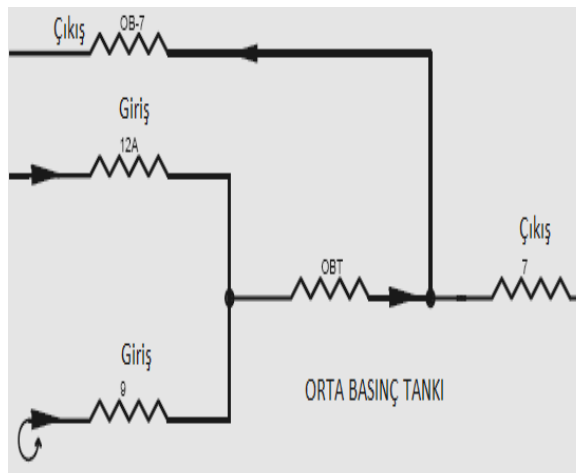
Şekil 3.8. Yüksek Basınç Tankı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{11} + e_8 + e_6 + e_5 - e_{4a}$$

$$e_{\text{kayıp}} = 233173 \text{ kW}$$

3.4.8 Orta Basınç Tankı



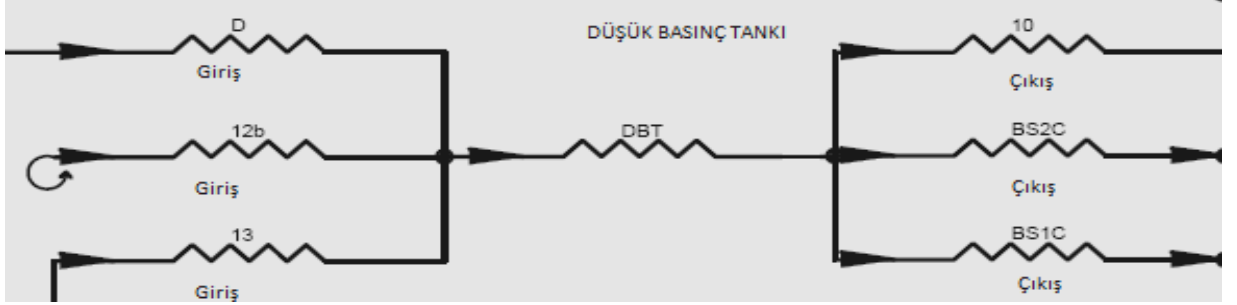
Şekil 3.9. Orta Basınç Tankı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{12a} + e_9 - (e_{ob7} + e_7)$$

$$e_{\text{kayıp}} = 6235,9 \text{ kW}$$

3.4.9 Düşük Basınç Tankı



Şekil 3.10. Düşük Basınç Tankı Şematik Görünüşü

$$e_{\text{kayıp}} = e_{\text{giriş}} - e_{\text{Çıkış}}$$

$$e_{\text{kayıp}} = e_{12D} + e_{12b} + e_{13} - e_{10} + e_{BS2c} + e_{BS1c}$$

$$e_{\text{kayıp}} = -185791 \text{ kW}$$

Çizelge 3.5. Ünitelerde Tesis Toplam Kaybına Göre Yüzde Değerleri.

ÜNİTE	Kayıp Ekserji (KW)	% Kayıp
Buhar Türbini	333951	54,2
Kondenser Ünitesi	235618	38,2
Yoğuşma Tankı	193182	31,4
Demi Hattı	-3703,08	-0,6
Besleme Suyu Pompası 1	-98142,6	-15,9
Besleme Suyu Pompası 2	-98509,8	-16
Yüksek Basınç Tankı	233173	37,9
Orta Basınç Tankı	6235,9	1
Düşük Basınç Tankı	-185791	-30,2
Toplam	616013,3	% 100

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

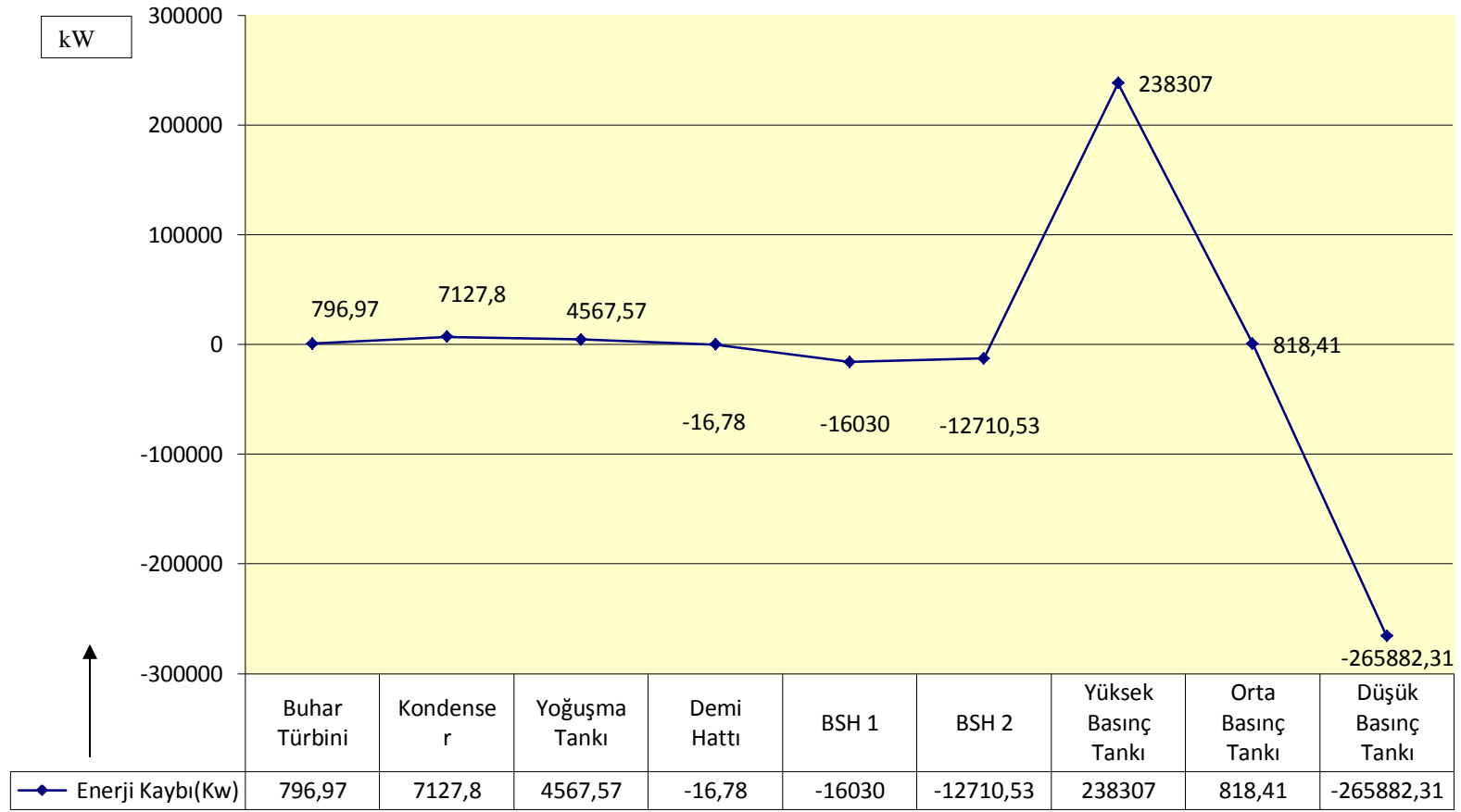
İncelemeye tabii tutulan işletme Yeni Elektrik A.Ş. firmasına ait 850 Mw gücünde bir tesisdir. Tesis otoprodüktör santral tiplerinden olup alternatif yakıt olarak fuel oil ile de faaliyetini devam ettirebilmektedir. Toplam 600 Mw değerinde 2 adet Ansaldo marka gaz türbini ile 300 Mw değerinde 1 adet yine Ansaldo marka buhar türbini bulunmaktadır. Tesisin en önemli bölgesi olan ve bu çalışmamızda en çok dikkat noktasını bulunduran atık ısı kazanı ise STF firmasına ait olup, gaz türbinin çıkışından aldığı 565 °C atık ısıyı kullanarak elde ettiği kızgın su buharını 560 °C 130 bar civarında bir basınçla buhar türbinine göndererek efektif 285 Mw enerji üretilmesini sağlamaktadır.

Mevcut tesis döneminin en modern tesislerinden olup %54 verim hesabı ile çalışması öngörülmektedir. Bu tesisin termodinamik analizi; Buhar türbini, atık ısı kazanı, yoğuşma tankı, kondenser ünitesi, demineralizasyon hattı, besleme suyu pompaları ve basınçlı kap olarak da bilinen ve özel teknolojilerle üretilen yüksek, orta ve düşük basınçlı tanklar arasında yapılmıştır. Elde edilen enerji ve ekserji analizi sonuçları ünite ünite uygulanarak aşağıdaki grafiklerde de detaylı olarak belirtilmiştir.

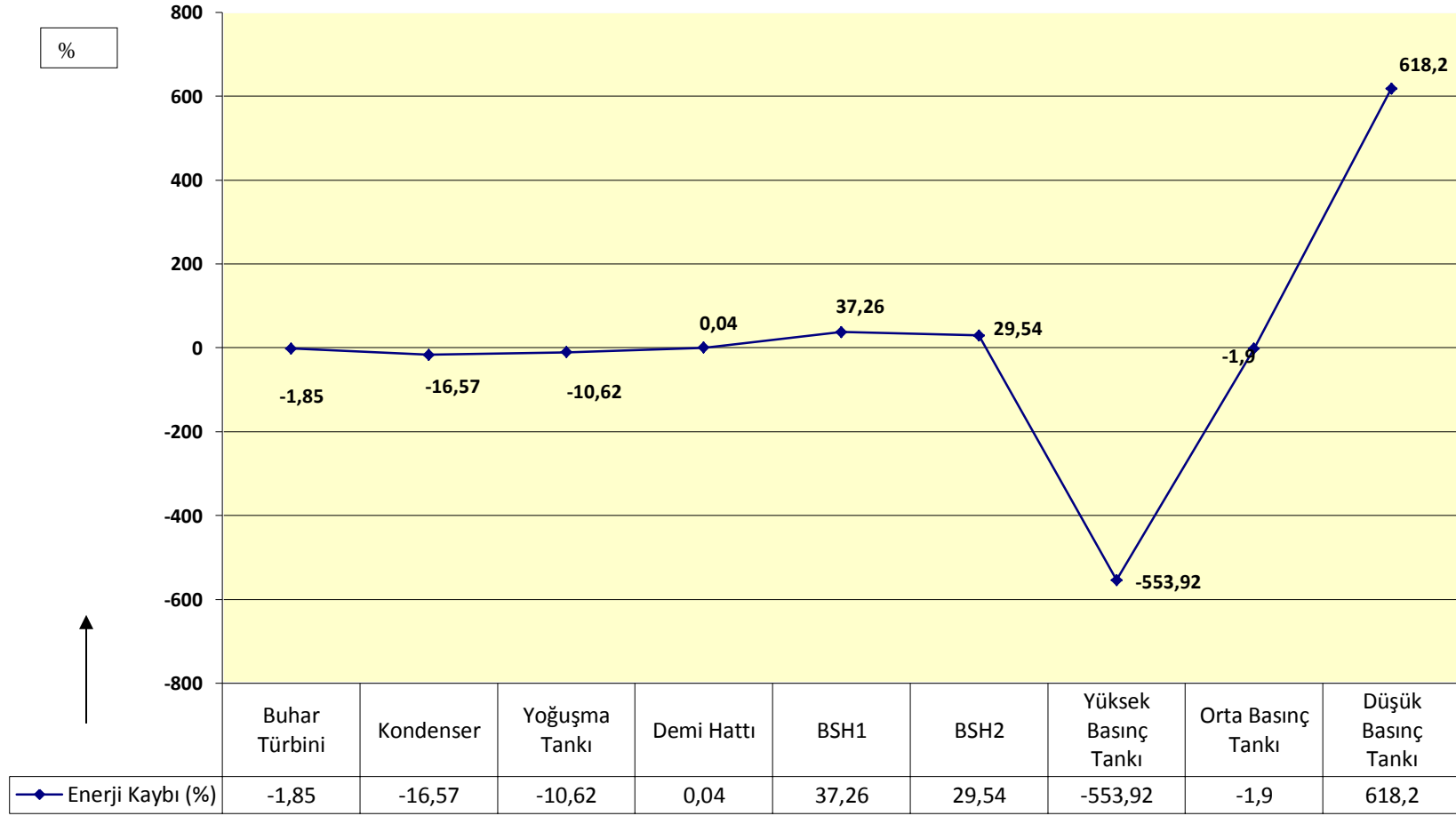
Buna göre;

Tesis bünyesinde ünitelere uygulanan birinci kanun analizi ile her bir üniteye meydana gelen enerji kayıpları tek tek kW cinsinden tespit edilmiş ve ardından ünitelerde meydana gelen bu kayıplar toplam enerji kaybına oranla % cinsinden bulunmuştur. (Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.).

Şekil 5.1. ve 5.2.'den de görüleceği üzere en büyük kayıp yüksek basınçlı tankta ve sırası ile kondenser ünitesi, yoğuşma tankı, orta basınç tankı, buhar türbini, demi hattı, besleme suyu hattı 1 ve 2 düşük basınçlı tank olarak gözlenmiştir.



Şekil 5.1. Enerji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (KW)



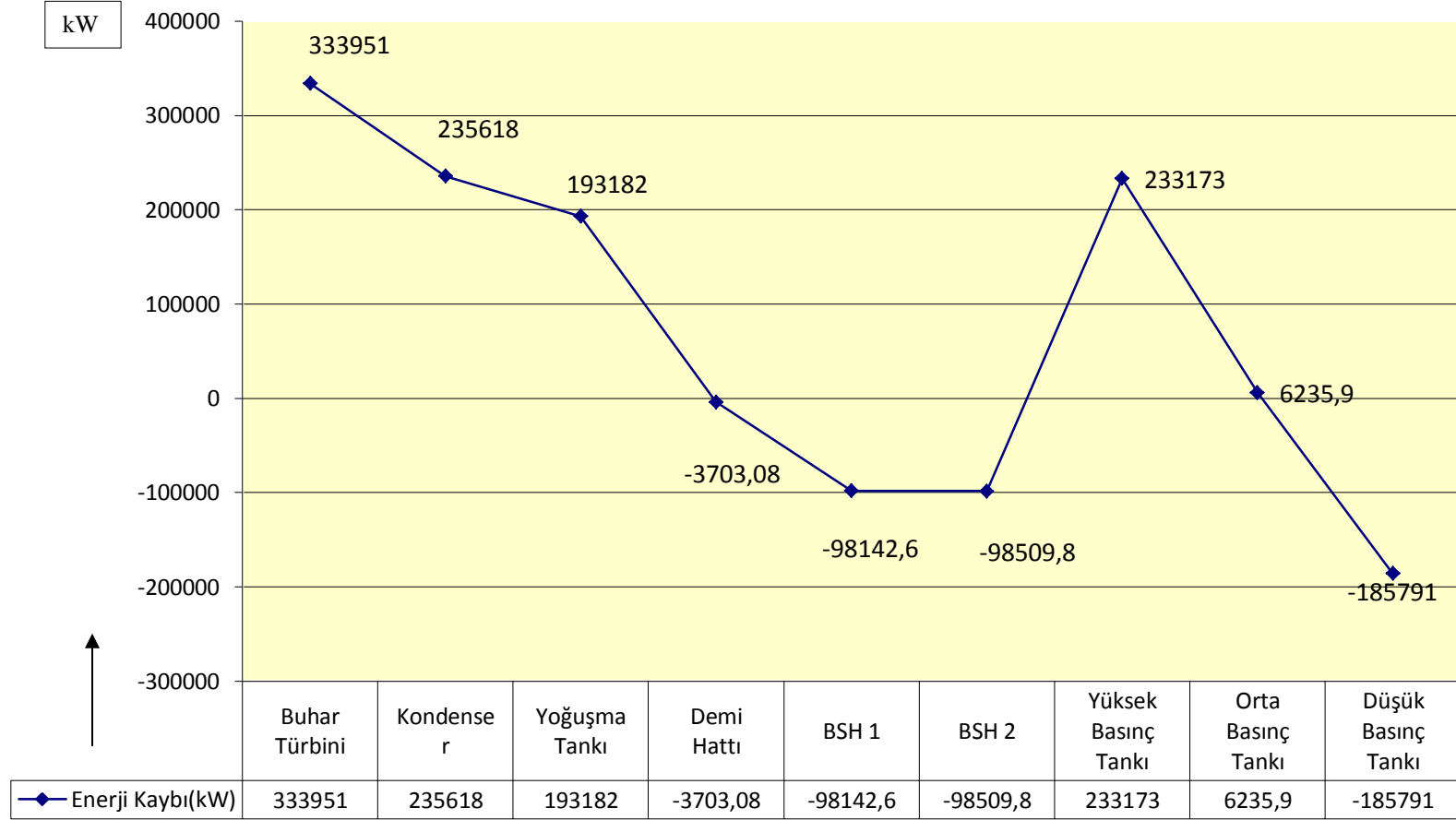
Şekil 5.2. Enerji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (%)

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere en çok kaybın buhar türbini kanatçıklarını besleyen yüksek basınç tankında olduğu gözlenmektedir. Söz konusu tank (basınçlı kap) çıkışı tekrar atık ısı kazanına giriş yaparak yüksek ısıtıcı ızgaralarında tekrar ısınmaktadır. Şekil 2.1. deki şema incelendiğinde yüksek basınç tankından sırası ile 4a, 4b, ve 2 nolu ızgaralarda dolaşan kızgın su buharı 131,1 bar basınç ve 476 OC ısı ile kazandan ayrılarak BT3 olarak tanımladığımız yüksek basınç kanatçıklarına giriş yapmaktadır.

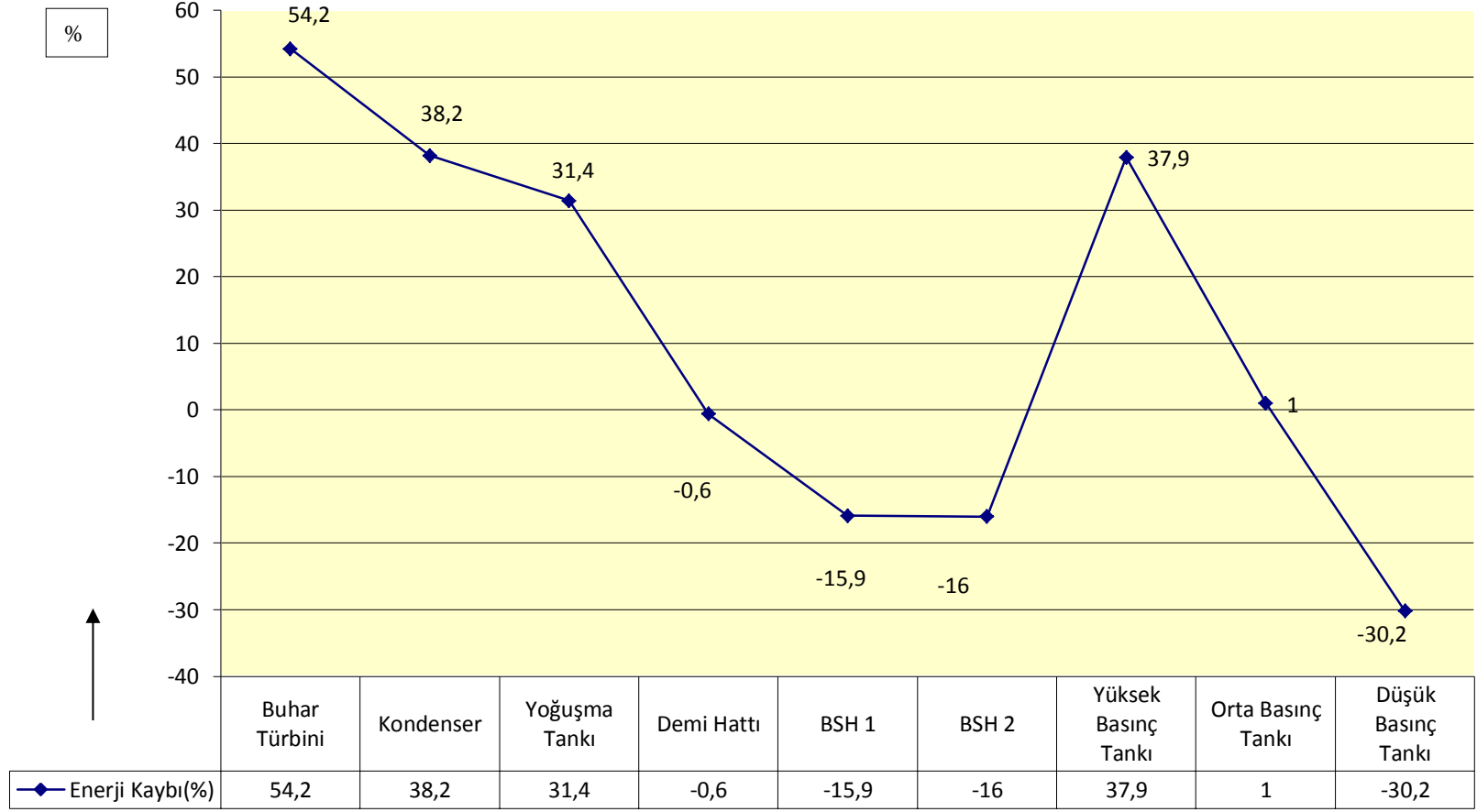
İkinci en büyük kaybın olduğu kısım kondenser ünitesi ve sonrasında yoğuşma tankında gözlenmektedir. Buradaki amaç zaten yüksek olan ısıyı buhar fanları aracılığı ile düşürmek ve yoğuşma tankına basmaktadır. Yoğuşma tankı sistemden gelen yani yoğuşturulmuş su ile sisteme yani atık ısı kazanına geri basılacak suyun bulunduğu tanktır. Eğer sistemde basınç kaybı varsa demi hattı ile yoğuşma tankına demineralize edilmiş su basılarak tank basıncı dengelenir ve hat sistemde devamlı denge konumundadır. Yoğuşma tankı ve kondenser ünitesinde ısı kaybı sistem için istendik bir durum olması nedeni ile normal karşılanmaktadır. Ancak yüksek basınç tankındaki kayıp devamlı olarak optimize edilmektedir ki buda basınçlı kap teknolojilerinin bu tip bir sistemde ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Buhar Türbininde fazla bir kayıp gözlenmemektedir. Diğer üniteler olan besleme suyu hatları ve orta, düşük basınçlı tanklarda durum pozitif verim olarak gözlenmektedir. Isının devamlı olarak yükselmesi gereken sitemlerde belli işlemler devamlı olarak tekrar edilmektedir. Giren ısı çıkan ısıdan fazla olması gerekir ki sistem hedeflenen basınca ve ısıya erişebilsin.

Ancak sistemde daha güvenilir bir analiz yapmak için, yukarıda bahsi geçen ünitelere ayrıca bir ekserji analizi uygulanmıştır. Ünitelere uygulanan ekserji analizi neticesinde önce ünitelere giren ekserji değerleri kW cinsinden hesaplanmış ve hesap neticesinde bulunan değerler her düğüm noktası için Çizelge 3.4.'te ve Çizelge 3.5.'de verilmiştir. Çizelgelerde verilen değerler Şekil 5.3. ve Şekil 5.4. ile grafik olarak çizilmiştir.



Şekil 5.3. Ekserji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (KW)



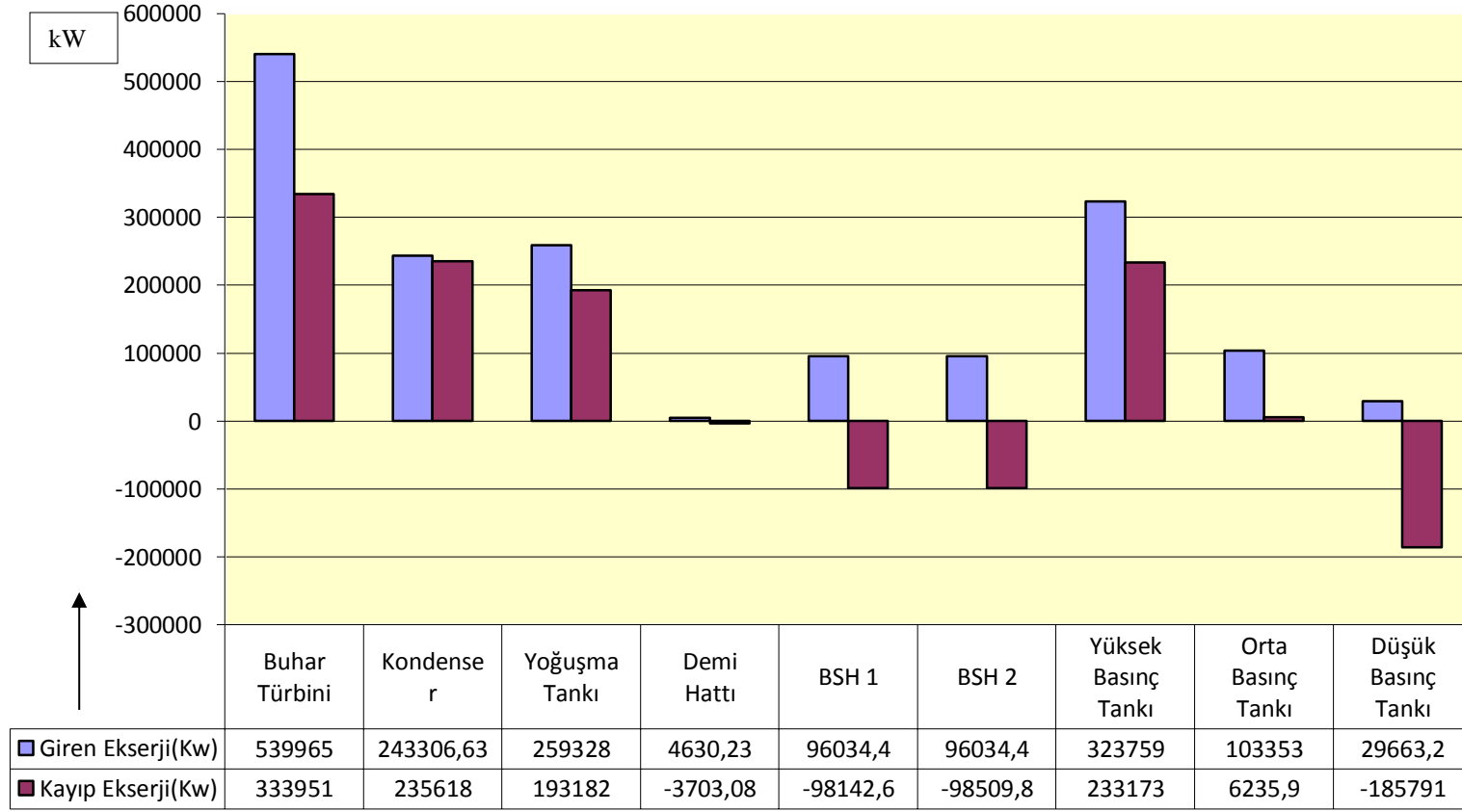
Şekil 5.4. Ekserji Analizine Göre Ünitelerde Olan Enerji Kaybı (%)

Şekil 5.3 ve 5.4.'de belirtilen değerler incelendiğinde en çok kaybın buhar türbininde ikinci en büyük kaybın ise kondenser ünitesinde olduğu gözlenmektedir. Ekserji ve enerji analizindeki fark; enerji analizinde çıkan enerji (wt) 285.000 kW olarak alınmıştır. Ekserji analizinde ise sadece buhar türbinine giren ve çıkan hatların entalpi ve entropi değerleri üzerinden hareket edilmiştir. Burada yapılan hesaplamada Şekil 5.4. incelenirse buhar türbininde kaybın %54,2 olduğu gözlenmektedir. Yani verim %45,8 dir ki buda türbinin 282.194,8 kW olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Mevcut santralde söz konusu türbinin efektif çalışma gücünün 279.235 kW olduğu üretici firma tarafından hesaplanmıştır. Yani yaptığımız çalışma ile yaklaşık santral değerlerinin tespit edildiği gözlenmiştir.

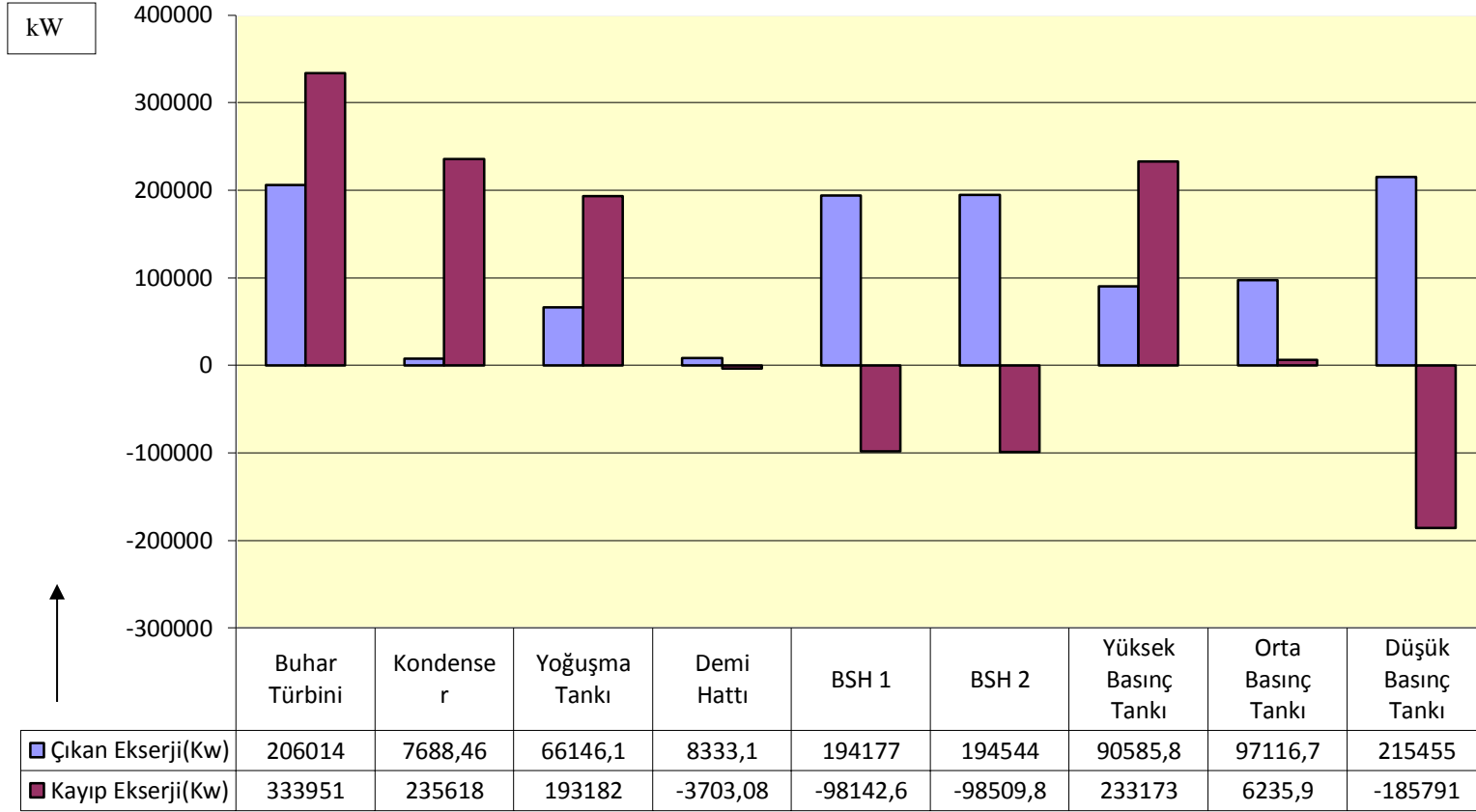
İkinci en büyük kaybın olduğu kondenser ünitesi buhar türbini ünitesinden çıkan ve Şekil 2.1.'de BT5 olarak adlandırılan çıkış hattında olduğu gözlenmiştir. Bu hat kondenser ile türbin arasındaki tek hattır. Buradaki amaç kızgın su buharının soğutulması esasına dayanmaktadır. Hava soğutma ünitesi ile yapılan bu soğutma işlemi, deniz suyu ile soğutma ile de yapılabilmektedir. Bu ünite aynı zamanda santral içindeki yüzlerce makina ekipman sistemlerinin soğutma suyunu da sağlamaktadır. Buradaki kayıp direk olarak buhar türbini kaybı ile ilişkilidir. Yani Şekil 2.1.'de BT5 olarak belirtilen hattaki kızgın su buharı, buhar türbinin çıkışı yani kayıp enerjisi olup kondenser ünitesinin giriş ısıdır. Buhar türbininde kaybı ne kadar düşürebilsek kondenser ünitesinde de kaybı o kadar düşürmüş olacağız.

Üçüncü en büyük kayıp yüksek basınç tankında gerçekleşirken, dördüncü en büyük kayıp ise yoğunlaşma tankında gerçekleşmektedir ki bu beklendiği bir tepkidir. Diğer ünitelerimizde verim enerji analizinde de olduğu gibi pozitif yöndedir.

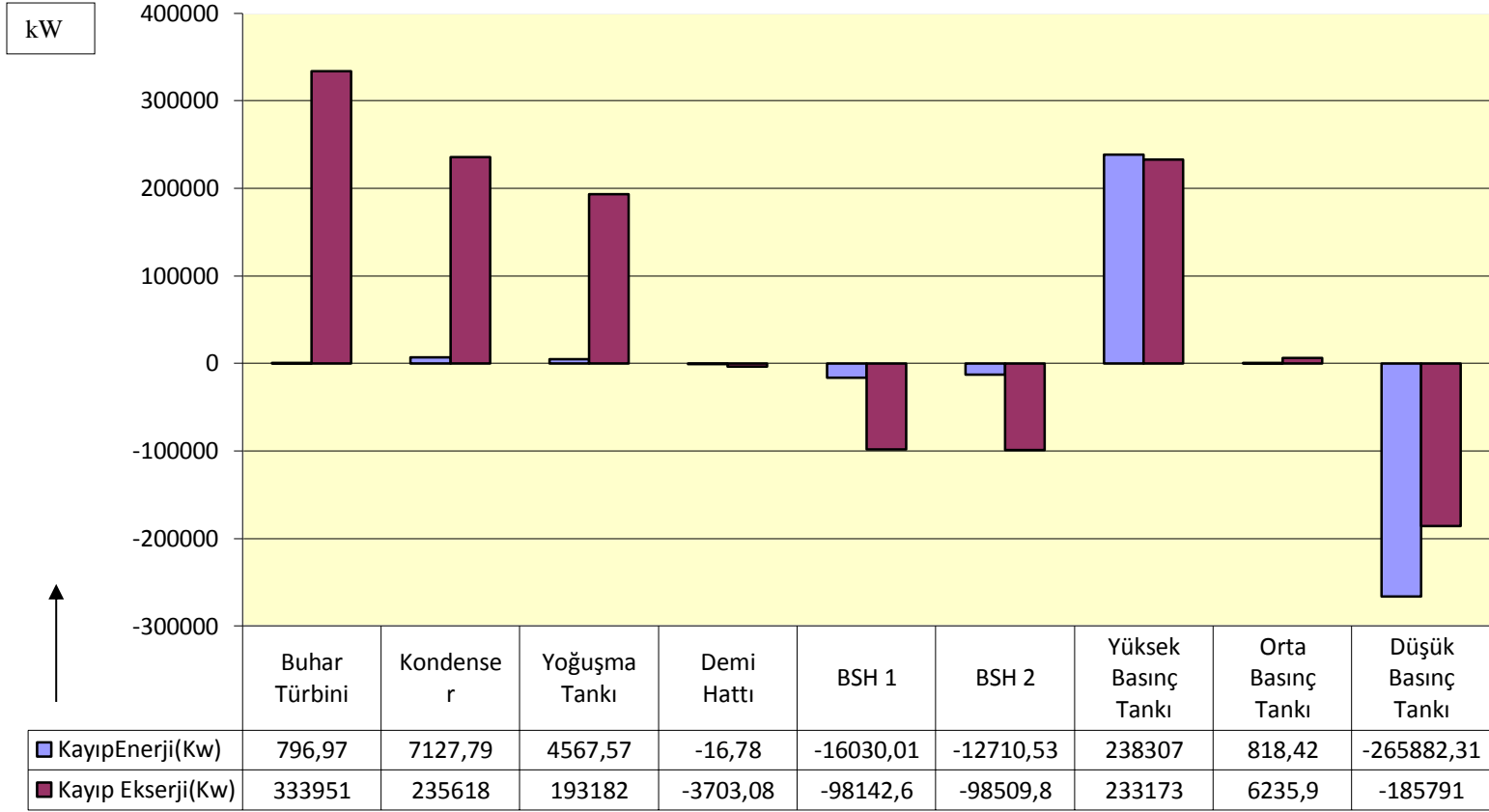
Şekil 5.5 ve Şekil 5.6. 'da daha anlaşılır olabilmesi için ünitelere giren ve çıkan ekserji değerleri kayıp ekserji ile karşılaştırılmıştır.



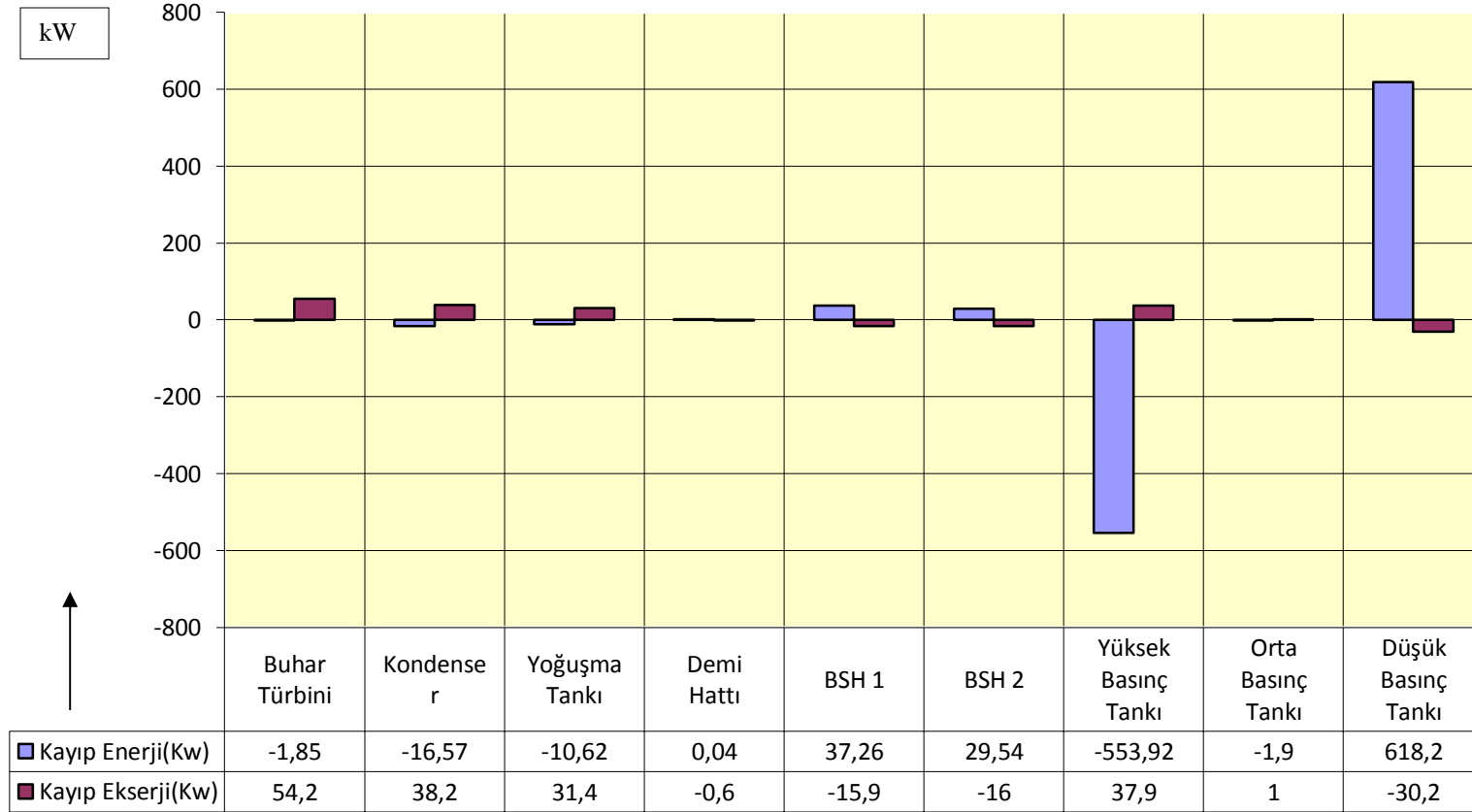
Şekil 5.5. Ünitelerden Giren Ve Kayıp Ekserji (KW)



Şekil 5.6. Ünitelerden Çıkan Ve Kayıp Ekserji (KW)



Şekil 5.7. Ünitelerde Olan Kayıp Enerji Ve Ekserji Değerleri (KW)



Şekil 5.8. Ünitelerde Ekserji Ve Enerji Kayıp Yüzdeleri(%)

Bu sonuçlara göre buhar türbini örneği dikkate alınırsa birinci kanuna göre yapılan analizde kaybolan enerji miktarının kullanılabilir miktarının çok düşük bir enerji olmasına karşın; ikinci kanun analizinde kaybolan ekserji miktarının çok büyük bir kullanılabilir güce karşılık geldiği gözlenmiştir. Bu kayıp Şekil 5.8 ve Şekil 5.7.'de gösterildiği gibi 333.951 kW yani yaklaşık 334 Mw olup bunun anlamı, 2700 Mw güç üreten GAP'ın (Güney Doğu Anadolu Projesi) 9 da 1'i oranında ürettiği güç kadar kaybın gerçekleştiği anlamına gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada en büyük amaç enerji kaybının olduğu üniteyi tespit etmektir. Bu çalışmadan hareketle santrale ait en büyük kayıp buhar türbininde gözlenmiştir ve iyileştirmeler bu ünite üzerinde yapılmalıdır sonucuna varılmıştır. Buhar türbini fiziksel hareket olduğu ve gücün üretildiği alandır. Burada fiziksel ilk hareket anındaki mekanik sürtünme katsayıları çok önemli rol oynarken, rotor hareketi ile alternatör içinde manyetik alan etkisi ile oluşan elektro manyetik kuvvet çizgileri de harekette ters kuvvet oluşturmaktadır. Dolayısı ile enerji iletim organlarındaki hareket kabiliyeti ve alternatörde oluşan ters kuvvet etkilerinin çok iyi optimize edilmesi gerektiği düşüncesi oluşmuştur.

Tesis verimini artırmak için en önemli ikinci kaybın olduğu ve aynı zamanda santralin en önemli ikinci ekipmanlı olan yüksek basınç tankında iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Basınçlı kap içerisinde istenilen basınca ulaşana kadar bekletilen kızgın su buharının kap içindeki bekleme süresi daha kısa süre tutulabilir. Bunun için kazandan basınçlı kaba gelen ısının daha kısa sürede transferi gerekmektedir. Sürenin kısa olması kızgın su buharının bekletilmeden buhar türbinine gönderilmesi anlamına gelmektedir. Bu da kaybolan zaman bağlı enerji kaybını düşürecektir.

Bu çalışma, verim kaybı analizleri için yapılan çalışmalar ile karşılaştırılarak çalışma sürelerini kısaltmasını ve uzman kişilerin çalışma alanlarının tespitini kolaylaştırmada temel teşkil edeceğini düşünmekteyim

5. KAYNAKLAR

- [1] Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)., *World Energy Outlook 2012 Factsheet*, (2012). 3.
- [2] Wall G., Gong M., Exergy Analysis versus Pinch Technology, Proceedings of ECOS'96, Stockholm, Sweden, (1996). 451-455
- [3] Bejan A., Tsatsarinos G., Moran M., *Thermal Design and Optmization*, Jhon Wiley and Sons, (1996).
- [4] Yücelay, A. B.,Gaz türbinli bir bileşik ısı – Enerji üretim sisteminin termodinamik çözümlemesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.(2000).123s.
- [5] Avrupa Komisyonu, “*EU Energy Trends to 2030, 2009 Update*”, Ağustos (2010).
- [6] Avrupa Birliği, “*EU Energy in Figures, Statistical Pocket Book 2012*”.(2012).
- [7] Eurostat, “*Energy, Transport and Environment Indicators*”, (2012).
- [8] “Worldwide Look at Reserves and Production”, *Oil & Gas Journal*, (2013).
- [9] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “*Mavi Kitap - Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri*”, (2012).
- [10] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “2011 Yılı Genel Enerji Dengesi Tablosu”, <http://www.enerji.gov.tr>, son erişim tarihi: (2013).
- [11] BOTAŞ, “*2011 Yılı Faaliyet Raporu*”.(2011).
- [12] TEİAŞ, “*Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2012-2021)*”, Aralık (2012).
- [13] TEİAŞ, “*2011 Yılı İşletme Faaliyetleri Raporu*”, <http://www.teias.gov.tr>.(2011).
- [14] TEİAŞ Yük Tevzi Daire Başkanlığı, “*İşletme Faaliyetleri Raporu - 2012 Yılı Özeti*”, www.teias.gov.tr, son erişim tarihi : (2013).
- [15] TEİAŞ, “*Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2011-2020)*”, Kasım (2011).

- [16] EPDK, “EPDK’dan lisans almış olan inşa halindeki projelerin ilerleme durumları”,<http://www.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/lisans/13-icerik/elektrik-icerik/1127-proje-ilerleme-durumu>, son erişim tarihi(**2013**).
- [17] Türkel, M. Kojenerasyon ve Otoproduktörlüğe Genel Bakış, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, (**2001**). Sayı: 15, Ankara.
- [18] Tsatsaronis, G., *International Journal of Exergy*, Volume 5, Number 5-6, (**2008**). 489 –499.
- [19] Dinçer, Ğ., *The role of exergy in energy policy making*, *Energy Policy*, (**2002**). 30:137-149.
- [20] Bejan, A., *Advanced Engineering Thermodynamic*, 3 rd edition, Wiley.(**2006**).
- [21] Szargut J. *Exergy analysis: technical and ecological applications*. Southampton(UK): WITPress, (**2005**). pp. 19-54.
- [22] Rant, Z. *Exergy and energy*. *Wiss. Z. Tech. Univ. Dresden*. 13 (4), (**1964**). 1145–1149.
- [23] Karakoç, T.H., *Uzman gözüyle termodinamik ve uygulamaları*. Anadolu Üniversitesi, 18 Nisan, Eskişehir.(**2008**).
- [24] Rosen, M. A., Dincer, Ğ., *Exergoeconomic Analysis of Power Plants Operating on Various Fuels*. *Applied Thermal Engineering*, 23, (**2003**). 643-658.
- [25] Çengel, Y. A., Boles, M. A., *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. Derbentli, T., McGraw-Hill – Literatür, İstanbul, (**1996**). 867s.
- [26] Tuncalı, E., Çiftçi, B., Yavuz, N., Toprak, S., Köker, A., Gencer, Z., Aycık, H., şahin, N.,*Türkiye Tersiyer Kömürlerinin Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri*, MTA Yayını, Ankara. (**2002**).
- [27] Yılbaşı, Z., Bir Dizel motorun performansının ekserji analizi ile belirlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, *Bilim Uzmanlığı Tezi*, Zonguldak, YOK no:199776. (**2007**).
- [28] Moran, M.J., Sciubba, E.,*Exergy Analysis: Principles and Practice* J. Eng. Gas Turbines Power, 116, 2, 285 (6 pages) doi:10.1115/1.2906818. (**1994**).
- [29] Çengel, Y. A. ve Boles, M.A.,*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*.İzmir Güven Kitap Evi, 5. Baskı, ISBN:9758431914.(**2008**).

- [30] Kotas, T.J.,*The Exergy Method of Thermal Plant Analysis. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.(1995).*
- [31] Ahrendts, J.,*Reference States, Energy-Int. Journal Volume, 5 (1980).* pp. 667-677.
- [32] Szargut, J.,*Reference level of chemical exergy. Archiwum Termodynamiki,(1998).* pp. 41-52.
- [33] Bejan, A.,*Entropy Generation Minimization. The Method of Thermodynamic Optimization of Finite-Size Systems and Finite-Time Processes. CRC Press, Florida. (1996).*
- [34] Zargut, J., Styrylska, T.,*Approximate evaluation of the exergy of fuels, Brennstoff-Warme-Kraft, (1964).* pp. 589-596.
- [35] Köktürk, L., Ekserji analizi kullanılarak içten yanmalı bir motorun optimizasyonu. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak, YÖK no: 085188. **(1999).**
- [36] Gündüz, U., The Exergy analysis of absorption refrigeration cycles, Middle East Technical University, Mechanical Engineering Department, *MSc. Thesis, Ankara, YOK no: 16772. (1991).*
- [37] Hepbaşlı, A., 2008. Endüstriyel işletmelerde ekserji yönetim sisteminin kurulması gerekli mi?. *Termodinamik Dergisi*, Haziran **(2008)**. Sayı:190.
- [38] Ahem, J. E.,. *The Exergy Method of Energy System. John Willey and Sons,Inc. Toronto. (1980).*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SENCAN Mustafa
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi ve yeri : 10-04-1985-İzmit
Telefon : 0506 554 13 64
Faks :
E-posta : mustafasencan@hotmail.com.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi	2014
Lisana	Düzce Üniversitesi	2010
Ön Lisans	Kocaeli Üniversitesi	2006
Lise	Sabancı Anadolu Teknik Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2007	Umatek Müh-Ekon A.Ş.	İmalat Şefi
2011-2013	Ekon Prokon A.Ş.	Teknik Ofis Mühendisi
2013-2014	Eran Ltd.Şti	Proje Müdürü
2014-.....	Eran Ltd.Şti	Teklif&Satın Alma Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce