



BİR TERMİK SANTRALİN ENERJİ ANALİZİ

Levent SEVİN

**YÜKSEK LİSANS
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2014

Levent SEVİN tarafından hazırlanan “BİR TERMİK SANTRALİN ENERJİ ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç.Dr.Tayfun MENLİK

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof.Dr.Adnan SÖZEN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Doç.Dr.Hakan DİLİPAK

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 21/07/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof.Dr.Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Levent SEVİN
(21/07/2014)

BİR TERMİK SANTRALİN ENERJİ ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Levent SEVİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2014

ÖZET

Bu çalışmada bir termik santralin termodinamiğın birinci kanununa göre verim analizleri yapılarak, beş yıllık periyot süresince santralin performansında oluşan değişimler incelenmiştir. Çayırhan Termik Santralinden alınan veriler ışığında santralin performansı Termik Verim, Boru Verimi, Türbin Verimi ve Kazan Verimi olarak dört ana parametrede incelenmiş, yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan bir sistemin beş yıllık periyot zarfında aşınma ve sünme gibi nedenlere bağlı çalışma karakteristikleri ortaya konulmuştur. Elde edilen verilere dayanılarak, kesintisiz üretimin hedeflendiği santralde gelecek yıllar için yapılacak üretim taahhütleri için yol gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca dünyadaki santrallerde zamanla yaşanan performans kayıpları için yapılan rehabilitasyon metotları ortaya konulmuş, çeşitli örneklerle Çayırhan Termik Santralinde ne tip bir iyileştirme çalışması yapılacağına dair ilişkilendirme yapılmıştır.

Bilim Kodu : 708.3.016
Anahtar Kelimeler : Termik Santral, Verim
Sayfa Adedi : 113
Danışman : Doç. Dr. Tayfun MENLİK

ENERGY ANALYSIS OF A THERMAL POWER PLANT
(M. Sc. Thesis)

Levent SEVİN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2014

ABSTRACT

In this study; during the five-year period efficiency analyzes were made according to the law of thermodynamics of a thermal power plant and the change in plant performance has been studied. In the light of the data from the Çayırhan Thermal Power Plant, the plant performance were examined four main parameters (Thermal efficiency, Pipe efficiency, Turbine efficiency and Boiler Efficiency), a system running under high temperature and pressure over a five-year period due to reasons such as wear and creep studies have tried to reveal characteristics. Based on the data obtained the data being introduced by the method of charting, uninterrupted of production at the plant, which aims to do for next year have attempted to show the way to production commitments. In addition, once in power plants around the world for performance losses experienced rehabilitation methods being introduced, with several examples what type of an improvement might be on the Çayırhan Thermal Power Plant have been studied.

Science Code : 708.3.016
Key Words : Thermal Power Plant, Performance
Page Number : 113
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Tayfun MENLİK

TEŞEKKÜR

Tez alıŐma s¼reci boyunca, tezin t¼m aŐamalarında değerli bilgilerini benimle paylaŐan ve benim için ok zaman ayıran değerli danışman hocam Doç.Dr. Tayfun MENLİK ve Yrd.Doç.Dr. M.Bahadır ÖZDEMİR'e çok teŐekk¼r ediyor ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca akademik çalıŐmam boyunca her t¼rl¼ yardımı benden esirgemeyen ve bu g¼nlere gelmemde katkısı bulunan Babam Fikret SEVİN, Annem G¼l SEVİN, Abim B¼lent SEVİN, değerli TAŞIR ve TİR FİL aileleri ile hayat arkadaŐım S¼meyra YILDIZ'a Ő¼kranlarımı sunuyor ve bu çalıŐmayı onlara armağan ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ.....	5
2.1. Enerji ve Tanımı.....	5
2.2. Enerji Kaynakları.....	5
2.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları (Birincil enerji kaynakları).....	5
2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.....	5
2.2.3. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları.....	6
2.3. Dünyada Kömür Sektörüne Genel Bakış.....	9
2.4. Türkiye’de Kömür Sektörüne Genel Bakış.....	9
2.5. Dünyada ve Türkiye’de Petrol ve Doğal Gaza Genel Bakış.....	10
3. ENERJİ SANTRALLERİ.....	13
3.1. Termik Santraller.....	13
3.2. Termik Santrallerin Sınıflandırılması.....	15
3.2.1. Müşterini kullanma amacına göre.....	15
3.2.2. Üretim türüne göre.....	15
3.2.3. Buharın türbin içerisinde genişlemesine göre.....	15
3.2.4. Kuruluş şekline göre.....	15
3.2.5. Çalıştırma şekline göre.....	15
3.3. Termik Santralın Çalışma Yöntemi.....	15
3.4. Termik Santrallerin Yakma Sistemleri.....	16
3.4.1. Izgaralı yakma sistemleri.....	16
3.4.2. Akışkan yataklı yakma sistemleri.....	17
3.4.3. Pulverize yakma sistemleri.....	18
3.5. Türkiye’de Termik Santrallere Genel Bakış.....	19

4. MATERYAL VE METOT	27
4.1. Termik Santral Çevrimi	27
4.1.1. Termik santralin verimi.....	29
4.1.2. Çevrim verimini artırma yolları	31
4.2. Çayırhan Termik Santrali (ÇTS).....	34
4.3. Verim Hesaplamaları	46
4.3.1. Kazan verim	48
4.3.2. Türbin verimi	51
4.3.3. Termik verimi	54
4.3.4. Boru verimi	57
5. SANTRALİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMALARI	61
5.1. Dört Ana Parametrenin(Kazan,Boru,Türbin ve Termik Verimler) Aynı Yıl İçin Karşılaştırılması	61
5.1.1. 2012 yılı grafikleri	61
5.1.2. 2011 yılı grafikleri	63
5.1.3. 2010 yılı grafikleri	65
5.1.4. 2009 yılı grafikleri	67
5.1.5. 2008 yılı grafikleri	69
5.1.6. 2007 yılı grafikleri	71
6. SANTRALLERDE VERİM ARTIŞI İÇİN YAPILABİLİNECEK ÇALIŞMALAR..	75
6.1. Kömürlü Santrallerde Rehabilitasyon Kavramı	76
6.2. Santrallerin Yaşlanması	76
6.2.1. Sünme (Creep)	76
6.2.2. Yorulma (Fatigue).....	77
6.2.3. Korozyon.....	78
6.2.4. Aşınma (wear, erosion)	79
6.3. Rehabilitasyon Yapmanın Nedenleri	79
6.4. Rehabilitasyon Kapsamının Belirlenmesi	80
6.5. Dünyada Rehabilitasyon	81
6.6. Kojenerasyon	86
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	89

ÖZGEÇMİŞ..... 92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2011 Yılı itibariyle dünya kömür rezervleri	9
Çizelge 2.2. 2000 Yılı itibariyle dünya petrol, kömür ve doğal gaz rezervleri.....	11
Çizelge 3.1. Türkiye’de yerli kömüre dayalı termik santraller.....	20
Çizelge 4.1. Çayırhan termik santrali kapasite ve kömür değerleri.....	35
Çizelge 4.2. Santralin yapımında görev alan firmalar	38
Çizelge 4.3. Çayırhan termik santrali buhar kapasiteleri ve özellikleri.....	39
Çizelge 4.4. Çayırhan termik santralinde bulunan kömür değirmenlerinin özellikleri..	39
Çizelge 4.5. Çayırhan termik santralinde bulunan türbin özellikleri	40
Çizelge 4.6. Çayırhan Termik santralinde bulunan jeneratör özellikleri	40
Çizelge 4.7. Çayırhan termik santralinde bulunan kondense sistemi özellikleri	41
Çizelge 4.8. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için ünitelere göre brüt üretim miktarları	41
Çizelge 4.9. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için ünitelere göre iç tüketim enerji miktarları	42
Çizelge 4.10. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık net üretim miktarları ...	42
Çizelge 4.11. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık kömür tüketimi.....	43
Çizelge 4.12. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık motorin tüketimi	44
Çizelge 4.13. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık fuel-oil tüketimi	44
Çizelge 4.14. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık kömür alt ısı değerleri	45
Çizelge 4.15. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için çalışma saatleri.....	45
Çizelge 4.16. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için üretilen buhar miktarları	46
Çizelge 4.17. 2012 yılı ocak ayına ait santral değerleri.....	47
Çizelge 6.1. Kondense suyu analiz değerleri	78
Çizelge 6.2. Besleme suyu analiz değerleri	79

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.3. Kazan suyu analiz değerleri.....	79
Çizelge 6.4. Santral yapılan iyileştirmelerin verime olan etkisi	82
Çizelge 6.5. A.Elbistan A Santralinde verim düşüşüne neden olan etkenler.....	85
Çizelge 6.6. Rehabilitasyon sonucu geri kazanımlar(milyon kWh)	86

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Türkiye Birinci Enerji Tüketimi (2006)	12
Şekil 3.1. 2012 Yılı itibariyle santral kurulu gücünün yakıt türüne göre dağılımı	19
Şekil 4.1 Basit bir buhar santrali çevrimi.....	27
Şekil 4.2.Basit Buhar Santrali Çevriminin p-V diyagramı	28
Şekil 4.3.Çevrimin T-s diyagramı.....	29
Şekil 4.4. Çevrimin h-s diyagramı	30
Şekil 4.5.Ara kızdırmalı bir buhar santrali.....	32
Şekil 4.6.Ara kızdırmalı bir buhar santralinin h-s diyagramı	33
Şekil 4.7.Ara buharlı bir santralin çalışma şeması ve T-s diyagramı	34
Şekil 4.8.Çayırhan termik santralinin şematik görüntüsü.....	36
Şekil 4.9.2012 yılı elektrik üretimi	43
Şekil 4.10. I.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri.....	49
Şekil 4.11. II.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri.....	49
Şekil 4.12. III.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri	50
Şekil 4.13. IV.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri	50
Şekil 4.14. I.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri.....	52
Şekil 4.15. II.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri	52
Şekil 4.16. III.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri	53
Şekil 4.17. IV.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri.....	53
Şekil 4.18. I.Ünite yıllara göre termik verim değerleri.....	55
Şekil 4.19. II.Ünite yıllara göre termik verim değerleri	55
Şekil 4.20. III.Ünite yıllara göre termik verim değerleri	56
Şekil 4.21. IV.Ünite yıllara göre termik verim değerleri.....	56

Şekil	Sayfa
Şekil 4.22. I.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri.....	58
Şekil 4.23. II.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri	58
Şekil 4.24. III.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri	59
Şekil 4.25. IV.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri.....	59
Şekil 5.1. 2012 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	61
Şekil 5.2. 2012 yılı II. ünite verim değerler grafiği	62
Şekil 5.3. 2012 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	62
Şekil 5.4. 2012 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	63
Şekil 5.5. 2011 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	63
Şekil 5.6. 2011 yılı II. ünite verim değerler grafiği	64
Şekil 5.7. 2011 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	64
Şekil 5.8. 2011 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	65
Şekil 5.9. 2010 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	65
Şekil 5.10. 2010 yılı II. ünite verim değerler grafiği	66
Şekil 5.11. 2010 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	66
Şekil 5.12. 2010 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	67
Şekil 5.13. 2009 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	67
Şekil 5.14. 2009 yılı II. ünite verim değerler grafiği	68
Şekil 5.15. 2009 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	68
Şekil 5.16. 2009 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	69
Şekil 5.17. 2008 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	69
Şekil 5.18. 2008 yılı II. ünite verim değerler grafiği	70
Şekil 5.19. 2008 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	70
Şekil 5.20. 2008 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	71
Şekil 5.21. 2008 yılı I. ünite verim değerler grafiği.....	71

Şekil	Sayfa
Şekil 5.22. 2008 yılı II. ünite verim değerler grafiği	72
Şekil 5.23. 2008 yılı III. ünite verim değerler grafiği.....	72
Şekil 5.24. 2008 yılı IV. ünite verim değerler grafiği.....	73

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
CO₂	Karbondioksit
h	Entalpi
Hu	Alt ısııl değer
Hu_{fo}	Fuel-Oil Alt ısııl Değeri
Hu_{köm}	Kömürün Alt Isıl Değeri
Hu_{mot}	Motorin Alt Isıl Değeri
m_{fo}	Yakıt Miktarı
m_{köm}	Kömür Miktarı
m_{mot}	Motorin Miktarı
η	Verim
η_b	Boru verim
η_{ger}	Gerçek termik verim
η_{iç}	İç Verim
η_k	Kazan verim
NO_x	Azot oksit
η_{ter}	Termik verim
η_{tür}	Türbin Verimi
P	Basınç
q	Isı
q_{yar}	Faydalı ısı
Q_{YKVI}	Yakıt İle Kazana Verilen Isı
s	Entropi
SO₂	Kükürt oksit
T	Sıcaklık
T_{max}	En yüksek sıcaklık
V	Hacim
x	Kuruluk derecesi

Kısaltmalar**Açıklama**

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BGD	Baca gazı değeri
CFB	Dolaşımli akışkan yatak
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPA	Avrupa Parlamentolar Birliği
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş.
GSMH	Gayrisafi millî hasıla
IBB	İstanbul Büyük Şehir Belediyesi
KBS	Kazan Besleme Suyu
KYVE	Kazana Yakıt İle Verilen Enerji
MTA	Maden Tetkik Arama
NSR	New Source Review (Yeni Kaynak İncelemesi)
OBTG	Orta Basınç Türbin Giriş
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Organizasyonu
OFA	Yakıcı Üstü Hava
PB	Pulverize Kazan
PC	Pulverize kömür değirmeni
RHTKÇ	Reheater Kazan Çıkış
RHTKÇ	Reheater Kazan Çıkış
RHTKG	Reheater Kazan Giriş
SHTKÇ	Super Heater Kazan Çıkış
SHTKÇ	Super Heater Kazan Çıkış
SHTPS	Super Heater Püskürtme Suyu
TEEİİD	Türbinden Elde Edilen İşin Isıl Değeri
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
WEC	Dünya Enerji Konseyi

Kısaltmalar**Açıklama****YBTÇ**

Yüksek basınç Türbin Çıkış

YBTG

Yüksek Basınç Türbin Giriş

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji dünya üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Artık ülkelerin politikaları enerji kaynaklarına göre belirlenmekte, savaşlar enerji kaynakları üzerine çıkarılmaktadır. İnsanoğlunun elektrik, ulaşım, ısınma vb. ihtiyaçlarının artması enerjinin önemini her geçen gün arttırmaktadır.

Ülkemizde enerji denilince, akla öncelikli olarak ulaşım sektöründe kullanılan akaryakıt, ısınma sektöründe kullanılan doğalgaz ve kömür, üretim ve günlük ihtiyaçların karşılanmasında kullanılan elektrik gelmektedir. Burada teknolojideki gelişmeler, insanların konfor anlayışı ve yaşam standartlarındaki artışla elektrik enerjisi önemli bir yer tutmaktadır. Bugün Türkiye’de elektrik enerjisi farklı yöntemlerle elde edilmekte olup, en büyük payı termik santraller oluşturmaktadır.

Son yıllarda elektrik enerjisi üretimi konusunda çeşitli hükümet programları geliştirilmekte olup, termik santrallere ve diğer üretim yöntemlerine göre çok daha fazla verimli nükleer teknoloji kullanılması konusunda hazırlıklar başlatılmıştır. Nükleer enerjinin faydaları ile birlikte geçmişte Rusya ve Japonya’da meydana gelen olumsuz gelişmeler çevre ve insan sağlığı açısından nükleer santrallerin varlığını tartışmaya açık halde tutmaktadır.

Bununla birlikte elektrik üretimi için alternatif teknikler aranırken, ülkemizde bulunan mevcut termik santrallerin iyileştirilmesine ve verimlerinin artırılmasına yönelik yatırımlar yapılmakta, aynı zamanda yeni teknolojiler kullanılarak (akışkan yataklı sistemler, kojenerasyon sistemleri vb.) yüksek verimli termik santrallerle üretim yapılmaya çalışılmaktadır.

Verimin yükseltilmesine yönelik yapılan çalışmaların yanında günümüzde her şeyden daha önemli hale gelen ve insan sağlığını birebir etkileyen çevre kirliliği konusunda da termik santrallerde birçok çalışma yapılmaktadır. Hatta baca gazı arıtma sistemlerinde kullanılan iç tüketimler gözden ardı edilerek çevre ve insan sağlığı ön plana çıkmaktadır.

Mevcut termik santrallerde yapılacak iyileştirme çalışmalarının maliyet değerlerinin yeni santraller veya yeni üniteler kurularak uzun vadede kendini amorti etme durumları hala tartışılmakta, bununla ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır. Burada göz önüne alınması

gereken şeylerden biri amortismanın uzun vadede hangi etmenlere göre değişiklik göstereceğidir. Örneğin kaynak olarak kullanılan kömürün yıllar içerisinde aynı kalori değerlerine sahip özellik taşıyıp taşımayacağı veya yapılan çalışmanın santrale kattığı ömür boyunca kömür kaynaklarının yeterli olup olamadığının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Pulverize kömür sistemine sahip bir termik santralin akışkan yatak sistemi gibi radikal bir değişikliğe tabi tutulması halinde mevcut kömür ve işletme şartlarına uygunluğu çok iyi irdelenmeli, bu tip değişikliklerle harcanan miktarın geri kazanımının hangi oranda olacağı iyi hesaplanmalıdır.

Taşkınoğlu (2011) çalışmasında, birçok alanda uygulanabilecek enerji verimliliği elektrikselsel olarak ele alınmış olup termik santrallerde elektrik enerjisi verimliliğinin artırılması için gerekli olan metotlar detaylı olarak açıklanmıştır. Çalışma sonucunda bu metotlar doğrultusunda sistemde yapılan ve yapılabilecek enerji verimliliği çalışmaları neticesinde elde edilebilecek elektrik enerjisi tasarrufunu hesaplamış, bu tasarrufun enerji üretim maliyetine olan etkisi belirlenmiştir. Ayrıca termik santrallerde kullanılan elektrik enerjisi için alınan tedbirler kapsamında, yapılan verimlilik artırıcı çalışmalar sonunda yapılan enerji harcamalarıyla, çalışmalar yapılmadan önceki enerji harcamalarını karşılaştırmıştır. Yapılan çalışma dışında yapılabilecek farklı elektrik enerjisi verimliliği çalışmaları doğrultusunda elde edilebilecek enerji tasarrufları hakkında öneriler ortaya konulmuştur. Bu amaçla bu çalışmada Seyitömer Termik Santrali'nde yapılan elektrik enerjisi verimliliği çalışmaları, diğer farklı termik santrallerde yapılan enerji verimliliği çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır [1].

Gündoğdu (2011) çalışmasında, sadece elektrik üretimi için tasarlanan bir santralin (Yatağan Termik Santrali) elektriğin yanında ısıyı da üretmesi durumunda santral proseslerinde meydana gelebilecek değişiklikleri incelemiş ve ortaya çıkan sonuçlara göre ısı üretiminde maliyetleri asgariye indirecek bir kontrol sistemi tasarlanmıştır [2].

Soysal (2012) çalışmasında, Türkiye'nin en büyük termik santrallerinden biri olan 4 x 360 MW üretim kapasitesine sahip Afşin-Elbistan B termik santrali enerji yönetim sistemleri açısından incelemiştir. Bu amaçla, tesiste kurulu enerji yönetim sistemi SR EPOS (Energy Optimizasyon Sistemi) programından her 3 dakikada bir alınan verilere göre yapılmış daha önceki çalışmada tesiste en büyük kayba neden olduğu tespit edilen kondenser, kazan ve ısıtıcı için Termodinamiğin 2. Kanunu uygulanarak analizler yapmıştır [3].

Bilginsoy (2012) çalışmasında, her biri 160 MW termik güce sahip Çayırhan Termik Santralinin 3 ve 4'üncü ünitelerine ait enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Öncelikle her bir ünite için enerji ve ekserji kayıplarını hesaplamıştır. En fazla enerji kaybı % 45,8 ile kondenserde meydana gelirken kazanda meydana gelen enerji kaybını % 8,43 olarak hesaplamıştır. Maksimum ekserji kaybı ise % 58,05 ile kazanda meydana gelirken türbinde oluşan ekserji kaybını % 5,68 olarak belirlemiştir. Yaptığı birinci ve ikinci kanun analizi sonucunda santralin termal verimi % 42,76 iken ikinci yasa verimi % 33,48 olduğu tespit edilmiştir. En fazla ekserji kaybının kazanda meydana gelmesinin en önemli sebebi ise yanma işlemi esnasında oluşan sıcaklık farklarının etkisiyle oluşan ısı transferi olarak göstermiştir. Sistemde meydana gelen ekserji kayıpları ve ekserji verimliliği farklı çalışma koşulları altında değiştiğini belirlemiştir [4].

Özek (2012) çalışmasında, Seyitömer Termik Santrali için bakım faaliyetlerinin nasıl iyileştirilebileceğini araştırmış, bunun için bir bakım yönetim sistemi kurulması gerektiği çıkarımı yapmıştır. Akabinde bakım yönetim sisteminin bileşenlerini incelemiş, bakım yönetim sistemlerinin tarihsel gelişimi ve hedef santrale kurulum aşamalarını anlatmıştır. Metodoloji olarak gerek santral gerçekleri gerekse Dünya uygulamaları üzerine çalışarak kabuller yapmış ve kurulan sistem sayesinde enerji verimliliğinin ne kadar arttırılabileceğini ifade etmiştir [5].

Tek (2012) çalışmasında, örnek olarak Orhaneli Termik Santrali bant yolları ve kömürün kazan girmeden önce uygulanan kömür hazırlama proseslerini incelemiştir. Termik santralin konveyör bantları, kırıcıları, bunker ve değirmenlerini incelemiştir. Daha sonra santralin günlük yakıt ihtiyacını hesaplamıştır. Bant yollarının ve santral park sahasının üzerinin kapatılması maliyetlerini 5 850 000 \$ olarak hesaplamıştır. Park sahasının üzerinin kapatılması, kömürlerin nem oranını % 10 azaltması durumunda sağlanacak tasarrufu 178 000 000 \$ olarak hesaplamıştır. Nem oranı % 10 oranında azaldığında uygulamanın kendi maliyetini yaklaşık 1 yılda amorti ettiğini tespit ederek, nem oranı % 2 oranında azalsa bile bu uygulamanın kendisini yaklaşık 5 yılda amorti ettiğini hesaplamıştır [6].

Amırabedin (2011) çalışmasında, günümüz Türkiye'sinde kullanılan başlıca 10 tür düşük kaliteli linyit ile çalışabilen ve termik santrallerle ilgili çeşitli Ar-Ge çalışmalarının yapılabileceğini, 245 MW kurulu güçte bir termik santralin tasarlanmasını amaçlamıştır.

Tasarımlanan santralde, modelleme ve simülasyon çalışmalarının ardından kapsamlı enerji ve ekserji analizleri yapılarak, santrallerde enerji ve çevresel performansın iyileştirilmesine yönelik araştırmalar gerçekleştirmiştir. Ekserji analizleri toplam santral ekserji kaybının % 90'nın kazanda oluştuğunu ve gerçek enerji verimliliğinin, enerji analizlerinin aksine, % 1,5 ekserji kaybının oluştuğu soğutma sisteminde değil, kazanda olması gerektiğini tespit etmiştir. Düşük kaliteli yerli linyit yakan santrallerde, yakıt ekserjilerinin ve termik santral ekserji verimlerinin, yakıt alt ve üst ısıl değerlerinin ve santral enerji verimlerinin yardımı ile doğrudan yaklaşık olarak belirlenmesi için belli katsayılar belirlenerek, karmaşık ekserji analizlerinin, yaklaşık da olsa, uygulayıcı mühendisler tarafından kolayca kullanma olanağı olduğunu ortaya koymuştur [7].

Geredelioğlu (2011) çalışmasında, Türkiye'de faaliyette olan bir termik santralin 2. ünitesine enerji, ekserji ve termoekonomik analizini yapmıştır. Termik santralin ünitesinde belirlenen 46 düğüm noktasının termodinamik özelliklerini belirlemiş, bu belirlemelere göre her bir düğümün enerji ve ekserji değerlerini hesaplamıştır. Sistemi oluşturan her ekipmanın faydalı güç, tersinir güç ve tersinmezlik miktarlarını tespit etmiş, sistemin genel verimleri hesaplanmış ve yok olan ekserji oranını belirlenerek eksergoekonomik faktörleri çıkartmıştır [8].

Kocaekiz (2010) çalışmasında, Yatağan Termik Santralinin termodinamiğin birinci ve ikinci yasa yönünden verim analizini yapmıştır. Enerji santralinin verim analizi yapılırken farklı çevre koşulları ile yükleri incelemiş ve bunları dikkate almıştır. Performans parametreleri ve değişimlerini incelemiştir. Çalışmada sistemi oluşturan her üniteye faydalı güç, tersinir güç ve tersinmezlik miktarlarını tespit etmiş ve sistemin genel verimlerini hesaplamıştır. İncelenen Termik Santral için yapılan ekserji analiz sonuçları santralın verimi hakkında daha kesin yorum yapılmasına olanak vermektedir. Kocaekiz yaptığı bu çalışmada ile enerji santralının enerji ve verim analizi incelenmiş ve önemini dile getirmiştir [9].

Hilalci (2004) çalışmasında, kömür ile çalışan bir termik santralin enerji ve ekserji kaybı yönünden analizini yapmak ve sistemde ihtiyaç duyulan ünitelere iyileştirme önerileri yaparak sistemin verimini arttırmaktır. Bu amaçla, Çatalağzı Termik santralindeki mevcut üniteler için gerekli olan ayrı ayrı enerji ve ekserji hesapları uygulanmıştır [10].

2. ENERJİ

2.1. Enerji ve Tanımı

Enerji, bir madde veya maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır [11]. Termodinamikte enerji, bir “tesir meydana getirebilme kapasitesi, imkanı” olarak tanımlanır [12]. Her madde enerjiye sahiptir. Günlük hayatta “enerji” terimi ile enerjinin geçebilen şekilleri olan iş ve ısı kastedilmektedir. Isı suyu kaynatır ve bundan elde edilen buhar türbinleri çevirerek elektrik üretilebilir. Görüldüğü gibi ısı, enerjidir [13].

2.2. Enerji Kaynakları

Genel olarak enerji kaynaklarını iki ana grupta toplayabiliriz.

- ✓ Yenilenemeyen Enerji kaynakları.(Birincil Enerji Kaynakları)
- ✓ Yenilenebilir Enerji Kaynakları.
- ✓ Diğer Enerji Kaynakları.

Yenilenemeyen enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. Bu kaynakları şöyle sıralayabiliriz:

2.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları (Birincil enerji kaynakları)

- ✓ Petrol
- ✓ Kömür
- ✓ Doğal Gaz

Yenilenebilir enerji kaynakları ise; çevreye etkisi en az seviyede olan ve doğal bir döngü ile enerji üretimi sağlayan kaynaklardır [11].

2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

- ✓ Rüzgar Enerjisi
- ✓ Güneş Enerjisi
- ✓ Jeotermal Enerji
- ✓ Biogaz Enerji
- ✓ Nükleer Enerji
- ✓ Hidro-elektrik Enerji

2.2.3. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları

Dünyada elektrik enerjisi üretiminde kullanılan sistemlere bakıldığında % 64' lük bir oranla termik santraller başta gelmektedir. Bunu % 19 ile hidrolik, % 17 ile nükleer takip etmektedir. Gelişmiş ülkelerden Hollanda' da termik santrallerin oranı % 95, İngiltere' de % 76, ABD' de % 70, Almanya' da % 68, Japonya' da ise % 64'tür [14].

Yenilenebilir temiz enerji kaynakları gerek bilinen fosil yakıtların yerini bir ölçüde tutabilmesi, gerekse üretim ve kullanım esnasında çevre dostu olmasından dolayı önem kazanmıştır. Bugün gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler, kendi olanakları içinde değişik kaynaklara öncelik vermektedirler. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin 2050, doğal gaz rezervlerinin 2070 ve kömür rezervlerinin 2150 tükenmiş olması beklenmektedir. Bu nedenle elektrik enerjisi üretiminde fosil yakıtların kullanılması 21'inci yüzyılın başlarında gerek çevre gerekse artan fiyatlar nedeniyle ekonomik olmaktan çıkacaktır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artacaktır [15].

Yenilenemez enerji; maddenin tekrar kullanılamayacağı bir enerji şekli olarak tanımlanır. Böylece; kömür, petrol, doğal gaz ve uranyum bu kategoriye dahil olmaktadır [15].

Enerji kaynaklarının bir diğer sınıflaması ise "ticari" ve "ticari olmayan enerji kaynakları" şeklindedir. Ticari enerji kaynakları - taşkömürü, linyit, petrol, doğal gaz, akarsular, nükleer yakıt olarak sıralayabiliriz. Ticari olmayan enerji kaynakları ise; odun, tezek ve tarım atıklarıdır [15].

Bu bölümde dünyada aynı zamanda ülkemizde enerji ve enerji kaynakları incelenecektir. Dünyada kullanılan enerjinin büyük bölümü kömür, petrol, doğalgazdan oluşan fosil yakıtlardan elde edilir. Birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan kaynakların sırasıyla; petrol % 33.1, kömür % 30.3 ve doğal gaz % 23.7 olduğu görülebilmektedir. Burada diğer yenilenebilir enerji kaynakları olarak bahsedilen; rüzgar, güneş, biyoyakıt ve jeotermal enerji kaynaklarıdır [16].

Ülkemizde ise zengin enerji kaynaklarına rağmen enerji ihtiyacının % 70'inden fazlası ülke dışından sağlanmaktadır. Her geçen gün enerji ihtiyacındaki artış ve bu artışı

karşılatabilecek yatırımların yapılmaması nedeniyle ülkemizin enerji bakımından dışa bağımlılığı artmaktadır.

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin tamamına yakını yanma süreci ile yakıtlardan sağlanmaktadır. Bunun yarısına yakın bölümü ithal yakıtlar olan petrol, doğalgaz ve taş kömürü vb. gibi yakıtlardır. Yerli birincil enerji kaynaklarımızdan linyit 8,3 milyar ton rezervi ile enerji alt yapımızın temelini oluşturmaktadır. Ülkemizde linyitin konut sektöründe, sanayi ve elektrik üretiminde ağırlıklı bir yeri bulunmaktadır. Türkiye özellikle konut sektöründe linyit kullanma durumunda bulunan az sayıdaki ülkelerdendir.

Tüm enerji kaynakları arasında kömür, “sürdürülebilir enerji” ve ona bağlı olarak “sürdürülebilir kalkınma” ve enerji güvenliğini sağlayan en önemli kaynaktır. Bunun nedenleri; kömür rezervlerinin ömrünün şu anki üretim seviyeleri ile diğer fosil yakıtların 4 katı oluşu; coğrafi olarak 50’den fazla ülkede üretilmesi ile en geniş yayılım gösteren bir kaynak oluşu, taşınmasının, depolanmasının ve kullanımının kolay olması, güvenilirliği, düşük maliyeti, rekabet ile siyasi çatışma yaratmayan bir maden olması olarak açıklanabilir.

Bu aşamada yeni yatırımlarla beraber enerjinin verimli kullanılması konusunda gündeme gelmekte olup, bu konu üzerinde de enerji ihtiyacına cevap verebilmek adına çalışmalar yapılmaktadır. Enerji verimliliğinin tanımı enerji tüketimini asgari seviyeye indirmek olarak tanımlanabilir. Ancak bunu yaparken hayat standartlarını, üretim kalitesini işletme karlılığını düşürmemek gerekmektedir. Enerji verimliliği enerji kaynaklarının en etkin şekilde değerlendirilmesini ifade eder. Enerjinin verimli bir şekilde kullanılması ile artan maliyetler, sera gazları ve enerjide dışa bağımlılıkla etkin bir şekilde mücadele edilmektedir. Enerji verimliliği denilince yalıtım, yüksek verimli aletlerin kullanılması gibi birçok yol akla gelebilir. Örneğin A.B.D’de yapılan araştırmalara göre eski tip bir buzdolabının yılda 1800 kWh elektrik tüketirken, bugün bu rakamın kullanılan yüksek verimli motor ve kompresörlerle 450 kWh’a düştüğü belirlenmiştir. Buda %75’lik bir enerji tasarrufu demektir.

Ülkemizde enerji en çok ısınma ve sanayi alanlarında kullanılmaktadır. Ülkemizde ısınma amaçlı enerji miktarı, belirli standartları yakalamış Avrupa Birliği ülkelerine göre 2-3 kat daha fazladır. Buda ülkemize her yıl yaklaşık 5 milyar \$ ilave ekonomik bir yük

getirmektedir. Bu konuda yapılan TS 825 standardı ülkemizde 2000 yılından itibaren uygulamaya sokulmuştur. Enerji kaynağı denildiği zaman akla ilk gelen kömür, petrol ve doğalgazdır. Bunun yanında nükleer enerji kaynakları ile beraber, güneş, rüzgar gibi doğal faktörlerde birer enerji kaynağıdır.

Bununla beraber doğada var olan enerjinin kullanılabilmesi için geliştirilen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim her gün daha da önem arz etmektedir. Esen rüzgarın enerjisini bir türbin yardımıyla elektrik enerjisine çevirmek, yeryüzüne düşen güneş ışınlarını kollektörler yardımı ile enerjiye çevirmek mümkündür. Bu kaynakların kullanımı hem fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmakta, hem de küresel ısınma gibi bazı sorunlara çözüm olabilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmanın üç önemli hedefi olarak;

- ✓ Ekonomik güvenlik ve refah
- ✓ Sosyal Kalkınma ve gelişme
- ✓ Çevresel sürdürülebilirlik tanımlanabilir.

Global anlamda artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi ve sürdürülebilir enerji mücadelesinde yol alınabilmesi için tüm enerji sektörlerinde kömür ve diğer fosil yakıtları içerecek şekilde teknolojik değişime ve yeniliklere ivme kazandırmak gerekmektedir. Böylelikle enerjiye ekonomik anlamda düşük bedellerle ve güvenilir bir şekilde ulaşmak mümkün olacaktır. Çevresel olarak kabul edilebilirlik kavramı ise fosil yakıtlar içerisinde kömür kaynağı için en dikkate alınacak olandır. Çünkü diğer fosil yakıtlar ile kıyaslandığında kömür kaynağının en önemli dezavantajı, yarattığı çevresel problemlerdir. Bu konuda gelişmiş ve hatta gelişmekte olan ülkeler tarafından geliştirilen temiz ve verimli yakma kömür teknolojileri bu sorunları azaltmayı giderek ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Daha temiz ve verimli teknoloji geliştirme ve kullanma konusunda oldukça önemli yol alınmıştır. Gelişmekte olan bir ülke olmamız nedeniyle enerjiye olan talep her geçen gün arttığı için, talebin karşılanmasında sadece yerli kaynakların kullanılması yetersiz kalmakta ve enerji çeşitlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla önemli olan yerli kaynakların payının artırılması ve enerji güvenilirliği yönünden diğer yakıtların dengeli dağılımının sağlanmasıdır. Buna göre dışa bağımlılığı azaltmada kullanabileceğimiz en önemli yerli kaynağımız kömürdür. Ülkemiz açısından fosil yakıtlar grubunda kömürü baz aldığımızda bu yakıtı en temiz, verimli ve en uygun yanma-yakma teknolojilerini geliştirerek bunları uygulayabilmemiz gerekmektedir.

2.3. Dünyada Kömür Sektörüne Genel Bakış

Bu çalışmada incelenecek olan termik santrallerle ilgili olarak kömürün dünyada ve ülkemizdeki durumuna bakmak faydalı olacaktır. Kömür diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında coğrafi olarak 50'den fazla ülkeye yayılmış, oldukça büyük rezerv miktarlarına sahiptir. Çizelge 2.1.'de 2011 yılı itibariyle Dünya kömür rezervleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. 2011 Yılı itibariyle dünya kömür rezervleri

Kömür Cinsi	Toplam rezerv (milyar ton)	Oranı(%)
Antrasit- Bitümlü	405	47
Alt-Bitümlü	261	30
Linyit	195	23
TOPLAM	861	100

Dünya Enerji Konseyi tarafından 75 civarında ülkede bulunduğu raporlanan dünya kömür rezervlerinden en büyük payı ABD almaktadır. Toplam rezervin % 27,6'sı bu ülkede bulunmaktadır. ABD'yi % 18,2 ile Rusya Federasyonu ve % 13,3 ile Çin izlemektedir. Diğer kömür zengini ülkeler arasında; Avustralya % 8,9, Hindistan % 7, Almanya % 4,7, Ukrayna % 3,9, Kazakistan % 3,9 ve Güney Afrika Cumhuriyeti % 3,5 bulunmaktadır. Dolayısıyla, dünya kömür rezervlerinin %90'dan fazlası bu 9 ülkenin elinde bulunmaktadır [17].

Görünür rezerv bazında şimdiki üretim seviyeleri ile yaklaşık 200 yıl daha kömür rezervi vardır.

2.4. Türkiye'de Kömür Sektörüne Genel Bakış

Türkiye'de kömür olarak taş kömürü, linyit ve asfaltit üretilerek tüketilmektedir. Bu kaynaklar 1,3 milyar ton rezervi ile Batı Karadeniz Bölgesinde yoğunlaşırken; toplam 8,3 milyar ton linyit rezervi ise, ülkemizin hemen hemen tüm coğrafi bölgelerinde yayılmıştır. Asfaltit ise yaklaşık 80 milyon ton gibi sınırlı bir rezerv miktarı ile Güney Anadolu

Bölgesinde bulunmaktadır. Linyit kaynağımız birincil enerji kaynakları üretiminde birinci sıradadır.

Ülkemizde taş kömürüne göre daha yaygın bir biçimde bulunan ve önemli bir potansiyele sahip olan linyitlerimizin kimyasal özellikleri, bu kömürün daha çok termik santrallerde kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Türkiye brüt elektrik üretiminde kömürün payı, büyük linyit projelerinin yaşama geçirildiği 1980 yıllarının ortalarında en yüksek seviyeye ulaşırken % 48, bu oran son yıllarda doğal gaz ve diğer enerji kaynaklarının kullanımına bağlı olarak linyite dayalı termik santrallerinde taleplerde % 17'lere ulaşmıştır.

2.5. Dünyada ve Türkiye’de Petrol ve Doğal Gaza Genel Bakış

2004 yılı itibariyle dünyada ispatlanmış petrol rezervleri 156,7 milyar ton, doğal gaz rezervleri ise 175,78 trilyon m³'tür. Bu rezervler doğrultusunda 2013 yılı itibariyle 30 yıl petrol ve 54 yıl doğal gaz ihtiyacını karşılayacak rezerv bulunduğu tahmin edilmektedir.

Petrolün değeri çok yüksektir, çünkü oldukça az bulunan bir yakıttır. Yüz milyonlarca yıldan bu yana denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının, uygun şartlar altında toprağın üstünde başkalaşmasıyla oluşur. Gelecek bir kaç 10 yıl boyunca da, petrokimya ve taşımacılık sektörlerindeki rolünü elinde tutacaktır. Gelecek 30 yılda petrol türevli yakıtların önemi devam edecektir.

Önümüzdeki 30 yıllık dönemde dünya petrol talebinin yıllık ortalama % 1,6 oranında artması beklenmektedir. Bu artışın en önemli kaynağının ulaşım sektöründeki talep artışının olduğu tahmin edilmektedir. Şu anda olan petrol tüketiminin % 47'si ulaşım sektöründen kaynaklanırken, bu oranın 2030 yılında % 55'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünya petrol üretiminin ise 2030 yılında 107 milyon varil/gün olması beklenmektedir.

Çizelge 2.2.'de 2000 yılı itibariyle birincil enerji kaynakları rezerv durumları verilmiştir.

Çizelge 2.2. 2000 Yılı itibariyle dünya petrol, kömür ve doğal gaz rezervleri

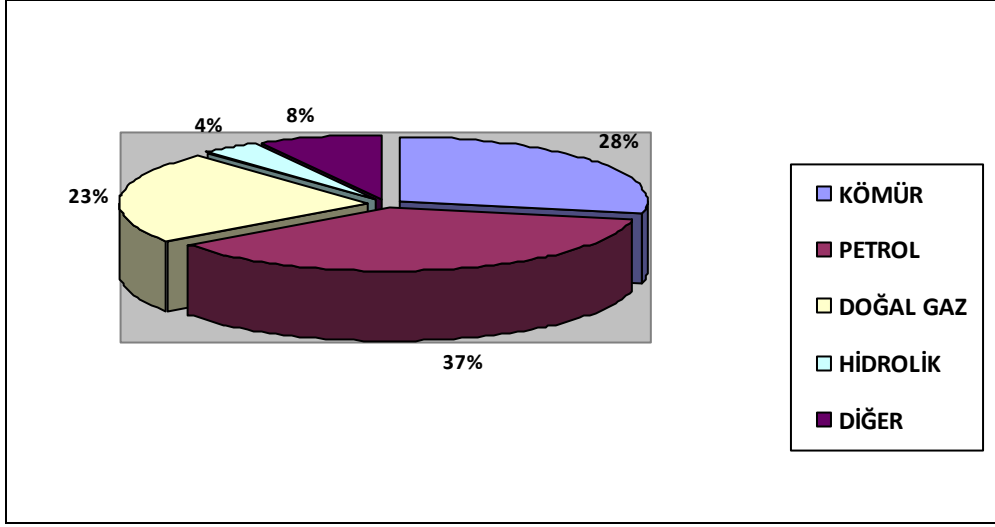
Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür
Kuzey Amerika	14	11	239
Orta ve Güney Amerika	38	66	474
Avrupa	8	18	161
Eski SSCB Ülkeleri	24	82	>500
Ortadoğu	87	>100	175
Afrika	28	98	268
Asya ve Okyanusya	16	40	164
Kalan Toplam Rezerv (Yıl)	41	62	230

Dünya doğal gaz taleplerine bakıldığında ise 2030 yılında doğal gaz talebinin 5 trilyon m³'e ulaşması beklenmektedir. Ortalama yıllık talep artışının ise % 2,4 olması beklenmektedir. Doğal gazın dünyadaki en büyük ihracatçısı Rusya iken, en büyük ithalatçı ise Avrupa ülkeleridir.

Doğal gaz ve petrol maliyeti yüksek olan enerji kaynaklarıdır. Türkiye tükettiği enerjinin % 40'ını petrol ile karşılamakta olup, petrolün % 90'ı ise yurt dışından ithal edilmektedir.

Maliyet açısından bakıldığı zaman bu büyük bir sorun olup, aynı zamanda ülke politikalarını da etkileyen bir faktördür. Mevcut politikalarla 2020 yılında Türkiye'nin petrol ve doğal gazda tamamen dışa bağımlı olması beklenmektedir. Petrol özellikle ulaşım alanında önemli bir konuma sahip iken, doğal gaz santrallerde, ısınmada ve sanayide önemli rol oynamaktadır.

Tabloya bakıldığı zaman petrol rezervlerinin büyük oranda Orta Doğuda yoğunlaştığı, doğal gazın ise büyük oranda Rusya'da bulunduğu görülmektedir. Şekil 2.1.'de ülkemizde kullanılan birincil enerji kaynaklarının oranları verilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye Birinci Enerji Tüketimi (2006)

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık % 4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılayan fosil-yakıt rezervi ise, çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. En iyimser tahminler bile, en geç 2030 – 2050 yılları arasında petrol rezervlerinin büyük ölçüde tükeneceğini ve ihtiyacı karşılayamayacağını göstermektedir. Kömür ve doğal gaz için de benzer bir durum söz konusudur.

Ayrıca fosil yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmıştır. Bu durum ise, yoğun hava kirliliğinin yanı sıra milyonlarca dolar zarara yol açan sel-fırtına gibi doğal felaketlerin gözle görülür şekilde artmasına neden olmuştur.

3. ENERJİ SANTRALLERİ

Günümüzde elektrik enerjisi üretimi için kullanılan enerji santralleri;

Termik Santraller;

- ✓ Katı yakıtlı santraller
- ✓ Sıvı yakıtlı santraller
- ✓ Gaz yakıtlı santraller

Hidrolik Santraller,

Nükleer Santraller,

Diğer Santraller olarak sıralanabilir. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılan Termik Santrallerdir.

3.1. Termik Santraller

Çağımızın modern yaşamı geçmiş dönemdekinden çok farklı hale gelmiştir. Bunun en büyük nedeni, makineler yardımıyla çeşitli şekillerdeki enerjinin, elektrik enerjisine çevrilmesiyle, çağımız insanı tarafından sürekli olarak artan şekilde kullanılmasıdır. Elektrik enerjisinin insan yaşamına girmesi sonucunda, ağır işlerde çalışan insanların çalışma koşulları hafiflemiş, çalışanların çalışma saatleri azalmış, yaşam standartları artmış, ulaşım ve haberleşmede sürat ve güvenlik artmış, sağlıklı ve dengeli beslenme imkânları gelişmiş, hastalıklarla ve tabii afetlerle mücadele daha kolay hale gelmiştir. Artık elektriksiz bir yaşam dünyanın her bölgesindeki insanlar için düşünülemez olmuştur. İnsanların yaşam standardı dahi o insanların kullandığı elektrik enerjisi miktarıyla ölçülür hale geldiği gibi, ülkelerin kalkınmışlığının derecesi de o ülkedeki kişi başına elektrik enerjisi üretimi ile ölçülür olmuştur [16].

Daha önce de belirtildiği gibi termik elektrik güç santrallerinde yakıt olarak daha çok kömür, doğalgaz ve petrol kullanılmaktadır. Bunlar katı, gaz ve sıvı yakıtlar olarak da sınıflandırılabilir. Dünyada mevcut doğal yakıtların başında yer alırlar. Elektrik enerjisinin üretiminde yakıt olarak en önemli yeri katı yakıtlar dediğimiz taş kömürleri ve linyit kömürleri almaktadır. Dünyada elektrik enerjisi üretmek amacıyla termik santrallerde yakıt olarak kullanılan kömürlerin orijinal ısı değerleri 800 kcal/kg'dan 5000-7000 kcal/kg seviyelerine kadar çıkmaktadır. Bu kömürlerin içerdikleri kül oranı ise ağırlık olarak % 6-7'den % 30~40'lara kadar çıkmaktadır. Taş kömürleri dediğimiz kömürlerin ısı

değerleri 5000~7000 kcal/kg arasında değişirken içerdikleri kül oranı ağırlık olarak % 6-12 arasında almaktadır. Linyit kömürlerin ısı değerleri 1000 ile 4000 kcal/kg arasında değişirken içerdikleri kül yüzdeleri ise % 20 ile % 40 arasında değişmektedir [16].

Türkiye'de termik elektrik santrallerinde kullanılan kömürlerin ısı değerleri 1000 kcal/kg ile 3500 kcal/kg değerleri arasında, içerdikleri kül miktarları ağırlıklı olarak % 15 ile % 35 arasında değişen linyit kömürleridir [16].

Termik elektrik güç santralinde yakıttaki kimyasal enerji önce kazanda ısı enerjisine çevrilerek buhara verilir. Daha sonra bu buhardaki ısı enerjisi türbinde mekanik enerjiye ve arkasından generatörde elektrik enerjisine çevrilir [16].

Termik elektrik güç santrallerinde ilk enerji dönüşümü buhar kazanlarında olur. Burada yakıttaki kimyasal enerji yakılarak elde edilen ısı su buharına verilir. Suyun buharlaştırılarak, buharın elde edildiği kazanlara buhar kazanı veya buhar üretici adı da verilir [16].

Dünyada, ısı enerjisinin ve elektrik enerjisinin büyük kısmı buhar kazanlarında elde edilen buharla sağlanır. Termik elektrik santrallerinde ana işletme şekli su buhar çevrimiyle yapılıır ve buhar kazanı ile turbo-generatör gurubunu içerirler. Kazan ünitelerinin de, turbo generator grupları gibi binlerce saat kesintisiz olarak işletmede olmaları gerekir. Büyük güçlü termik elektrik santralleri çok büyük miktarlarda yakıt tüketirler ve bu durum buhar kazanları dâhil tüm ünitelerin mümkün olabilecek en yüksek verimde çalıştırılmalarını önemli kılmaktadır [16].

Termik santrallerde kalitesiz linyit kömürleri kullanıldıkları için çevre kirliliğine neden olur. Termik santrallerin bacalarından çıkan kükürt, azot ve karbon oksitleri havada su buharı ile birleşerek asit yağmurlarını oluştururlar. Toprağın ve suların kirlenmesine neden olurlar; atık madde olan küllerin aşırı birikimi toprağın kirlenmesine sebep olur. Uçucu külleri tutmak için bacalarına takılan filtreler çoğu kez yetersiz kalır ve atmosferi kirletir, Aşırı çevre sorunlarına neden olduklarından tercih edilmemesi gerekir. Fakat ülkemizde elektrik enerjisi gereksinimini karşılamak için vazgeçemeyeceğimiz enerji üretim kaynağıdır [27].

3.2. Termik Santrallerin Sınıflandırılması

3.2.1. Müşterini kullanma amacına göre

3.2.2. Üretim türüne göre

- a. Kuvvet ve ısının bağlı olmadığı santraller
- b. Kuvvet ve ısının bağlı olduğu santraller

3.2.3. Buharın türbin içerisinde genişlemesine göre

- a. Karşı basınçlı santraller
- b. Ara buharlı, karşı basınçlı santraller
- c. Ara buharlı, kondensasyon santralleri
- d. Kondensasyon santralleri

3.2.4. Kuruluş şekline göre

- a. Çapraz beslemeli santraller
- b. Blok santraller

3.2.5. Çalıştırma şekline göre

- a. Baz yük santralleri
- b. Orta yük santralleri
- c. Pik yük santralleri
- d. Kullanılan yakıtı göre
- e. Soğutma suyu sistemine göre

3.3. Termik Santralın Çalışma Yöntemi

Elektrik enerjisine dönüştürülecek olan termik enerjiyi üretmek için, yakıt bir buhar kazanında yakılır. Buhar kazanı, bir ocak ile bir boru demetinden oluşur; boruların içinde dolanan su, burada ısıtılır ve buhar haline geldikten sonra türbinlere gönderilir. Eğer yakıt olarak kömür kullanılıyorsa, bu kömür önce öğütülüp toz haline getirilir; sonra sıcak havayla karıştırılır ve brülörle buhar kazanının yanma odasına püskürtülür. Eğer sıvı yakıt kullanılıyorsa, bu sıvı yakıt önce akışkanlığının artması için ısıtılır, sonra kullanılır.

600 MW'lık bir santralde buhar 565°C bir sıcaklığa ve 174 bar düzeyinde bir basınca çıkarılır. Yüksek basınçlı türbinlere yollanan buhar kısmen genişlerken türbin çarklarını döndürür. Bu ilk aşamadan geçen buhar, enerjisinin bir bölümünü korur. Aynı buhar, ayrı bir 5 devre aracılığıyla yeniden kazana gönderilir ve tekrar ısıtılır; sonra 34 bar düzeyinde bir basınçla, orta basınçta çalışan türbine basılır. Düşük basınç bölümünde ise buhar tam olarak genişler. Bu çevrimin sonunda basıncı 300 mbar'a düşen buhar kondensere gönderilir [27].

Kondenser, buharın yeniden suya dönüştürüldüğü soğuk bir kaynaktır. Buhar burada, içinde soğutma suyunun dolandığı binlerce küçük çaplı boruya temas ederek tekrar suya dönüşür. Sonra pompalarla toplanır ve yeniden ısıtma çevrimine sokulur; bu amaç için türbinin farklı noktalarında ısıtılan buhardan yararlanır [27].

Böylece yeni çevrim başlamış olur. Su tekrar buhar kazanına girer, burada ısıtılarak buharlaştırılır ve türbinlere doğru yollar [27].

Türbinlerin mekanik enerjiye generatör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Ve son olarak da bir transformatörde gerilimi yükseltilecek elektrik, genel iletim hatlarına verilir [27].

3.4. Termik Santrallerin Yakma Sistemleri

Kömür katı bir yakıt olduğundan, kömürle hava temasını çeşitli şekillerde sağlamak mümkündür. Gerek kömür + hava temasının sağlanması ve gerekse de kömürün yakılma durumu açısından, kömür yakma sistemlerini üç grupta toplamak mümkündür [17].

- ✓ Izgaralı yakma sistemleri,
- ✓ Akışkan yataklı yakma sistemleri,
- ✓ Pulverize yakma sistemleri.

3.4.1. Izgaralı yakma sistemleri

En eski kömür yakma sistemidir. Sistemin esası, kömürün ızgara üzerine koyularak, alttan hava verilmek suretiyle yakılmasından ibarettir. Kömür yığını içinden hava veya baca gazlarının geçebilmesi için, bu sistemde kömürün belli bir tane iriliğine sahip olması gerekmektedir. Yanma esnasında kömür önce nemini vermekte onu takiben, yakıt – hava

temas yüzeyinde alevsiz bir oksidasyon meydana gelmektedir. Bu arada ısı yükselmekte ve kömürün uçucu maddeleri çıkmaya başlamaktadır. Çıkan uçucu madde ateşlenmekte ve alevle yanmaya başlamaktadır.

Bunu takiben de, geride kalan kok yanmaktadır. En yavaş yanma, burada olmakta ve yanma hızı, yakıt – hava temas yüzeyine orantılı olarak artmaktadır. Bu sistemin en önemli olumsuzlukları, büyük ısı gereksinimi için, çok büyük ızgara alanına gerek olmasıdır. Bu yakma sistemleri dört tipte bulunmaktadır; sabit ızgaralı yakma sistemleri, hareketli ızgaralı yakma sistemleri, basamaklı beslemeli ızgaralı yakma sistemleri, alttan beslemeli ızgaralı yakma sistemleridir [17].

3.4.2. Akışkan yataklı yakma sistemleri

Sistemin esası, kömür alttan belirli bir hızla yükselen hava üzerine verilmekte ve hava kömürü askıda tutarak yanmasını sağlamaktadır. Kömür tanelerinin askıda kalabilmesi için, tane boyutuna bağlı olarak belirli hava hızına gerek vardır. Normal akışkan yataklı fırınlarda, kömür tane boyutu, 0 – 6 mm (ortalama tane iriliği, 2 – 4 mm) arasındadır. Bu boyuttaki kömür tanelerinin akışkanlaşması için 1 -2 m/s'lik hava hızı yeterlidir. Geriye kalan kül, toz halinde olduğu için, sıcak yanma gazlarıyla, yataktan taşınmakta ve siklonlarda tutulmaktadır. İri kül ise ara sıra yataktan alınmaktadır. Akışkan yataklı yakma sistemleri, Dolaşımli ve Basınçlı akışkan yataklı yakma sistemleri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır [17].

Dolaşımli akışkan yataklı yakma sistemleri, bu grupta kömür askıda kalmamakta ve yanarak yukarı doğru hareket etmektedir. Siklonda tutulan kül ve yanmamış kömür taneleri, tekrar akışkan yatağa geri döndürülmektedir [17].

Basınçlı akışkan yataklı yakma sistemleri, belirli bir basınç (10 – 16 bar) altında çalıştırılanların en önemli özellikleri, enerji üretim kapasitelerinin artması ve basınçlı sıcak gazların türbinden geçirilerek, yüksek ısının kullanılmasıdır [17].

Akışkan yataklı yakma sistemlerinin başlıca avantajları şu şekilde sıralanabilir; yakıt değişimine göre diğer yakma sistemlerine göre daha az hassastır. Çok küllü ve ısı değeri düşük yakıtların yakılması mümkündür. Yanma esnasında oluşan SO_2 , yatağa kalker veya

kireç vermek suretiyle % 90'ın üzerinde bir verimle külde tutulabilmektedir. Düşük kapasite ile çalışmakta, verimde fazla değişme olmamaktadır. Isı iletimi yüksektir ve az yatırım gerektirmektedir. Öğütme sorunu yoktur. Yanma sıcaklığı 850 – 900°C civarında tutulduğundan, NO_x oluşumu kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır, yani toz tutma dışında ilave bir baca gazı temizleme ünitesine gerek kalmamaktadır [17].

3.4.3. Pulverize yakma sistemleri

Gaz, sıvı yatıklar ve toz kömür brülörler yardımıyla yanma odasına püskürtülerek yakılmaktadır. Yakıt taneciği havada askıda yanmakta, yanma odasında oluşturulan türbülansla kurutma, uçucu gazlaştırma, kok gazlaştırma ve yanma işlemleri kolayca sağlanabilmektedir. Uygun brülör düzeni ve işletme koşulları ile alevin duvarlarla teması olmadan olabildiğince yanma odasını doldurması sağlanmakta, kararlı yanma koşullarının oluşmasına çalışılmaktadır. Linyitlerin verimli ve kararlı bir şekilde yakılabilmesi için kömür öğütme değirmeni çıkışındaki kömür tozundan kalan bünyesel nemin, yaklaşık % 12 – 16 dolayında tutulması gerekir [17].

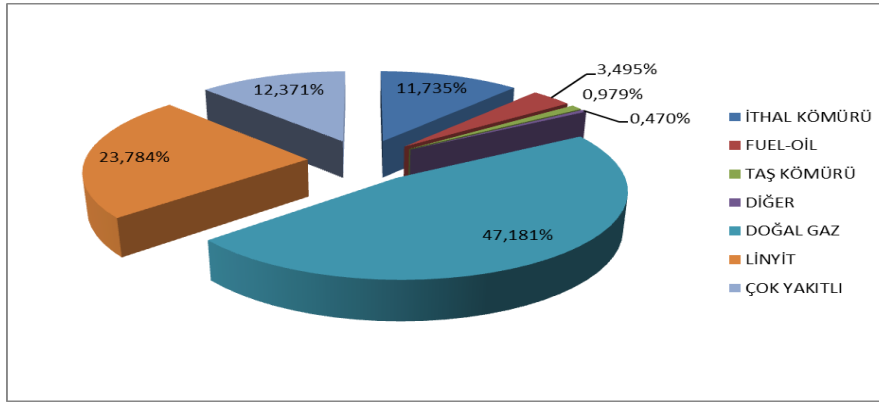
Sistemin prensibi, kömürün 74 µ altına öğütülüp hava ile kazana taşınması ve sıcak alanda asılı halde yanmasıdır. Pulverize kömür yakma üzerine dizayn edilmiş modern bir termik santralde kömür, kırma ve öğütme işlemleri sırasında kurutulur. Öğütülmüş kömür, pulverize kömür kazanın merkezinde yanar ve oluşan ısı kızdırıcılara gider, sıcak gazlar kazanın daha ileri safhasında yerleştirilmiş olan buhar boruları arasından geçer ve bunları ısıtır. Gazlar daha sonra kazana beslenen su ve havayı ön ısıtmada kullanılır. Gazlar en sonunda kül tutuculardan ve bazı ünitelerde sıcak gaz kükürtsüzleştirme işleminden sonra atmosfere verilir. Buhar üretim sistemi yakma işlemi ile birlikte yürür. Yanmadan dolayı açığa çıkan ısı birincil buhar üretimi ünitelerinde buhar oluşmasını sağlar. Buhar kazanında toplanan buhar, kızdırıcılara gönderilir ve önceki sıcaklığın çok üstüne çıkarılarak yüksek basınç türbinine oradan tekrar ısıtmaya ve düşük basınç türbinine daha sonra yoğunlaştırıcılara gider. Yoğunlaştırılmış su, basıncı yükselttilerek buhar üretimi için önce ekonomizere oradan kazan içi su tankına ve birincil ısıtma ünitesine beslenir [17].

3.5. Türkiye’de Termik Santrallere Genel Bakış

Ülkemizde elektrik talep artışı yıllık yaklaşık % 7-8 civarındadır. Bu oranla Türkiye, elektrik tüketim talep artışında dünyada Çin’den sonra ikinci sıradadır [20].

Ülkemizin 2023 yılında kurulu gücünün 110 000-130 000 MW arasında olması, elektrik tüketiminin 500 milyar kWh olması öngörülmektedir [20].

Bu değerler ışığında ülkemizde bulunan kurulu gücün kullanılan kaynaklara göre dağılımı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. 2012 Yılı itibariyle termik santral kurulu gücünün yakıt türüne göre dağılımı

Türkiye, az enerji tüketen(kişi başına ve toplam olarak) ve enerji kullanım verimliliği düşük bir ülkedir. Birincil enerji tüketiminin GSMH’ ya oranı(enerji şiddeti)yüksek bir ülkedir. Bunun anlamı, Türkiye’nin bir birim katma değer yaratabilmek için diğer ülkelere göre çok daha fazla enerji tüketiyor olmasıdır. TÜBİTAK verilerine göre enerji şiddeti, toplam yakıt tüketimi/GSMH olarak hesaplandığında, AB ortalamasının üstündedir. Aynı durum, elektrik tüketimi için de söylenebilir. Bu analiz yapılırken, Türkiye’de kayıt dışı üretimin boyutunun göz önüne alınmadığı ve enerji şiddeti karşılaştırmalarının sağlıklı olduğu eleştirileri de ortaya atılmıştır [16].

İthal enerjiye bağımlılık oranı artmakta, bir diğer ifade ile, yerli enerji üretiminin enerji talebini karşılama oranı düşmektedir. Türkiye’nin sahip olduğu enerji kaynak rezervleri dünya rezervleri ile karşılaştırıldığında miktar ve kalite itibariyle çok düşüktür ve düşük kapasite ile kullanılabilir. Yeni petrol sahaları keşfedilememekte ve mevcut üretim sahalarının eski olması nedeniyle ham petrol üretimi sürekli düşmektedir. Enerji talep ve

arz tahminlerinde büyük sapmalarla karşılaşılması enerji politikasının başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Kullanılan kömür santralleri teknolojisinin yerli linyite uygun olmayışı sorun yaratmaktadır [16].

Türkiye’de 2012 Şubat sonu itibariyle kömür yakan santrallerin kurulu gücü 12 355,7 MW’tır. Bunların 8 139,7 MW’ı linyit, 335 MW’ı yerli taşkömürü ve 3 881’i MW ithal kömür kullanırlar. Bu santraller 2011 yılında 63,76 milyar kWh üretmişlerdir ve 228,43 milyar kWh’lik Türkiye toplam üretimlerindeki payları %27,91’dir [20].

Bu santrallerin 7 761 MW’ı EÜAŞ, 620 MW’ı İşletme Hakkı Devri, 1 320 MW Yap İşlet, 2 365 MW Serbest Üretici Şirketler ve 289,7 MW Otoprodüktör Şirketler tarafından işletilmektedir [20].

MTA ve TKİ tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda mevcut rezervler dikkate alınarak yerli kömüre dayalı 9 700 MW’lık ilave santral kurulabileceği hesaplanmaktadır [20].

Çizelge 3.1. Türkiye’de yerli kömüre dayalı termik santraller [20].

Santralin Adı	Mülkiyeti	Yakıt	Kurulu Güç (MW)
Çanakkale Çan	EÜAŞ	LİNYİT	320
Orhaneli	EÜAŞ	LİNYİT	210
Soma	EÜAŞ	LİNYİT	1034
Seyitömer	EÜAŞ	LİNYİT	600
Tunçbilek A	EÜAŞ	LİNYİT	65
Tunçbilek B	EÜAŞ	LİNYİT	300
Yatağan	EÜAŞ	LİNYİT	630
Yeniköy	EÜAŞ	LİNYİT	420
Kemerköy	EÜAŞ	LİNYİT	630
Afşin-Elbistan A	EÜAŞ	LİNYİT	1 355
Afşin-Elbistan B	EÜAŞ	LİNYİT	1 440
Kangal	EÜAŞ	LİNYİT	457
Çayırhan	EÜAŞ	LİNYİT	620
Çobanyıldızı	ÖZEL	LİNYİT/DOĞAL GAZ	37
Eti Soda	ÖZEL	LİNYİT	24
Küçükler	ÖZEL	LİNYİT	5
Marmara Kağıt-Bilorsa	ÖZEL	LİNYİT	2
Çatalağzı	EÜAŞ	TAŞ KÖMÜRÜ	300
Kardemir Karabük	ÖZEL	TAŞ KÖMÜRÜ	35
Silopi	ÖZEL	ASFALTİT	135

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın politikası; üretim kapasitesi ihtiyacının, özel sektör tarafından yeni santral yapımı yanı sıra, mevcut santrallerin yapılacak olan bakım-onarım, revizyon ve rehabilitasyonlarla kapasite, emre amadelik ve güvenilirliklerini arttırmak yoluyla talep ihtiyacının giderilmesi şeklindedir. Ayrıca, Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesinde de “zaruri işletme ve bakım faaliyetleri ile zaruri yatırımlar, özelleştirme sürecinden bağımsız olarak aksatılmaksızın sürdürülecektir” denilmektedir. Son yıllarda bu kapsamda EÜAŞ'a bağlı Termik Santrallerde büyük bakım-onarım, revizyon ve rehabilitasyon çalışmaları yapılmaktadır. Ancak Kamu İhale Kanununun, yatırım programındaki projelerin, uygulama projesi yapılma zorunluluğu nedeni ile ihale edilmesini son derece güçleştiren yönleri ile ilgili sıkıntılar devam etmektedir. Kamu İhale Kanununda değişiklik yapılması hususunda çalışmalar olmakla birlikte henüz neticelenmemiştir. Kapsamlı rehabilitasyon, modernizasyon, yenileme ve Baca Gazı Arıtma Tesisi gibi yeni tesislerin yapılması mevcut mevzuat hükümleri çerçevesinde oldukça zordur [21].

Tüm santrallerin rehabilitasyon ve teçhizat yetersizlikleri için yaklaşık 750 milyon \$, ayrıca baca gazı arıtması olmayan Soma, Seyitömer, Tunçbilek, Kangal ve Afşin-Elbistan-A Santrallerine baca gazı arıtma tesisi yapılabilmesi için de 750 milyon \$ yatırım gerektiği belirtilmektedir [21].

Çevre mevzuatı gereği Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisi kurulması gereken Termik Santrallerin 2009 Yılı Yatırım Programına konulması teklif edilmekle birlikte, DPT; söz konusu tesis projeleri için yeterli finansman kaynağının bulunmaması, bu santrallerde yapılacak yatırımların, üretim tesislerinin özelleştirme programları ile uyumlu olmaması nedeni ile BGD tesislerinin özelleştirme çalışmaları sonrası tesisleri devir alacak özel şirketler eli ile gerçekleştirilecek şekilde planlanması” düşüncesi ile 2009 program tasarisından çıkartılmasını istemiştir [21].

Santralde kullanılan kömür, kazan dizayn değerleri içerisinde olmasına rağmen, üretilen birim kWh enerji için tüketilen ısı enerjisinin azaltılabilmesi, verim kaybının önlenmesi ve yakılan fuel-oilin miktarının azaltılmasını için; kazan içerisinde kömürün tam yanmasının sağlanabilmesi, ısı enerjisinin maksimum seviyede elektrik enerjisine dönüştürülmesinin sağlanması için gerekli olan kazan yanma optimizasyonunun yaptırılması ve yanma

parametrelerinin santral dizayn değerleri içerisinde olmasının sağlanması için kazan rehabilitasyonunun yapılması gerekmektedir [21].

Ülkemizde son yıllarda artan nüfus, toplumsal refah düzeyi, sanayinin uluslararası platformda rekabet edebilmesi gibi unsurlara bağlı olarak enerji talebi de dünya ortalamasının üzerinde artış göstermektedir. Enerji talebindeki bu hızlı artış, enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi ve enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması için bazı tedbirler alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda, yerli kömür rezervlerimize uygun yüksek verimli ve düşük emisyonlu termik santral teknolojilerinin yerli sanayi ile birlikte geliştirilmesi ve üretilmesi de bu tedbirler arasında değerlendirilmektedir. 2011 yılı itibariyle ülkemizin yerli birincil enerji kaynakları arasında en önemli yeri yaklaşık 12 milyar ton rezerv ile linyit almaktadır. Kömür cinsleri içerisinde en düşük kalorifik değere sahip olan linyit rezervlerimizin % 66'lık kısmı 1 000-2 000 kcal/kg gibi çok düşük kalitedeki linyitlerden oluşmaktadır [24].

Mevcut durumda ülkemizde termik santral teknolojileri konusunda yeterli uygulamalı bilgiye sahip yerli firma olmaması nedeniyle, gerekli teknolojilerde ihtiyaçların hemen hemen tamamına yakını yurt dışındaki firmalar tarafından sağlanmaktadır. Bunun neticesinde ülkemiz çok büyük miktarlarda döviz kaybetmekte; ayrıca, yurt dışı firmalara bağımlı kalınması nedeniyle büyük zaman ve üretim kayıpları oluşmaktadır [24].

Ülkemizde elektrik üretimi için termik santrallerde yaygın olarak kullanılan pülverize kömür yakmalı kazan (PC) teknolojisi, mikron boyutunda kömürün yüksek sıcaklıkta yakılmasını gerektirmektedir. Akışkan yataklı kazan teknolojisi ise Türk linyitleri gibi düşük kalorili yakıtların Avrupa Birliği kazan emisyonları standartlarına uygun olarak ve yanma verimi % 90–99,8 olacak şekilde yakılabilmesine olanak sağlamaktadır. Yerli linyitlerimizden en yüksek verimin elde edilebilmesi için; akışkan yataklı kazan teknolojisinin ülkemize kazandırılması büyük önem taşımaktadır [24].

Türkiye'deki enerji ihtiyacının karşılanması için yapılacak yatırımların 2023 yılına kadar toplamda yaklaşık 1 303 Milyar \$ ulaşacağı öngörüsüyle; yapılacak yatırımların yaklaşık %30'unun yerli kömür kaynaklarını daha etkin kullanacak termik santral teknolojilerinde Ar-Ge alışmaları yapılması ve bu teknolojilerin yerli sanayiye kazandırılmasıyla oluşacak pazar büyüklüğünün yaklaşık 36 milyar \$ olacağı tahmin edilmektedir. Bu çalışmalarda

ileri derecede yerli teknoloji kullanılması ve yenileştirme çalışmalarının kamu, üniversite ve yerli firmaların işbirliği ile gerçekleştirilmesinin esas alınması büyük önem taşımaktadır. İthal edilmek zorunda kalınacak teknolojilerin ise santralde kurulacak olan eğitim altyapısı ile yerli sanayiye uygulamalı bilgi birikimi olarak kazandırılması gerekmektedir [24].

Bu teknolojilerin geliştirilmesi hem bahse konu olan bu sorunları çözecek hem de gelecekte bu teknolojilere sahip olmayan diğer ülkelere bu alanda ihracat yapmak için de altyapı oluşturacaktır. Enerji sektöründeki sürdürülebilirliğin devamlılığı açısından, yıllardır süregelen bu alandaki dışa bağımlılığın azaltılması amacı ile söz konusu bu teknolojilerin yerli sanayimize kazandırılması ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir [24].

Sürdürülebilir gelişim için enerjinin üç temel bileşeni; yeterli enerji kaynağı, teknolojilerin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği ile çevre dostu olmasıdır. Bu kapsamda dünyada, gerek çevre kirliliği kaygıları ve gerekse petrole dayalı enerji kaynaklarının giderek azalmaya yüz tutması ve fiyatlarının artması nedeniyle enerji teknolojileri alanında hissedilebilir bir değişim ve gelişim süreci yaşanmaktadır. Kömür, önemli bir enerji kaynağı olmasına ve halen yaygın olarak kullanılmasına rağmen, özellikle verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerinin azaltılması açısından ileri teknolojilerin kullanımını gerekli kılmaktadır [22].

Termik santrallerin ayrılmaz bir parçası olan Baca Gazı Arıtma Sistemleri de gerek yatırım maliyeti, gerekse santral performansı açısından termik santral teknolojileri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Kömür yakıtlı termik santrallerde Baca Gazı Arıtma Tesisleri; kükürt (SO_x) arıtma, toz tutma, ve azot oksit (NO_x) arıtma sistemleri olmak üzere üç ana sistemden oluşmaktadır [23].

Mevcut durumda termik santrallerin büyük bir bölümünde kükürt arıtma sistemi bulunmamakta olup, 2012 yılı itibarıyla EÜAŞ'a bağlı toplam 7132 MW'e gücündeki kömür yakıtlı termik santrallerin % 51'ine tekabül eden 3645 MW'e gücündeki bölümünde kükürt arıtma sistemi yoktur. Mevcut haliyle, kükürt arıtma sistemi bulunan santrallerde ise sınır emisyon değerlerinin sağlanmasında büyük sıkıntılarla karşılaşılmaktadır.

Bu sorunlar nedeniyle santrallerde elektrik üretim kapasitesi ve santral emre amadeliliği düşmekte; sonuç olarak oldukça büyük maddi kayıplar yaşanmaktadır [23].

Diğer yandan, ülkemizde yürürlükte olan “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”ne göre termik santrallerdeki baca gazı kükürt dioksit sınır değeri 1 000 mg/Nm³tür. Ayrıca, bu yönetmelikte emisyon izni almamış ve özelleştirme sürecindeki termik santraller ile ilgili olarak çevre izni alma süresinin 31.12.2017 tarihini geçemeyeceği belirtilmiştir. Bununla birlikte ülkemizde ve dünyada uygulanan yönetmeliklerle, emisyon limit değerleri giderek düşürülmekte; 2019 yılında uygulamaya girecek olan “Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği”ne göre de bu değer 400 mg/Nm³ olacağı ifade edilmektedir. Emisyon limitlerinin bu şekilde düşürülmesi de, halihazırda kükürt arıtma sistemi bulunan termik santrallerin neredeyse tamamında rehabilitasyon ihtiyacı doğuracaktır [23].

Mevcut kömür yakıtlı termik santrallerimizin hiçbirinde azot oksit arıtma sistemi bulunmamaktadır. Yukarıda sözü edilen emisyon kontrol yönetmeliklerine göre santrallerde uygulanan azot oksit emisyon limiti ise 800 mg/Nm³tür. “Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği”ne göre, emisyon limit değerleri düşürülerek; 2019 yılında 200 mg/Nm³ değerine getirilecektir. Bu nedenle ülkemizde kurulacak yeni termik santraller azot oksit arıtma sistemlerini de içerecektir. Bununla birlikte EÜAŞ ve özel sektöre bağlı toplam 12 490 MW’e gücündeki santralin önemli bir bölümünde azot oksit azaltma sistemi kurulması ihtiyacı doğacaktır. Ayrıca azot oksit tutma sistemleri konusu dünyada da olgunluğa ulaşmamış, gelişmekte olan bir teknoloji konusudur [23].

Ülkemizde kükürt ve azot oksit arıtma sistemlerinin aksine kömür yakıtlı termik santrallerin tamamında toz tutma sistemleri bulunmaktadır. Ancak baca gazı toz emisyon değerleri düşürülerek 100 mg/Nm³ten 50 mg/Nm³e getirilmesi ile mevcut santrallerin bir bölümünde rehabilitasyon ihtiyacı doğacaktır [23].

Sonuç olarak, ülkemizdeki toplam elektrik üretimi kurulu gücünün her yıl artması ve kömür yakıtlı termik santrallerin kurulu güç içindeki payının yükseltilmesi nedeniyle termik santral teknolojileri ülkemiz açısından kritik bir öneme sahiptir. Termik santrallerin ayrılmaz bir parçası olan Baca Gazı Arıtma Sistemleri de gerek yatırım maliyeti, gerekse santral performansı açılarından termik santral teknolojileri içinde önemli bir yer

tutmaktadır. Ayrıca mevcut termik santrallerimizin baca gazı arıtma sistemleri açısından önemli ölçüde eksikleri bulunmaktadır. Baca gazı arıtma sistemi bulunan termik santrallerimizin neredeyse tamamında ise yönetmeliklerdeki emisyon limitlerinin düşürülmesi nedeniyle büyük rehabilitasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaca yönelik olarak, Baca Gazı Arıtma Sistemi tasarım ve kurulumu ile rehabilitasyon teknolojilerinin geliştirilmesinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır [23].

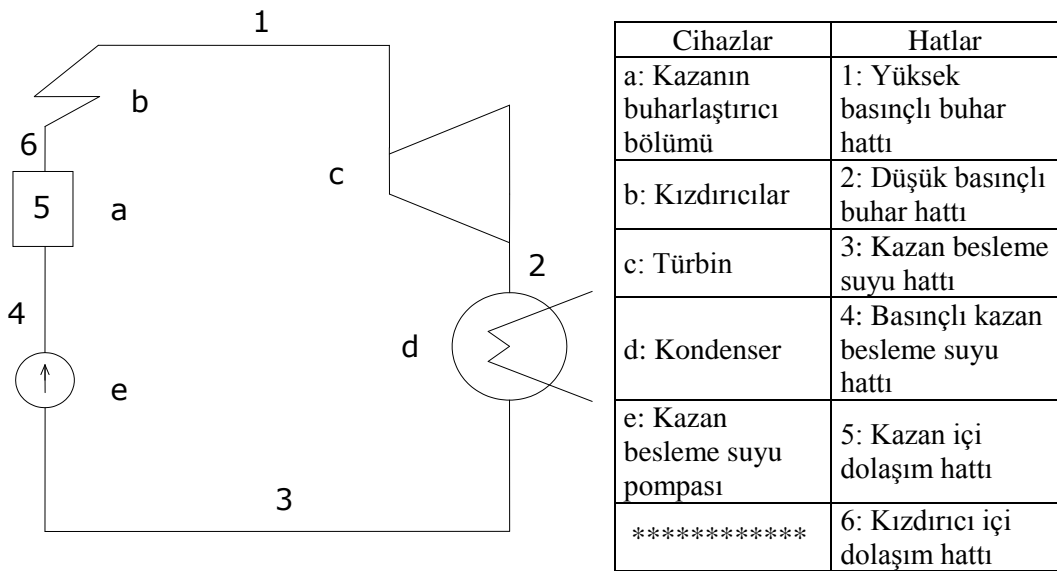
Bununla birlikte, ülkemiz baca gazı arıtma teknolojileri alanında neredeyse tamamen yurt dışına bağımlıdır. Bunun neticesi olarak, ülkemiz çok büyük miktarlarda döviz kaybetmekte ve yurt dışındaki firmalara bağımlı kalınması nedeniyle önemli zaman ve üretim kayıpları oluşmaktadır. Bu teknolojilerin geliştirilmesi hem bu sorunları çözecek hem de gelecekte bu teknolojilere sahip olmayan diğer ülkelere bu alanda ihracat yapılması için de gerekli altyapıyı oluşturacaktır [23].

Dolayısıyla, ülkemiz kömürlerine uygun, çevre mevzuatlarını sağlayabilecek yerli baca gazı arıtma teknolojilerinin Ar-Ge çalışmaları ile geliştirilmesi ve santral ölçeğinde uygulanması büyük önem arz etmektedir [23].

4. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın amacı, dönemsel ve yıllık veriler kullanılarak mevcut bir termik santralin performansını değerlendirmek ve yapılması gereken iyileştirme metotlarını ortaya koymaktır. Bu amaçla, hali hazırda ülkemizin elektrik enerjisi üretimine katkıda bulunan Çayırhan Termik Santralinin 2007-2012 yılları arasında verim değerleri incelenmiş, santralin performansında meydana gelen değişimlerin sebepleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken dönemsel şartlar, işletme şartları gibi parametrelere göre belirli noktalarda analizler yapılmıştır.

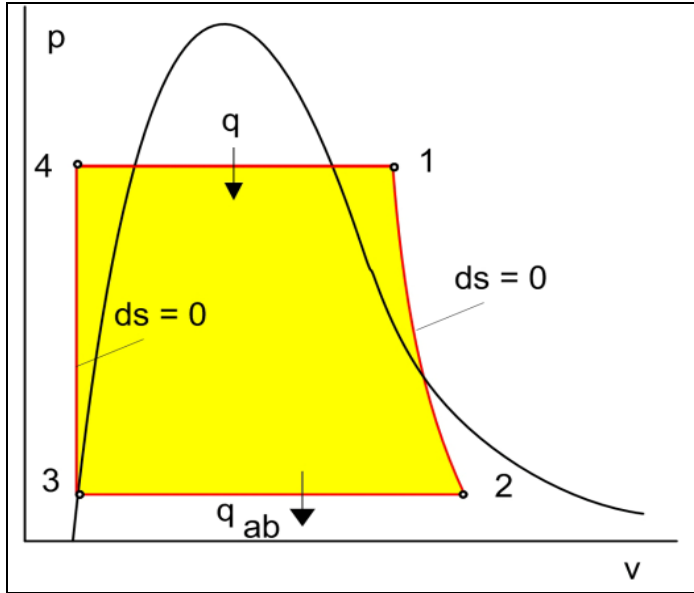
4.1. Termik Santral Çevrimi



Şekil 4.1 Basit bir buhar santrali çevrimi

Şekil 4.1’de bir buhar santrali en basit şekliyle gösterilmiştir. Kazanın buharlaştırıcı bölümünde (a) yüksek basınç altında (kazan basıncı) bulunan besleme suyu, düşük bir sıcaklıktan (kondensat sıcaklığı) buharlaşma sıcaklığına kadar izobar olarak ısıtılır ve buharlaştırılır. Doymuş buhar, daha sonra kızdırıcılarda (b) kızdırılır. Buradan çıkan kızgın buharın sıcaklığına “taze buhar sıcaklığı” denir. Kızgın buhar daha sonra türbinde (c) adyabatik olarak kondenser basıncına kadar genişler. Bu genişleme sırasında buhar sıcaklığı (da) kondensat sıcaklığına kadar düşer. Türbinden çıkan çürük buhar kondenserde (d) izobar ve izotermik olarak yoğuşturulur. Bu yoğuşmanın sağlanabilmesi için, soğutma

suyu ile buharın kondensasyon ısısının alınması gerekir. Son olarak kondensat besleme suyu pompası (e) ile tekrar adyabatik olarak kazan basıncına çıkartılır. Borulardaki sürtünme ve ısı kayıplarını dikkate almazsak, bu çevrimde besleme suyu pompası çıkışından türbin girişine kadar devam eden sabit basınca kazan basıncı, türbin çıkışından besleme suyu pompası girişine kadar devam eden sabit basınca da kondenser basıncı denir. Taze buhar sıcaklığı kızdırıcı çıkışından türbin girişine kadar, kondensat sıcaklığı ise türbin çıkışından kazan girişine kadar sabit olarak devam eder. Yani yüksek basınç besleme suyu pompasında, yüksek sıcaklık ise kazanda elde edilir. Her ikisi de türbinde düşüşe uğrar. Bu çevrime Clausius-Rankine çevrimi denir [9].



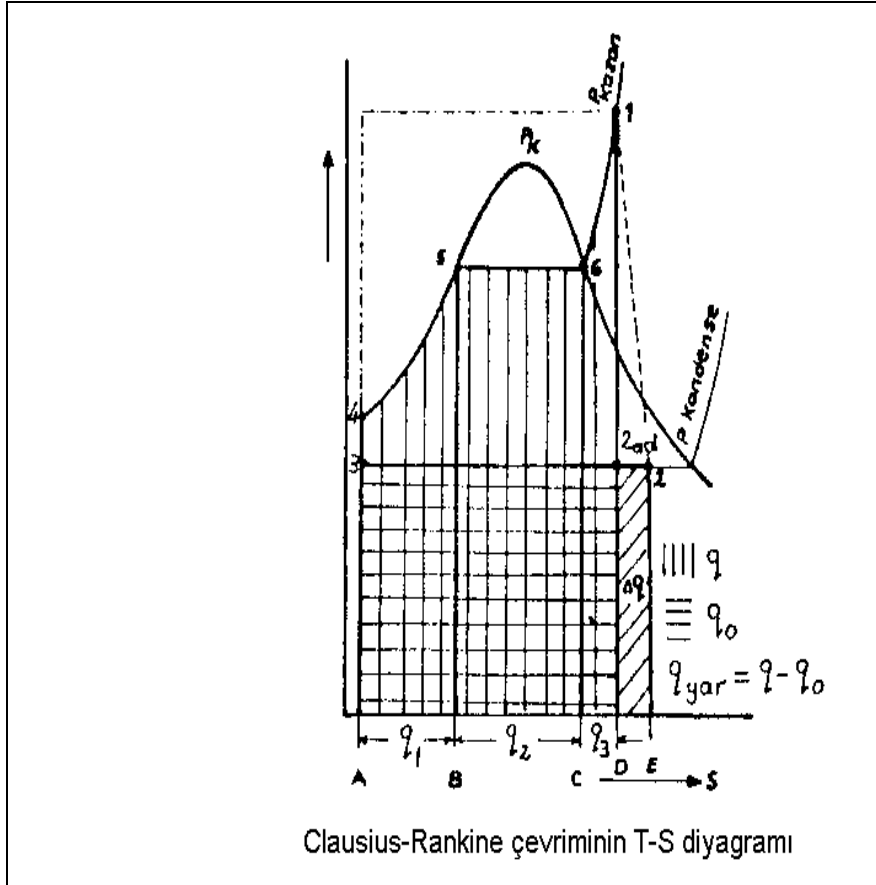
Şekil 4.2. Basit Buhar Santrali Çevriminin p-V diyagramı

Clausius-Rankine çevrimi, buhar santrallerinin gerçek su-buhar çevrimi ile karşılaştırılabilmesi yönünden önem taşır. Bu çevrim ideal bir çevrimdir. Çünkü pratikteki izobar ve adyabatik durum değişikliklerinden meydana gelen sapmalar yok sayılmıştır. Clausius-Rankine çevrimi, şekil 4.1. ve şekil 4.2 'deki sayılar kullanılarak şekil 4.3'teki T-s diyagramında yeniden gösterilmiştir [9].

Besleme suyu pompası durum 3 teki suyu kondenser basıncından kazan basıncına kadar sıkıştırır (durum4). Bu, izantropik bir işlemdir. Durum 4 teki su kazanda, izobar olarak durum 5'e kadar ısıtılır ve bu arada suya q_1 ısı verilmış olur. Durum 5 de kazan basıncının karşılığı olan buharlaşma sıcaklığına erişilmiştir. Daha sonra suya q_2 ısı verilerek 5-6 çizgisi boyunca buharlaştırılır ve sonunda q_3 ısısının verilmesiyle 6-1 çizgisi boyunca kızdırılır. Şu halde kazana verilen toplam ısı miktarı [9].

$$q = q_1 + q_2 + q_3 \quad (4.1)$$

T_1 sıcaklığına kadar kızdırılmış olan buhar, türbinde kondenser basıncına kadar eş entropide geniştilir. Türbinden çıkan buhar, kondenserde Q_{D2ad3A} ısısını vererek yoğuşur. Bu ısıyı q_0 ile gösterelim [9].



Şekil 4.3.Çevrimin T-s diyagramı

4.1.1. Termik santralin verimi

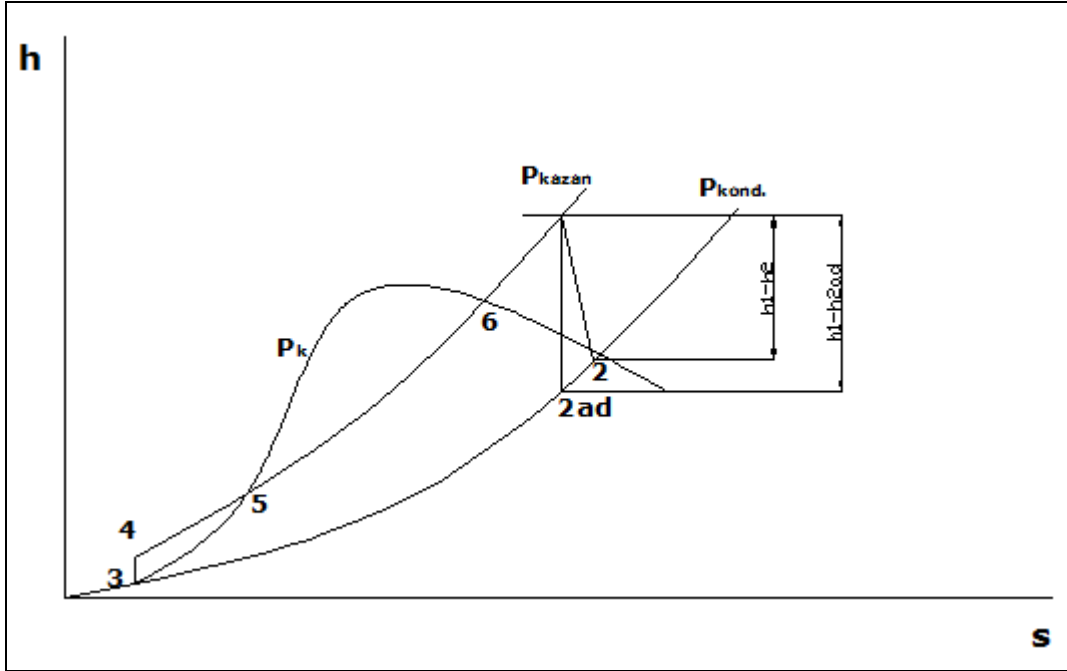
Şekil 4.3'teki T-s diyagramında, kazana verilen toplam q ısısı ve kondenserden alınan q_0 ısısı, bu ısıların karşılığı olan alanlar ile gösterilmiştir. Bu iki değer farkı yararlı ısı miktarını (q_{yar}) verir. Bu yararlı ısı miktarı şekilde 1-2ad-3-4-5-6-1 ile gösterilmiş olan çevrimin içerisinde kalan alana eşittir ve teorik olarak, türbinde yararlı işe dönüşür [9].

$$q_{yar} = q - q_0 \quad (4.2)$$

Yararlı işin, kazana verilen toplam ısıya olan oranı bize Clausius-Rankine çevriminin termik (ısı) verimi hakkında bir fikir verebilir [9].

$$\eta = q_{yar}/q = q - q_0 \quad (4.3)$$

Termodinamik hesaplarda h-s diyagramı T-s diyagramına oranla çok daha kullanışlıdır. Çünkü bu diyagramlardan elde edilen entalpi düşüşleri, basit formüller yardımı ile bizi sonuca ulaştırır.



Şekil 4.4. Çevrimin h-s diyagramı

4-5-6-1 çizgisi boyunca meydana gelen izobar buharlaşma sırasında verilen ısı miktarı:

$$q = \int dq = \int dh = h_1 - h_2 \quad (4.4)$$

Aynı şekilde 2ad-3 eğrisi boyunca meydana gelen izobar yoğuşma sırasında sistemden alınan (sistemin dışarı verdiği) ısı miktarı:

$$q_0 = h_{2ad} - h_3 \quad (4.5)$$

Bulduğumuz denklemler yerine konulursa ısıl verimi kolayca bulunabilir.

$$\eta_{ter.} = 1 - \frac{(h_{2ad} - h_3)}{(h_1 - h_2)} \quad (4.6)$$

Buna “Basit buhar çevriminin ısıl verimi” de denilebilir. Besleme pompasının işi türbin işi yanında yok sayılırsa denklem basitleşerek şu hale dönüşür.

$$\eta_{\text{ter}} = \frac{(h_1 - h_{2\text{ad}})}{(h_1 - h_4)} \quad (4.7)$$

Isıl verim, bu çevrimin belirli basınç ve sıcaklık şartlarında teorik olarak erişebileceği en yüksek değeri vermektedir. Clausius-Rankine çevriminde izobar ve adyabatik olarak kabul edilen durum değişiklikleri, gerçekte elde edilmeyecek ideal değişikliklerdir. Bu nedenle, pratikte teorik değerlerden sapmalar meydana gelir. Örneğin türbinde adyabatik olarak genişlediğini kabul ettiğimiz buhar, gerçekte ısısının bir bölümünü çevreye geçirir. Dolayısı ile buharın kondenser basıncına kadar genişlemesi 1-2ad çizgisi yerine 1-2 çizgisi boyunca meydana gelir. Bu ise teorik olarak elde edilebilecek maksimum entalpi düşümüne oranla daha küçük bir entalpi düşümü sağlar. Yani bu nedenle bir miktar termodinamik kayıp meydana gelir. Bu kayıp türbinin “iç verimi” ile dikkate alınır. Türbinin iç verimi, türbindeki gerçek işin teorik türbin işine olan oranıdır [9].

$$\eta_{\text{iç}} = \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_{2\text{ad}})} \quad (4.8)$$

O halde termik verim ile iç verim bize gerçek termik verimi (ısıl verim) verecektir.

$$\eta_{\text{ger}} = \eta_{\text{ter}} \cdot \eta_{\text{iç}} = \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_4)} \quad (4.9)$$

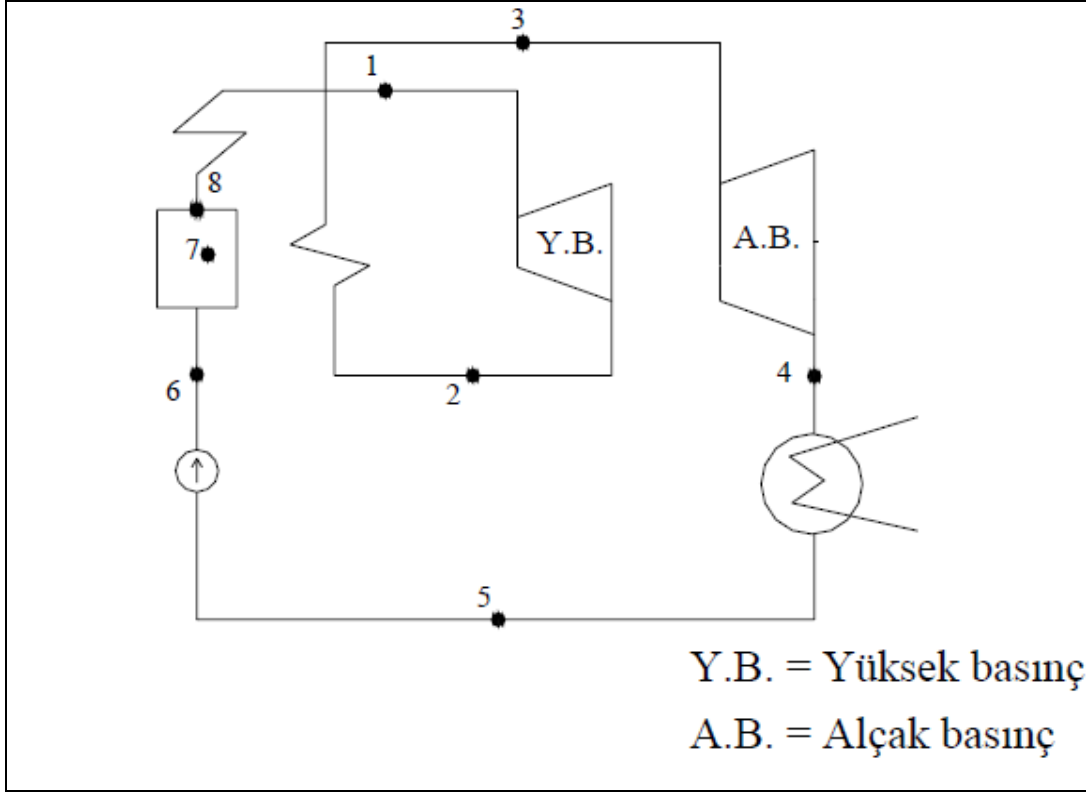
4.1.2. Çevrim verimini artırma yolları

Ara kızdırma

Buhar çevriminde başlangıç basıncı artırılıp, kondenser basıncı sabit tutulursa entalpi düşüş miktarı artar. Ancak basınç arttırılırken aynı anda sıcaklık da arttırılmazsa ıslak buhar bölgesine girilmiş olur. Termik ve mekanik nedenlerle, türbin çıkışındaki buhar ıslaklığı %10'dan büyük olmamalıdır ($1-x < 0,10$). Aksi halde su damlacıkları türbin kanatlarında erozyona sebep olur [9].

Buharın ıslaklık derecesi, buhar basıncı arttırıldığında, buhar sıcaklığının da arttırılması ile gerekli limitlerin altında tutulabilirse de bu çok zordur ve büyük harcamaları gerektirir.

Bu nedenle türbin tek bir gövde yerine, yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç gövdelerinden meydana getirilir. Taze buhar önce yüksek basınç basamaklarından geçerek sınır eğrisi yakınlarına kadar genişler [9].



Şekil 4.5. Ara kızdırmalı bir buhar santrali

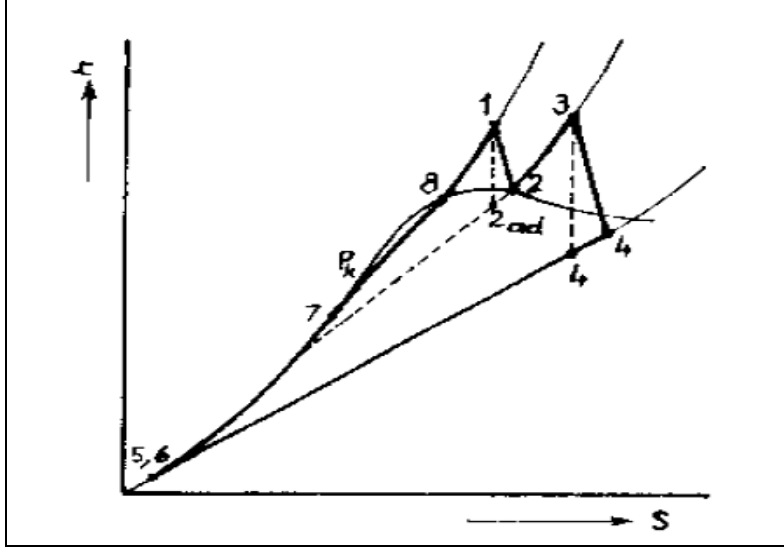
Daha sonra türbinden çıkan buhar, ara kızdırıcıda izobar olarak (2-3) yeniden ve mümkünse başlangıç sıcaklığına kadar kızdırılır. Buradan çıkan buhar türbinin orta basınç ve alçak basınç basamaklarından geçerek kondenser basıncına kadar genişler. Bu yolla buharın ıslaklık derecesi istenilen limitler içerisinde tutulmuş olur [9].

Şekil 4.5.'de ki ara kızdırmadaki buhar santralının h-s diyagramı şekil 4.6.'da görülmektedir. Böyle bir buhar çevrimi için gerçek ısı verimi aşağıdaki gibidir.

$$\eta = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)}{(h_1 - h_5) + (h_3 - h_2)} \quad (4.10)$$

Ara kızdırma, buhar çevrimi veriminde % 3-5 oranında bir artma sağlar. Ancak bununda bazı dezavantajları yok değildir. Türbinler çok gövdeli ve uzundur, yol vermesi daha

zordur, gerekli boru miktarı çok fazladır ve ara kızdırıcının eklenmesi sonucu kazan maliyeti daha yüksektir [9].

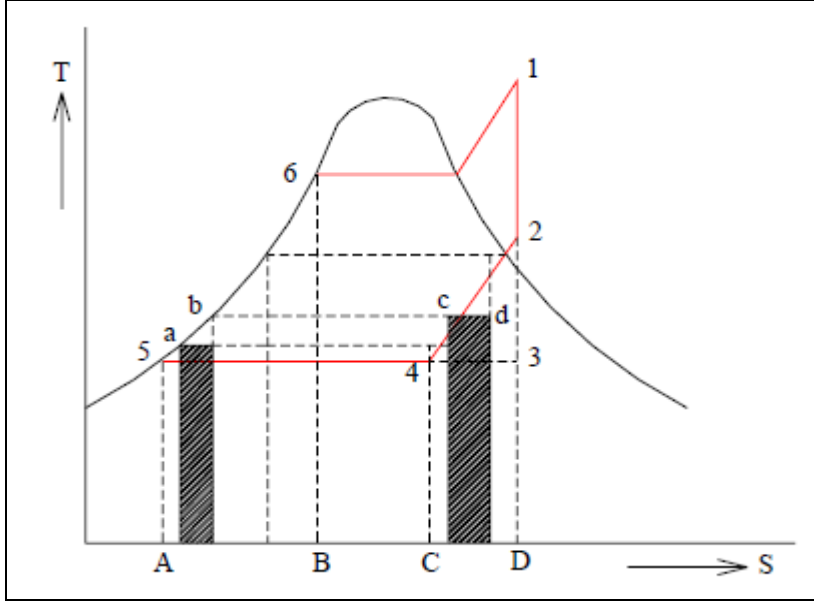


Şekil 4.6.Ara kızdırmalı bir buhar santralinin h-s diyagramı

Ara buhar alma

Buhar çevrimini yükseltmek için uygulanabilecek bir başka metot da türbin kademelerinden alınan ara buhar ile besleme suyuna ön ısıtma uygulanmasıdır. Bu metoda rejeneratif metot da denilmektedir [9].

İdeal bir çevrimde ısının tümü, Carnot çevriminde olduğu gibi, mümkün olan en yüksek sıcaklıkta türbine verilmeli ve en düşük sıcaklıkta çekilmelidir. Ara buhar alma ile bu şart yaklaşık olarak sağlanabilir. Şekil 4.7'de böyle bir çevrimin T-s diyagramı ve bu çevrime göre çalışan düzenin çalışma şeması görülmektedir [9].



Şekil 4.7. Ara buharlı bir santralin çalışma şeması ve T-s diyagramı

Türbin içerisinde genişlemekte olan buharın bir bölümü genişlemesini tamamlayamadan türbinin kimi basamaklarından alınır ve besleme suyunun ön ısıtılmasında kullanılır. Geri kalan bölüm Clausius-Rankine çevriminde olduğu gibi türbinde, kondenser basıncına kadar genişler. Çok sayıda ara buhar alınması halinde genişleme yaklaşık olarak 2-4 eğrisini takip eder ve yararlı iş alanı 1-2-4-5-6-7-1 dir. (A56B) alanı ara buhardan sağlanan ısıyı, (B6712D) alanı da kazana verilen toplam ısıyı göstermektedir. Bu ideal çevrimin verimi besleme pompasının işi yok sayılarak şöyle yazılabilir [9].

$$\eta = 1 - \frac{(h_4 - h_5)}{(h_1 - h_6)} \quad (4.11)$$

Ara buhar alma, çevrim verimini %10 kadar artırır. Buhar santrallerinde ara buhar alma ve ara kızdırma çoğunlukla beraberce yapılır [9].

4.2. Çayırhan Termik Santrali (ÇTS)

Çayırhan Termik Santrali Ankara'nın 120 km kuzey doğusunda Beypazarı ve Nallıhan ilçeleri arasında yer almaktadır. ÇTS kömür püskürtmeli bir santral olup, kapalı maden ocaklarından çıkarılan düşük kalorili linyitleri yakıt olarak kullanmak üzere kurulmuştur. Ocaklardan çıkarılan düşük kaliteli kömür, linyit yıkama tesislerinde (lavvar) zenginleştirildikten sonra taşıyıcı bantlarla park sahasına getirilir. Burada bulunan 5 adet

park makinesi sayesinde kömür taşıyıcı bantlara santral bünyesinde bulunan kömür bunkerlerine taşınır. Bunkerlerden değirmenlere aktarılan kömür değirmenlerde öğütülerek toz haline getirilir ve yanmak üzere kazana püskürtülür. Sistemin su ihtiyacı Çayırhan civarında bulunan Sarıyar Baraj gölünden sağlanmakta olup, buradan temin edilen su arıtma işlemlerinden geçirildikten sonra kazana aktarılır. Santralde su borulu tip kazanlar kazanlar kullanılmaktadır.

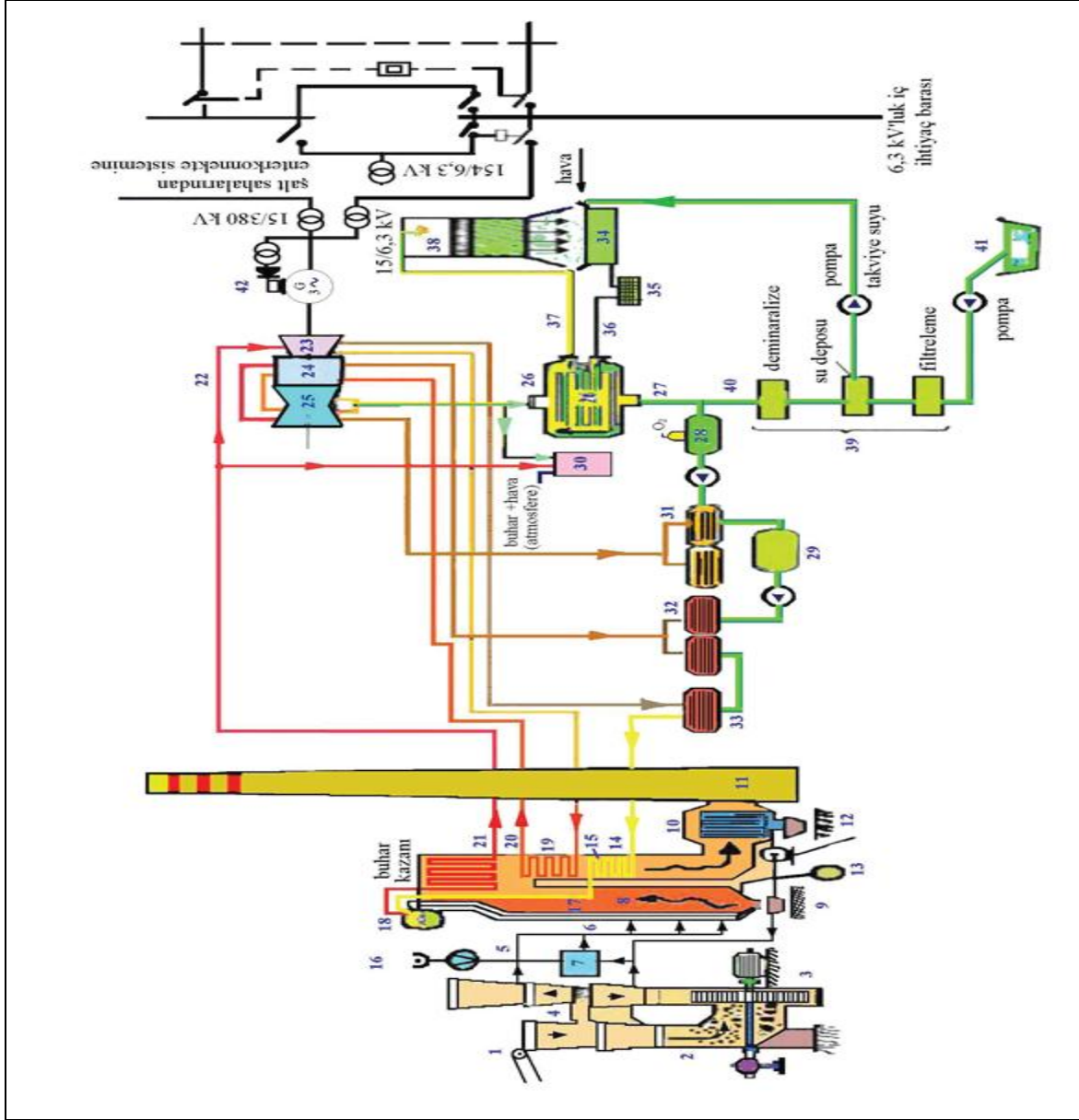
Çayırhan Termik Santrali toplam 1 ve 2'nci üniteleri 150 MW, 3 ve 4'üncü üniteleri 160 MW gücünde toplamda 620 MW kurulu güce sahip, dört üniteden oluşmaktadır.

Çizelge 4.1. Çayırhan termik santrali kapasite ve kömür değerleri

	Yıllık toplam üretim (kWh/yıl)	Kömür kalori değerleri (kcal/kg)	Kömür kül oranı (%)	Kömür nem oranı (%)	Kükürt oranı (%)
I-II. üniteler	2 000 000 000	2 200	29,9	27,5	4,65
III-IV. üniteler	2 200 000 000	2 000	(30-45)	20-30)	4

Çayırhan Termik santralinde ana yakıt olarak santralin karşısında kurulu olan maden ocaklarından temin edilen linyit kömürü kullanılmaktadır.

Yıllık gerekli linyit miktarı 5 000 000 Ton'dur. Santralde yardımcı yakıt olarak fuel-oil ve motorin kullanılmaktadır. Termik santral 5 032 000 m² alan üzerine kurulmuştur. Santralin 1 ve 2'nci üniteleri 1987 yılında, 3 ve 4'üncü sırasıyla 1998 ve 1999 yıllarında devreye girmiştir. Santral 2000 yılından bu yana özel bir iştirak tarafından işletilmektedir. Şekil 4.8'de santralin şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.8. Çayırhan termik santralinin şematik görüntüsü

1. Kömür bantları
2. Bunker: Santral binasında kömürün değirmene girmeden bekletildiği yer.
3. Değirmen: Bunkerden alınan kömürün öğütülerek toz haline getirildiği yer.
4. Elek: Değirmenden gelen kömürün elendiği yer.
5. Toz kömür kanalları
6. Yakıcı: Yanma odasında toz haline gelen kömürü püskürtme işlemi yaparak yanmasını sağlayan bölüm. Fuel-oil yakıcıları (Lans) ise kazanın ilk ateşlenmesinde kömürü yakabilecek sıcaklığa ulaşması için fuel-oil yakmak için kullanılan bir çeşit brülördür.
7. Luvo: Yanma için gerekli olan havanın ısıtıldığı yer.
8. Yanma odası: Kazan içinde kömürün yakıldığı bölüm.

9. Yanma odasının külü.
10. Elektro filtre: Baca gazı içerisinde bulunan kül taneciklerinin elektrostatik tutucular vasıtasıyla baca gazından ayrıştırıldığı yerdir.
11. Baca: Kazan içerisinde işi biten ve duman gazının dışa atıldığı yer.
12. Elektro filtreden ayrılan kül parçaları.
13. Kazanı ilk ateşlemek için kullanılan fuel-oil deposu
14. Ekonomizer girişi: Kazan giriş suyunun baca gazı ile ısıtıldığı bölüm
15. Ekonomizer çıkış borusu
16. Temiz hava
17. Buharlaştırıcı boru
18. Dom: Ekonomizer ve buharlaştırıcı borulardan gelen suyun toplandığı, yarısı buhar yarısı su olan tanktır.
19. Düşük sıcaklıktaki kızdırıcı: Kazan içerisindeki suyun ısıtıldığı borulardır.
20. Orta basınç türbinine giden hat
21. Yüksek sıcaklıktaki kızdırıcı boruları: Dom'un üst kısmında bulunan 355°C yakın buharın 535°C'ye yükseltildiği kısımdır.
22. Yüksek basınç türbinine giden buhar çıkış hattı
23. Yüksek basınç buhar türbini: Kızgın buharın türbine ilk verildiği bölüm. Ortam sıcaklığında bekleyen türbine 535°C'de buharı verdiğimizde ilk anda malzeme yapısında şok etkisi yapar. Bu nedenle türbine buhar ilk defa kademe kademe zaman aralıkları ile verilir.
24. Orta basınç türbini: Yüksek basınç türbininden sonra ikinci kademe buharın türbine verildiği yerdir.
25. Alçak basınç türbini: Orta basınç türbininden çıkan, buharın buhar türbinine verildiği yerdir.
26. Kondenser: Alçak basınç türbininde işi bitmiş, çürük buharın toplandığı yer (0,5 bar).
27. Kazan besleme suyu hattı
28. Degazör: Kondenserdan gelen yoğunlaşmış buharın su haline gelerek toplandığı su tankı ve aynı zamanda kazan tasfiye sisteminden gelen saf suyun da depolandığı su tankıdır.
29. Besleme suyu tankı: Degazörden gelen suyun ısıtıcı eşanjörlerden geçirilerek toplandığı su tankı.
30. Buhar enjektörü: Buhar enjektörünün görevi; kondenserin içindeki havayı alarak kondenserin iç basıncını atmosfer basıncı altında tutmaktır. Buhar enjektöründe akışkan olarak kazandan gelen taze buhar kullanılır. Çıkışında buhar+gaz bulunmaktadır.
31. Kondenserdan emdiği hava ile birlikte kullandığı buharı da atmosfere atar. Atmosfer havasının kondenserin içine girmesini engeller. Yani acık hava basıncı ile kondenser arasında tıkaç vazifesini görür.
32. Alçak basınç su ısıtıcısı
33. Orta basınç su ısıtıcısı

34. Yüksek basınç su ısıtıcısı
35. Soğutma kulesi su havuzu
36. Elek(filtre): Su havuzundan gelen suyun süzüldeği yer
37. Soğuk su hattı
38. Sıcak su hattı
39. Soğutma kulesi: Kondenserde alçak basınç türbininden gelen buharı yoğunlaştıran soğuk su, ısı alış verışı sonucu kendisi de ısınır. Isınan bu soğutma suyunun tekrar kullanılması için soğutma kulesinin üst kısmından yağmurlama şeklinde bırakılarak soğuması sağlanır.
40. Su tasfiye sistemi: Sarıyar baraj gölünden alınan suyun arıtılarak saf su haline getirildiği üniteler.
41. Kazan besleme ilave su hattı
42. Sarıyar baraj gölü
43. Türbin miline bağılı olan ve mekanik enerjiyi, alternatif akım elektrik enerjisine dönüştüren ünitedir. Jeneratör ve alternatör aynı anlama gelmektedir.
44. Alternator

Çizelge 4.2’de santralin yapımında görev alan firmalar ve görevleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Santralin yapımında görev alan firmalar

Austrian Energy Enviroment-Spg Waagner Biro Gmbh/ AVUSTURYA	(Konsorsiyum Lideri) Buhar Üretim Tesisi ve Üretim Yardımcıları, Kül Atma Sistemi, Kömür Hazırlama Ünitesi, Trafolar, Şalt Sahası, Saf Su Hazırlama Ünitesi
Gür-İş İnşaat ve Mühendislik A.Ş./TÜRKİYE	İnşaat İşleri ve mekanik montaj, yerli imalat
Mitsubishi Corporation /JAPONYA	Türbin, Jeneratör ve Yardımcı Sistemler
Gottfried Bischoff GMBH/ALMANYA	Baca gazı (kükürt) Arıtma Ünitesi
Siemens Aktien Gesellschaft/ALMANYA	Kontrol Sistemleri

Çizelge 4.3'te santralin buhar kapasiteleri ve özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4.3. Çayırhan termik santrali buhar kapasiteleri ve özellikleri

	1-2.Üniteler	3-4.Üniteler
Taze buhar debisi (t/h)	480	480
Taze buhar çıkış sıcaklığı (°C)	535	538
Taze buhar çıkış basıncı (bar)	136	137
Tekrar kızdırıcı çıkış sıcaklığı (°C)	535	538
Tekrar kızdırıcı çıkış basıncı (bar)	37	36
Tekrar kızdırıcı giriş sıcaklığı (°C)	363	363

Çizelge 4.4.'te Santralde bulunan kömür değirmenlerinin özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çayırhan termik santralinde bulunan kömür değirmenlerinin özellikleri

	1-2.Üniteler	3-4.Üniteler
Tipi	Savurmalı-Fanlı	Çekiçli-Fanlı
Adet	6	6
Kapasite (t/h)	28	46
Motor Gücü (kWh/kV)	600	690 kWh

Çizelge 4.5'te Santralde bulunan türbinlere ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çayırhan termik santralinde bulunan türbin özellikleri

	1-2.Üniteler	3-4.Üniteler
Adet	3	3
Tip	Kondenserli, üç kademeli	Kondenserli, üç kademeli
Güç (MW)	157,34	160
Türbin Buhar Giriş Basıncı (bar)	135	136
Tam Yükte Buhar Debisi (t/h)	480	490
Taze Buhar Sıcaklığı (°C)	535	535
Türbini Terk Eden Buhar Basıncı (bar)	0,059	0,070
Türbin Hızı (d/d)	3000	3000

Çizelge 4.6'da santralde bulunan jeneratörlere ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çayırhan Termik santralinde bulunan jeneratör özellikleri

	1-2.Üniteler	3-4.Üniteler
Adet	1	1
Tipi	Hidrojen soğutmalı,Statik İkazlı	Hidrojen soğutmalı,Statik İkazlı
Gerilimi (kV)	15	15
Çıkış Gücü (MW)	157,34	160,650
Güç (MVA)	188	189
Güç Faktörü	0,85	0,85
Hidrojen Basıncı (bar)	2	2

Çizelge 4.7’de santralde bulunan kondense sistemine ait özelliklere yer verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çayırhan termik santralinde bulunan kondense sistemi özellikleri

	1-2.Üniteler	3-4.Üniteler
Adet	1	1
Soğutma Yüzeyi (m ²)	8 760	6 600
Vakum (bar)	0,059	0,070
Toplam Tüp Sayısı	12 400	8 236
Etkili Tüp Uzunluğu (mm)	8 850	8 035
Soğutma Suyu Giriş Sıcaklığı (°C)	22	24
Soğutma Suyu Miktarı (m ³ /h)	18 400	20 000

Çizelge 4.8’de santralin 2012 yılındaki brüt üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için ünitelere göre brüt üretim miktarları

AYLAR	BİRİMİ	BRÜT ÜRETİM MİKTARLARI				TOPLAM AYLIK ÜRETİM MİKTARI
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	kWh	92590000	94938000	97335000	102549000	387412000
ŞUBAT	kWh	84324000	16187000	98676000	90009000	289196000
MART	kWh	95568000	86219000	91995000	37497000	311279000
NİSAN	kWh	92832000	94692000	73104000	86022000	346650000
MAYIS	kWh	89516000	100304000	100185000	106398000	396403000
HAZİRAN	kWh	89162000	93432000	100545000	104325000	387464000
TEMMUZ	kWh	99095000	98757000	106398000	108267000	412517000
AĞUSTOS	kWh	71696000	99909000	98334000	106572000	376511000
EYLÜL	kWh	37252000	95212000	81621000	99378000	313463000
EKİM	kWh	98667000	93306000	47274000	103029000	342276000
KASIM	kWh	97586000	81746000	96000000	103638000	378970000
ARALIK	kWh	87713000	101334000	107688000	105048000	401783000

Çizelge 4.9'da santralin 2012 yılındaki iç tüketim enerji miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.9. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için ünitelere göre iç tüketim enerji miktarları

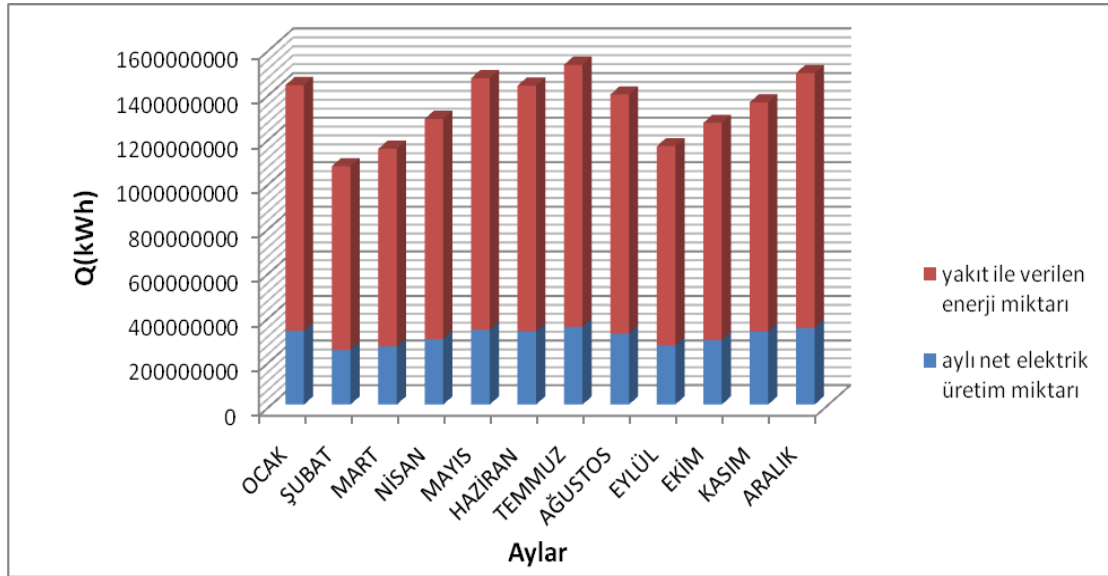
AYLAR	BİRİMİ	İÇ TÜKETİM MİKTARLARI				TOPLAM AYLIK İÇ TÜKETİM MİKTARI
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	kWh	15135989	17283121	12207994	12624976	57252080
ŞUBAT	kWh	17673092	3355368	11978193	11000347	44007000
MART	kWh	18465644	15825526	11654698	4827252	50773120
NİSAN	kWh	16421134	15077326	9534288	11042032	52074780
MAYIS	kWh	16081546	19066134	12654639	13244651	61046970
HAZİRAN	kWh	16128669	18315791	12511425	12852365	59808250
TEMMUZ	kWh	17550561	19088289	13142595	13117825	62899270
AĞUSTOS	kWh	12745607	19260683	12375175	13162605	57544070
EYLÜL	kWh	6778287	18469273	10109293	12121197	47478050
EKİM	kWh	16838247	17472843	5637409	13411481	53359980
KASIM	kWh	14347717	13641973	10662975	13024975	51677640
ARALIK	kWh	14368133	19377177	12084599	12802531	58632440

Çizelge 4.10'da santralin 2012 yılındaki aylık net üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık net üretim miktarları

AYLAR	BİRİMİ	TOPLAM BRÜT ÜRETİM MİKTARI	TOPLAM İÇ TÜKETİM MİKTARI	AYLIK NET ÜRETİM MİKTARI
OCAK	kWh	387412000	57252080	330159920
ŞUBAT	kWh	289196000	44007000	245189000
MART	kWh	311279000	50773120	260505880
NİSAN	kWh	346650000	52074780	294575220
MAYIS	kWh	396403000	61046970	335356030
HAZİRAN	kWh	387464000	59808250	327655750
TEMMUZ	kWh	412517000	62899270	349617730
AĞUSTOS	kWh	376511000	57544070	318966930
EYLÜL	kWh	313463000	47478050	265984950
EKİM	kWh	342276000	53359980	288916020
KASIM	kWh	378970000	51677640	327292360
ARALIK	kWh	401783000	58632440	343150560

Şekil 4.9'te 2012 yılı için yakıt ile verilen enerji ile aylık net üretim miktarlarının değerleri grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.9.2012 yılı elektrik üretimi

Çizelge 4.11'de santralin 2012 yılındaki aylık kömür tüketim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.11. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık kömür tüketimi

AYLAR	BİRİMİ	KULLANILAN KÖMÜR MİKTARI				TOPLAM AYLIK
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	Ton	106478	109183	140020	143380	499061
ŞUBAT	Ton	96975	18616	141380	125070	382041
MART	Ton	109904	99153	144170	54250	407477
NİSAN	Ton	100581	102583	99840	116178	419182
MAYIS	Ton	103834	116353	138450	142830	501467
HAZİRAN	Ton	103430	108377	128650	133800	474257
TEMMUZ	Ton	107086	106133	131700	132850	477769
AĞUSTOS	Ton	89631	124903	116200	126500	457234
EYLÜL	Ton	46648	119030	94150	110400	370228
EKİM	Ton	123348	116653	50000	104250	394251
KASIM	Ton	122003	102192	97480	104530	426205
ARALIK	Ton	104910	121208	123100	117700	466918

Çizelge 4.12’de santralin 2012 yılındaki aylık motorin tüketim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.12. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık motorin tüketimi

AYLAR	BİRİMİ	KULLANILAN MOTORİN MİKTARI				TOPLAM AYLIK
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	Ton	15,7	4,8	13,5	15,5	49,5
ŞUBAT	Ton	10,0	0,0	8,0	11,6	29,6
MART	Ton	4,0	25,2	16,5	1,0	46,7
NİSAN	Ton	5,0	7,0	5,2	20,4	37,6
MAYIS	Ton	27,2	4,0	13,0	8,0	52,2
HAZİRAN	Ton	8,8	2,0	9,0	7,0	26,8
TEMMUZ	Ton	5,0	5,0	7,0	6,9	23,9
AĞUSTOS	Ton	5,0	5,0	18,9	13,0	41,9
EYLÜL	Ton	14,0	9,4	4,0	12,0	39,4
EKİM	Ton	5,0	16,1	10,4	11,0	42,5
KASIM	Ton	0,0	24,0	12,0	7,7	43,6
ARALIK	Ton	18,9	5,0	5,0	13,0	41,9

Çizelge 4.13’te santralin 2012 yılındaki aylık fuel-oil tüketim miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.13. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık fuel-oil tüketimi

AYLAR	BİRİMİ	KULLANILAN FUEL-OİL MİKTARI				TOPLAM AYLIK
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	Ton	184,0	96,0	107,6	121,0	508,6
ŞUBAT	Ton	92,0	3,0	72,8	86,9	254,6
MART	Ton	51,0	186,7	104,8	26,0	368,4
NİSAN	Ton	35,0	55,0	42,5	174,5	307,0
MAYIS	Ton	152,8	44,0	129,9	77,0	403,7
HAZİRAN	Ton	93,0	32,0	78,0	68,0	271,0
TEMMUZ	Ton	68,1	44,0	147,6	60,6	320,3
AĞUSTOS	Ton	60,5	44,0	154,9	120,0	379,4
EYLÜL	Ton	105,9	120,0	54,9	89,9	370,7
EKİM	Ton	23,0	96,6	170,6	113,0	403,2
KASIM	Ton	5,0	168,1	115,8	104,9	393,8
ARALIK	Ton	108,0	25,0	30,0	125,3	288,3

Çizelge 4.14'te santralde kullanılan kömürün alt ısıl değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.14. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için aylık kömür alt ısıl değerleri

AYLAR	BİRİMİ	KULLANILAN KÖMÜR A.I.D			
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE
OCAK	kcal/kg	2110	2120	1694	1740
ŞUBAT	kcal/kg	2118	2125	1704	1755
MART	kcal/kg	2124	2110	1555	1688
NİSAN	kcal/kg	2255	2254	1788	1795
MAYIS	kcal/kg	2094	2106	1762	1818
HAZİRAN	kcal/kg	2100	2107	1907	1904
TEMMUZ	kcal/kg	2260	2273	1966	1990
AĞUSTOS	kcal/kg	1951	1955	2062	2046
EYLÜL	kcal/kg	1931	1948	2116	2196
EKİM	kcal/kg	1955	1950	2280	2406
KASIM	kcal/kg	1958	1942	2186	2193
ARALIK	kcal/kg	2034	2044	2139	2173

Çizelge 4.15'te santralin 2012 yılındaki aylık çalışma saatleri verilmiştir.

Çizelge 4.15. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için çalışma saatleri

AYLAR	AYLIK ÇALIŞMA SAATİ				TOPLAM
	I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	726	743	683	717	2869
ŞUBAT	655	119	685	633	2092
MART	740	632	644	263	2279
NİSAN	694	690	501	591	2476
MAYIS	675	721	679	717	2792
HAZİRAN	691	719	676	698	2784
TEMMUZ	731	721	721	718	2891
AĞUSTOS	525	718	666	710	2619
EYLÜL	270	686	548	661	2165
EKİM	716	673	320	692	2401
KASIM	720	583	633	679	2615
ARALIK	647	725	710	689	2771

Çizelge 4.16'da santralin 2012 yılındaki üretilen buhar miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.16. Çayırhan termik santralinde 2012 yılı için üretilen buhar miktarları

AYLAR	BİRİMİ	ÜRETİLEN BUHAR MİKTARI				TOPLAM
		I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
OCAK	Ton	290396	273312	328239	331140	1223088
ŞUBAT	Ton	266081	44571	329940	290833	931425
MART	Ton	297382	262078	304054	122537	986052
NİSAN	Ton	287791	274657	238617	280060	1081125
MAYIS	Ton	282913	285689	326805	342308	1237715
HAZİRAN	Ton	277170	266394	316064	335132	1194760
TEMMUZ	Ton	312048	287416	341600	348565	1289629
AĞUSTOS	Ton	226976	286518	325668	344770	1183932
EYLÜL	Ton	124028	269873	257753	321370	973024
EKİM	Ton	310755	262300	157772	330927	1061754
KASIM	Ton	305033	237239	317939	333973	1194184
ARALIK	Ton	284096	286934	338075	340186	1249292

4.3. Verim Hesaplamaları

Verim hesapları Çayırhan Termik Santrali Teknik Büro Amirliğinden alınan 2007 ile 2012 yılları arasındaki veriler kullanılarak yapılmıştır. Bir santral performansının değerlendirilmesi kapsamında Boru verimi, Türbin verimi, Kazan verimi ve Termik verim olmak üzere dört ana başlık altında hesaplamalar yapılmıştır. Burada elde edilen datalara göre yıllık, dönemlik (mevsimsel vb.) performanslar incelenmiştir. Bu çalışma ile her yıl T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde bulunan EÜAŞ'a verilen üretim taahhütleri sunulurken santralin performans değerlerinin analiz edilebilmesine yardımcı olması amaçlanmıştır. Aynı zamanda santralin performansında zaman içerisinde oluşan sünme, korozyon, aşınma vb. nedenlerle kaynaklanan deformasyonlar için yapılabilecek rehabilitasyon çalışmaları hakkında proje üretilmesine bu çalışmanın yardımcı olması amaçlanmaktadır. Verim hesaplamaları yapılırken model olarak 2012 yılı Ocak ayı verilerine göre hesaplanacak, diğer aylar ve yıllara ait veriler tablolar halinde sunulacaktır.

Çizelge 4.17. 2012 yılı ocak ayına ait santral değerleri

ÖLÇME NOKTASI	SEMBOL	BİRİM	DİZAYN	I.ÜNİTE	II.ÜNİTE	III.ÜNİTE	IV.ÜNİTE	
SHT(Kızdırıcı) Kazan çıkış	debisi	m1	Ton/h	480	398	367	469	457
	sıcaklığı	t1	°C	535	522	522	518	521
	basıncı	p1	kg/cm ²	139	130	130	132	132
	entalpisi	h1	kcal/kg		812	812	809	811
	ısı değeri	Q _{SHTKÇ}	kcal		323.176	298.004	379.421	370.627
RHT (Tekrar Kızdırıcı) Kazan çıkış	debisi	m2	Ton/h	415	396	384	377	390
	sıcaklığı	t2	°C	535	520	520	522	520
	basıncı	p2	kg/cm ²	40	28	28	35	36
	entalpisi	h2	kcal/kg		837	837	835	835
	ısı değeri	Q _{RHTKÇ}	kcal		331.452	321.408	314795	325650
RHT Kazan giriş	sıcaklığı	t3	°C	358	344	351	358	355
	basıncı	p3	kg/cm ²	42	32	32	36	37
	entalpisi	h3	kcal/kg		814	769	824	800
	ısı değeri	Q _{RHTKG}	kcal		322.255	295.351	310.791	312.046
SHT Püskürtme suyu	debisi	m	Ton/h		54	67	37	36
	sıcaklığı	t	°C		227	216	243	237
	basıncı	p	kg/cm ²		173	176	179	180
	entalpisi	h	kcal/kg		234	222	252	245
ısı değeri	Q _{SHTPS}	kcal		12.636	14.874	9.324	8.820	
Kazan Beslemesuyu	debisi	m4	Ton/h	489	406	421	420	424
	sıcaklığı	t4	°C	257	227	216	243	237
	basıncı	p4	kg/cm ²	168	137	154	179	180
	entalpisi	h4	kcal/kg		234	222	252	245
ısı değeri	Q _{KBS}	kcal		95.004	93.462	105.840	103.880	
Yakıt ile kazana verilen ısı	Q _y	kcal		310.266	312.419	343.858	346.656	
Y.B. Türbin giriş	sıcaklığı	t5	°C	535	522	522	518	521
	basıncı	p5	kg/cm ²	135	130	130	132	132
	entalpisi	h5	kcal/kg		812	812	809	811
	ısı değeri	Q _{YBTG}	kcal		323.176	298.004	379.421	370.627
Y.B. Türbin çıkış	sıcaklığı	t6	°C	358	344	351	358	355
	basıncı	p6	kg/cm ²	44	30	32	36	37
	entalpisi	h6	kcal/kg		717	685	602	623
	ısı değeri	Q _{YBTÇ}	kcal		285.470	251.267	282.219	284.932
O.B. Türbin giriş	sıcaklığı	t7	°C	535	520	520	522	520
	basıncı	p7	kg/cm ²	36	28	28	35	36
	entalpisi	h7	kcal/kg		837	837	835	835
	ısı değeri	Q _{OBTG}	kcal		331.452	321.408	314795	325650
Isı değeri	Q _e	kcal		109.661	109.873	122.463	122.986	

4.3.1. Kazan verim

Yukarıda verilen bilgiler göz önüne alındığında Eşitlik 4.10'a göre Çayırhan Termik Santralinin kazan verimi şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\eta_k = \frac{(Q_{SHTKÇ} + Q_{RHTKÇ}) - (Q_{RHTKG} + Q_{SHTPS} + Q_{KBS})}{Q_{KYVI}} \quad (4.13)$$

- $Q_{RHTKÇ}$: Reheater Kazan Çıkış
 Q_{RHTKG} : Reheater Kazan Giriş
 $Q_{SHTKÇ}$: Super Heater Kazan Çıkış
 Q_{SHTKG} : Super Heater Kazan Giriş
 Q_{SHTPS} : Super Heater Püskürtme Suyu
 $Q_{TEEİİD}$: Türbinden Elde Edilen İşin Isıl Değeri
 Q_{YKVI} : Yakıt İle Kazana Verile Isı
 $Q_{YBTÇ}$: Yüksek basınç Türbin Çıkış
 Q_{YBTG} : Yüksek Basınç Türbin Giriş
 Q_{KYVE} : Kazana Yakıt İle Verilen Enerji
 η_k : Kazan Verim

Burada kazana yakıt ile verilen ısı değerini hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

Kazana yakıtla verilen enerji aşağıda verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$Q_{KYVE} = m_{k\ddot{m}} \cdot xH_{u_{k\ddot{m}}} + m_{fo} \cdot xH_{u_{fo}} + m_{mot} \cdot xH_{u_{mot}} \quad (4.14)$$

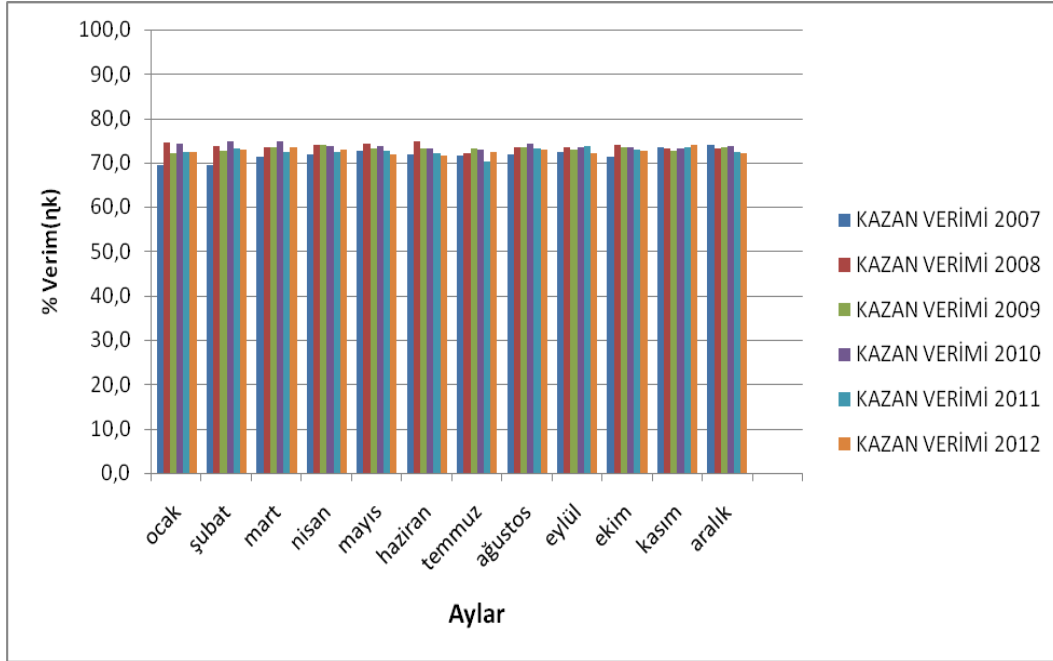
- Q_{KYVE} : Kazana Yakıtla verilen ısı değeri (kcal)
 $m_{k\ddot{m}}$: Kazana verilen kömür miktarı (kg)
 $H_{a_{k\ddot{m}}}$: Kömürün alt ısıl değeri (kcal/kg)
 m_{fo} : Kazana verilen fuel-oil miktarı (kg)
 $H_{a_{fo}}$: Fuel-oilin alt ısıl değeri (kcal/kg)
 m_{mot} : Kazana verilen motorin miktarı (kg)
 $H_{a_{mot}}$: Motorinin alt ısıl değeri (kcal/kg)

Ocak 2012 için örnek hesaplama;

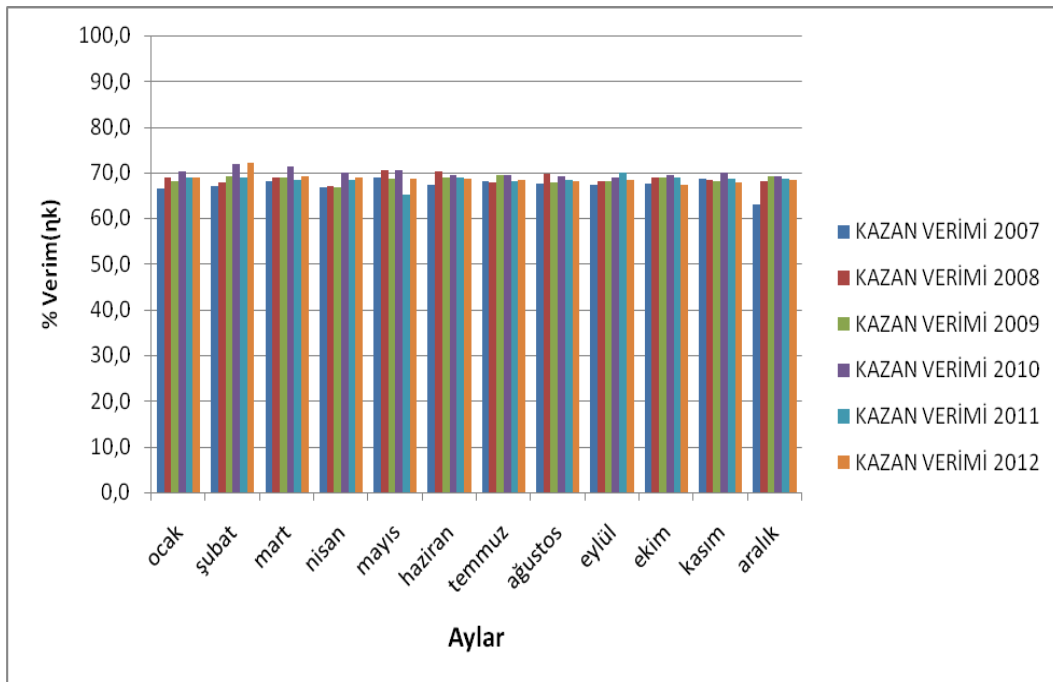
$$\eta_k = ((323.176 + 331.452) - (322.255 + 12.636 + 95.004)) / (310.266) = 0,7243 * 100$$

$$\eta_k = \% 72,43$$

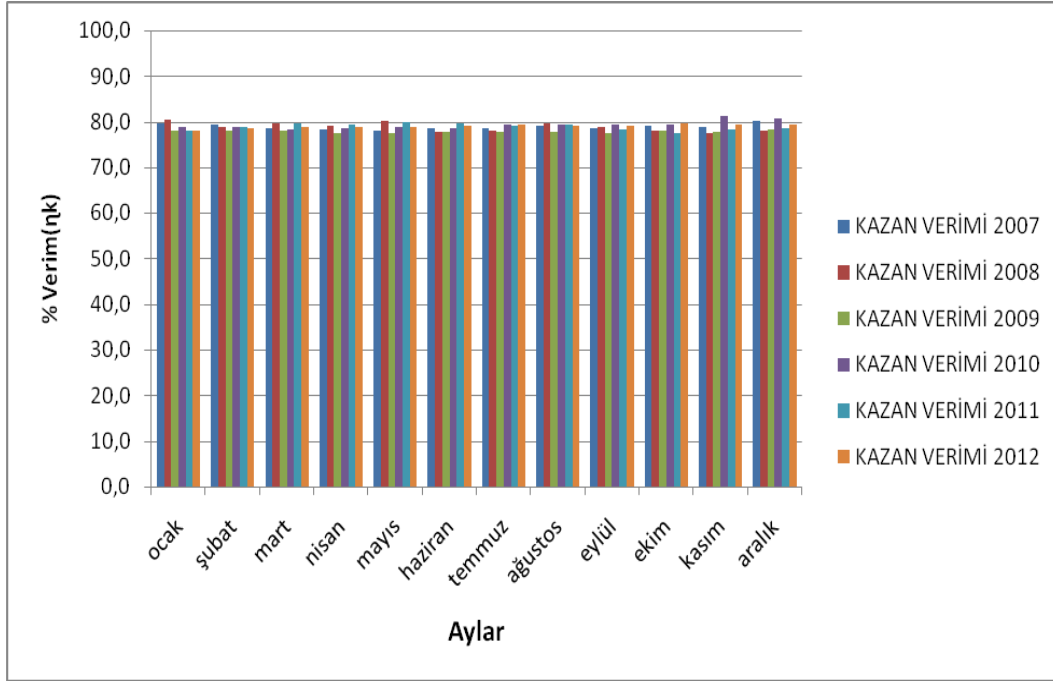
Şekil 4.10. ile Şekil 4.13.'te santralin 2007-2012 yılları arasında hesaplanan kazan verimleri için her üniteye ait grafikler verilmiştir.



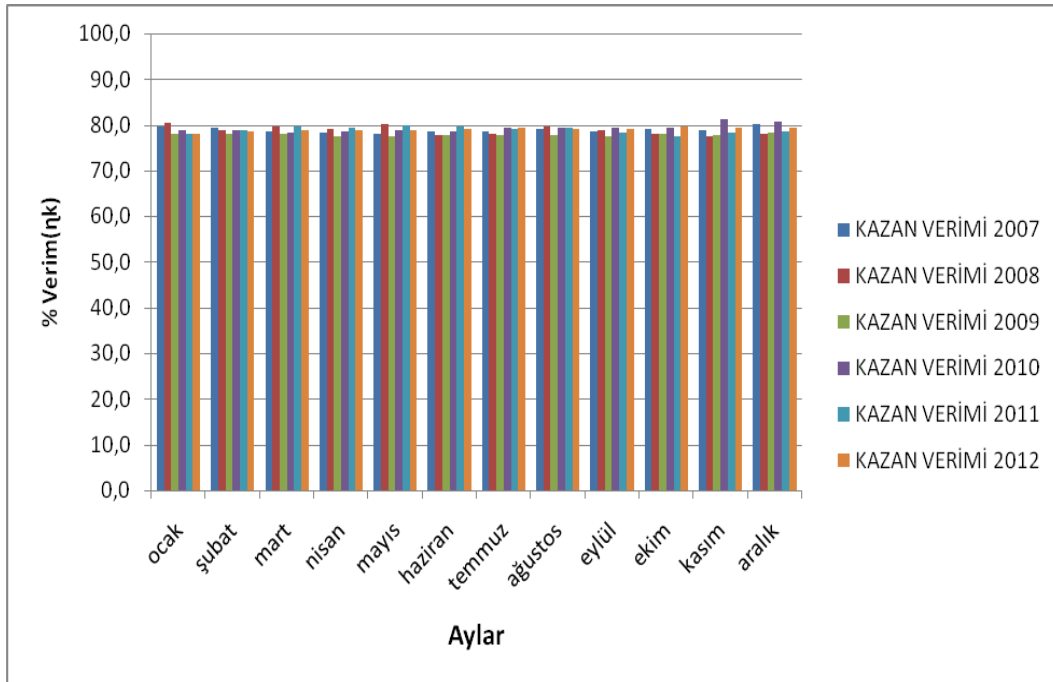
Şekil 4.10. I. Ünite yıllara göre kazan verim değerleri



Şekil 4.11. II. Ünite yıllara göre kazan verim değerleri



Şekil 4.12. III.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri



Şekil 4.13. IV.Ünite yıllara göre kazan verim değerleri

2007 yılı için kazan verim değerlerine bakıldığı zaman II.ünitenin Aralık ayı değerinde ani bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumun; Aralık ayının yılın en soğuk ve ıslak günlerine denk gelmesi nedeniyle kömürün yapısındaki değişimin ve dış ortam sıcaklığının çok düşük olması gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülebilir. Ancak diğer ünitelerdeki

değerlere bakıldığı zaman bu tarz bir düşüşün olmadığı tespit edilmektedir. Dolayısıyla bu ünitelerdeki ani verim değişimi için işletme şartlarına, kazan türbin çıkış değerlerine bakılarak ünitenin karakteristik davranışlarını incelemek gerekmektedir.

Genel olarak kazan verim değerlerine bakıldığı zaman aylara ve mevsimsel dönemlere göre aşırı bir değişim görülmemektedir. Dizayn bakımından I-II. üniteler III-IV. ünitelerden farklıdır. Bu nedenle III-IV. ünitelerin verim değerleri daha yüksektir. Aynı grup dizayna sahip I. ünitenin kazan veriminin II. ünitenin kazan verim değerlerinden % 2-4 oranında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun neden kaynakladığı konusunda; üniteleri besleyen kömür sektörlerindeki değerler, işletme şartları, türbin çıkış değerleri, kazan giriş ve çıkış değerleri gibi santralin ana unsurları değerlendirilerek bir sonuca varılmasını mümkün olacaktır.

4.3.2. Türbin verimi

Yukarıda verilen bilgiler göz önüne alındığında Eşitlik 4.11'e göre Çayırhan Termik Santralinin türbin verimi şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\eta_{\text{Tür.}} = \frac{(Q_{\text{YBTÇ}})}{(Q_{\text{YBTG}} + Q_{\text{OBTG}})} \quad (4.15)$$

$Q_{\text{YBTÇ}}$: Yüksek Basınç Türbin Çıkış Isı Değeri
 Q_{YBTG} : Yüksek Basınç Türbin Giriş Isı Değeri
 Q_{OBTG} : Orta Basınç Türbin Giriş Isı Değeri
 η_{t} : Türbin Verim

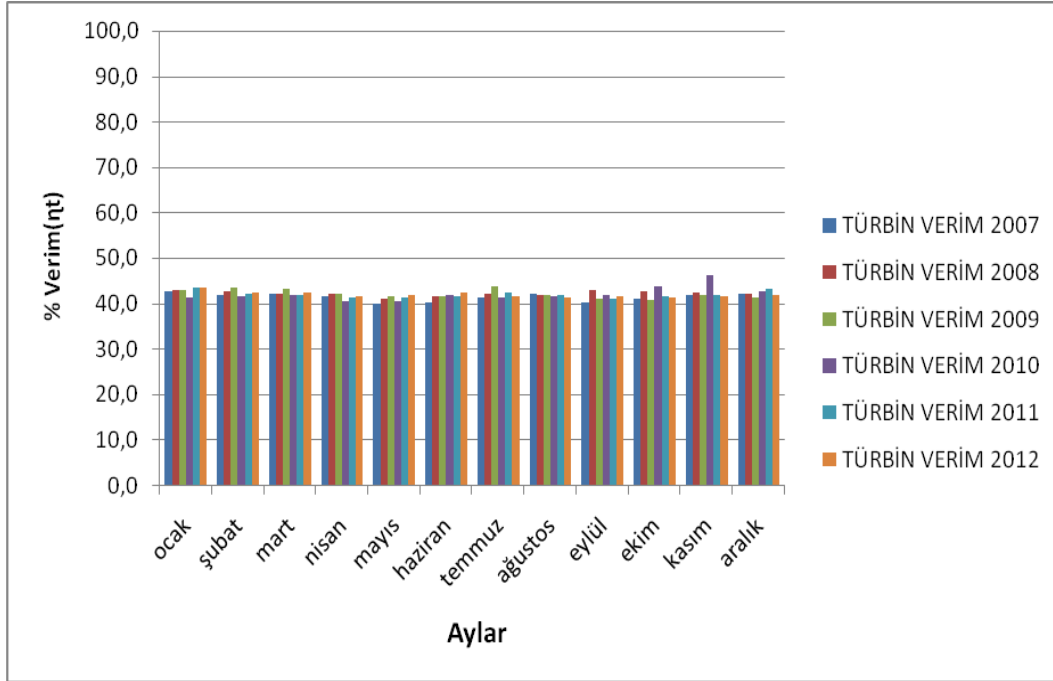
Ocak 2012 için örnek hesaplama:

$$\eta_{\text{t}} = (285.470) / (323.176 + 331.452) = 0,4360 * 100$$

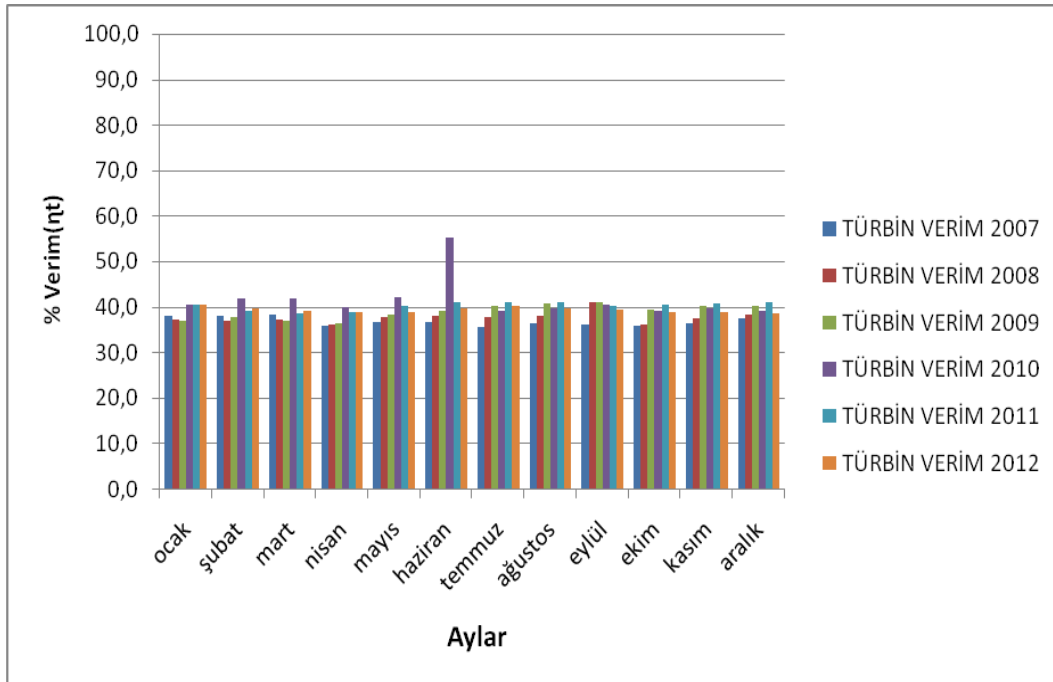
$$\eta_{\text{t}} = \% 43,60$$

Türbin verim değerleri incelendiği zaman kazan veriminin aksine I-II. ünite grupları ile III-IV. ünite gruplarının türbin verim değerlerinin birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Çünkü türbin yapıları ve çalışma kuralları birbirine benzemekte olup, kazanlardaki gibi sıcaklık ve besleme sistemi farklılıkları bulunmamaktadır.

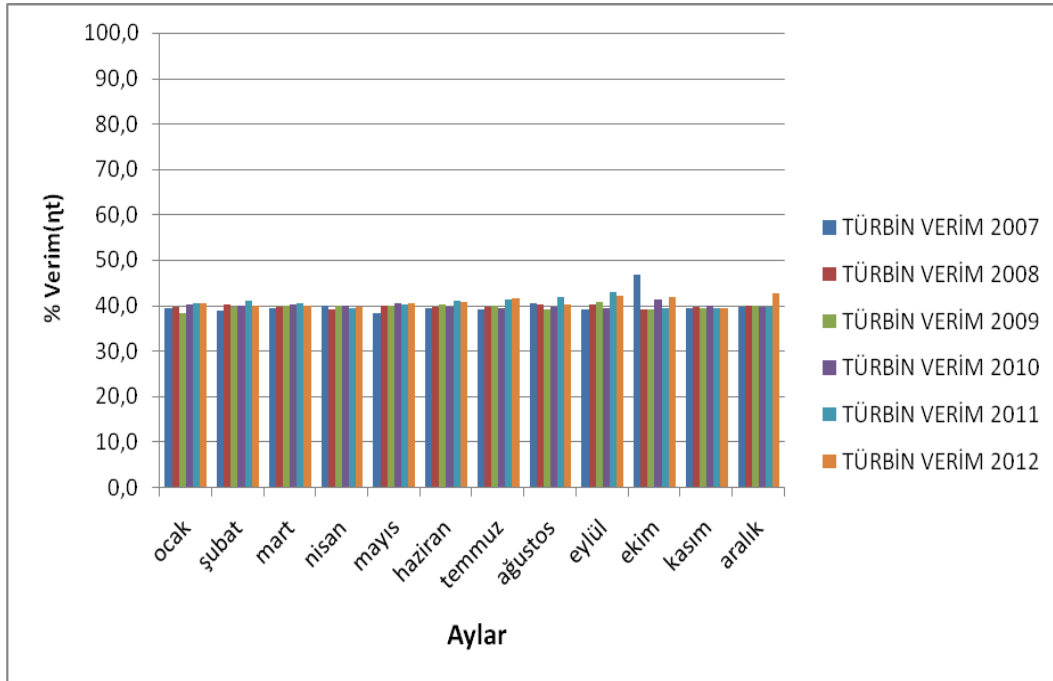
Şekil 4.14. ile Şekil 4.17.'de santralin 2007-2012 yılları arasında hesaplanan türbin verimleri için her üniteye ait grafikler verilmiştir.



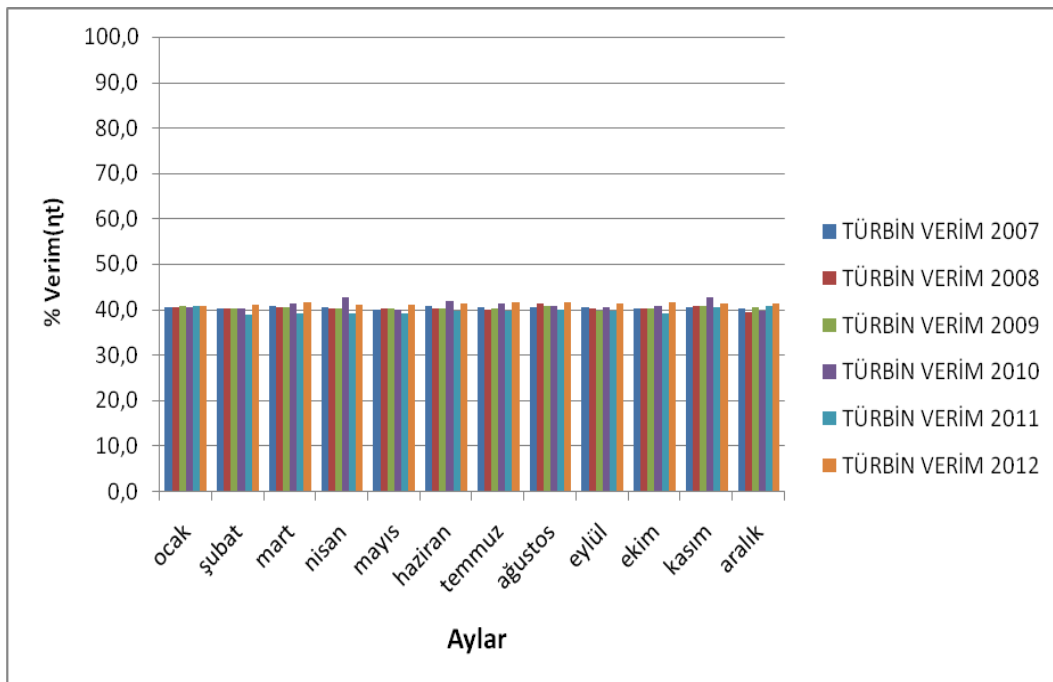
Şekil 4.14. I.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri



Şekil 4.15. II.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri



Şekil 4.16. III.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri



Şekil 4.17. IV.Ünite yıllara göre türbin verim değerleri

2007 yılı için hesaplanan türbin verim değerlerine bakıldığı zaman genellikle istikrarlı değerler görülmektedir. I.ünitenin verim değerlerinin diğer ünitelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebepleri ile ilgili olarak buhar giriş değerleri, buhar çıkış

değerleri, türbin devir ve yatak sıcaklıkları gibi çeşitli datalar karşılaştırılabilir. Yine III.ünite türbinin ekim ayında ortalamaya göre % 10'luk ani bir artış olduğu tespit edilmektedir. Bu değer türbin verimine göre oldukça yüksek olduğu düşünülebilir. Bunun nedenleri araştırılırken olarak Çayırhan Termik Santralinde alınan ölçümlerin doğruluğu incelenmelidir.

4.3.3. Termik verimi

Yukarıda verilen bilgiler göz önüne alındığında Eşitlik 4.6 ve 4.7'ye göre Çayırhan Termik Santralinin termik verimi şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\eta_{\text{Ter.}} = \frac{Q_{\text{TEEIID}}}{Q_{\text{YKVI}}} \quad (4.16)$$

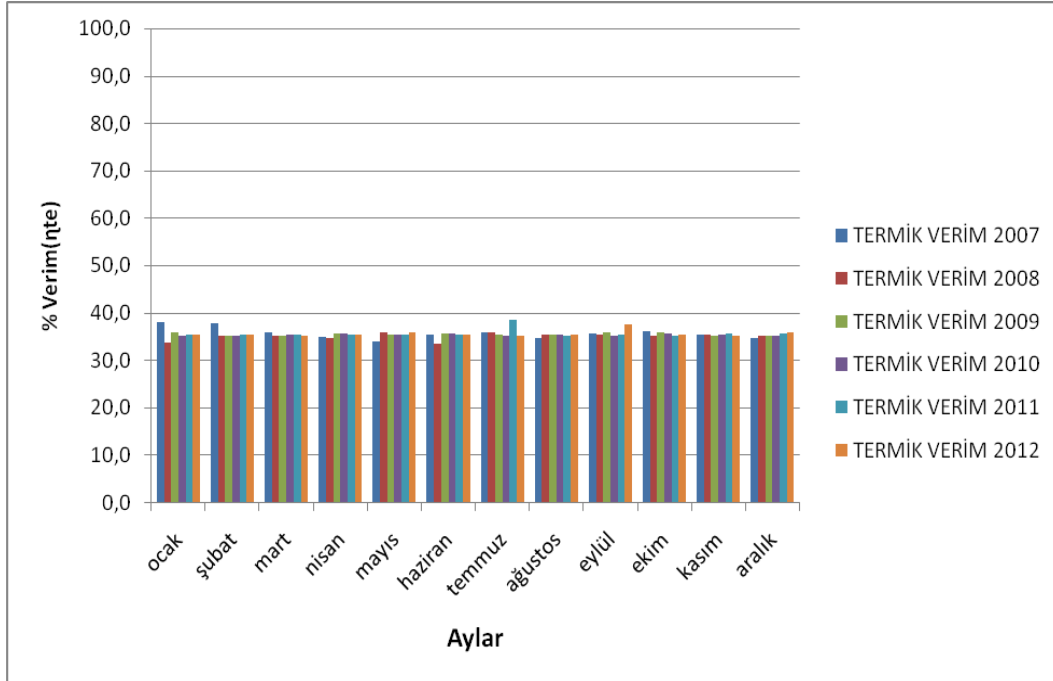
Q_{TEEIID} : Türbinden Elde Edilen İşin Isıl Değeri
 Q_{YKVI} : Yakıt İle Kazana Verile Isı
 η_{e} : Termik Verim

Ocak 2012 için örnek hesaplama:

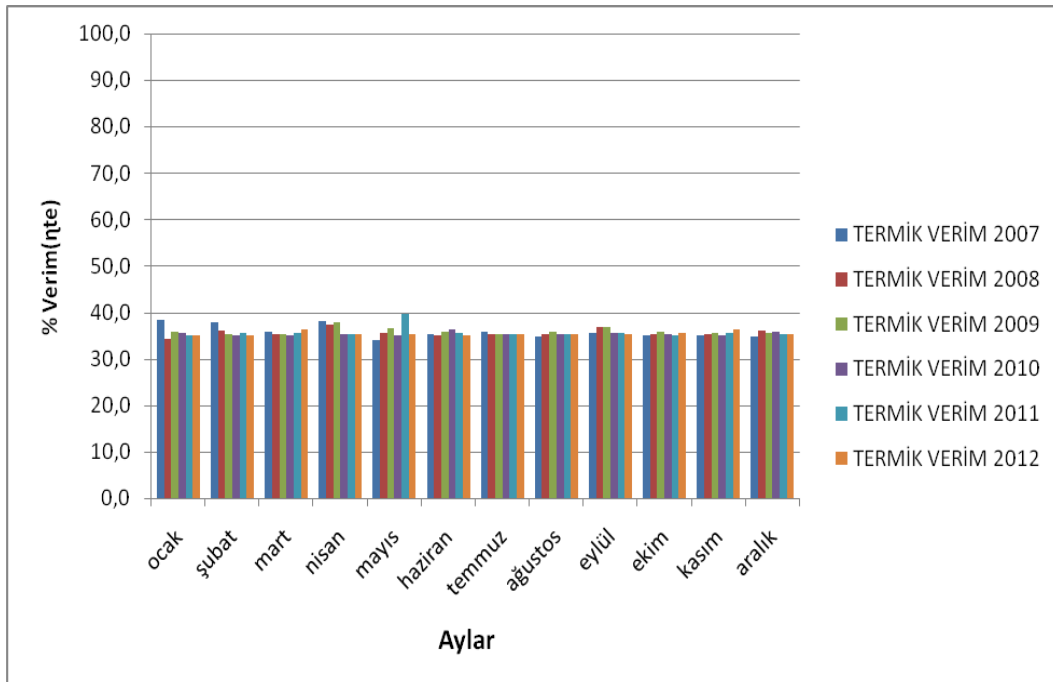
$$\eta_{\text{e}} = (109.661)/(310.266) = 0,3534 * 100$$

$$\eta_{\text{e}} = \% 35,34$$

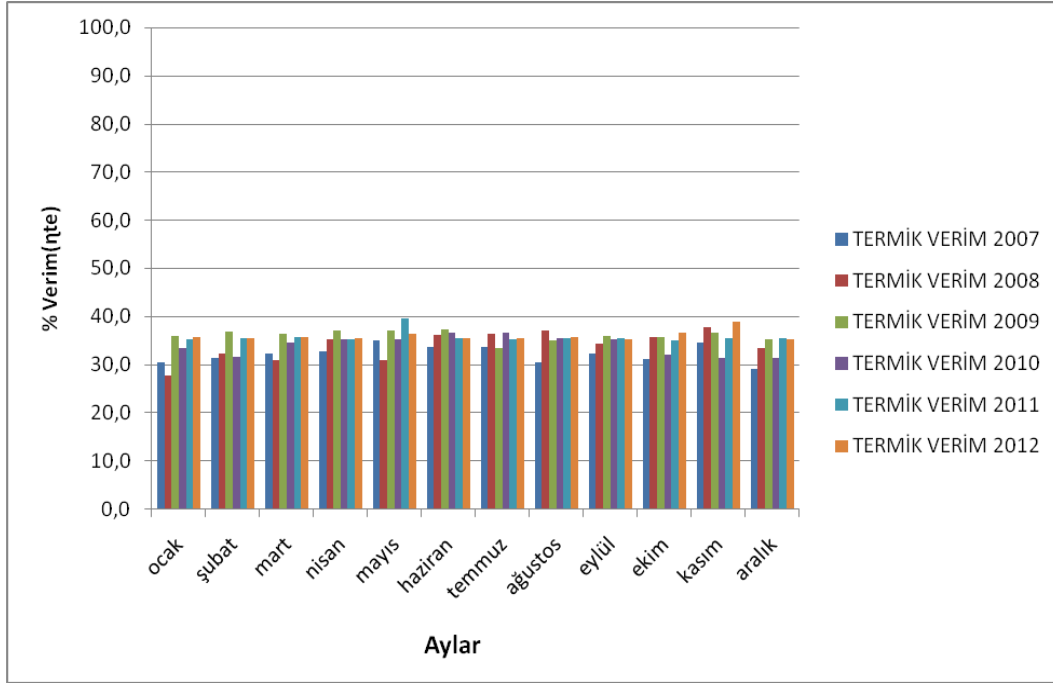
Şekil 4.18. ile Şekil 4.21.'de santralin 2007-2012 yılları arasında hesaplanan termik verimler için her üniteye ait grafikler verilmiştir.



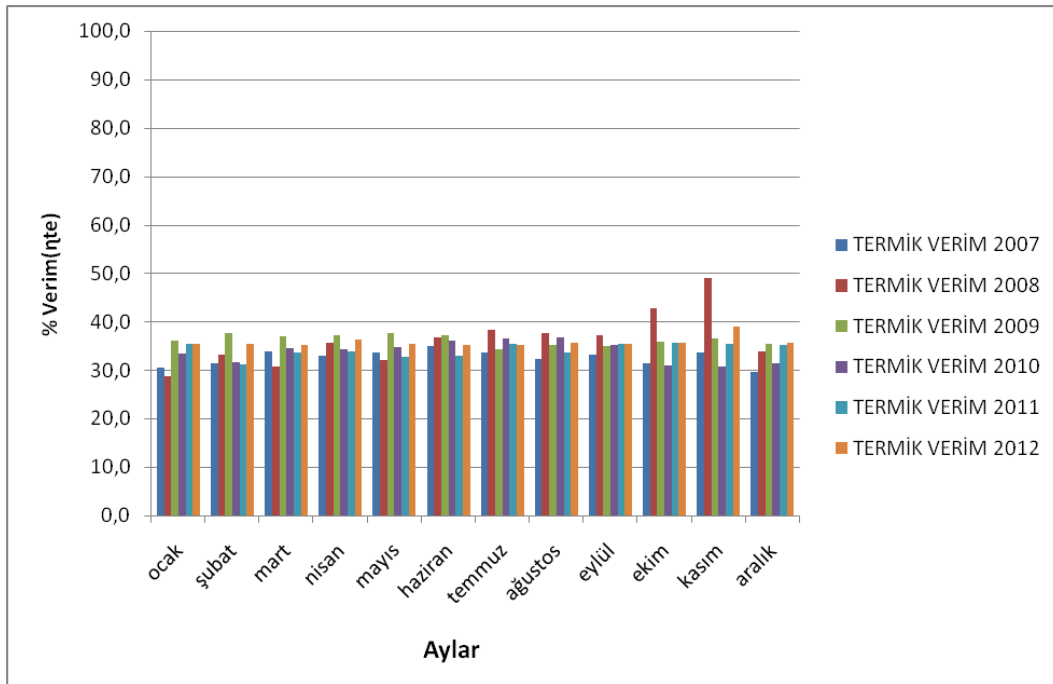
Şekil 4.18. I.Ünite yıllara göre termik verim değerleri



Şekil 4.19. II.Ünite yıllara göre termik verim değerleri



Şekil 4.20. III.Ünite yıllara göre termik verim değerleri



Şekil 4.21. IV.Ünite yıllara göre termik verim değerleri

2011 yılı I.ünite termik verimine bakıldığı zaman temmuz ayında % 3'lük bir verim artışı olduğu görülmekte olup, dış ortam sıcaklığı, ısı kayıplarının azalması ve nem oranı gibi etmenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

2010 yılı için termik verimlere bakıldığı zaman özellikle III-IV.ünitelerin verim değerlerinin davranış olarak reel şartlara yakın olduğu görülmektedir. Verim değerleri soğuk geçen kış ve sonbahar aylarında düşüş gösterirken, daha sıcak olan ilkbahar ve yaz aylarında artış göstermektedir. Bu santralin dış ortam sıcaklığına bağlı olarak performans gösterebildiğine bir kanıt olabilmektedir.

4.3.4. Boru verimi

Boru verimi şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\eta_{\text{Boru}} = \frac{(Q_{\text{SHTKÇ}} + Q_{\text{RHTKÇ}}) - (Q_{\text{RHTKG}} + Q_{\text{SHTPS}} + Q_{\text{KBS}})}{(Q_{\text{OBTG}} + Q_{\text{YBTG}}) - (Q_{\text{RHTKG}} + Q_{\text{KBS}} + Q_{\text{SHTPS}})} \quad (4.17)$$

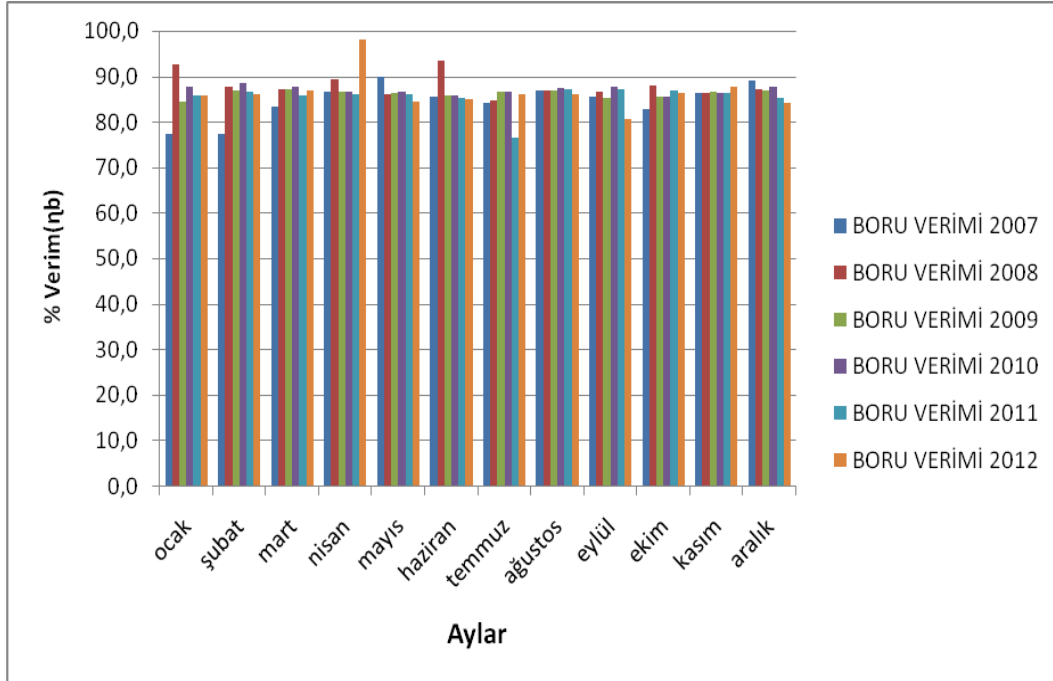
$Q_{\text{RHTKÇ}}$: Reheater Kazan Çıkış Isı Değeri
Q_{RHTKG}	: Reheater Kazan Giriş Isı Değeri
$Q_{\text{SHTKÇ}}$: Super Heater Kazan Çıkış Isı Değeri
Q_{SHTKG}	: Super Heater Kazan Giriş Isı Değeri
Q_{SHTPS}	: Super Heater Püskürtme Suyu Isı Değeri
$Q_{\text{YBTÇ}}$: Yüksek basınç Türbin Çıkış Isı Değeri
Q_{YBTG}	: Yüksek Basınç Türbin Giriş Isı Değeri
Q_{KYVE}	: Kazana Yakıt İle Verilen Enerji Isı Değeri
Q_{KBS}	: Kazan Besleme Suyu Isı Değeri
η_{b}	: Boru Verimi

Ocak 2012 için örnek hesaplama:

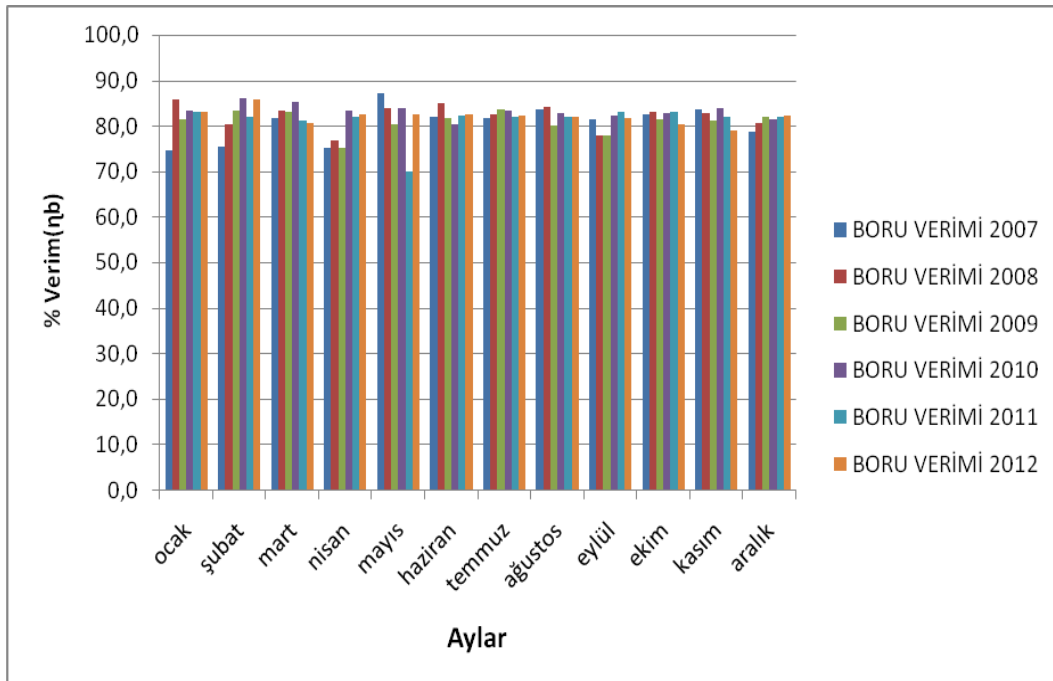
$$\eta_{\text{b}} = \frac{((323.176 + 331.452) - (12.636 + 322.255 + 95.004))}{((331.452 + 285.470) - (12.636 + 95.004 + 323.176))} = 0,8593 * 100$$

$$\eta_{\text{b}}: \% 85,9$$

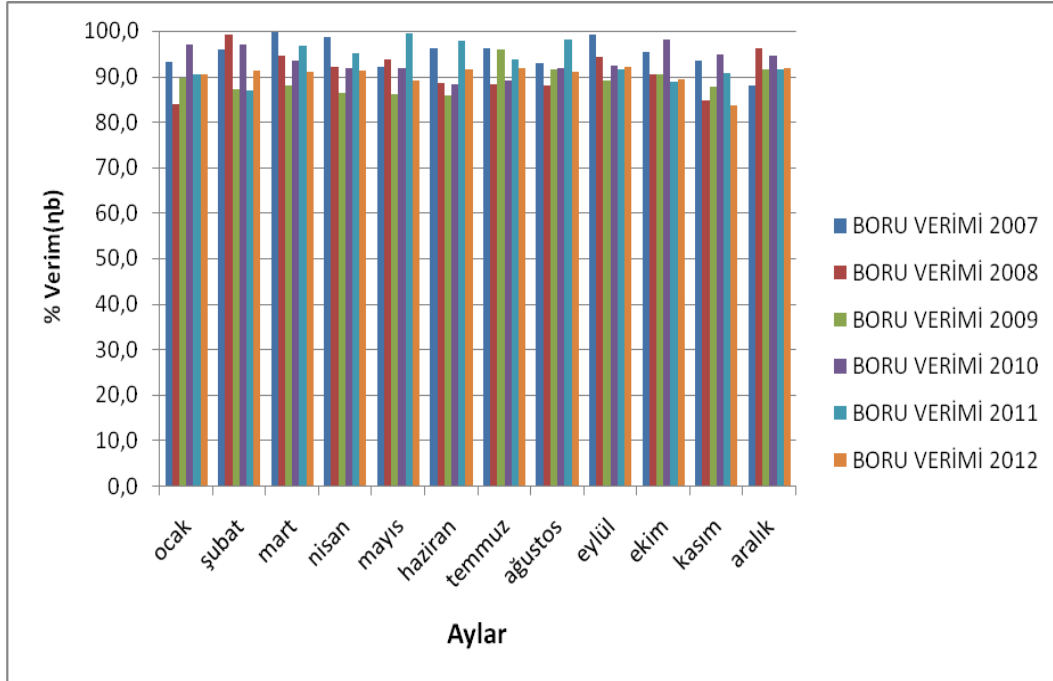
Şekil 4.22. ile Şekil 4.25.'te santralin 2007-2012 yılları arasında hesaplanan boru verimleri için her üniteye ait grafikler verilmiştir.



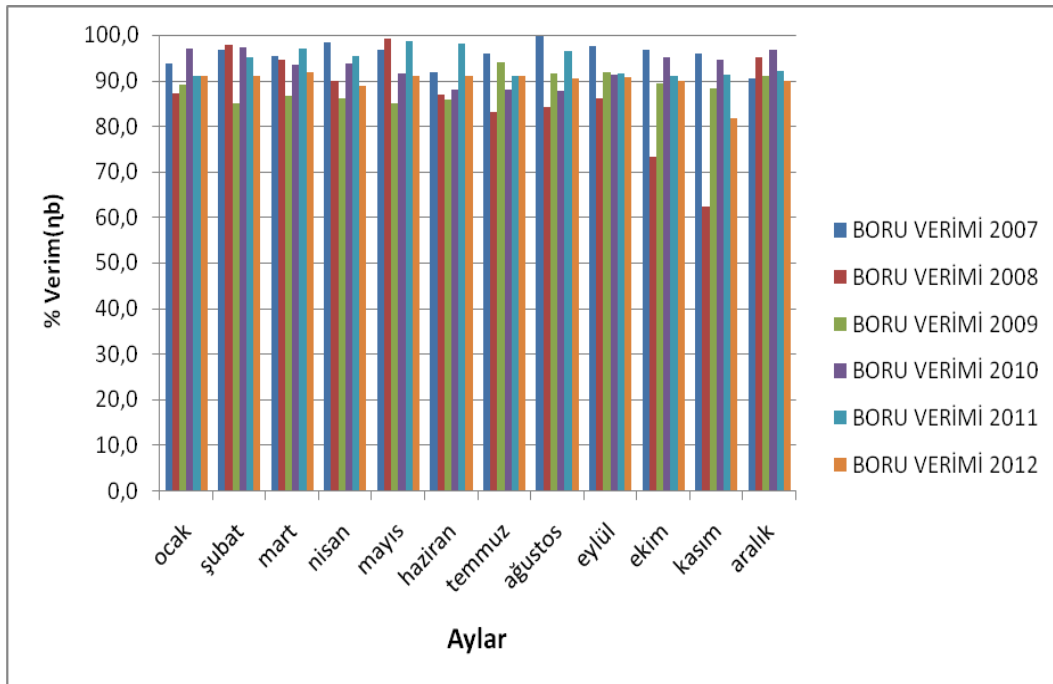
Şekil 4.22. I.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri



Şekil 4.23. II.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri



Şekil 4.24. III.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri



Şekil 4.25. IV.Ünite yıllara göre boru verimi değerleri

Bu tip grafiklerde, farklı yıllarda santralin performansında oluşan değişimler açıkça görülmektedir. Tespit edilen normalin dışındaki davranışlar incelenebilirken, ileriki

yıllarda verilecek olan üretim taahhütleri belirlenebilmekte, santralde yapılması gereken rehabilitasyon çalışmalarının hangi eğilimde yapılabileceği tespit edilebilecektir.

Genel olarak bakıldığı zaman 2007-2012 yılları arasında santralde yorulma, deformasyon, sünme gibi nedenlere bağlı verim kaybına rastlanmamaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında santralde her yıl yapılan revizyonların düzgün yapılmış olması önemlidir. Gerçekleştirilen revizyonlarda gerekli parçalar değiştirilmekte, hassas toleransta çalışan ekipmanların (türbin yatakları vb.) kalibrasyonları yapılmaktadır.

Aynı zamanda işletme esnasında işletme şartlarının belirlenen aralıklarda tutulması, türbinlerde sıcak yol verme gibi hazırlık işlemlerinin atlanmadan gerçekleştirilmesi gibi nedenlerden dolayı santral tümüyle korunmaktadır. Yapılan bu operasyonlar sayesinde altı yıl gibi bir sürede herhangi bir ciddi performans kaybı yaşanmamıştır.

Yukarıda verilen grafiklere bakıldığı zaman dönemsel anlamda artış ve azalışlar yaşandığı görülmektedir. Bunların nedenlerinin tam olarak ortaya konulması için, dönemsel parametreler dikkate alınmalıdır. Bu parametreler mevsim şartları, işletme ve bakım şartları, kömür veya yakıt kalitesi, baca gazı çıkış değerleri gibi parametrelerdir. Bunların iyi analiz edilerek ortaya çıkan durum hakkında yorum yapmak mümkündür.

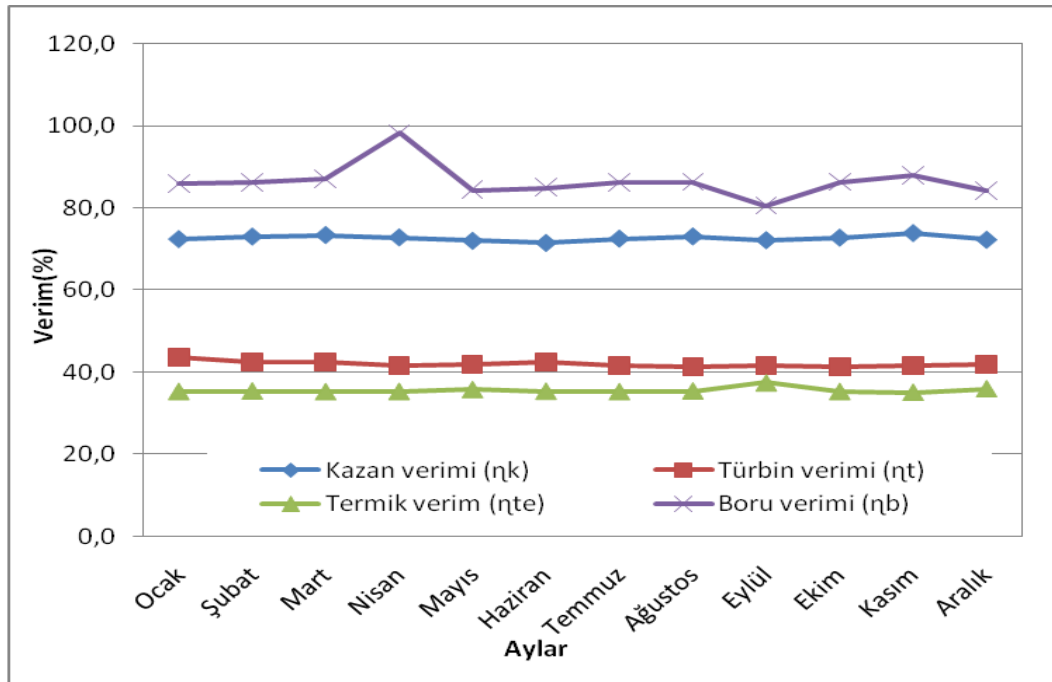
Örneğin 2010 yılı türbin verim değerinde ani bir artış olduğu Şekil 4.15'te görülmektedir. Bununla ilgili olarak işletme birimleri değerlendirme yapmalı türbin ve diğer ekipmanlarla ilgili değerleri göz önüne alarak yorumlamalıdır. Türbin yatak sıcaklıkları, yağlama değerleri, devir sensör değerleri tek tek incelenmelidir. Bu değer normalin dışında olması nedeniyle santrale zarar verebilecek bir arızanın da habercisi olabileceği göz ardı edilmemelidir.

5. SANTRALİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMALARI

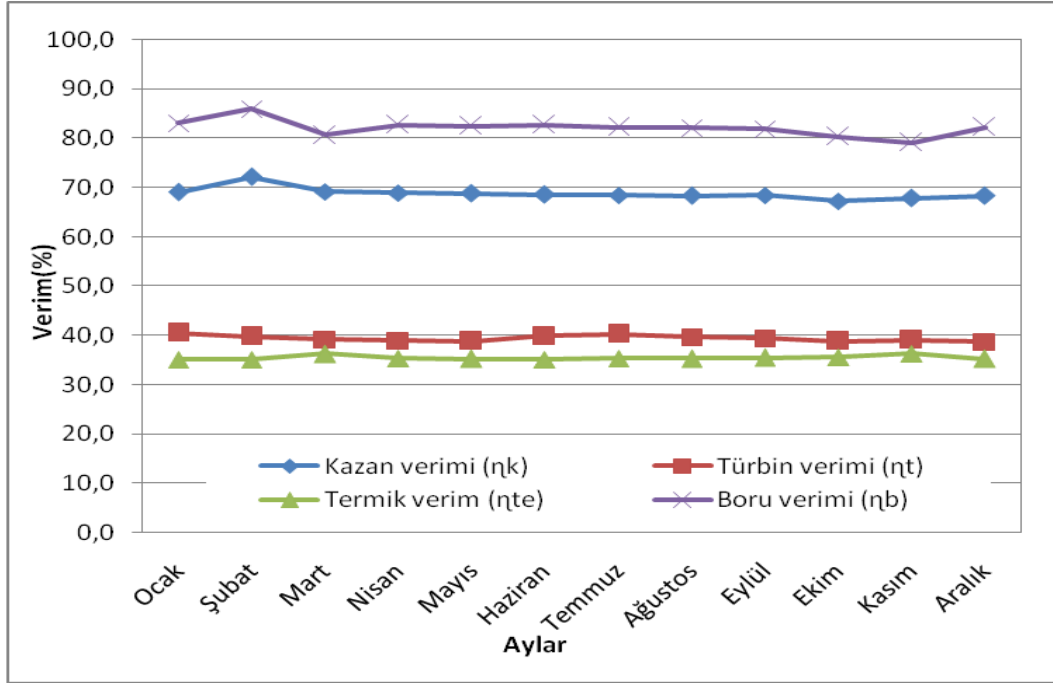
Bu bölümde elde edilen verim değerlerinin karşılaştırmaları yapılacaktır. Bu yöntem ile santralin performansında zamana bağlı değişimlerin incelenerek, sebep-sonuç ilişkisine dayandırılması amaçlanmaktadır. Karşılaştırma yapılırken dört ana eleman olan kazan verimi, türbin verimi, boru verimi ve termik verim değerleri kullanılacaktır. Bu veriler aynı yıl için aynı grafikte değerlendirilmeye çalışılacak, birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konulmaya çalışılacaktır. Aynı zamanda farklı yıllar için aynı veriler bir grafikte verilecek, zaman içerisinde oluşan değişiklikler izlenmeye çalışılacaktır.

5.1. Dört Ana Parametrenin(Kazan,Boru,Türbin ve Termik Verimler) Aynı Yıl İçin Karşılaştırılması

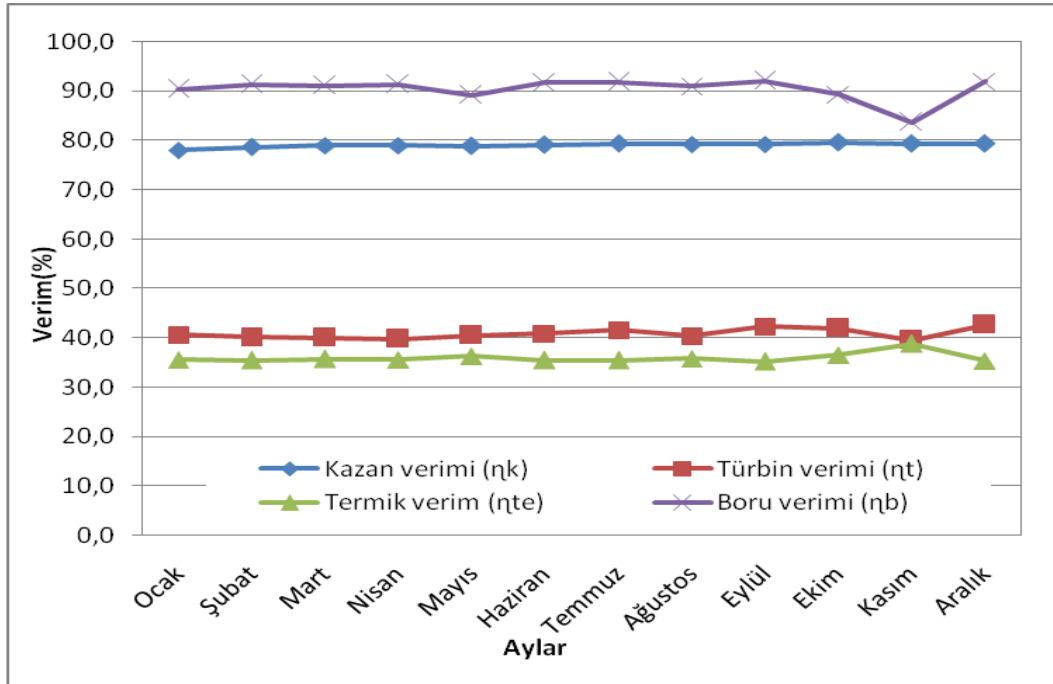
5.1.1. 2012 yılı grafikleri



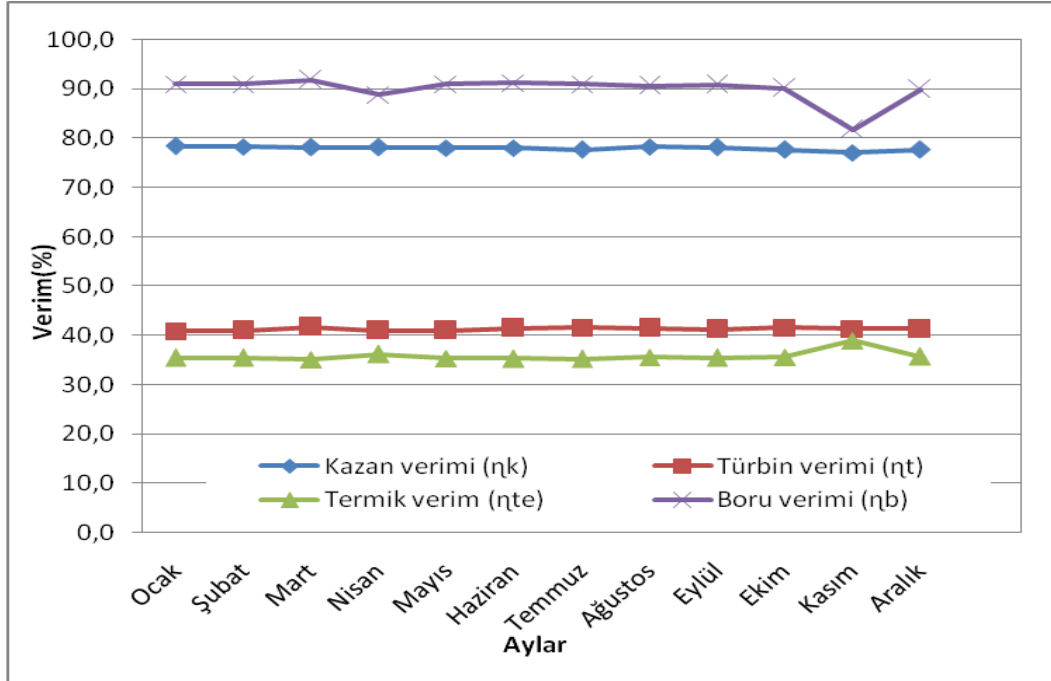
Şekil 5.1. 2012 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.2. 2012 yılı II. ünite verim değerler grafiği

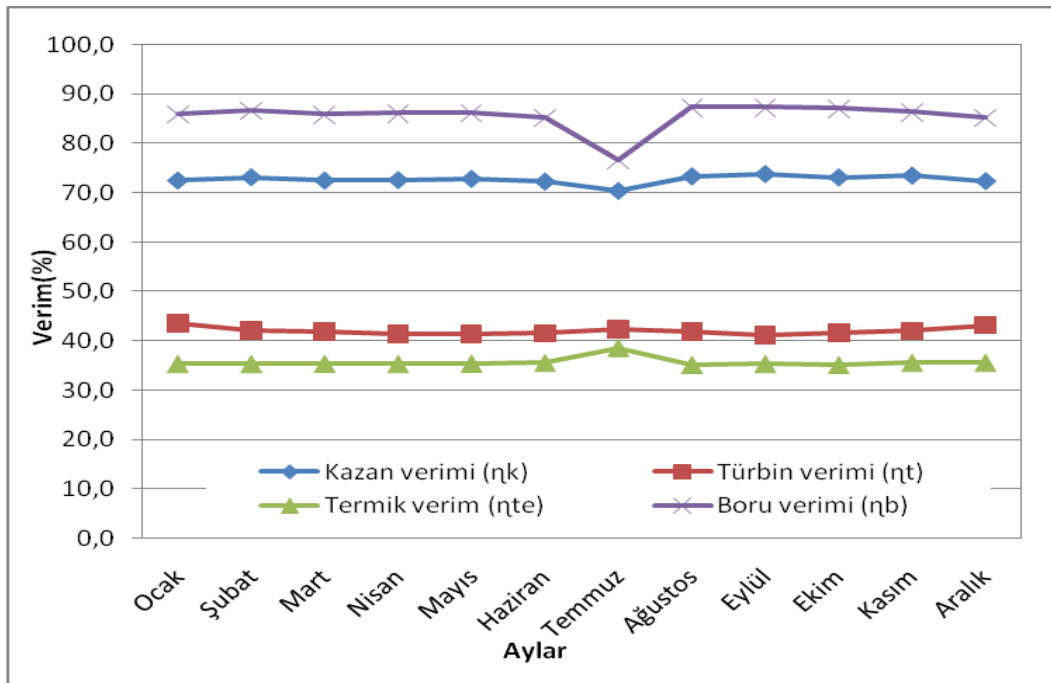


Şekil 5.3. 2012 yılı III. ünite verim değerler grafiği

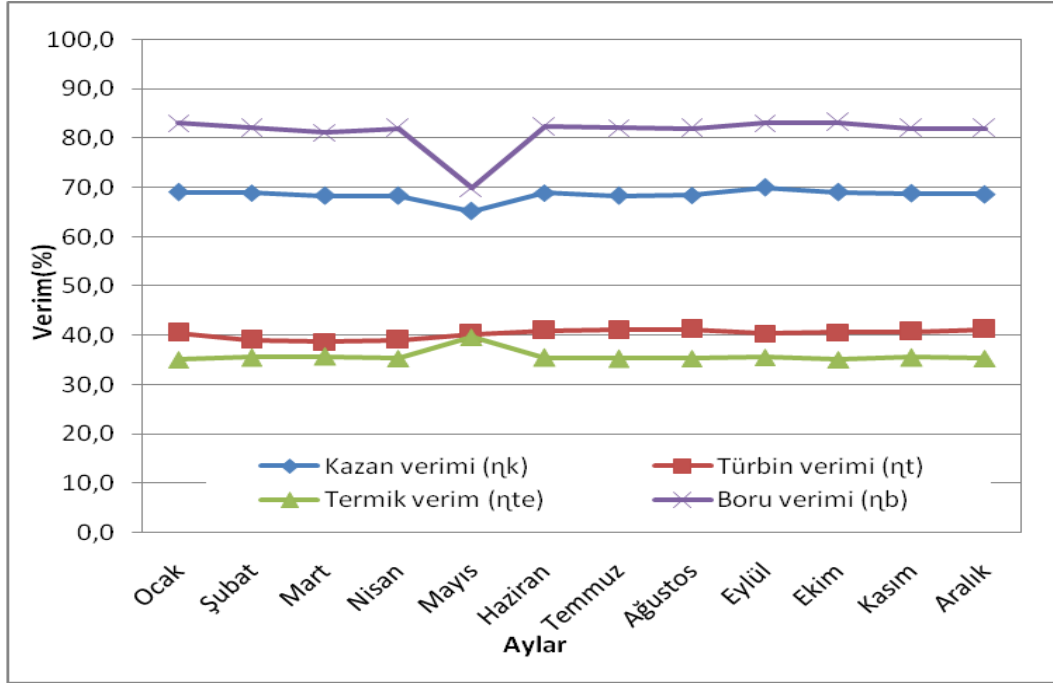


Şekil 5.4. 2012 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

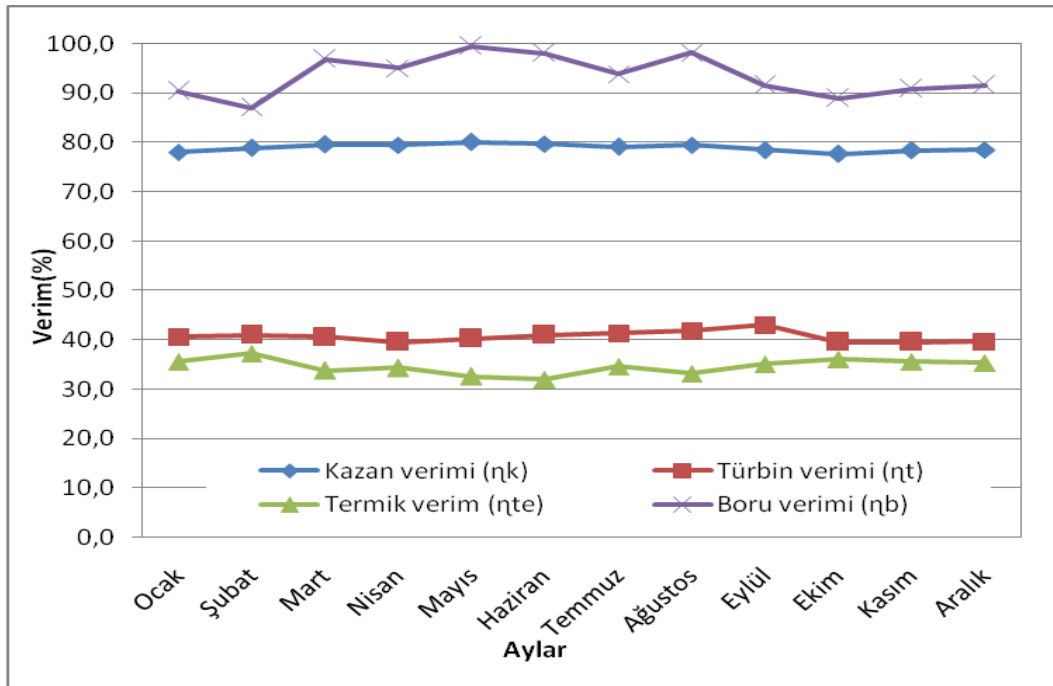
5.1.2. 2011 yılı grafikleri



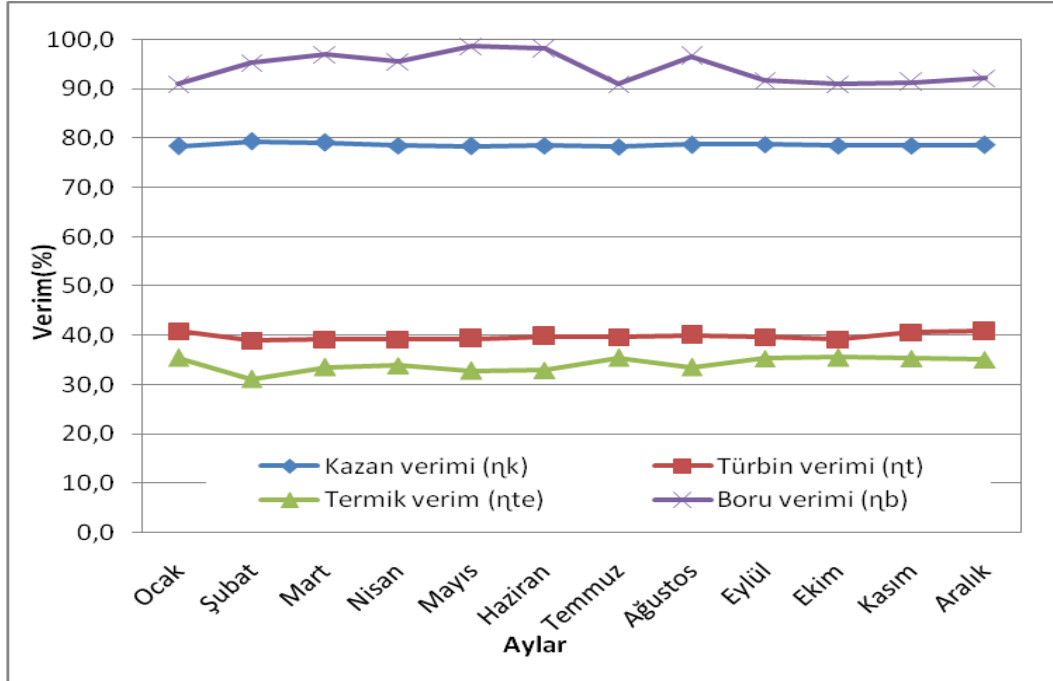
Şekil 5.5. 2011 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.6. 2011 yılı II. ünite verim değerler grafiği

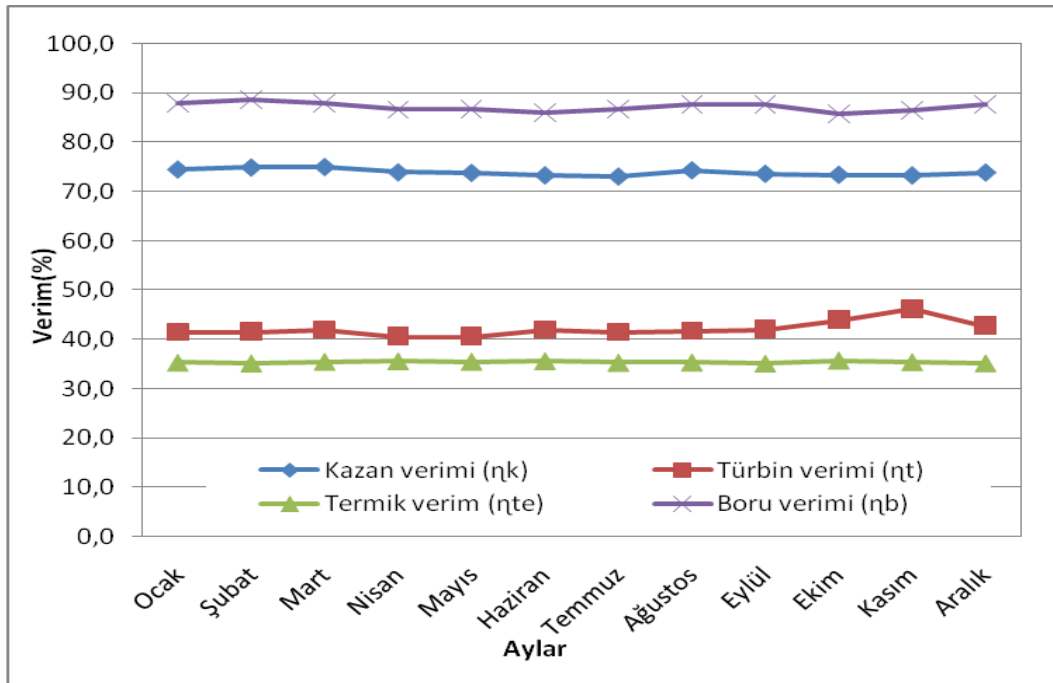


Şekil 5.7. 2011 yılı III. ünite verim değerler grafiği

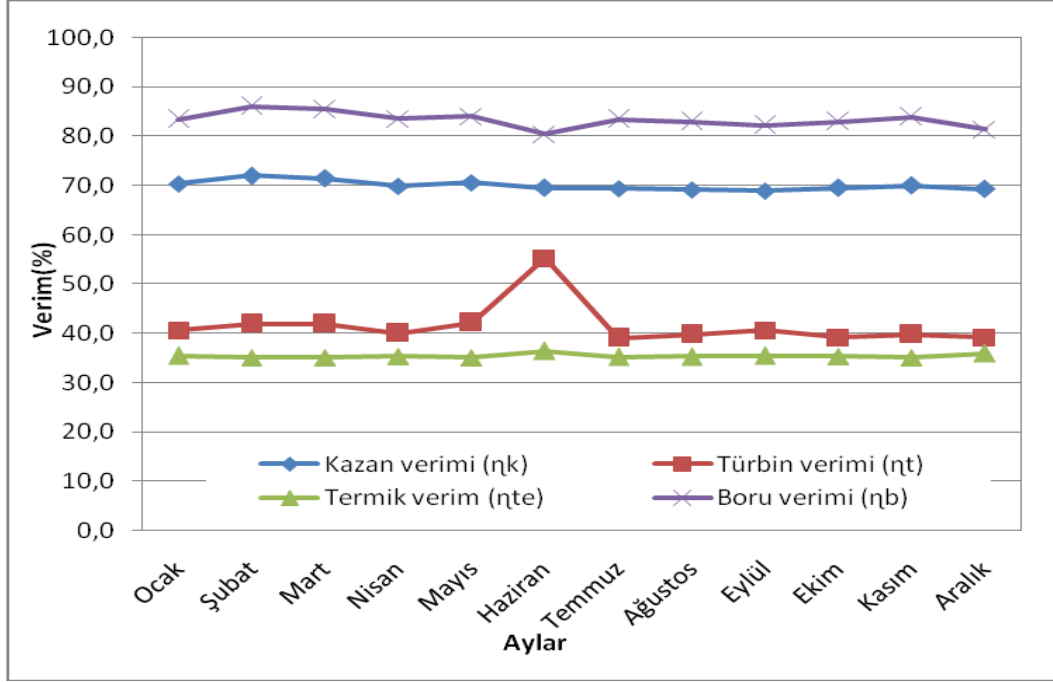


Şekil 5.8. 2011 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

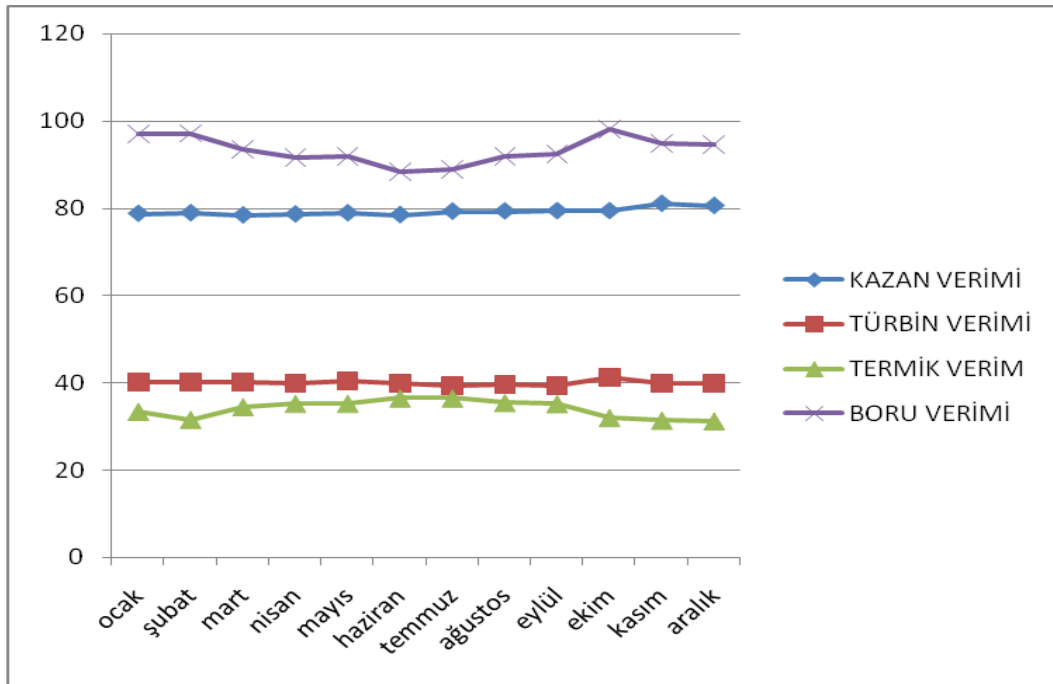
5.1.3. 2010 yılı grafikleri



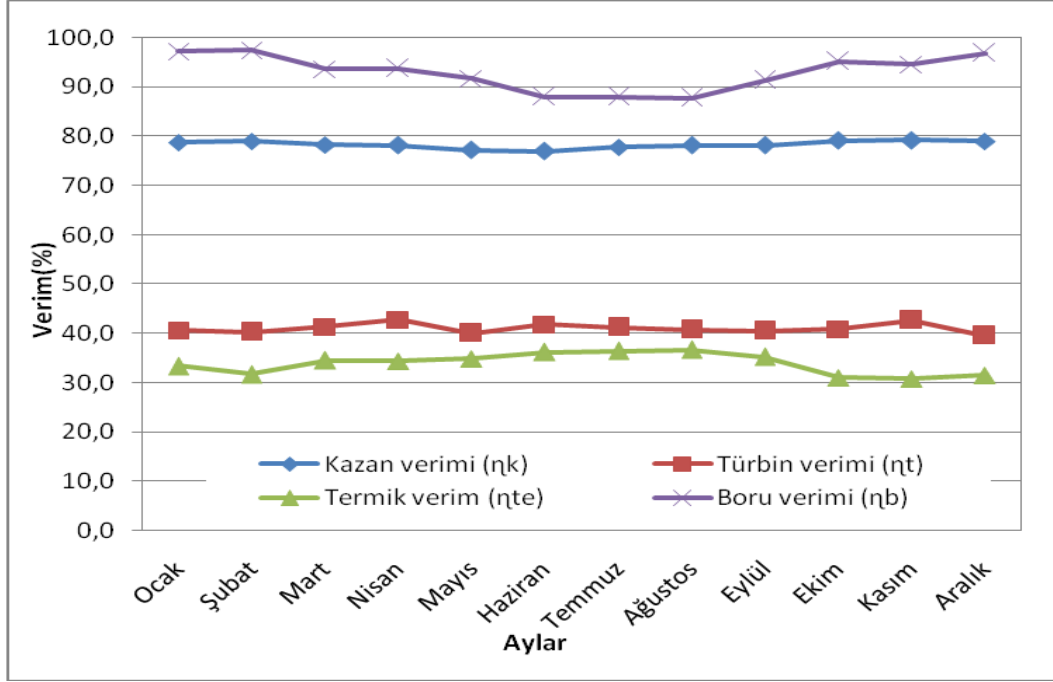
Şekil 5.9. 2010 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.10. 2010 yılı II. ünite verim değerler grafiği

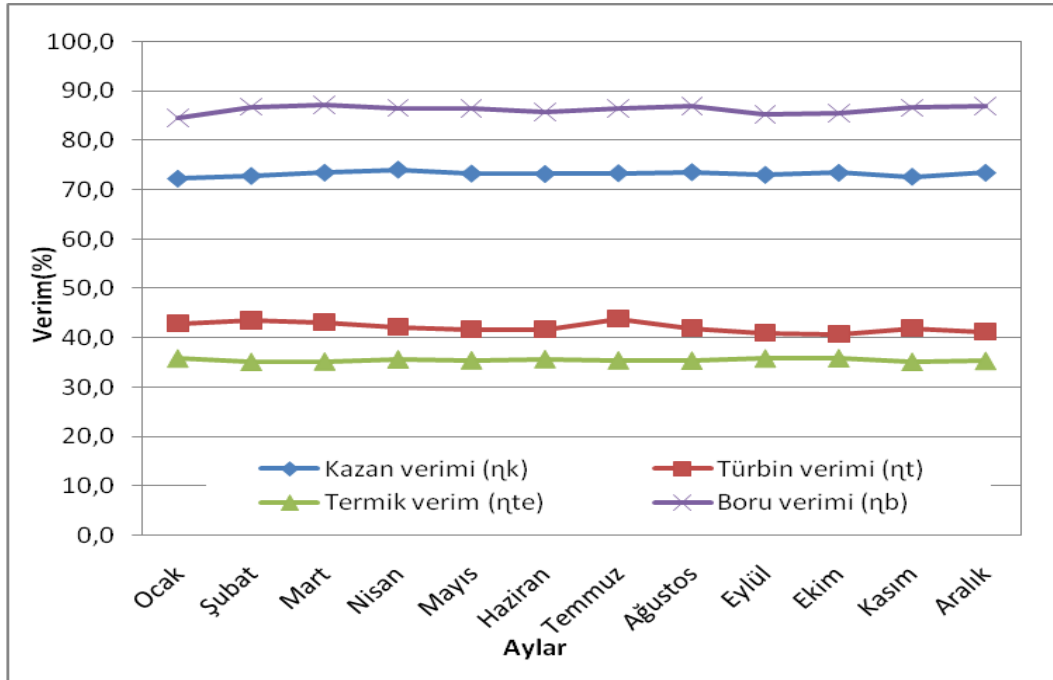


Şekil 5.11. 2010 yılı III. ünite verim değerler grafiği

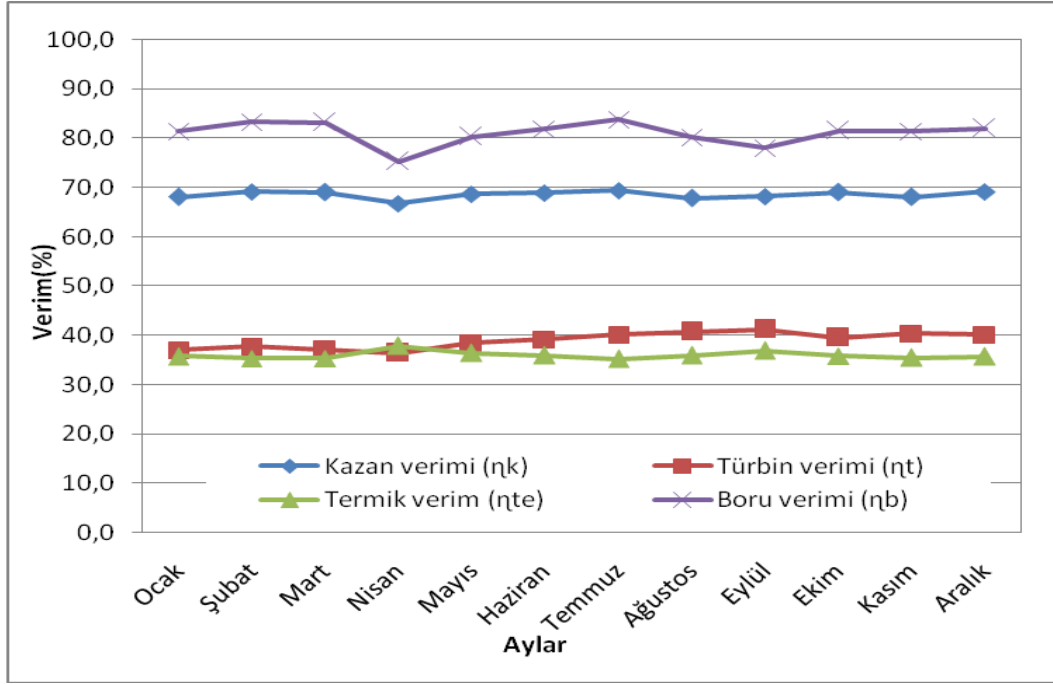


Şekil 5.12. 2010 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

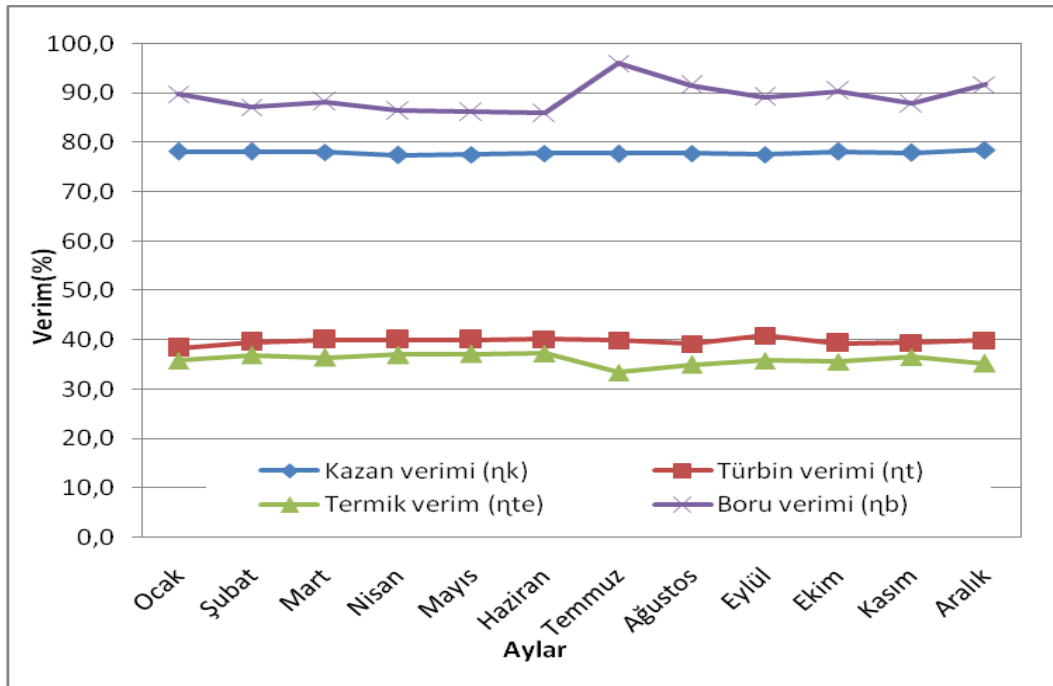
5.1.4. 2009 yılı grafikleri



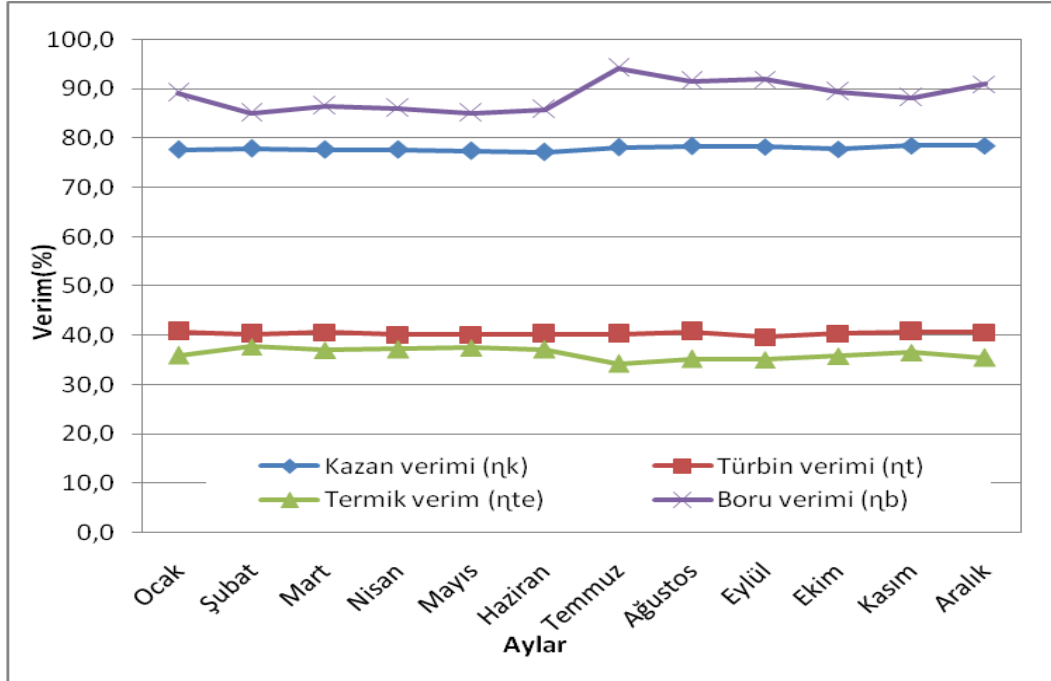
Şekil 5.13. 2009 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.14. 2009 yılı II. ünite verim değerler grafiği

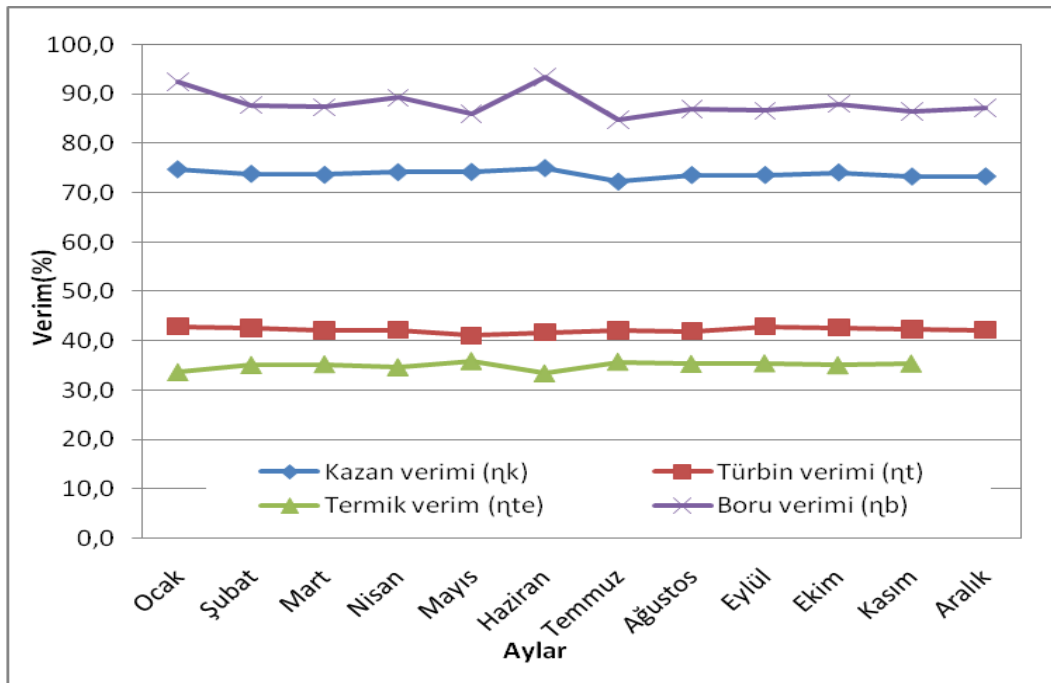


Şekil 5.15. 2009 yılı III. ünite verim değerler grafiği

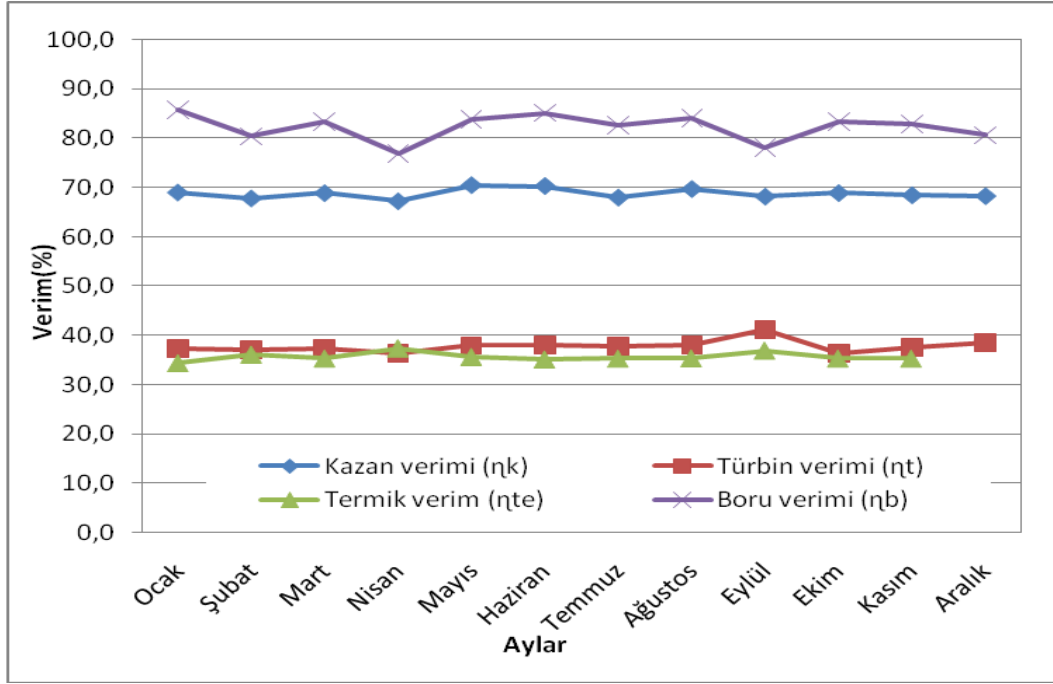


Şekil 5.16. 2009 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

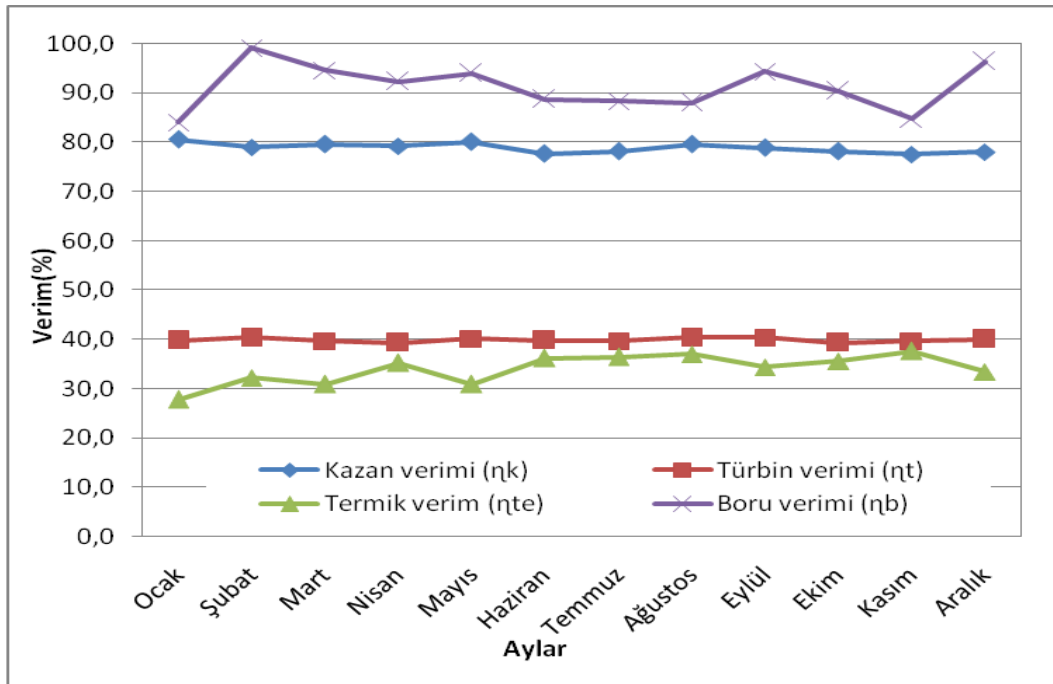
5.1.5. 2008 yılı grafikleri



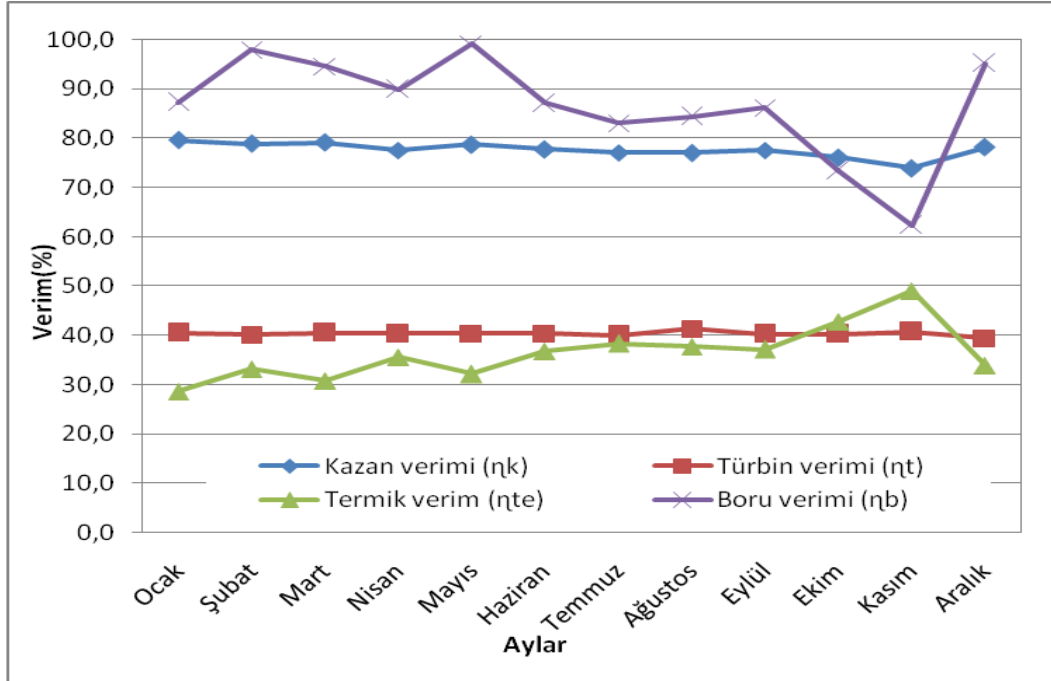
Şekil 5.17. 2008 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.18. 2008 yılı II. ünite verim değerler grafiği

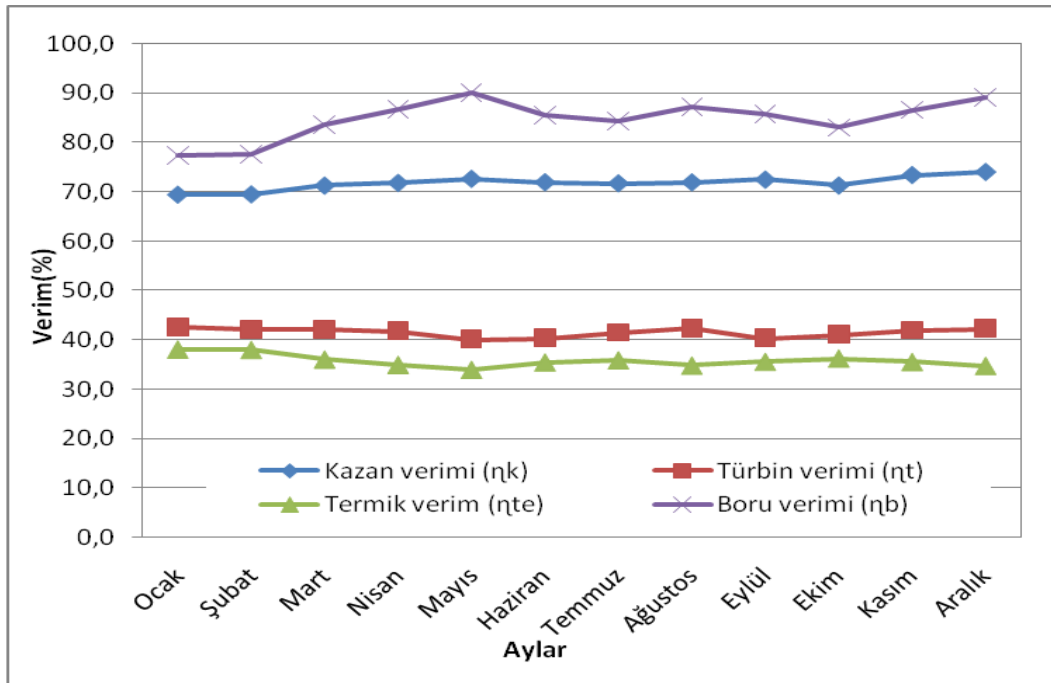


Şekil 5.19. 2008 yılı III. ünite verim değerler grafiği

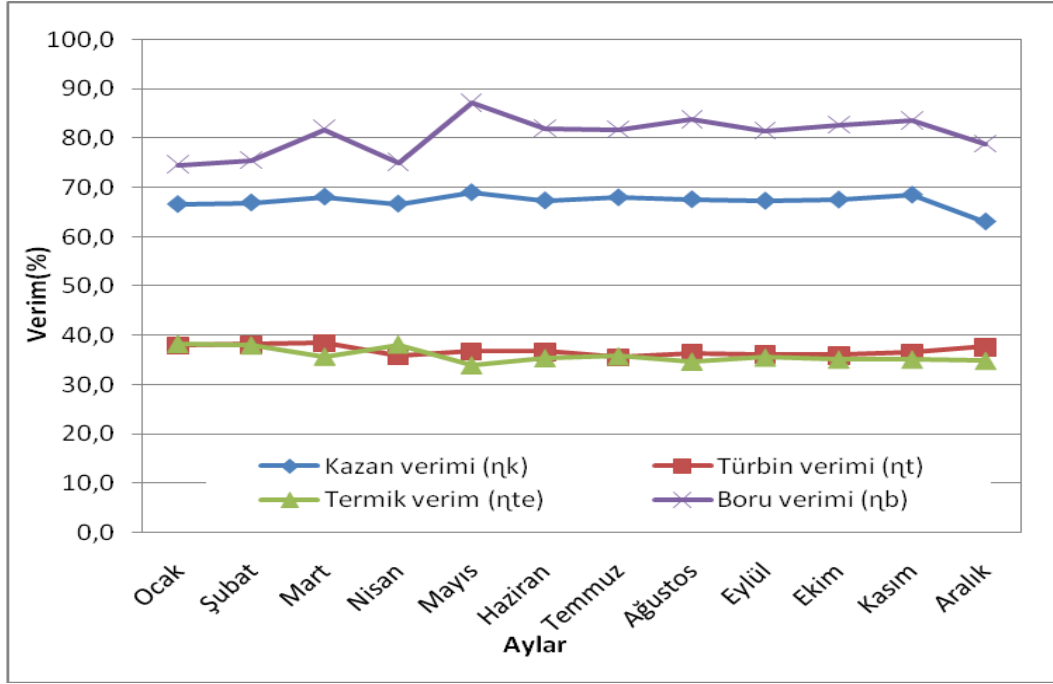


Şekil 5.20. 2008 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

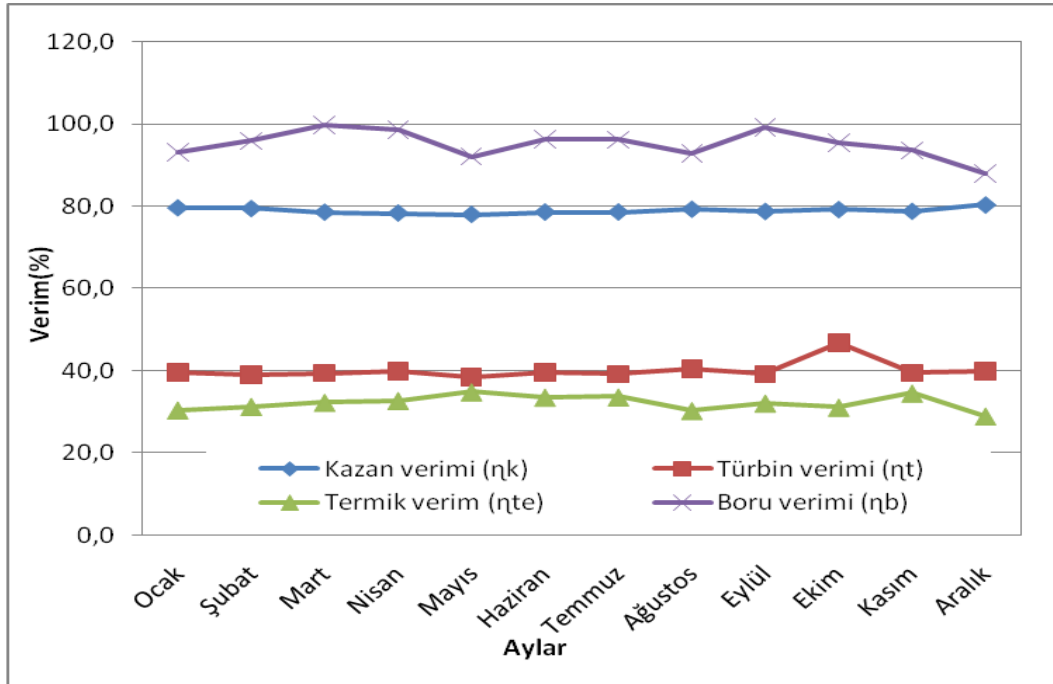
5.1.6. 2007 yılı grafikleri



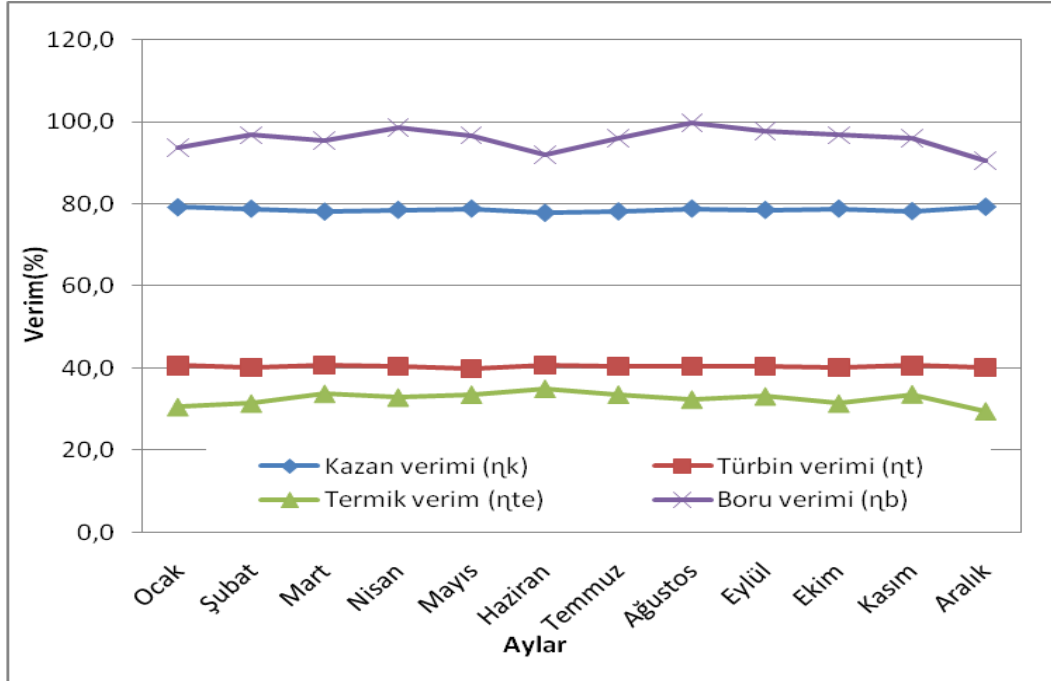
Şekil 5.21. 2008 yılı I. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.22. 2008 yılı II. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.23. 2008 yılı III. ünite verim değerler grafiği



Şekil 5.24. 2008 yılı IV. ünite verim değerler grafiği

Yukarıda verilen grafikler incelendiğinde, santralde boru verimi ile termik verimin birbirlerine ters karakteristik davranışlar gösterdiği, boru verimi ile kazan veriminin birbirleri ile doğru orantılı karakteristik davranışlara sahip olduğu görülmektedir. Bu izlenimler sayesinde santraldeki performans değişimlerinin hangi bölgelerde oluşan değişikliklere bağlı olarak oluştuğu izlenebilmektedir. Aynı zamanda bazı aylara ait grafiklerde görülen aşırı dalgalanmaların sebepleri incelenirken, mevsim şartları, kömür değerleri, işletme şartları gibi etmenler göz önüne alınarak yorum yapılabilmektedir.

6. SANTRALLERDE VERİM ARTIŞI İÇİN YAPILABİLİNECEK ÇALIŞMALAR

Klasik tip buhar santrallerinde ideal çevrim verimi Carnot çevrimiyle ifade edilmektedir [15].

$$\eta = 1 - T_{\min}/T_{\max} \quad (7.1)$$

Bu formülden de görüleceği gibi çevrimdeki en yüksek sıcaklık (T_{\max}) ne kadar yüksekse ve çevrimdeki en düşük sıcaklık (T_{\min}) ne kadar düşükse çevrim verimi (η) o kadar yüksektir.

Carnot çevrimi gerçekte uygulanamaz bir çevrim olduğundan daha gerçekçi olan Rankine çevrimi uygulamaya daha yakındır. Rankine çevriminde dört safha bulunmaktadır.

- ✓ Pompayla isantropik sıkıştırma,
- ✓ Kazanda, sisteme sabit basınçta ısı geçişi,
- ✓ Türbinde izantropik genişleme,
- ✓ Yoğuşturucuda sistemden sabit basınçta ısı atılması.

Rankine çevriminde verimi artırmak için kullanılan iki yaygın uygulama vardır [25].

Kazandan gelen yüksek basınçtaki kızgın buhar türbinde genişip basınç ve sıcaklığı düştükten sonra tekrar kazana gönderilir ve sıcaklığı tekrar yükseltilir. Bu uygulamaya gönderilmesidir. Santrallerde “tekrar kızdırma” adı verilir. Diğer uygulama ise türbinden ara buhar alıp besleme suyu ısıtıcılarına gönderilmesidir [25].

Klasik tip buhar çevrimlerinde hem kazanda kızdırıcılardan çıkan kızgın buhar, hem de tekrar kızdırıcıdan çıkan tekrar kızdırılmış buhar 530-540 °C civarlarındadır. Kızdırıcıdaki buhar debisi ve basıncı ise santral ünitesinin gücüne göre farklılık gösterir [25].

Kazan kızdırıcı çıkışında sıcaklığın 540 °C'dan 600 °C'ın ve basıncın 140-180 bar yerine 250 barın üzerine çıkmasıyla süperkritik kazanlı santrallerde verim % 40'ların üzerine çıkmıştır. Japonya'da Tomatoh-Atsuma Santrali 4. Ünitesinde % 44,2'ye, Danimarka'da taş kömürü yakan Nordylland-svaerket'de % 47, Almanya'da linyit yakan Niederaussen'da %43'e ulaşılmıştır [25].

Türkiye'de henüz süperkritik kazanlı santraller yoktur ve ancak yeni ithal kömürlü santrallerle gündeme gelebilir [25].

6.1. Kömürlü Santrallerde Rehabilitasyon Kavramı

Santraller genel olarak belli bir süre çalıştıktan sonra dizayn edildikleri performansın gerisine düşmeye başlarlar. Emre amadelikleri, güvenilirlikleri, verimleri düşer. Santralin bazı parçalarının kalan ömürleri konusunda da tereddütler oluşmaya başlar [25].

Üretimde, emre amadelikte düşüş yaşanınca elektrik üreten şirketler önemli bir karar vermek zorundadırlar. Ya yeni santral yaparak kurulu güçlerini artırmak ya da mevcut santralde rehabilitasyon yapmak, yani eski santralde yenileme yaparak santralin düşen performansını iyileştirirken diğer taraftan da santralin ömrünü uzatmak. Zaten konuyla ilgili literatür taraması yapıldığında “rehabilitasyon” kelimesinden çok “ömür uzatma” kavramıyla karşılaşılacaktır [25].

6.2. Santrallerin Yaşlanması

Santrallerin performans düşüklüğünün ana nedeni olan yaşlanma, dört temel mekanizmanın birisi veya birkaçının oluşmasıyla ortaya çıkar [25].

6.2.1. Sünme (Creep)

Sünme (Creep) katı malzemelerin aşırı stresin etkisiyle daimi olarak şeklinin değişmesidir (deformasyon). Sünme uzun süre sıcaklık ve basınca maruz kalan malzemelerde daha ciddi bir sorundur. Sünme sonucu oluşan deformasyonun hızı, malzeme özelliklerine, aşırı strese maruz kaldığı süreye, sıcaklığa ve uygulanan yapısal yüke bağlıdır. Uygulanan stres ve bunun süresinin boyutlarına bağlı olarak deformasyon o kadar çok olabilir ki artık o parça fonksiyonunu yerine getiremez hâle gelir. Örneğin bir türbin kanadındaki deformasyon, kanadın iç silindire sürtmesine yol açar, bunun sonucu kanat kırılabilir [25].

Kırılganlıktan kaynaklanan kırılmaların aksine sünmeden kaynaklanan deformasyon stresin uygulanmasıyla aniden oluşmaz, aksine uzun süreli stres neticesi oluşan gerilimin birikmesiyle oluşur. Sünme zamana dayalı bir deformasyondur [25].

Santralde ise; kazanlarda kızdırıcılarda, tekrar kızdırıcılarda, boru peteklerinin kolektörlerinde, türbin rotor ve mahfazalarında, ana buhar borularında, vanalarda, cıvata ve saplamalarda yüksek basınç ve sıcaklıktaki buhar sebebiyle ortaya çıkabilir [25].

Yukarıda verilen grafikler incelendiğinde santralin değerlerinde zamana bağlı çok fazla bir kayıp olmadığı görülmektedir. Yani santralde sünme nedeniyle oluşan deformasyon olmadığı değerlendirilebilir.

6.2.2. Yorulma (Fatigue)

Periyodik olarak inip çıkan yüklere veya strese tabi olan malzemelerde zamanla ilerleyen, lokal olarak yapısal hasarlara yorulma denir. Yorulma hasarı kümülatiftir. Yük ve stres ortadan kalksa da malzeme eski haline dönemez Yorulma ömrü; sıcaklık, yüzeyin işlenme düzeyi, mikroyapı, oksitleyici veya inert kimyasalların bulunması, başka parçalarla temas, parçanın bünyesindeki streslerden etkilenecektir [25].

Bazı tip malzemelerin (örneğin bazı çelikler ve titanyum alaşımları) teorik bir yorulma limitleri vardır [25].

Bu limitin altında devamlı yükleme de olsa hasar meydana gelmez. Yorulmada lokal kılcal çatlaklar oluşmaktadır [25].

Santralin türbin rotorunda, kanatlarda, kazan kolektörlerinde, domda, kazan borularında, pompa ve fan elemanlarında ve generator sargı suportlarında yorulma görülebilir [25].

Bu tip deformasyonların kontrol altında tutulabilmesi için revizyon zamanlarında çeşitli muayene yöntemleri ile testlerin yapılması gerekmektedir. Özellikle türbin rotorları ile baca gazı fanları gibi yüksek devir ve vibrasyon altında çalışan sistemlerde bu testlerin yapılması bir zorunluluktur. Bu çalışmada elde edilen değerlerle bu tip deformasyon hakkında yorum yapmak mümkün değildir.

6.2.3. Korozyon

Bir malzemenin çevresiyle kimyasal tepkimeye girerek temel özelliklerini kaybetmesine korozyon denir. En çok bilinen şekliyle metallerin elektronlarını kaybederek su veya oksijenle reaksiyona girmesidir. Örneğin demir oksijenle reaksiyona girerek mukavemeti düşer ve buna paslanma da denir. Korozyon belli noktalara konsantre olup çatlak veya çukurluklar (pitting) oluşturabilir. Korozyonun önlenmesi için metal üzerine ince bir koruyucu film oluşturmaya pasivasyon adı verilir. Ancak pasivasyonun tam olarak uygulanamadığı bölgeler, korozyonun hemen başlayabileceği noktalardır [25].

Çok yüksek sıcaklıklarda metallerde oluşan kimyasal bozulmaya yüksek sıcaklık korozyonu denir. Ancak bunun olabilmesi için ortamda oksijen veya oksitlenmeye yardımcı olacak kimyasalların bulunması gerekir [25].

Özellikle su bulunan ortamlarda metallerin elektrod durumuna geçip elektroliz oluşmaya başlar ve metallerde zamanla eksilmeler başlar. Bunu önlemek için özellikle boru sistemlerinde, tanklarda katodik koruma yapılmalı, eğer varsa kurban elektrodlar periyodik olarak kontrol edilmelidir. Aksi takdirde santrallerde soğutma suyu, yangın suyu hatlarında delinmeler olduğu görülecektir [25].

Santralin yüksek sıcaklık altında ve su teması ile çalışan kazan, türbin ve boru verimlerine bakıldığında aşırı değişikliklere rastlanmamakta, bunun nedeni olarak ise Çayırhan termik santralinde kurulu su tasfiye ünitelerinde suyun safzılaştırma işlemlerinin başarıyla yapılmakta olması gösterilebilmektedir. Aşağıda Çizelge 6.1., Çizelge 6.2., Çizelge 6.3.'te örnek olarak Ocak 2012 ayına ait su analiz değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.1. Kondense suyu analiz değerleri

Tarih	03.01.2012				10.01.2012				17.01.2012				24.01.2012				31.01.2012			
KONDENSE	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
PH		9,20	9,20	9,10	9,20	9,20	9,10	9,20	9,20	9,20	9,10	9,20	9,10	9,20	9,20	9,10	9,20	9,20	9,20	9,10
AMONYAK (ppb)		697	568	471	608	590	482	594	573	694	453	621	513	560	554	491	650	630	616	503
İLETKENLİK (Oij)		4,90	4,50	4,00	4,60	4,50	4,30	4,50	4,50	4,90	4,20	4,60	4,40	4,50	4,50	4,30	4,70	4,60	4,60	4,20
µS/cm (KDS)		0,127	0,202	0,462	0,131	0,118	0,172	0,151	0,146	0,112	0,178	0,215	0,134	0,130	0,200	0,205	0,14	0,166	0,203	0,559
BAKIR (ppb)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00
DEMİR (ppb)		2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	9,00	2,00
SİLİS (ppb)		2,00	3,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5,00	2,00	4,00	2,00	2,00	2,00	13,00	6,00

Çizelge 6.2. Besleme suyu analiz değerleri

Tarih	03.01.2012				10.01.2012				17.01.2012				24.01.2012				31.01.2012			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
BESLEME SUYU																				
PH		9,30	9,20	9,10	9,20	9,20	9,10	9,20	9,20	9,20	9,10	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,10
AMONYAK (ppb)		700	575	520	602	576	473	577	601	683	457	634	561	602	561	564	640	645	590	515
İLETKENLİK (µS/cm)		0,116	0,179	0,250	0,134	0,115	0,141	0,151	0,125	0,117	0,171	0,175	0,222	0,123	0,188	0,167	0,14	0,17	0,13	0,47
BAKIR (ppb)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	2,00
DEMİR (ppb)		2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	7,00	2,00
SİLİS (ppb)		2,00	3,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	15,00	5,00

Çizelge 6.3. Kazan suyu analiz değerleri

Tarih	03.01.2012				10.01.2012				17.01.2012				24.01.2012				31.01.2012			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
KAZAN SUYU																				
PH		8,70	8,70	8,60	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,60	8,60	8,70	8,70	8,70	8,70
İLETKENLİK (µS/cm)		2,30	2,20	4,80	2,40	2,00	1,90	2,40	2,10	2,40	1,90	2,50	1,90	2,00	2,10	2,00	2,10	2,60	2,80	3,80
SİLİS (ppb)		29,00	51,00	45,00	23,00	21,00	36,00	33,00	20,00	23,00	41,00	29,00	31,00	24	43,00	24,00	29,00	72,00	315,00	95,00
KLORÜR (ppb)		33,00	48,00	81,00	30,00	37,00	43,00	58,00	43,00	51,00	78,00	85,00	53,00	50	89,00	73,00	32,00	26,00	48,00	31,00

6.2.4. Aşınma (wear, erosion)

Katı yüzeyler, diğer katı, sıvı veya gaz maddelerin sürtünmesiyle aşınırlar. Aşınmanın boyutu genellikle aşınan yüzeyin hacmi olarak ifade edilir. Bir tesiste çalışan bir parçanın ömrü, boyutlarındaki kayıplar önceden belirlenen tolerans sınırlarını aşarsa, sona erer [25].

Santrallerde aşınmanın boyutunun büyük olduğu yerler, kazan boruları, türbin kanatları ve diskleri, kül tutucular, baca gazı yıkayıcı kuleler, bacalar ve hava ön ısıtıcılarıdır. Baca gazındaki küller, kazan borularında, hava ön ısıtıcılarında, elektro filitrelerde, cebri çekme fanlarında aşınmaya neden olacaktır [25].

Çayırhan termik santralinde en çok aşınma kömür değirmenleri, kül hattı, yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan kazan boruları ile türbin kanatlarında oluşmaktadır. Bu sorun yıllık yapılan revizyon çalışmaları sırasında aşınan elemanların değişimi ve onarımı ile aşılmakta olup, revizyonlar sırasında kontrollerin çok iyi yapılması gerekmektedir.

6.3. Rehabilitasyon Yapmanın Nedenleri

Rehabilitasyon yapmanın sebepleri dört başlık altında toplanabilir.

- Teknik Sebepler,
- Ekonomik Sebepler,
- Çevre Mevzuatı,
- Şebeke Gereklere,

Teknik Sebepler:

- Ömrünün uzatılması
- İşletme problemlerinin giderilmesi
- Santral Bakım işlerinin azaltılması
- Teknolojik yeniliklerin uygulanması

Ekonomik Sebepler:

- Üretilen elektrik enerjisi miktarını artırmak
- Verimi artırmak
- Emreamadeliği ve güvenilirliği artırmak
- Generatör ve diğer ekipmanlarda kayıpları azaltmak
- İşletme süresini artırmak

Çevre Mevzuatı:

- Olmayan santrallere Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisi eklenmesi
- Toz emisyonunu azaltmak için elektro filtrelerin rehabilitasyonu
- NO_x arıtma tesisleri
- Atık sular için arıtma tesisleri yapımı

Şebeke Gereklere:

- Frekans kontrolü
- Reaktif güç

6.4. Rehabilitasyon Kapsamının Belirlenmesi

Rehabilitasyon kapsamını belirlerken aşağıdaki süreç takip edilir.

- ✓ İşletme dönemiyle ilgili verilerin toplanması,
- ✓ Kapsamlı saha incelemesi ve test programının belirlenmesi,
- ✓ Kazan, türbo-generatör, değirmenler, elektrofiltreler ve diğer ekipmanlarda performans testlerinin yapılması,
- ✓ Test sonuçları ve işletme verileri analiz edilerek güvenilirliği, verimi azaltan, santralin devre dışı olmasına yol açan ve çevre kirliliğine yol açan ekipmanların belirlenmesi,

Her arıza analiz edilirken şu sorulara cevap aranır.

- ✓ Bu arıza santralin güvenli çalışmasını etkilemekte midir?
- ✓ Arızanın sebepleri nelerdir?
- ✓ Arızanın her bir nedeni için düzeltici aktivite nedir?
- ✓ Her düzeltici aktivite için fayda, maliyet analizi yapılmalıdır.
- ✓ Söz konusu ekipman rehabilitasyon programına alınmalı mıdır?

- ✓ Rehabilitasyona tabi tutulması ihtimali olan ekipmanları güvenilirliğe ve performansa etkisi ve fayda maliyet analizi sonuçlarına göre öncelik sırası oluşturulacaktır.

Rehabilitasyon kapsamına girip girmeyeceği değerlendirilen işler dört sınıfta toplanabilir.

- ✓ Güvenli bir işletme için gerekli olan veya yasa gereği yapılması gereken işler,
- ✓ Ekonomik olarak çekici görünen ve uygulanması uygun olan işler,
- ✓ Maliyeti düşürücü olmayan ve ekonomik olarak çekici olmayan işler,
- ✓ Daha fazla inceleme ve değerlendirme gerektiren işler.

6.5. Dünyada Rehabilitasyon

Yeni santrallere yatırım yapmak yerine eski santrallerde rehabilitasyon yaparak ömrünü uzatmak artık tüm dünyada kabul görmüş bir uygulamadır. Ancak ömür uzatma, üretimi, verimi, emre amadeliği artırma gibi bilinen nedenlere ilaveten sadece NO_x emisyonlarını düşürme ve su tüketimini azaltma gibi nedenlerle büyük rehabilitasyonların yapıldığı görülmektedir [25].

ABD:

ABD'deki kömür santrallerinin çoğu yaşlı olmasına rağmen 2007'de elektriğin yaklaşık %49'u kömürlü santrallerden karşılanmıştır. Buna karşılık elektrik sektörü CO₂ emisyonunun da % 82'si kömürlü santrallerdendir. Kömürlü santrallerin ortalama verimi % 32 olsa da % 20 ve altında verimle çalışan santrallerde vardır. 2030 projeksiyonlarında elektrik sektörü emisyonlarının % 62'sini mevcut kömür santrallerinden kaynaklanacağı hesaplanmaktadır [25].

ABD Enerji Bakanlığının yaptığı bir çalışmada hangi çalışmalarla verimin ne kadar artırılabileceğini gösteren bir tablo hazırlanmıştır [26].

Ancak ABD'nin 1977'de çıkardığı Temiz Hava Kanunu (Clean Air Act), verim artırıcı çalışmaları ve rehabilitasyonları önleyici bir rol oynamıştır. Bu Kanun'da yer alan Yeni Kaynak İncelemesi (NSR New Source Review) mekanizmasına göre, yeni kurulacak santraller için sıkı limitler getirmektedir. 1971 öncesi kurulan santraller NSR incelemesinden muaftır. Eski bir santralda normal bakım onarımın üzerinde yapılacak verim artırıcı çalışma da NSR mekanizmasına tabi olduğundan; NSR, bu çalışmaları caydırıcı bir rol oynamaktadır. Bu kanuna dayanarak Çevre Koruma Kurumu (EPA-Environmental Protection Agency) çok sayıda elektrik şirketi aleyhine dava açmıştır.

Gerekçeleri de verim artırıcı çalışmalarla santrallerin emre amadeliklerinin artacağı, maliyetlerinin düşeceği ve sonuçta daha uzun çalışarak daha çok emisyonu neden olacaklardır [25].

Wisconsin Electric (WE) Power Company, 1990'larda kömürlü santrallerinde bir seri iyileştirmeler yaparak % 2 ile % 11 arası verim artışı sağlamışlardır [25].

Çizelge 6.4. Santral yapılan iyileştirmelerin verime olan etkisi

İyileştirme çalışması	Verim artışı (%)
Hava ön ısıtıcısı optimizasyonu	0,16-1,5
Kül atma sistemi yenilenmesi	0,1
Kazan hava ısıtıcı yüzeyi artırılması	2,1
Yanma sistemi optimizasyonu	0,15-0,84
Kondenser optimizasyonu	0,7-2,4
Soğutucu sistem performansının iyileştirilmesi	0,2-1,0
Besleme suyu ısıtıcıları optimizasyonu	0,2-2,0
Baca gazı nemi alınması	0,3-0,65
Baca gazı ısısının alınması	0,3-1,5
Kömür kurutma sistemi kurulması	0,1-1,7
Ölçü kontrol sistemi iyileştirilmesi / yenilenmesi	0,2-2,0
Cürüflanma ve yanma odası kirlenmesinin azaltımı	0,4
Kurum üfleyicilerin optimizasyonu	0,1-0,65
Buhar kaçaklarının azaltılması	1,1
Buhar türbini iyileştirilmesi	0,84-2,6

Hindistan;

Hindistan elektrik talebi en hızlı artan ülkelerden birisidir ve şu anda elektriğinin % 70-80'i kömürden karşılanmaktadır. 2030 projeksiyonlarında da kömürün payı % 60'ın üzerindedir. Ancak Hindistan'daki kömür santrallerinin çoğu yaşlanmış, verim ve emre amadelikleri düşmüştür. Bu sebeple Hindistan kömür santralleri için kapsamlı bir rehabilitasyon programı başlatmıştır. Burada kazanlar, türbin ve kondenserler, bu programda iyileştirilmesi planlanan ana ekipmanlardır. Bu çalışma sonucu üretimin % 30, verimin % 23 artması ve çevresel etkilerin % 47 düşürülmesi ve santral ömürlerinin 15-20 yıl uzatılması hedeflenmiştir [25].

Kazanlarda değirmenler büyütülecek, basınçlı parçalar değişecek, hava ön ısıtıcılarda tadilat yapılacak, yakıcılar yenilenecek, hava sistemi iyileştirilecek, elektro filtrelere yeni hücreler eklenecektir [25].

Türbinlerde en son dizayn kanatlar takılacak, kondenser borularında yeni malzeme kullanılacak, pompalar ve besleme suyu ısıtıcılar daha verimli olanlarla değiştirilecek, vakum verimli olanlarla değiştirilecek, vakum sistemi yenilenecektir [25].

Bu arada elektrik ve otomasyon sistemlerinde de en son teknoloji kullanılacaktır [25].

Polonya:

Polonya elektriğinin %95'den fazlasını kömürden üretmektedir. Santrallerinin önemli bir kısmı da 40 yaşın üzerindedir. Polonya'da santral ömrünü uzatma yanında özellikle NO_x emisyonlarını düşürmek önemli bir rehabilitasyon nedenidir [25].

Polonya'da çok sayıda pulverize kazan (PB), sirkülasyonlu akışkan yataklı kazanla (CFB Circulating Fluidised Boiler) değiştirilmiştir. PB kazanlarda yanma odası sıcaklığı 1100-1500°C civarında olurken CFB kazanlarda sıcaklık 840-900°C arasındadır, bu sebeple NO_x oluşacak sıcaklığa çıkılmamaktadır [25].

Polonya'da PB kazanlarının CFB kazanlarıyla değişimine iyi bir örnek Turow Santralidir. Her biri 200 MW gücünde olan ilk üç ünitenin güçleri 235 MW'a çıkarılmış ve teknolojideki hızlı gelişmeler sonucu ikinci üç ünite de ise güçler 261,6 MW'a çıkarılmıştır [25].

Ancak Polonya'da aynı tip PB kazanla devam etme kararı alındığında düşük NO_x 'li kömür yakıcıları kullanılmıştır. Yakıcıların hava debisi kısılarak alev sıcaklığının yükselmemesi sağlanırken yakıcı üstü hava sistemi (OFA Over Fire Air) geliştirilmiş ve yanma odası sıcaklığı düşürüldüğü için, NO_x oluşumu da azaltılmıştır. Sadece yakıcı değişimiyle NO_x seviyeleri 200 mg/m³'ün altına inmektedir. Yeni yakıcılarla yanma odasında sıcaklığın düşmesi, kazandaki cürüflanma problemini de azaltmaktadır [25].

Buna ilaveten yeni geliştirilen sulu kurum üfleyicileri, eski kurum üfleyicilerinde olduğu gibi monte edildiği evaporatör (buharlaştırıcı) duvarına değil de karşı duvara su

püskürtmektedir. Bu kurum üfleyicileri bilgisayar kontrollü hareket edebilir kafalarıyla karşı duvarda geniş bir sahanın cüruftan temizlenmesini mümkün kılmaktadır [25].

Polonya'da bulunan 60'ın üzerindeki 200 MW'lık turbo –generator gruplarında rehabilitasyon yapılarak güç 230–240 MW'lara çıkarılmış ve ısı tüketimleri de % 5 civarında azaltılarak verim yükseltilmiştir [25].

Çin:

Çin'de çok sayıda yapılan rehabilitasyona örnek olarak Shandong Elektrik Şirketinin Huangtai Santrali 7. ünitesi için Japan Kyushu Electric Power Şirketi'yle yaptığı işbirliği verilebilir. 300 MW'lık bu ünitenin verimi zaman içinde orijinal dizayn değerinden % 4,5 düştüğü tespit edilmiş ve kazan borularında biriken kül ve cürufu azaltıcı çalışmalar, yüksek ve alçak basınç türbinlerinde yapılan tadilatlarla verim % 33,17'den, % 37,57'e çıkarılmıştır. Buda, yılda 90 000 ton az kömür yakılarak, 210 000 ton daha az CO₂ emisyonu anlamına gelmektedir [25].

Türkiye'de Rehabilitasyon:

Türkiye'de santrallerin kurulu gücü 01 Haziran 2011 itibarıyla 50475,5 MW'dır. Bu kurulu gücün % 47,9'u olan 24 158,2 MW'ını EÜAŞ işletmektedir. EÜAŞ Santrallerinin 11 633,3 MW'ı hidrolik ve 12 524,9'u MW'ı termik santrallerdir. EÜAŞ Termik Santrallerinin çoğu yaşlıdır. Ortalama yaşları 30 yılın üstündedir.

EÜAŞ Termik Santrallerinin 7761 MW'ı kömür santralleri olup Türkiye'deki yerli kömür santrallerinin 8474,7 MW % 91,6'dır. Dolayısıyla Türkiye'de kömür santrallerini incelemek gerektiğinde EÜAŞ santrallerine bakmak gerekir [25].

Santrallerdeki verim düşüklüğünün nedenlerine örnek olarak Afşin Elbistan A Santralinde Japon Chubu Elektrik Firmasının yaptığı bir çalışma Çizelge 6.5'te özetlenmektedir.

Çizelge 6.5. A.Elbistan A Santralinde verim düşüşüne neden olan etkenler

Nedenler	Isı Tüketimi (Heat Rate kCal/kg)	Brüt ünite verimi (%)
Dizayn değeri	2.352,0	36,6
Aşırı hava kaçağı	269,8	-3,8
Yüksek baca gazı sıcaklığı	74,5	-0,9
YB Besleme suyu ısıtıcıları devre dışı	73,5	-0,9
Kondenser vakumu yüksek	51,8	-0,5
YB türbininde verim kaybı	32,5	-0,4
Aşırı tekrar kızdırıcı püskürtme suyu	24,1	-0,2
Diğer	46,8	-0,5
Mevcut durum	2.925	29,4

Santrallerin performansını iyileştirmek için EÜAŞ bir rehabilitasyon programı başlatmıştır.

Yapılan ve yapımı devam eden önemli rehabilitasyonlar aşağıda özetlenmektedir.

Yatağan: 3. üniteye yanma optimizasyonu yapılmıştır. Frekans kontrolü teçhizatı kurulacak ve elektro filtre rehabilitasyonu yapılacaktır.

Yeniköy: Kazanda büyük çaplı rehabilitasyon yapılmıştır. Frekans kontrolü teçhizatı kurulacaktır.

Kangal: Elektro filtre rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur. Kazanda kapsamlı bir rehabilitasyon yapılmıştır.

Soma: Elektro filtre ve luvo rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur.

Seyitömer: Elektro filtre ve luvo rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur. Yağ yakıcılar değişmiştir.

Orhaneli: Elektro filtre ve luvo rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur. Yağ yakıcılar değişmiştir. 6 kV sistemi yenilenmiştir.

Çatalağzı: Elektro filtre ve luvo rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur. Yağ yakıcılar değişmiştir.

Tunçbilek: Luvo rehabilitasyonu yapılmış ve frekans kontrol sistemi kurulmuştur.

Afşin Elbistan A Santrali rehabilitasyonu için Dünya Bankasından alınan 280 milyon €'luk kredi ihalelerden sonuç alınamadığı için maalesef iptal edilmiştir.

EÜAŞ santral kazanlarında 1000 km'nin üzerinde boru değiştirilmiştir.

EÜAŞ Genel Müdürünün yaptığı bir sunuma göre rehabilitasyonlar sonucu kömür santrallerinden elde edilmesi hedeflenen üretim artışı Çizelge 7.6'da verilmektedir [25].

Çizelge 6.6. Rehabilitasyon sonucu geri kazanımlar(milyon kWh)

Santral	Rehabilitasyon Sonu
Afşin Elbistan A	4 586
Çatalağzı	201
Kangal	810
Orhaneli	321
Seyitömer	815
Tunçbilek	1 083
Soma B	2 756
Yeniköy	529
TOPLAM	11 371

6.6. Kojenerasyon

Klasik tip kömür kullanan kazanlı bir santralde verim % 35'lerde, superkritik kazan kullanan santrallerde verimin % 43-47 olduğu belirtilmiştir. Kojenerasyonla verim daha yukarılara çıkarılabilir [25].

Santralleri kojenerasyon tesisi olarak kurarak buhar ve/veya baca gazının değerlendirilmesi hem daha ekonomiktir hem de sera gazı emisyonlarını düşürücü bir uygulamadır. Santrallerin buharıyla şehir ısıtması Kuzey, Doğu ve Orta Avrupa'da çok yaygın bir uygulamadır [25].

Türkiye'de de TÜBİTAK, EÜAŞ, EİEİ, Yıldız Teknik Üniversitesi bir proje ortaklığı oluşturarak EÜAŞ Termik Santrallerinin ısıtma potansiyeli çıkarılmış ve ilk prototip uygulama olarak Soma Termik Santrali seçilmiştir [25].

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir termik santralin verim analizleri yapılmış, yapılan bu analizler neticesinde santralin üretim kapasitesine etki eden etmenlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Termik santrallerin yüksek sıcaklık-yüksek basınç altında çalışan sistemler olmaları ve kesintisiz elektrik üretimin hedeflenmesi nedeniyle santrallerdeki zamana bağlı deformasyonlar ve bunların üretim ve santrallerin ömrüne olan etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

Yukarıda belirtilen hedefler kapsamında Ankara ilinde kurulu olan Çayırhan Termik Santrali model olarak seçilmiş, buradan alınan teknik veriler ve üretim sonuçları ile termik santralin beş yıllık üretim ve verim hesaplamaları yapılmıştır. Literatüre bakıldığı zaman daha önceki çalışmalarda birçok termik santral için ekserji ve verim analizlerinin yapıldığı görülmekte iken yapılan bu çalışmada Çayırhan Termik Santrali için beş yıllık verim analizi yapılmıştır. Bu analizler yapılırken termik verim, türbin verimi, boru verimi ve kazan verimi gibi dört ana parametrede inceleme yapılmıştır.

Bu kapsamda santralin beş yıllık süre içerisinde hangi aşamalarda deformasyona uğradığı ortaya konulmaya çalışılmış ve dünya ile ülkemizde bu tip durumlarda santralin iyileştirilmesi için yapılabilecek çalışmalar araştırılmıştır. Elde edilen rehabilitasyon yöntemleri Çayırhan Termik Santrali ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmadaki ana amaçlardan biri günümüzde özel sektör için cazip hale gelen enerji sektörünün ve üretim tesislerinin üretim kapasitelerinin incelenmesinde yol gösterebilmek, yıllara bağlı oluşan üretim kayıplarının önlenmesi için yapılabilecek çalışmalar hakkında bilgi verebilmektir. Model olarak seçilen Çayırhan Termik Santrali 20 yıllık bir süre zarfında özel teşebbüsler tarafından işletilmek üzere kiralanmış olup, yüklenici firma belirli bir kotada üretim yapmak üzere taahhütlerde bulunmuştur. Bu işletme ve diğer işletmeler için 5-10 yıllık periyotlarda yapılacak verim analizleri ve üretim kayıpları ile gelecek yıllar için planlanacak üretim taahhütleri daha reel olarak verilebilecektir.

Aynı zamanda santralin 12 aylık periyot zarfındaki üretim değerleri incelenmiş olup, aylık ve mevsimsel olarak verim değerleri ortaya konulmuştur. Bu değerler grafiklere dökülerek

dış ortam sıcaklığı, kömürün nem oranı, kömürün ıslaklık durumu gibi nedenlere bağlı olarak dönemsel değişiklikler gösterilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında bazı farklı dizayn değerine sahip I-II.ünite grupları ile III-IV.ünite grupları arasındaki verim farklılıkları değerlendirilmiştir.

Öneriler:

- ✓ Bu çalışma kapsamında üretim kapasitesi ve yıllara bağlı üretim kayıpları iyi irdelenmelidir.
- ✓ Santrallerde yapılacak rehabilitasyon yöntemleri ve bunun üretime olan katkısı açık bir şekilde ortaya konulmalı, kısa ve uzun vadede amortisman bedelleri hesaplanmalıdır. Yeni bir santral yapmak mı yoksa iyileştirme yapmak mı sorusu cevaplanmalıdır.
- ✓ Dönemsel şartlar ile dış ortam şartlarına bağlı üretim kayıpları ortaya konulmalı ve bunlarla ilgili gerekli önlemler alınmalıdır.
- ✓ Verim değerlerini ortaya koyan dört ana verim türü(termik verim, türbin verimi, boru verimi ve kazan verim) incelenmeli, hangi noktada kayıplar oluşmuşsa bölgesel müdahale yapılmalı veya işletme şartları gözden geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. TAŞKINOĞLU M. (2011). *Termik santrallerde elektrik enerjisi verimliliğinin artırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 15-18.
2. GÜNDOĞDU G. (2011). *Termik santrallerde ısı üretimini minimize edecek optimum kontrol sisteminin tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9,42.
3. SOYSAL M., S.(2012). *Bir termik santralin enerji yönetim sistemleri açısından performansının incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 34.
4. BİLGİNSOY A., K. (2012). *Bir termik santralde termodinamik analiz ve ısı süreçlerindeki tersinmezliklerin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 59-65.
5. ÖZEK S. (2012). *Termik santrallerde bakım yönetim sisteminin enerji verimliliğine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 45.
6. TEK G. (2012). *Termik santral park sahasındaki kömürlerin santral üretimini maksimum yapacak biçimde kazanlara taşınmasının analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 115-118.
7. AMIRABEDİN E. (2011). *Düşük kaliteli yerli linyitlerle çalıştırılan bir termik santralin tasarımı ve enerji-çevresel performansının iyileştirilmesine yönelik ekserji analizleri ve irdelemeler*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 41.
8. GEREDELİOĞLU Ç. (2011). *Çayırhan termik santralinin enerji ve ekserji analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 36-39.
9. KOCAEKİZ B. (2010). *Bir termik santralin enerji ve verim analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir,41-46.
10. HİLALCİ A. (2004). *Çatalağzı termik santraline ekserji analizinin uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
11. BERBEROĞLU, C., N. (1982). *Türkiyenin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu*. (ilk baskı). Eskişehir: E.İ.T.İ.A. Yayınevi, 9.

12. KILIÇ, A., AKSEL, Ö. (1980). *Güneş Enerjisi*. (ilk baskı). İstanbul: Kipaş Dağıtımçılık, 9-15.
13. BOCKPRİS, O., M. VEZİROĞLU., J. Debbi. (1993). *Güneş Enerjisi* (ilk baskı), İstanbul: İletişim Yayınları, 9
14. BAŞARAN, M. (1997). Kömürle Çalışan Termik Santraller. *Çevre Ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı*, 52(617), 104-113.
15. TAŞDEMİROĞLU, E. (1988). Solar Enerji Utilization, Technical Economic aspects; **ODTÜ**. Ankara, 17.
16. ASLAN, H. (1996, Kasım). *Kömüre Dayalı Termik Elektrik Santrallerinde Verim ve Kapasite Kullanım Oranı Düşüklüğünün Nedenleri ve Bunların Yükseltmeleri İçin Alınması Gerekli Tedbirler*, TMMOB 1. Enerji Sempozyumunda sunuldu, Ankara, 1-2.
17. KÖKNAL, B. (2011). *KEAŞ ve YEAŞ Termik Santrallerindeki Curuf Yapılarının İncelenmesi ve Kömür Özellikleri ile İlişkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 14-16.
18. ÖZEK,S. (2012). *Termik Santrallerde Bakım Yönetim Sisteminin Enerji Verimliliğine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, , Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25.
19. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2011). Dünya ve Türkiye’de Enerji Görünümü; **ETKB Raporu**. Ankara, 19,58.
20. BAŞARAN, M. (2012). Enerji Yatırımları Fizibilite Raporu Hazırlanması Semineri; **WEC**. Ankara, 17.
21. DİRESKENELİ, H. (2013). Türkiye’de Termik Santraller; **MMO**. Ankara, 20-22.
22. TÜBİTAK. (2013). Kömür Gazlaştırma ve Sıvı Yakıt Üretimi Teknolojilerinin Geliştirilmesi; **TÜBİTAK**. Ankara, 1-2.
23. TÜBİTAK. (2013). Termik Santral Baca Gazı Arıtma Teknolojilerinde Yerli Tasarım ve İmalat Kabiliyetinin Geliştirilmesi; **TÜBİTAK**. Ankara, 1-2.
24. TÜBİTAK. (2013). Yerli Termik Santral Tasarım ve İmalat Kabiliyetinin Geliştirilmesi; **TÜBİTAK**. Ankara, 1-2.
25. BAŞARAN, M.(2011). “Termik Santrallerde Verimlilik Çalışmaları ve Kazanımlar”, **Mühendis ve Makina**, 52(617),116-124.
26. KOÇ, E., ŞENEL, M.C.(2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme.”, **Mühendis ve Makina**, 54(639):34.

27. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. (2011). Kömür Sektör Raporu; **TKİ**. Ankara,52-54.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :SEVİN, Levent
 Uyuğu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :06.11.1981, Ankara
 Medenihali :Bekâr
 Telefon :0(312)763 26 31
 Faks :-
 e-mail :sevin_levent@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Mak.Eğt.A.B.D.	Devam Ediyor
Lisans	Erciyes Üniversitesi/Mak.Müh.	2004
Lise	FSM Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004 - 2005	Alternatif Mühendislik A.Ş.	Proje Mühendisi.
2005 - 2008	Çayırhan Termik Santrali (Park Termik A.Ş.)	Mek.Bak.Onrm.Mühendisi
2008 -	Milli Savunma Bakanlığı Ankara Tedarik Bölge Başkanlığı	İhale Uzmanı (Mühendis)

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Spor, Müzik



GAZİ GELECEKTİR...