

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MDF-SUNTA TALAŞ ATIĞI KULLANILARAK ENERJİ
ELDE EDİLMESİ**

**Hazırlayan
Ahmed Üzeyr SERİN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2014
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MDF-SUNTA TALAŞ ATIĞI KULLANILARAK ENERJİ
ELDE EDİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Ahmed Üzeyr SERİN**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR**

**Ağustos 2014
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ahmed Üzeyr SERİN



YÖNERGEYE UYGUNLUK

Mdf-Sunta Talaş Atığı Kullanılarak Enerji Elde Edilmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

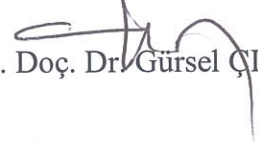
Tezi Hazırlayan

Ahmed Üzeyr SERİN



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR



Makine Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP

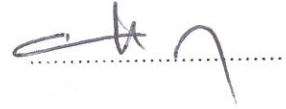


Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR danışmanlığında Ahmed Üzeyr SERİN tarafından hazırlanan “Mdf-Sunta Talaş Atığı Kullanılarak Enerji Elde Edilmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

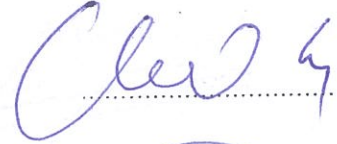
02 / 09 / 2014

JÜRİ:

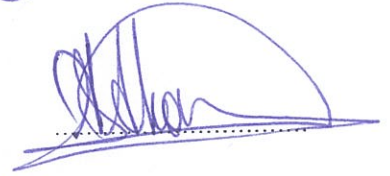
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR



Üye : Prof. Dr. Veyysel ÖZCEYHAN



Üye : Prof. Dr. S. Orhan AKANSU



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 09/08/2014 tarih ve 2014/51-08 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09 / 09 / 2014

Prof. Dr. Kazım KEŞLİOĞLU

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Boytaş Mobilya çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Boytaş Mobilya San ve Tic. A.Ş. şirketi yönetimine teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ahmed Üzeyr SERİN

Kayseri, Ağustos 2014

MDF-SUNTA TALAŞ ATIĞI KULLANILARAK ENERJİ ELDE EDİLMESİ

Ahmed Üzeyr SERİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2014
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR

ÖZET

Gelişmiş sanayi ülkelerinde atıktan enerji üretme yoluyla evsel ve endüstriyel atıklarının oluşturduğu çevre riskini azaltan ve aynı anda ucuz alternatif enerji kaynağı sağlayan bir sektör oluşmuştur. Bu sektör dünyada, "Waste to Energy" (WtE) adı altında gündün güne önemli bir yer işgal etmektedir. Dünya çapında yılda 130 milyon ton katı atık, ısı işlem yoluyla atıktan enerji üreten tesislerde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

"Atıktan Enerji" sektörünün öncelikli hale gelmesinin bir diğer sebebi ise Fosil kökenli birincil enerji kaynaklarının dünyamızda giderek tükenmesi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan enerji darboğazıdır. Çünkü fosil olmayan atıklar, özellikle de endüstriyel atıklar ciddi düzeyde kalorifik değer ihtiva etmekte, dolayısıyla CO² salınımı açısından çevre dostu yakıt niteliğindedirler.

Atıkların bu tesislerde işlenmesi kesin kurallara bağlanmıştır. Avrupa Birliği'nin 2000/76/EC Yakma Direktifi (Incineration Directive) tesislerin çalışma koşulları ilgili bazı teknoloji normlarını belirlemekte ve özellikle baca emisyon değerleri ile ilgili kesin sınır değerler koymaktadır. Fırın gazlarının minimum 1100 °C'de en az 2 saniye yanmasını sağlayan akış kontrolü bunun iyi bir örneğidir. Böylelikle tüm dioxinlerin parçalanması güvence altına alınmış olmaktadır. Baca emisyonundaki dioxin için direktifte belirlenmiş olan sınır değeri metreküp 'de 0,1 ng (nanogram), yani 1/10.000.000.000 gramdır. Aynı şekilde baca gazındaki kimyasal bileşiklerin, ağır metallerin ve tozların miktarları da bu direktif ile sınırlandırılmıştır.

Bu tez çalışmasında, açık çevrimli gaz türbin modeli (Brayton Çevrimi) alınarak çevrimin verimi çeşitli yakıtlar kullanılarak irdelenmiştir. Sistem ilk olarak sıvı yakıt ile çalıştırılmış, daha sonra endüstriyel bir atık olan Mdf-sunta talaşı, sıvı+katı yakıt olacak

şekilde sistem çift yakıtla çalıştırılmıştır. Sistemin her iki durumu için de sıcaklık ve verim değerleri irdelenmiştir.

Son olarak modelin analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel atıklar, Yanma, Brayton Çevrimi, Brayton çevrimi verimi, model analiz.

OBTAINING ENERGY BY USING MDF-WOODCHIP

Ahmed Üzeyr SERİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2014

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Gürsel ÇINAR

ABSTRACT

In the advanced industrial countries as a sector, by generating energy from waste, for reducing the environment risk of domestic and industrial waste and at the same time a cheap alternative source has occurred . This industry in the world, under the name of "Waste to Energy"(WTE) has an important place from day by day. Worldwide, in a year, 130 million tons of solidwaste is converted into electrical energy at the waste to energy plants by the way of thermal treatment.

Another reason to become a priority of "Waste to Energy" sector is, the increasingly depletion of fossil based primary energy sources in our world and the reason of that is the energy bottleneck. Because non-fossil wastes, especially industrial wastes, contains severely calorific value, therefore, they are environmentally friendly fuels for interms of CO² emissions data.

Processing of waste at these facilities has been linked to certain rules. Incineration Directive 2000/76/EC of the European Union (Incineration Directive) has technology standards for working conditions of facilities and determines them and, especially puts some definite limits for stack emissions. Furnace gases for providing flow control minimum combustion at 1100 ° C for at least 2 seconds is a good example . Thus, the degradation of the entire dioxide is secured. The limit value for dioxin emission in directive is in cubic meter 0.1ng(nanograms), or 1/10000000000 grams. Likewise, chemical compounds, amounts of powders and heavy metals of the flue gas is limited in these directives.

In this thesis, by taking open cycle gas turbine model (Brayton Cycle), the cycle efficiency were examined by using various fuels. Firstly, the system was operated with liquid fuel, after then system operated with the MDF-woodchip shavings which is the

nan industrial waste as liquid + solid dual fuel system. And situations for both the temperature, pressure and yield were investigated.

Finally the model was analyzed.

Keywords: Industrial waste, Ignition, Brayton cycle, Brayton cycle efficiency, the model analysis

İÇİNDEKİLER

MDF-SUNTA TALAŞ ATIĞI KULLANILARAK ENERJİ ELDE EDİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Giriş	1
1.2. Tezin Amacı ve Önemi	2
1.2.1. Atık Kavramı	2
1.2.2. Yanma	4
1.2.3 Sunta / MDF Artıklarının Enerji Değeri Ve Cari Açığa Pozitif Etkisi.....	6
1.2.4. Sunta/MDF Artıklarının Bertaraf Edilmesinin Maliyeti	7
1.2.5. Atıkların İmhası ve Atıklardan Enerji elde edilmesine yönelik sistemler ...	8
1.2.5.1. Izgara Fırınları.....	9
1.2.5.2. Akışkanlar Yatağı Fırınları	10
1.2.5.3. Döner Silindir Fırını.....	10
1.2.5.4. Alternatif Prosesler	11

BÖLÜM 2

TERMODİNAMİK ÇEVİRİMLER

2.1. Termodinamik Sistemlerin Sınıflandırılması.....	15
2.2.Gaz Akışkanlı Güç Çevrimlerinin Sınıflandırılması	16
2.2.1. Gaz Türbinleri	16

BÖLÜM 3

BRAYTON ÇEVİRİMİ

3.1. Brayton Çevrimi.....	18
3.1.1. Çevrimin genel yapısı	19
3.2. Termodinamik Metodoloji.....	20
3.3. Çevrim Analizi	23
3.3.1.Kompresör	24
3.3.2.Yanma odası.....	27
3.3.3. Türbin	28
3.3.4. Çevrimin Verimi	29

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal	31
4.1.1.Çevrim simülasyonu	31
4.2. Model imalatı.....	32
4.2.1. Turbo Kompresörün Yapısı	34
4.2.2. Yanma Odası Tasarım ve İmalatı	35
4.2.3. Ateşleme Sistemi	36
4.2.4. Yakıt Sistemi.....	37
4.2.4.1.Sıvı Yakıt Besleme Sistemi	38
4.2.4.2 Katı yakıt Besleme sistemi	39
4.2.5.Hava kapanı.....	40
4.2.6. Yağlama Sistemi	40
4.2.7. Silo.....	42

4.2.8. Kontrol noktaları.....	42
4.3. Metot.....	44
4.3.1. Hesaplama Yöntemi.....	46
4.3.1.1. %100 Sıvı yakıt kullanılarak sistemin bilinmeyenlerinin hesaplanması.....	46
4.3.1.2. %60 Sıvı yakıt ve %40 katı yakıt kullanılarak sistemin bilinmeyenlerinin hesaplanması.....	49

BÖLÜM 5

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER

5.1. %100 Sıvı Yakıt yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.....	52
5.2.%10 Katı Yakıt - %90 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.....	53
5.3.%20 Katı Yakıt - %80 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.....	53
5.4. %30 Katı Yakıt - %70 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.....	54
5.5.%40 Katı Yakıt - %60 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.....	54
5.6. Sıvı yakıt için T-s ve P-V diyagramı.....	55
5.7.Sıvı + katı yakıt için T-s ve P-V diyagramı.....	56
5.8. Sistemin Verim, Basınç Oranı ve Sıcaklık,İş değişim grafikleri.....	57
5.9. Türbin mili Titreşim ve Sıcaklık değişim grafikleri.....	57
KAYNAKÇA.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR VE SİMGELER

Sembol	Anlamı	Birimi
c	Özgül ısı	(kj/kg.K)
c_p	Sabit basınçta özgül ısı	(cal/kg.K)
c_v	Sabit hacimde özgül ısı	(cal/kg.K)
h	Özgül entalpi	(kj/kg)
k	özgül ısı oranı	-----
m	Kütle debisi	(kg/sn)
q	birim kütle başına ısı geçişi	(kj/kg)
r_p	basınç oranı	-----
r_{bw}	Geri iş kazanımı	-----
s	Özgül entropi	(kj/kg.K)
w	Birim zamandaki iş(güç)	(kw)
$\eta_{brayton}$	Brayton verimi	-----
T	Sıcaklık	(K)
P	Basınç	(Pa)
R	Gaz sabiti	(kj/kmol)
V	hacim	(lt)
K	Kompresör	-----
T	Türbin	-----
H	Entalpi	(kj)
Q	Isı	(kw,kj/sn)
W	İş	(kj)

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Termodinamik sistemlerin sınıflandırılması	15
Tablo 2.2. Gaz Akışkanlı Güç Çevrimlerinin Sınıflandırılması	16
Tablo 3.1. Bazı gazların mükemmel gaz özgül ısıları	26
Tablo 4.1. Bazı yakıtların ısı değerleri	37
Tablo 4.2. Kontrol noktaları	43
Tablo 4.3. Kontrol noktaları ve sistem için bilinen ve bilinmeyen değerler	44
Tablo 4.4. Havanın mükemmel gaz özellikleri tablosu	45
Tablo 5.1. %100 Sıvı Yakıt veri tablosu	52
Tablo 5.2. %10 Katı Yakıt- %90 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu	53
Tablo 5.3. %20 Katı Yakıt- %80 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu	53
Tablo 5.4. %30 Katı Yakıt- %70 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu	54
Tablo 5.5. %40 Katı Yakıt- %60 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Talaş ve Talaşın elde edilmesi	4
Şekil 3.1.	Çevrimin genel yapısı.....	20
Şekil 3.2.	Çevrim aşamaları.....	21
Şekil 3.3.	T-s diyagramı	22
Şekil 3.4.	P-V diyagramı	23
Şekil 3.5.	Kontrol noktaları	23
Şekil 3.6.	Kompresör kontrol hacmi	24
Şekil 3.7.	k sabiti grafiği	27
Şekil 3.8.	Yanma odası kontrol hacmi	27
Şekil 3.9.	Türbin kontrol hacmi.....	28
Şekil 3.10.	Geri iş oranı.....	30
Şekil 4.1.	Çevrim simülasyonu.....	31
Şekil 4.2.	Sistem genel görünüş.....	32
Şekil 4.3.	Turboşarj Ünitesi.....	33
Şekil 4.4.	kompresör ve türbin çarkı	34
Şekil 4.5.	Yanma odası.....	35
Şekil 4.6.	Yanma odası üzerine monte edilmiş ateşleme bujileri ve Trafo.....	36
Şekil 4.7.	Enjektör ve yakıt pompası	38
Şekil 4.8.	Silo-Helezon-Hava Kapanı	39
Şekil 4.9.	Hava Kapanı ve kesit görünüşü	40
Şekil 4.10.	Yağlama sistemi	41
Şekil 4.11.	Silo-Helezon	42
Şekil 4.12.	Kontrol noktaları	43
Şekil 5.1.	Sıvı Yakıt T-s diyağramı	55
Şekil 5.2.	Sıvı Yakıt P-V diyağramı	55
Şekil 5.3.	Sıvı yakıt+Katı yakıt T-s diyağramı.....	56
Şekil 5.4.	Sıvı yakıt+Katı yakıt P-V diyağramı.....	56
Şekil 5.5.	% Yakıt Oranlarına göre verim(η) grafiği	57

Şekil 5.6.	% Yakıt Oranlarına göre basınç oranı (r_p) grafiği.....	57
Şekil 5.7.	% Yakıt Oranlarına göre sıcaklık değişimi (T) grafiği	58
Şekil 5.8.	% Yakıt Oranlarına göre Kompresörün yaptığı işin grafiği	58
Şekil 5.9.	% Yakıt Oranlarına göre Türbinin yaptığı işin grafiği	59
Şekil 5.10.	% Yakıt Oranlarına göre Kompresörün yaptığı işin Türbinin yaptığı işe oranı grafiği	59
Şekil 5.11.	% 100 Sıvı yakıt ile Türbin milinin Titreşim değişim grafiği	60
Şekil 5.12.	% 100 Sıvı yakıt ile Türbin milinin Sıcaklık değişim grafiği.....	60

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Giriş

Mobilya günlük yaşamın her alanında yer edinen, insanın yaşam kalitesini doğrudan etkileyen herkesin kullandığı ve ihtiyacı olduğu, insan yaşamında en etkili ürünlerdendir. Mobilya sektöründe çok geniş alanlarda üretim yapılmakta olup, son 10 yılda cari açık vermeyen nadir sektörler arasında yer almaktadır.

Türkiye de 1990'lı yıllardan itibaren imalat sanayisi içinde % 3'lük üretim katkısıyla önemli bilgi ve sermaye ağırlıklı imalat kolu olmuştur. Sektörde son 20 yıldaki gelişim ile birlikte işyeri sayısı ve istihdam ikiye katlanmıştır. 2012 verilerinde kayıtlı işyeri sayısı 61.250 olarak gözlemlenmiştir. Türkiye'de istihdam kapasitesi en yüksek sektörlerden biri olan mobilya imalat sektörü, yurt genelinde her ile ve ilçeye dağılmış durumdadır.

Mobilya üretiminde dünya çapında Türkiye % 1'lik bir orana sahiptir. Büyüklüğü 191,8 milyar dolarlık pazardan alınan bu pay, Türkiye mobilya sektörü için düşük kalmaktadır. Fakat son dönemde yaşanan olumlu gelişmeler, devletin pozitif anlamda uygulamış olduğu teşvikler sayesinde, sıralamamızı yukarıya doğru çıkartma azmimiz de artacaktır.

Ülkemizdeki enerji fiyatlarının yüksekliği mobilya sektörünün maliyetlerini de etkilemekte olup, rakip ülkelerin üreticilerine göre daha yüksek enerji maliyetlerine katlanılmasına neden olmaktadır.

1.2. Tezin Amacı ve Önemi

Mobilya üretimi esnasında ise talaş ve MDF artıkları oluşmaktadır ve bu artıklar enerji amaçlı kullanıldığında birçok açıdan ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Türkiye mobilya sektöründeki üretim tesislerinin üretim proseslerinde yıllık bazda oluşan Sunta/MDF artıklarının ve talaşın doğal gaz karşılığı yaklaşık olarak 150.000.000 m³ olduğu görülmektedir. Ülkemizin kronik cari işlemler açığı sorununun temelinde yatan sebeplerden biri de enerji ithalatçısı olmamızdır. Petrol ve doğalgazdaki yüksek seviyeli dışa bağımlılık, ihracatın ithalatı karşılama oranını büyük oranda aşağı çekmekte ve cari açığın artmasına sebep olmaktadır. Sektörün üretim aşamalarında oluşan atıklarını “ÜRETTİĞİ KATI YAKIT” olarak değerlendirirsek, bu sayede yıllık olarak 150.000.000 m³ doğal gaz ithalatı engellenmektedir.

1.2.1. Atık Kavramı

Atık kavramına ilişkin tanımlar çok çeşitlidir. Bilimsel yayınlarda, ulusal ve uluslararası hukuk düzenlemelerinde atıklara ilişkin çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. Aşağıda atık kavramına ilişkin bazı tanımlamalara yer verilmiştir:

Atık en basit tanımı ile ihtiyaçlarımızı karşılamak için kullandığımız maddelerin, o an için kullanılmayan veya kullanıldıktan sonra atılan kısmıdır. Bu bakış açısıyla, atık, değersiz veya değeri dikkate alınmayacak kadar az olan ve bulunduğu yerden atılması arzulanan maddeler olarak nitelenir. Bu tanımlama, en ilkel teknolojilerin uygulandığı çevrede bile yapılırsa, atık, yetersiz ve dar bir alan içine hapsedilmektedir. (1)

Bir başka tanımla atık “Çevrede başkalaşmaya yol açacak miktarda çevreye boşaltılan, sıvı, katı, gaz ya da radyoaktif istenmeyen her türden maddelerdir.”(2)

Ya da “Hareketli ve sahiplerinin gözden çıkardığı, atmak, uzaklaştırmak istediği ve bertarafında da çevreye zarar vermemek için büyük özen gösterdiği ve işleme tabi tuttuğu maddelerdir” diyebiliriz.(3)

Ve son olarak atık, “İnsanların üretim ve tüketim süreci içinde ve buna bağlı olarak sanayi, ticaret, sosyal hizmet vb. faaliyetleri ile konutları içindeki çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan ve uzaklaştırılmaları istenen maddelerdir” şeklinde nitelendirilebilir.(4)

1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 2006 değişikliklerinden önce "atık" terimi; herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeleri, ifade ediyordu. (5)

Tanımlardan da anlaşıldığı üzere atıkların karakteristiğini belirleyen ortak özellikler;

- Kullanım sonrası ortaya çıkmaları,
- Çevreyi olumsuz etkilemeleri,
- Bertaraf edilme ihtiyaçları' dır.

Ancak söz konusu tanımlar, atıkların günümüzde artı bir değer ifade ettiği anlayışından uzak görülmektedir. Nitekim yerel yönetimlerin atık uygulamalarına yönelik olarak gerçekleştirilen bir araştırmada, atıklar sadece insan ve çevre sağlığı bakımından bertaraf edilmesi gereken bir olgu olarak algılanmış, yeniden üretim sürecine dahil edilebilecek bir özelliğe sahip olduğu gerçeği göz ardı edilmiştir. Konuyu sadece istenmeyen, uzaklaştırılması gereken bir bakış açısıyla dar bir çerçevede değerlendirmek, içinde bulunduğumuz koşullarda atık minimizasyonu gibi yeni stratejilerin uygulanabilirliğini olumsuz etkileyecektir. O halde günümüzde atık tanımı şu şekilde yapılabilir:

"İlkesel olarak öncelikle önlenmeleri, önlenemiyorsa yeniden kullanım, geri dönüşüm veya atıktan enerji elde edilebilme olanaklarının araştırılması, gereken maddelerdir."

Mobilya endüstrisinde Sunta / MDF atıkları ve talaş; ebatlama, frezeleme, delik delme gibi üretim proseslerinde "Fiziksel Şekil Değiştirme" sonucu ortaya çıkmaktadır.(Şekil 1.1) Hem çevrenin korunması hem de artıkların ekonomik olarak değerlendirilmesini sağlamak adına, mobilya sektöründe ortaya çıkan bu artıkların, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt Ve Alternatif Hammadde Tebliği Taslağı da çözüm noktasında değerlendirilmelidir. Bu artıkların "Biyo-kütle" olarak değerlendirilmesi ve bilimsel – yönetsel projeler geliştirilmesi gerekmektedir.

Canlı kütle anlamına gelen biyokütle farklı şekillerde tanımlanabilmekte fakat özetle; belirli bir zaman, alan ya da hacim ölçüsünde toprak üstü ve altındaki yaşayan bitkisel ve hayvansal maddelerin miktarı yani fosil olmayan, enerji içeren organik karbon

şeklinde tarif etmek mümkündür. Biyokütle, çoğu kez bitkisel ve hayvansal kökenli olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ölçü birimi ise, belirli bir alana oranlanmış yaş veya kuru kütledir. Odun (enerji ormanları, ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçeği, soya vb.), karbonhidrat bitkileri (buğday, mısır, pancar, patates vb.), protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.), elyaf bitkileri (keten, kenevir, kenaf, sorgum vb.), bitkisel artıklar (sap, saman, dal, kök, kabuk, çekirdek vb.), hayvansal atıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerjisi teknolojileri kapsamında değerlendirilmektedir.



Şekil 1.1. Talaş ve Talaşın elde edilmesi

1.2.2. Yanma

İlk çağlarda yiyecek artıkları, ağaç-taş yontuklarından günümüzde uzayda başıboş dolaşan atıklar ve uydu parçalarına kadar her türlü insan faaliyeti sonucunda oluşan katı atıkların uzaklaştırılmasında binlerce yıldır uygulanan başlıca yöntemler kısaca; düzensiz depolama, düzenli-sihhi depolama, kompostlama, geri kazanım ve yakmadır.(6)

Bu katı atık uzaklaştırma yöntemlerinden konumuzla ilgisi olan yakma ise: Toplumların, uzun yıllardır, düzensiz depolama alanlarında atıkları hacimce azaltma amacıyla kontrolsüz yakmaları dışında modern anlamda katı atık uzaklaştırma yöntemi olarak yakmayı günümüz için şöyle değerlendirebiliriz. Katı atıkların özel olarak projelendirilmiş tesislerde hacim olarak azaltma ve/veya enerji elde etmek amacıyla yakılarak uzaklaştırma ve enerji kazanım yöntemidir. Başlıca amacı depolama ile

uzaklaştırılacak atık miktarının azaltılması olan yakma yöntemi ile katı atıklar hacimce %80-90, ağırlık bakımından %75-80 oranında azaltılabilir. (7)

Tehlikeli ve zararlı madde yandığı zaman zararsız bileşiklere dönüşüyorsa ya da yakma işlemi sonucunda oluşan gazlar o bölgede geçerli hava kirliliği standartlarını aşmıyorsa yakarak uzaklaştırma yöntemi uygulanabilmektedir.

Yakma, organik bileşikli atıkların bertarafı için kullanılan bir yöntemdir. Organik fraksiyonların yanma işlemi sırasında hacimleri önemli ölçüde indirgenmekte ve zehirli madde bulunan organik içerikli atıklar tehlikesiz bileşiklere dönüştürülerek bunların çevreye zararı da minimuma indirgenmektedir. Tehlikeli atıkları hijyenik olarak zararsız hale getirmek, hacmini azaltmak ve kısmen enerji elde etmek için uygulanan yakma işleminde inşa edilecek yakma tesislerinin yeterli teknik özellikleri sağlaması gereklidir. Özellikle baca gazları emisyonları açısından gereken önlemlerin alınması son derece önemlidir (8)

Yakma sonrası oluşan baca gazı, çok etkin yöntemlerle temizlendikten sonra atmosfere verilmelidir.(9)

Yakma yönteminin avantaj ve dezavantajları aşağıda belirtilmiştir.(10)

Avantajları:

1. İnfektif atıkların tamamıyla yok edilmesini sağlar.
2. İşlenmiş atık tanınmaz kül haldedir.
3. Organik atıkları inorganik hale dönüştürür.
4. Geniş toprak ve alan gerektirmez.
5. Geride çok az katı atık bırakır.
6. Bazı üniteler enerji elde edebilir.
7. Atık miktarı %7-10'a kadar indirilebilmektedir.

Dezavantajları:

1. Sulu atıklar, klorlanmış atıklar (bazı plastikler asid gazları meydana getirir), büyük miktarda metal içeren atıklar için uygun değildir.

2. Hidrojen klorür, dioksin gibi toksik gazlar da dahil olmak üzere hava kirliliği sebebidir.
3. Yüksek ısıya ulaşmak pahalıdır. Bu nedenle idamesi zor ve pahalı olan tesisler gerektirir.
4. Tesisin uygun çalışması, ancak yetkili uzman personelin yönetimi ile mümkündür.
5. Yasal düzenlenmelere tabidir.

1.2.3 Sunta / MDF Artıklarının Enerji Değeri Ve Cari Açığa Pozitif Etkisi

Bu bölümdeki hesaplamalar sektördeki bir mobilya şirketinin verileri baz alınarak yapılmıştır. Bu şirket, üretim hacmi itibari ile Türkiye mobilya pazarının yaklaşık olarak %10'unu ifade etmektedir. Bu şirket özelinde yapılan hesaplamalar sektör geneli için irdelenmiştir.

Bahsi geçen üretim tesisinde 2012 yılında oluşan Sunta/MDF atıkları ve talaşı, 30.870 Ton/Yıl olarak gerçekleşmiştir. Bu tesisin Türkiye mobilya üretimindeki payı göz önüne alındığında sektör toplamında oluşan hacmin yaklaşık olarak 310.000 Ton/Yıl olduğu kabul edilebilir.

Ülkemizdeki enerji fiyatlarının yüksekliği mobilya sektörünün maliyetlerini etkilemekte olup, artan enerji maliyetleri sektörün yükte ağır, pahada hafif olma realitesinden hareketle, rakip ülkelerin üreticilerine göre daha yüksek enerji maliyetlerine katlanmasına neden olmaktadır. Sunta/MDF ve talaşın kalorifik değeri yaklaşık olarak 4.000 kcal/kg'dır. Doğal gazın kalorifik değeri ise 8.250 kcal./m³'tür.

Türkiye mobilya sektöründeki üretim tesislerinde üretim proseslerin de yıllık bazda oluşan sunta/mdf artıklarının ve talaşın doğal gaz karşılığı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

2013 Yılında oluşan 310.000 Ton üretim artığı:

$$310.000.000 \text{ kg.} \times \frac{4.000}{8250} \text{ kcal./kg.} = 150.303.030 \text{ m}^3 \text{ Doğal Gaza denktir.}$$

Sektörde oluşan üretim atıklarından yıllık olarak yaklaşık 150.000.000 m³ Doğal Gaz eşdeğeri enerji elde edilmekte olduğu görülmektedir. Bugün mevzu olan 310.000 ton/yıl seviyelerindeki bu atık miktarının, mobilya sektörünün yıllık ortalama %15 büyüme

öngörüsüne göre orta vadede 600.000 ton seviyelerine ulaşması beklenmektedir. Bu, yıllık ~ 290.000.000 m³ Doğal Gaz Eşdeğeri Enerji anlamına gelmektedir.

Ülkemizin kronik cari işlemler açığı sorununun temelinde yatan sebeplerden biri de enerji ithalatçısı olmamızdır. Petrol ve doğalgazdaki yüksek seviyeli dışa bağımlılık, ihracatın ithalatı karşılama oranını büyük oranda aşağı çekmekte ve cari açığın artmasına sebep olmaktadır.

Sektörün üretim aşamalarında oluşan artıklarını “ÜRETTİĞİ KATI YAKIT” olarak değerlendirirsek, bu sayede yıllık olarak 150.000.000 m³ doğal gaz ithalatı engellenmektedir. Doğal gaz birim fiyatı 0,72 Sm³/TL’dir. Bahsedilen üretim artıklarının yerine doğal gaz yakılmasının maliyeti ise 108.000.000 TL olacaktır.

1.2.4. Sunta/MDF Artıklarının Bertaraf Edilmesinin Maliyeti

Talaş ve sunta / Mdf firelerinden oluşan üretim artıklarının “Tehlikeli Atık” olarak nitelendirilmesi durumunda bunlar Atık Taşıma Lisansı olan araçlar ile Atık Yakma Tesislerine sevk edilmek ve buralarda ek yakıt olarak yakılması şeklinde bertaraf ettirmek zorunda kalınacaktır.

Atık Yakma Tesislerinde yakma maliyeti yaklaşık olarak 300 TL/Ton ve nakliye maliyeti de ortalama 1.500 TL/Sefer’dir. Talaş en fazla 23 ton yüklenebilirken, sunta/mdf artıkları, aralarında ciddi boşluk kalmasından dolayı en fazla 10 ton yüklenebilmektedir. Oluşan toplam artıkların içerisinde talaşın payı yaklaşık olarak %20’dir. Bu nedenle ortalama sevkiyat yüklene bilirliği 12,6 Ton olarak değerlendirilebilir.

Bertaraf Ettirmenin Maliyeti: Sunta veya Mdf atıkları sadece yakma belgesine sahip Çimento, Demir Çelik vb. sektörlerde faaliyet gösteren Lisanslı tesislerde imha edilebilmekte, bu ise beraberinde nakliye ve atık yaktırma maliyeti oluşturmaktadır. Sevkiyat Maliyeti işçisiz olarak aşağıda hesaplanmıştır.

Sevkiyat Maliyeti: 310.000 Ton / 12,6 Sefer/ Ton = 24.600

Sunta/MDF artıklarının nakliyesi için yaklaşık 24.600 sefer yapılması gerektiğinden ve sefer başı ortalama 1500 TL civarı düşünürse, toplam nakliye gideri 36.900.000 TL olacaktır.

Atık Yaktırma Maliyeti:310.000 Ton x 300 TL/Ton = 93.000.000 TL

Sunta/MDF artıklarının Atık Yakma tesisinde bertaraf maliyeti 93.000.000 TL olacaktır.

Sunta / MDF artıklarını bertaraf ettirmenin Türkiye Mobilya Sektörüne yıllık maliyeti yaklaşık olarak 130.000.000 TL olacaktır.

Mobilya üretimi yapan işletmelerde Sunta/MDF artıkları, katı yakıt kazanlarında yakılarak kızgın su veya buhar elde edilmektedir. Bu sayede kış aylarında tesislerin ısıtılması ve yıl boyunca da proses için ihtiyaç duyulan noktalarda (kurutma fırınları vb.) ısı enerji ihtiyacı, doğal gaz ve elektrik gibi enerji kaynaklarına daha az ihtiyaç duyularak gerçekleştirilmektedir.

Sunta/MDF artıklarının yakılamamasının maliyetine bakarsak, yapılan değerlendirmelerde oluşan bu atığın yaklaşık olarak %25'i işletmelerin katı yakıt kazanlarında yakılarak kızgın su / buhar elde edilmektedir. Sunta/MDF atıklarının yakılması ile elde edilen ısı enerjisinin sağlanması için doğal gaz yakılması durumunda yaklaşık olarak 37.500.000m³ doğal gaz tüketilecektir. Bunun da üretim tesislerine yıllık maliyeti yaklaşık olarak 27.000.000 TL olacaktır.

Sonuç olarak Sunta/MDF artıklarının değerlendirilmemesinin ülke ekonomisine yıllık olarak yaklaşık 238.000.000 TL maliyet yükü getireceği hesaplanabilir.

Sektörde faaliyet gösteren kurumsal şirketlerin yasal gerekliliklere uygun olarak katı yakıt yakma kazanlarının baca gazı emisyon ölçümleri periyodik olarak yapılmaktadır ve emisyon değerleri yasal sınırlar içerisindedir. Ayrıca emisyon miktarları yaptırılan dioksin ve furan ölçümlerinde de sınır değerlerin altında kalmıştır.

1.2.5. Atıkların İmhası ve Atıklardan Enerji elde edilmesine yönelik sistemler

Nitekim yakma işlemi özellikle bu yönüyle oldukça eleştirilmektedir. Uygulamada katı atıkların yakıldığı süspansiyon, ızgara, ya da yekpare fırın gibi değişik yakma

yöntemleri mevcuttur. Yekpare fırın tipleri; 2 yakma odalı fırın, sabit fırın, döner fırın ve çok ocaklı fırınları içerir. Dünyadaki uygulamalarda tehlikeli atıkların yakılarak bertarafı sayılan tip fırınların hepsinde gerçekleştirilmiş, ancak bunlardan süspansiyon ve yekpare tip olan sistemler en yaygın kullanılanlarıdır. Amerika'da sıvı ve katı atıkların bertaraf edildiği tehlikeli atık yakma tesislerinin % 75'i döner fırın tipindedir. 2 yakma odalı ve sabit fırınlar yaklaşık % 15, çok ocaklı ve girdaplı tabakalı yakma fırınları yaklaşık % 10 oranında kullanılmaktadır. Bu sistemlerde aynı zamanda sıvı tehlikeli atıklar da yakılarak bertaraf edilmektedir.(11)

Tehlikeli atıkların yakıldığı tesisler, mümkün olduğunca tam yanmanın sağlanabileceği şekilde işletilmelidir. Bunu sağlamak için bazen uygun tekniklerle atık ön işlemlerinin uygulanması gerekebilir. Yakma tesislerinden oluşan ısı mümkün olduğunca geri kazanılmalıdır.

Çimento fabrikaları, hem Avrupa'da hem de Amerika'da özellikle kalori değeri yüksek olan hem evsel nitelikli hem de tehlikeli atıkların yakılmasında, sahip olduğu yüksek sıcaklık nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.(12)

Katı atıkların ve arıtma çamurlarının bertaraf edilmesinde pek çok yeni teknoloji gazlaştırma ve piroliz ile gazlaştırmayı beraber içermektedir. Piroliz, organik maddelerin 300-900°C arasında değişen sıcaklıklarda oksijensiz ortamda termal bozunması işlemidir. Piroliz bir seri karmaşık kimyasal reaksiyonlar içerir. Elde edilen piroliz ürünleri ise piroliz gazı, yarı kok ve yağdan oluşur. Gaz yakıt olarak kullanılabilir. Yarı kok, yakıt olarak yakılabilir veya uzaklaştırılabilir.(13)

1.2.5.1. Izgara Fırınları

Izgara fırınlarında, yakma prosesi için gerekli olan havanın girişi, yakılacak atığın yanma özellikleri kalorifik değerine göre belirlenen bir ızgara ile ayarlanmaktadır. Atık yükleme ve cüruf uzaklaştırma, ızgarada aynı doğrultuda yapılır. Bu da yakma havasının tüm atık parçalarına ulaşmasını sağlar. Yakma yeterli olduğu takdirde, baca gazındaki fazla hava oranı yüksek olacaktır. Tesis, yanma hücrelerine bağlı bir son yanma bölümüne sahip olmalıdır. Burada en az % 6 oksijen ihtiva eden baca gazı ve en az 2 saniye kalma süresi durumunda sıcaklık evsel atık için en az 850 °C'de, tehlikeli ve tıbbî atık için ise en az 1200 °C'de tutulmalıdır.

Izgaranın mekanik hareketi ile atık karıştırılarak ızgarada ilerlemesi sağlanır. Bu da havalandırmanın iyileştirilmesine yardımcı olur. Doğru akışlı yatay ızgarada, ızgara atıkların gideceği istikamete doğru hareket eder. Ters akışlı ızgaralarda ise ızgara, atık hareketine ters şekilde hareket eder. Bu durumda atıklar ızgara eğiminden dolayı yer çekimiyle hareket ederler. Silindirik ızgaralarda, ızgara döner çubuklardan ibaret olup; bunların her birinin dönme hızı proses ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmektedir. Yakma hücresindeki yüksek ısıdan dolayı, atık fırının girişinde derhal kurutulur ve kendiliğinden yanar. Yakma prosesi, herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden, yaklaşık 1000 °C'de gerçekleşir. Yakma ısısı daha sonra bir buhar kazanı vasıtasıyla değerlendirilir.

1.2.5.2. Akışkanlar Yatağı Fırınları

Akışkanlar yatağı teknolojisiyle çalışan yakma fırınları genellikle sabit üniteler olarak teşkil edilir. Sabit akışkanlar yatağı fırınlarının ortasında genellikle huni veya silindirik şekilde düzenlenmiş bir reaktör bulunur. Atıklar, akışkanlar yatağında yakılabilmesi için, standart parçalayıcı ekipman ile yaklaşık 100 mm dane çapına kadar parçalanmalıdır. İnce daneli inert malzemelerden oluşan akışkan yatak yüklenen atıklarla birlikte aşağıdan verilen yakma havası tarafından uçurularak homojenize edilir ve hareket halinde tutulur (akışkan haline getirilir). Döner akışkanlar yatağı fırınları, sabit olanların geliştirilmiş şekilleridir. Burada, yakma sonucu oluşan küller, yakma hücresine geri aktarılır. Akışkanlar yatağı malzemesinin geri dönüşümüyle, sıcaklık ve yakılacak malzemelerin homojenizasyonu sağlanır. Islak atıklardaki su, akışkanlar yatağı malzemesi vasıtasıyla ısıtılıp buharlaştırılır. Yakılan atıklar, yanma noktasına kadar ısıtılır, sonra herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden yanar. Akışkan yataklı fırınlarda, 1000 - 1200 °C'ye varan ve homojen sıcaklıklar elde edilebilir.

1.2.5.3. Döner Silindir Fırını

Bu teknoloji, özellikle tehlikeli atıklar için uygulanmaktadır. Evsel atıklar için kullanıldığında; sınıflandırma, ayırma gibi ön işlemlere gerek yoktur. Yakma prosesi, alevle ya da yanan atıklara başlatılır. Proses kontrolü, dönme hızı ve dolma derecesi üzerine yapılır. İlâve edilen hava, ızgara ya da akışkanlar yatağı fırınlarındaki gibi atıktan geçmek yerine, atıkla birlikte doğru akımla fırından geçer.

1.2.5.4. Alternatif Prosesler

Son yıllarda, birtakım alternatif prosesler geliştirilmiştir. Genellikle Alman firmaları tarafından geliştirilen ve kendi adları ile anılan en son teknolojiler aşağıda belirtilmektedir. Bunlar arasındaki en önemliler şunlardır:

A) İkincil madde geri kazanım prosesi (SVZ Prosesi): Atıklardan ikincil hammadde kazanımı sağlayan bir prosestir. Ön kurutma çamuru, plastikler, biyokütle atıklar, elektronik sanayi atıkları ve tehlikeli atıklar gibi çok çeşitli atık türleri kömürle birlikte gazlaştırılmaktadır. Metalik bileşimler ayrıldıktan sonra, katı atıklar kırma öğütme ve briketleme/peletleme işlemine tabi tutulmakta ve daha sonra 1360°C'de oksijen ve buharla gazlaştırılmaktadır.

Almanya'da biri katı atıklar için 400.000 ton/yıl kapasiteli yüksek basınçlı sabit yatak gazlaştırıcı, diğeri sıvı ve çamur benzeri atıklar için 50.000 ton/yıl kapasiteli pulverize yakıt gazlaştırıcı olmak üzere 2 tesis bulunmaktadır. Bu proseste 1999 yılında 100.000 ton metanol üretilmiştir. 1992-1995 yılları arasında 28.000 ton çamur birlikte gazlaştırılmış ve gelecekte de 80.000 ton/yıl çamurun gazlaştırılması planlanmaktadır.

B) KRUPP Prosesi (Krupp Uhde PreCon proses): Bazı metalik ve inorganik maddeler ayrıldıktan sonra ufalanan atık %10 nem içeriğine kurutulmakta ve sonra 700-1000°C'deki HTW-CFB gazlaştırıcıya gönderilmektedir. Tabandaki katı partiküller 1300-1800°C'de çalışan CEP (katalitik ekstraksiyon prosesi) ünitesinde işlenmektedir. Ergitme fırını indüksiyon yoluyla ısıtılmakta ve katkı maddesi ve oksijenle desteklenmektedir.

C) SIEMENS Prosesi (Siemens Schwel-Brenn proses): Piroliz ve yüksek sıcaklık yanmasını içeren bu proses Wolfgang ve ark., Berwein ve Kanczarek, Siemens Firması tarafından tanımlanmış ve uygulanmıştır. Ön-kurutma çamuruyla karıştırılan ufalanmış katı atıklar, atıkların ısıtıldığı ve 450°C'de pirolize tâbi tutulduğu döner bir karbonizasyon ünitesine beslenmektedir. Artıklar elenmekte ve birisi 5 mm üstü taş, cam ve metalden oluşan ve karbon içermeyen kısım, diğeri ise daha ince parçalardan oluşan ve yaklaşık %30 karbon içeren kısım olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Bu ikinci kısım önce öğütülmekte ve daha sonra karbonizasyon ünitesinde oluşan gaz ile birlikte yakma ünitesine beslenmektedir. Kül ergimiş yapıda uzaklaştırılmaktadır.

Prosesten elde edilen termal enerji, enerji üretimi ve buhar eldesi için atık ısı kazanında kullanılmaktadır. Bu teknoloji Almanya-Ulm-Wiblingen'de pilot ölçekli bir sistemde başarıyla denenmiştir. İlk büyük ölçekli sistem Almanya-Furth'da 100.000 ton/yıl kapasiteli bir tesiste %35 katı madde içerikli 22.000 ton/yıl arıtma çamuru birlikte yakılmaktadır. Belediye çöplerinin imhasında kullanılmak üzere İsviçre ve Almanya'da iki, Japonya'da iki ayrı tesis daha inşâ aşamasındadır .

D) RCP Prosesi (Recycled clean products process of von Roll): Proses ergitme ve yanma ünitelerini ayırmakta ve ürün, geri kazanım için ilave bir aşamadan geçmektedir. Atıklar (%10-15'i çamur olmak üzere) 900°C'de piroliz ve kısmi gazlaştırmanın olduğu karbonizasyon ünitesine beslenmektedir. Ürünler 1400°C'de tutulan fırında ergitilmekte ve sonra grafit elektrot ile ısıtılarak 1400-1500°C'de tutulan ürün kazanım ünitesine gönderilmektedir. Çinko, kurşun ve kadmiyum buharlaşırken, sıvı formda kazanılan ve nikel, bakır ve demir, bakır ergitme endüstrileri için ham madde olarak kullanılan metaller elde edilmektedir. Proses gazları, yatak malzemesiyle 1000°C'ye hızla soğutulduğu ve yakıldığı dolaşımli bir akışkan yatağa geçmektedir. Bu esnada, buharlaşan ağır metaller yeniden oksitlenmekte ve alt akım yakıtı dönüşmektedir. Bu teknoloji Almanya'da 6 ton/saat katı atık kapasiteli büyük bir tesiste uygulanmakta ve tesiste 89 kg/saat bakır-demir alaşımı geri kazanılmaktadır.

E) NOELL Prosesi (Noell conversion process): Noell dönüşüm prosesi, gazlaştırma sonrası piroliz işlemi içerir. Teknolojinin esaslı, 3,5 MPa'a kadar basınç ve 2000°C'ye ulaşan sıcaklıkta çalışan yüksek basınçlı bir gazlaştırıcıdır. Atıklar kırılmakta ve 550°C'de piroliz edilmektedir. Daha sonra iri boyutlardaki metal, taş ve inorganik maddeler ayrılmakta, kalan ince malzemeler ise pulverize yapıda öğütülerek gazlaştırma ünitesine beslenmektedir. Piroliz gazı ilk önce soğutulmakta daha sonra sıkıştırılarak gaz yakıcıya beslenmektedir. Gazlaştırma için saf oksijen kullanılmaktadır. Birlikte gazlaştırma (co-gasification) için çamur ön kurutmaya tabi tutulmakta, pulverize hale öğütülmekte ve yakma ünitesine pnömatik olarak beslenmektedir. Uygulamada Almanya'da 1988 yılından beri 130 MW'lık büyük ölçekli bir tesis çalışmaktadır. Prosesin temel ürünü, enerji üretimi için gaz türbinlerinde kullanılan ve çoğunlukla CO ve H₂ içeren yüksek kalitede sentetik bir gazdır.

F) THERMOSELECT Prosesi: Piroliz ve gazlaştırmanın tek bir ünite de gerçekleştirildiği bir teknolojidir. Atık sınıflama ve ayırma kademesi ortadan kalkmakta, arıtma çamurları dahil atıklar, dışarıdan ısıtılan ve 600°C'den daha yüksek sıcaklıkta tutulan uzun bir kanalda hidrolik pres kullanılarak sıkıştırılmaktadır. Atıklar kanala doğru hareket ederken ısıtılmakta, kurutulmakta ve tamamına yakını kanalın sonuna ulaşınca kadar pirolize dönüşmektedir. Piroliz ürünleri daha sonra malzemelerin 2000°C sıcaklıkta oksijenle gazlaştırıldığı gazlaştırma bölgesine girmektedir. Yüksek kalitede sentetik bir gaz ve ergimiş yapıda bir yan ürün elde edilmektedir. Gaz, dioksin ve furan oluşumunu engellemek için 1200°C'den 90°C'ye hızla soğutulmakta ve daha sonra da temizlenerek enerji üretiminde veya kimya prosesleri için hammadde olarak kullanılmaktadır. Ergimiş yan ürün oksijen ve propan yardımıyla yanma bölgesine doğru akar ve yanma tüm klorlu karbon ve empüritelerin termal bozunmaya uğradığı 1600°C'yi aşan sıcaklıkta gerçekleşir. Uygulamada İtalya'da 100 ton/gün kapasiteli bir pilot tesiste çeşitli tecrübeler elde edilmiştir. Almanya'da ise 1999 yılında 225.000 ton/yıl kapasiteli büyük ölçekli bir tesis kurulmuş ve işletilmektedir.

Geliştirilen bu teknolojiler ışığında, Mobilya üreticilerinin genel problemi olan Talaş ve MDF atıklarının imhası ve bu atıklardan enerji üretilmesine ilişkin olarak Tezimize kaynak olabilecek bir proje düşünülmüş ve modellenmiştir. Amaç Mobilya sektöründe üretim atığı olarak çıkacak Mdf ve Sunta talaşı atıklarını hem imha etmek hem de imha ederken enerji üretmektir. Hali hazırda atık talaşlar Katı yakıtlı kızgın su veya buhar kazanlarında proses veya ortam konforu için ısı üretimde kullanılmakta olup yakıttan yeterince faydalanılmadığı düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

TERMODİNAMİK ÇEVİRİMLER

Isı Makinaları ve temel özellikleri

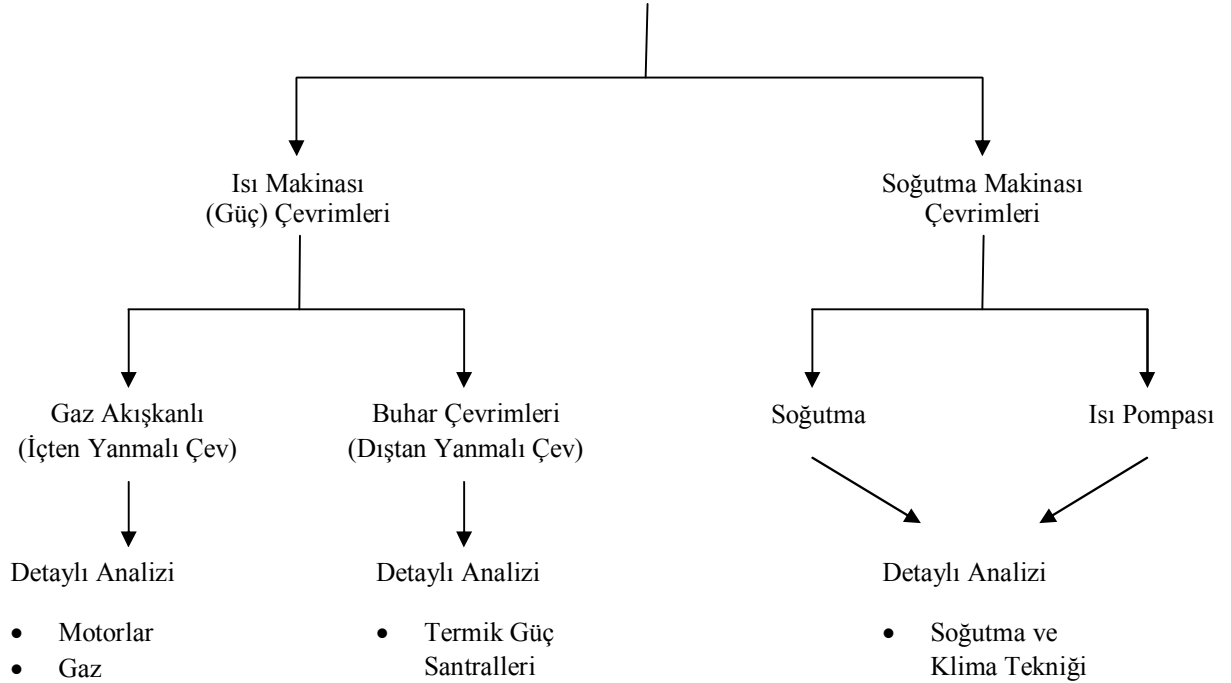
Isı makinaları, ısının aracı akışkana nasıl verdiğine bağlı olarak içten yanmalı veya dıştan yanmalı motorlar olarak ikiye ayrılır. Dıştan yanmalı motorlarda aracı akışkana verilen enerji kazan, nükleer reaktör veya güneş gibi bir dış kaynaktan sağlanır. İçten yanmalı motorlarda ise enerji sistem sınırları içerisinde yakıtın yanmasıyla aracı akışkana verilir.(14)

Güç üreten makinelerin çoğunluğu daha önce de vurgulandığı gibi bir termodinamik çevrime göre çalışır. Gerek ısı makinelerinin çözümlenmesini yapmak zordur çünkü sürtünme gibi faktörler söz konusudur. Bir çevrimin çözümlenmesini yapabilmek için bazı kabuller yapılır. Bunun için gerçek çevrime benzeyen fakat tamamen içten tersinir hal değişimlerinden oluşan bir çevrim elde edilir. Bu çevrim ‘‘ideal çevrim’’ diye adlandırılır. Güç çevrimlerinin çözümlenmesinde yapılan basitleştirmeler ve kabuller aşağıda kısaca verilmiştir:

- i. Çevrimde sürtünme yoktur. Bu nedenle aracı akışkan borulardan veya ısı değiştiricilerden geçerken basıncı düşmez.
- ii. Sıkıştırma ve genişleme olduğu hal değişimleri sanki-dengeli bir biçimde gerçekleşir.
- iii. Sitemin elemanlarını birleştiren borular iyice yalıtılmıştır. Bu nedenle planlanmayan bir ısı kaybı söz konusu değildir.

2.1. Termodinamik Sistemlerin Sınıflandırılması

Tablo 2.1. Termodinamik sistemlerin sınıflandırılması

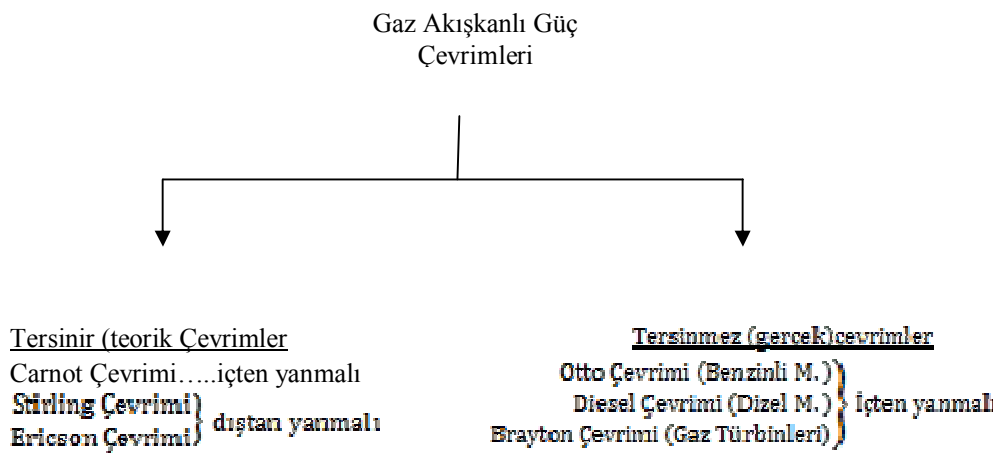


Termodinamik sistem veya sadece sistem terimi, belirli bir kütleyi veya uzayın incelenmek üzere ayrılan bir bölgesini belirtir. Sistemin dışında kalan kütle veya bölgeye çevre denir. Sistemi çevresinden ayıran gerçek veya hayali yüzey de sınır diye adlandırılır. Sınırın, sistem ile çevresinin temas ettiği ortak yüzey olduğu vurgulanmalıdır. Matematiksel açıdan sınırın kalınlığı sıfırdır, bu nedenle de kütlesi ve hacmi yoktur. Belirli bir kütlenin veya belirli bir bölgenin çözümlenmeye esas alınmasına göre, sistemler kapalı veya açık diye nitelendirilir. Kapalı sistem veya diğer adıyla kontrol kütlesi, sınırlarından kütle geçişi olmayan sistemdir. Fakat enerji, iş veya ısı biçiminde kapalı sistem sınırlarından geçebilir. Ayrık(izole) sistemlerinin sınırlarından hem kütle hem de enerji geçişi yoktur. Açık sistem veya yaygın olarak bilinen adıyla kontrol hacminin sınırlarına kontrol yüzeyi adı verilmektedir ve sınırlarından kütle ve enerji geçişi olmaktadır. Kontrol hacmi genellikle kompresör, türbin, lüle gibi içinden kütle akışı olan bir makineyi içine alır. Bu makinelerin içindeki akışın termodinamik çözümlemesinde, makinenin fiziksel sınırları sistem sınırları olarak ele alınır.(15)

2.2.Gaz Akışkanlı Güç Çevrimlerinin Sınıflandırılması

Eğer bir proses, prosesin gerçekleşmesi sırasında çok küçük bir dış etkenle ilk ilerleme yönünden tersine döndürülebiliyorsa tersinir proses olarak adlandırılır. Sistem ve çevre ilk haline dönüyordur. Aksi takdirde tersinmez olarak adlandırılır. Gaz akışkanlı güç çevrimlerini aşağıda verilen tablo ile genelleyebiliriz.

Tablo 2.2. Gaz Akışkanlı Güç Çevrimlerinin Sınıflandırılması



Bu çalışmada, açık çevrimli gaz türbin modeli alınarak termodinamik analizi yapılmış ve çeşitli yakıtlar kullanılarak sistem verimi irdelenmiştir. Kompresör basınç oranı ile türbin, kompresör, yanma odası giriş çıkış sıcaklık değerleri ölçülerek net güç ve termik verim hesaplanmıştır.

2.2.1. Gaz Türbinleri

Biyokütle enerjisini klasik ve modern biyokütle enerjisi olarak sınıflandırmak mümkündür. Klasik biyokütle enerjisi ormanlardan elde edilen odun ve yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından (sap, saman, tezek ...vs) oluşur. Modern biyokütle enerjisi ise enerji ormancılığı, ağaç ve orman endüstrisi atıkları, hayvansal atıklar ve kentsel atıkların işlenerek sanayi, ulaştırma ve ticaret sektöründe kullanılmasıdır. Projede yanma ile enerji elde etmek üzere gaz Türbin sistemi tercih edilmiştir. Gaz türbini bir araba motoru gibi yakıt enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinedir. Sıkıştırılmış havayı alıp nozullarında genişleten türbin, çıkış şaftı ile bir jeneratör veya kompresörü çalıştıran sistemdir.

Makinanın içerisinde sıkıştırılmış havanın sağlanması bir aksenel veya radyal akış kompresörü ile gerçekleştirilir. Sıkıştırılmış hava, yakıtla ısıtıldığı çok sayıdaki yanma odaları içerisine gönderilir. Burada yakıt ağır yağ, motorin, kerozen, doğalgaz, gaz veya sıvı yakıt kombinasyonlarından biri olabilir. Prensip olarak yanma sistemi uygun olarak tasarlandığı takdirde herhangi bir tür yakıt kullanılabilir.

Gaz türbinlerinde önemli olan kullanılan yakıtın türü değil, kızgın havanın elde edilmesidir. Yaklaşık 1200 derecedeki kızgın hava nozullarda kısmen hız enerjisine dönüştürebilecek olan belli bir miktardaki ısıyı ihtiva eder. Yüksek hız kazanan hava gaz türbini seyyar kanatlarında yön değiştirir ve türbin tekerleğinin dönmesini sağlayacak olan bir itme kuvveti oluşturur. Bu olay 2. hatta 3. tekerlekte de kendini tekrar edebilir.

Prensip olarak bir gaz türbini bir dizel motoru veya patlamalı motor gibi içten yanmalı bir makinadır. Bu makinanın izlediği proses hava girişi, sıkıştırma, genişletme ve egzoz adımlarından oluşmaktadır. Gaz türbini çevrimi rahatlıkla bir içten yanmalı motor çevrimini ile karşılaştırılabilir.

Atmosfer havası bir kompresörle emilir ve 0-12 bar arası bir basınçla sıkıştırılır. Sıkıştırmadan dolayı sıcaklık artacaktır. Hava bundan sonra yanma odasına geçer, yakıt nozulların püskürttüğü yakıt ile karışır. Yanan yakıt sabit basınç altında gaz (hava + yanma gazları) sıcaklığını yükseltir. Kızgın gazlar mekanik işin elde edileceği türbin boyunca genişler. Elde edilen işin bir kısmı kompresörü çalıştırmak için kullanılır geri kalan iş ise diğer amaçlar için kullanılmak üzere çıkış şaftına iletilir. Bir gaz türbininin bir dizel veya patlamalı motora göre büyük farkı gaz türbininin çevriminin sürekli olmasıdır. Burada proses 2 veya 4 zamanlı motorlar gibi kesintiye uğramaz. Sıkıştırma yanma genişleme ve egzost adımları içerir. Bu ise pistonlu makinaların düzensiz torkuna göre bir avantaj olan çıkış şaftı üzerinden sabit bir tork alınması imkanını sağlar.

Bu çalışmada, açık çevrimli gaz türbin modeli alınarak termodinamik analizi yapılmış ve çeşitli yakıtlar kullanılarak sistem verimi sıvı tek yakıtlı ve sıvı+katı çift yakıtlı olarak irdelenmiştir. Kompresör basınç oranı ile türbin, kompresör, yanma odası giriş çıkış sıcaklık değerleri ölçülerek net güç ve termik verim hesaplanmıştır.

BÖLÜM 3

BRAYTON ÇEVİRİMİ

3.1. Brayton Çevrimi

Brayton çevrimi ilk olarak 1870 yılında George Brayton tarafından yağ yakmada kullanılmak üzere önerilmiştir. Son yıllarda, gaz türbinlerinin elektrik üretiminde ve kojenerasyon sistemlerinde kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Gaz türbinlerinin kuruluş süreleri kısa ve yatırım maliyetleri diğer sistemlere göre düşüktür. Ayrıca çok kısa sürede devreye girip çıkabilirler. Bu nedenle; özellikle son yıllarda elektrik enerjisi üretiminde ve kojenerasyon sistemlerinde gaz türbinlerinin kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır.(16)

Gaz türbinlerinin üç uygulama sahası sırası ile sadece güç üreten açık çevrimli gaz türbin sistemleri, ısı ve gücün birlikte üretildiği kojenerasyon sistemleri ve gaz türbinleri ile buhar türbinlerinin birlikte kullanıldığı kombine çevrim sistemleri.(17) Açık çevrimli gaz türbin sistemlerinin termik verimleri oldukça düşük olmasına rağmen, hızlı devreye girebilmeleri ve yatırım maliyetlerinin diğer sistemlere göre düşük olması nedeniyle, pik yüklerin karşılanmasında tercih edilmektedir.(18)

Bugün, bu ilk sistem geliştirilmiş, sıkıştırma ve genişleme süreçleri ile dönen gaz türbinlerini oluşturmuştur. Kojenerasyon sistemleri, yakıttan elektrik ve ısı enerjisi üreten sistemlerdir. Kojenerasyon sistemlerinin toplam verimlerinin yüksek olması, kullanım yerinde üretim yaparak elektrik üretim ve dağıtım kayıplarını azaltmaları ve yük değişimlerine hızlı uyum sağlamaları gibi avantajları vardır. Ayrıca, yüksek toplam verimlerinden dolayı yakıt tüketimini düşürerek, hem işletmelerin enerjiye harcadıkları masrafları düşürmekte, hem de çevreye atılan emisyonları azaltmaktadır. Kojenerasyon sistemlerinin kullanımları, yukarıda belirtilen avantajlarından ve konvansiyonel elektrik

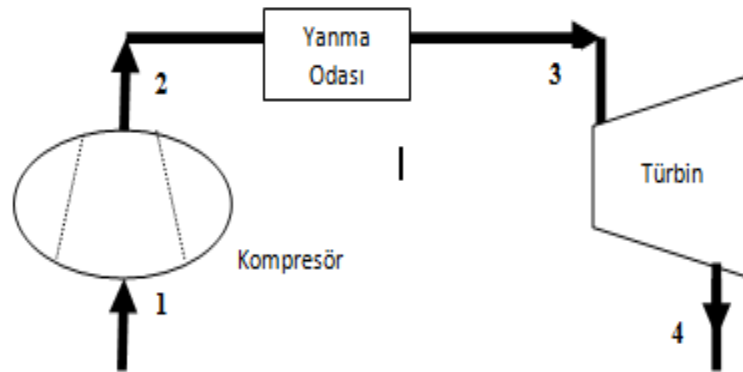
enerjisi ve ısı enerjisi üretim sistemlerine göre sahip olduğu üstünlüklerinden dolayı giderek artmaktadır.(19)

Açık çevrimli gaz türbin sisteminin performans kriterleri net güç çıktısı ve termik verimdir. Performans değerlerine etki eden tasarım parametreleri ise çevre sıcaklığı (T_1), gaz türbin giriş sıcaklığı (T_2) ve kompresör basınç oranıdır (r_p). Tasarım parametreleri çevrim performansını en üst seviyede sağlayacak şekilde seçilmelidir. Kompresör basınç oranı ve gaz türbin giriş sıcaklığı sistemin çalışması esnasında sabit kalırken, çevre sıcaklığı değişmektedir.

3.1.1. Çevrimin genel yapısı

Brayton çevrimi Gaz türbinlerinin çalışma esaslarını içeren Brayton çevrimini temel elemanlarını oluşturan akış şeması gösterilmiştir(şekil 3.1). Brayton Çevrimi de Otto ve Diesel çevrimi gibi açık devreli çevrim olmasına rağmen bütün teorik hava standart güç çevrimleri (otto, dizel, karma) için yapılan kabuller yapılarak, hesaplamalarda bu çevrimde kapalı devre bir çevrim gibi düşünülür. Yapılacak bu kabuller aşağıda verilmiştir.

- 1) Çevrimde kullanılan gaz, ideal gaz olarak kabul edilen havadır.
- 2) Çevrimde kullanılan çalışma gazının (havanın) kütlesi sabittir ve çevrim boyunca değişmez.
- 3) Sıkıştırma ve genişleme işlemlerinde sistemle çevre arasında ısı alışverişi yoktur. Yani sıkıştırma ve genişleme işlemleri izantropiktir (adyabatik).
- 4) İdeal gaz kabul edilen havanın ısı kapasitesinin (özellik ısılarının) sıcaklıkla değişmediği kabul edilir.
- 5) Yanma işleminin yerini dış kaynaktan ısı geçişi, egzoz işleminin yerini de dış kaynağa ısı geçişi alır.
- 6) Çevrimi oluşturan hâl değişimlerinin tümü içten tersinirdir.



Şekil 3.1. Çevrimin genel yapısı

3.2. Termodinamik Metodoloji

Enerji üretim sistemleri çok karmaşık ve kompleks yapıdadırlar. Gerçek bir tesis ele alındığında irili ufaklı birçok komponent vardır. Bu nedenle sistem çözümlerinde bazı kabullerin yapılması gerekir (20). Bu kabuller de analiz sonuçlarını etkilemektedir. Şekil 1'de açık çevrimli gaz türbin sisteminin şematik resmi gösterilmiştir. Açık çevrimli gaz türbin sistemini oluşturan anam elemanlar; kompresör (K), yanma odası (YO), gaz türbinidir (GT) .

Gaz türbinleri genellikle Şekil 3.2 de gösterildiği gibi bir açık döngü üzerinde çalışır. Çevre şartlarında Temiz hava çekilir ve yakıt yanma odası yakılır. Elde edilen yüksek sıcaklıktaki gazlar enerji üretmek için kullanılır. Kompresörden temiz hava alınır ve Türbinden çıkan egzost gazlarından bir devridaim döngüsü içerisinde enerji elde edilir.

Basit olarak ideal gazlar $P \times V = m \times R \times T$ eşitliğine uyan gazlardır. Burada P basınç, V hacim, m kütle, R gaz sabiti ve T sıcaklıktır.

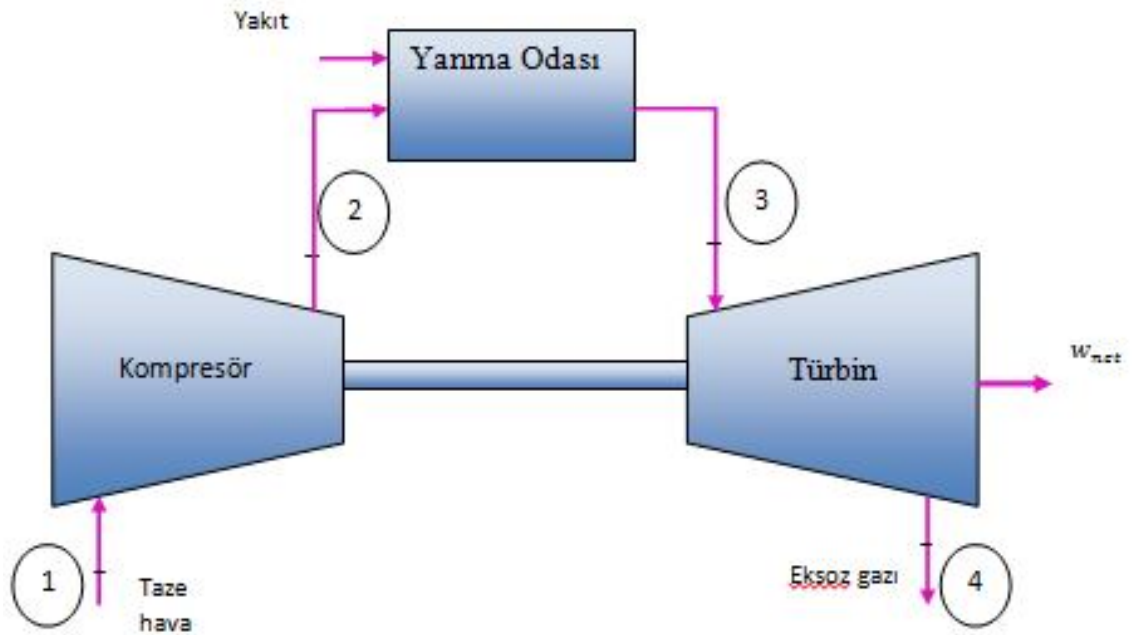
Braytonçevrimi, dört aşamada meydana gelir:

1-2 İzentropik sıkıştırma (bir kompresör içinde)

2-3 Sabit basınçlı ısı ilavesi

3-4 İzentropik genişleme (türbinde)

4-1 Sabit basınçta ısı reddi

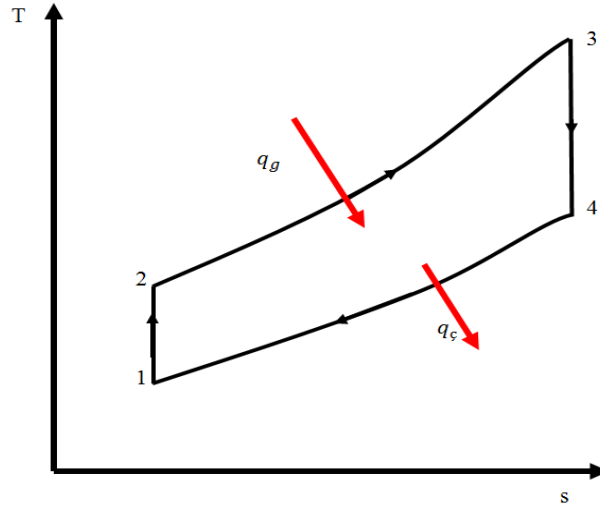


Şekil 3.2. Çevrim aşamaları

Brayton çevrimini, P-V ve T-s diyagramlarından faydalanarak aşağıda izah edilmiştir:(Şekil 3.3,Şekil3.4)

Çalışma havası (ideal gaz), 1 noktasından 2 noktasına kadar izantropik olarak sıkıştırılır. Sıkıştırma sonunda çalışma havasının basıncı ve sıcaklığı artar. 2 noktasından 3 noktasına kadar çalışma maddesine sabit hacimde dışarıdan ısı verilir. Böylece sıcaklık artar. 3 noktasında sıcaklık maksimum değerlerine ulaşır.2 ve 3 noktaları arasında basınç sabittir. 3 noktasından, 4 noktasına kadar basıncın etkisi ile türbine moment verilir ve bu genişleme izantropik bir genişlemedir. 4 noktasından sabit hacimde çalışma maddesinden dışarıya ısı atılır ve 1 noktasında sistem, en baştaki koşullarında döner ve çevrim tamamlanır.(21)

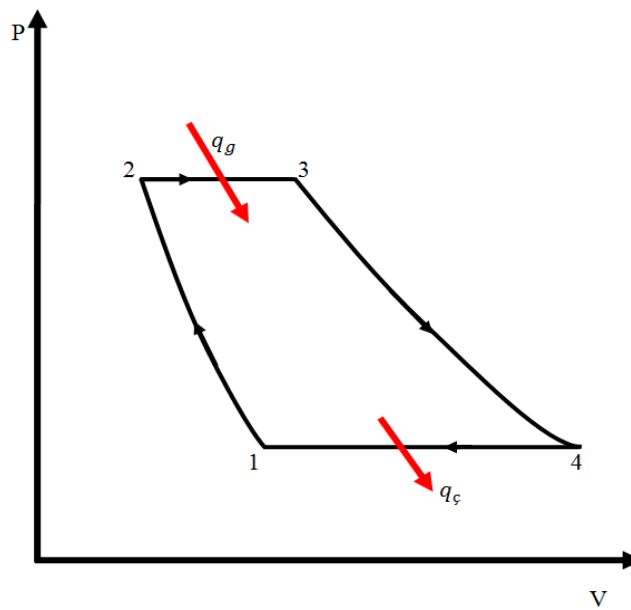
Brayton çevrimi T-s diyagramı:



Şekil 3.3. T-s diyagramı

Termodinamiğin ikinci yasası olan entropi, bir termal işlem varsa bu işlemin yönünü belirler. Termal bir işlem varsa entropi ya sifıra eşit olur ya da pozitif değer alır.

Brayton çevrimi P-V diyagramı:

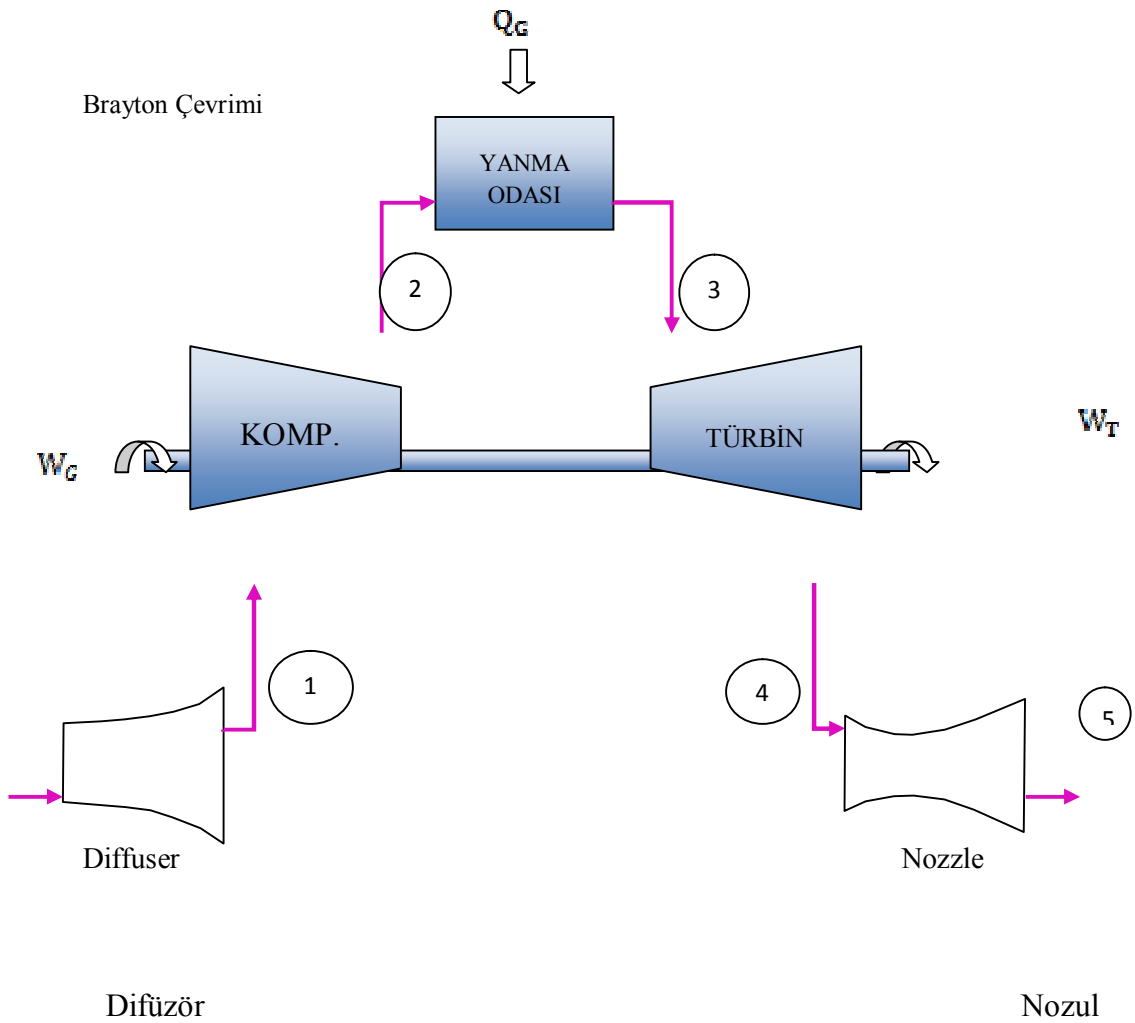


Şekil 3.4. P-V diyagramı

Şekil 3.3.'deki T-s diyagramı, Şekil 3.4.'deki P-V diyagramının benzeridir. Eğrinin altındaki alan, P-V diyagramında belirlenen yolu geçerken yapılan işin, T-s diyagramında ise sisteme ilave edilen ısının bir ölçüsüdür. Yani grafiklerde sıcaklık ve basınç yoğun faktörler, entropi ve hacim kapasite faktörleridir.

3.3. Çevrim Analizi

Güç ve moment elde etmek için kullanılan bir Brayton çevrimi şekilde gösterilmiştir.(Şekil 3.5.)Jet tahrik döngüsünün verimini artırmak için sisteme difüzör ve nozul ilave edilebilir.Döngüde enerji transferi için termodinamiğin birinci yasası dikkate alınır.Çevrim ideal çevrim, gaz ideal gaz olarak kabul edilir.(22,23,24)

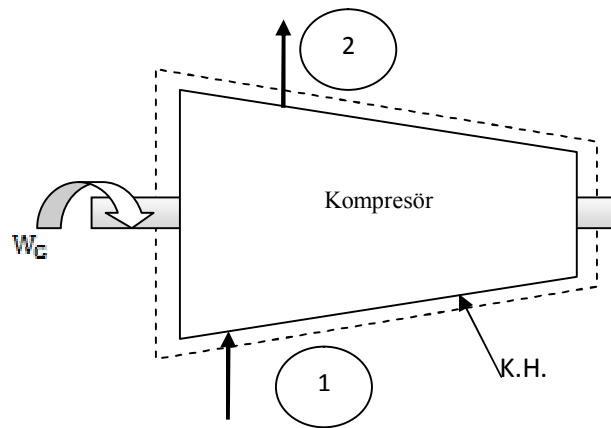


Şekil 3.5. Kontrol noktaları

Çevrim temel olarak Kompresör(Şekil 3.6.) , Yanma Odası(Şekil 3.8.) ve Türbin(Şekil 3.9.) olarak 3 ana bölümden oluşmaktadır. Nozul ve difüzör ise içeri alınan veya dışarı atılan akışkanı hızlandıran cihazlardır. Fakat tasarlanan cihazda Nozul veya difüzör kullanılmayacak olup hesaplamalara dahil edilmeyecektir. Çevrimin her bir bölümünün ayrı ayrı analizi için Termodinamiğin birinci yasasından yola çıkılır.

3.3.1.Kompresör

Kompresör için aşağıdaki kontrol hacmi modellenmiştir.(Şekil 1.6.)



Şekil 3.6. Kompresör kontrol hacmi

Çevrim Ideal olduğu için kontrol hacmi (K.H) ısı transferi olmadığını söyler. Kararlı hal koşulları altında, kinetik ve potansiyel enerjilerin gravimetrik etkileri ihmal edilir ve bu kontrol hacmi için ilk yasa yazılır.

$$\dot{H}_g - W_g = \dot{H}_f$$

Biz kontrol hacmi içinde ve dışında bir akışın var olduğunu düşünerek, termodinamiğin birinci yasasının daha spesifik bir formunu yazabiliriz.

$$\dot{m}h_g - \dot{m}w_k = \dot{m}h_f$$

Ya da, her bir akış ile ilişkili terimleri gruplayarak yeniden düzenleyebiliriz,

$$-w_k = h_f - h_g$$

Bu kompresör için termodinamiğin ilk Kanunun genel şeklidir.

$$dh = C_p dT$$

olduğu için;

$$-W_k = C_{p,k} (T_{k,s} - T_{k,g})$$

$$\begin{aligned} -W_k &= h_1 - h_2 \\ &= C_p (T_1 - T_2) \end{aligned}$$

Şeklinde yazılır. Kompresörün verimliliği ise;

$$\eta_{komp} = \frac{W_{k,s}}{W_{k,a}} = \frac{h_{1,s} - h_g}{h_{1,a} - h_g}$$

İndis “s” ideal (izentropik) işlemi ve indis “a” Gerçek süreçtir. Mükemmel bir gaz için, yukarıdaki denklemi aşağıdaki şekilde düzenleyebiliriz.

$$\eta_{komp} = \frac{T_{1,s} - T_{k,g}}{T_{1,a} - T_{k,g}}$$

şeklinde de yazabiliriz.

Adyabatik durum değişimi için

$$P_3 V_3^k = P_4 V_4^k$$

$$P_2 V_2^k = P_1 V_1^k \quad \text{şeklinde yazılırsa,}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{T_4}{T_3} &= \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{(k-1)}{k}} \\ \text{ve } P_1 &= P_4, \quad P_2 = P_3 \\ \frac{T_1}{T_2} &= \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{(k-1)}{k}} \end{aligned} \right\} \text{ olur}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

şeklinde de yazabiliriz.

Bu denklemler kullanılarak izantropik sıkıştırma sonu sıcaklık ve basınç değerleri hesaplanır. Burada 'k' izantropik durum değıştirmede kullanılan bir katsayıdır ve sabit basınçtaki özgül ısının, sabit hacimdeki özgül ısıya oranıdır. (Şekil 3.7.)

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

Yukarıdaki denklemde, çevrimde kullanılan maddenin ideal bir gaz olarak kabul edilen hava olmasından dolayı özgül ısıları sabit basınç özgül ısısı c_p , sabit hacim özgül ısısı c_v tablodan bulunur ve denklemde değerler yerine konulur.

$$k=1,005/0,718$$

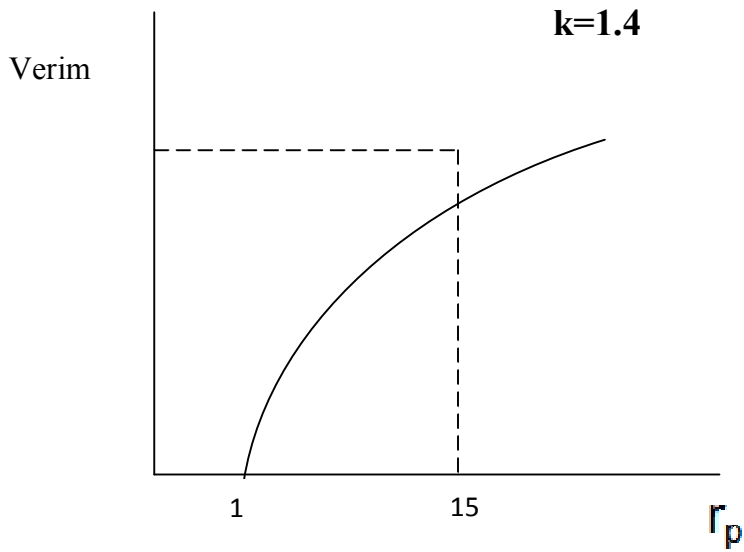
$k=1,4$ olarak bulunur.

Tablo 3.1. Bazı gazların mükemmel gaz özgül ısıları

Bilinen bazı gazların mükemmel-gaz özgül ısıları

(a) 300 K sıcaklıkta

Gaz	Kimyasal formülü	Gaz sabiti, R kJ/kg · K	c_p kJ/kg · K	c_v kJ/kg · K	k
Hava	—	0.2870	1.005	0.718	1.400
Argon	Ar	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Bütan	C_4H_{10}	0.1433	1.7164	1.5734	1.091
Karbon dioksit	CO_2	0.1889	0.846	0.657	1.289
Karbon monoksit	CO	0.2968	1.040	0.744	1.400
Etan	C_2H_6	0.2765	1.7662	1.4897	1.186
Etilen	C_2H_4	0.2964	1.5482	1.2518	1.237
Helyum	He	2.0769	5.1926	3.1156	1.667
Hidrojen	H_2	4.1240	14.307	10.183	1.405
Metan	CH_4	0.5182	2.2537	1.7354	1.299
Neon	Ne	0.4119	1.0299	0.6179	1.667
Azot	N_2	0.2968	1.039	0.743	1.400
Oktan	C_8H_{18}	0.0729	1.7113	1.6385	1.044
Oksijen	O_2	0.2598	0.918	0.658	1.395
Propan	C_3H_8	0.1885	1.6794	1.4909	1.126
Su buharı	H_2O	0.4615	1.8723	1.4108	1.327

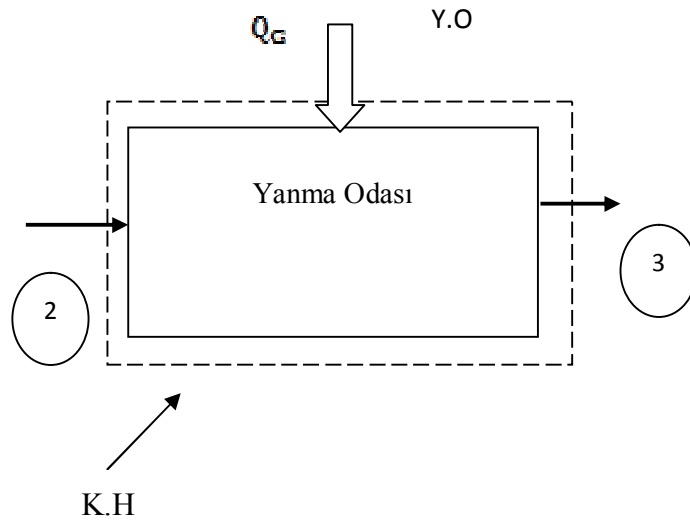


Şekil 3.7. k sabiti grafiği

Not: Kompresör için $r_p = p_2/p_1$

3.3.2. Yanma odası

Yanma odası için aşağıdaki kontrol hacmi göz önüne alınırsa(Şekil 1.8.)



Şekil 3.8. Yanma odası kontrol hacmi

Çevrim Ideal olduğu için kontrol hacmi (CV) ısı transferi olmadığını söyler. Kararlı hal koşulları altında ve kinetik, potansiyel enerji gravimetrik ihmal etkileri ile, bu kontrol hacmi için ilk yasa yazılırsa,

$$\dot{H}_g - Q_g = \dot{H}_f$$

Daha spesifik bir form ile yazarsak;

$$\dot{m}h_g - \dot{m}q_{Y.O} = \dot{m}h_f$$

$$q_{Y.O} = h_f - h_g$$

yeniden düzenleyerek,

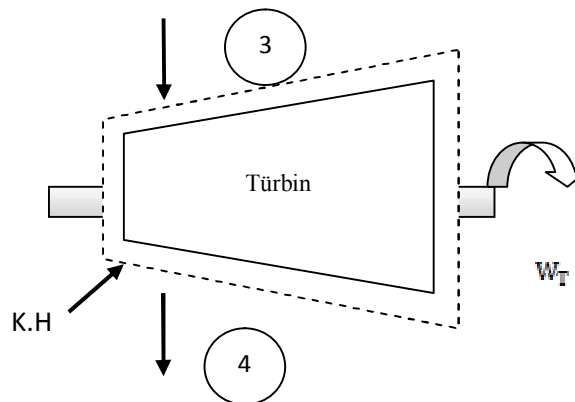
$$dh = c_p dT \text{ olduğu için}$$

$$q_{Y.O} = c_{p,Y.O} (T_{Y.O,f} - T_{Y.O,g})$$

şeklinde olur.

3.3.3. Türbin

Türbin için aşağıdaki kontrol hacmi göz önüne alınırsa.



Şekil 3.9. Türbin kontrol hacmi

Çevrim Ideal olduğu için kontrol hacmi (KH) ısı transferi olmadığını söyler. Kararlı hal koşulları altında, kinetik ve potansiyel enerjilerin gravimetrik etkileri ihmal edilir ve bu kontrol hacmi için ilk yasa yazılırsa,

$$\dot{H}_g - W_g = \dot{H}_f$$

Biz kontrol hacmi içinde ve dışında bir akışın var olduğunu düşünerek, termodinamiğin birinci yasasının daha spesifik bir formunu yazabilirsiniz

$$\dot{m}h_g - \dot{m}w_T = \dot{m}h_f$$

Ya da, her bir akış ile ilişkili terimleri gruplayıp yeniden düzenleyerek,

$$-w_T = h_f - h_g$$

Bu kompresör için termodinamiğin ilk Kanunun genel şeklidir.

$$dh = C_p dT$$

olduğu için

$$-w_T = C_{p,t} (T_{t,f} - T_{t,g})$$

$$\begin{aligned} -w_T &= h_3 - h_4 \\ &= C_p (T_3 - T_4) \text{ olur.} \end{aligned}$$

İzantropik verimlilik ise,

$$\eta_{\text{Türbin}} = \frac{w_{t,s}}{w_{t,e}} = \frac{h_{3,s} - h_g}{h_{3,e} - h_g}$$

İndis “s” ideal (izentropik) işlemi ve indis “a” gerçek süreçtir. Mükemmel bir gaz için, yukarıdaki denklem indirgenir

$$\eta_{\text{Türbin}} = \frac{T_{3,s} - T_{t,g}}{T_{3,e} - T_{t,g}} \text{ formülü ile bulunur.}$$

3.3.4. Çevrimin Verimi

Sistemde yanma için hava kullanıldığında çevrimin verimi:

$$\eta_{\text{Brayton}} = \frac{w_{\text{net}}}{q}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{C_p(T_3 - T_4) + C_p(T_1 - T_2)}{C_p(T_3 - T_2)} \\
&= 1 - \frac{T_4 - T_2}{T_3 - T_2} \\
&= 1 - \frac{T_2}{T_3} \text{ ve } T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)} \text{ idi;} \\
&= 1 - \frac{1}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)} \frac{P_2}{P_1}} = r_p \text{ basınç oranı olduğu için sistemin verimini aşağıdaki}
\end{aligned}$$

şekilde yazabiliriz.

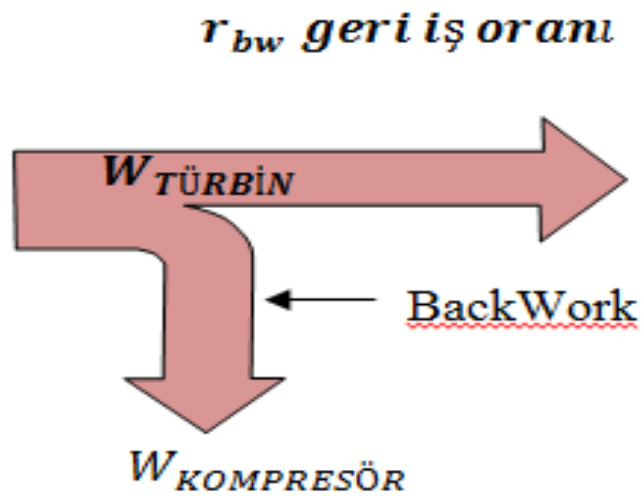
$$\eta_{Brayton} = 1 - \frac{1}{(r_p)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)}}$$

Olarak elde edilir.

3.3.5. Geri iş oranı

Türbinin yaptığı işin % kaçını kompresörü çevirmek için kullanıldığını belirtir.(Şekil 3.10.)

$$r_{BW} = \frac{W_K}{W_T}$$



Şekil 3.10. Geri iş oranı

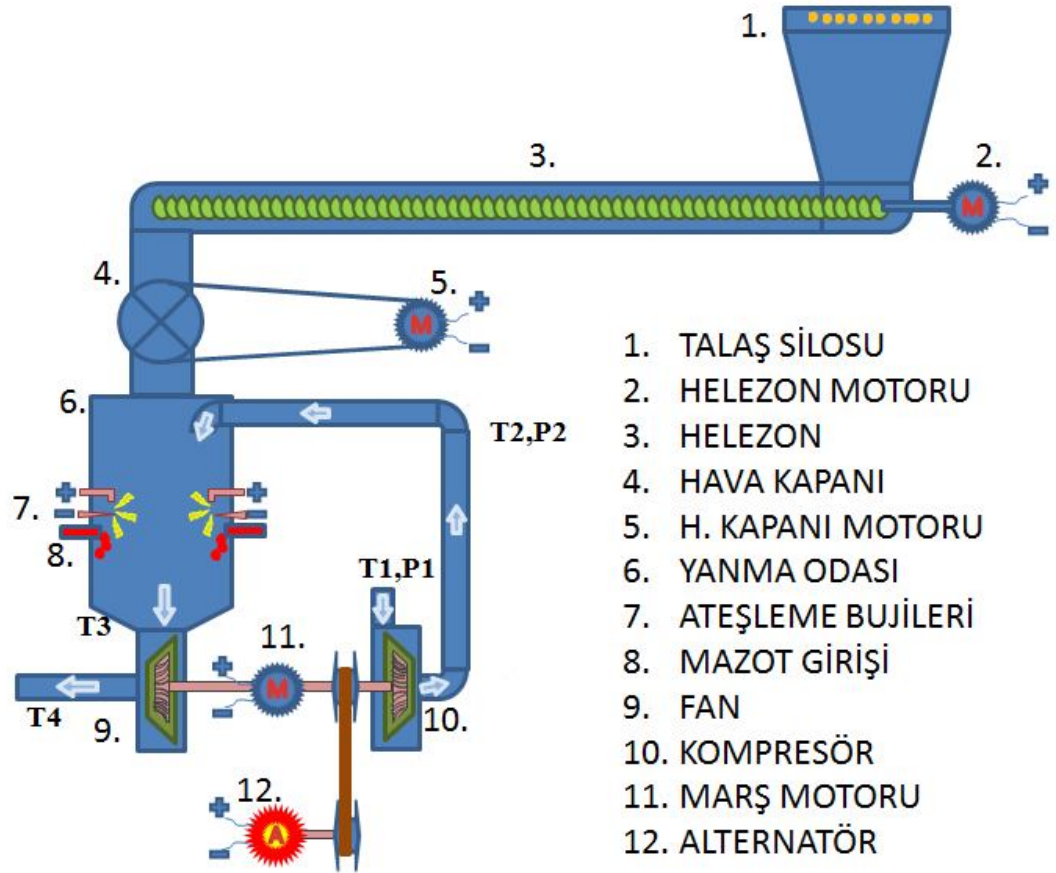
BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Yapılan çalışmada Brayton çevrimi modellenerek dizel yakıt ile çalıştırılmıştır. Çalışan sisteme %40 oranında Mdf-Sunta talaşı verilerek dizel yakıt azaltılmış ve sistem çift yakıtlı olarak çalıştırılmıştır. İlk olarak sistem bilgisayar ortamında tasarlanmış, simülasyon şeklinde çalışması gözlenmiştir.(Şekil 4.1.)

4.1.1.Çevrim simülasyonu



Şekil 4.1.Çevrim simülasyonu

4.2. Model imalatı

Brayton çevriminin modellenmesi ve parametre ölçümleri Boytaş Mobilya Şirketi Teknoloji geliştirme laboratuvarlarında yapılmıştır. Sistem 6 ana elemandan oluşur. (Şekil 4.2.)

Bunlar:

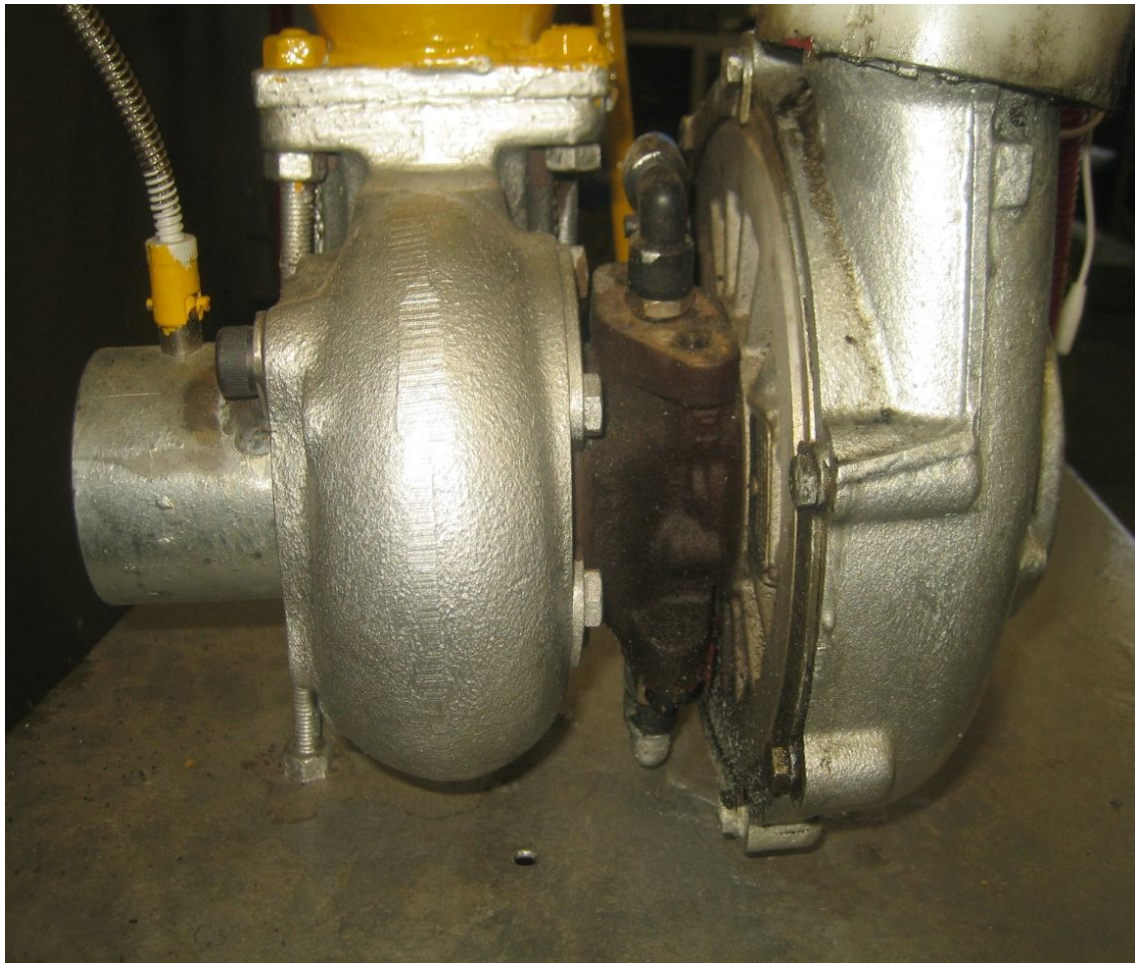
1. Kompresör ve Türbin bloğu
2. Yanma Odası
3. Ateşleme Sistemi
4. Yakıt Sistemleri
5. Yağlama Sistemi
6. Silo Grubu



Şekil 4.2. Sistem genel görünüş

4.2.1. Turboşarj Ünitesi

Turboşarj ünitesi kullanılarak yapılan sistemin çalışmasında ana parça olarak ve diğer birçok parçanın tasarımında turboşarj ünitesi önemli bir yer teşkil etmektedir. Sistemin ölçüleri için tercih edilecek turboşarj ünitesinin büyük veya küçük olması önemlidir. Yanma odasının ölçüleri, seçilen turboşarj ünitesine göre değişebilmektedir. Bu nedenle turboşarj ünitesi seçiminin iyi yapılması gerekmektedir. Küçük turboşarj kullanılarak yapılan sistem, yapım sürecinde sistem parçalarının küçük tasarımından doğan birçok sorun ile karşılaştığı için küçük turboşarj ünitesi tercih edilmemiştir. Büyük turboşarj seçiminde ise gerek yanma odası ve alev tüpü ve gerekse yağ ve yakıt tesisatı gibi sistem parçaları daha rahat tasarlanabilmektedir . Şekil 4.3.'de turboşarj ünitesi görülmektedir.(25)



Şekil 4.3.Turboşarj Ünitesi

4.2.1.1. Turbo Kompresörün Yapısı

Prototip imalatında Türbin ve Kompresör için tekrar tasarım yapmak yerine hazır bir Turbo kompresörler ünitesi kullanılmıştır.

Turbo kompresörler aynı mil üzerine tespit edilerek bir muhafaza içine alınmış iki kısımdan oluşur. Birinci kısım kanatsız yayıcı gövdeli radyal akış tipli santrifüj bir kompresör, ikinci kısım ise radyal akış tipli bir egzoz türbinidir. Türbin ve kompresör, aynı milin farklı iki ucuna monte edilir.

Turbo kompresörlerde, kompresör kısmı için alüminyum alaşımı, türbin kısmı için ise dökme demir muhafaza kullanılır.(Şekil 4.4.) Kompresörlerde yüksek verimlilik ve minimum akış sınırlamasını sağlamak için ince kanatlar kullanılır. En basiti düz kanatlı tasarlanmış olanlardır. Fakat kanat uçlarında oluşan şok dalgaları verimi düşürür. Bu olumsuzluğu gidermek için kanatların ön uç eğim açıları, kompresöre giren havanın giriş açısıyla aynı tutulur. Başka bir uygulama ise arkaya eğimli birbirine yakın kanatlar kullanmaktır.



Şekil 4.4. kompresör ve türbin çarkı

Türbin tekeri 700 °C gaz sıcaklığında çalışmasını korumalıdır. Türbin tarafındaki parçalar, merkezkaç kuvvetine dayanabileceği gibi ölçü yönünden de özelliklerini korumalıdır. Türbinler, yüksek sıcaklığa dayanıklı çelikten, daha yüksek sıcaklıklar için yüksek alaşımlı bir nikel dökümünden imal edilirler. Bu tür malzemelerin çok zor işlenmesine karşılık 0.006 mm 'lik bir tolerans istenmektedir.

Tercih edilen ünite motor yağı ile yağlanan ve soğutulan iki kaymalı yatak kullanılmaktadır. Yataklar, alüminyum veya kalay eklenmiş kurşunlu bronzdan yapılırlar. Yatak sürtünme kayıplarını karşılamak için gerekli güç, tam hızda türbin gücünün % 5 ila % 10 'u arasındadır ve bu oran motor hızı düştükçe artar.(26)

4.2.2. Yanma Odası Tasarım ve İmalatı

Yanma odası (combustionchamber), model jet motorunda alev tüpünün, ateşleme ve yakıt sisteminin bağlandığı, yanma işleminin gerçekleştiği bölümü tamamen kapatarak yanma işleminin kapalı bir odada gerçekleşmesini sağlayan parçadır. Şekil 4.5. de yanma odası görülmektedir.



Şekil 4.5. Yanma odası

Yanma odası türbin salyangozunun flanş kısmına monte edilmektedir. Alev tüpü, ateşleme ve enjektör sistemi de yanma odasına bağlı olduğu için yanma olayının olduğu ve gerçekleştirildiği sistem komple türbin salyangozunun flanşına bağlanmıştır.

4.2.3. Ateşleme Sistemi

Ateşleme sistemi, alev tüpü içindeki hava/yakıt karışımının ateşlenmesini sağlayan kısımdır. Ateşleme sistemi için otto motorlarda kullanılan sıcak bujiler tercih edilmiştir. Bujilerin yanma odasının gövdesine monte edilmiştir. Üzerindeki yalıtım porseleni vardır. Bu sayede ateşleme bujisi orta elektrot kısmından gövdeye kıvılcım atlaması önlenmiş olacaktır. Ateşleme bujilerinin uç kısımları birbirine bakacak şekilde montaj edilmiştir. Şekil 4.6. da yanma odası üzerinde ateşleme bujileri ve Trafo görülmektedir.



Şekil 4.6. Yanma odası üzerine monte edilmiş ateşleme bujileri ve Trafo

Ateşleme bujileri arasında kıvılcım oluşmasını sağlamak için brülör ateşleme sisteminde kullanılan trafo tercih edilmiştir. Trafo 220 volt olan şehir şebeke elektriğini 10.000 voltun üstüne çıkartır ve ateşleme buji elektrotları için gerekli olan yüksek gerilimi sağlar. Uygulanan yüksek gerilim nedeniyle buji elektrotları arasında kıvılcım meydana gelerek yakıt enjektöründen alev tüpü içerisine püskürtülen yakıt ateşlenecektir.

4.2.4. Yakıt Sistemi

Yakıt, fiziksel ve kimyasal yapısında bir değişim meydana geldiğinde ısıenerjisi açığa çıkaran her türlü maddenin genel adıdır.

Yakıtlar içerdikleri enerjiyi ya yanmak gibi kimyasal anlamda ya da nükleer füzyon gibi nükleer anlamda serbest bırakırlar. Yakıtların en önemli özelliklerinden biri enerji üretebilmeleri için depolanabilmeleri ve sadece gerektiğinde bir iş üretebilmek için gerekli olan enerjinin üretimi için kullanılabilmesidir.

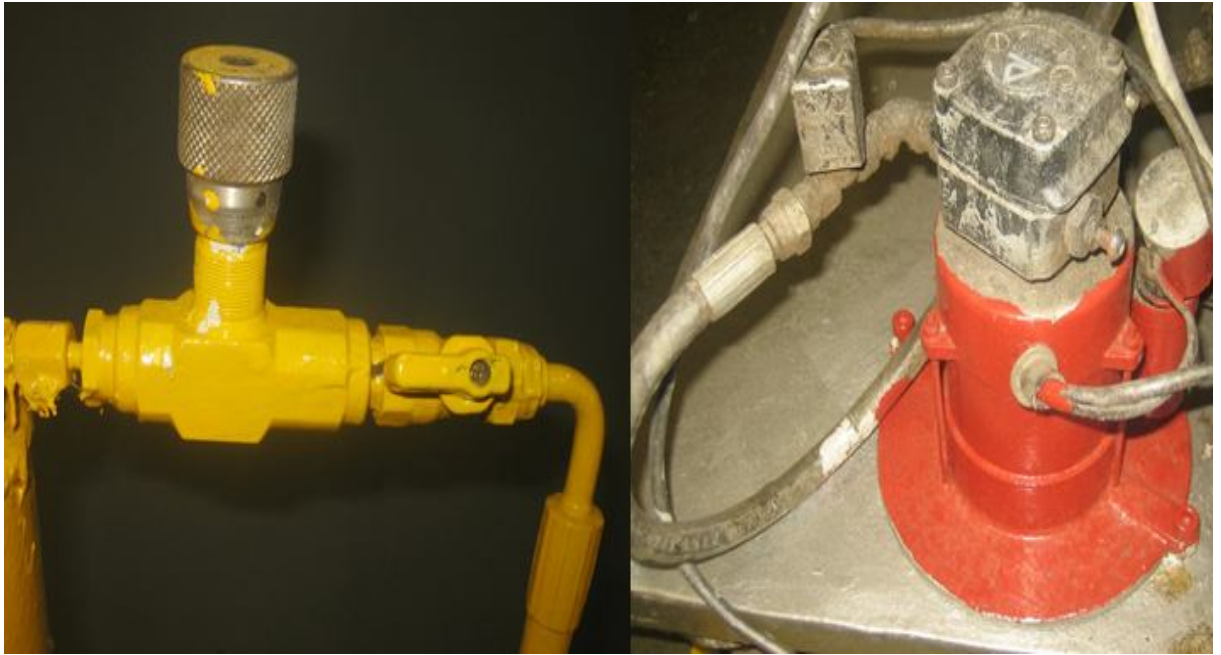
Yakıtların esas maddesini organik karbon teşkil eder. Isı, bu organik karbonun oksijen ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkar. Yapılan sistemde iki tür yakıt kullanılmıştır. Bunlardan İlki motorin, diğeri ise Mdf-Sunta talaş atığıdır. Aşağıdaki tabloda bazı yakıtların ısı değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Bazı yakıtların ısı değerleri

YAKITLARIN ISIL DEĞERLERİ					
-		Alt Isıl Değerler		Üst Isıl Değerler	
		kCal	kWh	kCal	kWh
YAKIT		kCal	kWh	kCal	kWh
MİKS LPG (kg)		11000	12,76	11900	13,80
PROPAN (kg)		11100	12,87	12000	13,98
MİKS LPG (m ³)		26000	30,16	28200	32,71
PROPAN (m ³)		21200	23,95	23000	25,93
DOĞALGAZ (m ³)		8250	9,59	9155	10,62
ODUN (kg)		2500	2,90	2800	3,25
MDF SUNTA TALAŞI (kg)		4500	5,22	6000	6,95
KÖMÜR	Linyit (kg)	3000	3,50	3300	3,84
	Soma (kg)	5500	6,38	6000	6,96
	İthal (kg)	6000	6,98	6500	7,56
MOTORİN (kg)		10200	11,86	10800	12,58
KALORİFER YAKITI (kg)		9700	11,28	10500	12,18
SANAYİ YAKITI FUEL OİL (kg)		9200	10,69	10300	11,95
ELEKTRİK (kWh)		860	1	860	1

4.2.4.1.Sıvı Yakıt Besleme Sistemi

Sistemin güvenliği açısından ilk çalıştırmada motorin kullanılmıştır. Püskürtülmesi için ek bir pompaya ve enjektöre ihtiyaç vardır. Yakıt ,yakıt pompası yardımıyla yakıt deposundan emilerek yakıt enjektörüne sevk edilmektedir. Enjektör de 2 – 7 bar basınç altında yakıt basıncı oluşturabilmektedir. Şekil 4.7.'de basıncı ayarlanabilir enjektör ve yakıt pompası görülmektedir.



Şekil 4.7.Enjektör ve yakıt pompası

Yanma; yakıtın oksijenle birleşerek su ve karbondioksit meydana getirmesidir. Bu tepkime sırasında ısı ve enerjide açığa çıkar. İçten yanmalı motorlar kimyasal reaksiyonla açığa çıkan enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Dizel motorlarında yanma; sıkıştırma zamanı sonuna doğru silindire emme zamanında alınan havanın sıcaklığı yaklaşık olarak 600–900 C° yükseltilmesiyle, sıcaklığı ve basıncı yükselen havanın üzerine enjektör tarafından yakıtın basınçlı olarak püskürtülmesi sonucu gerçekleşir. Fakat yapılması düşünülen modelde yanma olayının iyi gerçekleşmesi için yanma odalarına püskürtülen yakıtın ince zerrelelere ayrılması (atomize olması) ve hava ile çok iyi karışması gerekir.(27)

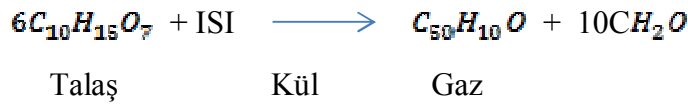
Benzin ve motorin için, yanma kimyasal denkleminin katsayılarının denkleştirilmiş hali aşağıdaki denklemde verilmiştir;



4.2.4.2 Katı yakıt Besleme sistemi

Sistem ilk hareketi alıp rejime ulaştıktan sonra sıvı yakıt azaltılarak, katı yakıt sürücü vasıtası ile yavaş yavaş sisteme ilave edilmesi düşünülmüştür. (Şekil 4.8.) Atmosfere kapalı Silodan akan talaş helezon boyunca istenilen debide hava kapanına ulaşır. 8 kanatlı hava kapanı eşit debilerde talaş parçacıklarını yanama odasına boşaltır. Yanmakta olan Motorin üzerine Mdf-Sunta katı yakıt talaşı verilerek talaşın tutuşması sağlanır. Sistemin veriminin ve devrinin düşerek durmasını engellemek için motorin ile beraber katı yakıt yanacaktır.

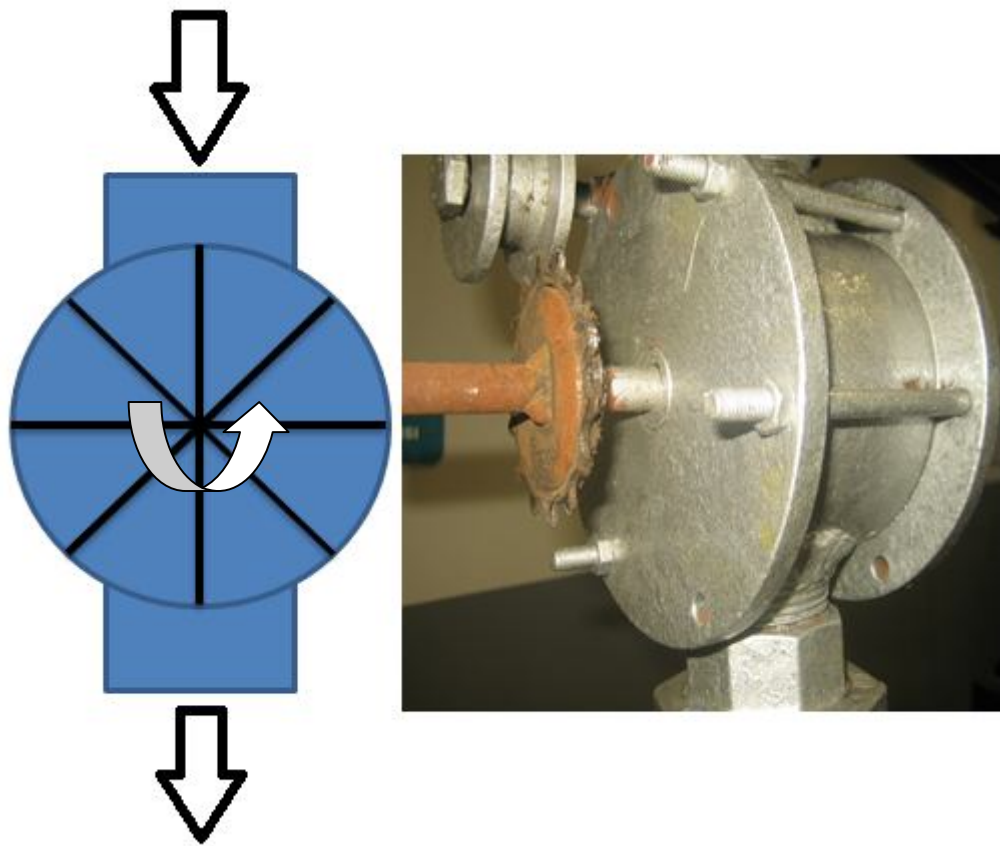
Mdf-Sunta atığı için yanma denklemi aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.8.Silo-Helezon-Hava Kapanı

4.2.5.Hava kapanı

Sırası ile Silo, helezon, hava kapanı olarak dizayn edilen katı yakıt besleme sistemi, modele doğrudan bağlantılı olduğu için basınç düşüşlerine izin vermemelidir. Bu sebeple yakıtın akışına mani olmadan sürekli sabit debide besleme yapabilecek bir hava kapanı sisteme yerleştirilmiştir. Hava kapanı tahrikini helezon miline bağlı DC motordan zincir dişli mekanizmasıyla alır.



Şekil 4.9. Hava Kapanı ve kesit görünüşü

4.2.6. Yağlama Sistemi

Yağlama sistemi, turboşarj ünitesinin yataklarını yağlamak ve soğutmak için kullanılır. Turbo kompresör, dakikada soğutma ve yağlama için gerekli olan takriben 3.5 – 4 lt. yağı, ayrı bir elektrik motorundan tahrik alan pompadan alır. Turbo kompresörün yağlanması ve türbinin soğutulmasında kullanılan yağın yataklama bölümünden

dışarı sızmasını ya da sıcak gazların içeri girmesini engellemek için hem kompresör hem de türbin tarafında etkin bir sızdırmazlık sağlanmalıdır.(28)

Yağ sayesinde turboşarj'ın yataklarındaki ısınma, aşınma ve yatak sarması gibi durumlar engellenmiş veya asgari seviyeye inmesi sağlanmış olur. Bu sorunların giderilmesi veya asgari seviyeye indirgenmesi için kullanılacak olan yağın özelliği, yağ pompasının gücü, yağ iletim borularının ölçüleri (uzunluk, çap), turbosarj'ın yağ giriş-çıkışlarının nasıl yapıldığı ve yağın ne denli iyi soğutulduğu gibi etkenler büyük önem arz etmektedir. Şekil 4.10.'da yağlama sistemi görülmektedir.



Şekil 4.10. Yağlama sistemi

4.2.7. Silo

Mdf-sunta toz talaş parçalarının muhafaza edildiği bölümdür. Talaşın helezona kolay kayabilmesi için konik yapıdadır. Sistemde basınç kaybına neden olmaması için silo kapalı sistem olarak dizayn edilmiştir.



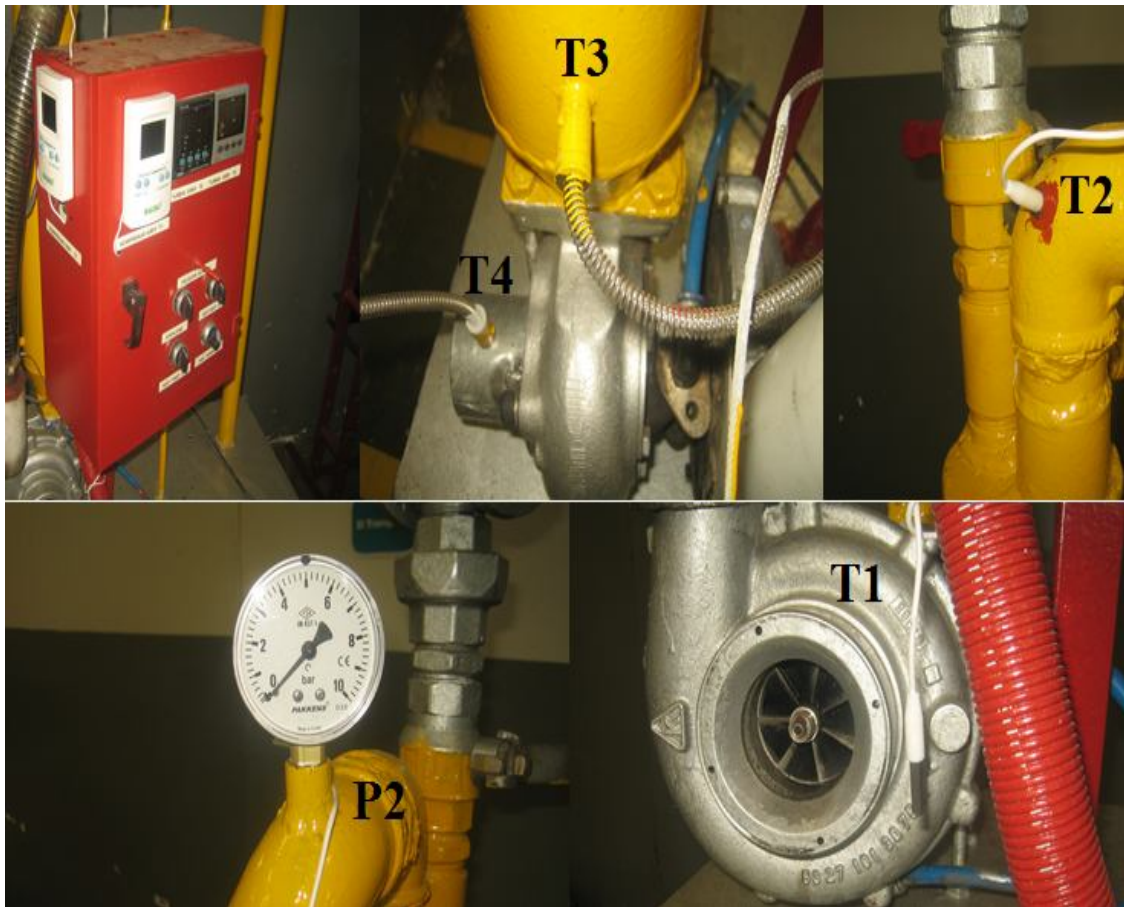
Şekil 4.11.Silo-Helezon

4.2.8. Kontrol noktaları

Sistem ünitelerinin arasındaki giriş çıkış basınç ve sıcaklık değerlerinin ölçülebilmesi için kontrol noktaları oluşturulmuş ve bu noktalara analog veya dijital kontrol cihazları yerleştirilmiştir. (Şekil 4.12.), (Tablo 3.2)

Tablo 4.2. Kontrol noktaları

BASINÇ			
Sensör	Ölçüm tipi	Prob	Sembol
Kompresör Giriş Basıncı	Analog Manometre	Prinç	P1
Yanma Odası Giriş Basıncı	Analog Manometre	Prinç	P2
Yanma Odası Çıkış Basıncı	Analog Manometre	Prinç	P3
Türbin Çıkış Basıncı	Analog Manometre	Prinç	P4
SICAKLIK			
Kompresör Giriş Sıcaklığı	Dijital Termometre	PT 100	T1
Yanma Odası Giriş Sıcaklığı	Dijital Termometre	PT 100	T2
Yanma Odası Çıkış Sıcaklığı	Dijital Termometre	PT 100	T3
Türbin Çıkış Sıcaklığı	Dijital Termometre	PT 100	T4



Şekil 4.12. Kontrol noktaları

4.3. Metot

Deneylere başlamadan önce sistemin tüm mekanik bağlantıları ve elektrik giriş bağlantıları kontrol edilerek ünite üzerindeki manometre basıncının '0' olduğu gözlemlenmiştir. Kompresör ile Yanma odası arasına yüksek basınca dayanıklı çelik telli hortum ile bağlantı yapılmıştır. Hava kaçaklarının olmaması için bağlantı noktalarına klingrit conta veya ısıya dayanıklı sıvı conta gibi sızdırmazlık elemanları kullanılmıştır.

Sistem, 6 bar hava ile ilk hareketi verilerek, çalıştırılmış ve daha sonra sistem üzerindeki kontrol noktalarından değerler okunmuştur. Bilinen değerler ve bulunması istenen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.3.Kontrol noktaları ve sistem için bilinen ve bilinmeyen değerler

Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	523	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,7	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,68	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2		K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4		K
Kompresör İş	w_K		kJ/kg
Türbin İş	w_T		kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{EW}		
Termal Verim	η_{Termal}		
Çevrim Verimi	η_B		

Yukarıda verilen Tablo; %100 Sıvı yakıt,%90 Sıvı Yakıt ile beraber %10 Katı Yakıt,%80 Sıvı Yakıt ile beraber %20 Katı Yakıt, ,%70 Sıvı Yakıt ile beraber %30 Katı Yakıt,%60 Sıvı Yakıt ile beraber %40 Katı Yakıt,%50 Sıvı Yakıt ile beraber %50 Katı Yakıt durumlarında verim, sıcaklık, iş gibi verilerin sırası ile ölçülmesi ile oluşturulup bu durumlar için grafikleri çizilecektir.

Tablo 4.4.Havanın mükemmel gaz özellikleri tablosu

Termodinamik

TABLO A-17

Havanın mükemmel-gaz özellikleri

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/(kg.K)	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/(kg.K)
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	22.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						

4.3.1. Hesaplama Yöntemi

4.3.1.1. %100 Sıvı yakıt kullanılarak sistemin bilinmeyenlerinin hesaplanması.

a) Türbin çıkış sıcaklığı:

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 1,01 \text{ Bar}$$

$$k = 1,4$$

$$h_1 = 300,19 \text{ kJ/kg}$$

değerleri bilinmektedir.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

$$T_2 = 300 \left(\frac{1,7}{1,01} \right)^{\left(\frac{1,4-1}{1,4} \right)}$$

$$T_2 = 347 \text{ K}$$

olarak bulunur. Tablo 8 yardımıyla,

$$h_2 = 350,49 \text{ kJ/kg}$$

olarak okunur.

b) Kompresör çıkış sıcaklığı:

$$P_1 = P_4, \quad P_2 = P_3, \quad T_3 = 523 \text{ K}, \quad h_3 = 526,22 \text{ kJ/kg}$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

$$523 = T_4 \left(\frac{1,7}{1,01} \right)^{\left(\frac{1,4-1}{1,4} \right)}$$

Bu işlemler sonucunda;

$$T_4 = 450 \text{ K}$$

$$h_4 = 451,80 \text{ kJ/kg}$$

c) Kompresörün yaptığı iş:

$$w_k = h_2 - h_1$$

$$w_k = 350,49 - 300,19$$

$$w_k = 50,3 \text{ kJ/kg}$$

d) Türbinin yaptığı iş:

$$w_T = h_3 - h_4$$

$$w_T = 526,22 - 451,80$$

$$w_T = 74,42 \text{ kJ/kg}$$

e) Geri iş oranı:

$$r_{BW} = \frac{w_k}{w_T}$$

$$r_{BW} = \frac{50,3}{74,42}$$

$$r_{BW} = 0,675$$

Yani türbinin yaptığı işin %67 si kompresörü çevirmek için kullanılmıştır.

f) Termal verim:

$$\eta_{\text{Termal}} = \frac{W_{\text{net}}}{q_{Y,O}}$$

$$q_{Y,O} = h_{\xi} - h_g$$

$$q_{Y,O} = h_3 - h_2$$

$$q = 526,22 - 350,49$$

$$q = 175,73 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{net}} = W_{\xi} - W_g$$

$$W_{\text{net}} = W_T - W_K$$

$$W_{\text{net}} = 74,42 - 50,3$$

$$W_{\text{net}} = 24,12 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{Termal}} = \frac{24,12}{175,73}$$

$$\eta_{\text{Termal}} = 0,13 \text{ veya } \% 13$$

olarak bulunur.

g) Çevrimin verimi:

$$\eta_{\text{Brayton}} = 1 - \frac{1}{(r_p)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)}}$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = 1 - \frac{1}{(1,68)^{\left(\frac{2,4-1}{1,4}\right)}}$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = 0,14 \text{ yani çevrimin verimi } \%14 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

4.3.1.2. %60 Sıvı yakıt ve %40 katı yakıt kullanılarak sistemin bilinmeyenlerinin hesaplanması.

Sistemin maksimum katı yakıtla çalışması istendiğinden dolayı, sistem üzerine yerleştirilen sensörlerden sırasıyla %10,20,30,40,50 katı yakıt oranları için değerler alınmış ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra en sağlıklı çalışma oranı, %60 Sıvı yakıt ve %40 katı yakıt oranı olduğu bulunmuştur. Araştırma sonuçları bölümünde değişik oranlar için elde edilen tablolar ve grafikler verilmiştir.

a) Türbin çıkış sıcaklığı:

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 1,01 \text{ Bar}$$

$$k = 1,4$$

$$h_1 = 300,19 \text{ kJ/kg}$$

değerleri bilinmektedir.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

$$T_2 = 300 \left(\frac{1,6}{1,01} \right)^{\left(\frac{1,4-1}{1,4} \right)}$$

$$T_2 = 342 \text{ K}$$

olarak bulunur. Tablo 8 yardımıyla,

$$h_2 = 340,42 \text{ kJ/kg}$$

olarak okunur.

b) Kompresör çıkış sıcaklığı:

$$P_1 = P_4, P_2 = P_3, T_3 = 510 \text{ K}, h_3 = 513,32 \text{ kJ/kg}$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)}$$

$$510 = T_4 \left(\frac{1,6}{1,01} \right)^{\left(\frac{1,4-1}{1,4} \right)}$$

Bu işlemler sonucunda;

$$T_4 = 447 \text{ K}$$

$$h_4 = 449,20 \text{ kJ/kg}$$

c) Kompresörün yaptığı iş:

$$w_k = h_2 - h_1$$

$$w_k = 340,42 - 300,19$$

$$w_k = 40,23 \text{ kJ/kg}$$

d) Türbinin yaptığı iş:

$$w_T = h_3 - h_4$$

$$w_T = 513,32 - 449,20$$

$$w_T = 64,12 \text{ kJ/kg}$$

e) Geri iş oranı:

$$r_{BW} = \frac{w_k}{w_T}$$

$$r_{BW} = \frac{40,23}{64,12}$$

$$r_{BW} = 0,63$$

Yani türbinin yaptığı işin %63 ü kompresörü çevirmek için kullanılmıştır.

f) Termal verim:

$$\eta_{\text{Termal}} = \frac{W_{\text{net}}}{q_{Y,O}}$$

$$q_{Y,O} = h_{\xi} - h_g$$

$$q_{Y,O} = h_3 - h_2$$

$$q = 513,32 - 340,42$$

$$q = 172,90 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{net}} = W_{\xi} - W_g$$

$$W_{\text{net}} = W_T - W_K$$

$$W_{\text{net}} = 64,12 - 40,23$$

$$W_{\text{net}} = 23,89 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{Termal}} = \frac{23,89}{172,90}$$

$$\eta_{\text{Termal}} = 0,14 \text{ veya } \% 14$$

olarak bulunur.

g)Çevrimin verimi:

$$\eta_{\text{Brayton}} = 1 - \frac{1}{(r_p)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)}}$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = 1 - \frac{1}{(1,58)^{\left(\frac{2,4-1}{1,4}\right)}}$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = 0,12$$

$$\eta_{\text{Brayton}} = 0,12 \text{ yani çevrimin verimi } \%12 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

BÖLÜM 5

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER

Sistemin maksimum katı yakıtla çalışması istendiğinden dolayı, sistem üzerine yerleştirilen sensörlerden sırasıyla %10,20,30,40,50 katı yakıt oranları için değerler alınmış ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra aşağıdaki tablo ve grafikler oluşturulmuştur. %10 Katı Yakıt - %90 Sıvı Yakıt karışımının yakılması durumunda sisteme giren katı yakıtın, çevrim verileri üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir. %50 Katı Yakıt - %50 Sıvı Yakıt karışımının yakılması durumunda sistem çalıştırılmamış ve %40 Katı yakıt durumunun sınır pozisyon olduğu sonucuna varılmıştır.

5.1.%100 Sıvı Yakıt yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler

Tablo 5.1.%100 Sıvı Yakıt veri tablosu

Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	523	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,7	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,68	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2	347	K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4	450	K
Kompresör İş	w_K	50,30	kJ/kg
Türbin İş	w_T	74,42	kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{BW}	0,68	%
Termal Verim	η_{Termal}	0,13	%
Çevrim Verimi	η_B	0,14	%

5.2.%10 Katı Yakıt- %90 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler

Tablo 5.2.%10 Katı Yakıt- %90 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu

Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	523	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,7	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,68	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2	347	K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4	450	K
Kompresör İşİ	w_K	50,30	kJ/kg
Türbin İşİ	w_T	74,42	kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{BW}	0,68	%
Termal Verim	η_{Termal}	13	%
Çevrim Verimi	η_B	14	%

5.3.%20 Katı Yakıt- %80 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler

Tablo 5.3.%20 Katı Yakıt- %80 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu

Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	521	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,68	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,65	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2	346	K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4	448	K
Kompresör İşİ	w_K	48,5	kJ/kg
Türbin İşİ	w_T	72,10	kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{BW}	0,67	%
Termal Verim	η_{Termal}	13,5	%
Çevrim Verimi	η_B	13	%

5.4.%30 Katı Yakıt- %70 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler

Tablo 5.4.%30 Katı Yakıt- %70 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu

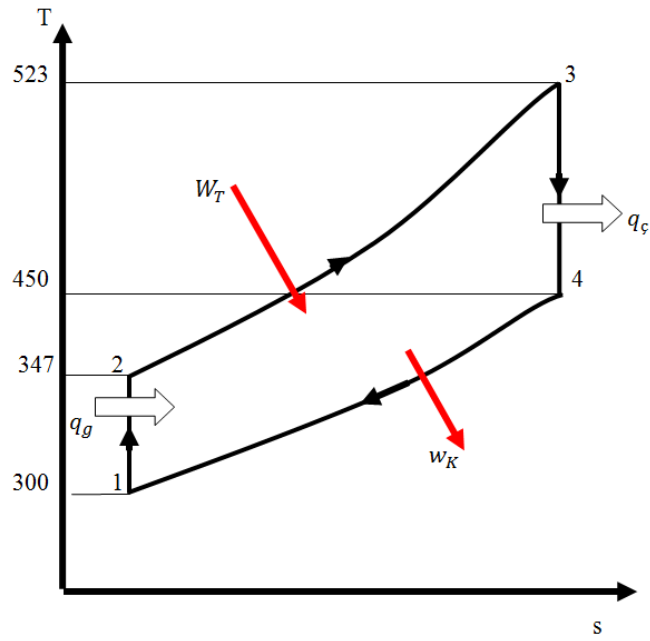
Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	517	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,65	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,60	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2	343	K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4	448	K
Kompresör İş	w_K	45,2	kJ/kg
Türbin İş	w_T	68,1	kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{BW}	0,66	%
Termal Verim	η_{Termal}	13,7	%
Çevrim Verimi	η_B	12,5	%

5.5.%40 Katı Yakıt- %60 Sıvı Yakıt karışımının yakılması ile ölçülen ve hesaplanan değerler.

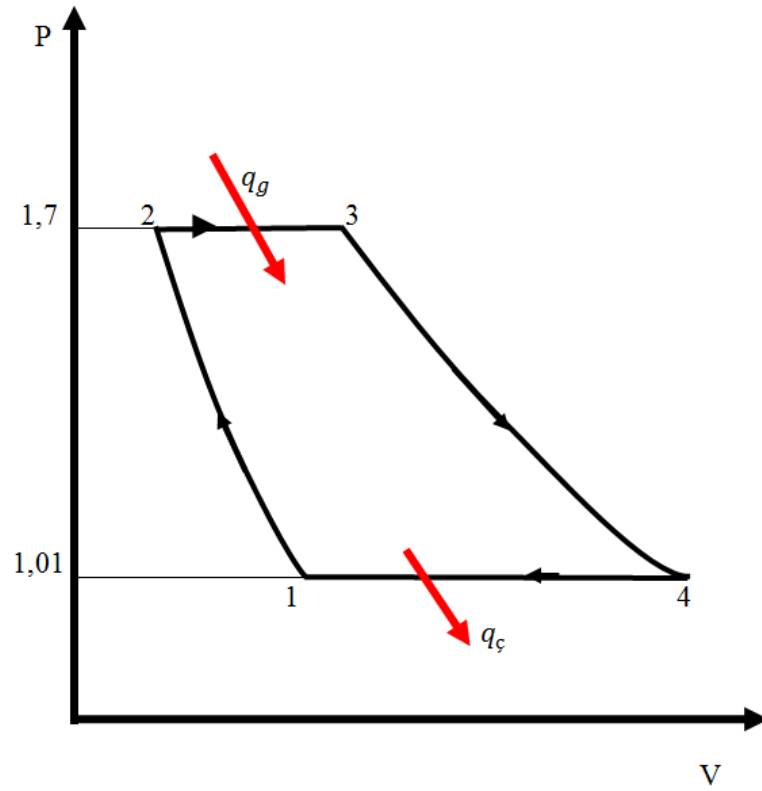
Tablo 5.5.%40 Katı Yakıt- %60 Sıvı Yakıt karışımı veri tablosu

Veri	Sembol	Değer	Birim
Türbin Giriş Sıcaklığı	T_1	300	K
Türbin Giriş Basıncı	P_1	1,01	BAR
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T_3	510	K
Türbin Çıkış Basıncı	P_2	1,6	BAR
Basınç Oranı	r_p	1,58	
Türbin Çıkış Sıcaklığı	T_2	342	K
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	T_4	447	K
Kompresör İş	w_K	40,23	kJ/kg
Türbin İş	w_T	64,12	kJ/kg
Geri İş Oranı	r_{BW}	0,63	%
Termal Verim	η_{Termal}	14	%
Çevrim Verimi	η_B	12	%

5.6.Sıvı yakıt için T-s ve P-V diyagramı

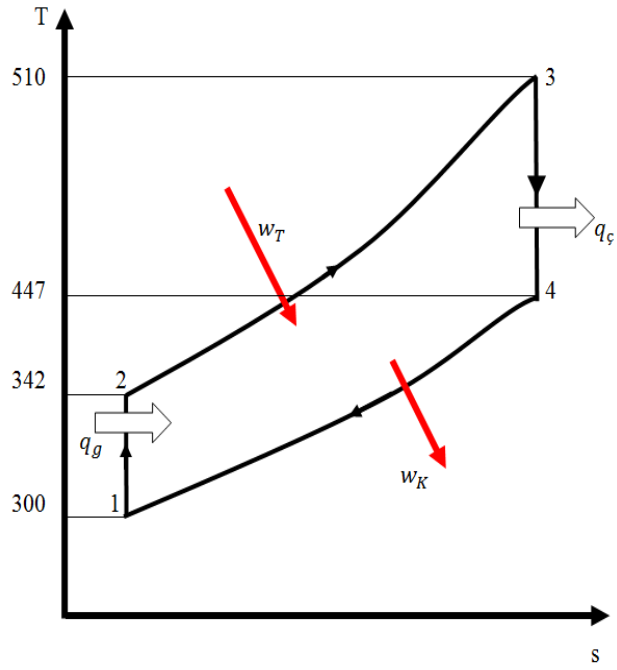


Şekil 5.1.Sıvı Yakıt T-s diyagramı

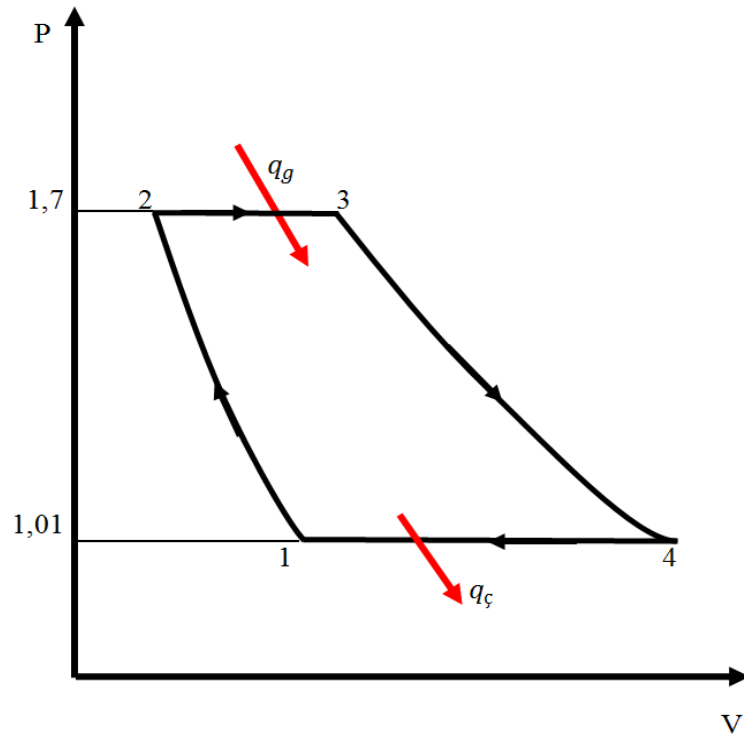


Şekil 5.2.Sıvı Yakıt P-V diyagramı

5.7.Sıvı + katı yakıt için T-s ve P-V diyagramı

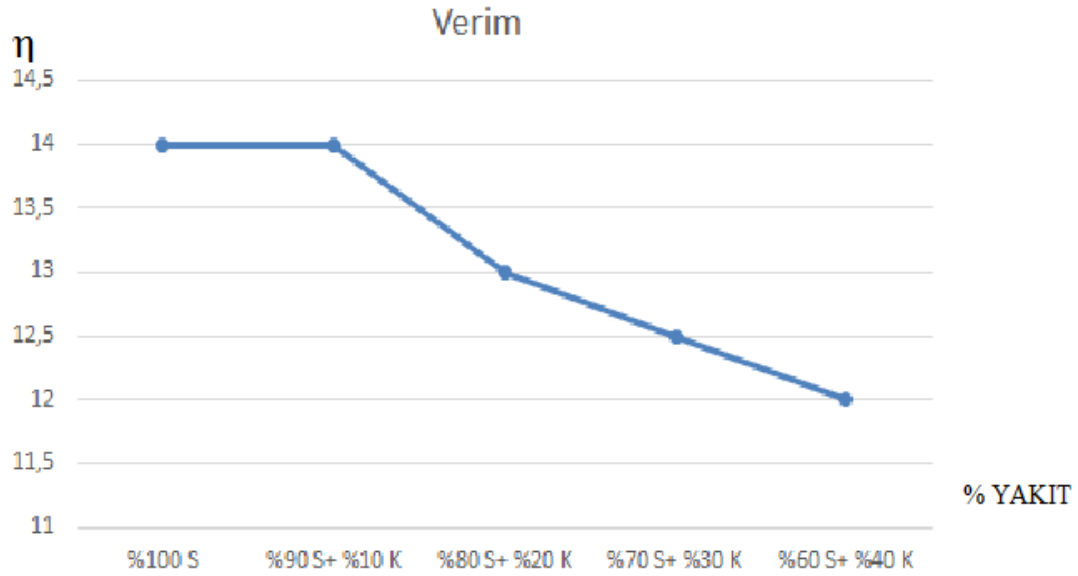


Şekil 5.3.Sıvı yakıt+Katı yakıt T-s diyağramı

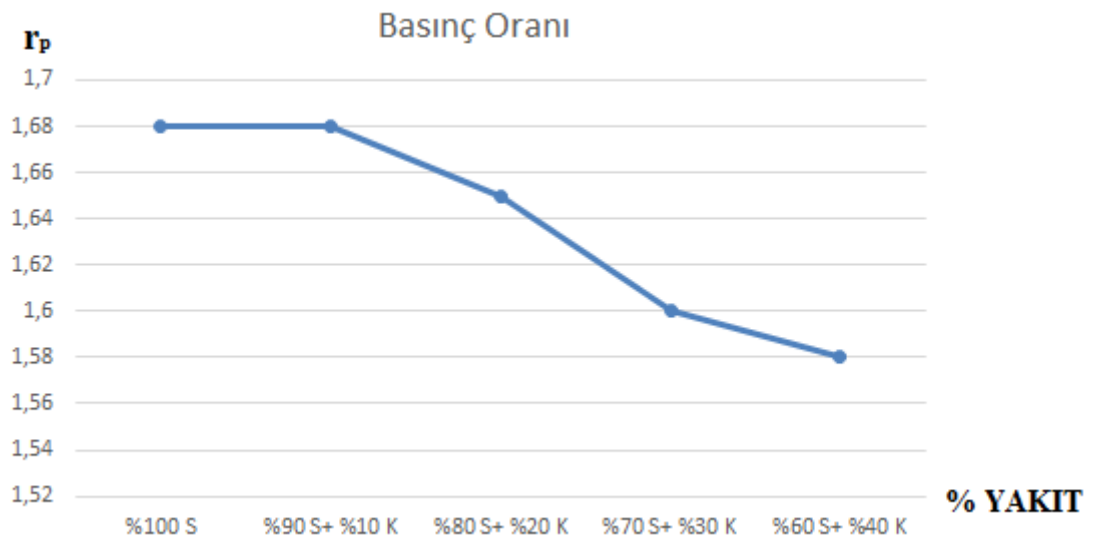


Şekil 5.4.Sıvı yakıt+Katı yakıt P-V diyağramı

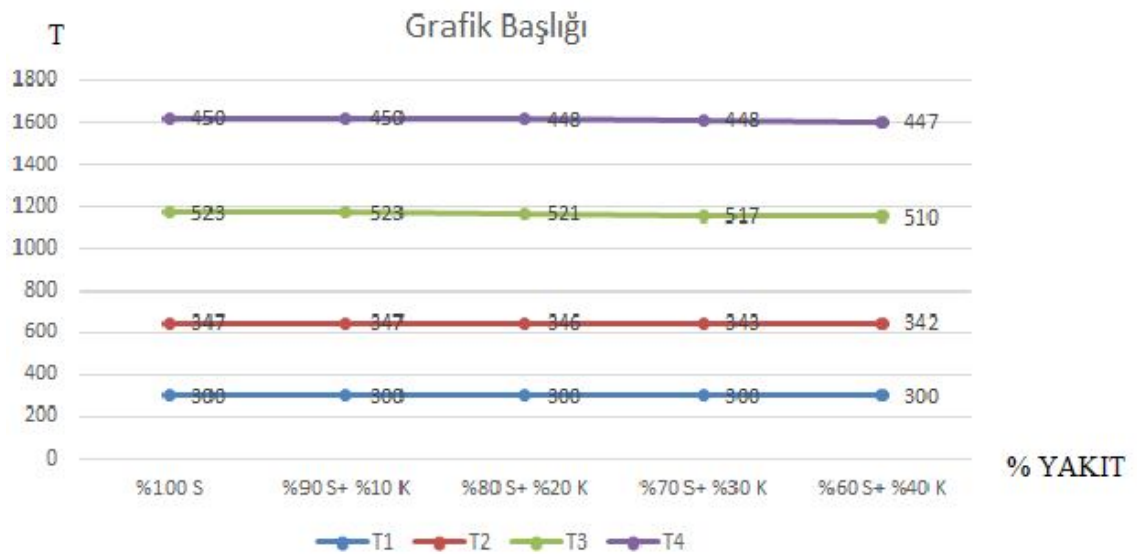
5.8.Sistemin Verim, Basınç Oranı Sıcaklık değişim ve Geri iş oranı grafikleri.
(Şekil 5.5,5.6,5.7,5.8,5.9,5.10.)



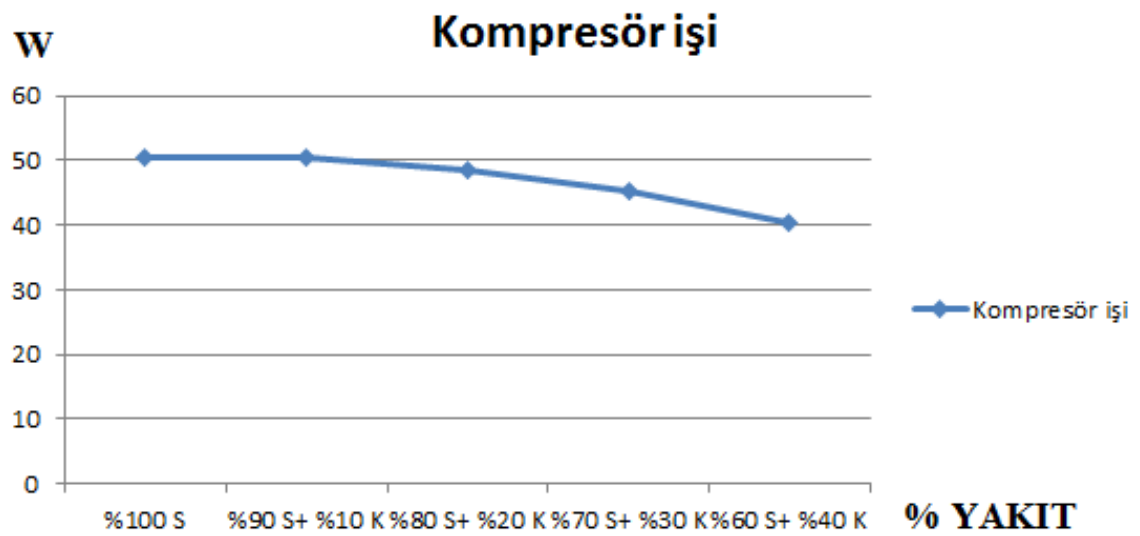
Şekil 5.5.% Yakıt Oranlarına göre verim(η) grafiği



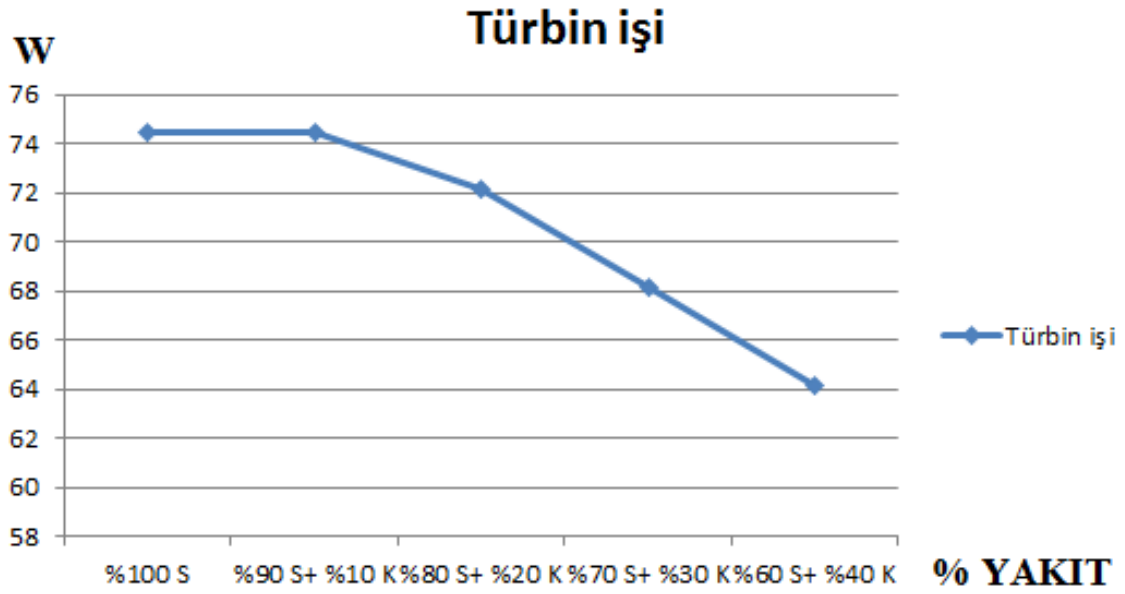
Şekil 5.6.% Yakıt Oranlarına göre basınç oranı (r_p) grafiği



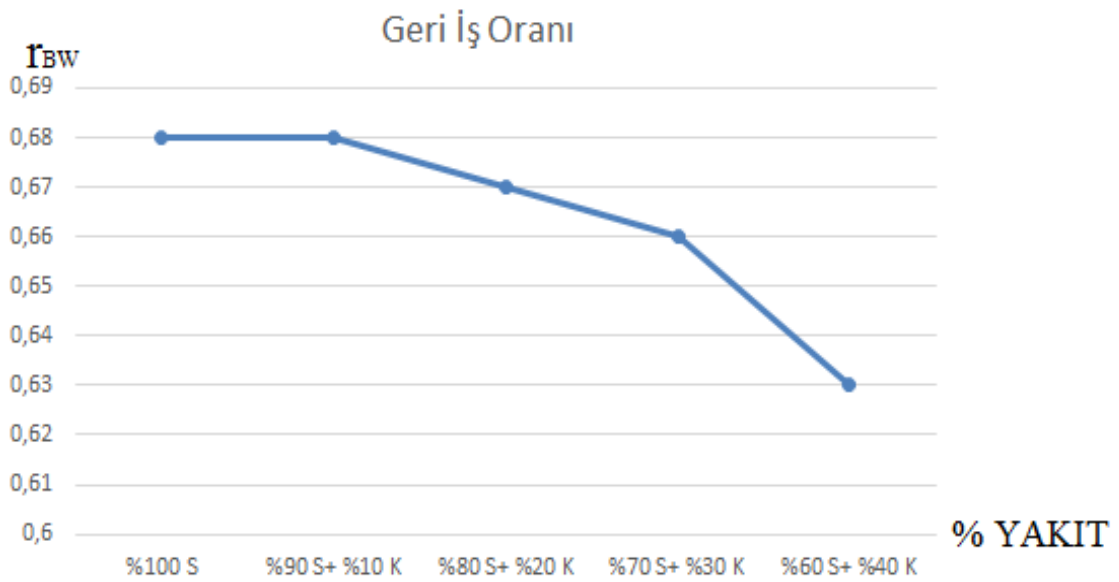
Şekil 5.7.% Yakıt Oranlarına göre sıcaklık değişimi (T) grafiği



Şekil 5.8.% Yakıt Oranlarına göre Kompresörün yaptığı işin grafiği



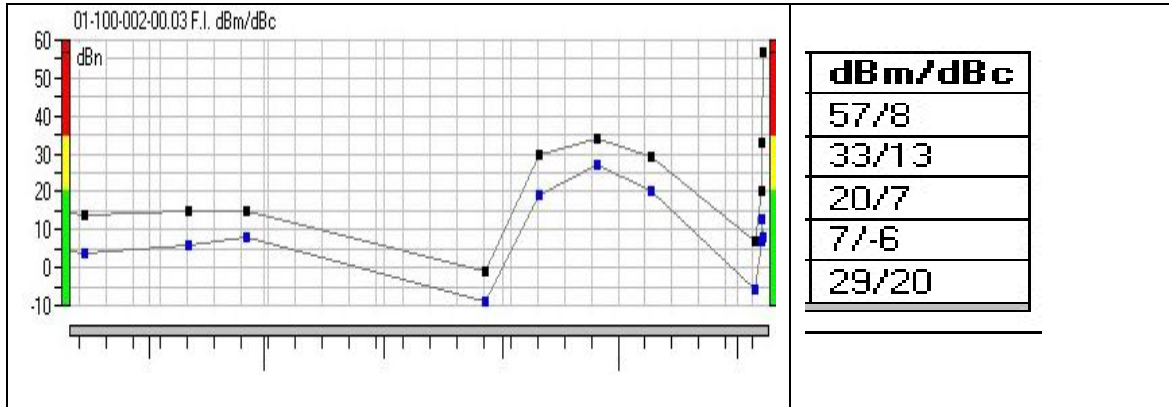
Şekil 5.9.% Yakıt Oranlarına göre Türbinin yaptığı işin grafiği



Şekil 5.10.% Yakıt Oranlarına göre Kompresörün yaptığı işin Türbinin yaptığı işe oranı grafiği

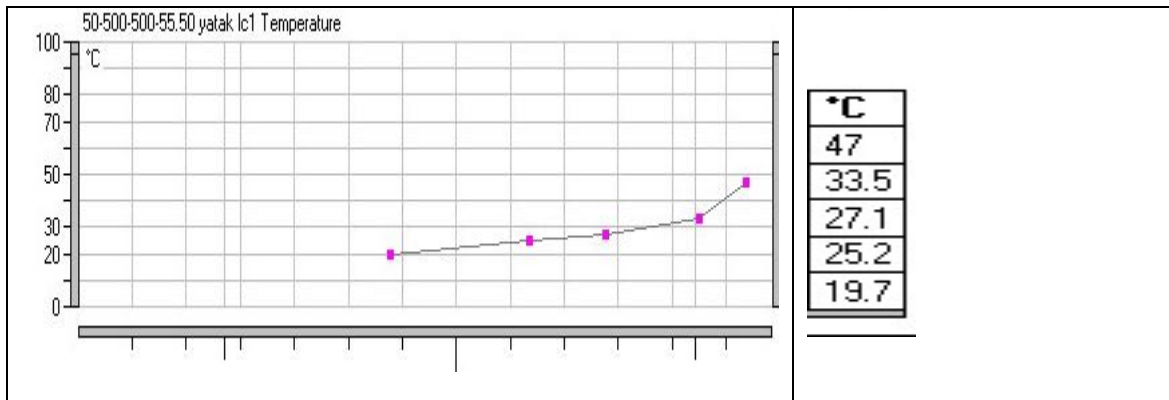
5.9. Türbin mili Titreşim ve Sıcaklık değişim grafikleri. (Şekil 5.11,5.12)

Türbin Mili dbm/dbc Trend Grafiği (Titreşim)



Şekil 5.11.% 100 Sıvı yakıt ile Türbin milinin Titreşim değişim grafiği

Türbin Milinden Alınan Sıcaklık Ölçümleri



Şekil 5.12.% 100 Sıvı yakıt ile Türbin milinin Sıcaklık değişim grafiği

Sonuç olarak Sistem Sıvı Yakıt veya Sıvı-Katı yakıt beraber çalıştırmıştır. Sıvı yakıt kullanıldığında Türbinde 74,42 kJ/kg lık bir iş ve %14 lük bir verim elde edilmiştir.Katı ve Sıvı yakıt beraber kullanıldığında ise 64,12 kJ/kg lık bir Türbin işi ve %12 lik bir verim elde edilmiştir.Sistemin bilinen T_1 ve T_2 sıcaklıkları üzerinden formüller ve tablolar yardımıyla verim hesaplanmış, T_2 ve T_4 sıcaklıkları ise hem tablodan hemde dijital termometreden kontrol edilmiş ve yaklaşık değerde olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen moment, Kompresör ve Türbin'in bağlandığı mil üzerinden, daha önce de simülasyonda da gösterildiği, gibi alternatör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilmesi düşünülmüştür. Ayrıca Yanma Odası çeperinin üzerine biriktirdiği ısıdan da buhar elde edilerek diğer bir türbinde değerlendirilebilir. Sistem ilk çalıştırmada 18000 d/d dolaylarında çalışmasına rağmen Talaş parçalarının veya motorin kurumunun Türbin çarkı üzerine birikmesi sebebiyle sistem çalışmasının yavaşlaması veriminin düşük olmasına sebep olmuştur. Ayrıca sistemin çabuk ısınması yataklama sisteminin sıkışmasına ve devir ile verimin düşük olmasına sebep olmaktadır. Aşağıdaki grafiklerde Türbin milinin %100 sıvı yakıtla çalışması durumundaki Titreşim ve Sıcaklık değişimleri ölçülerek verilmiştir. Yukarıdaki grafiklerde Titreşimin ve Sıcaklığın zamanla artması görülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Erdoğan, İrfan, Ejder, Nazmiye; “Bilimde Tanımlama ve Tanımla Gelen Sınırlamalar: Atık Yaklaşımı ve Çed Örneği”, <http://media.ankara.edu.tr/~erdogantanimlama.htm>.(Erişim tarihi:Temmuz 2014)
2. Bayramoğlu, Yıldırım, Ferzan; (1995); Çevre Terimleri Sözlüğü, IULA Çevre Kitapları Serisi, İstanbul, s.6.
3. Ertuğrul, E; (1995); “Katı Atıklar ve ÇED”, Çevresel Etki Değerlendirmesi, TMMOB, İzmir, s.153.
4. Alyanak, İbrahim (1994); “Katı Atık Bertarafından Katı Atık Ekonomisine”, Kıyı Sorunları ve Çevre Sempozyumu (10-11 Kasım 1994), Kuşadası Belediyesi Yayınları No:7, Kuşadası, s.199.
5. Resmi Gazete, 11 Ağustos 1983 tarihli ve 18132 sayılı yazı.
6. Palabıyık, H., 2001, Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği, Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
7. O'reilly, J. T., 1991, State&LocalGovernment Solid Waste Management, Clark Broadman Callaghan, USA.
8. Topbaş, Mümtaz Turgut vd.(1998);a.g.s, s.159
9. Atabarut, Tamer (2000); “Türkiye’de Katı Atık Yönetiminin Gelişimi”, *Türkiye’de Çevrenin ve Çevre Korumanın Tarihi Sempozyumu*, Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı Yayını, İstanbul, s.123.
10. Zambak Caner, Tugal İtir Bayazıt, (1997); a.g.p. s.33.
11. Genç, Ümit (2001); “Sanayide Atık Yönetimi”, Çevre ve Sanayi Semineri, Kocaeli, s.66.
12. Candar Güler (2003); a.g.m., <http://www.das.org.tr/kitap2003/11.htm>. (Erişim tarihi: Ağustos 2007)
13. Toraman, ÖY., TopalH.,(2003).Katı Atık ve Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesinde Alternatif Termal Teknolojiler Ve Uygulamaları. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 1, 19-33,
14. Korukçu M.Ö.,(2005) Tersinmez Brayton Çevriminin Maks.Güç ve Maks. Güç Yoğunluğu Şartlarında Karşılaştırmalı Performans Analizi **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt10(1), s.60

15. Aybers N., Mühendislik Termodinamiğinin Esasları, Arpaz Matbacılık İstanbul, 1974
16. Erdem, HH., Sevilgen SH., Çetin, B. Ve Akkaya, AV. (2004). Kojenerasyon sistemlerinin yakıt fiyatların ve birim yakıt maliyetlerinin analizi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, sayı 1, 128-138.ss
17. Erdem, HH, Sevilgen, SH, Çetin, B, Akkaya AV veDağdaş, A.(2003). Gaz Türbin Sistemlerinde Çevre Sıcaklığının Performansa Etkisi. *14.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Isparta.
18. Erdem HH, SevilgenSH, Çetin B veAkkaya AV (2004). Kojenerasyon sistemlerinin yakıt fiyatların ve birim yakıt maliyetlerinin analizi. **Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, sayı 1, 128-138.ss.
19. Erdem HH, Sevilgen SH, Çetin B, Akkaya AV veDağdaş A.(2003). Gaz türbin sistemlerinde çevre sıcaklığının performansa etkisi. *14.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Isparta.
20. Kruse, H.,Current Status of Natural Working Fluids in Refrigeration, A/C, and Heat Pump Systems, IIR Proceedings, Applications for Natural Refrigerants, 1996; pp. 49-64
21. Swift WL.,Developments in turbo Brayton technology for low temperature applications. *Cryogenic* 1999; pp. 39(12- 989–95)
22. Çengel YA, Boles MA. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Güven Kitabevi, İzmir, 2008.
23. Yılmazoğlu MZ, Rahim MA,Gaz Türbinli Santrallerde Çevre Sıcaklığı ve Basıncının Santral Performansına Etkileri. **Gazi Üniversitesi Mühimim. Fak. Der.** 2010; Cilt 25, No 3:495-497-503
24. Yeşilata B., Gaz Akışkanlı güç çevrimleri ders notları, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi,2004.
25. Hou Y, Zhao HL, Chen CZ, Xiong LY. Developments in reverse Brayton cycle cryocooler in China, China, 2004;, pp. 405-406
26. Ronald R. JPL.,Cryocooler development and test program: a 10-year overview. *In: Proceedings of IEEE aerospace conference*, 1999; s. 1–10
27. Tyagi SK, Chena GM, Wanga Q., Kaushik S.C.Chinas. Anew thermo economic approach and parametric study of an irreversible regenerative Brayton refrigeration cycle, China 2006; s. 1173

28. Korukçu M.Ö., Tersinmez Brayton Çevriminin Maks.Güç ve Maks. Güç Yoğunluğu Şartlarında Karşılaştırmalı Performans Analizi.**Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Uludağ, 2005; Cilt10, Sayı1, s.60
29. Helvacı SPŞ, Akışkanlar Mekaniği Kavramlar, Problemler Uygulamaları, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2003
30. Kırköprü K., Ayder E., Akışkanlar Mekaniği, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2004.
31. Najjar, YSH. (2000). Gas turbine cogeneration systems: a review of some novel cycles. Applied Thermal Engineering, 20, 179-197.ss.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Ahmed Üzeyr SERİN

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 17 Ağustos 1976, Kayseri

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 352 321 27 33

Fax: +90 352 321 22 73

E-mail: ahmet.serin@boytas.com.tr

Yazışma Adresi: Boytas Mobilya Sanayi ve Ticaret A.Ş. O.S.B. 7. Cd. No:5
Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Atatürk Üni. Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği/Erzurum	2000
Lise	Özel Aziziye Koleji /Erzurum	1996

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2000- Halen	Boydak Holding	Bakım Şefi
2011-Halen	Boydak Holding	A Sınıfı İSG Uzmanı

YABANCI DİL

İngilizce