

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ferit YILDIRIM tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK
Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Aytaç AYDIN
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İbrahim YILDIRIM
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 11/09/2017

BEYAN

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

11 Eylül 2017

Ferit YILDIRIM

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması sırasında, Düzce Üniversitesinden Doç. Dr. Derya SEVİM KORKUT'a, Yrd. Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER'e, Doç. Dr. Süleyman KORKUT'a, Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN'e içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen "Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş."ne ve değerli yöneticilerine teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme, çalışma arkadaşlarıma, Sayın İsmet Kurban'a, Faruk Burak Gökden'e ve Harun Görgün'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

11 Eylül 2017

Ferit YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
3. GENEL KISIMLAR	4
3.1 VERİMLİLİK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE İLİNTİLİ KAVRAMLAR	4
3.1.1 Verimlilik Kavramı	4
3.1.2 Verimliliğin Ölçülmesi	5
3.1.3 Verimlilik Yönetimi.....	5
3.1.4 Verimliliğin İş Gücü İlişkisi.....	6
3.1.5 Biyokütleden Enerji Üretimi Konusunda Özel Sektörde Yapılan Çalışmalar	6
3.1.6 Performansın Verimliliğe Etkisi	8
3.1.7 İşletmelerde Verimliliğin Önemi Ve Amacı.....	8
3.1.8 Enerji Verimliliği.....	9
3.1.9 Türkiye'de enerji Konusundaki yasal Düzenlemeler	9
3.2 ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİM TEKNOLOJİSİ	10
3.2.1 ORÇ Sistemleri İçin Çalışma Sıvısının Seçilmesi.....	12
3.2.2 ORÇ Sistemlerinin Avantajları.....	13
3.3 TÜRKİYE'DE ORMAN SANAYİSİ.....	17
3.3.1 Orman Ürünleri Sanayisi Hakkında Genel Bilgiler	17

3.3.2	Dünya Orman Ürünleri Ticareti.....	17
3.3.3	Türkiye'nin Orman Ürünleri Ticareti.....	18
3.3.4	Orman Sanayisi ve Orman Ürünlerinin İmalat Sanayi İçerisindeki Durumu	18
3.3.5	Sektörün Rekabet Gücünün Artırılması	19
3.3.6	Yakacak Odunun Özellikleri.....	19
3.3.7	Yakacak Odunun Elde Edilmesi	20
3.3.8	Yakacak Odunun Isı (kalori) Değeri ve Diğer Yakıt Maddeleri ile Mukayesesi	20
3.3.9	Biyokütle Enerjisi	22
3.3.10	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	23
3.3.11	Biyoenjerji Kullanımının Avantajları.....	24
3.3.12	Biyoenjerji Kullanımının Dezavantajları	24
3.3.13	Türkiye Biyokütle Potansiyeli	24
3.3.14	Biyokütle Çevrim Teknolojileri	25
3.3.15	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nedir?.....	26
3.3.16	Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri	28
3.3.17	Yenilenebilir Enerjinin Kullanıldığı Yerler	29
3.3.18	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'de Kullanımı.....	30
3.4.	YAKIT OLARAK KULLANILAN ODUNSU BİYOKÜTLE KAYNAKLAR	32
3.4.1	Biyokütle Yakıtlar	32
3.4.2	Odunsu Biyokütle	32
3.4.3	Odunsu Biyokütle Kaynakları	33
4.	MATERYAL VE YÖNTEM	35
4.1	MATERYAL	35
4.2	YÖNTEM	36
5.	BULGULAR	41
5.1	ORÇ'NİN BİYOKÜTLE İHTİYACI VE SİSTEM ÇIKTILARI	41
5.1.1	Isı Elde Etme Amacıyla Kullanılan Hammadde Miktarları	41
5.1.2	ORÇ Siteminin Çalıştırılması İçin Gerekli Şartlar ve Çıktıları (%100 Çalışma durumunda).....	47
5.1.3	Sistemdeki Akışkanların Enerji Hesabı	48

5.1.4 ORÇ Sisteminin İşletmeye Kazandırdıkları	49
5.1.5 Elektrik Satışından Gelen Kazanç.....	50
5.1.6 Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç.....	51
5.1.7 Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç	52
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	57
7. KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	63



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) tesisat şeması.....	11
Şekil 4.1. ORÇ sisteminde verim.....	37
Şekil 5.1. ORÇ performans eğrisi.....	56

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. ORÇ ile çalışan çeşitli boyutlardaki güç bloklarının başlıca firmaları, uygulama alanları ve güç üretimi aralıkları.	15
Çizelge 3.2. ORÇ sisteminde kullanılan soğutucu gazların fiziksel özellikleri.....	15
Çizelge 3.3. Bazı akışkanların termodinamik özellikleri.....	16
Çizelge 3.4. Değişik rutubet miktarları ve ısı değerleri.....	21
Çizelge 3.5. Türkiye'nin biyokütle potansiyeli.	23
Çizelge 3.6. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli.	24
Çizelge 3.7. Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli.....	25
Çizelge 3.8. Biyokütle kaynakları ve çevrimteknikleriyle elde edilen yakıt formları.....	26
Çizelge 3.9. BE potansiyeli ve ekonomik etkileri: ulusal literatür.....	31
Çizelge 5.1. 2011 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.....	42
Çizelge 5.2. 2012 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.....	43
Çizelge 5.3. 2013 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.....	44
Çizelge 5.4. 2014 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.....	45
Çizelge 5.5. 2015 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.....	46
Çizelge 5.6. ORÇ sistemin % 100 de çalışma şartları burada sadece sistemin %100 çalışması için gereken şartlar.....	47
Çizelge 5.7. ORÇ sisteminin akışkanların (kızgın yağ ve kondens suyu) %100 deki enerji hesabı.....	48
Çizelge 5.8. ORÇ sisteminin %100 deki çıktıları.....	49
Çizelge 5.9. İşletme ve bakım maliyet formülleri tablosu.....	50
Çizelge 5.10. Elektrik satışından elde edilen kazancın formül hesabı.....	51
Çizelge 5.11. Elektrik satışından elde edilen kazanç.....	51
Çizelge 5.12. Yakılamayan yakıttan elde edilen gelirin formülasyon çizelgesi.....	52
Çizelge 5.13. Yakılamayan yakıttan gelen kazanç.....	52
Çizelge 5.14. Biyokütle yakıtı olarak kabuk kullanıldığı zamanki çıktılar.....	53
Çizelge 5.15. Biyokütle yakıtı olarak zımpara tozu kullanıldığı zamanki çıktılar.....	53
Çizelge 5.16. ORÇ sistemiyle elde edilen elektriğin aylık kazancı ve yasal veriler.....	54
Çizelge 5.17. ORÇ sistemindeki atık ısının kullanımından elde edilen kazanç ve ısı verileri.....	55
Çizelge 5.18. ORÇ sisteminde kabuk için net kazanç.....	55
Çizelge 5.19. ORÇ sisteminde zımpara tozu için net kazanç.....	55

KISALTMALAR

BE	Biyokütle Enerjisi
C	Karbon
Cm	Santimetre
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
H	Hidrojen
h	Saat
ISO	Uluslararası Standart Örgütü
KDV	Katma değer Vergisi
Kg	Kilogram
Kcal	Kilo Kalori
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattsaat
M	Metre
MDF	Orta Yoğunlukta Lif levha
Mtep	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
Mtoe	Megaton Eşdeğer Petrol
MW	Megawatt
M3	Metreküp
O	Oksijen
ODP	Ozon Delme Potansiyeli
OHSAS	İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri
ORÇ	Organik Rankine Çevrimi
ORÜS	Orman Ürünleri Sanayi
S	Kükürt
SA	Sosyal Sorumluluk Standardı
TL	Türk Lirası
TRA1	Düzyey 2 Bölge Planı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
QPA	Hızlı verimlilik Değerlendirme Yaklaşımı
YE	Yenilenebilir Enerji

SİMGELER

c	Öz Isı
m	Kütle
Δt	Sıcaklık Farkı
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
\$	Dolar



ÖZET

ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ferit YILDIRIM

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK

Eylül 2017, 62 sayfa

İşletmecilik faaliyetlerinin temelini oluşturan kâr elde etme isteği, işletmelerin aynı kalitede ürün üretmesini ve bu ürünleri yüksek fiyata satmasını ya da çok düşük maliyete üretmesi gerektirmektedir. Bir ürünün ortaya çıkmasında etkili olan ana giderleri hammadde, enerji ve işçilik giderleri olarak ele alabiliriz. İşletmelerin yüksek gelir elde etmelerinin en kolay yolu işletme verimliliklerini arttırmaları yoluyla gerçekleştirilebilir. Verimlilik değişiminin izlenebilmesinin en iyi yolu verimliliği ölçmekten geçmektedir. Bu nedenle öncelikle bu üç gider kaleminde maliyet azaltıcı çalışmalar yapılması yani ölçümlerin yapılması, verimliliği dolayısıyla da işletmelerde karlılığı arttıracaktır. İşletmeler açısından verimlilik ölçümü hem zaman açısından verimlilik düzeylerinde meydana gelen değişimlerin izlenmesine hem de faaliyet alanındaki diğer işletmelerle kıyaslama yapabilmeyi sağlayacaktır. Üretim giderleri içinde önemli bir yer tutan enerji giderlerinin işletme verimliliği üzerindeki etkileri göz ardı edilemeyecek değerdedir. Yapılan bu çalışma ile bir orman ürünleri sanayi işletmesinde üretimde kullanılmayan ağaç kabukları ve yonga levha/lif levha üretimindeki atıklarla beslenen bir enerji tesisinin işletme verimliliğine etkisi irdelenmiştir. Çalışma kapsamında bir orman ürünleri sanayi işletmesinde “Turboden” marka bir türbinle ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının yakılması ile elektrik enerjisi üretiminin maliyeti hesaplanmaya çalışılmış ve üretimde kullanılmayan ağaç kabukları ile üretim artıklarının enerji üretiminde kullanılması sonucunda dışarıdan sağlanacak enerji maliyetleri kıyaslanarak verimliliğe katkısı değerlendirilmiştir. Değerlendirmede ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının enerjiye dönüştürülmeden işletmeye sağlayacağı kazanç, ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının kullanımı sonucu elde edilen enerjinin dışarıdan sağlanması durumunda işletmeye maliyeti ve yine ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının kullanılması ile elde edilen enerjinin üretimde kullanılmayan kısmının gelir elde etmek için satılması durumunda işletmeye sağlayacağı kazanç karşılaştırılmaları yapılmıştır. Hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda işletmenin üretimde kullanmadığı ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının ORÇ sisteminde değerlendirilmesi ile 2016 Aralık kurlarına göre bütün girdiler dikkate alındığında sistemde sadece kabuk kullanılması ile işletmenin aylık ortalama 349.360 TL net geliri, sistemde üretim artığı olarak kullanılmayan zımpara tozunun kullanılması sonucunda da aylık ortalama 387.342 TL net gelir elde edebileceği belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda enerji elde etmek için kurulacak böyle bir tesisin kuruluş maliyeti ve elde edilen gelirin kıyaslanması sonucunda sistemin 1,40 yılda kendini amorti edebileceği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Enerji verimliliği, ORÇ sistemi, Orman ürünleri sanayi, Verimlilik.



ABSTRACT

A RESEARCH ON SUSTAINABLE ENERGY EFFICIENCY IN THE INDUSTRIAL SECTOR OF FOREST PRODUCTS

Ferit YILDIRIM

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Forest Industrial Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Assoc. Dr. Tarık GEDİK

September 2017, 62 pages

The desire to earn profit, which is the basis of business operations, requires businesses to produce products of the same quality and to sell these products at high prices or to produce very low-priced goods. We can consider the main costs that are effective in the emergence of a product as raw material, energy and labor costs. The easiest way for businesses to earn high revenues can be through increased operational efficiencies. The best way to monitor productivity changes is to measure productivity. For this reason, cost reduction studies in these three expense items, is making measurements, will increase the productivity and therefore the profitability of the enterprises. Efficiency measurement in terms of operations will ensure that both the changes in productivity levels in terms of time are monitored and that they can be compared with other businesses in the field of activity. The effects of the energy costs, which have an important place in production costs, on the operating efficiency are the values that cannot be ignored. This study examines the effect of an energy plant, which is fed with wastes from the production of wood bark and chipboard / fiberboard, which cannot be used in production in a forest products industry operation. In the scope of the study, the cost of electricity energy production was tried to be calculated by burning of "Turboden" brand turbine with tree crusts and production waste, and the contribution of energy costs to be obtained from external sources was evaluated as a result of using unused wood bark and production waste in energy production. The profit that will be provided to the untransformed tree crust and production waste to be managed will be the cost of operating the tree crust and the use of production waste if the resulting energy is obtained from the outside and the unused portion of the energy obtained from the use of tree bark and production residues will be sold earnings comparisons were made. As a result of the calculations and evaluations, the tree shells and production wastes that the employer did not use in the production were evaluated in the ORC system and all inputs according to the rates in December 2016 were taken into consideration in the system, only the shell was used and the average monthly income was 349.360 TL as a result of using the sandpaper dust not used as production increase in the system, 387.342 TL net income. As a result of the comparison of the cost of establishment and the income obtained for such a plant to be installed as a result of the study, it was seen that the system could pay off itself in 1.40 years.

Keywords: Energy efficiency, Forest products industry, ORC system, Productivity.

1. GİRİŞ

Dünyamızın enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve alternatif enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle mevcut olanların verimli kullanımı önem kazanmaktadır. Enerji maliyetlerindeki artış ile birlikte sanayi kuruluşlarının üretim kalitesinden ödün vermeden rekabet edebilirliklerinin devamı için enerji yönetiminin gerekliliği ortaya çıkmıştır [1]. Bugün bazı bilim adamları tarafından fosil enerji kaynaklarının yakın gelecekte tükenebileceği de tahmin edilmektedir. Bunun yanı sıra, fosil yakıtların çevreye vermiş oldukları zararlar da göz önüne alındığında, bu kaynakların üzerinde fazlaca düşünülmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda da yenilenebilir enerji (YE) kaynaklarına olan talep artmaya başlamıştır. Organik rankine çevriminde (ORÇ) sıcak kaynaklar genellikle sıcak sıvı veya gaz halindedir [2].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının hem çevreye karşı olumsuz bir durum yaratmaması hem de sonsuz bir kaynak olması nedeniyle çevre örgütleri tarafından desteklenmekte ve çoğu ülkenin üretim teknolojilerini bu yönde geliştirerek üretim miktarını artırmaktadır [3]. Düşük sıcaklıktaki ısıyı elektrige dönüştürmek için kullanılan ORÇ teknolojisi, geleneksel güç çevrimlerinin aksine merkezi olmayan ve küçük ölçekli güç üretimi için olanak sağlar. Ayrıca ORÇ ile çalışan bir güç üretim sistemi, sistemde yapılacak küçük değişikliklerle aynı anda farklı ısı kaynaklarıyla bağlantılı olarak da kullanılabilir. ORÇ, geleneksel rankine çevrimine göre daha basit ve sınırlı çevrim mimarisi varyasyonlarına sahip olmasına rağmen, hedef uygulamaya bağlı olarak kolayca uyarlanabilir ve optimize edilebilir [4].

ORÇ sistemi için düşük sıcaklıktaki ısıdan faydalanmada çeşitli zorluklar yaşanmaktadır ve ekonomik değildir. Elektrik üretiminde ısıdan yararlanmada en çok kullanılan teknoloji buhar türbinleridir. Buhar türbinlerinde de uygun çalışma şartları için yüksek sıcaklık ve basınç gerekmektedir. ORÇ teknolojisinde sudan daha düşük sıcaklıkta kaynayan, yüksek moleküler ağırlıklı sıvılar da kullanılmaktadır.

Bu özellik, ekonomik enerji üretimi için geleneksel olarak çok düşük kabul edilen ısı kaynaklarından ısı elde etme imkanı sunmaktadır [5].

2. LİTERATÜR ÖZETİ

[6] tarafından yapılan yakacak odunun özellikleri ve odunun ısı değeri üzerine yaptığı çalışmada; bazı yakacak odunlarının ısı değerlerini 4062 Kcal/Kg ile 5066 Kcal/Kg arasında olduğunu belirtmiştir.

[7] tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin mevcut enerji potansiyelini ortaya koyarak bu enerji kaynaklarından ne kadar elektrik enerjisi üretildiğini irdelemiştir. Çalışmasının sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının gelecek yıllardaki enerji gereksinimini karşılayıp karşılamayacağını ortaya koymaya çalışmıştır.

[8] tarafından yapılan çalışmada, ORÇ teknolojisiyle enerji elde etmek için yakıt olarak kullanılan biyokütlenin Türkiye'deki potansiyeli ile alakalı olarak, Türkiye'nin toplam arazi varlığının 77.846.000 hektar, ormanlık alanının ise 21.188.747 hektar olduğunu belirtmektedir. Ülkemizin toplam alanının ormanlık alana oranı %27,2 dolayındadır. Ormanlarımızın biyokütle miktarının ise 1.368.275.411 ton, ormanlarımızda ki biyokütle artım miktarı da 27.789.888 ton olarak belirtmiştir.

[9] tarafından yapılan çalışmada, çevresel zararları en aza indiren, daha yenilenebilir olan ve ülke kaynakları içinde hammadde olarak bol bulunan enerji kaynaklarına (güneş, rüzgar, gel-git, jeo-termal, hidrolik, biyokütle enerji sistemleri) yönelmek, ülkemizi hem enerji dar boğazından kurtaracak hem de dışa bağımlılığın azaltılacağını ileri sürmüştür. İlgili çalışmada dünya jeotermal kaynakları açısından zengin ülkelerden biri olan ülkemizin şimdiye kadar bu kaynaklarını yeterince kullanmadığını belirtmiştir.

[10] tarafından yapılan çalışmada, biyokütlenin kullanımı ile elde edilen yenilenebilir enerji kaynağı, uygun teknolojiler ve yöntemlerle enerjiye dönüştürüldüğünde çevreye daha az zararlı ve güvenli bir enerji kaynağı olacağını vurgulamıştır. Biyokütleden elde edilecek enerji yakılarak elde edilebileceği gibi hidrojen, etanol, metanol, metan, piroliz yağı gibi enerji formlarına dönüştürülerek de elde edilebilmektedir.

[5] tarafından Denizli ili Sarayköy İlçesinde mevcut olan jeotermal bir alanda ORÇ enerji sistemi üzerine yapılan çalışmada, sistematik belirsizliklerin yüksek olduğu ortamlarda ORÇ teknoloji ile verimli sonuçların elde edilebileceğini ileri sürmüştür.

[11] tarafından yapılan çalışmada, biyokütle enerjisi (BE) ürünleri yetiştiriciliğinin ve BE üretiminin sosyoekonomik açısından önemi ve Türkiye'nin, çeşitli etkileşim içindeki çevre, makroekonomik denge ve sosyoekonomik sorunlar yanında dış politika dengelerini ilgilendiren biyokütle enerjisi konusunu ihmal etmeme durumunda olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca küresel loşlaşma konusu da göz önüne alarak, piroliz başta olmak üzere modern gazlaştırma, hibrid sistemler, birlikte yakma gibi tekniklerden yararlanılarak optimum çözümler üretilmesinin yollarının aranması durumunda çok yönlü yararlar sağlanabileceğini belirtmektedir.

[12] tarafından yapılan çalışmada, TRA1 Bölgesi'nde (Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinde) biyoenerji potansiyelinin var olduğunu ve bu potansiyele uygun üretim tesislerinin kurulmasının yenilenebilir enerji kaynaklarına olumlu katkıda bulunacağını tespit edilmiştir. Ayrıca bitkisel ve hayvansal biyokütle kaynaklarının; sayı, üretim miktarı ve atık miktarı açısından da incelemesi sonucunda Erzurum ilinin diğer illere göre nispi olarak biraz daha iyi konumda olduğunu ortaya koymuştur. Bu araştırmaya göre TRA1 Bölgesi'ndeki illerde, biyoenerji üretimi için tesis kurulmasına ve yenilenebilir enerji kaynakları sürecinin desteklenmesine imkân sağlayacak miktarda hayvansal ve bitkisel biyokütle kaynağı olduğunu belirtmektedir.

[13] tarafından yapılan çalışmada, güneş çanak sistemi ile organik rankine çevriminin Isparta için termodinamik yönden inceleyerek sistemin her bir kademesinin enerji ve ekserji verimini hesaplayarak, ısı kaynağı olarak güneş enerjisinin, jeotermal enerji, atık ısı gibi ısı kaynaklarından yararlanılabileceğini ülkemizin hem güneş enerjisi açısından hem de jeotermal enerji bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir.

[14] tarafından yapılan çalışmada, BE' nin dünyada ve Türkiye'de kullanılmak üzere önemli bir teknik potansiyele sahip olduğunu, ulaşılabilir istatistiksel veriler esas alındığında görülebileceğini vurgulamıştır.

[15] tarafından yapılan çalışmada, günümüzde ORÇ teknolojisi %20'lere varan yüksek verimliliklere ulaştığını, bununla birlikte verimlilik değerlerinin güçlü bir şekilde jeotermal kaynak sıcaklığı ve ortam sıcaklığı ile ilintili olduğu sonuçlarına vararak, ORÇ düşük enerjili kaynaklardan enerji elde etmek için ideal bir yöntem olduğunu analizler ve düşünülen senaryolar sonucu ortaya koymuştur.

3. GENEL KISIMLAR

3.1. VERİMLİLİK KAVRAMI İLE İLİNTİLİ KAVRAMLAR

Bu bölümde Verimlilik ile ilgili kavramlar, ORÇ sistemi hakkında temel bilgiler ve Orman Endüstrisi Sanayisinin irdelenmesi ele alınmıştır.

3.1.1. Verimlilik Kavramı

Literatürde verimlilik üzerinde farklı tanımlamalar yer almaktadır. Makroaçıdan verimlilik üretim araçlarının ekonomik etkinliklerinin bir bütün olarak ölçülmesi demektir. Mikro açıdan ise, işletmede üretime katılan bir faktör birime düşen üretimin veya elde edilen her bir birime düşen üretim faktör miktarının ölçülmesi ve dönemler itibariyle bu rakamlarının bir biriyle karşılaştırılması demektir. İşletme düzeyinde yapılan çalışmalar göz önüne alındığında, öncelikle verimlilik en az olanaklarla, en olumlu sonuçlara ulaşmak şeklinde yorumlanabilir [16].

İşletmelerde toplam verimlilik ölçümü kavramı ise verimliliği “tüketilen kaynaklarla elde edilen ürünlerde değişim” olarak tanımlamakta ve “Eğer herhangi bir üretim birimi, o birinde kullanılan malzeme, enerji, makine, işgücü ve yönetim kaynaklarının bileşiminden daha önceki dönemlere göre daha fazla ve daha iyi ürün elde etmiş ise verimliliği artmıştır” demektir. Bu tanıma göre verimlilik mevcut üretim sürecinde uygulanan yöntemlerde, girdi miktarlarında, üretim kapasitesinde, çıktı karmasında oluşan tüm değişimlerin çıktı/girdi ilişkileri düzeyinde göstergesi olmaktadır [17].

Verimlilik gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bakımından önem taşıyan bir kavramdır. Gelişmiş ülkelerde fiyat kararlılığı, istikrar içinde büyüme potansiyelinin sağlanması gibi hedeflerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan verimlilik, gelişmekte olan ülkelere yapısal değişimleri de içeren kalkınma ve gelişme sorunlarının çözümlenmesinde de etkin bir role sahiptir.

Toplumsal refah, yaşam düzeyi ve gelir bölüşümü gibi genel sorunlarla birlikte, ücretler nispi fiyatlar ve maliyet yapısı gibi temel ekonomik değişkenler ve verimlilik arasında kurulan somut ve belirgin ilişkiler, bu kavramın toplumun her kesimine benimsetilmesi ve yerleştirilmesi çabalarını hızlandırmıştır [18].

3.1.2. Verimliliğin Ölçülmesi

Verimlilik ölçümü, politika koyuculara iyi bir yol gösterici olmak, işletme düzeyinde ise performans değerlendirmeye yardımcı olmak, bir işletmenin iyi işleyip işlemediğini, pazar koşullarını ve pazardaki durumlarını ortaya koymak, işletmenin rakipler karşısındaki rekabet düzeyini, gelecekteki gereksinimlerini karşılayacak ek kaynakları belirlemek, yaşam standartları çok gelişmiş sosyal alt yapı gereksinimini, günümüzün en önemli toplumsal sorunu olan enflasyonun istenmeyen etkilerini azaltmak ve istihdam sorununu çözmek için işletmenin sağladığı yıllık kâr dikkate alınarak yapılmalıdır. Kâr ölçü olarak değerlendirildiğinde bir takım analizlere tabi tutulduktan sonra dikkate almak gerekir. Ayrıca kârın dışında, işletmelerin durumlarını ortaya koyan birçok ölçüler vardır. Bu ölçüler işletmelerin mali ve ticari durumlarını belirten oranlardır. Ayrıca verimlilik ölçümünde ekonomik analizlerde etkili olmakta, özellikle milli gelir, işgücü ihtiyacı gibi hususlardaki gelişmelerin tahmininde, ülkelerarası ekonomik karşılaştırmalarda verimlilik ölçümünde geniş çapta yararlanılmaktadır [16].

Verimlilik ölçme ve izleme onun artırılması yolunda ilk adımdır ve işletme performansını artırmada önemli bir araçtır. Verimlilik ölçümü bir kere yapıp bırakılacak bir iş değil, sürekli bir döngüdür. Her girdi çıktı ilişkisi ölçüme tabi tutularak işletme açısından verimlilik boyutları ortaya konmalıdır. İşletmede etkin bir verimlilik yönetimi uygulaması için, işletmede girdi ve çıktı ilişkisi her zaman ölçülmelidir. Verimliliğin ölçümü bir kısım sorulara karşılık bulmak, rasyonel analizler yapıp kararlar verebilme için yapılır. İşletmelerde verimlilik ölçümü aynı zamanda “biz şimdi neredeyiz, daha ne kadar iyi olabilirdik ve nerede olmalıyız” sorularına sağlıklı bir karşılık bulabilmek ve rekabet stratejileri geliştirmek için de yapılır. İşletmelerin yürüttüğü faaliyetlerde hedeflenen sonuçlara ulaşım ulaşamadığı, çalışmaların verimli, etkin ve karlı bir düzeyde gerçekleşip gerçekleşmediği ölçüm ile anlaşılır. Dolayısıyla aynı zamanda ölçüm işletme performansını belirlemede yönetim aracı olarak işlev görür [19].

3.1.3. Verimlilik Yönetimi

“Verimlilik Yönetimi” kavramı ilk kez 1970’lerde kullanılmaya başlanmıştır. Bazı büyük ölçekli Amerikan şirketlerinin bu kavramı benimsediği ve verimlilik yönetimini, işletme yönetiminin temel fonksiyonlarından biri haline getirdiklerini söyleyebiliriz. Hatta bu şirketlerde, “verimlilik yöneticisi” sıfatıyla bazı insanların istihdam edildiğini

veya mevcut bir yöneticinin bu göreve getirildiği görülmektedir.

“Verimlilik Yönetimi” basit anlamıyla, verimlilik odaklı yönetim anlayışını vurgulamaktadır. Verimlilik tek başına, bağımsız olarak yönetilebilen bir konu olamaz. Daha önce de belirtildiği gibi, verimlilik düzeyi, pek çok faktör tarafından etkilenen ve ölçme anlamında pek çok üretim faktörünün ortaya çıkardığı bir kavramdır. Dolayısıyla “Verimlilik Yönetimi”nden bahsederken tüm bu faktörlerin yönetimi, kapsam dışında tutulamaz. Verimlilik yönetimi, endüstri mühendisliği ve davranış bilimlerini bütünleştiren bir yönetim anlayışı ve sistematik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, kavramsal ve analitik olarak tüm organizasyonu içine dahil etmektedir [20].

3.1.4. Verimlilik İşgücü İlişkisi

İşletmeler kar amacı ile mal ve hizmet üreten ve bunu yaparken de üretim faktörlerini sistematik bir biçimde bir araya getiren ekonomik birimlerdir. İşletmelerinin bu işleri yerine getirirken, sermaye, emek, enerji, bilgi, arazi, malzeme gibi üretim faktörlerini etkin ve en verimli şekilde kullanmaları gerekmektedir. Böylece üretimde kaliteyi arttıracaklar, kıt olan kaynaklarda israfı önleyecekler ve kar amaçlarına süreklilik kazandırarak karlarını artıracaklardır. Verimlilik kavramı; girdi ve bu girdi nispetinde elde edilen çıktıyı arttırmak olarak ele almak mümkündür. Günümüz işletmelerinin en çok ihtiyaç duyduğu şeyin kıt kaynaklar ile daha fazla çıktı almak olduğu söylenebilir. Bu amaçla verimlilik ilişkilerine verilen önem de bu nispette artmaktadır. Bunun için geliştirilen birçok yöntem ölçme ve değerlendirme sistemleri ve teknikler mevcuttur [21].

3.1.5. Biyokütleden Enerji Üretimi Konusunda Özel Sektörde Yapılan Çalışmalar

Çaykur Pazar, Rize Çay fabrikasında çay çöpleri enerji üretme sisteminde yakıt olarak kullanılmaktadır. Sistem 2 yıldır çalışmaktadır. Yıllık enerji tasarrufu 200.000 TL'dir [22].

Trakya Birlik Karacabey yağ fabrikasında ayçiçeği kabuğunun yakılmasından enerji üretilmekte olup sistem 4 yıldır çalışmaktadır. Yıllık enerji tasarrufu 600.000 TL'dir.

Paymar Yağ Fabrikası'nda (Hatay) ayçiçeği kabuğu yakılarak enerji üretimi. Sistem 3 yıldır çalışmaktadır. Yıllık enerji tasarrufu 600.000 TL'dir [22].

Oyak Holding Çaycuma Kağıt Fabrikası OYKA kağıt fabrikasında MİMSAN firması

tarafından 2008'de yapılan 10 MegaWatt (MW)'lık elektrik santrali, ülkemizde odunsu biyokütleden elektrik üreten ilk tesistir. Tesis yakıt olarak kağıt üretiminde kullanılan tomruk artıklarını, kabukları kullanmaktadır. Santral buhar üretimine başlamış olup deneme çalışmaları devam etmektedir. Hem elektrik hem ısı üreten bir tesistir [22].

Vezirağaç Orman Ürünlerinde (Vezirköprü/Samsun), ağaç artıklarının yakılarak proses ihtiyacı olan buhar ve kızgın yağ kazanının çalıştırılması. Sistem yeni devreye alınmıştır. Beklenen yıllık enerji tasarrufu 700.000 TL'dir [22].

Konya'da Akdent Sağlık Hizmetleri şirketinde Eylül 2008 tarihinde orta yoğunluklu lif levha (MDF) artıklarından pelet yakıtı üretimine başlamıştır. Tesisin kapasitesi 40 ton/gündür. Pelet, konutların ve işyerlerinin ısıtma sistemlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Üretilen peletin alt ısıl değeri 4500 Kcal/kg, tonu 270 TL olarak bildirilmiştir. Ankara'daki Arıkazan Firmasında, pelet yakan kazanlar ve odun gazlaştırma kazanları üretmektedir [22].

Ankara'da faaliyet gösteren Meksis firmasında odun yongası ve talaş yakan doğrudan yakma kazanları üretmektedir. Ayrıca Rusya ve Arabistan'a talaş yakan buhar kazanları ihraç ederek enerji sistemleri kurduklarını ifade etmişlerdir [22].

İstanbul Kemerburgaz'da bulunan Ekolojik Enerji şirketinde tehlikeli atık bertarafı, atık-türevi-yakıt hazırlama, atıktan enerji üretimi, gazlaştırma konularında faaliyet göstermektedir ve belediye katı atıklarından gazlaştırma yoluyla elektrik ve ısı enerjisi üretmektedir. Biyokütle olarak odunsu biyokütle artıklar önemli bir yer tutmaktadır [22].

Konya'da TES-SAN kazan firmasında pelet yakan kat kaloriferleri ve şömineleri üretmektedir. Pelet kazanı PELETTERM, orta ölçekli konutların ve işyerlerinin ısıtılmasında kullanılır [22].

- Yakıt olarak 6-12mm çapında pelet, vişne, kiraz, erik ve kayısı çekirdeği kullanılır.
- Alternatif yakıt olarak ceviz ve portakal kömür yakabilir özelliğindedir.
- Kazan iç dizaynı 3 geçişli olup, temizlik ve bakımı çok kolaydır.
- Dijital ekranlı elektronik panoya sahiptir.
- 300 lt. yakıt haznesine sahiptir.
- 25.000, 35.000, 45.000 ve 60.000 Kcal/saat arası 4 ayrı modeldedir.
- Yakıt yüklemesi otomatik olarak yapılmaktadır.
- Brülör yüksek sıcaklığa dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmıştır [22].

Ankara’da faaliyet gösteren TİMSAN firması odun talaşı ve peleti yakan kazanlar üretmektedir. Bunun yanı sıra yurt dışından pelet yapma makinaları ithal ederek bunların kurulumunu yapmakta ve işler halde teslim etmektedir. Orman içinde ya da toplama merkezlerinde yongalama yapabilen büyük kapasiteli ağaç öğütme makinaları ithal etmektedir [22].

Konya’da faaliyet gösteren İSMAK Tarım Makinaları şirketi ağaç dallarını öğüten ve yongalayan makinalar üretmektedir. Ağaç öğütme ve dal kıyma makinaları traktörün kuyruk milinden hareket alarak ya da elektrikle çalıştırılmaktadır. Traktörün milinden hareket alan öğütücüler gezicidir. Bu makinalar ile 13 santimetre (cm) çapa kadar ağaç dalları, kozalaklar, odunsu artıklar öğütülerek yongalanabilmektedir. Saatte 450 kg yonga üretebilmektedir. Ağaç öğütme makinesi ise meyve ağaçlarının dallarının öğütülmesinde kullanılmaktadır. Söz konusu makinalar, ısıtma sistemleri için yonga yakıtı hazırlamaya uygundur [22].

3.1.6. Performansın Verimliliğe Etkisi

İşletmeler yüksek verimlilik hedefine ulaşmak için işgörenlerin, yöneticilerin ve örgütün bütününe desteğini almalıdır. Bunun için de birbirinden farklı fakat birbirini tamamlayıcı iki performans çıktısının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunlardan biri “performans etkililiği” diğeri ise “performans etkinliği” dir.

Yüksek verimlilik hedefi için, bu iki faktörün de en yüksek düzeyde işletmelerde gerçekleştirilmesi önemlidir [23].

3.1.7. İşletmelerde Verimliliğin Önemi ve Amaçları

İşletmelerde verimliliğe, üretim sürecinde kullanılan hammadde ve malzeme, işgücü, arazi, bina, makina, donatım ve enerji gibi kaynakların ne ölçüde etken kullanıldığını belirleyen bir gösterge olarak bakılmaktadır. Verimlilik açısından bakıldığında üretim prosesinde işgücü en önemli verimlilik kaynağı olurken bunun yanında üretimin gerçekleştirilmesi için diğeri girdiler de verimlilik için kullanılmaktadır. Üretime giren ve verimlilik üzerinde etkili olan bu kaynakları gerek tek tek gerekse de birlikte üretim düzeyi ve verimlilikle yakın ilişki içerisinde. Her girdinin tek başına ya da diğeri girdilerle artırılıp azaltılması üretim düzeyi üzerinde etkili olmaktadır. İşletme yönetimi verimlilik üzerinde etkili olan bu tekil ya da çoğul verimlilik faktörlerini bir denetim aracı olarak kullanmalıdır [24].

3.1.8. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, enerji tüketiminin azaltılması ile hava kirliliğini azaltmanın en etkin yollarından birisidir. Enerji verimliliği, enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmesidir. Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, kojenerasyon ve enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerle insanların daha az kaynak kullanımını ve daha az çevresel etki yaratmayı tercih edebileceği ve isteyebileceği kalitenin ve miktarın enerji hizmetlerinin üretilmesi için sahiplenilebilecek bir kaynaktır [25].

Son yüzyılda sanayi ve teknolojide görülen büyük gelişmelere karşın doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi ve enerji maliyetlerinin aşağı çekilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle; yaşam kalitesinde düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması, yani, enerjideverimliliğin artırılması gerekmektedir. Bu artışın sürekliliğinin sağlanması için ise belli aralıklarla enerji verimliliği ölçümleri yapılmalı, bu ölçümler değerlendirilmeli ve gerekiyorsa yeni yatırımlar yapılmalıdır. Kısaca enerji verimliliği, enerji kaynaklarının üretimden tüketim aşamasına kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade etmektedir [26].

3.1.9. Türkiye’de Enerji Konusundaki Yasal Düzenlemeler

Sanayi devriminden beri insan faaliyetlerindeki hızlı değişim, atmosferde önemli değişikliklere yol açmaktadır. 1980’li yılların sonlarından başlayarak insanın iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak için Birleşmiş Milletler öncülüğünde uluslararası seviyede çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda, 1992 yılında Rio’ da düzenlenen Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzaya açılmıştır ve bu sözleşme ile gelişmiş ülkelere 2000 yılında sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeyine indirme yükümlülüğü getirilmiştir. 1997 yılında kapsamında Kyoto’da yapılan konferansta hazırlanan Kyoto Protokolü ile de 2008-2012 yılları arasında sera gazı salınımlarını 1990 yılı düzeyine göre en az % 5 azaltma yükümlülüğü getirilmiştir. Bu doğrultuda dünya genelinde %8 bir azalış görüleceği hesap edilmiştir. Sözü geçen konferanslarda yapılan açıklamalarda;

yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin desteklenmesi öngörülmekte, bu doğrultuda Avrupa Birliği Komisyonu Yenilenebilir Enerji Kaynakları Beyaz Bildirisi'ni ve 2001/77/EC sayılı direktifini yayımlayarak 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının genel tüketim içindeki payının % 12'ye ulaşmasını hedeflediklerini açıklamıştır [26].

Yenilenebilir enerji mevzuatında yapılan teşviklere ilişkin düzenlemeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımları artırmaktadır. Yatırımlar için gerekli finansmanın sağlanması noktasında bankalarla yapılacak kredi anlaşmalarında baz alınan alım ve fiyat garantileri yenilenebilir enerjilerin elektrik üretimi amaçlı kullanımını teşvik etmektedir. Bununla birlikte, kaynak çeşidine göre farklılık arz etmesi gereken alım ve fiyat garantileri tüm yenilenebilir kaynaklar için tek fiyat olarak belirlenmiştir.

Bu düzenleme özellikle güneş enerji sine yatırım yapmak için yeterli bir teşvik olmadığından bu kaynak yeteri kadar elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanılmamaktadır [27].

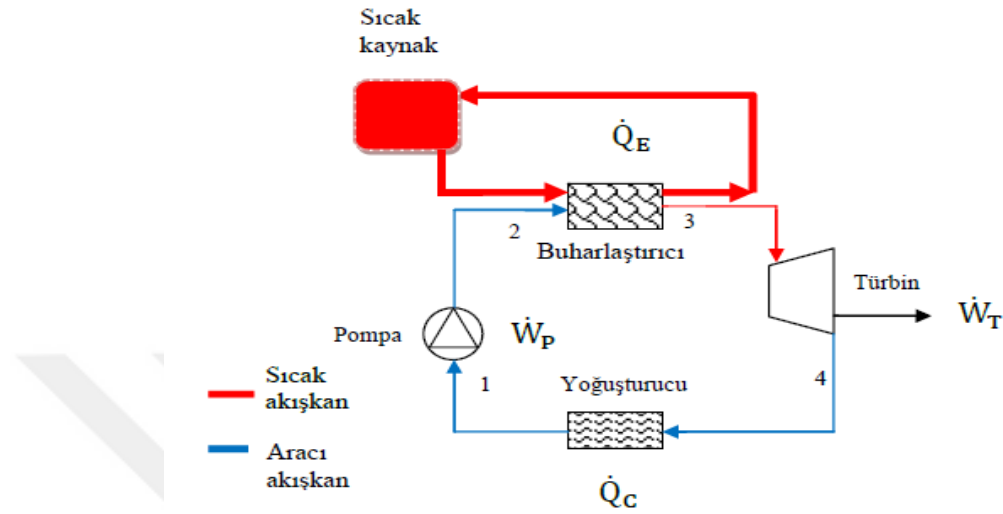
3.2. ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİM TEKNOLOJİSİ

Buhardan elektrik üretimi sağlayan termal çevrim, düşük sıcaklıklarda da etkin bir şekilde elektrik üretimi sağlayabilmek için türbini çeviren su buharının yerine aynı sıcaklıklarda daha yüksek buhar basıncı sağlayabilen soğutucu sistemlerde görmeye alışık olduğumuz gazlarla birlikte kullanılmaktadır. Çevre sorunlarından dolayı düşük sıcaklıklı kaynaklardan enerji elde etmek son yıllarda önemli hale gelmiştir. Bu sorunların çözümü için birçok öneri ortaya atılmıştır. Şu anda önerilen çözümler arasında organik rankine çevrimi en yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca avantajı kolaylığı ve basit bulunan bileşenleridir.

Bu çevrimler diğer güç çevrimlerinin aksine küçük ölçekli enerji üretimi için düşük sıcaklıklarda çalışmaktadır. Aynı zamanda organik soğutucu akışkan gazları da kullanıldığı için çevre dostudur.

Isıdan elektrik üreten sistemi esas alan bir ORÇ teknolojisi buharlaştırıcı içerisindeki organik çalışma sıvısını buharlaştırmak için sıcak kaynaktaki ısıyı kullanır. Bu kaynaktan gelen ısı buharlaştırıcıda akışkana ısını aktarır ve buhar haline gelir. Basınçlı buhar daha sonra türbinlere yollanır ve jeneratörle birleştiğinde elektrik üretir. Yüksek basınç ve sıcaklık da türbine gelen akışkan türbinde genişleyerek basınç ve

sıcaklığı düşer. Basınç ve sıcaklığı düşen akışkan yoğuşturucuya gelir. Buhar, yoğuşturucu içinde tekrar sıvı hale yoğunlaştırılır. Yoğuşturucudan pompaya düşük basınç da gelen akışkan da tekrar sıvı pompası ile buharlaştırıcıya basılır ve sistemin çalışması bu şekilde devam eder. ORÇ sistem şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) tesisat şeması.

ORÇ beş bileşenden meydana gelir: pompa, evaporatör (buharlaştırıcı), türbin, kondenser (yoğuşturucu) ve çalışma akışkanı. Evaporatör ve kondenser ısı değiştiricisi olarak çalışırlar. Evaporatör ısıyı çevrime absorbe ederken kondenserde ısıyı çevrimden dışarı atar. Pompa çevrim içerisindeki akışkanı sıkıştırarak evaporatöre yollar. Evaporatörde sıcak kaynaktan gelen akışkan ısıyı çalışma akışkanına aktarılır. Burada sıcaklığı artan aracı akışkan buhar veya kızgın buhar fazına geçer. Daha sonra buhar güç üretmek için türbin kısmına gelir. Türbinde genişleyen buharın basınç ve sıcaklığı düşer ve kondensere gelir. Burada da tekrar sıvı fazına geçen akışkan pompaya gelir. Çevrim bu şekilde sürekli olarak devam eder [13].

Çevre sorunlarından dolayı düşük sıcaklıklı kaynaklardan enerji elde etmek son yıllarda önemli hale gelmiştir. Bu sorunların çözümü için birçok öneri ortaya atılmıştır. Şu anda önerilen çözümler arasında ORÇ en yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca avantajı kolaylığı ve basit bulunan bileşenleridir [2].

ORÇ, termodinamik açıdan rankine çevrimleri ile aynı prensipte çalışmaktadır. Rankine çevrimleri ısıdan elektrik üretiminin yapıldığı geleneksel tip buhar türbinleri olup, çalışma koşulları gereği yüksek sıcaklık ve basınç kaynağına ihtiyaç duyarlar. ORÇ ise, düşük sıcaklık aralıklarında akışkan olarak, Rankine çevriminden farklı bir şekilde su

yerine organik akışkanların kullanıldığı güç sistemleridir. Organik akışkanın daha düşük sıcaklıklarda buharlaşmasından dolayı, daha düşük sıcaklıklardaki ısı kaynaklarından elektrik eldesi mümkündür [15].

3.2.1. ORÇ Sistemleri İçin Çalışma Sıvısının Seçimi

Isı transferinde düşük sıcaklık kullanımı verimsizliğe neden olmaktadır. Düşük sıcaklıklardaki uygulamalarda kullanılacak çalışma sıvısının seçimi bu nedenle önem arz etmektedir. Isı transferinde ortaya çıkan bu tür verimsizlik, yoğunlukla sıvının termodinamik özelliklerinden ve sistemin çalışma koşullarından etkilenmektedir. Düşük kalitede ısı elde etmek için, sıvı genellikle sudan daha düşük kaynama seviyesine sahip olur. Sıvının bazı önemli özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Eğer düşük sıcaklık da çalışan bir ORÇ sistemi gerekiyorsa düşük kaynama noktasına sahip bir akışkan tercih edilebilir. Bununla beraber düşük bir yoğunlaşma sıcaklığı gerekebilir.
- Soğutucu akışkanın donmasını önlemek için düşük donma noktası tercih edilir;
- Nispeten özgül ısı kapasitesi daha düşük bir akışkan seçilmelidir konsendere sıvı yürümesi olayını önlemek için.
- Yüksek basınç ve sıcaklıktaki ORÇ akışkanları genellikle kimyasal bozulma ve ayrışma görülür. Bu durumda çalışma sıvısını seçerken göz önüne alınması gerekir.
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olan akışkan buharlaşma sırasında daha fazla ısıyı absorbe edebilir. Bu yüzden buharlaşma gizli ısı yüksek olan akışkanla çalışan bir sistem de atık ısıdan yararlanarak sistem verimliliği artırılabilir.
- Çalışma akışkanını seçerken ozon delme potansiyeli (ODP) ve küresel ısınma potansiyeli (GWP) göz önüne alınarak seçilmelidir.
- Düşük toksiteye sahip akışkan seçilmelidir.
- Kolay bulunabilirlik ve düşük maliyet.

3.2.2. ORÇ Sisteminin Avantajları

ORÇ birçok uygulamada aşağıdaki sebeplerden dolayı tercih edilmektedir.

- ORÇ’de sıcak kaynak türbinle temas halinde olmadığından, jeotermal sularda bulunabilecek kirlenici maddelerin türbine zarar verme tehlikesi yoktur.
- Organik çalışma sıvısı buhar türbinindeyken yüksek moleküler ağırlığı olan bir maddedir. Bunun sonucu olarak da buhar molekülleri türbine yüksek hızla çarpmamaktadır ve bu durum türbin bıçaklarının tahribatını azaltmaktadır.

Bunun sonucunda da daha az maliyetli bakım ve yenilemeye gereksinim duyulur.

- ORÇ daha düşük sıcaklık ve basınçlarda çalıştığı için bileşenlerdeki mekanik ve termal gerilim, buhar türbinine kıyasla daha düşük olmakta ve dolayısıyla kullanılan sistem bileşenlerinin ömrünü artırmaktadır.
- ORÇ sisteminde uzaktan kontrol ile çalışma sağlanabildiği için çalışma alanında ilave bir operatöre ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu da çalışma maliyetlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır.
- ORÇ’nin önemli bir avantajı da nominal enerjinin %10’u gibi kısmi yüklemelerde bile nispeten daha yüksek verimlilikle çalışabilmesidir.
- Çalışma sıvısı su/buhar yerine kullanıldığından su kullanımı gerekli değildir. Ayrıca buhar sistemlerinde genellikle gerekli olan mineralsız su veya diğer yardımcı sistemlere ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla sistemin tamamının işletilmesi ve kontrolü daha kolaydır.
- ORÇ’de türbin, buhar türbinine kıyasla daha düşük bir hızla döndüğü için mekanik zorlanma da buna bağlı olarak az olmaktadır. Ayrıca, aracı olarak devir düşürücü dişli sistemi ve bağlı parçaları yoluyla doğrudan türbinle jeneratör arasında bir bağ kurulmasına da imkan verilmektedir.
- ORÇ ile enerji elde edilmesinde verimlilik oldukça yüksektir (%85’e kadar çıkabilmektedir).
- ORÇ sistemlerinin çalıştırma-durdurma işlemlerinin kolay olması, otomatik/devamlı çalıştırılabilme imkanının olması, güvenli ve sessiz çalışma sunulması, sahaya yüksek uyumluluk (%98) ve bakım onarım için çok yüksek maliyetler olmadan uzun zaman çalıştırabilme (20+yıl) diğer avantajları arasında

sayılabilir.

- Üretilen enerjinin düşük MW aralığında olduğu özel durumlarda ORÇ'nin buhar türbini karşısında özel ekonomik avantajı bulunmaktadır. Zira buhar türbini ek olarak çevresel bir sistem gerektirmekte; bu sistem maliyete eklenmekte ve bu da ekonomik anlamda küçük boyutlarda olmamaktadır [5].

Buhar türbini ve diğer elektrik üretim sistemleriyle karşılaştırıldığında, ORÇ'nin kendine has bazı avantajları vardır. Yüksek sıcaklıktan elde edilen yüksek basınç ile buhar türbini kullanıldığı için genellikle daha verimli görülse de ORÇ bazı teknik ve tasarım özellikleri nedeniyle çoğu uygulamada tercih önceliğidir.

- Düşük kaynak sıcaklıklarında çalışma
- Düşük basınçlarda çalışabilme
- Küçük boyutlar nedeniyle düşük güç ve yüklerde çalışma özelliği
- Kolay işletim, kolay başlatma/durdurma, sessiz çalışma
- Sıcak kaynak türbin ile temas halinde olmaması
- Yüksek moleküler ağırlığa sahip çalışma sıvısı türbin ömrünü uzatması
- Düşük devirli türbin kullanımı
- Basit kurulum, bakım kolaylığı, uzun ömürlü olma
- Yakıt maliyetinin sıfır olması
- Yanma olmadığı için sıfır karbondioksit salınımı [28].

ORÇ ile çalışan bir sistemin teknik ve operasyonel bazı avantajları da şu şekilde özetlenebilir. Buhar türbinleri ile kıyas edilecek olursa ORÇ sistemlerinin avantajları şunlardır; yüksek döngü verimliliği (özellikle cojenerasyon tesislerinde kullanıldığında), çok yüksek türbin verimi (% 85' in üzerinde), türbinin düşük mekanik gerilmesi (düşük çevre hızından), redüksiyon dişlisi olmadan elektrik jeneratörüne doğrudan sürücü sağlayan düşük devirli türbin; buhar püskürtme uçlarının olmayışından dolayı nemlilik oluşmaması bu sayede türbin bıçaklarında aşınma olmaması. Kullanılan akışkan su buharı özelliğinde olmadığından uzun süreli işletim ömrü sağlar. Su arıtım sistemine ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca işletim kolaylığı, start-stop prosedürleri, daha güvenli ve sessiz çalışması, bakım maliyetleri azlığı, yük performansının fazla olması başlıca avantajlarıdır [29].

ORÇ ile çalışan ve farklı uygulama alanları için farklı güç üretim kapasitelerine sahip olarak geliştirilen sistemlerin bazı üretici firmaları, Çizelge 3.1'de verilmiştir [4].

Çizelge 3.1. ORÇ ile çalışan çeşitli boyutlardaki güç bloklarının başlıca üretici firmaları, uygulama alanları ve güç üretimi aralıkları.

Üretici Firma	Uygulama Alanı	Güç Üretimi (kW)
Infinity Turbine	Jeotermal, Atık ısı	10-250
Barber-Nichols	Jeotermal, Atık ısı, Güneş termal	15-6000
ElectraTherm	Atık ısı, Biyogaz, Güneş termal	35-110
Tri-O-Gen	Biyokütle, Biyogaz, Atık gaz	95-160
Calnetix(GE)	Atık ısı	125
Turboden	Biyokütle, Jeotermal, Atık ısı	200-15000
Ormat	Jeotermal, Atık ısı, Güneş termal	250-20000
UTC Power	Jeotermal, Atık ısı	280
Adoratec	Biyokütle	300-2400
GMK	Biyokütle, Jeotermal, Atık ısı	500-15000

Çizelge 3.2. ORÇ Sisteminde kullanılan soğutucu gazların fiziksel özellikleri.

Özellik	Birimi	R-410a	R-134a
Molekül ağırlığı	Kg/kmol	72.6	84
1 Barda kaynama sıcaklığı	0C	-51.6	-47.2
Kritik sıcaklık	0C	70.2	102.4
Kritik basınç	Bar	47.7	37.4
Doymuş buhar oranı	-	Oca.55	Oca.40
Buhar durumunda ısı iletkenliği (250C de)	W/mK	0.0165	0.0151

Çizelge 3.2'de ORÇ sisteminde kullanılan soğutucu akışkanların fiziksel özellikleri verilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda bu değerler göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır [13].

Çizelge 3.3. Bazı akışkanların termodinamik özellikleri.

Organik Akışkan	Akışkan Tipi	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kritik Sıcaklık (K)	Kritik Basınç (MPa)
R717	Islak	17,03	405,4	11,3
R718	Islak	18	647,1	22
R22	Islak	86,47	369,3	4,99
R32	Islak	52,02	351,2	5,78
R600a	İzentropik	58,12	407,8	3,63
R142b	İzentropik	100,5	410,2	4,06
R600	Kuru	58,12	425,1	3,8
R245fa	İzentropik	134,05	427,2	3,64
R123	İzentropik	152,93	456,8	3,66
R601	Kuru	72,15	469,7	3,37
R21	İzentropik	102,92	451,4	5,18
Organik Akışkan	Akışkan Tipi	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kritik Sıcaklık (K)	Kritik Basınç (MPa)
R141b	İzentropik	116,95	477,5	4,21
R290	İzentropik	44,1	369,8	4,25
R218	İzentropik	188,02	345	2,64

Çizelge 3.3'te görüldüğü üzere sistemde kullanılan akışkanların suya (R718) göre molekül ağırlıkları oldukça yüksek, kritik sıcaklık ve basınçları ise düşüktür [30].

3.3. TÜRKİYEDE ORMAN SANAYİ

3.3.1. Orman Ürünleri Sanayi Hakkında Genel Bilgiler

Orman ürünleri sanayi irili ufaklı binlerce işletmeden oluşan imalat sanayinin bir alt sektörüdür. Bu sektörde kendi içerisinde birçok faaliyet gruplarına ayrılmaktadır. Uluslararası standart sanayi sınıflandırmasına göre imalat sanayinin ikili bir alt sanayi grubu olan orman ürünleri sanayi; ara malı üreten sanayiler arasında yer alan ağaç ve mantar ürünleri ile tüketim malı üreten sanayiler arasında yer alan mobilya sanayinden oluşmaktadır [31]. Bu sektör; ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ham ürünlerin özellikle odunun yarma, kesme, biçme ve soyma şeklinde biçim değiştirerek, yongalayarak veya liflere ayırarak yapıştırıcı madde kullanarak veya kullanmaksızın presleme, buharlama, kurutma, emprenye etme ve benzeri işlemlerle odunun bünyesini değiştirmeden veya değiştirerek yarı mamul veya mamul mal üreten gerektiğinde birinin mamulünü hammadde olarak kullanıp entegre düzende üretim yapan bir sanayi koludur [31]. Hammadde odunun işlenmesindeki amaca ve uygulanan teknolojilere göre çok değişik görünümde olan bu sanayi kolunun, daha yakından tanınabilmesi için değişik açılardan sınıflandırması yapılmaktadır [31].

Nüfusun hızla artmasına karşın doğal dengenin en önemli unsuru olan ormanlarımız hızlı bir biçimde azalmakta ve buna paralel olarak orman ürünleri sanayisi iş kolundaki sorunlar hızla büyümektedir. Orman ürünleri sanayisindeki arz ve talep dengesizliği ve diğer taraftan bu iş kolunda çalışan küçük ve orta ölçekli işletmelerin sorunları birlikte dikkatle incelenmesi gerekmekte olan iki önemli konudur [32].

3.3.2. Dünya Orman Ürünleri Ticareti

Dünyadaki orman ürünleri incelendiğinde odun üretimi, Avrupa, Kuzey Amerika, Ukrayna, Beyaz Rusya ve Kazakistan'da en üst düzeydedir. Dünya genelinde enerji kaynağı olarak oduna talep artmakta, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı Avrupa Birliği ülkelerinde teşvik edilmektedir. Briket ve palet gibi odunun işlenmesi ile biyokütle enerji ticareti artmaktadır [33]. İlk çağlardan yakın zamanımıza kadar ormanlar insanlar için çok uygun yaşama ortamı oluşturmuştur. Ormanlardan faydalanma da insanlığın tarihi kadar eskidir. Odunun işlenmesine ilişkin ilk belirtiler, Eski Mısır'da açılmış bazı mezarların duvarlarına oyulmuş resimlerden anlaşıldığına göre milattan önce 1500-1350 yıllarına kadar uzanmaktadır. Ormanlardan elde edilen tomrukların ilk işlenmesi ise, bir iki kişi tarafından kullanılan el testeresiyle biçilerek

tahtalar elde edilmesiyle başlamıştır. Sonraları bir çerçeveye geçirilmiş, iki kişi tarafından kullanılan el hızarları geliştirilmiştir. Tomrukların hareketli kuvvetten yararlanılarak biçilmesine 14. yüzyılda başlanılmıştır. İlk defa 1575 yılında testereli su hızarları tesis edilmiştir. Tarihsel gelişim içerisinde, çeşitli sanayi kollarında görülen ilerlemelere karşın orman ürünleri sanayi aynı gelişmeyi gösterememiştir. Bu sanayi dalında gelişmeler 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra başlamıştır. Odun işleyen ilk makine ve tezgâhlar başlangıçta rüzgar, su, hayvan ve hatta insan gücünden yararlanılarak çalıştırılmışlardır. 19. yüzyılın ikinci yansında buhar gücünden faydalanma başlamış, elektrik gücünden faydalanma ise 20. yüzyılın başlarında olmuştur [33].

3.3.3. Türkiye'nin Orman Ürünleri Ticareti

Ülkemizde orman ürünleri sanayi, yüzyıl sonlarına kadar sadece bıçkı sanayi görünümünde su ve el hızarları şeklinde kalmış ve çok ağır bir gelişim göstermiştir. Her ne kadar fiçicilik, düvencilik, saban, yaba gibi tarım araçları, küçük el sanatları şeklinde yapılan bölgesel çalışmalar yüzyıla kadar uzanmakta ise de bunları bir sanayi karakterinde görmek mümkün değildir. Ülkemizde ilk tesisler yüzyıl sonlarında görülmeye başlamıştır. İlk kereste fabrikası 1892 yılında İstanbul'da kurulmuş ve yüzyıl başlarından itibaren sayıları artmaya başlamıştır. Yapılan bir araştırma sonucuna göre ülkemizde 1938 yılında 33 adet kereste fabrikasının olduğu anlaşılmaktadır. Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de önce bıçkı sanayinde başlayan gelişme diğer kollarda ancak yüzyılın ikinci yarısından itibaren görülmeye başlamıştır. Ülkemizde 1963 yılında planlı dönemin başlamasıyla birlikte orman ürünleri sanayinde hızlı bir gelişme başlamış, tüm teknolojiler yurdumuza getirilmiş ve bu sanayi kolu ülkemiz şartlarına göre çok büyük boyutlara ulaşmıştır [34].

3.3.4. Orman Sanayisi ve Orman Ürünlerinin İmalat Sanayi İçerisindeki Durumu

Orman ürünleri sektörünün genelinde yeni kapasite oluşumu için gelecek dönemde planlanmış yatırımlara ilişkin yeterli ve detaylı bilgi bulunmamaktadır. Ancak, özellikle kereste, parke ve kaplama sektörlerinde gitgide zorlaşan rekabet şartları, atölye tipi üretim yapan işletmelerin fabrika tipi üretime geçmeleri için yeni teknoloji içeren yatırımlara yönelmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu durum toplam kurulu işletme sayısında azalma, orta ölçekli ve modern teknolojiyle üretim yapan ihracata yönelik yatırımlarda artış ve kurumsal bir dönüşüm olarak ortaya çıkmaktadır [35].

Ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ürünleri işleyerek yarı mamul ya da son ürün haline getiren orman ürünleri sanayi sektörü, irili ufaklı binlerce işletmenin dağınık bir yerleşim düzenine sahip olduğu bir konumdadır [36].

Ülkemizde 1870'li yıllarda bir sanayi yapılanması içerisinde yer almaya başlayan orman ürünleri sanayi sektörü, 1970 yılında Orman Bakanlığı'na bağlı katma bütçeli bir kuruluş olan Orman Ürünleri Sanayi Kurumu'nun (ORÜS) kurulması ve bu kuruluşun 1983 yılında iktisadi devlet teşekkülü niteliğine kavuşturulması ile önemli bir gelişime sahne olan orman ürünleri sanayi sektörü, ORÜS'ün 1996–2000 yılları arasında özelleştirilmesi sonucunda tüzel kişiliği sona ermesi ile özel sektörün hâkim olduğu bir yapılanmaya geçmiştir [37].

3.3.5. Sektörün Rekabet Gücünün Artırılması

Kereste ve parke sektörü için hammadde temin edilebilirliğinin kolaylaştırılması, imalat teknolojisinin geliştirilmesi, nitelikli eleman çalıştırılması ve pazar talebinin artırılması gerekmektedir. Kaplama ve kontrplak sektöründe tam kapasite ile çalışılmamaktadır. Bunun temel nedeni talep yetersizliği, nitelikli hammadde yetersizliği ve finansman yetersizliğidir. Kaplama üretiminde üreticilerin % 98'i belirli bir standarda uymadan üretim gerçekleştirmektedirler ve bunun sonucunda da kaliteli üretim yapılmamaktadır. Yonga ve lif levha sektörü için, sektörde faaliyet gösteren kuruluşların çoğunluğu Türk standartları enstitüsü (TSE) kalite yeterlilik belgesi ve uygunluk belgelerine sahiptirler. Bu nedenle sektör işletmeleri üretimlerinde standartlara uymaktadırlar. Hatta bazı işletmelerde uluslararası standart örgütü (ISO) 9001, ISO 9002, ISO 14000, iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri (OHSAS) 18001 ve sosyal sorumluluk belgesi (SA) 8000 standart belgeleri de mevcuttur. Sektördeki kapasite kullanım oranları yonga levha için %80, lif levha için ise %97 dolaylarındadır. Yonga ve lif levha sektörü işletmelerinin kaliteli üretim yaparak rekabet gücünü korudukları söylenebilir [38].

3.3.6. Yakacak Odunun Özellikleri

Yakacak odunlar genellikle 1 metre (m) boyda, nadiren de 2 m boyda hazırlanırlar. Yabancı memleketlerde yakacak odunlar kalın ve ince yakacak odunlar, yarmalık ve yuvarlak yakacak odunlar ile kök ve kütük odunları olarak ayrı ayrı satıldığı gibi, bunlar arasında da çürüklü veya sağlam olanlar da tefrik edilmektedir. Örneğin Batı Almanya'da kullanılan esaslara göre kalın yakacak odunlar, kabuklu ince uç çapı 7 cm den daha yukarı gövde ve dal kısımlarıdır. Uçtaki kabuklu çapı 7 cm ve daha aşağı olan

yakacak odunlar da ince yakacak odun olarak sınıflandırılmaktadır. Çalı ve çırpı şeklinde olan yakacak ağaç materyallerin çapları maksimum 2 cm veya 3 cm' dir. Bu çalı çırpılar 1 m uzunlukta hazırlanırlar, çevresi 1 m olan demetler halinde bağlanırlar ve satılırlar [6].

3.3.7. Yakacak Odunun Elde Edilmesi

Yakacak odun genellikle önemli istihlâk pazarlarının yıllık tüketim ihtiyaçlarını karşılamak maksadı ile kurulmuş ve işletilmekte olan yakacak odun baltalıklarından elde edilmektedir. Örneğin; bugün İstanbul'un yakacak odun ihtiyacını karşılamak maksadı ile Trakya ormanlarının bir kısmı bu şekilde işletilmektedir. Aynı maksatla memleketimizin birçok mıntıklarında, özellikle Doğu Anadolu'da yakacak odun baltalıkları tesis edilmiş olup bunların miktarı normal ve bozuk baltalıklar toplamı olarak 8,6 milyon hektardır. Genel ormanlık sahalarımızın % 47'sini ve Türkiye genel alanının % 11,3'ünü kaplamaktadırlar [6].

3.3.8. Yakacak Odunun Isı Değeri Diğer Yakıt Maddeleri İle Mukayesesi

Yakacak maksatlarında kullanılan odun diğer yakıt maddeleri ile mukayese edildiği takdirde üstün bir tarafının bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Bu husus kısa zamanda yanması ve çabuk ısı elde edilmesidir. Örneğin, kömüre nazaran daha az havaya lüzum gösterir. 1 metreküp (m³) huş kömürü için 15-17 m³, 1m³ iyi kurutulmuş odun için ise 7-9 m³ havaya ihtiyaç vardır. Kül miktarı da az olup ağırlığın % 1 i kadardır. Bu değer Linyit için % 15, Kok ve Antrasit için %5 kadardır. Bundan başka özellikle orman köylerinde nakliyat masraflarının az olması ve Maden kömürü ve Linyitin belirli yerlerde çıkarılması nedeni ile taşıma masraflarının fazla olması ağaç hammaddesinin yakacak olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Kömür ve Linyit fiyatları ile odun fiyatları karşılaştırılırsa bu açıkça görülmektedir. Örneğin, ortalama olarak hava kurusu odunda %42 Karbon, %5 hidrojen, %7 oksijen %1 azot ve mineral maddelerle %15 su bulunmaktadır. Alt kalori değeri ise bu rutubet miktarı nazarı itibara alınarak elde olunan ısı değeridir. Üst kalori değerinin bulunmasında aşağıda genel formül kullanılmaktadır:

$$H_0 = 8100 \times C + 34000 \times \left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500 \times S \text{ Kcal/kg} \quad (1.1)$$

Denklem (1.1)'de (H₀) üst kalori değeri, (C) karbon, (H) hidrojen, (O) oksijen ve (S) kükürt miktarları olup ondalık olarak gösterilmesi gerekmektedir.

Örneğin tam kuru haldeki odunda %50 karbon (C), %6 hidrojen (H), %43 oksijen(O) ve %1 azot ve mineral maddeler vardır. Buna göre bu değerleri Denklem (1.1)'de yerine koyarsak:

$$H_0 = 8100 \times 0,50 + 34.000 \times \left(0,06 - \frac{0,43}{8}\right) + 2500 \times 0 = 4.262 \text{ Kcal/Kg} \quad (1.2)$$

değerini elde etmiş oluruz. Üst kalori değeri (H_0) ile alt kalori değeri (H_u) arasında da Kollmann' a göre aşağıdaki eşitlik vardır.

$$H_u = \left[H_0 \frac{1}{1+u} + 600 (u + 9 \times H) \right] \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \quad (1.3)$$

İşte yakacak odunlarda bulunan bu rutubet miktarları ne kadar yüksek olursa o kadar az ısı elde edilir. Çünkü meydana gelen ısının bir kısmı odun içerisindeki suyun buharlaşması için sarf edilmektedir. Pratikte tam kuru haldeki kalori (ısı) değeri bilinen bir odun numunesinin herhangi bir rutubetteki ısı değerini hesaplamak için Venet' in tavsiye ettiği formülü kullanmak mümkündür.

$$H_0 = \frac{H_K - 6 \times u}{100 + u} \times 100 \text{ kcal} \quad (1.4)$$

Denklem (1.4)'te (H_R) belirli rutubetteki ısı değeri, (H_K) tam kuru haldeki ısı değeri, (u) rutubet yüzdesidir. Buna göre örneğin, tam kuru haldeki ısı değeri 4500 Kcal/kg olan bir ağaç türünün değişik rutubet miktarlarındaki ısı değerinin gidişini aşağıdaki Çizelge 3.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Değişik rutubet miktarları ve ısı değerleri.

Rutubet Miktarı %(u)	Isı Değeri (Hr) Kcal/
0	4500
15	4000
20	3650
25	3480
30	3300
40	3000
50	2800
100	1950
200	1300

Böylece daha önce belirtildiği gibi rutubetli yakacak odunlarda yandıkları zaman az ısı değeri elde edildiği gibi, yanmaları da çok güçleşmektedir [6].

3.3.9. Biyokütle Enerjisi

Temel YE kaynaklarından biri olan biyokütle, odun ve bitki gibi canlı organizmaların fotosentez yolu ile ürettikleri her türlü canlı organizmayı kapsamaktadır. Biyokütle enerji üretimi için hammadde olarak kullanılan biyokütle orman, bitki, ahşap endüstrisi ve tarımsal atıklar, enerji bitkileri, ev ve belediyelerin katı organik atıkları ve alglerden oluşmaktadır. BE, biyokütlenin ısı, elektrik ve sıvı yakıtlara dönüştürülmüş halidir. 1930'lu yıllarda yakma tekniğine dayalı biyokütle santralleri, II. Dünya Savaşı sonrasında ise biyokütlenin yakıt olarak kullanımına yönelik tesisler kurulmuştur. Biyokütle, mevcut bitki veya hayvanlardan elde edilen, biyolojik kökeni fosil olmayan ve yenilenebilir özellik taşıyan her türlü doğal/organik (çürüyebilen) madde kütlesi/kalıntısı olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle; 100 yıllık dönemden daha kısa sürede yenilenebilen karada ve suda yetişen bitkileri, orman ve tarım bitkilerini, hayvan atıklarını, otsu ve odunsu enerji bitkilerini, kentlerin, sanayilerin ve belediyelerin organik atıklarını içeren tüm organik maddelere verilen ortak isimdir. Biyokütle kaynaklarından olan odunsu kaynaklar ve biyokütle kaynaklarının oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan biyogaz enerjisi insanlık tarihi boyunca kullanılan en temel kaynaklardan biri olmuştur [12].

Çizelge 3.5'te Türkiye'nin yıllık 117 milyar ton civarında biyokütle potansiyeli bulunmaktadır. Bu değer yıllık 32 milyon ton petrol eşdeğer (Mtep)' dir. Bu potansiyel içinde en büyük pay yıllık bitkilere aittir (14,5 Mtep). Daha sonra sırasıyla orman atıkları (5,4 Mtep), çok yıllık bitkiler (4,1 Mtep) gelmektedir. Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline karşılık gelen biyogaz miktarının 1,5-2 Mtep olduğu tahmin edilmektedir [7].

Çizelge 3.5. Türkiye'nin biyokütle potansiyeli.

Biyokütle Çeşitleri	Enerji Değeri (Mtep)	Yıllık Biyokütle Üretimi (milyon ton)
Yıllık bitkiler	14.9	55
Orman artıkları	5.4	18
Çok yıllık bitkiler	4.1	16
Tarım endüstrisi atıkları	3.0	10
Odun endüstrisi atıkları	1.8	6
Hayvan atıkları	1.5	7
Diğer	1.3	5
Toplam	32.0	117

3.3.10. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Çizelge 3.6'ya göre Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli yönünden fosil kaynaklara göre daha avantajlı durumdadır. Özellikle; hidrolik, rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjilerin potansiyeli oldukça yüksektir. Ülkede kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidrolik ve biyokütle % 72 gibi büyük bir orana sahiptir. Bu enerji kaynaklarının potansiyelini belirleme ve üretim değerlerini yükseltmek için son yıllarda yoğun bir çalışma yapılmaktadır.

Çünkü dünyada yenilenebilir enerjiler ülkelerin enerji politikaları içinde her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır [7].

Çizelge 3.6. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli.

Kaynak	Kurulu güç potansiyeli
Hidrolik	47.497 MW/Yıl
	164.000 (GWh/Yıl)
Rüzgar	48.000 MW/Yıl
Jeotermal	Elektrik 610 MW/Yıl
	Isı 31.500 MW/Yıl
Biyokütle	Elektrik 2,6 Mtep
	Isı 6 Mtep
Güneş	56.000 MW/yıl
	380.000 GWh/yıl

3.3.11. Biyoenerji Kullanımının Avantajları

Biyoenerji kullanımının çeşitli avantajları çevre için düşük emisyon yayması, tarım sektöründe ekonomik büyüme ve gelişme sağlaması, hammadde olarak biyokütlenin sağlanmasında ve sürdürülebilirliğinde güvenliğin yüksek olması ve enerji pazarında yarışın yani rekabetin artmasına yardımcı olması şeklinde belirtilebilir [9].

3.3.12. Biyoenerji Kullanımının Dezavantajları

Biyoenerji kullanımının dezavantajları ise; biyoenerji üretiminin yüksek maliyetli olması, toprak özelliklerini bozması, üretim yöntemindeki teknik yetersizlikler ve teknik sorunların yüksekliği ile uygulamalardaki sınırlamaların çokluğu sayılabilir [9].

3.3.13. Türkiye'nin Biyokütle Potansiyeli

Çizelge 3.7'de görüldüğü üzere Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli yaklaşık 32 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtoe)'dir. Toplam kullanılabilir biyoenerji potansiyeli ise yaklaşık 17,2 Mtoe olarak tahmin edilmektedir [9].

Çizelge 3.7. Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli.

Biyokütle	Yıllık Biyokütle (Milyon Ton)	Enerji Değeri (MTEP)
Yıllık bitkiler	55	14,9
Çok yıllık bitkiler	16	4,1
Orman artıkları	18	5,4
Tarım endüstrisi atıkları	10	3,0
Odun endüstrisi atıkları	6	1,8
Hayvan atıkları	7	1,5
Diğer	5	1,3
Toplam	117	32,0

3.3.14. Biyokütle Çevrim Teknolojileri

Kaynak bazında sınırlı olan ve kullanımında çevre sorunlarına neden olan fosil kökenli enerji eldesine alternatif; biyokütle ve katı atıklardan elde edilecek olan enerjidir. Enerji kaynağı olarak biyokütle, fosil enerji kaynaklarından farklı bazı özellikler taşımaktadır. Biyokütle kaynakları genellikle homojen olmayan bir yapıda, yüksek su ve oksijen içerikli, düşük yoğunluklu, düşük ısıl değerlidir. Bu özellikler yakıt kalitesine olumsuz etki etmektedir. Biyokütlenin bu olumsuz özellikleri fiziksel süreçler ve dönüşüm prosesleri ile ortadan kaldırılabilmektedir. Çizelge 3.8'de bilinen biyokütle kaynaklarına uygulanan modern biyokütle çevrim teknolojileri ve bunu sonucunda elde edilebilecek yakıt formları verilmiştir [8].

Çizelge 3.8. Biyokütle kaynakları ve çevrim teknikleriyle elde edilen yakıt formları.

Biyokütle Kaynağı	Çevrim Yöntemi	Yakıt Formu
Bitkisel kaynaklar (yağlı tohumlu bitkiler)	Fizikokimyasal	Sıvı yakıt
Algler		
Orman atıkları	Termokimyasal	Sıvı yakıt
Tarımsal atıklar		
Enerji bitkiler		Gaz yakıt
Enerji ormanları		
Şehir ve endüstri atıkları, organik çöpler	Biyokimyasal	Gaz yakıt
	Termokimyasal	Sıvı yakıt
Hayvansal atıklar	Biyokimyasal	Gaz yakıt
Bitkisel kaynaklar (şeker, nişasta ve selüloz içerikli bitkiler)	Biyokimyasal	Sıvı yakıt

3.3.15. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nedir?

Yaşamımızı sürdürürken hayatımızı kolaylaştıran, günlük yaşantımızda kullandığımız cihazlar sürekli bir enerjiye ihtiyaç duyarlar. Gerekli olan bu enerjinin elde edilmesi için çeşitli kaynaklar kullanılmaktadır. İhtiyaç duyduğumuz bu enerji kaynaklarının çeşitlerinin neler olduğuna bir bakalım: Enerji çevrim biçimlerine göre enerji kaynakları aşağıdaki şekilde ayrılmaktadır;

Dünyadaki kaynaklarının tükenip tükenmediğine göre,

Yenilenemeyen Enerji Kaynakları:

- Kömür
- Petrol
- Doğal gaz
- Çekirdeksel fizyon (Nükleer)

Yenilenebilir Enerji Kaynakları:

- Güneş
- Rüzgar
- Biyokütle
- Hidroelektrik
- Jeotermal
- Hidrojen

g) Dalga, akıntı ve gelgit

Ekosisteme verdikleri zarara göre:

Kirli Enerji Kaynakları

a) Kömür

b) Petrol

c) Doğal gaz

d) Çekirdeksel fizyon

e) Büyük barajlı su gücü

Temiz Enerji Kaynakları

a) Güneş

b) Rüzgar

c) Biyokütle

d) Hidroelektrik

e) Jeotermal

f) Hidrojen

g) Dalga, akıntı ve gelgit

h) Barajsız su gücü

Yenilenebilir enerji kaynakları nedir, hangi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılır?’ sorularının cevabını vermek için bazı tanımlara göz atmamız gerekecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde ve doğada çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine (prosesine) ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı (kömür, petrol ve karbon türevi) olmayan, elektrik enerjisi üretilirken karbondioksit emisyonu az bir seviyede gerçekleşen, çevreye zararı ve etkisi geleneksel enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git, hidrojen gibi enerji kaynaklarını ifade eder. Kısaca, yenilenebilir enerji, doğada var olan ve sürekli kendini yenileyen enerji kaynağı demektir. Hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, gel-git enerjisi gibi kaynaklar yenilenebilir ve bunları kullanmakla eksilmeyen enerji kaynaklarıdır [39].

3.3.16. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri

Temel hedef, yenilenebilir kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payının 2023 yılında en az % 30 seviyesinde olmasının sağlanmasıdır. Teknolojideki, piyasadaki ve kaynak potansiyelindeki gelişmeler dikkate alınarak bu hedefte değişiklikler yapılabilecektir. Bu bakımdan, yapılacak uzun dönemli çalışmalarda aşağıdaki hedefler dikkate alınacaktır.

Hidroelektrik; 2023 yılına kadar teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelinin tümünün elektrik enerjisi üretiminde kullanılması sağlanacaktır.

Rüzgar; Rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW' a çıkarılması hedeflenmektedir.

Jeotermal; Elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu bu aşamada belirlenmiş olan Türkiye'nin 600 MW'lık jeotermal kapasitesinin tamamının 2023 yılına kadar işletmeye girmesi sağlanacaktır.

Güneş; Hedef, güneş enerjisinin elektrik üretmede kullanılması uygulamasını yaygınlaştırmak, ülke kapasitesinin maksimum ölçüde değerlendirilmesini sağlamaktır. Güneş enerjisinin elektrik sağlamada kullanılması konusunda teknolojik gelişmeler yakından takip edilecek ve uygulanacaktır.

Diğer Yenilenebilir Kaynaklar; Üretim planlamaları, teknolojik gelişmelere ve mevzuat düzenlemelerine bağlı olarak diğer yenilenebilir enerji kullanım potansiyelindeki gelişmeler dikkate alınarak hazırlanacak, bu kaynakların kullanımının artması halinde, başta ithal kaynaklar olmak üzere fosil yakıtların ciddi bir şekilde azaltılacağı hedeflenmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2023 yılına kadar;

- Türkiye'de 2009 yılı itibari ile rüzgâr enerjisi kurulu güç 802.8 MW olarak hesaplanmış, 2015'e kadar 10000 MW'a, 2023 yılına kadar da 20000 MW' a çıkarılmasıdır.
- 2009 yılı itibariyle 77.2 MW olan jeotermal enerji gücünün, 2015'e kadar 300 MW' a, 2023 yılına kadar da 600 MW' a çıkarılmasıdır.
- 2023 yılına kadar güneşten sağlanan enerjinin, ilk etapta 600 MW, sonrasında 3000 MW' a çıkarılmasıdır.

- 36000 MW olan hidroelektrik potansiyelimizin tamamını kullanmayı ve toplamda 5.000 MW ilave kurulu gücü bulunan Hidroelektrik santrallerin 2013 yılına kadar tamamlanması hedeflemektedir.

Bunun dışında, yenilenebilir enerji konusunda ileri teknolojik çalışmalara önem verileceği, jeotermal kaynakların yenilenebilirliğinin devam etmesi için reenjeksiyon uygulamalarına dikkat edileceği, mevzuat düzenlemelerinin yenilenebilir enerji kullanımındaki gelişmeler doğrultusunda hazırlanacağı belirtilmiştir. 2030 yılına kadar oluşacak enerji talebinin karşılanabilmesi için iki farklı üretim raporu EPDK tarafından hazırlanmıştır. Bunlardan birincisi fosil yakıt ağırlıklı, ikincisi ise yenilenebilir enerji ağırlıklı raporlardır. 2030 yılı elektrik üretimi hedeflerinde en çok dikkat çeken rüzgâr ve doğalgaz kaynaklarında hedeflenen değerlerdir. 2011 yılı elektrik üretimindeki payı %2 olan rüzgâr enerjisinin payı %23,8'e çıkmaktadır. 2011 yılında %44,7'lik payla enerji üretiminde en büyük paya sahip olan doğalgazın %14,8'lik değer ile üçüncü sıraya gerilediği görülmektedir. İthal edilen kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artması fosil yakıtlara ödenen maliyetin azalmasını sağladığı gibi küresel ısınma ile mücadelede önemli bir katkı sağlayacaktır [40].

3.3.17. Yenilenebilir Enerjilerin Kullanıldığı Yerler

Yenilenebilir enerjiler, direkt kullanılabilirdiği farklı enerji biçimine de çevrilebilir. Doğrudan kullanıma örnek; jeotermal kaynaklı ısıtma, güneş gücü ile çalışan sistemler, su ve rüzgar gücü değirmenleridir. Bunlardan en sık görülen yararlanma şekli ise, elektrik sağlamada kullanılan fotovoltaik pilleri ve rüzgar türbinleridir. Yenilenebilir olan enerji; günlük hayatta, ısıtmada, aydınlatmada, soğutmada, seralarda, tarım alanlarında, atıkların dönüşümünde, sanayi ve endüstride birincil enerji olarak kullanılabilir. Temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji, özellikle alternatif bir enerji kaynağı olarak ülke ekonomilerinin canlanmasında, istihdam sağlamada ve ülkelerin kalkınmasında politik, ekonomik ve toplumsal amaçlı kullanılır. Dolayısıyla kullanılacak alanla birlikte en az maliyetle sürdürülebilir bir enerji geleceği kurmak mümkün [40].

3.3.18. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye’de Kullanımı

Türkiye’de yerel biyokütle potansiyeli ve bu potansiyelden elde edilecek BE miktarı ile ekonomik etkilerini tespit eden çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu ve çalışmaların büyük oranda 2000’li yıllara rastladığı görülmektedir. Türkiye üzerine yapılan belli başlı çalışmalardan biri 2001 yılında Kaygusuz tarafından yapılmıştır. Araştırmacı, 1998 yılına dayalı olarak tüm biyokütle kaynaklarını dikkate alan anket çalışması verilerini dikkate almış ve hidroelektrik ile BE potansiyelini karşılaştırmıştır. Enerjinin ekonomik ve sosyal hayat için önemli bir faktör olduğunun vurgulandığı çalışmada, BE’ nin hidroelektrikten sonra ikinci önemli enerji kaynağı olduğu ve Türkiye’nin enerji ihtiyacının %10’u BE ile karşılanabileceği tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Türkiye’nin yıllık toplam tahıl ürünleri ve yağlı tohumlu bitki atıkları açısından 50-60 milyon ton ve hayvansal atıklar açısından 8-10 milyon ton potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Söz konusu atıkların %70’inin BE’ ye dönüştürülebilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, BE’ nin enerji talebini karşılama, çevresel kirliliğini ve yenilenemez enerji bağımlılığını azaltma ve gelir getirici sürdürülebilir kırsal kalkınmayı sağlama gibi etkilerinin olduğundan bahsedilmiştir. Türkiye üzerine 2001-2013 dönemi arasında muhtelif yıllarda yapılan uygulamalı çalışmaları içeren bir literatür özeti Çizelge 3.9’da sunulmuştur [12].

Çizelge 3.9. BE potansiyeli ve ekonomik etkileri: Ulusal literatür.

Yazar(lar)/Çalışma Yılı	Zaman Dönemi	Yöntem	Biyokütle/Atık Göstergesi	Sonuç
Kaygusuz/2001	1998	Saha Araştırması	Tüm Biyokütle Kaynakları	16,92 MTEP-BE, sürdürülebilir kırsal kalkınmaya katkıda bulunmaktadır.
Demirbaş/2002	2000-2025	Projeksiyon/Saha Araştırması	Tarımsal Atıklar	2000/2025: 6963/5393 Ktoe- BE enerji maliyetlerini düşürerek büyümeye katkıda bulunacaktır.
Kaygusuz-Türker/2002	1998	Saha Araştırması	Tarım-Hayvan Atıkları	4,810-2,350 Ktoe-BE, ekonomik kalkınmaya pozitif katkıda bulunmaktadır.
Sürmen/2003	2003	Saha Araştırması	Seçilmiş Tarımsal Atıklar	187,4 milyon kWh- Atıl durumda olan biyokütle kaynaklarının ekonomiye sokulması büyümeyi olumlu etkileme özelliğine sahiptir.
Demirbaş/2004	2001	Saha Araştırması	Tarım-Hayvan Atıkları	19-1,5Mtoe-BE'nden faydalanmak kırsal kalkınmaya katkı sağlayacaktır.
Balat/2005	1998	Saha Araştırması	Tarım, Hayvan ve Orman Atıkları	32 Mtoe-BE, enerji arzına, istihdama ve yerel büyümeye katkı sağlayacak niteliktedir.
Öztürk-Başçetinçelik/2006	2002-2003	Saha Araştırması	Tarım-Hayvan Atıkları	363,1 PJ/yıl-BE KOBİ'lerin kırsal gelir ve istihdam artışına katkıda bulunacaktır.
Koçer-Öner-Sugözü/2007	2007	Saha Araştırması	Tarım-Hayvan Atıkları	50-65/11,05Mtep-BE, çevreye, enerji arzına, istihdama, teknolojik gelişmeye ve yerel kalkınmaya katkı sağlayacak niteliktedir.
Demirbaş/2008	2008	İstatistiki Verilerle Tahmin	Tarım-Hayvan Atıkları	22,0-1,5 Mtoe-BE, enerji ihtilatını ve cari açıkların azalmasına yardımcı olacaktır.
Acaroğlu-Aydoğan/2012	2012	Saha Araştırması	Tüm Biyokütle Kaynakları	7,9 Mtoe- BE, kırsal kalkınmaya pozitif katkı yapacak niteliktedir.
Yapraklı-Bayramoğlu/2013	2013	Tanımsal Analiz	Tarım-Hayvan Atıkları	TRA1-TRA2 Bölgesi için ekonomik BE potansiyeli; 4,809-4,070 TEP-BE üretmek ve kullanmak yerel ekonomik büyümeyi pozitif etkileyecektir. kullanmak yerel ekonomik büyümeyi pozitif etkileyecektir.

3.4. YAKIT OLARAK KULLANILAN BİYOKÜTLE KAYNAKLAR

3.4.1. Biyokütle Yakıtlar

Biyokütle yakıtı organik maddelerden elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağı olup bünyesinde depolanmış güneş enerjisini içerir. Kullanılan biyokütle yakıtların büyük çoğunluğu, odunsu yakıtlar ve hayvansal atıklar olmak üzere iki biyokütle sınıfından elde edilir. Kentsel belediye katı atıklarının organik kısımları da bir biyokütle yakıt kaynağıdır. Biyokütle yakıtlardan elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi denmektedir. Biyokütle yakıtının yanma emisyonları azdır. Fosil yakıtlara göre çok az asit yağmuru ve duman üretir. Uygun teknolojiler ve uygun yöntemler kullanılarak doğru bir şekilde enerjiye dönüştürüldüğünde, çevre üzerinde zararı az, hızlı bir şekilde yeniden üretilen, uzun süreli ve güvenli bir enerji kaynağıdır. Biyokütleden sadece yakılarak enerji üretilmez, metan gibi başka yakıtlara dönüştürülerek de enerji üretilir. Biyokütle yakıtların herhangi bir sınıflandırması olmamakla birlikte en bilinen yedi adedi şunlardır [22]:

1. Odun ve orman artıkları,
2. Enerji ormanları (baltalık işletmeciliği)
3. Geleneksel tarım ürünleri
4. Hayvansal atıklar
5. Çöplük gazı
6. Organik belediye katı atıkları
7. Tarımsal ve endüstriyel atıklar.

3.4.2. Odunsu Biyokütle

Odun mükemmel bir biyokütle kaynağıdır. Odun doğrudan yakılarak kullanılabilirdiği gibi çeşitli işlemler sonucunda pelet, briket gibi yakıtlara dönüştürülerek de konutlarda ve iş yerlerinde ısıtma, pişirme amacıyla kullanılabilir. Odun tek başına ya da kömür ve diğer biyokütle yakıtlarıyla birlikte kalorifer kazanlarında, elektrik santrallerinde ve gazlaştırma kazanlarında yakıt olarak kullanılabilir. Modern teknolojiler odundan daha fazla enerji almamızı mümkün kılmaktadır. Geleceğin teknolojileri ise odun artıklarının işlenerek içten yanmalı motorlarda, yakıt hücrelerinde ya da doğalgaz tesislerinde kullanılmak üzere yapay gaz üretilmesine olanak sağlamaktadır.

En nihayetinde daha gelişmiş yakıt üretim teknolojileriyle, odunda bulunan selülozik maddelerden biyobenzin, biyodizel gibi çeşitli sıvı yakıtlar üretilmektedir[22].

3.4.3. Odunsu Biyokütle kaynakları

Yenilenebilir kaynakların alt başlığı olan biyokütlenin en önemli bileşeni odunsu bitkiler olmaktadır. Bunun içerisinde kısaca, korular, baltalıklar, çiftlik ormanları, ağaçlıklar, endüstriyel plantasyonlar yer almaktadır. Ayrıca, odun ham maddesi işleme artıkları ve kullanılmış (hurda) odunsu yapılar da sayılmalıdır. Tüm bu başlıklar orman kaynakları ile ve ağaç ve ağaççıklarla ilgilidir. Odunsu biyokütle kaynakları 6 alt bölüm altında toplanabilir [22].

• Orman artıkları:

Ormanlarda yapılan üretim sonucu, tomruk, sanayi odunu ya da yakacak odun olarak değerlendirilemeyerek ormanda terk edilen kök, dip kütüğü, gövde ucu, tepe ve yan dallardan ince olanlar ile devirme ve taşıma sırasında parçalanan ağaçlar “orman artığı” sayılırlar. Ayrıca, ağaçlandırma için saha temizliği, gençleştirme, sıklık ve sırlıklık bakımı v.b ormancılık uygulamaları ile sahadan çıkarılan ve herhangi bir şekilde değerlendirilemeyen ince materyal ile ormanda mevcut ve ekonomik olarak değerlendirilemeyen ağaç, ağaççık ve çalılar (Orman Gülü, Sandal Ağacı, Kocayemiş v.b) artık olarak nitelendirilmektedir [22].

• Sanayi artıkları

- Kereste fabrikası artıkları

Kereste fabrikalarında, tomrukların biçilerek kereste elde edilmesi sırasında çeşitli boyutlarda artıklar meydana gelir. Bunlar kabuklu ya da kabuksuz kapak tahtaları, yan almadan meydana gelen çitalar, uç almadan oluşan takozlar, testere talaşı, kabuk v.b.'dir. Meydana gelen artığın miktarı, kullanılan ağaç türüne, biçme yöntemine, kullanılan ekipmana (şerit-katrak), tomruğun çap ve boyuna, elde edilmek istenen ürünün boyutlarına ve operatörün gösterdiği titizliğe bağlı olarak değişmektedir [22].

- Rendeleme ve şekil verme atölyelerinde meydana gelen artıklar

Kerestenin rendelendiği ve çeşitli amaçlar için şekillendirildiği mobilya ve doğrama fabrikası atölyelerinde meydana gelen artıklardır. Kimi zaman bu artık miktarları kereste hacminin %30'una kadar yükselebilir.

Bu artıklar, daha kârlı bir şekilde kullanma olanağı bulunmazsa, fabrikada ısı enerjisi üretmek amacıyla yakılırlar [22].

- Kaplama ve kontraplak fabrikası artıkları

Kaplama fabrikalarında meydana gelen artıklar, tomrukların soyma ve kesme makinalarında soyulma ve kesilmeleri sonucu ortaya çıkan odun artıklarıdır. Meydana gelen artık miktarı, tomruğun çapına ve boyuna, kalitesine ve uygulanan teknolojiye bağlı olarak değişmekle beraber, kimi zaman tomruk hacminin %50 sine kadar ulaşmaktadır [22].

- Testere talaşı

Kereste fabrikalarında tomrukların biçilmesi, yan ve baş alma işlemleri sırasında önemli miktarda testere talaşı meydana gelir. Talaş miktarı, testere levhasının kalınlığı, çapraz miktarı, tomruk ya da prizmadan biçilen malın kalınlığı, kısa ya da uzun mal elde edilmesine bağlı olarak değişmektedir. % 60 randımanla çalışan bir kereste fabrikasında, elde edilen çeşitli boyuttaki malın, testere talaşı ve diğer artıklar [22].

Çalışma kapsamında özel bir entegre tesiste en önemli üretim gideri içerisinde yer alan ve işletme verimliliğinde etkili olan hammadde olarak kullanılmayan ağaç kabukları ve yonga levha/lif levha üretimindeki atıklardan beslenen bir enerji tesisinin işletme verimliliğine etkisinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bir orman ürünleri sanayi işletmesinde turboden marka bir türbinle ağaç kabuklarının ve üretim artıklarının yakılması ile elektrik enerjisi üretiminin maliyeti hesaplanması ve üretimde kullanılmayan ağaç kabukları ile üretim artıklarının enerji üretiminde kullanılması sonucunda dışarıdan sağlanacak enerji maliyetleri kıyaslanarak verimliliğe katkısı irdelenmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. MATERYAL

Biyokütle, tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması gibi nedenlerden dolayı önemli bir enerji kaynağı olarak düşünülmektedir. Hâlihazırda kullanılan ve tükenmekte olan yeraltı kaynaklı enerji kaynaklarının kısıtlılığı ve çevre kirliliği oluşturması nedeniyle biyokütleden enerji elde edilmesi çabası giderek önem kazanmaktadır [14] .

Biyokütlenin üretildiği alanlara yakın tesislerde değerlendirilmesi hem daha ekonomik olmakta, hem de kırsal kalkınmayı desteklemektedir. Çevresel etkisinin en aza indirilmesi bölgesel olarak kullanılması, enerji tesisleri kapasitesi ve biyokütle taşıma maliyeti arasında optimumu yakalamak için belki 50-100 km'ye kadar taşınmasının sağlanması gerekmekte, yerel olarak değerlendirilmesi daha ekonomik ve akılcı olmaktadır. Daha uzun mesafelerdeki taşınım ise yerel olarak işlenmiş odun kömürü, etanol, biyodizel veya biyogaz gibi tüketime hazır ürün halinde yapılması rasyonel olmaktadır. Biyokütle enerjisinin yoğunluğunun artırılması şartıyla biyokütle ekonomik olarak uzun mesafelere taşınabilmektedir [11] .

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ve sanayileşme enerji ihtiyacını da arttırmaktadır. Bu artış dolaylı olarak da olsa çevre kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu sorunların çözümü için en uygun alternatif biyokütle enerjisidir. Biyokütle; tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [41].

Kullanılmayan ve doğaya terk edilmiş biyokütle atıkları, yenilenebilir enerji kaynağı olarak ekonomilere fayda sağlandırılabılır. Modern çağda özellikle atık konumundaki biyokütle, bazı proseslerle işlenerek enerji yoğunluğu artırılarak kullanılır [10].

4.2. YÖNTEM

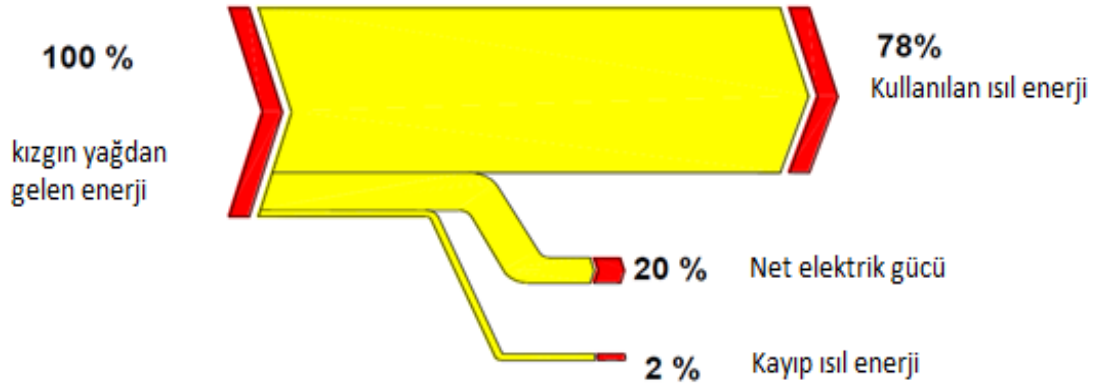
ORÇ sistemi ısıdan elektrik üretimini esas alan ve ısıyı işe dönüştüren termodinamik bir sistemdir. İncelenen bu sistemde ısı kaynağı olarak katı yakıt kazanları kullanılmaktadır. Çalışma, sektöründe öncü olan özel bir entegre tesisinde irdelenmiştir. ORÇ sisteminin hammaddesi konumunda bulunan yakıt malzemesi olarak levha yüzeylerinden elde edilen zımpara tozları ve yongalama makinesinden atık olarak çıkan odunların kabukları değerlendirilmiştir. ORÇ'nin temel ilkesi, termal enerjiyi mekanik enerjiye ve son olarak da bir elektrik jeneratörü yoluyla elektrik enerjisine dönüştürmek için normal bir buhar türbini olarak çalışan bir turbo jeneratörü temel almaktadır. ORÇ sistemi su buharının yerine, sudan daha yüksek moleküler kütlesi olan organik bir akışkanı buharlaştırmaktadır ve bu da türbinin daha yavaş dönmesini ve metalik parça ve pervanelerin daha az basınca ve daha az aşınmaya maruz kalmasını sağlamaktadır.

ORÇ sistemi sırası ile aşağıdaki işlemleri gerçekleştirerek ısıyı işe dönüştürmektedir. Bunlar;

- Bir ısı kaynağı kapalı bir devrenin içinde termal yağ yüksek bir sıcaklığa, genellikle de yaklaşık 280-300° C'ye kadar ısıtır.
- Sıcak termal yağ kapalı devrenin içindeki ORÇ modülüne çekilir. ORÇ'de, organik çalışma akışkanını uygun bir ısı dönüştürücü sistemde (ön ısıtıcı ve buharlaştırıcı) buharlaştırır.
- Organik buhar türbin içinde genişler ve daha sonra bir jeneratör yoluyla elektrik enerjisine dönüştürülecek olan mekanik enerji üretir.
- Daha sonra buhar kapalı devredeki bir akışkan tarafından soğutulur ve yoğunlaştırılır. Su yaklaşık 80-90°C civarında ısınır ve sıcaklık gerektiren farklı uygulamalarda kullanılır.
- Yoğunlaşan termal yağ, devreyi kapatmak ve döngüyü baştan başlatmak için evaporator içine geri pompalanır.

ORÇ döngüsünün yüksek bir enerji etkinliği vardır. ORÇ sisteminin verim şeması Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Sistemde termal yağdan gelen termal enerjinin %98'i çok düşük termal sızıntı oranları ile elektrik enerjisine (yaklaşık %20) ve ısıya (%78) dönüştürülür.

Bu sızıntı oranı, termal izolasyon, ışımaya ve jeneratördeki kayıplar sebebiyle sadece %2'dir, kombine sistemlerde üretimin olmadığı durumlarda elde edilen elektrik etkinliği çok daha yüksektir (yaklaşık %24 ve daha fazlası).



Şekil 4.1. ORÇ sisteminde verim.

ORÇ sisteminin işletmeye kazandırdıklarıyla ilintili formüller

$$Q = m \cdot c \Delta t \text{ (Kcal/h)} \quad (4.1)$$

İşletme + Bakım Maliyeti (TL/ay)

$$\left(\frac{\text{Yıllık Kapasite Kullanım Oranı}}{100} \right) \times \text{Isı Maliyeti} \times \text{Giriş Gücü} \times \text{Aylık Çalışma Saati} + (\text{Bakım Maliyeti} \times \text{€ Kuru}) \quad (4.2)$$

Isı Maliyeti (TL/kWh)

$$\text{Tam Yük İçin 1 kWh Isı Maliyeti} \times \$ \text{ Kuru} \quad (4.3.)$$

Tam Yük İçin 1 kWh Isı Maliyeti (\$/kWh)

$$\text{Saatlik Yakıt Maliyeti/Giriş Gücü} \quad (4.4)$$

Saatlik Yakıt Maliyeti (\$/h)

$$\text{Gerekli Yakıt} \times \text{Birim Fiyat}/0,75 \quad (4.5)$$

Gerekli Yakıt (ton/h)

$$(\text{Giriş Gücü}/\text{Alt Isıl Değer}) \times 1000 \quad (4.6)$$

Alt Isıl Değer (kW/kg)

$$\text{Kullanılan Yakıtın Alt Isıl Değeri} \times 1,16/1000 \quad (4.7)$$

Birim Fiyat (TL/ton)

Kabuğun Ton Fiyatı/\$ Kuru (4.8)

Turboden gücü (kW)

6500 (Giriş gücü)

Bakım Maliyeti (\$/ay)

10000/12 (senelik bakım anlaşması bedeli)

Elektrik Satışından Gelen Kazanç (TL/ay)

Yıllık Kapasite Kullanım Oranı \times Elektrik Üretim Kapasitesi \times (1 kWh Satışı – Toplam Elektrik Giderleri) (4.9)

Yıllık Kapasite Kullanım Oranı (%) (4.10)

Elektrik Üretim Kapasitesi \times (1 kWh Satışı – Toplam Elektrik Fatura Giderleri)

Elektrik Üretim Kapasitesi (kWh/ay)

Elektrik Üretim Gücü \times Aylık Çalışma Saati (4.11)

Elektrik Üretim Gücü (865 kW/saat)

Aylık Çalışma Saati (720 saat/ay)

1 kWh Satış Fiyatı (TL)

Elektrik Satış Fiyatı 30 Aralık 2016 \times \$ Kuru (4.12)

Elektrik satış fiyatı (30.Aralık.2016)¹

\$ kuru (2016 Aralık ayı merkez bankası verileri)¹

30 Aralık 2016 merkez bankası döviz kuru \$ = 3,51

Toplam Elektrik Fatura Giderleri (TL/ay)

İletim Sistemi Kullanım Bedeli + Dağıtım Bedeli + Kayıp Bedeli (4.13)

¹ Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda 30 Aralık 2016 tarihli TC Merkez Bankası Döviz kurları ile 30 Aralık 2016 tarihli Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. satış fiyatı dikkate alınmıştır.

Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç (TL/ay)

Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç = Isı Kullanım Oranı/100) × Atık Isı Gücü X

Isı Maliyeti × Aylık Çalışma Saati (saat/ay) × Yıllık Kapasite Kullanım $\frac{\text{Oranı}}{10}$ (4. 14)

Atık Isı Gücü (max değer)(kW)

5300

Aylık Çalışma Saati(saat/ay)

720

Isı Maliyeti (TL/kWh)

Tam yük için 1kW ısı maliyeti × Dolar Kuru (\$) (4.15)

Tam yük için 1kW ısı maliyeti (\$/kwh)

Saatlik Yakıt Maliyeti/Turboden Gücü (\$/kWh) (4.16)

Saatlik yakıt maliyeti (\$/h)

Gerekli yakıt miktarı (ton/saat) × Birim yakıt maliyeti (\$/ton) /0,75 (4.17)

Gerekli yakıt miktarı (ton/h)

[(Turboden gücü (kW)/Yakıtın alt ısıl değeri (kW/kg)]/100($\frac{\text{ton}}{\text{saat}}$) (4.18)

Turboden gücü (kW)

6500 Kw(Giriş gücü)

Yakıtın alt ısıl değeri (Kcal)

Yakıtın alt ısıl değeri(Kcal/kg) × 1,16/1000 (kW/kg) (4.19)

Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç (TL/ay)

Yakılamayan Yakıt Miktarı × Birim Fiyat (4.20)

Yakılamayan Yakıt Miktarı (ton/ay)

Yakıt Stoğu – Gerekli Yakıt Miktarı (4.21)

Yakıt Stoğu (ton/ay)

4018 (ton / ay)

Gerekli yakıt miktarı (ton/h)

$$[(\text{Turboden gücü}(kW)/\text{Yakıtın alt ısı değeri (kW/kg)})/1000 (\text{ton/saat})] \quad (4.22)$$

Turboden gücü (kW)

6500 kW(giriş gücü)

Yakıtın alt ısı değeri (Kcal)

$$\text{Yakıtın alt ısı değeri(Kcal/kg)} \times 1,16/1000 (\text{kW/kg}) \quad (4.23)$$

Yatırımın Geri Dönüş Süresi (yıl)

$$\text{Turboden Maliyeti/Net Kazanç/12 (yıl)} \quad (4.24)$$



5. BULGULAR

5.1. ORÇ'NİN BİYOKÜTLE İHTİYACI VE SİSTEM ÇIKTILARI

5.1.1. Isı Elde Etme Amacıyla Kullanılan Hammadde Miktarları

Çalışma sektöründe lider konumunda bulunan özel bir işletmede yapılmıştır. Çalışma yapılan işletmede 2 adet MDF (1200 m³/gün) ve 1 adet yonga levha (1400 m³/gün) üretim tesisleri ile levha üretimi yapılmaktadır. Levha üretimi için esas hammadde kaynağı odun ve odun türevleridir. Yine levha üretiminde belli oranda odun kabuklarından da yararlanılmaktadır. İşletme içerisinde üretimde kullanılan odun hammaddesinden arta kalan kabukların büyük bir kısmından levha üretiminde yararlanılamamaktadır. Yararlanılamayan bu ağaç kabukları gerek yakmak gerekse de ekonomik gelir elde etmek için stoklanmaktadır. İşletmede kabuk haricinde prosesin muhtelif kademelerinde de çeşitli atıklar (elek altı, zımpara tozu, kenar kesme, testere tozu vb.) ortaya çıkmakta ve bu atıklarda ya yakılmak amacıyla ya da ekonomik gelir elde etmek amacıyla depolanmaktadır. Gerek yakmak gerekse satılmak üzere depolanan bu üretim artıkları işletme içerisinde stoklama, taşıma, fazla işgücü gibi olumsuzların yanı sıra güvenlik sorunları da (stok alanları yangın riski taşımakta) oluşturmaktadır. Yapılan çalışma ile ortaya çıkan bu üretim artıklarının enerjiye dönüştürülmesi sonucunda elde edilen kazancın, satılması durumunda elde edilen kazançla göre kıyaslanması yapılacaktır. Yapılan kıyaslama sonucuna göre böyle bir tesis kurmanın ekonomik avantajları belirlenecektir. ORÇ'de gerekli olan en önemli girdi ısıdır. Bu ısının elde edilmesi için işletmede üretim artığı olarak ortaya çıkan odun kabukları ve talaşlar (zımpara tozu) kullanılmaktadır. Çalışma yapılan işletmenin 2011-2015 yılları arasındaki son 5 yıla ait odun kabuğu ve talaş (zımpara tozu) miktarları Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'deki değerler dikkate alınarak yıllık ortalama atık madde miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1. 2011 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.

2011 Yılı Oluşan Atık Malzeme Miktarları (Ton)		
Aylar	Kabuk (ton)	Zımpara Tozu (ton)
Ocak	1473	1719
Şubat	2159	2576
Mart	1927	2425
Nisan	1253	2423
Mayıs	1803	2325
Haziran	1863	2494
Temmuz	1443	2304
Ağustos	1983	2008
Eylül	2466	1934
Ekim	2527	2076
Kasım	3667	1912
Aralık	2682	2223
Toplam (ton)	25246	26419
Ortalama (ton/ay)	2104	2202

Çizelge 5.1’de 2011 yılı için işletmenin minimum atık kabuk miktarı 1253 ton iken maksimum atık kabuk miktarı 3667 ton olduğu görülmektedir. Ortalama 2011 yılı için atık kabuk miktarı 2104 tondur. Çizelge 5.1’de 2011 yılı için işletmenin minimum kullanmadığı ve atık olarak değerlendirdiği zımpara tozu 1719 ton iken maksimum kullanılan zımpara tozu ise 2576 ton olduğu görülmektedir. İşletmenin 2011 yılı için ortalama aylık kullanmadığı zımpara tozu miktarı 2202 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. 2012 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.

2012 Yılı Oluşan Atık Malzeme Miktarları (Ton)		
Aylar	Kabuk (ton)	Zımpara Tozu (ton)
Ocak	1656	2132
Şubat	2253	2127
Mart	2072	2048
Nisan	1766	1773
Mayıs	1348	2435
Haziran	2346	2217
Temmuz	1986	2121
Ağustos	2369	2201
Eylül	2061	1838
Ekim	1578	1787
Kasım	2118	1474
Aralık	2546	1943
Toplam (ton)	24099	24096
Ortalama (ton/ay)	2008	2008

Çizelge 5.2’de 2012 yılı için işletmenin minimum atık kabuk miktarı 1348 ton iken maksimum atık kabuk miktarı 2546 ton olduğu görülmektedir. Ortalama 2012 yılı için atık kabuk miktarı 2008 tondur. Çizelge 5.2’de 2012 yılı için işletmenin minimum kullanmadığı ve atık olarak değerlendirdiği zımpara tozu 1474 ton iken maksimum kullanılan zımpara tozu ise 2435 ton olduğu görülmektedir. İşletmenin 2012 yılı için ortalama aylık kullanmadığı zımpara tozu miktarı 2008 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.3. 2013 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.

2013 Yılı Oluşan Atık Malzeme Miktarları (Ton)		
Aylar	Kabuk (ton)	Zımpara Tozu (ton)
Ocak	2079	1818
Şubat	1956	1565
Mart	1961	1612
Nisan	1707	1877
Mayıs	2180	2074
Haziran	1821	1830
Temmuz	2396	2091
Ağustos	1594	1316
Eylül	3015	1738
Ekim	2001	1275
Kasım	2632	2110
Aralık	2452	1940
Toplam (ton)	25794	21246
Ortalama (ton/ay)	2150	1771

Çizelge 5.3'te 2013 yılı için işletmenin minimum atık kabuk miktarı 1594 ton iken maksimum atık kabuk miktarı 3015 ton olduğu görülmektedir. Ortalama 2013 yılı için atık kabuk miktarı 2150 tondur. Çizelge 5.3'te 2013 yılı için işletmenin minimum kullanmadığı ve atık olarak değerlendirdiği zımpara tozu 1275 ton iken maksimum kullanılan zımpara tozu ise 2110 ton olduğu görülmektedir. İşletmenin 2013 yılı için ortalama aylık kullanmadığı zımpara tozu miktarı 1771 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. 2014 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.

2014 Yılı Oluşan Atık Malzeme Miktarları (Ton)		
Aylar	Kabuk (ton)	Zımpara Tozu (ton)
Ocak	2926	1926
Şubat	2329	2031
Mart	2605	2164
Nisan	2204	1909
Mayıs	2660	2204
Haziran	2209	1920
Temmuz	2339	2097
Ağustos	2076	1796
Eylül	3544	2359
Ekim	881	1813
Kasım	2004	2147
Aralık	2339	1809
Toplam (ton)	28116	24175
Ortalama (ton/ay)	2347	2015

Çizelge 5.4'te 2014 yılı için işletmenin minimum atık kabuk miktarı 881 ton iken maksimum atık kabuk miktarı 3544 ton olduğu görülmektedir. Ortalama 2013 yılı için atık kabuk miktarı 2343 tondur. Çizelge 5.4'te 2014 yılı için işletmenin minimum kullanmadığı ve atık olarak değerlendirdiği zımpara tozu 1796 ton iken maksimum kullanılan zımpara tozu ise 2359 ton olduğu görülmektedir. İşletmenin 2014 yılı için ortalama aylık kullanmadığı zımpara tozu miktarı 2015 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. 2015 yılına ait aylık işletme atık madde miktarları.

2015 Yılı Oluşan Atık Malzeme Miktarları (Ton)		
Aylar	Kabuk (ton)	Zımpara Tozu (ton)
Ocak	437	1526
Şubat	1609	932
Mart	2824	1026
Nisan	2285	1657
Mayıs	1717	1550
Haziran	1444	1269
Temmuz	1790	1531
Ağustos	1923	1827
Eylül	1490	1771
Ekim	1860	2245
Kasım	2478	2251
Aralık	2142	2268
Toplam (ton)	21999	19853
Ortalama (ton/ay)	1833	1654

Çizelge 5.5'te 2015 yılı için işletmenin minimum atık kabuk miktarı 437 ton iken maksimum atık kabuk miktarı 2824 ton olduğu görülmektedir. Ortalama 2015 yılı için atık kabuk miktarı 1833 tondur. Çizelge 5.5'te 2015 yılı için işletmenin minimum kullanmadığı ve atık olarak değerlendirdiği zımpara tozu 932 ton iken maksimum kullanılmayan zımpara tozu ise 2268 ton olduğu görülmektedir. İşletmenin 2014 yılı için ortalama aylık kullanmadığı zımpara tozu miktarı 1654 ton olarak hesaplanmıştır. Tüm bu verilere bağlı olarak son beş yılın ortalamaları içerisindeki minimum kabuk miktarı 1833 ton, zımpara tozu miktarı ise 1654 tondur. Maksimum değerler ise kabuk miktarı 2343 ton, zımpara tozu miktarı 2202 tondur. Bu veriler ışığında 2011 yılı ile 2015 yılları arasındaki 5 yılın kabuk ve zımpara tozu miktarları ortalama değeri 4018 tondur.

5.1.2. ORÇ Sisteminin Çalıştırılması İçin Gerekli Şartlar ve Çıktıları (%100 Çalışma durumunda)

ORÇ ile elektrik üretimi dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ise fazla yaygın bir teknoloji değildir. Bazı özel firmalar bu teknolojiyi kullanarak elektrik enerjisi elde etmektedirler. Üretici firma ürettiği bu enerjiyi isterse kendi prosesinde kullanabilir veya kar marjını gözeterek ürettiği elektriği dış müşterilere de satılabilmektedir. Orman ürünleri kullanan işletmelerinde üretime uygun olmayan atıkların bu teknolojiyle birlikte değerlendirilmesi başta hammadde ve atık yönetimi olmak üzere en önemlisi ülke ekonomisine katkısı açısından son derece önem arz etmektedir.

Çizelge 5.6. ORÇ sisteminin %100'de çalışma şartları burada sadece sistemin %100 çalışması için gereken şartlar.

ORÇ Sisteminin %100 de Çalışabilmesi İçin Gerekli Şartlar	
Güç İhtiyacı(Turboden) (Kcal/saat)	5603448
ORÇ'nin çalışması için gerekli yakıt(Zımpara tozu) (Ton/saat)	1,33
Biyokütlenin (Zımpara tozu) alt Isıl Değeri (Kcal/kg)	4228
ORÇ'nin çalışması için gerekli yakıt(Kabuk) (Ton/saat)	2,38
Biyokütlenin (Kabuk) alt Isıl Değeri (Kcal/kg)	2351
Sistemdeki Kızgın Yağ İçin	
Giriş Sıcaklığı (°C)	281
Çıkış Sıcaklığı (°C)	213
Sıcaklık Farkı (Δt)	68
Debi (m ³ /h)	153
Sistemdeki Kondens Suyu İçin	
Giriş Sıcaklığı (°C)	56
Çıkış Sıcaklığı (°C)	71
Sıcaklık Farkı (Δt)	16
Debi (m ³ /h)	264

Çizelge 5.6'ya göre ORÇ sisteminin tam kapasitede (%100) çalışabilmesi için gerekli şartlar verilmektedir. Buna göre; turbodenin ihtiyaç duyduğu güç miktarı 5.603.447 Kcal/saat'tir. Biyokütle yakıtı olarak kullanılacak yakıtın türü; levhaların zımparalanmasıyla elde edilen zımpara tozu kullanılırsa gerekli miktar 1,33 ton/saat'tir.

5.1.3. Sistemdeki Akışkanların Enerji Hesabı

ORÇ sisteminin %100 de çalışıp elektrik üretebilmesi için sistem akışkanlarının istenilen parametrelerde olması gerekir. Bu parametreler ve hesaplamada kullanılan formüller Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.7. ORÇ sistemimin akışkanların (kızgın yağ ve kondens suyu) %100'deki enerji hesabı.

Sistemdeki Akışkanların Enerji Hesabı			
Kızgın Yağ Enerji Hesabı		Kondens Suyu Enerji Hesabı	
Giriş Sıcaklığı (°C)	281	Giriş Sıcaklığı (°C)	56
Çıkış Sıcaklığı (°C)	213	Çıkış Sıcaklığı (°C)	72
Sıcaklık Farkı (Δt)	68	Sıcaklık Farkı (Δt)	16
Debi (m ³ /h)	153	Debi (m ³ /h)	264
$Q = m \times c \times \Delta t$ (Kcal/h) c: 0,49	5098	$Q = m \times c \times \Delta t$ (Kcal/h) c: 1	4224
kWh karşılığı	5914	kWh karşılığı	4900
$Q = m \times c \times \Delta t$ (Kcal/h)		$Q = m \times c \times \Delta t$ (Kcal/h)	
c:0,49		c:1	
m=153 m ³ /h		m=264 m ³ /h	
$\Delta t=68$		$\Delta t=16$	
$Q = 153 \times 0,49 \times 68$		$Q = 264 \times 1 \times 16$	
$Q = 5098$ Kcal/h		$Q = 4224$ Kcal/h	
kW karşılığı		kW karşılığı	
$5098 \times 1,16 = 5914$ kWh		$4224 \times 1,16 = 4900$ kWh	

Çizelge 5.7'de ORÇ sisteminin %100 de çalıştırılması sonucu kızgın yağ ve kondens suyu enerji hesapları sonucu elde edilen çıktılar görülmektedir. Bu hesaplamalarda $Q = m \times c \times \Delta t$ (Kcal/h) formülü kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Q=ısı, m=kütle, C=öz ısı, Δt = sıcaklık farkı. Yağın giriş sıcaklığı 281 (°C), çıkış sıcaklığı 213 (°C), sıcaklık farkı (Δt) 68 (°C), sistemde dolaşan kızgın yağ debisi 153 (m³/h),elde edilen ısı miktarı 5098 (Kcal/h) ve bu enerjiye karşılık gelen saatlik elektrik değeri ise 5914 kWh'tır.

Kullanılan kızgın yağın öz ısısı 0,49 (c) olarak alınmıştır. Kondens suyu giriş sıcaklığı 56 (°C), çıkış sıcaklığı 72 (°C), sıcaklık farkı (Δt) 16 (°C) sistemde dolaşan kondens su debisi 264 (m³/h), elde edilen ısı miktarı 4224 (Kcal/h) ve bu enerjiye karşılık gelen saatlik elektrik değeri ise 4900 kWh'tir. Kullanılan kondens suyunun öz ısısı 1 (c) olarak alınmıştır, ayrıca 1 Cal birimi 1.16 kWh birim eder.

Çizelge 5.8. ORÇ sisteminin %100 deki çıktıları.

ORÇ Sisteminin %100 deki Çıktıları		
Güç Yüzdesi		100%
Kızgın Yağ Enerjisi (kWh):		5920,254
Çıkan Termal Enerji (Su kWh) :		4768,594
Üretilen Elektrik Enerjisi (kWh) :		956,571
Kondens Suyu Enerji Hesabı(kWh)		4768,594
Elektrik Verimi (%) = Üretilen Elektrik Enerjisi/Kızgın Yağ Enerjisi		
Termal Verim (%) = Üretilen Kondens Suyu Enerjisi/Kızgın Yağ Enerjisi		
Sistem Genel Verimi (%) = Elektrik + Kondens Suyu Enerjisi/Kızgın Yağ Enerjisi		
Elektrik Verimi (%) :	Üretilen Elektrik Enerjisi	16,16
Termal Verim (%) :	Üretilen Kondens Suyu Enerjisi	80,54
Kayıp (%)	Sistem içi kayıplar	3,30
Sistem Genel Verimi (%) :	Elektrik + Kondens Suyu Enerjisi	96,70

Çizelge 5.8'de ORÇ sistemi %100' de çalıştırıldığı zaman elde edilen çıktılarımız ayrıca bu çıktıların elde edilme formülleri verilmekte, elektrik, termal sistemin genel verimleri de kayıp yüzdesi ile birlikte sunulmaktadır.

5.1.4. ORÇ Sisteminin İşletmeye Kazandırdıkları

ORÇ sisteminin %100 kapasite ile çalışması için gerekli olan ısının elde edilmesi için kabuk artığı kullanıldığında 94.449 TL/ay; levha yüzeylerinin zımparalanmasının sonucu elde edilen zımpara tozu kullanıldığında ise 53817 TL/ay'lık işletme gideri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada yararlanılan eşitlikler şu şekilde ele alınmıştır.

Çizelge 5.9'da ORÇ sisteminin çalıştırılması sonucu işletme ve bakım maliyetleri çıktıları oluşturulmaktadır. Bu çıktıların hesaplanmasında kullanılan ve yukarıda açık şekilde yazılan formüller Çizelge 5.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. İşletme ve bakım maliyet formülleri tablosu.

İşletme + Bakım Maliyeti
= (Yıllık Kapasite Kullanım Oranı/100 × Isı Maliyeti × Giriş Gücü × Aylık çalışma saati + ((Bakım Maliyeti × \$ kuru)
İşletme + Bakım Maliyeti = (Yıllık Kapasite Oranı/100) × Isı Maliyeti × Giriş Gücü × Aylık Çalışam Saati +\$ kuru)
Isı Maliyeti = Tam Yük İçin 1 kWh Isı Maliyeti × \$ Kuru
Tam Yük İçin 1 kWh Isı Maliyeti = Saatlik Yakıt Maliyeti/Giriş Gücü
Saatlik Yakıt Maliyeti = Gerekli Yakıt × Birim Fiyat/0,75
Gerekli Yakıt = (Giriş Gücü/Alt Isıl Değer) /1000
Alt Isıl Değer(kW/kg) = 2461 × 1,16/1000
Birim Fiyat = Kabuğun Ton Fiyatı/\$ Kuru
Bakım Maliyeti = 10000/12

5.1.5. Elektrik Satışından Gelen Kazanç (T/ay)

Çalışma kapsamında ORÇ kullanımını sonucunda elde edilen elektrik enerjisi işletme bünyesinde direkt olarak kullanılmamaktadır. İşletme bu enerjiyi TEK' na sözleşmeyle satmaktadır.

İletim Sistemi Kullanım Bedeli	0,000037 TL/kWh
Dağıtım Bedeli	0,02169 TL/kWh
Kayıp Bedeli	0,000174 TL/kWh

Çizelge 5.10'da ORÇ sisteminin çalıştırılması sonucu elde edilen elektrik enerjisinin satışından elde edilen kazancın hesaplanmasında kullanılan ve yukarıda açık şekilde yazılan formüllerin Çizelge 5.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10. Elektrik satışından elde edilen kazancın formül hesabı.

Elektrik Satışından Gelen Kazanç = Yıllık Kapasite Kullanım Oranı × Elektrik Üretim Kapasitesi × (1 kWh Satışı – Toplam Elektrik Fatura Giderleri)
Elektrik Üretim Kapasitesi = Elektrik Üretim Gücü × Aylık Çalışma Saati
1 kWh Satış Fiyatı = Elektrik Satış Fiyatı 30 Aralık 2016 × \$ Kuru
Toplam Elektrik Fatura Giderleri = İletim Sistemi Kullanım Bedeli + Dağıtım Bedeli + Kayıp Bedeli

5.1.6. Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç (TL/ay)

Çalışma kapsamında ORÇ kullanımı ile elektrik elde edildikten sonra gaz halindeki özel silikon bazlı sıvının kapalı çevrim içerisinde tekrar kullanımı amacıyla yoğunlaştırılması sonucu elde edilen atık ısının işletme içerisinde üretim hattının ısıtılması, kullanım sularının ısıtılması, ofislerin ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 5.11’de ORÇ sisteminin çalıştırılması sonucu açığa çıkan atık ısının işletme içerisinde kullanılmaktadır. Elde edilen bu kazancın hesaplanmasında kullanılan ve yukarıda açık şekilde yazılan formüllerin Çizelge 5.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11. Elektrik satışından elde edilen kazanç.

Isı Kullanım Oranından = (Isı Kullanım Oranı/100) × Atık Su Gücü × Isı Maliyeti × Aylık Çalışma Saati × (Aylık Çalışma Saati/100)
Atık ısıya karşılık gelen max güç(kW) = 5300
Isı Maliyeti (TL/kWh) = Tam güçte 1kWh için ısı maliyeti × DolarKuru
Tam güçte 1kWh için ısı maliyeti = Saatlik yakıt maliyeti (\$/saat/Turboden gücü(kW))
Saatlik yakıt maliyeti = Gerekli yakıt (ton/saat) × Yakıt maliyeti (ton/saat)/0,75
Gerekli yakıt (ton/saat) = Turboden gücü(kW)/Biyokütle alt ısıl değer kW/kg)
Turboden Gücü = 6500 (kW)
Biyokütle alt ısıl değer (kW/kg) = Biyokütle kalorifik değer (Kcal/kg) × 1,16/1000
1 Kalori = 1,16 kW
1 kW = 860 Kcal

5.1.7. Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç (TL/ay)

ORÇ sisteminin % 100'de çalıştırılması için gerekli olan aylık biyokütle miktarı mevcut atık miktarından daha az olmaktadır, bu yakılamayan biyokütle miktarının dış alıcılara satılmaktadır.

ORÇ sisteminin çalıştırılması için gerekli yakıt miktarından fazlasının satışından elde edilen gelirin hesaplanmasında kullanılan formüller Çizelge 5.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12. Yakılamayan yakıttan elde edilen gelirin formülasyon çizelgesi.

$\text{Yakılamayan Yakıttan Gelen} = \text{Yakılamayan Yakıt Miktarı} \times \text{Birim Fiyat}$
$\text{Yakılamayan Yakıt Miktarı} = \text{Yakıt Stoku} - \text{Gerekli Yakıt Miktarı}$
$\text{Gerekli Yakıt Miktarı} = \text{Turboden için Gerekli Yakıt} \times \text{Aylık Çalışma Saati}$
$\text{Gerekli Yakıt Miktarı} = (\text{Giriş Gücü} / \text{Alt Isıl Değer}) / 1000$
$\text{Alt Isıl Değer} = \text{Yakıt Alt Isıl Değeri} \times 1,16 / 1000$

İhtiyaç miktarından fazlasının dış alıcılara satılması sonu elde edilen gelir, sistemin çalışma saati, aylık yakıt stok miktarı, kullanılan yakıtların ısı değerlerini içeren veriler Çizelge 5.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.13. Yakılamayan yakıttan gelen kazanç.

Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç(Kabuk)	92.080	TL/ay
Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç(Zımpara tozu)	122.560	TL/ay
Aylık Çalışma Saati	720	Saat
Yakılamayan Yakıt Stoku(Kabuk)	372	Ton/ay
Yakılamayan Yakıt Stoku(Zımpara tozu)	976	Ton/ay
Turboden için Gerekli Yakıt (Kabuk)	2,38	Ton/h
Turboden için Gerekli Yakıt (Zımpara tozu)	1,33	Ton/h
Turboden Giriş Gücü	6500	kW
Atık yakıtın Alt Isıl Değeri	2,85	kW/kg
Atık yakıtın Alt Isıl Değeri(Kabuk)	2351	Kcal
Atık yakıtın Alt Isıl Değeri(Zımpara tozu)	4228	Kcal
Atık yakıtın Satış Fiyatı	40	TL/ton
Atık yakıtın Maliyet Fiyatı	11,39	\$/Ton
Kur	3,51	\$

Elektrik satışından gelen kazanç + ısı kullanımdan gelen kazanç + yakılamayan yakıttan gelen kazanç – (İşletme + bakım maliyeti). Bu veriler doğrultusunda elde edilen sonuçlar, işletme+bakım maliyeti, elektrik satışından elde edilen kazanç, atık ısının değerlendirilmesi ile elde edilen kazanç, yakılamayan yakıttan elde edilen kazanç ve net kar, kabuk yakıldığı durumla zımpara tozu, levha kenar kesme atıkları yakıldığı durumlardaki veriler Çizelge 5.14’te ve Çizelge 5.15’te özetlenmiştir.

Çizelge 5.14. Biyokütle yakıtı olarak kabuk kullanıldığı zamanki çıktılar.

İşletme+Bakım Maliyeti	94.449	TL/ay
Elektrik Satışından Gelen Kazanç	277.102	TL/ay
Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç	74.627	TL/ay
Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç	92.080	TL/ay
Net Kazanç	349.360	TL/ay
Turboden Maliyeti	5.884.950	TL
Aylık ortalama biyokütle miktarı	4018	ton/ay
Atık kabuğun birim fiyatı	40	TL/ton
Aylık TL karşılığı (ORC’siz satış)	160720	TL/ay
Turboden İçin Gerekli Yakıt Miktarı	1716	ton/ay
Yakılamayan biyokütle miktarı ton/ay	2302	ton/ay
Amortisman Yılı	1,40	yıl

Çizelge 5.15. Biyokütle yakıtı olarak zımpara tozu kullanıldığı zamanki çıktılar.

İşletme+Bakım Maliyeti	53.817	TL/ay
Elektrik Satışından Gelen Kazanç	277.102	TL/ay
Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç	41.497	TL/ay
Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç	122.560	TL/ay
Net Kazanç	387.342	TL/ay
Turboden Maliyeti	5.884.950	TL
Aylık ortalama biyokütle miktarı	4018	ton/ay
Atık kabuğun birim fiyatı	40	TL/ton
Aylık TL karşılığı (ORC’siz satış)	160720	TL/ay
Turboden İçin Gerekli Yakıt Miktarı	954	ton/ay
Yakılamayan biyokütle miktarı ton/ay	3064	ton/ay
Amortisman Yılı	1,26	yıl

Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15 incelendiği zaman, ORÇ sistemi için aylık kabuk ihtiyacının 1716 ton/ay, zımpara tozu ihtiyacının ise 954 ton/ay olduğu görülmektedir. Aylık işletme ve bakım maliyetleri yakıt olarak zımpara tozu kullanılırsa aylık 40630 TL/ay daha ucuz olmakta, net kazanç ise aylık 37982 TL/ay daha fazla elde edilmektedir. Kabuk yakıldığı durumda turbodenin amortisman yılı 1,40 yıl, zımpara tozu yakıtığımız durumdaki amortisman yılı ise 1,26 yıl olarak çıkmaktadır, yakıt olarak zımpara tozu kullanımında kabuk kullanımına göre 37.982 tl/ay daha fazla gelir elde edilmektedir.

ORÇ sistemi ile üretilen elektrik enerjisinin satışı ve bu satıştan elde edilen gelir, yıllık kapasite kullanım oranı, aylık çalışma saati ve yasal veriler Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. ORÇ sistemiyle elde edilen elektriğin aylık kazancı ve yasal veriler.

Elektrik Satışından Gelen Kazanç	277.102	TL/ay
Yıllık Kapasite Kullanım Oranı	100	%
Elektrik Üretim Kapasitesi	622.800	kWh/ay
1 kWh Satışı	0,38703	TL/kWh
Toplam Elektrik Fatura Giderleri	0,021901	TL/kWh
Elektrik Üretim Gücü	865	Kw/h
Aylık Çalışma Saati	720	Saat
Kur	3,51	\$
Elektrik Satış Fiyatı	0,133	\$/kWh
İletim Sistemi Kullanım Bedeli	0,000037	TL/kWh
Dağıtım Bedeli	0,02169	TL/kWh
Kayıp Bedeli	0,000174	TL/kWh

Elektrik enerjisi üretimi esnasında açığa çıkan atık ısının kabuk ve zımpara tozu için işletmeye getirileri, ısı kullanım oranı, atık ısı gücü, ısının maliyeti ve aylık çalışma saati Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. ORÇ sistemindeki atık ısının kullanımından elde edilen kazanç ve ısı verileri.

Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç (kabuk için)	TL/ay	74.627
Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç (zımpara tozu için)	TL/ay	41.997
Isı Kullanım Oranı	100	%
Yıllık Kapasite Kullanım Oranı	100	%
Isı Maliyeti	0,018682	TL/kWh
Atık Isı Gücü	5300	kW
Aylık Çalışma Saati	720	Saat

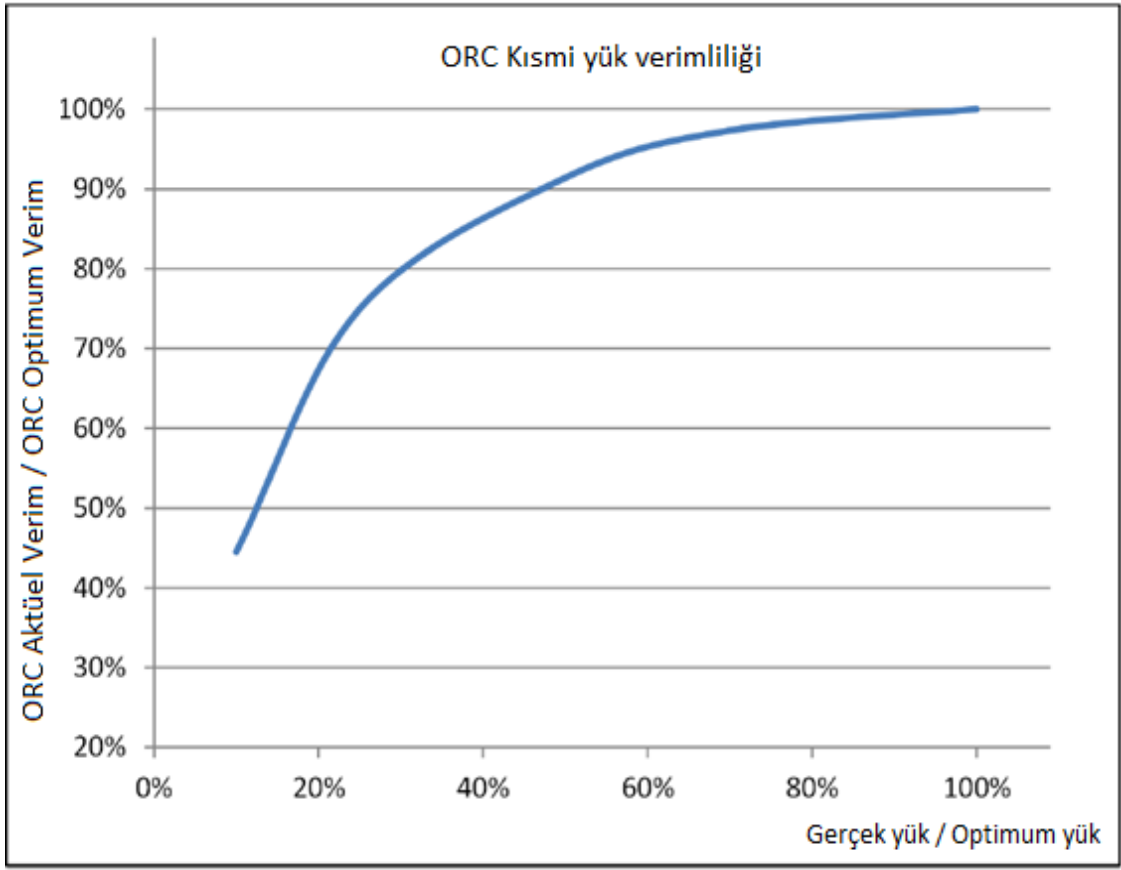
Çizelge 5.18. ORÇ sisteminde kabuk için net kazanç.

Elektrik Satışından Gelen Kazanç	277.102	TL/ay
Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç	74.627	TL/ay
Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç	92.080	TL/ay
İşletme+Bakım Maliyeti	94.449	TL/ay
Net Kazanç	349.360	TL/ay

Çizelge 5.19. ORÇ sisteminde zımpara tozu için net kazanç.

Elektrik Satışından Gelen Kazanç	277.102	TL/ay
Isı Kullanım Oranından Gelen Kazanç	41.497	TL/ay
Yakılamayan Yakıttan Gelen Kazanç	122.560	TL/ay
İşletme+Bakım Maliyeti	53.817	TL/ay
Net Kazanç	387.342	TL/ay

ORÇ sisteminin tam yükte (%100) çalıştırıldığı zamanki performans eğrisi aşağıdaki Şekil 5.1'de verilmektedir.



Şekil 5.1. ORÇ performans eğrisi.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, biyokütle kullanılarak elde edilen elektrik enerjinin ülke ekonomisine ve sanayisine olan katkısı irdelenmiştir. Biyokütlenin elektrik elde etmek için kullanılması muhtemel olumsuz çevresel etkilerinin (zımpara tozunun yayılması, zımparalamada ortaya çıkan kimyasalların yayılması gibi) ortadan kaldırılmasında önemli bir kullanım yeri olabilir. İşletme bazlı değerlendirildiğinde üretim için uygun olmayan ve üründe istenmeyen olumsuz sonuçlar doğurabilecek bu atıklar (kabuk ve yarımamül halindeki levhanın yüzeyinden elde edilen toz) işletme için en karlı şekilde değerlendirilmiş olmaktadır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda biyokütlenin yakılarak ısı enerjisini elektrik enerjisine çeviren bu tür teknolojinin kurulumu, devreye alınması ve işletmeyi kâra geçirme süreci de çok kısa olmaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında irdelenen ORÇ sisteminin verimli çalıştırıldığı zaman kendisini amorti etme yılının 1,40 yıl gibi kısa bir zaman aldığı belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda işletmelerde kurulan ORÇ sistemlerinin kısa zamanda kendini amorti etmelerinin yanında işletmelerde üretimde kullanılmayan kabuk ve zımpara tozu gibi artıkların enerjiye dönüştürülmesi ile ek kazançlar elde edilebildiği belirlenmiştir.

Atık malzemenin ORÇ sistemiyle değerlendirilmeyip dış alıcılara satıldığı durumlardaki işletmeye getirisi 160.720 TL/ay olmaktadır. Üretimde kullanılmayan bu kabuk ve zımpara tozunun ORÇ sisteminin % 100 çalışması durumunda enerjiye dönüştürülmesi ile sadece kabuk kullanılması sonucunda elde edilen enerjinin dış müşteriye satışından 188.640 TL/ay daha fazla gelir elde edilirken, sadece zımpara tozunun kullanılması ile elde edilen enerjinin dış müşteriye satılması sonucunda da 226.622 TL/ay daha fazla gelir elde edilebildiği hesaplanmıştır.

ORÇ sisteminin % 100 kapasitede çalışması esnasında aylık ortalama gerekli kabuk miktarı 1716 ton olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında irdelenen işletmenin aylık atık kabuk miktarı ortalama 2088 tondur. Sistemde kullanılmayan ve satılan fazla kabuğun işletmeye net getirisi 14880 TL/ay olurken, % 100 kapasite ile çalışılması

durumunda hammadde olarak kabuk kullanıldığında işletmenin işletme ve bakım masrafları 94.449 TL/ay düşüldüğünde net 349.360 TL/ay kazanç elde edebildiği görülmüştür.

ORÇ sisteminin % 100 kapasitede çalışması esnasında aylık ortalama gerekli zımpara tozu miktarı ise 954 ton olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında irdelenen işletmenin aylık atık zımpara tozu miktarı ortalama 1930 tondur. Sistemde kullanılmayan ve satılan fazla zımpara tozunun işletmeye net getirisi 39.040 TL/ay olurken, % 100 kapasite ile çalışılması durumunda hammadde olarak zımpara tozu kullanıldığında işletmenin işletme ve bakım masrafları 53.817 TL/ay düşüldüğünde net 387.342 TL/ay kazanç elde edebildiği görülmüştür.

Elde edilen bu verilere göre işletmede atık olarak ortaya çıkan kabuk ve zımpara tozu gibi atıkların yani biyokütlenin kullanılarak elde edilecek elektrik enerjinin hem işletme ekonomisine hem de ülke ekonomisine olan katkısı göz ardı edilemeyecek seviyededir.

Bu nedenle çalışma sonucunda, enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemiz için üretimde kullanılmayan bu biyokütlenin enerji elde edilmesinde kullanılması ile dövizin yurtdışına çıkışını azaltma noktasında bir nebze de olsa ülke ekonomisine katkı sağlanacağı ve işletmelere bu alanlara yatırım yapmaları gerektiğinin önemi vurgulanmıştır.

Yılmaz tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'nin 2012 yılında birincil enerji kaynakları bakımından % 71,8' inin, elektrik enerjisi üretimi bakımından da % 43' ünün dışa bağımlı olduğu ve bu bağımlılığın arz güvenliği ve ekonomik kalkınma açısından büyük olumsuzluk oluşturduğu dile getirilmiştir. Üretim şekilleri bakımından yüksek enerji gerektiren orman ürünleri sanayisinin de bu olumsuzluklardan etkilenmemesi için işletmelerinde kullanamadıkları ve atık olarak niteledikleri biyokütleleri yenilenebilir enerjiye dönüştürmek için fizibilite çalışmaları yapmaları gerekmektedir.

İşletmelerin bu tür yenilenebilir enerji üretim tesisleri kurabilmeleri için gerek ülke politikalarının gerekse de finansal desteklerin sağlanması için gerekli kalkınma planlarının hazırlanması gerekmektedir.

Ülkemiz enerji, doğalgaz, petrol konusunda dışa bağımlı bir durumdadır, bu dışa bağımlılığı azaltmak için tükenen enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek bu kaynaklardan elde edeceği enerji ile dışa olan bağımlılık durumunu en aza indirmenin yollarını aramalıdır. Bunun için enerji politikasını

geliştirmeli, sanayi ve üniversitelerle işbirliği içerisinde olmalı, uygun teknolojileri kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarının yönetimi için zaman kaybetmeden çalışmalara başlamalıdır. Yaptıkları bir çalışmada belirttikleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütlenin uygun teknolojiler ve uygun yöntemler kullanılarak enerjiye dönüştürüldüğünde, çevreye zararı az, yenilenebilir ve güvenli bir enerji kaynağı olduğunu vurgulamışlardır.

Çalışma orman ürünleri ile ilgili entegre bir tesiste yapıldığı için ORÇ sistemi ile elde edilen kazanımlar işletme bazlı olabilir. Elde edilen sonuçların orman ürünleri sanayisi için genelleme yapılmaması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] S. Boyar, “Karma yem sanayinde enerji verimliliğinin belirlenmesi ve iyileştirilme olanakları üzerine bir araştırma (iki fabrika örneğinde),” Doktora tezi, Tarım Makinaları Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2006.
- [2] A. Özdemir, “Parabolik kollektörlü organik rankine çevriminin Isparta şartlarında incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2012.
- [3] H. E. Şengelen, “Yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin panel veri analizi ile incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2016.
- [4] E. Acar, “Bir yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrali için organik rankine çevrimi dizaynı ve modellemesi,” Yüksek lisans tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [5] H. Özden ve D. Paul, “Organik rankin çevrim teknolojisiyle düşük sıcaklıktaki kaynaktan faydalanılarak elektrik üretimi, örnek çalışma: Sararköy Jeotermal Santrali,” X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi’nde sunuldu, Denizli, 2011.
- [6] A. Y. Bozkurt, “Yakacak odun özellikleri ve odunun ısı değeri, ”İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, s. 2, ss. 70, 1972.
- [7] M. Yılmaz, “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi,” Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, s. 4 (2), ss. 54, 2012.
- [8] N. F. Akdağ, “Hidrolik ve yenilenebilir enerji çalışma grubu biyokütle enerjisi alt çalışma grubu raporu,” Türkiye, 2007.
- [9] S. Demirtaş, “Avrupa Birliği ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan biyokütlenin önemi,” 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma Ve Uygulama Merkezi, 2010.
- [10] İ. Üçgül ve G. Akgül, “Biyokütle Teknolojisi,” Süleyman Demirel Üniversitesi Yekarum Dergisi, s. 1 (1), ss. 11, 2010.
- [11] E. Duydu ve İ. Cısdık, “Biyokütle enerjisi için yetiştiriciliğin etkileri konusunda araştırmalar II. Bilgi birikimi ışığında Türkiye’deki sosyo-ekonomik etki potansiyeli,” Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, c. 3, s. 1, ss. 24, 2011.
- [12] T. Bayramoğlu, “Biyokütle enerjisi ve yerel ekonomik kalkınma: TRA1 Bölgesinde (Erzurum-Erzincan-Bayburt) biyokütle potansiyeli ve ekonomik etkileri üzerine bir saha araştırması,” Doktora tezi, İktisat Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 2013.
- [13] F. Yılmaz, “Güneş çanaklı organik rankine çevriminin Isparta şartlarında incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2013.

- [14] E. Kapluhan, "Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: biyokütle enerjisinin dünyadaki ve Türkiye'deki kullanım durumu," Marmara Coğrafya Dergisi, s. 30, ss. 125, 2014.
- [15] O. Ağırkaya, "Jeotermal enerji kaynaklı organik rankine çevriminin modellenmesi ve analizi," Yüksek lisans tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2015.
- [16] F. Işıkdemir, "Verimlilik ölçme modeli olarak M. Ramsay ve Bernard W. Taylor-Davis K. Roscoe modelinin bir işletmede uygulanması," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2010.
- [17] İ. Bekar, "Parke endüstrisindeki işletmelerinde verimlilik rasyoları, verimlilik karlılık ilişkisi ve bir uygulama," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye, 2006.
- [18] A. Çetin, "K.K.K.lığı Ana Bakım Merkezleri'nin verimlilik analizi: İnci Ana Bakım Merkezi Komutanlığında (Arifiye) bir uygulama," Yüksek lisans tezi, Teknoloji Yönetimi Bölümü, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2006.
- [19] K. Özdemir, "Hızlı verimlilik değerlendirme (QPA) yaklaşımı ile verimlilik ölçümü ve bir tekstil işletmesinde uygulama," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2007.
- [20] M. H. Mete, "İmalat sanayi işletmelerinde verimlilik yönetimi ve karşılaştırmalı bir alan çalışması," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.
- [21] A. Özkan, "Etkin verimlilik ölçme ve değerlendirme yöntemi olarak kazukiyo kurusova modelinin bir üretim işletmesinde uygulanabilirliğine yönelik çalışma," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2010.
- [22] Orman Genel Müdürlüğü, (2016, 24 Mayıs) "Türkiye'de enerji kaynaklarının durumu", Erişim: www.turkoted.org/admin/belgelerim/dosyalar/9EE_Biyoenerji_raporu.doc.
- [23] H. N. Pekel, "İşletmelerde motivasyon-verimlilik ilişkisi Devlet Hava Meydanları İşletmesi Antalya Havalimanı çalışanları arasında bir örnek olay araştırması," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2001.
- [24] N. M. Güngör, "Türkiye'de ahşap kökenli parke endüstrisinin teknolojik yapısı, fire-verimlilik ve kalite açısından değerlendirilmesi," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2008.
- [25] O. Batı "Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji kaynakları," Doktora tezi, İktisat Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [26] A. U. Bozkurt, "Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi," Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2008.
- [27] S. Boşça "Yenilenebilir enerji sektöründe mevzuat değişikliklerinin yatırımlara etkisine hukuki uyumsuzluklar," Hukuk Gündemi Dergisi, s. 12, ss. 133, 2009.
- [28] C. Şahin, "Düşük sıcaklıklı jeotermal sahalarda organik rankin çevrimi (ORÇ)

- ile elektrik enerjisi üretiminde Afyon Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. modellemesi,” Yüksek lisans tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Afyon, Türkiye, 2016.
- [29] A. Erdem, “Sabit yatak biokütle gazlaştırma,” Yüksek lisans tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2015.
- [30] B. Kavasogulları ve E. Cihan, “Organik rankine çevrimi (ORÇ) ile birlikte çalışan buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevriminin ekserji analizi,” Tesisat Mühendisliği, s. 150, ss. 85, 2015.
- [31] K. C. Akyüz, Y. Balaban, T. Gedik ve İ. Yıldırım, “Türkiye’nin orman ürünleri dış ticareti üzerine bir araştırma,” Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, c. 6, s. 2, ss. 197, 2006.
- [32] E. Salihoğlu, “Orman ürünleri sanayinde faaliyette bulunan kobilerin pazarlama sorunları: Kocaeli ili örneği,” Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2004.
- [33] A. S. Aydın, “Türkiye’nin orman ürünleri dış ticaretinin çekim modeli ile incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2011.
- [34] M. Can, “Orman ürünleri sanayisinin (ORÜS) özelleştirme öncesinin ve sonrasının çeşitli ekonomik göstergelerle karşılaştırılması,” Yüksek lisans tezi, İşletme Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2001.
- [35] N. Kılıç, “Orman Ürünleri Sanayi,” Sektörel Ar&Ge Bülteni, ss. 11, 2014.
- [36] Ü. Yurdakul, M. Çolak ve T. Çetin, “Mobilya endüstrisinde kullanılan hammaddeler ve tedarikinde karşılaşılan sorunlar,” Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, s. 13 (2), ss. 227, 2013.
- [37] E. Ekti, “Endüstriyel orman ürünleri sektörel raporlar serisi IV,” T.C. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı Düzce Yatırım Destek Ofisi, ss. 44, 2013.
- [38] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, “Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu,” ss. 61, 2011.
- [39] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, “Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi,” Ankara, 2012.
- [40] N. Urgun, “Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye’nin potansiyeli ve bu potansiyelin harekete geçirilmesine yönelik stratejiler,” Yüksek lisans tezi, İktisat Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2015.
- [41] M. Topal, E. I. Arslan, “Biyokütle enerjisi ve Türkiye,” VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, ss. 248, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ferit YILDIRIM
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.08.1975 / Trabzon
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :fyildirim@keas.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Orman Endüstri Müh.	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2001