

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ŞEKER PANCARI , MISIR VE BUĞDAYDAN
BİYOETANOL ÜRETİM ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi

GÖKÇE YILMAZ

İSTANBUL,2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

ŞEKER PANCARI , MISIR VE BUĞDAYDAN
BİYOETANOL ÜRETİM ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

GÖKÇE YILMAZ

İSTANBUL,2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ PROGRAMI

Tezin Adı: Şeker Pancarı, Mısır ve Buğdaydan Biyoetanol Üretim Analizi
Öğrencinin Adı Soyadı: Gökçe Yılmaz
Tez Savunma Tarihi: 02/09/2013

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Ünvan, Ad ve SOYADI
Enstitü Müdürü
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Ünvan, Adı ve SOYADI
Program Koordinatörü
İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>İmzalar</u>
Tez Danışmanı ----- Yar. Doç. Dr. Hatice Eser Ökten	-----
Ek Danışman ----- Doç. Dr. Göksel Demir	-----
Üye ----- Dr. Adnan Çorum	-----

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans programı boyunca yardımlarını eksik etmeyen ve sürekli destek olan tez danışmanım Yar. Doç. Dr. Hatice Eser Ökten'e, uzmanlık ve tez konusu seçiminde yol gösteren Prof. Dr. Ayten Onurbaő Avcıoğlu'na, tez süresi boyunca manevi desteklerini hep hissettiğim Nilay Pınar Yücedağ ve aileme sonsuz teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

ŞEKER PANCARI, MISIR VE BUĞDAYDAN BİYOETANOL ÜRETİM ANALİZİ

Gökçe Yılmaz

Enerji ve Çevre Yönetimi Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Yar. Doç. Dr. Hatice Eser Ökten

Eylül 2013, 60 Sayfa

Dünya nüfusu ve enerjiye duyulan ihtiyaç yıllar geçtikçe hızla artmakta ve elimizde bulunan stoklar günden günde tükenmektedir. Enerji ihtiyacımızın büyük bir bölümünü oluşturan fosil enerji kaynaklarının ömrü tükenmekte aynı zamanda beraberinde içinde yaşadığımız dünyanın da ömrünü tüketmektedir.

Çevresel kirliliğin önlenmesi adına yapılan araştırmalar ve fosil yakıtlarının ömrünün azalması insanları yeni ve yenilebilir enerji kaynakları kullanımına yöneltmiştir.

Bu tezde yapılan çalışmada özellikle atmosfer kirliliğinin en büyük nedenlerinden biri olan benzine alternatif olarak üretilen biyoetanolün üretim prosesleri ve uygun hammadde seçimi incelenmiş, üretim maliyetleri çıkartılmış ve sonuç kısmında ise ülkemiz açısından en uygun hammadde seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeni ve Yenilebilir Enerji Kaynakları, Biyoetanol, Buğday, Mısır, Şeker Pancarı

ABSTRACT

BIOETHANOL PRODUCTION ANALYSIS WITH SUGAR BEET, CORN AND WHEAT

Gökçe Yılmaz

Energy and Environment Management

Thesis Supervisor: Yar. Doç. Dr. Hatice Eser Ökten

September 2013, 60 Pages

As the years pass, world population and the need for energy grows with an inverse ratio compared to the fading reserves. Fossil energy reserves –which provides most of our energy need – are also fading out while shortening the life span of the planet earth that we live in.

The research done for preventing environmental pollution and the shortening of life span of fossil fuels caused new and renewable sources of energy to be used.

Researches that are done in order to prevent the environmental pollution and the shortening life span of fossil fuels has led people to use new and renewable energy sources.

Keywords: Renewable Energy, Bioethanol, Wheat, Corn, Sugar beet

İÇİNDEKİLER

TABLolar.....	vii
ŞEKİLLER.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	2
2.1 FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI.....	3
2.1.1 İnsan ve Çevre Üzerindeki Zararları.....	5
2.2 YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	7
2.2.1 Güneş Enerjisi.....	8
2.2.2 Rüzgar Enerjisi.....	9
2.2.1 Jeotermal Enerjisi.....	11
2.2.1 Hidrolik Enerjisi.....	13
2.2.1 Hidrojen Enerjisi.....	14
2.2.1 Dalga Enerjisi.....	16
2.2.1 Biyokütle Enerjisi.....	17
3. BİYOYAKITLAR.....	18
3.1 BİYOETANOL.....	20
3.1.1 Biyoetanolün Çevresel Etkileri.....	24
3.2 BİYOETANOLÜN ÖZELLİKLERİ VE HAMMADDELERİ.....	27

3.2.1 Fiziksel, Kimyasal ve Termal Özellikler.....	27
3.2.1.1 Biyoetanolün ve Benzinin Yakıt Olarak Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	30
3.2.2 Şeker Pancarı.....	33
3.2.3 Buğday.....	37
3.2.3 Mısır.....	39
4. TÜRKİYE’DE BİYOETANOL ÜRETİMİ.....	43
4.1 HAMMADDE SEÇİMİ.....	44
5. SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	54

TABLULAR

Tablo 2.1:Dünyada bulunan fosil yakıt rezervelerinin bölgelere göre dağılımı.....	4
Tablo 2.2: Bölgelere göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli.....	9
Tablo 2.3: Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli.....	14
Tablo 3.1: Çeşitli bölgelerin 2005 yılı biyoetanol üretimi.....	23
Tablo 3.2: Biyoetanolün fiziksel özellikleri.....	30
Tablo 3.3: Biyoetanol ve benzinin karşılaştırılması.....	31
Tablo 4.1: 2009 yılında Eskişehir ili buğday, şeker pancarı ve mısırın üretim maliyetleri.....	46
Tablo 4.2: 2009 yılında Eskişehir ili buğday, şeker pancarı, mısır ve biyoetanolün üretim maliyetleri.....	48
Tablo 5.1 : Biyoetanol üretim maliyetleri.....	51

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Şeker pancarından biyoetanol üretiminin aşamaları.....	36
Şekil 3.2: Yaş öğütmeyle mısırdan biyoetanol üretiminin aşamaları.....	41
Şekil 3.3: Kuru öğütmeyle mısırdan biyoetanol üretiminin aşamala.....	42
Şekil 4.1: Yıllara göre Türkiye’de buğday, mısır ve şeker pancarı üretiminin değişimi.....	45
Şekil 5.1: Şeker pancarı, buğday ve mısırın farklı yüzdelerle ekimleri sonucu oluşan üretim maliyeti.....	52

KISALTMALAR

KW	:	Kilo Watt
MW	:	Mega Watt
Mtep	:	Milyon ton eş değeri petrol
GW	:	Giga Watt
Tep	:	Ton eş değeri petrol
TWh	:	Tera Watt saat
KWh	:	Kilo Watt saat
Km	:	Kilometre
MJ	:	Mega Joule
Kg	:	Kilogram
MTBE	:	Metil tersiyer bütül eter
AID	:	Alt ısı değer
HY	:	Hava/Yakıt oranı
DDGS	:	Kurutulmuş damıtılmış tahıl ve çözünür maddeler (hayvan yemi)

1.GİRİŞ

Yapılan çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynaklarından biyoetanolün Türkiye coğrafyasında çevre ve ekonomi parametreleri gözönüne alınarak en verimli şekilde üretilmesi için bir algoritma sunmaktır.

Enerji, ülkemizde ve diğer dünya ülkelerinde sosyal ve ekonomik kalkınmanın en önemli temel girdisidir. Bir toplumun gelişmişliği harcadığı enerji miktarıyla ölçülmektedir. Dünya tarihinde bilim ve teknolojinin gelişimi enerji türlerinin artması ve genişlemesiyle gerçekleşmiştir. Aynı şekilde nüfus, tüketim ve üretimin artışı da enerjiye bağlı olması günümüzde enerji kaynaklarının önemini önemli ölçüde artırmaktadır.

Teknolojik yenilikler ve iletişim alanında kaydedilen ilerleme ile birlikte dünyanın büyük bir pazara dönüşmeye başlaması, ekonomik kalkınmaya yeni boyutlar kazandırmaktadır. Bu açıdan, sadece ulusal düzeyde değil, uluslar arası alanda da hızla yeni enerji kaynaklarının bulunması yönünde çalışmalar yürütülmektedir. (Enerji Raporu 1998)

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kaynaklarını çeşitli kriterlere göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırmalar konuya yaklaşım yönüne göre değişiklik gösterir.

Enerji kaynakları niteliklerinin değiştirip değiştirmemesi açısından “birincil” ve “ikincil” enerji kaynakları olarak bir ayırım yapılabilir. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları halde direkt olarak kullanılabilen kaynaklardır. Bunlar kömür, petrol, doğalgaz, biyokütle, güneş, rüzgar, su gücü olarak belirtilebilir. Bu kaynaklar başka enerji şeklini elde etmek için kullanıldığında elde edilen enerji ikincil enerji kategorisinde yer almaktadır. En önemli ikincil enerji türü elektrik enerjisidir.

Enerji kaynakları ticari açıdan ele alındığında “ticari” ve “ticari olmayan” enerji kaynakları şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Ticari enerji kaynaklarına örnek olarak; kömür, petrol, doğalgaz, nükleer vb., ticari olmayan enerji kaynaklarına örnek ise; odun, tezek, tarımsak artıklar vb. gösterilebilir.

Ticari enerji kaynaklarının kullanım yoğunluğu gelişmişlik düzeyi ile ilgili bir durum olmakla beraber az gelişmiş ülkelerde ticari olmayan enerji kaynaklarının tüketimi gelişmiş ülkelere oranla daha yüksektir. Ticari olmayan enerji kaynakları daha çok kırsal bölgelerde, ticari enerji kaynakları ise kentsel bölgelerde daha yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. (Valcal 1980, s.6)

Enerji kaynakları yenilenebilirliğe göre sınıflandırıldığında ise “Fosil Enerji Kaynakları (Yakıtlar)” ve “Yenilenebilir Enerji Kaynakları” olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada ele alacağımız enerji kaynaklarının yenilenebilirliğine göre sınıflandırılmasıdır.

2.1 FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil yakıtlar; hayvan ve bitki atıklarının çeşitli basınç ve ısı altında milyonlarca yıl içinde çeşitli kimyasal dönüşümler sonucunda oluşmaktadır. Bunlar doğalgaz, kömür ve petroldür. Fosil enerji kaynaklarının ortak özelliği tükenebilir olması ve yakıldıklarında çevreye çeşitli oranlarda zarar vermeleridir.

Dünya fosil kaynakları rezervinin yaklaşık yüzde 70'ini kömür, yüzde 14'ünü petrol, yüzde 14'ünü doğalgaz ve yüzde 2'sini de diğer fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtların dünya üzerindeki dağılımları incelendiğinde sıvı ve gaz yakıtların belirli coğrafi bölgelerde, kömürün ise düzenli bir dağılımla bir çok coğrafi bölgede bulunduğu görülmektedir. Bölgelere göre temel fosil kaynakların 2010 yılındaki rezerv durumları Tablo 1.de görülmektedir.

Tablo 2.1. Dünyada bulunan fosil yakıt rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (2010 yılı sonu itibariyle)

<i>Bölge</i>	<i>Petrol</i>		<i>Doğal Gaz</i>		<i>Kömür</i>	
	<i>(milyar ton)</i>	<i>%</i>	<i>(trilyon ton m³)</i>	<i>%</i>	<i>(milyar ton)</i>	<i>%</i>
Kuzey Amerika	10,3	5,4%	9,9	5,3%	245,1	28,5%
Orta ve Güney Amerika	34,3	17,3%	7,4	4,0%	12,5	1,5%
Avrupa ve Avrasya	19,0	10,1%	63,1	33,7%	304,6	35,4%
Orta Doğu ve Afrika	119,2	63,9%	90,0	48,4%	32,9	3,8%
Asya ve Pasifik	6,0	3,3%	16,2	8,7%	265,8	30,9%
Dünya	188,8	100,0%	187,1	100,0%	860,9	100,0%

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2011

Bu tabloya göre öngörülen ortalama fosil yakıt ömürleri petrol için 40, doğal gaz için 70 ve kömür için 130 yıldır. Yenilebilir enerji kaynaklarına olan yönelim bu süreleri biraz daha uzatsa da bir süre sonra yeryüzünde kullanılacak fosil enerji kaynağı bulunamayacağı su götürmez bir gerçektir. Aynı zamanda petrol rezervlerindeki azalma yüksel petrol fiyatlarına ve küresel krizlere ve dönemsel ekonomik dalgalanmalara neden olmaktadır.

2.1.1 İnsan ve Çevre Üzerindeki Zararları

Dünya enerji talebinin halen yüzde 77'sini karşılayan kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri (sera etkisine bağlı olarak atmosferin ısınması ve iklim değişiklikleri, yağış anormallikleri, kirli sis, asit yağmurları, sağlık problemleri) başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm dünyayı temiz enerji arayışlarına yöneltmiştir.(Noyan 1997, ss. 427-442)

Artan nüfusla doğru orantılı olarak artan enerji ihtiyacı karşısında, yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Fosil yakıtların yanma reaksiyonu sonucunda atmosferde sera etkisine yol açan CO₂ emisyonu, dünyada 1900 yılında 0,6 milyar ton/yıl iken, özellikle son yıllarda büyük artış göstererek 1988 yılında 5,5 milyar ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Türkiye için sadece fosil yakıt kullanımından dolayı tahmini CO₂ emisyonu, 2005 yılında 410 milyon ton, 2010 yılı içinse 550 milyon ton olarak hesaplanmıştır. (Türe 1997, ss.317 – 326)

Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), kükürdioksit (SO₂), azotdioksit (NO₂), sülfürtrioksit (SO₃), azotoksitler (NO_x) uçucu organik bileşikler, radyoaktif maddeler ve partiküler maddeler salınmaktadır. Yakıt olarak kömür kullanıldığında bu maddelerin dışında kül de açığa çıkmaktadır. Bu kül içerisinde kadmiyum, civa, kurşun ve arsenik gibi zararlı ağır metaller bulunduğundan yüksek oranda kirlenici durumundadırlar. Yakıt olarak petrol kullanıldığında ise hidrokarbonlar ve kurşun açığa çıkmaktadır.

Sera gazlarının (CO₂, CH₄, N₂O, O₃, su buharı) yaklaşık yüzde 57'si enerji kaynaklı olup bunların en önemlisi karbondioksittir. Aşırı miktarda oluşan CO₂'in atmosferde yol açtığı sera etkisine bağlı olarak meydana gelen küresel ısınma iklim değişikliği, buzulların erimesi, yağış rejimlerinin değişmesi, kurak ve yarı kurak alanların oluşması, orman ve bitki çeşitliliğinin azalması gibi önemli sorunlara yol açmaktadır.(Noyan, 1997 ss.427 – 442)

Karbon içeren yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan azotun hava ortamında oksijenle birleşerek NO_x (NO ve NO_2) oluşturur ve NO_x solunduğunda akciğerlerde aside dönüştüğünden akciğerin süngerimsi yapısının bozulmasına ve yok olmasına neden olur. Bronş tüpleri dolar ve akciğerin oksijeni absorbe etme yeteneği azalır ve kana daha az oksijen geçer. Bunun sonunda genellikle sonu ölüme biten kronik nefes darlığı ve emfizema gibi hastalıklar görülür. Aynı zamanda bu azot miktarındaki artış bitkilerin dirençlerinin de azalmasına ve zamanla yok olmasına neden olmaktadır.

Petrol ve kömür yakılması sonucu açığa çıkan kükürt SO_2 formunda atmosfere yayılır. Solunum organlarına zarar vermesinin yanısıra zamanla atmosferde birikerek atmosferdeki suyla tepkimeye girer ve sülfürik asidi (H_2SO_4) meydana getirir. Bu tepkime asit yağmurlarına neden olur ve bu asit yağmurları yaprakları yakar, topraktaki mineralleri çözer, ağaçlara, bitkilere ve inşaat yapılarına zarar verir, ayrıca göl ekosistemlerine de ciddi zarar vererek yok olmalarına neden olur.

Petrolden elde edilen benzinin yanması sonucunda peroksiasilnitrat (PAN) oluşur ve bu madde fazla solunduğunda solunumu zorlaştıran bir yanma hissine neden olur. Aynı zamanda yine fosil yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan karbonmonoksit (CO), karbondioksitten daha zararlı olmakla beraber zehirli bir gaz olup, baş ağrısı, baş dönmesi ve sersemlik gibi rahatsızlıklara yol açar. Eksoz gazlarından olan kurşun (Pb) ise atmosferde yüksek konsantrasyonda bulunduğu zaman çocuklarda satürnizme (kurşun zehirlenmesi) yol açmaktadır. Diğer bir kirletici olan kirli sis (SMOG) ise gözlerde yorgunluğa ve gerginliğe yol açar. Yüksek yoğunlukta fazla solunduğunda ise ölümlere neden olmaktadır. SMOG daha çok büyük şehirlerde görülmektedir.

Son olarak bütün bu kirleticiler yapraklardaki gözenekleri tıkayarak fotosentez ve solunumun durmasına yol açar, bu durum ise ormanların yok olmasına neden olur. Ormanların yok olması da atmosferde bulunan oksijen (O_2) miktarında ciddi azalmaya neden olur.

Fosil yakıtların insan ve çevre üzerine olan bu olumsuz etkileri, azalmalarından kaynaklı fiyatlarının sürekli artması ve yakın gelecekte tükenecek olmaları alternatif enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle yenilebilir ve temiz enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanımı son yıllarda hızla artmaya başlamıştır.

2.2 YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya nüfusunun hızlı artışı ile birlikte enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaya başlamış ve bu ihtiyaç fosil yakıtlardan karşılanmaya çalışılması, fosil yakıtların bitme tehlikesiyle karşı karşıya gelmesine neden olmuştur. Günümüzde dünyadaki ticari enerji tüketiminin yüzde 90'ı fosil, yüzde 7'si nükleer, yüzde 3'ü de hidrolik enerjiden sağlanmaktadır. Dünya üzerinde kullanılan elektrik enerjisinin ise yüzde 80'i fosil yakıtlardan yani yenilemeyen enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Geri kalan miktar ise yenilebilir enerji kaynaklarından sağlanmakla beraber bu payın yüzde 19'unu hidroenerji, yüzde 1'ini ise biyokütle, güneş, jeotermal ve rüzgar oluşturmaktadır.

Birincil enerji kaynakları olarak nitelendirilen petrol, kömür ve doğalgaz kaynaklarının sürekli olarak azalması ve ayrıca enerji üretimi için kullanımları sırasında karşılaşılan ekolojik ve klimatolojik denge bozulmalarından dolayı yeni ve yenilebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. (Terzi ve Güney 1997 ss.351 – 364)

Yeni ve yenilebilir enerji kaynakları olarak bilinen, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi ve biyokütle enerjisinin dünyanın birçok bölgesinde enerji arzına katkıda bulunacakları tahmin edilmektedir. (Enerji Raporu 1997 s.68)

2.2.1 Güneş Enerjisi;

Günlük hayatımızın doğal parçası güneş, insanoğlunun yaşadığı çevrede büyük çapta bir enerji kaynağıdır. Dünya genelinde özellikle 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizinden sonra güneş enerjisinin önemi giderek artmıştır. (Terzi ve Güney 1997, ss.351 – 364)

Güneşin tükenmez, sınırsız potansiyele sahip olması ve elde edilen enerjinin çevre kirliliğine yol açmaması, güneş enerjisinin enerji hammaddeleri içinde büyük bir önem kazanmasını sağlamıştır.

Güneşten dünyaya gelen enerjinin yoğunluğu atmosferin üzerinde m^2 başına 1.35 kW kadardır. Bu yoğunlukta dünya çapının kapladığı alana gelen güneş gücü 178.10^9 MW düzeydedir. Dünyanın tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi miktarı 814.10^6 Mtep kadardır, yani bir yılda gelen güneş enerjisi miktarı, bilenen kömür rezervinin 50 katı ve bilinen petrol rezervinin 800 katıdır. (Duffie ve Beckman 1991)

Güneş enerjisinin uygulamaları doğrudan veya dolaylı olarak elektrik üretimi veya termal uygulamalar olarak iki gruba ayrılmıştır. Doğrudan elektrik üretimi, güneş pillerinin fotovoltaik çevrim yolu ile olur. Dolaylı elektrik üretimi ise güneş enerjisinin çeşitli teknolojiler ile yoğunlaştırılması ve oluşan termal enerjinin konvansiyonel yöntemler ile elektrik enerjine dönüştürülmesini içermektedir. (Enerji Raporu 1993)

Temiz ve yenilebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanma alanları hem kapasite hem de çeşit olarak zamanla artmaktadır. Güneş enerjisi günümüzde bina ve su ısıtmada, su pompalarında, absorpsiyon yöntemi ile soğutmada, havalandırma tesislerinde, elektrik üretiminde, damıtık su üretiminde gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Aynı zamanda zirai ürünlerin kurutulmasında da güneş enerjisinden faydalanılmaktadır.

Güneşin gece yok oluşu, bölgelere, mevsimlere ve bulutlara göre şiddetinin azalması veya artması güneş enerjisinin en büyük dezavantajıdır. Güneşlenme süresinde mevsimlere göre iki kata varan değişimler gözlenmekte ve bu durumlardan dolayı enerjinin depolanması gerekmektedir.

Tablo 2.2 : Bölgelere göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli (1995 - 2010)

Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m²)	Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri (Saat/Yıl)
Güney – Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Ege	130	2738
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1917
<i>Türkiye Ortalaması</i>	<i>1311</i>	<i>2640</i>

Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü

2.2.2 Rüzgar Enerjisi,

Rüzgar, hava kütlelerinin çeşitli basınç farklılıklarından dolayı hareket etmesiyle oluşur. Rüzgar enerjisi de bu hareketlerden elde edilir ve aynı güneş enerjisi gibi mevsimlere, hava koşullarına ve topografik şartlara göre değişiklik gösterir.

Rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü yararlı olan mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Rüzgarın gücünden yararlanılmaya başlanması çok eski dönemlere dayanır. Rüzgar gücünden ilk yararlanma şekli olarak yelkenli gemiler ve yel değirmenleri gösterilebilir. Daha sonra tahıl öğütme, su pompalama, ağaç kesme işleri için de rüzgar gücünden yararlanılmıştır. Günümüzde daha çok elektrik üretmek amacıyla rüzgar enerjisinden faydalanılmaktadır. Rüzgardan enerji elde edilmesi sırasında zararlı gazların hiçbiri atmosfere salınmaz, dolayısıyla rüzgar enerjisi temiz bir enerjidir, yarattığı tek kirlilik gürültüdür.

Rüzgar enerjisi, dünyada kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde dünyadaki kullanım oranının çok düşük olmasına karşılık, 2020 yılında dünya elektrik talebinin yüzde 12'sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması öngören için çalışmalar yapılmaktadır.

Günümüzde rüzgar enerjisinden üretilen toplam güç 40.301 MW civarındadır. Dünya'da rüzgardan enerji üretiminin yüzde 36,3'ü Almanya'da gerçekleştirilmektedir. Almanya toplamda 14.612 MW güç üretmektedir ve Almanya'nın elektrik enerjisi ihtiyacının yüzde 5,6'sını karşılamaktadır. Rüzgar gücünden en çok yararlanan diğer ülkeler sırasıyla İspanya, ABD, Danimarka, Hindistan, Hollanda, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Çin'dir. Diğer tüm ülkeler toplamda 3.756 MW'lık güç üretimi ile yüzde 9,3 paya sahiptirler.

Rüzgar türbinleri, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Bir rüzgar türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri, elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgarın kinetik enerjisi motorda mekanik enerjiye çevrilir. Pervane milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır. Kullanımdaki rüzgar türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik gösterse de, genelde dönme eksenine göre sınıflandırılır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenine göre "Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri" (YERT) ve "Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri" (DERT) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Ancak bu pek çok avantajın yanı sıra rüzgar enerjisi kullanım amacıyla rüzgar türbini ve rüzgar tarlası kurulması, görsel ve estetik olarak kişileri ve çevreyi etkilemesi, gürültü oluşturması, kuş ölümlerine neden olması, haberleşmede parazitler yaratması gibi bazı dezavantajlarının varlığı da söz konusudur. (Mendilcioğlu 1997)

2.2.3 Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynak kısaca yer ısısı olup, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji yerkabuğunun değişik katmanlarında ve ulaşılabilir derinliklerinde birikmiş ısının, doğrudan ya da ısı değiştiricilerle başka enerji türlerine dönüştürülerek ekonomik olarak yararlanılan şeklidir. (Erişen 1994, ss.271 – 288)

Sıcak su, buhar ve bazı alanlarda bulunan “sıcak kuru kayalar” da akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilirler.

Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olup yeraltındaki haznelere sürekli beslenmekte ve kaynak kendiliğinden yenilenebilmektedir. Bu nedenle pratikte, beslenmesini üzerinde kullanım olmadıkça jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir. Ancak kullanıma hızına bağlı olarak kaynağın tükenmesi bir çevre sorunu doğurmaktadır. Ülkeler ve kökenlerine göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre genel olarak üç gruba ayrılır. Bunlar; düşük entalpili sahalar (20 – 70 °C), orta entalpili sahalar (70 – 150 °C), yüksek entalpili sahalar (150 °C ve daha yüksek sıcaklık) olarak sınıflandırılabilir. (Koçak 2000 , ss. 109 – 123)

Sıcaklığı 150 °C ve daha yüksek olan jeotermal kaynaklardan elektrik enerji üretiminde, 70 – 150 °C arasında olanlardan ise merkezi ısıtma, seracılık ve kür merkezi v.b. şekillerinde yararlanılmaktadır. (Erul 2000, ss.278 – 290)

Jeotermal enerji, ucuz ve temiz bir enerji hammaddesi olmakla beraber, kaynağın sıcaklığına göre çeşitli alanlarda da kullanılmaktadır. Dünyada önemli jeotermal kuşaklar arasında bilinen And volkanik kuşağı, Alp – Himalaya kuşağı, Doğu Afrika rift sistemi, Karayip Adaları ve Orta Amerika volkanik kuşağıdır. Alp kuşağında yer alan İtalya, Yunanistan, Tibet ve Çin Halk Cumhuriyeti ve Türkiye jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi imkanına sahiptir.

Dünyada jeotermal enerji kullanımı hızla artmakla beraber, 1990 yılında 5984 MW elektrik ve 11385 MW termal kurulu kapasiteyle toplam 70800 GW saat değerinde enerji üretimi yapılmıştır.(Akkuş 1990, ss.177 – 190)

Türkiye’de, tektonik etkinlikler sonucu oluşmuş graben ve fay sistemleri ile genç volkanizmanın bir sonucu olarak jeotermal akışkan yeryüzüne çıkabilmekte ve sayıları 600’ü aşan jeotermal doğal kaynaklar bulunmaktadır.

Türkiye jeotermal kaynak zenginliğinde dünyada 7. ülkedir. Tüm dünyadaki jeotermal enerji potansiyelinin yüzde 8’inin Türkiye’de bulunduğu belirlenmiştir. Ülkemizde 1960 yılından bu yana yapılan araştırmalarda 140 adet jeotermal sahada sıcaklıkları 102 °C’ye varan 600’ün üzerinde, bazı kaynaklara göreyse yaklaşık 1000 adet sıcak su kaynağı mevcuttur. Ülkemiz Avrupa’da bulunan ülkeler arasında jeotermal enerji kaynağı İtalya’dan sonra en fazla olan ülkedir.

Ülkemizde jeotermal enerjiye dayalı ilk santral 20 MW kurulu gücünde Denizli – Kızıldere sahasında kurulmuş ve 1984 yılı sonunda üretime başlanmıştır. Bu santralin 1996 yılı üretimi 84 GW saat olarak hesaplanmıştır. 1996 yılı itibarıyla 90bin TEP olarak gerçekleşen jeotermal ısı enerjisi ile Gönen ve Simav ilçelerinin büyük bölümü, Kırşehir ilinin bir bölümü, Balçova termal tesisleri ve Dokuz Eylül Üniversitesi’ne ait bazı binalar, Gediz, Havza,

Salihli, Rize – Ayder, Afyon Ömerli kaplıca ve motellerinin yanı sıra yurt geneline yayılmış çok sayıda sera ısıtılmıştır.

Jeotermal ısıtmanın maliyeti alternatif enerji kaynaklarından elde edilen enerji maliyetlerinden çok düşüktür. Elektrikten 100 kat, fuel oil'den 50 kat, doğal gazdan 40 kat ve kömürden 32 kat daha ekonomik bir enerji kaynağıdır. Ayrıca jeotermal enerjiyi kullanan sistemler güvenilir, emniyetli ve esnekler. Bu sistemler yüzde 97 oranında verime ulaşabilirler ve yıl boyunca sürekli çalışarak süreklilik de sağlayabilirler. (Yeager 1992)

2.2.4 Hidrolik Enerji

Enerji üretmek için suyun gücünden yararlanılan önemli bir yenilebilir enerji türüdür. Elektrik enerjisi üretmek için akarsuların potansiyel gücünden yararlanılır ve dünya elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 21'ini karşılayan yaygın ve alternatif enerji kaynağıdır.

Hidrolik enerjinin en yaygın kullanım şekli nehir üzerine kurulan barajlardır. Nehir üzerine kurulan santraller çok az su depolama özelliğine sahiptir. Elektrik nehrin su miktarına bağlı olarak türbin içindeki çarkın döndürülmesiyle elde edilmektedir. Dünyadaki hidroelektrik enerji kaynakları ağırlıklı olarak Amerika, Avrupa ve Asya kıtalarında bulunmaktadır. Dünyanın bilinen ekonomik ve güvenilir hidroelektrik potansiyeli yaklaşık olarak 10000 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir.(Alemdaroğlu, 2007 s.15)

Hidrolik enerji ekonomik potansiyeli en büyük olan ülke Çin'dir. 2004 verilerine göre Çin'in ekonomik potansiyeli 1260 milyar kWh civarındadır. Türkiye'de ise dere ve nehirlerin toplam uzunluğu 175,715 km olup, bunlar arasında 29 büyük ırmak 11.000 km uzunluğundadır. Tüm iç suların toplam yıllık deşarjı 183,2 milyar m³'tür. Ülkemizde 104,5 milyar m³ olarak tahmin edilen yıllık ekonomik olarak kullanılacak su miktarının 48,1 milyar m³'ü (%46) orman alanlarından üretilmektedir. (Çelik 2008, ss.24-28)

Günümüz itibariyle Türkiye’de yaklaşık 215 adet hidroelektrik santral işletmede bulunmaktadır. Bu santraller 14.572 MW’lık bir kurulu güce ve toplam potansiyelin yüzde 39’una karşılık gelen 51.000 GWh’lık yıllık ortalama hidrolik enerji kapasitesine sahiptir. Yani tam kapasite çalıştıklarında ülkemiz enerji ihtiyacının yaklaşık 4’te 1’ini karşılayabilmektedir. (DSİ 2010)

Tablo 2.3: Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli

Bölge	Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)
Afrika	4.000.000	1.665.000	1.000.000
Asya	19.000.000	6.800.000	3.600.000
Avustralya/Okyanusya	600.000	270.000	105.000
Avrupa	3.150.000	1.225.000	800.000
Kuzey ve Orta Amerika	6.000.000	1.500.000	1.100.00
Güney Amerika	7.400.000	2.600.000	2.300.000
Dünya	40.150.000	14.060.000	8.905.000
Türkiye	433.000	216.000	127.820
Türkiye/Dünya (%)	1,07	1,54	1,84

Kaynak: Gökdemir, M., Kömürcü, M.İ., Evcimen, T.U., Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, İMO, 2012

2.2.5 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500’lü yıllarda keşfedilmiş, 1700’lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş

ve diğ er yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen (H₂) gazı tipik olarak yaklaşık -253°C'de sıvılaştırılarak depolanmaktadır. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısıl değeri 140.9 MJ/kg, alt ısıl değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiğı ise sudur.

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz veya zararlı kimyasal madde salımı söz konusu değildir. Hidrojen gazı farklı yöntemlerle elde edildiğı gibi su, güneş enerjisi veya onun türevleri olarak kabul edilen rüzgar, dalga ve biyokütle ile de üretilebilmektedir.

Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğ er yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

Dünyanın giderek artan enerji ihtiyacını çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerji sistemi olduğu bugün bütün bilim adamlarınca kabul edilmektedir.

Hidrojen enerjisinin insan ve çevre sağlığını tehdit edecek bir etkisi yok denecek kadar azdır. Kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların yanısıra sudan ve

biyokütleden de elde edilen hidrojen, enerji kaynağından çok bir enerji taşıyıcısı olarak düşünülmektedir. Elektriğe 20. yüzyılın enerji taşıyıcısı, hidrojene 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı diyen çevreler vardır. Hidrojen yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfağa kadar her alanda yararlanılabilecek bir enerji sistemidir.

1950'lerin sonlarında, NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaşım sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde başarı ile kullanıma sunulmuştur. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabilirdiği gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcılarıdır. Yüksek verimlilikleri ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuşlardır.(EİE)

2.2.6 Dalga Enerjisi

Rüzgar ve deniz yüzeyinin sürtünmesiyle oluşan dalgalarla rüzgarın enerjisi suya aktarılır. Suyun dalgalanması yüksek ve düşük enerji eşikleri oluşturmaktadır. Su havadan ağır olduğu için dalganın yarattığı enerji, aynı hacimli rüzgar-hava enerjisinden 800-1000 kat daha fazladır. Bu nedenle dalgalar yüksek yoğunluklu rüzgar enerjisi olarak da tanımlanmaktadır. Su yeterince soğuksa üst katmanlarda bir hareket oluşur; kinetik enerji bir kez deniz suyuna taşınınca deniz yüzeyi istikrarsız hale gelmektedir. Elde edilen bu enerjiye dalga enerjisi denilmektedir.

Dalga enerjisini kullanmak için birçok çeşit teknoloji projelendirilmiştir. En elverişli tasarımlardan birkaçının ticari kullanım için uygulama testleri yapılmaktadır. Dalga enerji teknolojileri kıyıda, kıyıdan biraz uzakta ve açık denizde kurulmak için tasarlanmıştır. Denizden biraz uzakta kurulacak sistemler suyun 40 metreden fazla derinine yerleştirilir. (Karakaya 2011)

Bütün dalga enerji teknolojileri su yüzeyinde veya su yüzeyinin yakınında kurulmak için tasarlanmış olsa da, etkileşimleri, uyum sağladıkları dalgaya ve dalga enerjisini çevirdikleri enerjiye göre farklılık gösterirler.(EİE)

2.2.7.Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu olan biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynaklarından üretilen enerji olarak tanımlanmakta ve yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu ve yerel bir kaynak olarak önem kazanmaktadır. Çevreyi kirlilemeyen yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında, özellikle gelişmekte olan ülkeler için uygulama alanı en geniş olanı biyokütledir.(Ültanır 1994, ss.549 – 563)

Biyokütle yalnız yenilenebilir olması ile değil, her yerde yetiştirilebilmesi, sosyoekonomik gelişme sağlaması, çevre korumasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıt vasıtaları için yakıt elde edilebilmesi nedeni ile stratejik bir enerji kaynağı sayılmaktadır. Dünyada petrol, kömür gibi fosil enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve çevre kirliliği problemi dolayısıyla, biyokütle, enerji probleminin çözümünde giderek önem kazanmaktadır. (Sabancı, A., Ören, M.N., Yaşar, B., Öztürk,H. Atal,M.)

3. BİYORYAKITLAR

Ülkeler için enerji kaynaklarının sürekli halde bulundurulabilmenin üç temel yolu vardır. Bunlardan birincisi ve önceliklisi, ülkelerin kendi kaynak potansiyelini doğru saptaması ve bunu geliştirerek en uygun biçimde enerjiye dönüştürmesidir. İkincisi, yurt dışındaki kaynakların aranması ve üretilmesi sürecine ülkenin kendi şirketleri ile katılarak ve bu kaynaklarda hisse sahibi olarak, enerji üretimi için gerek duyulan kaynaklar ve bunların taşınma yolları üzerinde kontrol elde edebilmesidir. Üçüncü yol ise ilk iki yolun yetersiz kaldığı durumlarda, ya da stratejik-ekonomik amaçlarla, kısa, orta ve uzun vadeli olarak, ithalata yönelmektir. İthalatın zorunlu görüldüğü durumlarda, dikkate alınması gereken en önemli ilkelerden birisi de kaynak çeşitliliğinin sağlanmasıdır. (Pamir 2003, ss.2-4)

İnsanoğlunun alternatif enerji kaynaklarını kullanması, yüzyıllar önce başlamış olmasına rağmen, günümüze gelindiğinde bu kaynakların teknolojik gelişmelerle birlikte biçim ve isim değiştirdikleri görülmektedir. Yüzyıllardır ısınma ve yemek pişirme amaçlı kullanılan kaynaklar, günümüz dünyasında biyokütle adını almış ve kendi içerisinde bile değişik sınıflandırmalara konu olmuştur. Artan teknolojik gelişmeler ve enerji gereksinimi nedeniyle hızla gelişen biyokütle kaynakları ve kullanımı dikkatlerin bu kaynaklar üzerine çekilmesine neden olmuştur. Biyokütle kaynakları ile ilgili olarak değişik sınıflandırmalar ve tanımlamalar yapılmakla birlikte, basit olarak ısınma ve pişirme amaçlı olarak odun ile bitki ve hayvan artıklarının kullanıldığı kaynaklar olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte, modern biyokütle kaynakları arasında; enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç ürünleri artıkları, enerji tarımı (bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları yer almaktadır. (Karaosmanoğlu 2002, ss.50-56)

Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan üretilen enerji ise

biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. (Karaca, Başçetinçelik ve Öztürk 2004 ss.439 – 448)

Yenilenebilir enerji kaynakları tükenmez oluşları ve süreklilik göstermeleri açısından önemlidir. Biyokütle enerji kaynakları; (IEA 2004)

Klasik Biyokütle Kaynakları;

Yakacak odun,
Bitki ve hayvan artıkları,

Modern Biyokütle Kaynakları;

Enerji ormanları,
Orman ve ağaç endüstrisi atıkları,
Enerji tarımı ürünleri,
Tarımsal endüstri atıkları,
Kentsel atıklardır.

Artan enerji talebine karşı fosil yakıtların azalması ve çevre bilincinin giderek artması gelecekte kullanılacak enerji için yenilenebilir enerjilerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bütün yenilenebilir enerji kaynakları yaklaşık olarak dünya birincil enerji kaynaklarının yüzde 18'ini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yüzde 55'ini ise biyokütle oluşturmaktadır. (Garg ve Datta 1998)

Endüstrileşmiş ülkelerde enerji tüketiminin yüzde 3'ünü biyokütle karşılamaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 50'sini oluşturan gelişmekte olan ülkelerin kırsal kesimlerinin büyük bir bölümünde yakıt için en çok kullanılan kaynak, bir biyokütle olan odundur. Biyokütlenin gelişmekte olan ülkelerin birincil enerji tüketimleri içindeki payı yüzde 53 ve dünya birincil enerji tüketimindeki payı ise yüzde 14'dür. (Ramage ve Scurlock 1996 , Demişbaş, 2000 ss.21-45)

Dünya üzerindeki bitkilerin fotosentez yoluyla oluşturdukları karbon miktarının yaklaşık olarak 2.1011 ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Teorik olarak hesaplandığında bu enerji kaynağı dünya enerji ihtiyacının 10 katını, besin ihtiyacının ise 100 katını karşılayabilecek değerdedir. (Ramage ve Scurlock 1996)

Biyokütle doğrudan yakıt olarak kullanılarak veya çeşitli işlemlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir. Biyoyakıtlar içerisinde yer alan biyoetanol hızla yaygınlaşmaktadır, bunun en önemli sebepleri ekonomik olarak benzin yakıtı ile değerlendirilebilmesi ve çevreye olumsuz etkisinin daha az olmasıdır. (Altan ve Yörükotulları 1997, ss.99-108)

3.1 BİYOETANOL

Yakıt alkolü, metil alkol ve etil alkolü kapsayan bir tanımlama olmasına karşın, yaygın olarak bu isim biyokütle kaynaklarından elde edilen etil alkol (etanol - biyoetanol) için kullanılmaktadır. (Karaosmanoğlu 2005) Biyoetanol, basit olarak renksiz, berrak, yanıcı, oksijenlenmiş hidrokarbondur. Biyoetanol çeşitli kaynaklardan elde edilebilen bir akaryakıttır. Tahıllar, tohumlar, şeker mahsulleri ve diğer nişasta kaynakları biyoetanol üretmek için kolaylıkla fermantasyona uğratılabilirler, bunlar tamamen veya benzine belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Ayrıca ağaçları, çeşitli otları, evsel atıkları da içine alan selülozik malzemeler alkole dönüştürülebilir. Fakat bu yöntem şeker ve nişasta içeren tarım ürünlerinin işlenmesi yöntemine göre daha karmaşıktır. Bu alandaki teknikler sürekli geliştirilmektedir. Endüstriyel üretimde, petrol ürünü olan etilenin hidrasyonu (bir su molekülü katılması) ile veya asetaldehidin indirgenmesi ile sentetik olarak elde edilebilir.

Dünya üzerindeki biyoetanol üretiminin yüzde 95'inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmektedir. (Karaosmanoğlu 2005) Dünyada biyoetanol öncelikle şeker kamışı, şeker pancarının işlenmesi ile veya tahıl gibi

ürünlerin damıtılması yöntemiyle (distilasyonla) üretilmektedir. Her ne kadar selülozik biyoetanol teknolojisi hala gelişmekte ve klasik üretim işlemleriyle fiyat karşılaştırılması yapılmamış olmasına rağmen biyoetanol, tarımsal ve odun artıkları ve hızlı büyüyen ağaçlar ve otlar gibi selüloz malzemelerden de üretilebilmektedir. Biyoetanol yaygın olarak tahıl, şeker pancarı, şeker kamısı, patates gibi tarım ürünlerinden üretilmektedir. Bu yüzden biyoetanölün motorlarda kullanıldığı ülkeler genellikle bu tür tarım ürünlerinin çokça yetiştirildiği Brezilya, ABD gibi ülkelerdir.

Temiz, renksiz ve zehir etkisi olmayan bir sıvıdır. Yüksek oktan sayısına sahip olması içten yanmalı motorlarda kullanılması için bir avantajdır. Üretimini ve kullanımını yaygınlaşması ile tarım sektörünün ürünleri daha iyi değerlendirilme imkanı bulacak, bunun da çiftçiye yansması kaçınılmaz olacaktır. (Acaroğlu, Oğuz ve Ünaldı 2004)

Biyoetanol taşımacılık ve tarım sektöründe yaygın olarak içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. Biyoetanol doğrudan benzinin yerine yüksek karışım oranlarında (E85 gibi) veya oktan sayısı yükseltici olarak düşük karışım oranlarında benzinle karıştırılarak (E10 gibi) kullanılabilir, ayrıca biyoetanol ve dizel yakıtı karışımı çalışmalarında ilerlemeler kaydedilmiştir. Dünya üzerinde biyoetanölün yakıt olarak kullanılması daha çok düşük karışım oranları şeklinde olmaktadır.

Her ne kadar biyoetanol saf olarak (hacimsel olarak yüzde 96 biyoetanol, yüzde 4 su) Brezilya'da senelerden beri kullanılsa da , dünyadaki biyoetanol tüketiminin çoğu susuzlaştırılmış biyoetanol şeklinde olmaktadır. Benzin ve su tam homojen bir karışım oluşturamadığı için susuzlaştırma yapılmamış biyoetanol benzine karıştırıldığında bulanık bir görüntü oluşturur ve karışım benzin ve biyoetanol/su fazlarının ayrışması ile sonuçlanır. Bu faz ayrışması motorlarda performans düşüşü ve arızalara neden olur. Bu nedenle benzine karıştırılacak biyoetanölün su içermemesi, yani susuzlaştırılması gereklidir. Susuzlaştırılmış biyoetanol (yüzde 99 ve üzeri biyoetanol) benzine yüzde 15'e

varan oranlarda katılarak elde edilen yakıt buji ateşlemeli motorlarda herhangi bir uyarlama gerektirmeksizin kullanılabilir.

Benzinli motorlarda hacimsel olarak yüzde 7-10 konsantrasyonunda biyoetanol ile benzinin karıştırılması Kuzey Amerika'da yaygın bir uygulama olarak kendini göstermektedir. 1970'den beri üretilen araçlara yakıt karışımı hacimsel olarak yüzde 10 biyoetanol (E10) içeren yakıtlar tam olarak uymaktadır. Bütün otomobil üreticileri E10 karışımının kullanılmasını onaylamakta ve taşıtlarını bu yakıt için garanti etmektedirler. Biyoetanol için özel üretilmiş araçlarda biyoetanol, hacimsel olarak yüzde 85 biyoetanol, yüzde 15 benzin (E85) karışım oranına kadar, yüksek karışım oranlarında kullanılmaktadır. Bu araçlar yüzde 100 biyoetanol sınırına kadar her oranda biyoetanol-benzin karışımı olarak çalıştırılabilmektedir. Bu nedenle, bu taşıtlar esnek yakıtlı taşıtlar olarak adlandırılır. (Acaroğlu, Oğuz ve Ünaldı 2004)

Tablo 3.1 Çeşitli ülkelerin 2005 yılı biyoetanol üretimi (milyon litre) (RFA, 2006)

Ülkeler	Biyoetanol üretimi	Kullanım çeşidi	Hammadde
<u>ABD</u>	16.118	E10 karışımları, az sayıda E85	Mısır
<u>Brezilya</u>	15.978	E26'ya varan karışımlar, saf etanol	Şeker kamışı
<u>Çin</u>	3.795	Düşük oranlarda karışım	Çeşitli tahıllar, şeker kamışı
<u>Hindistan</u>	1.697	E5 karışımları	Şeker kamışı
<u>Fransa</u>	907	ETBE'ye dönüştürülmüş olarak	Şeker pancarı, buğday
<u>İspanya</u>	352	ETBE'ye dönüştürülmüş olarak	Arpa, buğday
<u>Tayland</u>	299	E10 karışımları	Şeker kamışı
<u>Kanada</u>	231	E10 karışımları	Buğday
<u>Polonya</u>	219	Düşük oranlarda karışım	Çavdar, patates
<u>Avustralya</u>	125	E10 ile E20 karışımları	Buğday, şeker kamışı
<u>İsveç</u>	110	E10, E85 ve E95 karışımları	Buğday
<u>Dünya</u>	45.927		

Kaynak: RFA, 2006

Türkiye'de ilk kez 1931 Ziraat Kongresinde yakıt alkolü gündeme gelmiş, 1936'da Atatürk'ün hazırlattığı planda 23. bölüm sentetik benzin endüstrisine ayrılmıştır. Bu plan yakıtların ithalat ile sağlanmamasını, ülke kaynaklarından yakıt üretimi gerekliliğini ortaya koymuştur. Atatürk'ün ölümü ve ardından 2. Dünya Savaşı ile planın uygulaması gerçekleştirilememiştir. 1942 yılında orduda kullanılan benzine yüzde 20 oranında biyoetanol katılmıştır.(Karaosmanoğlu 2005)

Petrol krizinin ardından Türkiye Şeker Fabrikaları “Yakıt Amaçlı Alkol Üretimi” projesini yatırım planına almış ve yakıt alkolü fabrikalarının kurulması, mevcut fabrikalarda da kapasite artırım çalışmaları başlatılmıştır. Ancak bu çabalar sürdürülememiştir. Sürekli planlamalar dahilinde olan bu konu Türkiye’de sadece bilimsel çalışmalarla, pek çok ülkede ise, başarılı uygulamalar ve artan pazar payı ile 2000’li yıllara ulaşmıştır.(Karaosmanoğlu 2005)

2001 yılında Tütün, Tütün Mamulleri, Tuz ve Alkol İşletmeleri TEKEL A.Ş. kurularak özelleştirme çalışmaları başlamış ve kamu hisseleri özel girişime açılmıştır. 3 Ocak 2002 tarihli ve 4733 sayılı kanun ile de T.C. Tütün, Tütün Mamulleri ve Alkollü İçkiler Piyasası Düzenleme Kurumu (TAPDK) kurulmuştur. TAPDK Türkiye’deki alkol üretimi, kullanımı ve satışı için tüm esasları düzenlemekte ve denetlemektedir. Tarımsal Kimya Teknolojileri San. Ve Tic. A.Ş. (TARKİM) biyoetanol üretim lisansına sahip, girdisi buğday ve mısır olan 30.000.000 litre/yıl kapasiteye sahip ilk üreticidir.

Türkiye’nin bulunduğu coğrafyada biyoetanol üretimi için ağırlıklı olarak şeker pancarı ve buğday kullanılmaktadır. Türkiye ile benzer coğrafik koşullara sahip Avrupa’da biyoetanol üretimi için kullanılan hammaddelerin yaklaşık yüzde 50’sini buğday oluşturmaktadır, bunun ardından sırayı yaklaşık yüzde 30’luk bir kullanım oranı ile şeker pancarı almaktadır, üçüncü sırada ise arpa yer almaktadır. (IEA 2004)

3.1.1 Biyoetanolan Çevresel Etkileri

Yakın gelecekte petrole olan bağımlılığın sürmesi ile ortaya çıkabilecek ekonomik sıkıntıların yanı sıra, eğer enerji kullanım alışkanlıklarında bir değişiklik yapılmazsa daha büyük bir sorun haline gelebilecek olan çevresel sorunlar meydana gelecektir. Son yıllarda, otomotiv sanayinin gelişmesi, nüfus artışı ve yaşam seviyesinin büyük gelişme göstermesi sonucunda, motorlu

karayolu taşıtları sayısı büyük bir hızla artmıştır. Bunun sonucu olarak özellikle büyük kentlerde motorlu taşıtların hava kirliliğine katkı payı artmış, zararlı emisyonları nedeniyle çevre sağlığını bölgesel ve küresel ölçekte tehdit etmeye başlamıştır.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde olarak bulunan yüzlerce bileşiği içerirler. Motorlu taşıtlarla ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), partikül madde, azot oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşiklerdir (hidrokarbonlar). Bu şekilde oluşan karbonmonoksit kirliliğinin yanında, yer seviyesi ozon miktarındaki artış, stratosferik ozonun faydalarının aksine çevre sağlığı açısından zararlıdır. Ayrıca motorlu taşıt egzoz emisyonları karbondioksit, metan ve nitröz oksidi gibi bir çok sera gazlarını ihtiva ettiği için yer kürenin ısınmasında rol oynarlar. Sera etkisi yaratan gazların başında CO₂ gelmektedir. Dünya üzerindeki enerji faaliyetleri ile ilgili CO₂ emisyonlarının yaklaşık dörtte biri taşımacılıktan kaynaklanmaktadır.(IEA 2002) Biyoetanol kullanımının CO₂ emisyon değeri üzerine etkisi bakış açısına göre değişmektedir.(Niven 2004,ss. 535-555) E10 tipi yakıt göz önüne alındığında ve tüm biyoetanol üretim süreci hesaba katıldığında benzine göre yüzde 1 ila 5 arasında bir azalma, E85 gibi biyoetanol içeriği fazla olan karışımlarda ise yüzde 19 ila 70 arasında bir azalma tespit edildiğini ortaya koymuştur.(IEA 2002) Tüm biyoetanol üretim süreci dikkate alınmadan, egzoz çıkışı emisyon değerleri göz önüne alındığında CO₂ emisyon değerinin biyoetanol ve benzin için hemen hemen aynı seviyelerinde olduğunu belirtmektedir. Tüm biyoetanol süreci denildiğinde bunun içerisine ürünlerin atmosferden tuttuğu CO₂ miktarı, ürünlerin yetiştirilmesi sürecinde, ürünlerin fabrikaya taşınması sürecinde, tesiste biyoetanol üretimi sürecinde ve biyoetanölün istasyonlara dağıtım sürecinde kullanılan yakıt miktarı dahil edilmektedir.

Biyoetanol kullanmanın en büyük sonuçlarından birisi de karbonmonoksit emisyonlarını azaltmasıdır. Biyoetanölün benzinle yüzde 10 karışım oranı ile

kullanılması karbonmonoksit emisyonunda yüzde 25'den fazla azalmalara yol açmaktadır, ayrıca oksijen içeriğini artırarak yakıtın daha iyi tutuşmasını sağlamaktadır. Ayrıca biyoetanol kullanılması durumunda kükürtdioksit (SO₂) emisyonlarında da azalma tespit edilmiştir. Düşük oranlardaki biyoetanol karışımı kullanımları azotoksit (NO_x) emisyonlarını dikkate değer oranlarda değiştirmemektedir. Ayrıca biyoetanol üretimi sürecinin tamamı ele alındığında azotoksit emisyonu değeri çok daha yüksek çıkacaktır. Çünkü biyoetanol üretimi ve hammadde yetiştirilmesi gibi süreçlerde fazlasıyla azotoksit ortaya çıkmaktadır.(IEA 2004)

Biyoetanolün sera etkisi yapan gazlara ve hava kirliliğine yol açan emisyonlara etkisi sürekli olarak göz önünde bulundurulmasına rağmen, çoğu zaman dikkate alınmayan diğer etkileri de bulunmaktadır. Bunlar içinde biyoetanol üretiminde kullanılan mahsulün yetiştigi toprağa etkisi ve buradaki habitata etkisi de sayılabilir. Bu faktörlerin etkisi değişkenlik gösterir ve bunlar yakıtın nasıl üretilip kullanıldığına bağlıdır. Örneğin burada sıradışı bir örnek olarak bir yağmur ormanlarının yok edilip yerine biyoetanol mahsulü ekilmesi ele alınırsa elde edilen sonuç doğal olarak olumsuz olacaktır. Genel olarak artan biyoetanol tarımı sayesinde, üretilen biyoetanol ve bu biyoetanolün araçlarda yakıt olarak kullanılması ile elde edilen çevresel neticeler olumlu yöndedir. Biyoetanol yapımında kullanılan atık ürünler de çevresel açıdan açık bir fayda sağlamaktadır.

Biyoetanol; mum yağı, kızartma yağı, mahsul artığı ve şehir atığı gibi atık ürünlerden de elde edilebilmektedir. Bu tür atıklar biyoetanol üretiminde kullanıldığı takdirde çevre açısından fazladan bir fayda sağlanmış olunacaktır.

Biyoetanol karışimli benzinler diğer oktan artırıcı katkılara oranla insan sağlığına ve çevreye daha az zararlıdır. Örneğin kurşunun günümüzde insan sağlığına olan zararları devamlı olarak belirtilmektedir. Kurşunun son 30 yıl içerisinde kullanımının büyük oranda ortadan kaldırılması ile MTBE kullanımı bir oktan artırıcı olması nedeni ile artmıştır. Bu madde metanolün izobutilenle

tepkimesinden oluşan, belli derecede zehirli, kolay tutuşucu, renksiz bir sıvıdır. MTBE'nin yer altı suları ile karıştığı zaman olabilecek zararlı etkileri nedeni ile bazı yerlerde bu maddenin kullanımının yasaklanması biyoetanolün önemini artırmaktadır.

3.2 BİYOETANOLÜN ÖZELLİKLERİ ve HAMMADDELER

Yakıt olarak kullanılan etanolün (biyoetanol) renksiz, berrak ve hoş kokulu bir karakteristiği vardır. Su eklenerek oluşturulan sulu çözeltileri içecek olarak da kullanılmaktadır, ancak yoğun çözeltilerinin yakıcı bir tadı vardır. Etanol çoğu zaman alkol kelimesinin yerine de kullanılmaktadır. Alkol kelimesi ise Arapça'daki al-kuhul kelimesinden gelmektedir, bu da eskiden rastık taşlarında kullanılan bir tür pudra olarak bilinmektedir. Ortaçağda kimyacılar, damıtma ile rafine edilmiş ürünler elde ederek etanolün günümüze kadar olan üretim sürecini başlatmışlardır.

3.2.1 Biyoetanolün Fiziksel, Kimyasal ve Termal Özellikleri

Etanol, etil alkol olarak da adlandırılan renksiz, yanıcı ve kimyasal formülü C_2H_5OH olan bir alkol çeşididir. Alkollü içkilerin üretilmesinde kullanılan etanol, bitkisel bir üründür. Şeker kamışı, şeker pancarı, mısır ve buğday gibi bitkilerden elde edilir. Etanol $78,5\text{ }^{\circ}C$ de kaynar, $-115\text{ }^{\circ}C$ 'de ise donar. Özgül ağırlığı ise $20\text{ }^{\circ}C$ 'de $0,79\text{ kg/dm}^3$ 'dir.

Etanolün üç önemli üretim kaynağı vardır:

Fermantasyon ile Üretim:

Alkolic fermantasyonda şekerler başlıca olarak monosakkaritler (glukoz ve früktoz), kompleks enzim içeren mayalar sayesinde, etanol ve karbondioksit verecek şekilde bozunurlar:



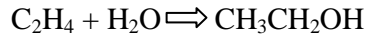
Tamamen parçalanmada 100 gr glikozdan 51,1 gr etil alkol ve 48,9 gr karbondioksit meydana gelir. 100 gr sakkarozdan hidrolizle oluşan 2 molekül glikozdan 53,8 gr ve 100 gr nişastadan hidrolizasyonu izleyen işlemlerde oluşan molekül glikozdan 56,8 gr etanol oluştuğu teorik olarak hesaplanmıştır. Ancak, kullanılan mikroorganizma, hammaddenin bileşimi ve fermantasyon koşullarının, fermantasyon sırasında oluşan yan ürünlerin çeşidi ve miktarı üzerinde rol oynadığı anlaşılmıştır (Avcı 2004). Bu sonuçlara gerçekte erişilemez. Çünkü maya hücreleri diğer metabolizma olayları için aynı şekilde monosakkaritleri harcamaktadır. Optimum mayalanma şartları maya hücrelerinin yaşama şartları ile belirlenir. Gıda eriyiğindeki belirli protein ve mineral madde miktarı maya gelişmesini teşvik eder. Optimum mayalanma sıcaklığı maya çeşidine göre, 20°C ile 30°C arasında bulunur. Alkol fermantasyonu etil alkol miktarı yüzde 10-18 arasında olduğu zaman durmaktadır. Çünkü etanol metabolizmanın artık ürünü olarak büyük konsantrasyonlarda mikroorganizmaların hayati faaliyetlerini önlemektedir.

Endüstride alkolik fermantasyonda başlama maddesi olarak saf glikoz kullanılmaz. Bunun yerine melas (şeker rafinasyonu artığı) veya nişastalı ürünler (patates, mısır, buğday, arpa) kullanılır. Nişasta içeren ürünler bir dönüşüm basamağından sonra glikoza dönüştürülerek fermantasyona tabi tutulur. Fermantasyon neticesinde etanol çözeltisi elde edilir. Etanol daha sonra damıtma ile fermantasyon ortamından ayrılır. Alkol su ile azeotrop karışım yapar ve bu nedenle alkol su karışımından damıtma sonucu elde edilen etanol, yüzde 96 oranında etanol ve yüzde 4 oranında su içerir. Bu yüzde 4'lük su damıtma yolu ile doğrudan ayrılamaz. Susuzlaştırma işlemi için iki yöntem mevcuttur. Birinci yöntemde azeotrop noktayı kırmak için genellikle benzen karıştırılarak karışım tekrar damıtmaya tabi tutulur.

İkinci yöntemde ise su ve etil alkol moleküllerinin büyüklüklerinin birbirinden farklı olmasından yararlanılarak karışım moleküler membran filtrelerden süzülerek etil alkol susuzlaştırılır.

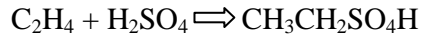
Etilenin (C₂H₄) Hidrasyonu ile Üretim:

Endüstriyel üretimde önemli bir metottur. Bir petrol ürünü olan etilenin hidrasyonu (bir su molekülü katılması) değişik şartlarda yapılabilir. Etanol üretimi, etilenin asit katalizör yardımı ile hidrasyonu şeklinde şu kimyasal denklem ile ifade edilir;



Daha eski bir yöntem ve artık tercih edilmeyen yol ise şu şekildedir;

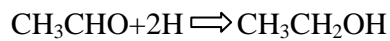
Etilen, 100°C'de derişik sülfirik asitle tutulduğunda etil sülfat ara ürünü meydana gelir:



Reaksiyon karışımı eşdeğer miktarda sıcak su ile hidroliz edilir. Etanol ve sülfirik asit meydana gelir.

Asetaldehidin (CH₃CHO) indirgenmesiyle Üretim:

Asetilen kullanılarak elde edilen asetaldehit, 100-130°C'de nikel katalizörlüğünde hidrojenlenerek etanole indirgenir:



Etanol bütün alkollü içkilerde bulunmaktadır. İyi bir çözücü olduğu için, esansların yapımında, parfümeride kullanılır. Kimya endüstrisinde bir çok

organik bileşimin (asetaldehit, asetik asit, etilasetat, etilklorür ve butadien gibi) üretiminde başlama materyalidir.

Tablo 3.2 Biyoetanolün fiziksel özellikleri

Özgül Ağırlık (20°C)	0,79 kg/dm ³
Buhar Basıncı (38°C)	50 mmHg
Kaynama Noktası	78,5°C
Dielektrik Katsayısı	24,3
Suda Çözünme	Sonsuz

Kaynak: Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, S.M. 2009

3.2.1.1 Biyoetanolün ve Benzinin Yakıt Olarak Özelliklerinin Karşılaştırılması

Her yakıtın motor performansını etkileyen kendine özgü belli özellikleri vardır. Motorlar ortaya konulan yakıttan azami verim almak için tasarlanırlar, dolayısı ile mevcut yakıttan daha farklı bir yakıt motorlarda kullanıldığında motor performansında düşüş görülmektedir. Motor performansının yakıtla olan ilişkisini gösteren örnek; sıkıştırma oranı ile oktan kalitesi arasındaki ilişkidir. Belli bir sıkıştırma oranında yeterli miktarda oktan sayısına sahip yakıt iyi çalışacaktır, fakat bu oktan sayısı düşünce performans da ona bağlı olarak düşecektir.

Enerji yoğunluğu, buharlaşma ısısı, özgül enerji, tutuşabilirlik sınırları, yanma hızı ve sıcaklığı gibi değerler yakıtların motor performanslarına etkilerini değerlendirmede kullanılan kriterlerden bazılarıdır. Biyoetanolün ve benzinin kendine özgü bu değerlerinin karşılaştırılması kuramsal olarak yapılabilir. Bunun yanında deneysel karşılaştırmalar da ortaya konulabilir.

Tablo 6'da biyoetanolün ve benzinin özelliklerinin bir karşılaştırılması görülmektedir. Biyoetanolün belli bir kaynama noktası, özgül ağırlığı, buharlaşma ısısı değerleri varken, içerisinde çeşitli bileşiklerin olduğu benzin

veya benzin-biyoetanol karışımının bu değerleri ele alınan yakıtta göre değişmektedir.

Enerji yoğunluğu (belli bir hacimde yakıttaki enerji miktarı) kavramı motor performansını doğrudan etkileyen bir etken değildir. Fakat bu kavram yakıt tankının hacmini ve ağırlığını etkilemektedir, dolayısı ile araç ile beraber taşınacak olan yakıt miktarını belirlemektedir. Bu yüzden de aracın yakıt tüketimi ile ilgisi vardır. Biyoetanolün benzine göre enerji yoğunluğu düşüktür. Yapılan bir çalışmada enerji yoğunluğunun düşük olması nedeni ile taşınması gereken fazladan yakıtın yakıt verimini yüzde 1 oranında etkilediği ortaya konulmuştur.(Wyman 1996)

Tablo 3.3 Biyoetanol ve Benzin Özelliklerinin Karşılaştırılması

Yakıt Parametresi	Biyoetanol	Benzin
Kaynama Noktası	78,5°C	27°C – 225 °C
Yoğunluk	0,79 kg/dm ³	0,72kg/dm ³ –0,78 kg/dm ³
Buharlaştırma Isısı	842 kJ/kg – 930 kJ/kg	325 kJ/kg – 395 kJ/kg
Tutuşabilirlik Sınırı	% 3,3 – %19	%1– %8
Stokiyometrik Hava/Yakıt Oranı (ağırlıkça)	8,97 – 9,0	14,5 – 14,7
Yanma Sıcaklığı	1930 °C	1997 °C
Net Yanma Isısı	21.098 kJ/dm ³ – 21.181kJ/dm ³	30.378 kJ/dm ³ – 33.165 kJ/dm ³
Oktan Sayısı [(A+M)/2]*	96 – 113	85 – 96
Özgül Enerji (AID/HY)**	3.000 kJ/kg	2.920 kJ/kg

*A: Araştırma oktan sayısı, M: Motor oktan sayısı.

**AID: Alt ısı değeri, HY: Hava/yakıt oranı

Kaynak: Wyman, C.E., 1996

Tablo 6’da görüldüğü gibi biyoetanolün benzine göre daha yüksek bir buharlaştırma ısı değeri vardır (yaklaşık olarak 890 kJ/kg). Motordaki hava akımı içerisinde yakıtın buharlaşması ile hava, bu buharlaşmanın etkisi ile

soğur. Böylelikle motor silindirene daha fazla miktarda hava alınabilmektedir. Bu etki motor gücünü artırır ve azami yanma sıcaklığı ile motordaki termal yükü düşürür.

Biyometanolün stokiometrik hava/yakıt oranı sayesinde hava ile soğutma etkisi 77°C olabilmektedir, bu değer benzinde ise 7°C olarak kalmaktadır. Ancak bu etki yakıtın tutuşmasının ve buharlaşmasının zor olduğu soğuk çevresel şartlardaki ortamlarda olumsuz olabilmektedir. (Wyman 1996)

Düşük yanma sıcaklığı motordaki ısı kaybını azaltmaktadır ve termal verimliliği artırmaktadır. Biyometanolün 1930°C olan yanma sıcaklığı benzinin 1977°C olan yanma sıcaklığından düşüktür ve bu motor verimini artırıcı etki yapmaktadır. Ayrıca biyometanolün düşük alev parlaklığı radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltarak ve düşük nitrik oksit emisyonuna yol açması ile olumlu bir etki yapmaktadır. Yakıtların motordaki ısı etkilerini karşılaştırmada kullanılan bir diğer önemli parametre de özgül enerjidir. Kuramsal özgül enerji, yakıtın alt ısı değerinin hava/yakıt oranına bölünmesi ile elde edilir. Dolayısı ile bu değer yanma odasında belli miktar hava ile ortaya konulan enerjiyi ifade etmektedir. Yüksek özgül enerji değeri motordan yüksek güç sağlanacağını ortaya koymaktadır. Biyometanolün özgül enerjisi 3000 kJ/kg iken benzinin 2920 kJ/kg'dır.(Wyman 1996)

Biyometanolün benzine göre yüksek oktan sayısına sahip olması motorda daha fazla sıkıştırma yapılabileceği anlamına gelmektedir. Yakıtın oktan değeri onun, tutuşmadan ne kadar sıkıştırılabileceğini gösterir. Düşük oktanlı yakıtlar ancak en az sıkıştırma oranına kadar dayanabilirler. Dolayısı ile yüksek oktanlı yakıtlarla motordan daha iyi verim alınabilmektedir. Biyometanolün benzine bu alandaki üstünlüğü de Tablo 6'da görülmektedir.

Ateşlendikten sonra biyometanol benzinden daha hızlı bir şekilde yanmaktadır, dolayısı ile daha verimli bir tork değeri elde edilmektedir. Biyometanolün benzine göre yüksek değerlerde daha geniş bir tutuşabilirlik sınırı vardır. Bu

sınırın yüksek olması ile her bir devirde daha fazla yakıt alınarak daha büyük bir güç elde edilebilir, ancak böylelikle verim düşmektedir.

3.2.2. Şeker Pancarı

Latincesi *Beta vulgaris var. Saccharifera* olan şeker pancarı etli kökünden şeker elde edilen, ıspanakgiller familyasından 2 yıllık bir tarım bitkisidir. Boyu yetiştiği iklime ve türüne göre 85-180 cm arasında değişmektedir. Dünya şeker üretiminin yüzde 30'u şeker pancarından elde edilmektedir.

Şeker pancarı, Türkiye'nin önemli endüstri bitkilerinden birisidir. Sulu koşullarda ve üstün tarım teknikleri kullanılarak üretilen bitki, aynı zamanda Türkiye çiftçisinin en önemli gelir kaynaklarından birisidir. Şeker pancarı tarımı, kendisinden sonra aynı tarlaya ekilen ürünlerin verimlerini de artırmaktadır. Türkiye'de şeker üretiminin yüzde 85'i şeker pancarından geri kalan yüzde 15'lik kısmı ise diğer şeker hammaddelerinden elde edilmektedir.

Türkiye'de şeker üretiminin önemli hammaddesi olan şeker pancarı; Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu ve Batı Karadeniz dışında tüm bölgelerde tarımı yapılabilen önemli bir sanayi bitkisidir. Türkiye'de şeker pancarı tarımı şeker sanayi ile birlikte gelişmiş, bu gelişmede kamu şeker fabrikalarının önemli payı olmuştur. Türkiye 2005 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü verilerine göre 13.500.000 ton şeker pancarı üretimi ile dünyada 6. büyük üreticidir.

Türkiye'nin yıllık şeker ihtiyacına bağlı olarak üretilecek şeker pancarı miktarı fabrikalar üzerinden belirlenir. Fabrika iş programına göre yıllık üretilecek şeker pancarı miktarını, bağlı bölgelerine dağılımını yapar. Üretilecek şeker pancarı miktarına o yılın kotası denir. Şeker pancarı tarımı sözleşmeli olarak yürütülmektedir. Pancar yetiştirme sözleşmesi çiftçilerle her yıl ekim dönemi öncesi yapılmaktadır.

Sözleşmelerde; kota miktarı, ürün teslim şartları, yeri ve zamanı, ödeme şartları, teknik ve hukuki şartlar bulunmaktadır. Çiftçilerle ilişki, köylerde pancar yetiştirme sözleşmesinin yapılması ile başlar, o yılın pancar teslimine kadar devam eder.

Şeker pancarından şeker ve biyoetanol üretimindeki başlangıç işlemleri benzerdir. Pancarın fabrikaya getirilmesi, tartılması, ön temizlemenin yapılarak silolanması,işleneceği zaman kanallar içinde basınçlı su yardımıyla işletmeye sevk edilmesi ve ön yıkamasının yapılması, yıkandıktan sonra taşıma bandı ile parçalama makinesine taşınması, parçalama makinesinde 4-8 mm en, 10 cm boyda olmak üzere rendelenmesi, rendelenmiş pancarın bant üzerinde difüzör denilen tanklara taşınması, 70 °C deki sıcak su ilavesiyle bekletilerek pancar şeritlerindeki şekerin suya geçmesinin sağlanması, şeker içeren sulu kısmın ayrılması, kalan katı kısmın preslenerek posanın ayrılmasıdır. Posa hayvan yemi olarak önem taşımaktadır.

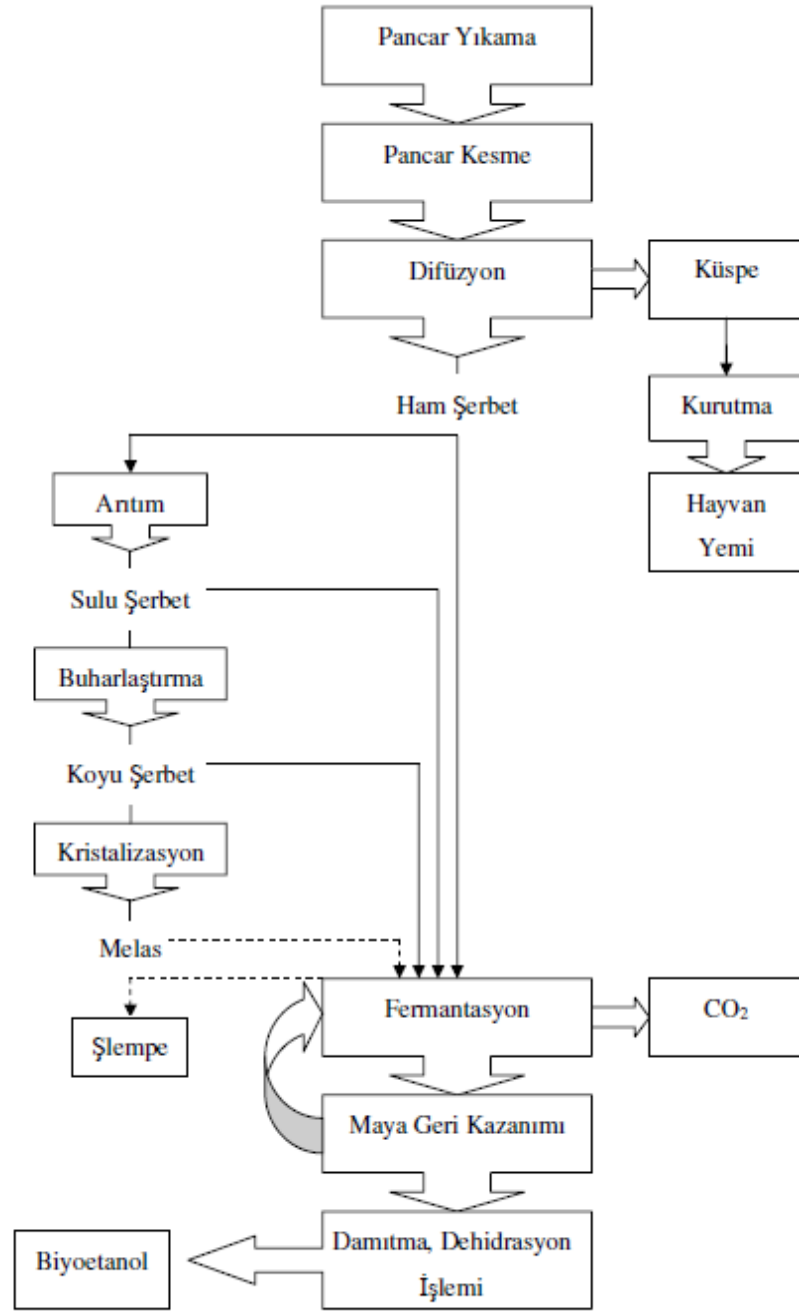
Elde edilen şekerli su “ham şerbet” olarak tanımlanır. Bundan sonraki işlemler gerek biyoetanol üretiminde gerekse şeker üretiminde farklılık göstermektedir. Ham şerbetteki şekerin saf maya (*Saccharomyces cerevisiae*) katkısıyla fermentasyona uğratılması, dolayısıyla alkole dönüştürülmesi, fermentasyon sonrası ürünün seperatörden geçirilerek maya ve diğer tortu maddelerinden ayrılması, sürekli çalışan damıtma kolonlarında buhar enerjisiyle alkollü maddedeki (mayşe) alkolün buharlaştırılarak, soğutucuda yoğunlaştırılması ve alkol-su karışımı halinde damıtık toplama tankında toplanması, elde edilen damıtıktaki istenmeyen yan ürünlerin (yüksek alkoller, furfural, aldehit vb.) ayrılması ve alkol miktarının kısmen yükseltilmesi amacıyla rektifikasyon kolonunda arıtma işleminin ve bünyesinde kalan yüzde 3-4 dolayındaki suyun buharlaştırılarak ayrılması için dehidrasyon kolonunda dehidrasyon işleminin gerçekleştirilmesidir.

Damıtma sonrasında, alkollü mayşe yükleme bölmesinde kalan artık, “şilempe” olarak tanımlanmakta ve çoğunlukla hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

Şilempedeki suyun buharlaştırılmasıyla “vinas” elde edilmektedir. Vinas da hayvan yemi olarak önem taşımaktadır. Vinas şilempeye nazaran daha uzun depolanabilir özelliktedir. Ham şerbetin koyulaştırılmasıyla elde edilen “koyu şerbet” de biyoetanol üretiminde kullanılabilir.

Ham şerbetten; fermentasyon sonrasında yüzde 12-14 alkol içeren alkollü mayşe, alkollü mayşenin kolonda damıtılması sonrasında yüzde 82-87 alkol içeren damıtık ürün elde edilmekte, damıtık ürünün rektifikasyonu sonrasında alkol miktarı yüzde 96 'ya, dehidrasyon sonrasında yüzde 99,7'ye yükselmektedir.

Şekil 3.1. Şeker pancarından biyoetanol üretim aşamaları



Kaynak: Bulut, B. 2006

3.2.3. Buğday

Türkiye’de hububat ekim alanı içerisinde yaklaşık yüzde 67’lik pay ile ilk sırada buğday yer almaktadır. Buğday ürününden elde edilen un, bulgur, makarna, nişasta insan beslenmesinde; buğday bitkisinin sapları ise kağıt-karton sanayinde ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. (T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı 2004)

Latince olarak ekmek yapımında kullanılan buğday *Triticum aestivum*, makarna yapımında kullanılan buğday ise *Triticum durum* olarak adlandırılmaktadır. Ekmeklik ve makarnalık buğdaydan koşullara daha dayanıklı olan ve topbaş olarak adlandırılan buğday çeşidinin latincesi ise *Triticum compactum*’dır.

Dünyada ekonomik olarak en önemli çeşit ekmeklik buğday çeşididir. Tüm dünyadaki buğday üretiminin yaklaşık yüzde 80 – 90 ‘nını ekmeklik buğday oluşturmaktadır. Makarnalık buğday, ekmeklik buğdaya göre daha narin ve daha özel koşullarda yetişmekle beraber dünya buğday üretiminin yüzde 10 – 20 kadarını oluşturmaktadır.

Özellikle insan beslenmesinin yapı taşı oluşturulan buğday nüfus artışına göre düzenli olarak üretimi artan bir bitki türüdür. Ülkemizin Karadeniz bölgesinin bir kısmı hariç tüm bölgelerinde rahatlıkla yetiştirilen buğday; 1930’lu yıllarda yaklaşık 2,5 milyon ton üretilmişken bu rakam 2009 yılında yaklaşık 20,6 milyon tona ulaşmıştır.

Yazlık ekim ve kışlık ekim olmak üzere iki üretim şekli bulunmaktadır. Yazlık ekimde kışlık ekime göre 1 kat daha fazla verim elde edilmektedir. Kışlık ekim kasım ayına girmeden yapılmalı ve toprak sıcaklığı 8 – 10 °C derece civarında olmalıdır. Buğday toprağı yordduğu için aynı tarlaya 3 yıl üstüste buğday ekilmesi toprak verimini ve kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Buğday hasadı ülkemizde mevsimin koşullarına göre Haziran – Ağustos ayları arasında yapılmaktadır. Genellikle kuru tarımla üretilen buğday bazı çeşitlerin çok su istemesinden dolayı sulu olarak da yetiştirilebilir.

Buğday dünyada biyoetanol üretiminde mısır ve şeker kamışından sonra en çok kullanılan bitki türüdür. Kuru ağırlığına bakıldığında buğdayın içerisinde yaklaşık yüzde 65 oranında nişasta vardır ve bu oran biyoetanol için iyi bir hammadde demektir. Biyoetanol üretimi için buğdayın içerisindeki nişasta değeri çok önemlidir. Çeşitler içerisinde protein oranı düşük, nişasta değeri yüksek olan türler biyoetanol üretimi için önemlidir. Buğdayda protein miktarı tür/çeşit, çevre koşulları (iklim, toprak, hastalık ve zararlılar) ve üretim koşullarına (gübreleme, sulama, makineli tarım) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Genel olarak sert buğdaylarda ve bol azotlu topraklarda yetişenlerde protein miktarı daha fazladır. Yumuşak buğdaylarda ise sert buğdaylara göre daha fazla nişasta bulunur.

Türkiye'nin Orta Anadolu ve diğer bazı bölgelerinde ekilen topbaş buğday, diğer buğday çeşitlerine göre biyoetanol üretimi için daha elverişlidir. Kuraklığa dayanıklı, taneleri beyaz, yapısı yumuşak ve protein miktarı ise düşüktür.

Buğdayın içerisindeki nişasta glikoza dönüştürülerek fermente edilir. Bu işlem ek bir maliyet demektir ancak tüm üretim sürecindeki maliyetlerle kıyaslandığında önemli bir orana sahip değildir.

Biyoetanol üretiminde buğday öncelikle öğütülür ve kontrollü sıcaklık ve nem değerlerinde malt haline getirilir, daha sonra enzimler yardımı ile nişasta glikoza dönüştürülür. Glikoz daha sonra biyoetanol üretmek için maya yardımı ile fermantasyona sokulur. Daha sonra lapa bir damıtma sistemi sayesinde su ve artıklardan arındırılarak yüzde 96 saflıkta biyoetanol elde edilir. Daha sonra bu biyoetanol dehidrasyon sayesinde saflaştırılır. Geri kalan artıklar ise kurutulur hayvan yemi olarak kullanılır.

Biyoetanol üretiminde buğdayı kullanan başlıca ülkeler Kanada, İspanya, Fransa, İsveç ve Avustralya'dır.

3.2.4. Mısır

Mısır Türkiye'de çeltik ve buğdaydan sonra 3. sırada üretimi yapılan önemli bir tarım ürünüdür. Hemen hemen bütün bölgelerde yetişmesine rağmen en verimli Akdeniz, Karadeniz ve Marmara bölgesinde yetiştirilmektedir.

Türkiyede yetiştirilen mısır çeşitleri Latince olarak; at dişi mısır - *Zea mays intendata*, sert mısır - *Zea mays indurata*, cin mısır - *Zea mays everta* ve şeker mısırı - *Zea mays saccharata*'dır. Sert mısır daha çok mısır unu olarak kullanılmak amacıyla Karadeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. Cin mısır ve şeker mısır ise çerez olarak tüketilmek üzere ülke genelinde yetiştirilmektedir.

Orijini Amerika kıtası olan mısır Dünya'da ve Türkiye'de bitkisel kökenli proteinlerin yeterli ve ekonomik üretimi için büyük önem taşımaktadır. Özellikle ülkemizde mısır tarımı hayvansal protein üretimine büyük ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca mısırın tanesinden elde edilen nişasta, glikoz ve mısırözü yağı da ham madde açısından büyük bir öneme sahiptir. Mısır üretimi özellikle ülkemizde sulanır alanların artmasına bağlı olarak son yıllarda önemli artışlar göstermiştir. Sulu tarım alanlarında özellikle ikinci ürün mısır tarımının yapılması süt ve besi hayvanı yetiştiricileri için kaliteli, bol ve ucuz yem kaynağı sağlamaktadır.

Ekim zamanı toprak ısıyla yakından ilgilidir. Çimlenmenin iyi olabilmesi için toprak ısısının 12 °C olması gerekmektedir. Yüksek toprak sıcaklıklarında (18-20 °C) tohumların çimlenmesi daha hızlı olur.

Bölgelerin iklim durumuna göre ekim zamanları Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Nisan başı, Marmara, Orta Anadolu ve Karadeniz Bölgelerinde Nisan sonu, Doğu Anadolu Bölgesinde ise Mayıs ayıdır. Erken ekimler, mısır bitkisinin Kış ve İlkbahar yağışlarından daha iyi yararlanmasını sağlar.

Dünyanın en büyük biyoetanol üreticilerinden olan ABD'nin; üretiminin neredeyse tamamını mısırdan gerçekleştirmesi dünya üzerinde mısırdan biyoetanol üretiminin önemli bir paya sahip olmasını sağlamıştır. Kuru ağırlığının yaklaşık yüzde 70'i nişasta olan mısır biyoetanol üretimi için cazip bir bitkidir.

Mısırdaki tahıl grubuna girdiği için mısırdan biyoetanol üretimi diğer tahılların izlediği üretimin süreçleriyle benzerlik gösterir. Günümüzde mısırdan biyoetanol üretimi öğütme ve kuru öğütme olarak ikiye ayrılır.

Yaş öğütme yönteminde mısır taneleri öncelikle ılık su içerisinde bekletilir ve bu işlem sayesinde tane içindeki proteinler ayrılır, nişasta açığa çıkması sağlanır ve öğütme için mısır tanesi yumuşatılmış olur. Öğütme işlemi ile mısır özü, lif ve nişasta elde edilir. Lif ve ilk aşamadan elde edilen sulu karışım yoğunlaştırılarak hayvan yemi olarak kullanılabilir ve kuru ağırlık olarak yaklaşık yüzde 35'ini protein oluşturmaktadır.

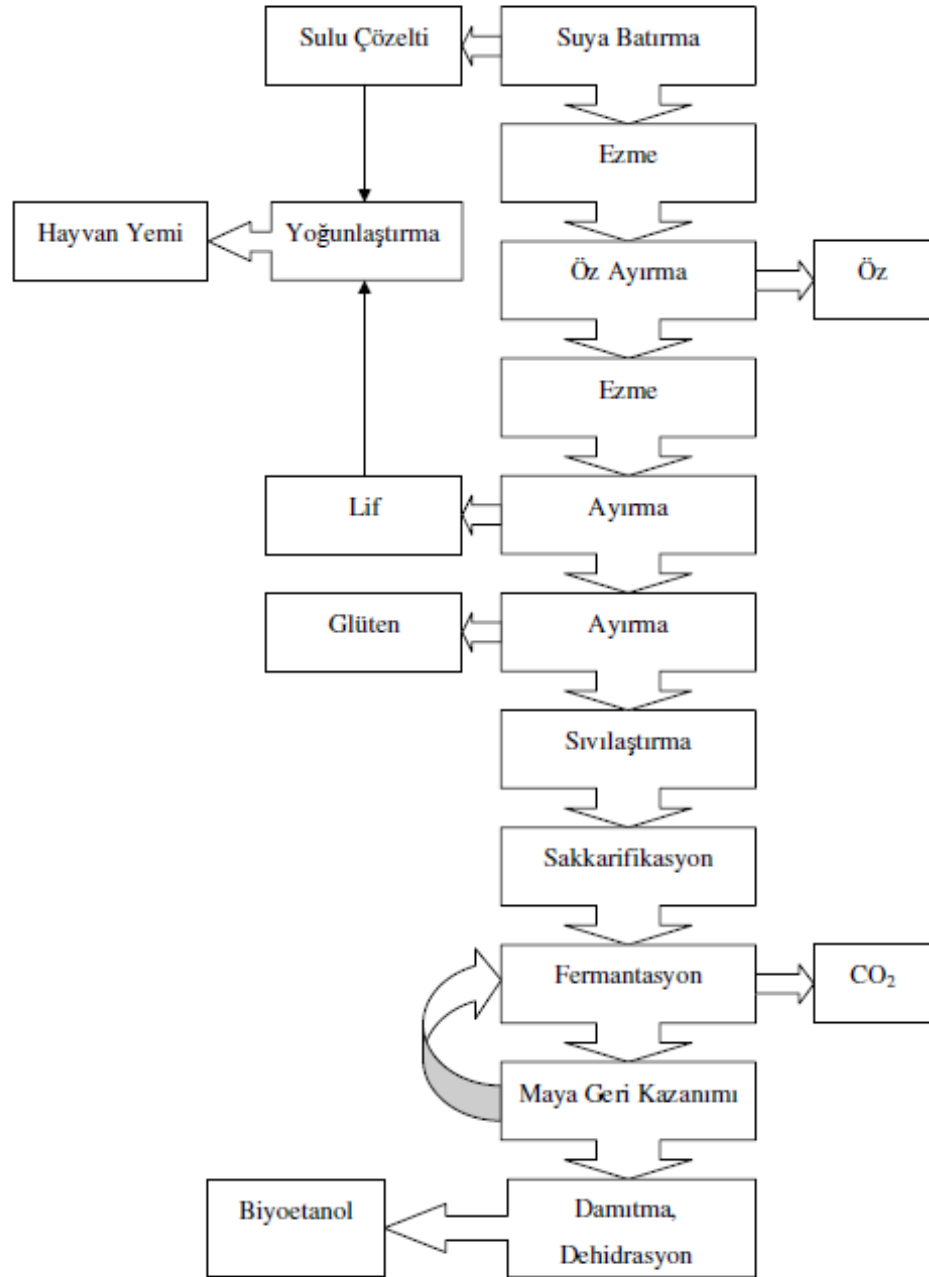
Mısır özü, yağ elde etmek için kullanılırken, nişasta da santrifüj ve sakkarifikasyon aşamasından geçer. Bu aşamadan sonra ise daha önce bahsedilen biyoetanol üretim aşamaları gerçekleştirilir.

Kuru öğütme yönteminde ise mısır taneleri öğütücüde un kıvamına getirilir ve mısır özü, lif ve nişasta elde edilir. Daha sonra şeker çözeltisi elde etmek için karışım hidrolize edilir ve sakkaroz enzimler veya sulu asit kullanılarak parçalanma sağlanır. Kuru öğütme yöntemi fabrika kurulumu ve işletimi için olan düşük sermayeye ihtiyaç duyduğundan daha çok tercih edilmektedir.

Teknolojideki gelişmeler kuru öğütme yöntemini daha cazip ve verimli hale getirmiştir. Biyoetanol üretiminde hammadde olarak mısırın kullanılması ile mısır özü gibi yan ürünün yanında damıtma işlemi sonucu elde edilen yan ürün de hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Biyoetanol üretiminde mısır kullanılması durumunda damıtma işlemi sonucunda elde edilebilecek yan ürün

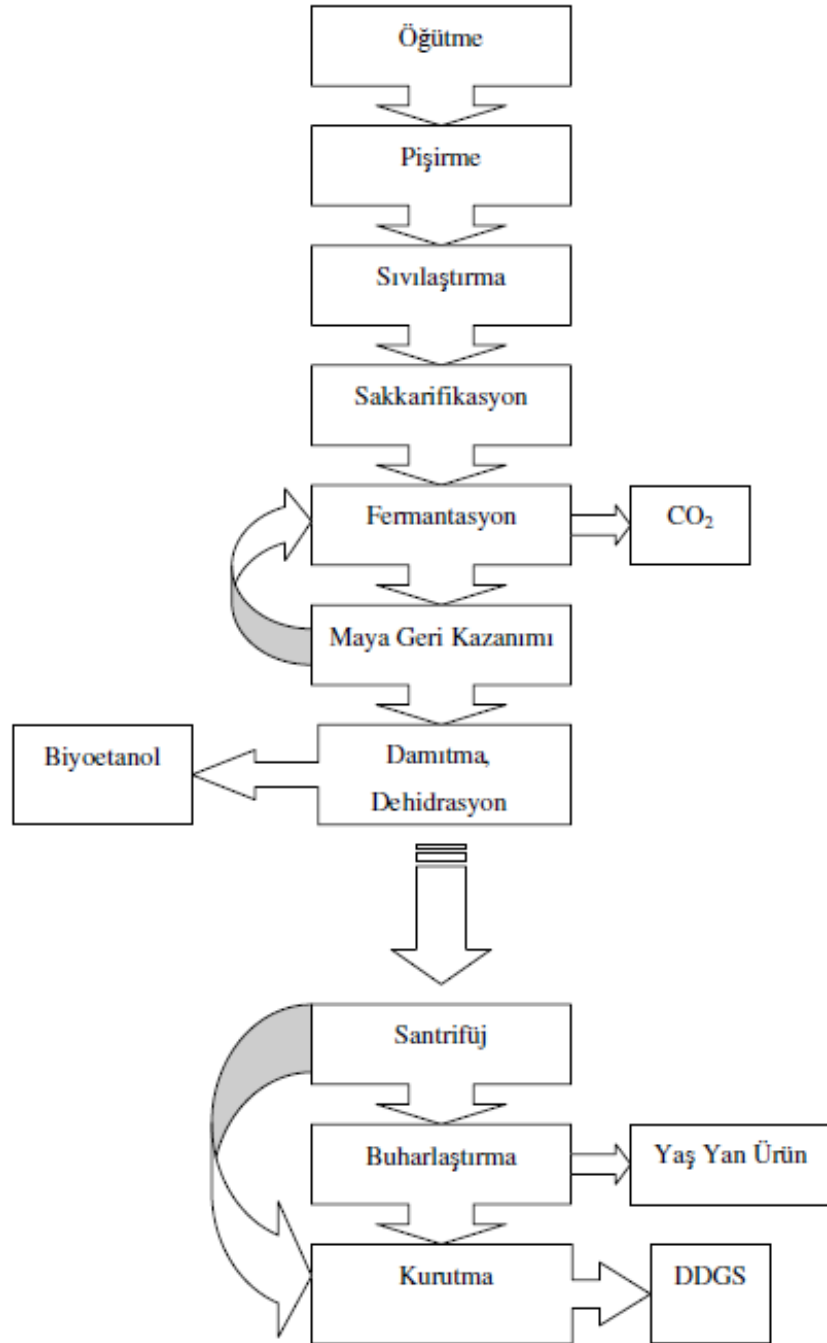
miktarı yaklaşık olarak kullanılan mısır ağırlığının yüzde 32'si kadardır ve mısırdan elde edilen yan ürünün yaklaşık olarak yüzde 30'u ham proteindir.

Şekil 3.2 Yaş öğütmeyle mısırdan biyoetanol üretim aşamaları



Kaynak: Bulut, B. 2006

Şekil 3.3 Kuru öğütmeyle mısırdan biyoetanol üretim aşamaları



Kaynak: Bulut, B. 2006

4. TÜRKİYE'DE BİYOETANOL ÜRETİMİ

Ülkemizde 2000'li yılların başında başlayan biyoetanol araştırmaları, yapılanma ile günümüze kadar gelse de bugüne kadar kullanım zorunluluğu olmaması nedeniyle sektöre bariz bir etkide bulunmamıştır.

Ülkemizde, biyoetanol sektöründe mevcut durumda 3 üretim tesisi bulunmaktadır. Bununla birlikte Eskişehir şeker Fabrikası Alkol Üretim Tesisinde yakıt alkolü üretimine dönük yatırım yapılmıştır. Yasal düzenlemeleri Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de kurulu biyoetanol üretim kapasitesi 149,5 milyon litredir. Bunun yüzde 56'lık kısmı, 84 milyon litre ile bir çiftçi kuruluğu olan Pankobirlik çatısı altında yer alan Konya şeker Tic. ve San. A.ř.'ye aittir.

Hammadde olarak şeker pancarı ve şeker prosesinin artığı olan melas kullanılmaktadır. Diğer 2 tesis Bursa (Kemalpaşa) ve Adana'da kurulu olup mısır ve buğdaydan üretim yapılmaktadır. Ülkemizin biyoetanol kurulu kapasitesi benzin tüketimimizin yaklaşık yüzde 7'sini karşılar durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketimimizin yüzde 1'inin çok altındadır. Bununla birlikte 27.09.2011 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren EPDK kararına göre piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren yüzde 2, 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle de en az yüzde 3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yakıt etanolü (biyoetanol) ilave edilmesi zorunluluğu getirilmiştir. Ülkemizde biyoetanolde yerli hammadde ile üretilen biyoetanolün yüzde 2'lik kısmı ÖTV'den muaftır.

30.12. 2011 tarihinde, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına bağlı olan Karadeniz Araştırma Merkezi bünyesinde kurulan Enerji Tarımı Araştırma Merkezi hizmete girmiştir. Merkez, enerji bitkilerinin yanı sıra ileri kuşak biyoyakıt teknolojileri konusunda da çalışmalar yapacağını bildirilmektedir. (Ar 2012)

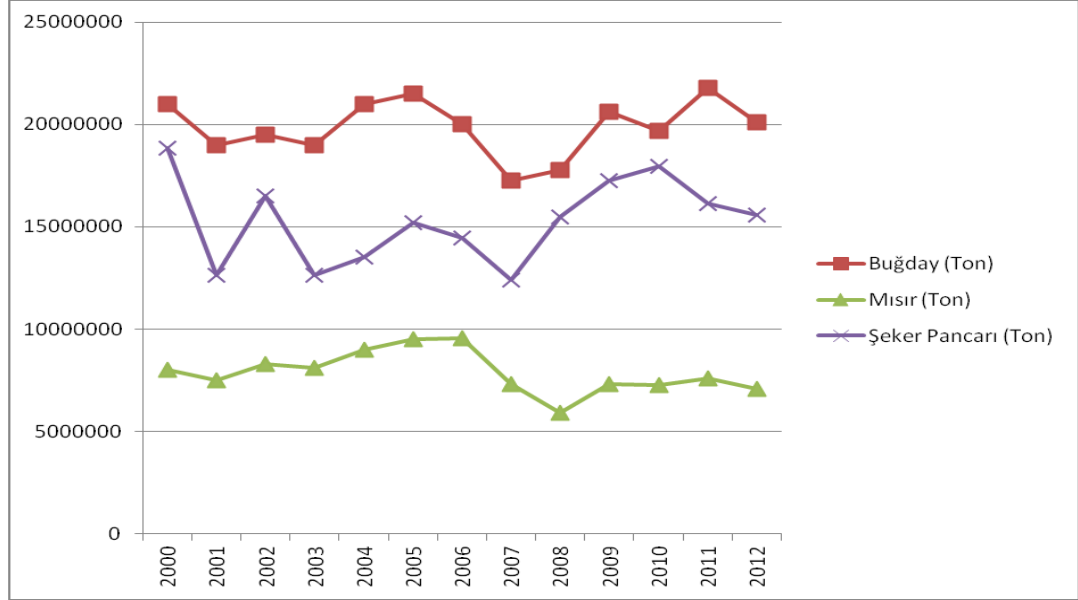
Yapılan çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynaklarından biyoetanolün Türkiye coğrafyasında çevre ve ekonomi parametreleri gözönüne alınarak en verimli şekilde üretilebilmesi için bir algoritma sunmaktır.

4.1 HAMMADE SEÇİMİ

Türkiye'nin verimli topraklara sahip olması bir çok bitkinin sorunsuz ve yüksek verimli şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Dünyada biyoetanol üretiminde başlıca bitkiler olarak kullanılan şeker pancarı, mısır ve buğday ülkemizin hemen hemen her yöresinde yetişmekte ve yüksek verimle üretim yapılmaktadır.

Şekil 4'te 2000 – 2012 yılları arasında Türkiye'de buğday, mısır ve şeker pancarına ait üretim verileri görülmektedir. Yıllara göre mevsimsel değişimsel üretim miktarını değiştirse de genele baktığımız zaman sabit üretimle her yıl üretim yapıldığı görülmektedir.

Şekil 4.1 Yıllara göre Türkiye buğday, mısır ve şeker pancarı üretiminin değişimi.



Kaynak: TÜİK, 2011

Eskişehir ili hem Ege bölgesinde bulunmasından, hem de İç Anadolu bölgesine yakınlığından dolayı topraklarında biyoetanol için ihtiyaç duyduğumuz hammaddeler sorunsuz olarak yetiştirilebilmektedir. Aynı zamanda Eskişehir sınırlarında şeker fabrikası bulunması devamında şeker pancarından biyoetanol üretimini çekici kıldığı için oluşturulan algoritmada baz alınan veriler Eskişehir ilinin 2009 yılı sonuçlarına aittir.

Tablo 7 ve 8’de 2009 yılında Eskişehir ilinde üretimi yapılan buğday (kuru tarım/sulu tarım) , mısır ve şeker pancarı bitkilerinin dekara maliyetleri, dekara verimleri, biyoetanol üretim potansiyelleri verilmiştir.

Tablo 4.1. 2009 yılında Eskişehir ili buğday, şeker pancarı ve mısır üretim maliyetleri

<u>Dekara</u> <u>Maliyeti</u> <u>(TL/da)</u>	BUĞDAY				MISIR		ŞEKER PANCARI	
	<i>Kuru Tarım</i>		<i>Sulu Tarım*</i>		TL/da	%	TL/da	%
	TL/da	%	TL/da	%				
Toprak İşleme	21,26	15,56	21,26	9,56	17,37	5,68	17,26	2,60
Bakım İşleri	3,15	2,31	33,99	15,29	37,74	12,35	258,34	38,98
Hasat –								
Harman –	10,06	7,36	12,46	5,60	58,00	18,97	94,50	14,26
Nakliye								
Çeşitli Girdiler	64,75	47,41	86,70	39,00	103,90	33,99	108,52	16,37
Ortak Giderler	37,38	27,36	67,93	30,55	88,64	29,01	184,19	27,79
<i>TOPLAM</i>	136,60	100	222,34	100	305,65	100	662,81	100
Verim (kg/da)	220		460		700		5500	
Biyoetanol Üretim Potansiyeli (lt/kg)	0,34		0,34		0,36		0,11	
Biyoetanol Verimi (lt/da)	-		156,4		252		605	

Kaynak: Eskişehir Ziraat Odası (EZO)

* Ülkemizde buğday genellikle sulamasız olarak yetiştirilmektedir. Sulama imkanının olduğu yerlerde buğday, sapa kalkma ve çiçeklenme dönemlerinde sulanmalıdır. Fakat kurak geçen yıllarda bu kritik dönemler beklenmeden bitki strese girdiği zaman sulama yapılmalıdır.

Tablo 7' de toprak işleme, bakım işleri, hasat – harman – nakliye, çeşitli girdiler ve ortak giderler başlıkları altında toplam maliyet incelenmiş, kuru tarımla buğday üretiminde toplam maliyet 136,60 TL/da , sulu tarım buğday üretiminde toplam maliyet 222,34 TL/da, mısır üretiminde toplam maliyet 305,65 TL/da ve şeker pancarı üretiminde toplam maliyet 662,81 TL/da olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında şeker pancarı üretiminde bakım işlerine harcanan miktarın çok olması toplam maliyetin 662,81 TL/da'yla en yüksek maliyet olmasına neden olmuştur.

Yine tablo 1 de buğday, mısır ve şeker pancarının dekara verimleri ve biyoetanol üretim potansiyelleri verilmiştir. Sulu tarımla üretilen buğdayın verimi 460kg/da, biyoetanol üretim potansiyeli 0,34 lt/kg'dir. Mısır için verim 700kg/da ve biyoetanol üretim potansiyeli 0,36 lt/kg , şeker pancarı için ise verim 5500 kg/da ve biyoetanol üretim potansiyeli 0,11 lt/kg'dir.

Verim ve biyoetanol üretim potansiyeli değerlerini çarptığımızda ürün bazında bir dekar alandan kaç litre biyoetanol verimi elde edileceği; sulu tarımla buğday üretiminde 156,4 lt/da, mısırdaki 252 lt/da ve şeker pancarında 605 lt/da şeklinde hesaplanmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde dekar başına en verimli bitkinin şeker pancarı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2. 2009 yılında Eskişehir ili buğday, şeker pancarı, mısır ve biyoetanolün üretim maliyetleri

<u>Dekara Maliyeti</u> <u>(TL/da)</u>	BUĞDAY		MISIR	ŞEKER PANCARI
	<i>Sulu Tarım</i>	<i>Kuru Tarım</i>		
	TL/da	TL/da	TL/da	TL/da
Tohum	16,00	16,00	32,50	4,17
Su <i>(Motopomp+İşçilik+Sulama Birliği)</i>	40,04	-	40,04	214,99
Üretim Maliyeti	206,34	128,60	305,65	642,80
Yan Ürün Geliri	16,00	8,00	-	20,00
Biyoetanol Üretim Maliyeti (lt/TL)	0,758	-	0,824	0,941

Kaynak : EZO

Tablo 8’de ki kıyaslama kriterleri tohum, su, üretim maliyeti ve yan ürün geliridir. Üretim maliyeti Tablo7’deki toplam maliyetten, yan ürün gelirinin çıkartılmasıyla hesaplanmıştır. Üretim maliyeti kuru tarımla buğday üretiminde 128,60 TL/da, sulu tarımla buğday üretiminde 206,34 TL/da, mısırdaki 305,65 TL/da ve şeker pancarında 642,80 TL/da olarak hesaplanmıştır. Tabloya bakıldığında tohum fiyatı en düşük şeker pancarında 4,17 kg/da olarak gözükmemekte fakat su kullanımı açısından karşılaştırma yapıldığında en maliyetli tüketimin yine 214,99 TL/da’yla şeker pancarında olduğu görülmektedir.

Tablo 8’de görülen biyoetanol üretim maliyeti; Tablo 7’de bulunan biyoetanol veriminin Tablo 8’de bulunan üretim maliyetine bölünmesiyle bulunmuştur. Bu hesaplama doğrultusunda 1 TL karşılığında sulu tarım yapılarak üretilen

buğdaydan 0,758 lt/TL, mısırdan 0,824 lt/TL ve şeker pancarından ise 0,941 lt/TL biyoetanol elde edildiği görülmektedir.

5.SONUÇ

Fosil kaynakların hem giderek azaldığı hem de çevre kirliliği problemlerine yol açtığı günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan eğilim kaçınılmazdır. Biyokütle enerjisinin önemli ayaklarından biri olan biyoetanol halihazırda tarımı etkin olarak yapan ülkemizin enerji ihtiyacında dışa bağımlılığını azaltacaktır. Bu noktadan yola çıkıldığında ülkemizde birçok bölgemizde yetişen buğday, mısır ve şeker pancarı biyoetanol üretim potansiyelleri bakımından ele alınmıştır.

Buğday, mısır ve şeker pancarının biyoetanol üretim potansiyelleri sırasıyla 0,34 lt/kg, 0,36 lt/kg ve 0,11 lt/kg olarak verilmektedir. Bu veri şeker pancarını sıralamada en geriye atmaktadır ancak gözardı edilmemesi gereken ikinci veri alan başına verimdir. Şeker pancarı hasat verimi dikkate alındığında en yüksek verimi (5500 kg/da) vermektedir. Şeker pancarını hasat veriminde mısır (700 kg/da) ve buğday (460 kg/da) oldukça geriden takip edebilmektedir.

Çalışmamız sonucunda şeker pancarından biyoetanol üretim maliyetinin en düşük (1,063 TL/lt) olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu değeri mısır (1,214TL/lt) ve buğday (1,319 TL/lt) takip etmektedir. Şeker pancarı biyoetanol üretim potansiyelinde şeker pancarı ve buğdayın yaklaşık yüzde 31'ine karşılık gelmekle beraber hasat veriminde bu ürünlerin 8 ila 11 katı fazla değere ulaşmaktadır. Dolayısıyla şeker pancarı biyoetanol üretim potansiyelindeki dezavantajını hasat verimi ile avantaja çevirmektedir.

Yıllara göre ülkemizde üretilen buğday, şeker pancarı ve mısırın yıllık ortalama üretim değerleri buğday için 20.191.800 ton, mısır için 15.268.455 ton ve şeker pancarı için 7.834.636 ton olarak hesaplanmaktadır. Bu üç ürünün ülkemiz üretim eğilimleri dikkate alınarak aynı arazide yetiştirildiği düşünüldüğünde arazinin yüzde 46,6'sında buğday, yüzde 35,3'ünde mısır ve yüzde 18,1'inde şeker pancarı ekimi yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu yüzelere karşılık gelen biyoetanol üretim maliyeti bir dekar için 320,43 TL olarak hesaplanmaktadır.

Tablo5.1: Biyoetanol üretim maliyetleri (2009)

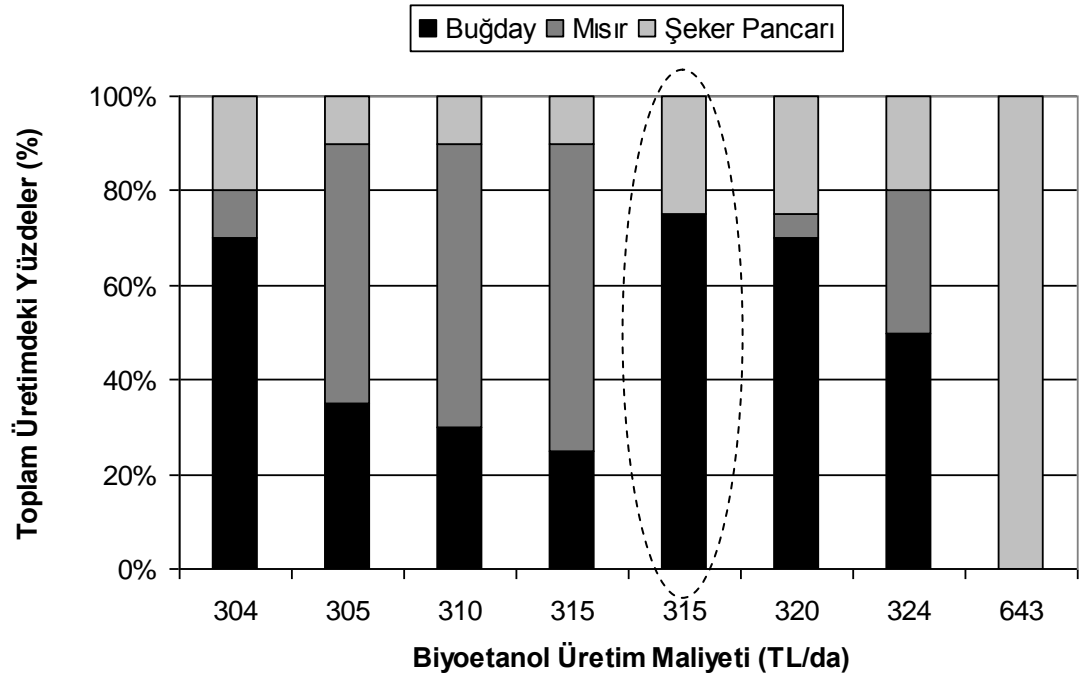
Birim değerler;	Buğday	Mısır	Şeker Pancarı	
<i>Toplam Üretim Maliyeti (TL/da)</i>	222,34	305,65	662,81	
<i>Verim (kg/da)</i>	460	700	5500	
<i>Bioetanol Üretim Potansiyeli (lt/kg)</i>	0,34	0,36	0,11	
<i>Biyoetanol Verimi (lt/da)</i>	156,4	252	605	
<i>Biyoetanol Üretim Maliyeti (TL/lt)</i>	1,319	1,214	1,063	
1000 dekarlık arazilerde;	Buğday	Mısır	Şeker Pancarı	
<i>Toplam Üretim Maliyeti (TL/1000 da)</i>	222.340,00	305.650,00	662.810,00	
<i>Verim (kg/1000 da)</i>	460.000,00	700.000,00	5.500.000,00	
<i>Bioetanol Üretim Potansiyeli (lt/kg)</i>	0,34	0,36	0,11	
<i>Biyoetanol Verimi (lt/1000 da)</i>	156.400,00	252.000,00	605.000,00	
<i>Biyoetanol Üretim Maliyeti (TL/1000 da)</i>	206.332,45	305.825,24	642.933,05	
Yıllık ortalama üretim (ton/yıl)	20.191.800	15.268.455	7.834.636	Toplam 43.294.891
Arazide üretim yüzdeleri (%)	46,6	35,3	18,1	
1000 dekarlık BİR arazide;	Buğday	Mısır	Şeker Pancarı	
<i>Toplam Üretim Maliyeti (TL/da)</i>	103.695	107.791	119.942	
<i>Verim (kg/da)</i>	214.534	246.863	995.279	
<i>Bioetanol Üretim Potansiyeli (lt/kg)</i>	0,34	0,36	0,11	
<i>Biyoetanol Verimi (lt/da)</i>	72.942	88.871	109.481	Toplam (TL/1000 da)
<i>Biyoetanol Üretim Maliyeti (TL/da)</i>	96.229	107.853	116.345	320.427
Arazide üretim yüzdeleri (%)	74,0	0,0	26,0	100,0
1000 dekarlık BİR arazide;	Buğday	Mısır	Şeker Pancarı	
<i>Toplam Üretim Maliyeti (TL/da)</i>	164.532	0	172.331	
<i>Verim (kg/da)</i>	340.400	0	1.430.000	
<i>Bioetanol Üretim Potansiyeli (lt/kg)</i>	0,34	0,36	0,11	
<i>Biyoetanol Verimi (lt/da)</i>	115.736	0	157.300	Toplam (TL/1000 da)
<i>Biyoetanol Üretim Maliyeti (TL/da)</i>	152.686	0	167.163	319.849

Kaynak: EZO

Şeker pancarından yüksek hasat verimi dolayısıyla daha fazla biyoetanol üretilebileceği için şeker pancarının arazideki payını mümkün olan en yüksek değere çekmek faydalı olacaktır. Buradaki kısıt ise maliyettir. Şeker pancarının

üretim maliyeti mısır ve buğdaya göre daha yüksek olduğundan biyoetanol üretimi amacıyla bir araziye sadece şeker pancarı ekmek ekonomik olmamaktadır (Şekil 5.1). Bu durumda şeker pancarı arazisinin halihazırdaki durum için dekar başına hesaplanan 320,43 TL değerini geçmeden mümkün olan en yüksek değere çekilmesi gerekmektedir. Şeker pancarı için halihazırdaki kısıtlara göre elde edilen en yüksek arazi alanı yüzde 25 olarak bulunmaktadır ki bu senaryoda arazide mısır ekiminin yapılmayacağı ve buğday ekiminin de arazinin yüzde 75’lik kısmında yapılacağı öngörülmektedir (Şekil 5.1).

Şekil 5.1. Şeker pancarı, buğday ve mısırın farklı yüzdelerle ekimleri sonucu oluşan biyoetanol üretim maliyeti. (Kesikli çizgilerinin içindeki senaryoda şeker pancarı ekimi maksimize edilmiştir.)



Ülkemizin buğday, mısır ve şeker pancarından biyoetanol üretimi için halihazırdaki ekim eğilimlerini izlemesi en iyi çözümü vermemektedir. Biyoetanol üretimi için buğday, mısır ve şeker pancarından faydalanılacağı takdirde bir optimum arazi ayrılması gerekmektedir. Optimum biyoetanol

Üretim maliyeti için Şeker pancarı gereksinim duyduğu arazi toplam arazinin yüzde 25'i kadar olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Kitaplar

Karaca, C., Başçetinçelik, A. ve Öztürk, H., *Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyokütle Politikaları*, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 1, 439-448, Mayıs 2004, İstanbul.

Wyman, C.E., *Handbook On Bioethanol: Production And Utilization*, Applied Energy Technology Series, 1996

Valcav Smil, William E. Knowland, *Energy in the Developing World*, New York, Oxford University Pres, 1980, s.6

Sürekli Yayınlar

Akkuş, M.F., *Türkiye’de Jeotermal Enerji ile Konut ve Sera Isıtılmasında Yeni Gelişmeler*, Türkiye 5. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri (2), Ankara, 177 – 190 , 1990

Altan, M., ve Yörükoğulları, E., Hidrojen-Zeolit Sisteminin Enerji Teknolojisindeki Önemi, Türkiye 7. Enerji Kongresi, II, Ankara, 99-108, 1997

Acaroğlu, M., Oğuz, H., Ünaldı, M., 2004. Türkiye İçin Alternatif Bir Yakıt: Biyoetanol., Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri. Biyoenerji 2004 Sempozyumu, Ekim 2004, İzmir.

Alemdaroğlu, N., *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar* , İstanbul Ticaret Odası, İstanbul, 2007, s.15

Berg, C., *World Fuel Ethanol Analysis and Outlook*, F.O. Licht, Nisan 2004, Ratzeburg, Almanya.

Bulut, B., *Tarıma Dayalı Alternatif Yakıt Kaynaklarından Biyoetanol ve Türkiye için En uygun Biyoetanol Hammaddesi Seçimi*, İstanbul,2006

Çelik, N., *Temiz Enerji*, Orman ve Ekonomi Dergisi, 2008, S.32, ss.24-28.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, *1998 Enerji Raporu*, Türkiye 8. Enerji Kongresi, Ankara, 128, 2000

DSİ, *Hidroelektrik Enerji*, DSİ Su Dünyası Dergisi, Ankara, 2010

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, *Enerji Raporu*, Ankara, 74, 1993

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, *Enerji Raporu*, Ankara, 68, 1997

Demirbaş, A., *Biomass Energy Resources for Energy and Chemical Industry*, Energy Edu. Sci. Technol, 5, 21-45, (2000).

Duffie, J.A., ve Beckman, W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Walley and Sons Inc., 1991

Erul, G., *Jeotermak Enerji Kullanım Alanları ve Reenjeksiyon*, Ulusal Eneji Verimliliği Kongresi, 278 – 290, Ankara,2000

Enerjinin Önemi, Sınıflandırılması ile İhtiyaç Dengesi ve Gelecekteki Enerji Kaynakları, Dünya ve Türkiye'deki Enerji ve Su Kaynaklarının, Ulusal ve Uluslar Arası Güvenliğe Etkileri 15-16 Ocak 2004, İstanbul, Harp Akademiler Komutanlığı, 2004

Erişen, B., *Jeotermal Kaynakların Elektrik Dışı Kullanımında Gelişmeler ve Jeotermal Enerji Yasası Gereksinimi Üzerine Düşünceler*, Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri (4), İzmir, 271-288 ,1994

Garg, H.P. ve Datta, G., *Global Status on Renewable Energy, International Workshop*, Iran University of Science and Technology, 19-20 May 1998

Gökdemir, M., Kömürcü, M.,İ., Evcimen, T.U., *Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış*, İMO, 2012

Gürleyik, E., *Fosil Kaynakların Yağlı Tohumlar ile Birlikte Pirolyzi ve Ürünlerin İncelenmesi* , Şubat 2006

Grahmann, K., Wyman, C.E. and Hammel, M.E., *Pontential for fuels from biomass and wastes, Emerging Technologies for Materials and Chemicals*

from Biomass , R.M. Rowel, T.P. Schultz, R. Narayan (Eds.), Amer. Chem. Soc. Washington, D.C., 2, 354-392, 1990

IEA, *Bus Systems for the Future: Achieving Sustainable Mobility Worldwide*, International Energy Agency, Paris, Fransa 2002

IEA, *Biofuels for Transport: An International Perspective*, International Energy Agency, Nisan 2004

Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, S.M., *Geleceğin Alternatif Enerji Kaynağı Biyoetanolin Önemi ve Sorgum Bitkisi*, Temmuz 2009

Karaosmanoglu, F., *Biyokökenli Endüstriyel Ürünler-I: Yakıt Alkolü*, 3e Dergisi, Sayı 134, Temmuz 2005.

Karaosmanoglu, F., *Türkiye için Çevre Dostu Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin*, Enerji ve Kojenerasyon Dünyası Dergisi, 10, 50-56, Nisan 2002, İstanbul

Karaosmanoğlu, F., *Biyokökenli Endüstriyel Ürünler-I: Yakıt Alkolü*. 3e Dergisi, Sayı 134, Temmuz 2005

Koçak, A., *Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli*, Türkiye 8. Enerji Kongresi Tebliğleri, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Gelişimi, II, 109 – 123, Ankara, 2000

Melikoğlu, M., Albostan, A. *Türkiye’de Biyoetanol Üretimi ve Potansiyeli*, Ankara – İstanbul 2010

Mendilcioğlu, M., *Enerjinin Tasarruflu Kullanılması, Rüzgar ve Güneş Enerjileri ve Türkiye’de Uygulamalar*, Elektrik – Elektronik – Bilgisayar 7. Ulusal Kongresi, Ankara, 1997

Niven, R.K., *Ethanol in Gasoline: Environmental Impacts and Sustainability Review Article*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9, 535-555, 2004

Noyan, Ö.F., *Nükleer Güç Santrallerine Girerken Türkiye’de Kamuoyunun Bilinçlendirilmesi*, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, Ankara, I, 427 - 442, 1997

Noyan, Ö.F., *Nükleer Güç Santrallerine Girerken Türkiye’de Kamuoyunun Bilinçlendirilmesi*, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, Ankara, I, 427 - 442, 1997

Pamir, N., 2003. *Dünya’da ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji kaynakları ve Enerji Politikaları*. Metalurji Dergisi, 2-4.

RFA, From Niche to Nation, Ethanol Industry Outlook 2006. Renewable Fuels Association, Washington.

Ramage, J. Ve Scurlock, J., *Biomass Renewable Energy Power for a Sustainable Future*, In: Boyle G. (Eds.), Oxford: Oxford University Press, 1996

Terzi, Ü., Güney, İ., *Ülkemiz Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi*, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Ankara, I, 351-364, 1997

Türe, E.İ., *Temiz Enerji Kaynaklarının Türkiye’nin Enerji Planlamasındaki Yeri*, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, Ankara, I, 317 – 326 , 1997

Ültanır, Ö.M., *Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’de Hidrojene Geçi Sorunlar!*, Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri (1), İzmir, 549-563, 1994

Yeager, K.E., *Electric Vehicles and Solar Power Enhancing the Advantages of Electricity*, IEEE Power Engineering Review, 2, 10,1992

Diğer Yayınlar

Sabancı, A., Ören, M.N., Yaşar, B., Öztürk,H. Atal,M. Türkiye’de Biyodizel ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi [online)

http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf_ek.pdf (Erişim

Tarihi: 20/09/2013)

Konyalı, S., Gaytancıoğlu, O. *Türkiye’de şeker pancarına uygulanan tarım politikaları* [online] <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=521>

(Erişim Tarihi: 20/09/2013)

Şeker Kanunu (4634) [online]

<http://www.sanayi.gov.tr/Files/Mevzuat/4634-seker-kanunu-15042010184804.pdf> (Erişim Tarihi: 20/09/2013)

Hidrojen Enerjisi [online] http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx

(Erişim Tarihi: 20/09/2013)

Dalga Enerjisi [online] http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx

(Erişim Tarihi: 20/09/2013)

Ar, F. F., *Biyoetanol Kullanım Zorunluluğunun Türk Ekonomisinde Yaratacağı Etkiler* [online]

<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjikongresi12/89-DrFigenAr.pdf>

(Erişim Tarihi: 20/09/2013)