

# BİYOYAKITLAR ve BİYOYAKIT TEKNOLOJİLERİ SEMPOZYUMU

12-13 ARALIK 2007



**TMMOB KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**ANKARA ŞUBESİ**  
Karanfil Sokak No: 19/4 Kızılay - Ankara  
Tel: 0 312 418 20 51 • Faks: 0 312 418 16 54  
Gsm: 0 533 320 38 09  
kmoankarasb@kmo.org.tr • www.kmo.org.tr



**TMMOB**  
**ZİRAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**  
Karanfil Sokak No: 28/12 06640 Kızılay - ANKARA  
Tel: 0 312 425 05 55 • 418 55 97 • 418 25 79 • 418 31 15  
Faks: 0 312 418 51 98  
bilgi@zmo.org.tr • www.zmo.org.tr

ISBN: 978-9944-89-428-9



TMMOB  
KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI



TMMOB  
ZİRAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

## BİYOYAKITLAR VE BİYOYAKIT TEKNOLOJİLERİ SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

12-13 ARALIK 2007

**Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu  
Bildiriler Kitabı**

12-13 Aralık 2007  
Ankara

**İletişim:**

**tmmob**  
**kimya mühendisleri odası**  
**ankara şubesi**  
Karanfil Sok.No:19/4  
06650 Kızılay / ANKARA  
Tel: 0 (312) 418 20 51 / 419 92 61 Faks: 0 (312) 418 16 54  
Cep : 0 533 320 38 09  
e-posta: [kmoankarasb@kmo.org.tr](mailto:kmoankarasb@kmo.org.tr), [kimyamuhoda@yahoo.com](mailto:kimyamuhoda@yahoo.com)  
<http://www.kmo.org.tr>

**tmmob**  
**ziraat mühendisleri odası**  
Karanfil Sok. 28/12  
06640 Kızılay / ANKARA  
Tel: 0 (312) 425 05 55 - 0 (312) 418 55 97  
0 (312) 418 25 79 - 0 (312) 418 31 15 Faks: +90 312 418 51 98  
e-posta: [bilgi@zmo.org.tr](mailto:bilgi@zmo.org.tr)  
<http://www.zmo.org.tr>

**ISBN: 978-9944-89-428-9**

**Baskı**  
**Kozan Ofset**  
Büyük Sanayi 1. Cad. 95/11  
İskitler / Ankara  
Tel: 0312. 384 20 03  
Faks: 0312. 341 28 60  
[www.kozanofset.com.tr](http://www.kozanofset.com.tr)

## Destekleyen Kuruluşlar

---

Bu kitabın basımında verdiği destekten ötürü



“Otomotiv Sanayi Derneği”ne

*Teşekkürlerimizi sunarız..*



## SEMPOZYUM PROGRAMI

12 Aralık 2007 ' Çarşamba

09.00- 09.30 **Kayıt**

09.30-10.00 **Açılış Konuşmaları**

10.00-11.00 **Açılış Bildirisi Enerji Sorunu ve Türkiye**  
Prof.Dr.Iskender GÖKALP

11.00-11.15 Ara

11.15-12.30 **1. Oturum Biyoyakıtlar, Mevzuat, Standardizasyon**  
Oturum Başkanı: Prof.Dr.Bekir Zühtü UYSAL (Gazi Üniversitesi)

**Biyoyakıtların Biyoekonomideki Yeri ve Önemi**

Prof.Dr. Nazif KOLANKAYA (Hacettepe Üniversitesi)

Dr. Vehbi ESER (TAGEM)

Dr. Arzu ÜNAL (TAGEM)

**Türkiye’de Biyodizel Politikaları ve Mevcut Kurumsal Yapının Değerlendirilmesi**

Tamer AFACAN (ALBİYOİR)

Dr. Renan TUNALIOĞLU (Adnan Menderes Üniversitesi)

**Biyoyakıtların Teknik Düzenlemeleri ve Lisanslandırma Süreci**

Oray B.GÜNGÖR (EPDK)

12.00– 13.30 Yemek

13.30 -15.30 **2. Oturum Sürdürülebilir Hammadde Arz Güvenliği**  
Oturum Başkanı: Prof.Dr. Firkat AKINERDEM (Selçuk Üniversitesi)

**Enerji Ormancılığı ve Tarım Atıklarının Enerji Sektöründe Değerlendirilmesi**

Prof. Dr.Nedim SARAÇOĞLU (Karaelmas Üniversitesi)

**Türkiye Tarımında Biyokütle (Biyomas) Enerji Kaynakları**

Prof. Dr. H .Yavuz EMEKLİER (Ankara Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Güray AKDOĞAN (Ankara Üniversitesi)

**Dünya’da ve Türkiye’de Biyodizel, Türkiye’nin Kanola Potansiyeline Bağlı Olarak**

**Biyodizel Üretiminin Durumu ve Geleceği**

Baran YAŞAR (Çukurova Üniversitesi)

**Biyoyakıt Üretiminde Kullanılan Bitkilerin Mevcut Durumu ve Geleceği**

Dr. Vehbi ESER (TAGEM)

Dr. Fatma SARSU (TAGEM)

Mehmet ALTUNKAYA (TAGEM)

15.30-15.45 Ara

15.45-17.45 3.Oturum Biyoyakıtların Isınma ve Elektrik Amaçlı Kullanımı

Oturum Başkanı: Yrd.Doç.Dr.Ferda MUTLU (Gazi Üniversitesi)

**AB Biyoelektrik Üretimi Mevzuatı ve Karbon Ticareti**

Dr.Baha KUBAN (Ecofys)

Haluk SAYAR (Ecofys)

**Biyogazdan Elektrik ve Isı Üretimi**

Altan DENİZSEL (Envitec Biogas Türkiye LTD.ŞTİ)

**Katı Atık Depolama Alanlarında Oluşan Metan Gazından Elektrik Üretimi Mamak**

**Katı Atık Depolama Alanı Örneği**

Erdoğan GÖĞEN (ITC Ankara)

**Katı Atık Depolama Alanında Depo Gazı Oluşumu**

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK (Hatay Milletvekili)

**Türkiye’de Teknolojik Faaliyetlerde Kojenerasyonun Önemi**

Volkan VARAL (Türkiye Kojenerasyon Derneği)

**13 Aralık 2007 - Perşembe**

09.30 – 11.45 4.Oturum Ulaştırma Sektöründe Biyoyakıtlar

Oturum Başkanı: Prof.Dr. Ali İhsan ACAR (Ankara Üniversitesi)

**Katı Katalizörler ile Biyodizel Üretimi**

Emin Selahattin UMDU (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü)

Yrd. Doç. Dr. Erol ŞEKER (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü)

Yrd. Doç. Dr. Sait. C. SOFUOĞLU (İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü)

**Yakıt Alkolü; Mevcut Durumu ve Geleceği**

Aslı İŞLER (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Prof.Dr.Filiz KARAOSMANOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi)

**Biyoyakıt Üretim Teknolojileri ve Biyokütlenin Sıvılaştırılarak Akaryakıtta**

**Dönüştürülmesi**

Prof. Dr.Fadime TANER (Mersin Üniversitesi)

**Biyoyakıtlar ve Otomotiv Sanayi**

Prof.Dr.Ercan TEZER (Otomotiv Sanayi Derneği)

**Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak**

**Kullanımının Araştırılması**

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT (Selçuk Üniversitesi)

Hidayet OĞUZ (Selçuk Üniversitesi)

Tanzer ERYILMAZ (Selçuk Üniversitesi)

Yrd.Doç.Dr. Hakan Okyay MENGEŞ (Selçuk Üniversitesi)

11.45– 12.00 Ara

12.00 – 13.15 5. Oturum Biyoyakıtlar ve Çevre

Oturum Başkanı: Yrd.Doç.Dr.Gökhan GÜNEYDİN (ZMO)

**Beşikten Mezara Tarımsal Yakıtlar**

Avukat Altan Gökem GÜRCAN

Biyolog Şafak MERT

**Elektrik Piyasasında Yeşil Sertifika Mekanizması ve Dünya Uygulamaları**

Mustafa GÖZEN Enerji Uzmanı (EPDK)

Erol ÜNAL Enerji Uzmanı (EPDK)

**Biyodizel Prosesi Yan Ürünü Gliserin**

Prof.Dr.B. Zühtü UYSAL (Gazi Üniversitesi)

**Lignosellüozik Atıklardan Biyoetanol Üretimi**

Doç.Dr. Nurdan KAŞIKARA PAZARLIOĞLU (Ege Üniversitesi)

13.15 – 14.00 Yemek

14.00 – 15.45 6. Oturum Teknolojik Gelişmeler ve AR-GE

Oturum Başkanı: Prof.Dr.Ender OKANDAN (ODTÜ-PAL)

**İkinci Kuşak Biyoyakıtlar-Biyorafineriler**

Dr.F.Figen AR (Pankobirlik)

**ICARE'da Biyoyakıtlar Üzerine Yapılan AR-GE Çalışmalarından Örnekler**

Prof. Dr. İskender GÖKALP (Fransa Ulusal Bilimsel Araştırma Merkezi)

**Türkiye'nin Biyoyakıtlar Konusundaki Ar-Ge Perspektifi ve TÜBİTAK MAM'da**

**Yürütülen Biyoenerji Çalışmaları**

Özlem ATAÇ (TÜBİTAK MAM)

Elif ÇAĞLAYAN (TÜBİTAK MAM)

Ömer Faruk GÜL (TÜBİTAK MAM)

**Peynir Altı Suyunun Anerobik Arıtımı ve Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi**

Doç. Dr. Bahattin TOPALOĞLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Araş. Gör. Berna KAVACIK (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

15.45-16.00 Ara

16.00-18.30 **PANEL**

**Panel Başkanı:** Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU

Handan DÖNMEZ (ENERJİ VE TABİKAY. BAK.)

Doç. Dr. Mustafa TIRIS (TÜBİTAK-MAM)

Prof. Dr. Adnan AKYARLI (BİYOSİAD)

Nilgün ERCAN (KMO)

Doç. Dr. Melahat AVCI BİRSİN (ZMO)

|                               |                               |                          |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <b>DÜZENLEME KURULU</b>       |                               |                          |
|                               | Hamdi ARPA                    | (ZMO)                    |
|                               | Kamil BAYRAM                  | (ZMO)                    |
|                               | Nilgün ERCAN                  | (KMO)                    |
|                               | Bektaş KILIÇ                  | (KMO)                    |
|                               | Ceren ÖRTEN                   | (KMO)                    |
|                               | Hüseyin ÖZTÜRK                | (KMO)                    |
|                               | Dr.Turhan TUNCER              | (ZMO)                    |
| <b>BİLİM KURULU</b>           |                               |                          |
|                               | Prof. Dr. Ali İhsan ACAR      | (ANKARA Ü.)              |
|                               | Prof. Dr. Fırat AKINERDEM     | (SELÇUK Ü.)              |
|                               | Dr. Figen AR                  | (PANKOBİRLİK)            |
|                               | Prof. Dr. Nurecan BAC         | (YEDİTEPE Ü.)            |
|                               | Arş. Gör. M. Oğuzhan ÇAĞLAYAN | (HACETTEPE Ü.)           |
|                               | Prof. Dr. İnci GÖKMEN         | (ODTÜ)                   |
|                               | Öğr.Gör.Erdiç İKİZOĞLU        | (EGE Ü.)                 |
|                               | Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU | (İTÜ)                    |
|                               | Yrd. Doç. Dr. S. Ferda MUTLU  | (GAZİ Ü.)                |
|                               | Yrd.Doç.Dr. Ergün PEHLİVAN    | (SELÇUK Ü.)              |
|                               | Prof. Dr. Alaettin SABANCI    | (ÇUKUROVA Ü.)            |
|                               | Prof. Dr. Haniü SARAC         | (ATATÜRK Ü.)             |
|                               | Prof. Dr. Kamil Okyay SINDIR  | (EGE Ü.)                 |
|                               | Doç. Dr. Ali SİNAG            | (ANKARA Ü.)              |
|                               | Prof. Dr. Fadime TANIR        | (MERSİN.Ü)               |
|                               | Prof. Dr. B. Zühtü UYSAL      | (GAZİ Ü.)                |
| <b>DANIŞMA KURULU</b>         |                               |                          |
|                               | Prof. Dr. Adnan AKYARLI       | (BIYOSİAD)               |
|                               | Bilge ALTINAY                 | (TAPDK)                  |
|                               | Dr. Figen AR                  | (DUNYA EN. KON. TMK.)    |
|                               | Doç.Dr. Fehmi AKGÜN           | (TUBİTAK – MAM)          |
|                               | Özlem ATAÇ                    | (TUBİTAK – MAM)          |
|                               | Tamer AFACAN                  | (ALBIYOBİR)              |
|                               | Adnan BİLENLİ                 | (PETROL İŞLERİ G. M.)    |
|                               | Cevdet BABUŞCU                | (TKK MERKEZ BİR. G.M.)   |
|                               | Doç. Dr. Melahat A. BİRSİN    | (ZMO)                    |
|                               | Doç. Dr. Yavuz CABBAR         | (SANAYİ VE TİCARET BAK.) |
|                               | Elif ÇAĞLAYAN                 | (TUBİTAK – MAM)          |
|                               | Eşref ÇAKIROĞLU               | (TSE)                    |
|                               | İrde ÇETİNTÜRK                | (ÇEVRE VE ORMAN BAK.)    |
|                               | Varol DİRELLİ                 | (PETROL SANAYİ DERNEĞİ)  |
|                               | Doç. Dr. Cevdet DEMİR         | (ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ)    |
|                               | Funda ERDOĞ                   | (ELEK. ÜR. A.Ş. G. M.)   |
|                               | Oray B. GÜNGÖR                | (EPDK)                   |
|                               | Araş.Gör.E.Zafer HOŞGÜN       | (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ)   |
|                               | Selami İNCEDALCI              | (PETROL İŞLERİ G. M.)    |
|                               | Prof. Dr. Bülent KESKİNLER    | (ALBIYOBİR)              |
|                               | Yusuf KENANOĞLU               | (KMO)                    |
|                               | Mehmet KIR                    | (T.ŞEKER FAB. A.Ş.)      |
|                               | Taylan KIYMAZ                 | (DPT)                    |
|                               | Emine KAVDIR                  | (ODTÜ – PAL)             |
|                               | Dr. Mehmet KÜÇÜK              | (TAPDK)                  |
|                               | Dr. Erol METİN                | (PETROL SANAYİ DERNEĞİ)  |
|                               | Prof. Dr. Ender OKANDAN       | (ODTÜ – PAL)             |
|                               | Prof. Dr. Hüseyin ÖGÜT        | (ALBIYOBİR)              |
|                               | Niyazi ÖZGÜR                  | (KMO)                    |
|                               | Ülku SİZİR                    | (TSE)                    |
|                               | N.Güzin ŞAHİN                 | (SANAYİ VE TİCARET B.)   |
|                               | O. Aydın ŞENOL                | (TKK MERKEZ BİR. G.M.)   |
|                               | Prof. Dr. Selma TÜRKAY        | (ALBIYOBİR)              |
|                               | Prof. Dr. Ercan TEZER         | (OTOMOTİV SAN. DER.)     |
|                               | Yavuz YÜCEKUTLU               | (ÇEVRE VE ORMAN BAK.)    |
| <b>SEMPOZYUM SEKRETERYASI</b> |                               |                          |
|                               | İbrahim AKYÜREK               | (KMO)                    |
|                               | Gülşay BAŞKAYA                | (KMO)                    |
|                               | Eigen KURAL                   | (ZMO)                    |
|                               | Bahar YALÇIN                  | (ZMO)                    |

İsimler soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmıştır.



## İçindekiler

Sunuş

### Enerji Sorunu ve Türkiye

Prof.Dr.Iskender GÖKALP.....1

### Biyoyakıtların Biyoekonomideki Yeri ve Önemi

Prof.Dr. Nazif KOLANKAYA, Dr. Vehbi ESER, Dr. Arzu ÜNAL.....3

### Türkiye’de Biyodizel Politikaları ve Mevcut Kurumsal Yapının Değerlendirilmesi

Tamer AFACAN, Yrd. Doç. Dr. Renan TUNALIOĞLU.....11

### Enerji Ormanlığı ve Tarım Atıklarının Enerji Sektöründe Değerlendirilmesi

Prof. Dr.Nedim SARAÇOĞLU.....21

### Türkiye Tarımında Biyokütle (Biyomas) Enerji Kaynakları

Prof. Dr. H .Yavuz EMEKLİER, Araş.Gör. Güray AKDOĞAN.....31

### Dünya’da ve Türkiye’de Biyodizel, Türkiye’nin Kanola Potansiyeline Bağlı Olarak Biyodizel Üretiminin Durumu ve Geleceği

Baran YAŞAR.....49

### Biyoyakıt Üretiminde Kullanılan Bitkilerin Mevcut Durumu ve Geleceği

Dr. Vehbi ESER, Dr. Fatma SARSU, Mehmet ALTUNKAYA.....51

### Türkiye’de Biyoyakıtlar ve Hammadde Temini

Prof.Dr.Fırat AKINERDEM.....63

### AB Biyoelektrik Üretimi Mevzuatı ve Karbon Ticareti

Dr.Baha KUBAN, Haluk SAYAR.....71

### Biyogazdan Elektrik ve Isı Üretimi

Altan DENİZSEL.....81

### Katı Atık Depolama Alanlarında Oluşan Metan Gazından Elektrik Üretimi Mamak Katı Atık Depolama Alanı Örneği

Erdoğan GÖĞEN.....85

### Katı Atık Depolama Alanında Depo Gazı Oluşumu

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK.....89

### Türkiye’de Teknolojik Faaliyetlerde Kojenerasyonun Önemi

Volkan VARAL.....115

### Katı Katalizörler ile Biyodizel Üretimi

Emin Selahattin UMDU, Yrd. Doç. Dr. Erol ŞEKER, Yrd. Doç. Dr. Sait. C. SOFUOĞLU.....119

### Yakıt Alkolü; Mevcut Durumu ve Geleceği

Aslı İŞLER, Prof.Dr.Filiz KARAOSMANOĞLU.....123

### Biyoyakıt Üretim Teknolojileri ve Biyokütleinin Sıvılaştırılarak Akaryakıtı Dönüştürülmesi

Prof. Dr.Fadime TANER.....133



|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Biyoyakıtlar ve Otomotiv Sanayi</b><br>Prof.Dr.Ercan TEZER.....                                                                                                                                              | 135 |
| <b>Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması</b><br>Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT, Hidayet OĞUZ, Tanzer ERYILMAZ, Yrd.Doç.Dr. Hakan Okyay MENGEŞ..... | 147 |
| <b>Beşikten Mezara Tarımsal Yakıtlar</b><br>Avukat Altan Görkem GÜRCAN, Biyolog Şafak MERT.....                                                                                                                 | 159 |
| <b>Elektrik Piyasasında Yeşil Sertifika Mekanizması ve Dünya Uygulamaları</b><br>Mustafa GÖZEN, Erol ÜNAL.....                                                                                                  | 165 |
| <b>Biyodizel Prosesi Yan Ürünü Gliserin</b><br>Prof.Dr.B. Zühtü UYSAL.....                                                                                                                                      | 177 |
| <b>Lignosellüozik Atıklardan Biyoetanol Üretimi</b><br>Doç.Dr. Nurdan KAŞIKARA PAZARLIOĞLU.....                                                                                                                 | 183 |
| <b>İkinci Kuşak Biyoyakıtlar-Biyorafineriler</b><br>Dr.F.Figen AR.....                                                                                                                                          | 195 |
| <b>ICARE’da Biyoyakıtlar Üzerine Yapılan AR-GE Çalışmalarından Örnekler</b><br>Prof. Dr. Iskender GÖKALP.....                                                                                                   | 203 |
| <b>Türkiye’nin Biyoyakıtlar Konusundaki Ar-Ge Perspektifi ve TÜBİTAK MAM’da Yürütülen Biyoenerji Çalışmaları</b><br>Özlem ATAÇ, Elif ÇAĞLAYAN, Ömer Faruk GÜL.....                                              | 205 |
| <b>Peynir Altı Suyunun Anerobik Arıtımı ve Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi</b><br>Doç. Dr. Bahattin TOPALOĞLU, Araş. Gör. Berna KAVACIK.....                                                         | 215 |
| <b>Atık Yağların Çevreye Etkisi (Poster Bildiri)</b><br>Murat KILIÇ, Başak Burcu UZUN, Ayşe Eren PÜTÜN.....                                                                                                     | 223 |

## SUNUŞ

---

Kuruluş amacı ve özgünlüğü kendi meslek alanlarına giren konularda ülkesi yararına; bilimsel, idari ve ekonomik çalışmalar yapmak olan TMMOB` ye bağlı Kimya Mühendisleri Odası ve Ziraat Mühendisleri Odası olarak, enerji konusunun böylesi önem kazandığı ve Dünyanın yeni bir enerji çağına girdiği, enerjinin üretim, dağıtım ve tüketiminde teknolojik bir değişim geçirdiği bir zaman diliminde alternatif enerji temalı “Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu”nu düzenlemek bizlere gurur vermektedir.

Bir yandan enerji tüketiminde en büyük paya sahip olan petrolün üretimindeki azalma eğilimlerinin bulunması ve bunun sonucu olarak petrol fiyatlarının artması, diğer yanda hidrokarbon rezervlerinin zengin olduğu bölgelerin ve ticaret yollarının kontrolünün, uluslararası çatışmaların konusu haline gelmesi sonucunda tüm dünyada enerji arz güvenliğine ilişkin riskler artmaktadır. Bu risklerin yanı sıra, iklim değişikliğinin nedeni olarak görünen sera gazlarının, enerji üretim ve dönüşüm süreçlerinin bir sonucu olmasından ötürü mevcut enerji sistemlerinin sürdürülebilirliği tehlikeye girmektedir. Bu durum enerji alanında yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile üretim ve dönüşüm teknolojileri konusundaki arayış ve girişimleri arttırmaktadır.

Biyoyakıtlar ve biyoyakıtlara dayalı enerji sistemleri gerek günümüzde, gerekse gelecekteki teknolojik gelişmeler açısından önemli bir potansiyel vaat etmektedir. Ülkemizde ise konu oldukça daraltılmış bir çerçevede ele alınmakta, sadece ulaştırma sektöründeki kullanım öne çıkarılmakta, ancak bu konuda da ülke içinde stratejik bir program ve planlama ortaya konulmamaktadır.

Konu başlıklarından da, bu Sempozyumun gelecekte en çok ihtiyaç duyulacak enerji açığına alternatif çözümler için yol gösterici bir amaçla somutlanacağı gerçeği ortaya çıkmaktadır. Sempozyumun bildiri ve posterlerinin, üniversiteler, enstitüler, araştırma ve geliştirme çalışması yapan kişi ve kuruluşlar tarafından çeşitli tarihlerde referans gösterilme öngörüsü de Sempozyumun bilimsel saygınlığını artırmada önemli yer tutmaktadır.

Sempozyum; Biyoyakıtların sürdürülebilir hammadde arz güvenliğinin, biyoyakıtlar konusundaki teknolojik gelişmeler ve Ar-Ge, Ulaştırma sektöründe, ısınma ve elektrikte, çevre konusunda biyoyakıtlar ile ilgili mevzuat ve standardizasyon konularının da dahil edildiği 6 oturumda sunulan 25 adet tebliğ ile tamamlanmıştır.



Sempozyumda, sektörle ilgi tüm tarafların katıldığı bir panel-forum düzenlenecek ve forumdaki tartışmalardan elde edilen sonuç ve öneriler Sempozyum Sonuç Bildirgesi olarak yayınlanacaktır.

Türkiye'nin dört bir yanındaki ve hatta yurtdışındaki üniversitelerden gelen önemli saygınlığa ve tanınırlığa sahip akademik çevrelerin, sanayide Biyoyakıtlar konusunda önemli gelişmeler sağlayan değerli Sektör temsilcilerinin ve Kamuda Enerji alanında söz sahibi olan önemli kurum temsilcilerinin katılım sağladığı ve alternatif enerji kaynakları konusundaki gelişmelere ışık tutacak anlamlı bir sempozyum niteliğindedir.

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Ankara Şubesi ve Ziraat Mühendisleri Odası tarafından eşgüdümlü olarak gerçekleştirilen ve biyoyakıt teknolojileri konusunun, enerji alanının yanı sıra tarım, ormancılık, sanayi, çevre ve bilim-teknoloji politikalarıyla tümleşik bir kapsamda değerlendirildiği bu Sempozyumda büyük katkı koyan tüm tarafların gelecek yıllarda da bu etkinliklerde bilgilerini bizlerle paylaşacakları ve konuyu ülke gündeminde tutacakları beklentisiyle saygılarımızı sunarız.

#### **Sempozyum**

#### **Düzenleme Kurulu**

## ENERJİ SORUNU VE TÜRKİYE

İskender Gökarp  
(Fransa Ulusal Bilimsel Araştırma Merkezi Direktörü)

Küresel enerji sorusunun günümüzdeki durumu, CO<sub>2</sub> emisyonu ile ilgili olarak tartışılacak. zorluklar genel hatlarıyla sunulacaktır. Güncel yaklaşımlar ve sürdürülebilir küresel enerji geleceğine katkı sağlayacak projeler, çoğunlukla Avrupa perspektifinden olmak üzere özetlenecektir. Enerji sorusunun Türkiye için bazı çıkarımları tartışılacak ve sürdürülebilir enerji geleceğine potansiyel Türk katımları bölgesel ve Avrupa çerçevesinde tanımlanacaktır.

## THE ENERGY QUESTION AND TURKEY

İskender Gökarp  
Director ICARE-CNRS, Orléans, France

The present situation of the global energy question will be discussed, also in relation with CO<sub>2</sub> emissions issue. The challenges will be outlined. Present approaches and projects to contribute to a sustainable global energy future will be summarized, mostly from a European perspective. Some implications of the energy question for Turkey will be discussed and potential Turkish contributions to a sustainable energy future will be identified within the regional and European context.



## BİOYAKITLARIN BİYOEKONOMİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

**Nazif  
KOLANKAYA**  
Prof.Dr  
Hacettepe Üniversitesi,  
Fen Fakültesi  
Biyoloji Bölümü,  
Biyoteknoloji A.B.D  
06532, Beytepe/Ankara

**Vehbi ESER**  
Dr.  
Tarım ve Köyişleri  
Bakanlığı, Tarımsal  
Araştırmalar Genel  
Müdürlüğü (TAGEM)  
Tarla Bitkileri  
Araştırmaları Daire  
Başkanlığı, 06171  
Yenimahalle/Ankara

**Arzu ÜNAL**  
Dr.  
Tarım ve Köyişleri  
Bakanlığı, Tarımsal  
Araştırmalar Genel  
Müdürlüğü (TAGEM)  
Tarla Bitkileri  
Araştırmaları Daire  
Başkanlığı, 06171  
Yenimahalle/Ankara

### ÖZET

Dünyamızda yeni yüzyıla girişle önem kazanmaya başlayan sürdürülebilir-kalkınma kavramı buna yönelik ekonomik model arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Son yıllarda “*Biyoeкономи*” diye adlandırılan modelin sürdürülebilirlik açısından umut vaat eder çizgide olduğu saptanmıştır. Biyolojik süreçlerle bio-materyallerden üretilen mal, enerji ve hizmet gibi ürünlerin ticari dağılım ve tüketimini ele alan bu modelin üretim süreçleri ve ürünleri açısından sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve sonucu konvansiyonel ekonomilerdeki eşdeğerleri ile karşılaştırmak giderek büyük önem kazanmaktadır. Ürün ve süreçlerin sürdürülebilirliğini belirlemekte kullanılan eko-yetkinlik analizi bunların ekonomik ve çevresel (ekolojik) boyutlarda rasyonel değerlendirmesinin yapılmasında büyük rol oynamaktadır. Eko-yetkinlik analizine ek olarak aynı ürün ve süreçlerin sosyoetik açıdan ele alınması sürdürülebilirliğin bütünüyle değerlendirilmesinde tamamlayıcı bir unsur olmaktadır.

İtici gücünü Biyoteknolojik süreçlerin oluşturduğu Biyoeconomünün sürdürülebilir ekonomik kalkınma modeli olarak günümüzde itibar görmesinde bilindiği gibi hammadde olarak fosil-kaynaklara, teknoloji olarak da kimyasal teknolojilere dayanan konvansiyonel üretim ekonomilerinin sürdürülebilirlik açısından gelmiş olduğu tıkanıklığın etkisi büyüktür. Hem çevresel-etki, hem de üretim temelinde karşılaşılan bu tıkanıklığı aşmak için sürdürülebilir enerji üretimi için yenilebilir kaynaklara yönelmek kaçınılmaz olmuştur. Sıvı fosil yakıtların yerine biyoetanol veya biyodisel gibi bitkisel kökenli sıvı yakıtların kullanımına dönük üretim ve girişimler bu kaçınılmazlığın bir sonucudur.

Başta biyoetanol olmak üzere biyoteknolojik süreçlerle üretilen biyoyakıtların gelecekteki ve günümüzdeki biyoeconomik değerlendirilmesinde bunların sürdürülebilirlik analizinin yeri önemlidir. Bu sunumda biyoeconomik etkinliklerin bir parçası sayılabilecek ağırlıklı olarak biyoetanol olmak üzere biyoyakıt üretiminin sürdürülebilirlik temelinde analitik değerlendirilmesi yapılacaktır. .

## GİRİŞ

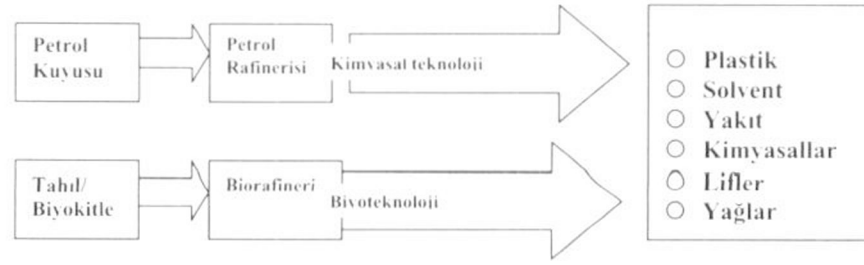
### AMAC:

Daha çok taşımacılık sektöründe yakıt enerjisi olarak kullanılmak üzere üretimi bazı ülkelere hedeflenen bazılarında da (örneğin Brezilya, A.B.D ve Almanya gibi) önemli oranda da gerçekleştirilen biyoyakıtlar (biyoetanol /biyodisel gibi), günümüzde biyoekonomi diye tanımlanan ekonomik etkinlikler bütünü içinde yer alan unsurlardır. Yenilenebilir doğal kaynaklardan üretilen bu enerjistik ürünleri ve ayrıca üretimden başlayarak tüketimine kadar devam eden sürecin bugünkü ve gelecekteki olası konumunu (biyoekonomideki konumlarını) sürdürülebilirlik açısından ele alıp irdelenmek bu yönde politik ve ekonomik girişim ve yatırım geliştirmek isteyenler için yararlı bir çaba olacaktır.

Biyoyakıtların üretimi, hammadde temelinde biyokitleye ve bazı tarımsal ürünlere, üretim-süreci temelinde ise biyoteknolojik yöntemlere bağlı olduğundan biyoekonominin temel konuları arasında yer alır. Hammaddenin üretiminden, hasatı , işlenmesi ve ürünün pazarlanmasına kadar olan aşamalar ekonomik ve sosyal ilişkiler ağı içinde yer alır. Biyoekonominin ve bu ekonomik süreç içinde yer alacak üretim süreç ve ilişkilerinin geleceği sürdürülebilirlik potansiyelinin yüksek oluşuna bağlıdır. Biyoekonomik etkinlik olarak ele alımla biyoyakıt üretimlerinin biyoekonomideki yeri anlayabilmek ancak biyoekonominin tanımını açıklığa kavuşturmak bunların sürdürülebilirliklerini incelemek ile olanaklıdır.

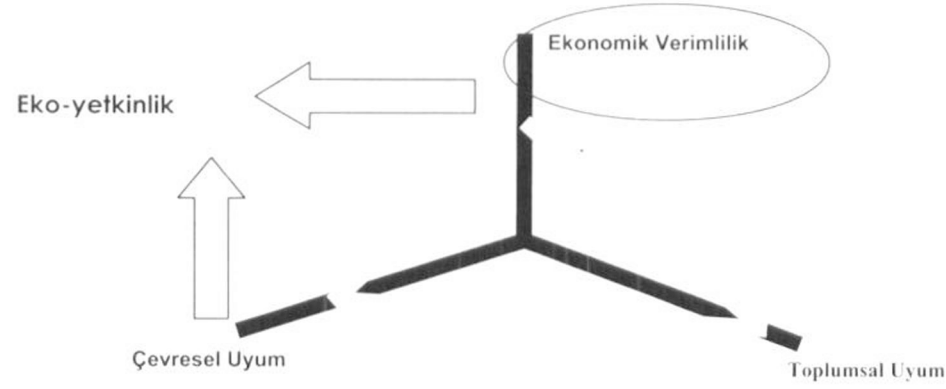
### Biyoeкономи ve Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi:

Biyoeкономи ya da Biyoloji-temelli Ekonomi için günümüzde değişik tanımlar yapılmaktadır. Bunlardan biri de “*Etkin Biyoproseslerin ve yenilenebilir biyokaynakların sağlıklı ve sürdürülebilir büyüme ve gelişme için kullanıldığı etkinlikler bütünüdür*” şeklinde yapılmış olanıdır. Sürecin tarımsal yönüne daha ağırlık veren diğer bir tanım da Biyoekonomiyi “*Temel yapıtaşları ve enerjisi bitki/tahıl kökenli kaynaklardan gelen ekonomidir*” olarak tanımlanmaktadır. Biyoekonomi ekonomik bir süreç olarak Tarım, Biyoteknoloji, Çevre, Sağlık, Ormanlık, Enerji gibi sektörlerdeki yeni teknolojik gelişmelerden yararlanır. Biyoekonomi, Bilişim Teknolojisi, Biyolojik Bilimler, Kimya, Fizik ve Mühendislik alanlarındaki gelişmelerden de yararlanma gibi multi-disipliner bir özelliğe de sahiptir. Bugün olduğu gibi gelecekte de **Biyoeconominin temel iticini gücünü Biyoteknoloji bilimi oluşturacaktır.** Hammadde olarak petrolü kullanan kimya teknolojilerine dayanan konvansiyonel ekonomiye alternatif olabileceği düşünülen Biyoekonominin, teknolojik dayanağını ise Endüstriyel-Biyoteknoloji (*Bevaz Biyoteknoloji*) oluşturmaktadır. Gerek kullanılan hammadde gerekse kullanılan teknolojik süreç ve ürünler bakımından Biyoekonominin sürdürülebilirlik özelliğinin konvansiyonel ekonomiden daha yüksek oluşu, bu ekonomik süreç için olumlu bir gelecek vaat etmektedir. Konvansiyonel teknolojilere dayalı ekonomide kimya endüstrisinin ürettiği ürünlere alternatif benzeri ürünlerin biyoteknolojik süreçlerle üretilebilir olması (Şekil 1) Biyoekonominin geleceği açısından önemli olmakla beraber, bu ekonomik sürecin geleceği bakımından en önemli özelliği sürdürülebilir olmasıdır. Üretimde kullanılan süreç ve üretilen ürünlerin biyoekonomideki yerini sürdürülebilirlik özellikleri belirler.



Şekil 1: Petrole Dayalı konvansiyonel ve Tahıl/Biyokitle'ye dayalı Bioekonomik Süreçlerle Yapılan Üretimler

Bu özelliğin bir süreç veya üründe ortaya çıkarılabilmesi bunların *çevresel-uyum (ekolojik-uyum)*, *ekonomi-verimlilik* ve *toplumsal-uyum* gibi üç ayrı parametre açısından değerlendirilmesiyle olanaklıdır. Bu üç parametrenin ortak etkisi aynı noktada kesişen 3 koordinat eksenindeki verisel değer noktalarından geçen çizgilerin oluşturduğu üçgenin kenar uzunlukları ile belirlenir (Şekil 2). Bu üçgen temel alındığında kenar uzunlukları ile sürdürülebilirlik potansiyeli arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.

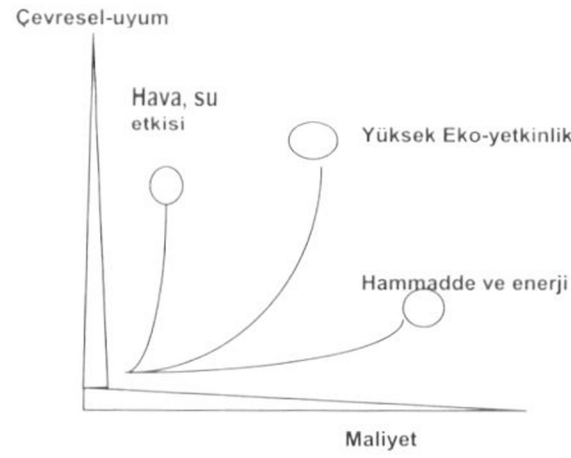


Şekil 2: Sürdürülebilirlik Değerlendirmesinde Toplumsal-uyum ve Eko-yetkinlik ilişkisi

Söz konusu parametrelerden ikisi; *çevresel-uyum (ekolojik-uyum)* ve *ekonomik-verimlilik*'in birleşkesi **eko-yetkinlik** değerini belirler. Ürün ve üretim süreçlerinin eko-etkinlik analizi günümüzde maliyeti belirleyen *ekonomik-verimlilik* ve *enerji-kullanımı*, *madde-kullanımı*, *yer-kullanımı*, *yaratılan-emisyonlar*, *zarar-potansiyeli* ve *toksisite* gibi çevresel faktörleri temel alan *çevresel-uyum (ekolojik-uyum)* parametreleri üzerinden yapılmaktadır. Eksenlerinde maliyet ve çevresel-uyum değerlerinin yer aldığı koordinat sistemlerinde ürün veya süreçlerin **eko-yetkinlik** konumlarının yerini grafiksel olarak



belirlemek olanaklıdır (Şekil 3). Biyoteknolojik ve kimyasal süreçlerle üretilen çeşitli ürünler için yapılan eko-etkinlik analizleri sonucunda, Biyoteknolojik süreçlerle üretilen ürünlerin eko-yetkinlik değerlerinin kimyasal süreçlerle üretilenlerden daha yüksek olduğu ve bunların sürdürülebilirlik değerlerinin de bu nedenle daha büyük oldukları anlaşılmıştır.



Şekil 3 : Eko-yetkinlik analizini grafiklenmesi

Biyoetanol ve Biyodisel gibi yakıtların üretimleri hammadde ve üretim süreci olarak bitkisel ürün ve biyoteknolojiye bağlı olduğundan, ekonomik süreç olarak Biyoekonominin bir parçası sayılırlar. Bu bakımdan da bunlara ait üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik değerlendirilmeleri biyo-yetkinlik analizleri üzerinden yapılabilir.

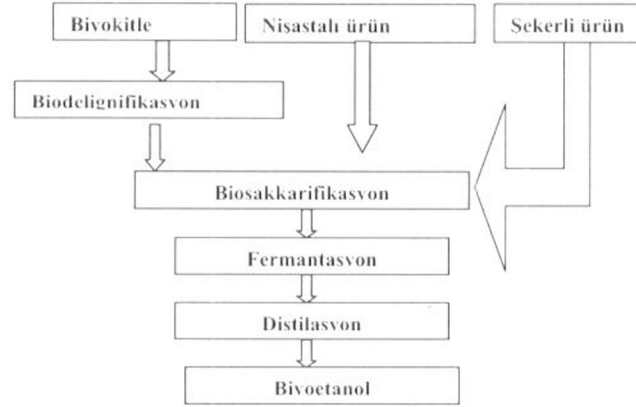
#### Biyoakıt Üretiminde Biyo-yetkinlik Değerlendirmesi:

Biyoetanol üretimi bilindiği gibi **birincil kuşak biyoteknolojik süreçlerle** hammadde olarak şekerli (*şeker pancarı, şeker kamışı*), nişastalı (*mısır*) tarım ürünleri veya melas gibi agroendüstriyel karakterde şekerli yan ürünler kullanılır. Nitekim, birincil kuşak teknolojiler ile büyük oranlarda biyoetanol üretimi başta Brezilya ve A.B.D gibi ülkelerde yapılagelmektedir. **Oysa geliştirilmeye çalışılan gelecek kuşak teknolojilerle gerçekleştirilmesi hedeflenen biyoetanol üretiminde hammadde kaynağını lignosellülozlu biyokitleler (tarım artıkları ve otsu bitkiler gibi) oluşturmaktadır.** Gelecek kuşak biyoetanol üretim teknolojisinin günümüzde biyoetanol üretiminde ulaştığı aşama pilot ve endüstriyel açıdan ise demonstratif boyuttadır. Lignosellülozlu biyokitlede selülozun enzimatik-hidrolizi için gerekli delignifikasyon (*lignin uzaklaştırma*) aşaması ve enzimatik selüloz hidrolizinde karşılaşılan sorunlar bu teknolojik sürecin endüstriyel ölçeğe ulaştırılmasında önemli handikap oluşturmaktadır. Söz konusu sorunların aşılması durumunda, hammadde olarak lignosellülozlu biokitlelerden biyoetanol üretimi biyo-yetkinlik değerini belirleyen maliyet ve çevresel-etki gibi parametreler açısından şekerli ve nişastalı kaynaklardan yapılan üretimden daha uygun konumda olacaktır. Çünkü, nişastalı ve şekerli tarım ürünlerinin üretimi için yapılacak tarımsal uygulamalar bu ürünleri hammadde olarak kullanan biyoetanol üretiminin maliyetini olumsuz yönde etkiler. Yine aynı amaçlı tarımsal uygulamaların çevresel-uyum açısından da birincil kuşak teknoloji ile etanol üretimi yapan süreçler üzerinde olumsuz etki yaratır; Çünkü nişastalı ve şekerli ürünlerin tarımında kaçınılmaz gereklilik olan arazi, su, gübre ve tarım ilaçları, enerji kullanımları ve toprak erozyonu, bu ürünlerden etanol üreten teknolojik süreçler için maliyeti artıran ekonomik girdiler olmanın dışında, yaratacakları çevre kirliliği bakımından çevresel-uyum

parametresini de olumsuz yönde etkileyen süreçlerdir. Tam olarak biyodisel üretiminde olmasa da, biyoetanol üretiminde hammadde açısından tarım alanlarına duyulan gereksinim bu potansiyeli yüksek ülkelere bu yönde önemli avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, tropikal iklim bölgelerinin de hammadde bakımından gerek *birincil-kuşak* gerekse *gelecek-kuşak* teknolojileriyle alkol üretimini gerçekleştirecek merkezler için önemli bir potansiyel oluşturduğu söylenebilir. Nitekim, Avrupa Birliği'nde biyoyakıt üretiminin biyoetanolden çok biyodisel yönünde ağırlık kazanmış bulunmasının temelinde büyük olasılıkla hammadde temininde karşılaşılan tarımsal potansiyel yetersizliğinin gelmiş olabileceği düşünülebilir. Ancak, ilgili çevrelerce bu gibi sorunların aşılmasında birliğe yeni katılan ülkelerin yüksek tarımsal potansiyellerinin yardımcı olacağı ifade edilmektedir.

Biyoyakıt (biyoetanol ve biyodizel) üretiminde kullanılan hammaddeler *eko-yetkinlik* değerlendirmelerinde önemi olan *çevresel-uyum (ekolojik-uyum)* parametresi açısından ele alındığında, yenilenebilir özellikte olmaları nedeniyle amaç doğrultusunda kullanımlarının küresel karbon dengesi üzerinde olumsuz yapmayacağı kolayca görülebilir. Ne var ki, biyoetanol üretiminde kullanılan nişastalı ve sekerli tarım ürünlerinin ve biyodisel üretiminde kullanılan yağlı bitki ve tohumların üretiminde yapılacak tek-ürüne yönelik tarımsal uygulamaların, biyoçeşitlilik potansiyelini olumsuz etkileyeceği de unutulmamalıdır. Ekolojik Açıdan ortaya çıkacak diğer olumsuzluklar da tarımsal hammadde üretimi sırasında gübre, yakıt ve tarım ilaçları kullanımlarının neden olacağı çevresel kirlenmelerdir.

Biyoetanol üretiminde kullanılan birinci ve ikinci kuşak teknolojilerin gerek ön-muamele gerekse fermentasyon aşamaları biyoteknolojik süreçlerdir (Şekil 4).



Şekil 4. Biyoetanol Üretim Süreçlerindeki Aşamalar Şematik Açıklaması

Biyoteknolojik süreçler ise genel olarak konvansiyonel kimya teknolojileriyle karşılaştırıldıklarında daha düşük sıcaklık (*örneğin 30- 37 °C gibi*) ve basınçlarda (*normal atmosferik basınç*) gerçekleşirler. Bu süreçle daha az oranda enerji tüketilir. Nitekim, biyoetanol üretiminde kullanılan enzimatik hidrolize bağlı ön-muamele(*nişasta hidrolizi veya delignifikasyon gibi*) ve sonraki fermentasyon aşamalarında çok sınırlı oranda enerji tüketilir. Sınırlı enerji tüketimi maliyet ve CO<sub>2</sub> emisyonu bakımından bu üretim sürecinin eko-etkinlik değeri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Öte yandan, enerji üretimlerinde ele alınması gereken ve üretimi maliyeti açısından önemli bir diğer faktör de *enerji-verimliliği*'dir. Biyoetanol üretimi sınırlı enerji tüketimiyle gerçekleştirildiğinden, bu süreç enerji-verimliliği bakımından da uygun konumdadır.



#### **Biyoyakıt Üretiminin Toplumsal-Uyum Açısından Değerlendirilmesi:**

Biyoeкономи içinde ele alınacak ürünlerin sosyo-etik ve sosyo-ekonomik açıdan değerlendirilmeleri, bunların sürdürülebilirlik nitelikleri açısından önemlidir. Üretilen ürünün sosyokültürel boyutta kabullenilmesi, ürünün üretimini teşvik edici temel faktörlerdendir. Örnek vermek gerekirse, günümüzde dünya genelinde genetik manipülasyonlarla üretilen ilaçlara karşı gösterilen toplumsal kabullenmelerin, yine aynı yöntemlerle üretilen tarım ürünü ve bunlardan üretilen gıdalara karşı gösterilmediğini görmekteyiz. Ancak, kullanımından doğacak çevresel ve insan yaşamını ilgilendiren sağlık riskleri bulunmadığından, biyoyakıtlar için benzeri durum söz konusu değildir. Aksine, üretimlerin de yenilenebilir bitkisel kökenli kaynakların kullanılması bu biyoyakıtları kullanımlarından doğacak gaz emisyonları yönünden risksiz kılmaktadır. Sonuçta biyoyakıtlar ürün ve üretim süreci temelinde toplumsal tercih yönünden bir soruna taşımazlar.

Sosyoekonomik açıdan ise biyoyakıt üretiminin, hammaddeden başlayarak işleme ve dağıtımına (ya da pazarlanmasına) kadar her aşaması istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle biyoyakıt üretiminin yüksek oranda istihdam potansiyeli bu biyoeekonomik sürecin toplumsal tercihe neden oluşturan bir başka yanıdır

#### **SONUÇ:**

Taşımacılıkta yakıt enerjisi veya oktan artırıcı olarak kullanılmak üzere yapılan biyoalkol ve biyodisel üretimi, hammadde ve üretim bakımından biyolojik ve biyoteknolojik yönleri olan bir ekonomik bir süreçtir. Ekonomik boyutuyla beraber ele alındığında, biyoyakıt üretiminin geleceği Biyoloji ve Biyoteknoloji alanında ortaya çıkacak gelişmelerle yakından ilgilidir. Bitki-Biyolojisi ve Bitki-Biyoteknolojisi'ndeki gelişmelerin bitkisel-biyokitle ve tarımsal-ürünlerden biyoyakıt üretiminin Biyoeekonomi'si üzerinde olumlu etkiler yapacağı kolaylıkla görülebilir. Nitekim, lignoselülozlu biyokitlelerden biyoalkol üretim sürecinde selülozun sakkarifikasyon aşamasına (Şekil 4) engel oluşturan ligninin yarattığı sorunun giderilmesi için düşük oranda lignin içeren odunsu yapılar üretmeye yönelik biyoteknolojik araştırmalar çeşitli laboratuvarlarda yapılagelmektedir. Benzeri biyoteknolojik çalışma ve girişimler biyodisel üretiminde kullanılacak yağlı bitki ve tohumlar için de planlanmaktadır. Biyoetanol üretimi günümüzde büyük ölçekte şekerli (*şeker kamışı*) ve nişastalı (*mısır gibi*) hammaddelerden yapılmaktaysa da biyoetanol üretiminin geleceği ekonomik açıdan hammadde olarak lignoselülozlu biyokitlelerin kullanımına bağlı görünmektedir. Lignin komponentindeki karbonun da üretilen biyoyakıtta yer almasını sağlayacak Biyoteknolojik gelişmeler, bitkisel ve odunsu biyokitlelerden biyoyakıt üretiminin ekonomik karlılığını olumlu yönde etkileyecek bir başka faktör olacaktır.

Özellikle biyoetanol üretimi sırasında etilalkol yanında başka katma-değerler de üreten biyorafinerilerin kullanılmasının, sürecin ekonomik verimliliğini arttıracakı düşünülmektedir. Böylesine ürün çeşitliliğe sahip biyorafinerilerin önemli sayılacak sosyoekonomik yararları vardır; Ürün çeşitliliğinin yaratacağı istihdam artışı bir yandan istihdam sorunlarına çözüm getirirken, bu durumun ortaya çıkaracağı yetişmiş iş-gücü talebi de değişik biyoteknolojik alanlardaki uzmanlaşmayı da indükleyecektir. Kırsal kalkınma temelinde ürün çeşitliliğine sahip biyorafineriler **Türkiye gibi toplam iş gücünün % 35'i tarımsal alanda istihdam edilen ülkeler için tarımsal istihdamın endüstriyel istihdama kaymasında yeni bir potansiyel yaratacaktır.** Bu bakımdan ülkemizin . A.B'nin birliğe dahil ve birliğe aday ülkeleri de içine alacak şekilde örgütlediği örgütü **Bilgi Temelli Biyoeekonomi Ağı'nın (KBBE-Net)** gündeme aldığı model-biyorafineri geliştirmeye yönelik araştırmalara katılmasında yarar vardır. Başta Tarım ve Köyişleri Bakanlığının tarımsal teknolojik araştırmalardan sorumlu kuruluşu TAGEM (*Tarımsal Araştırmalar*

*Genel Müdürlüğü*) olmak üzere Üniversiteler ve TÜBİTAK gibi kuruluşların öncülüğünde model biyofineriler ile ilgili AR-GE çalışmalarına ivedilikle başlanmalıdır.

Biyoyakıtlara ek olarak farklı ürünleri de üreten biyofinerilerin yaratacağı biyoekonomik sürecin hammadde temelinde dışa-bağımlı olmaması, dışa-bağımlı ekonomik süreçlerin yarattığı cari bütçe açığı gibi sorunlara neden olmayacağı gözden kaçırılmamalıdır.

#### **YARARLANILAN KAYNAKLAR:**

1. Life Sciences and biotechnology . Luxemburg Office for Official Publications of the European Communities,2002
2. Industrial or White Biotechnology(A driver of sustainable growth in Europe).Working Document from EuropaBio and EsAB
3. WhiteBiotechnology:Gateway to a More Sustainable Future. F. Sijbesma, Chairman EuropaBio, MB DSM Lyon, April 10, 2003
4. EU-Russia Symposium on S&T Co-operation in Biotechnology,Moscow 14-15 March 2005
5. Canadian Agriculture and the Bio-Economy – Solutions to Consumer Trends February 9th, 2005
6. New perspectives on the knowledge-based bio-economy Conference report EU Commission.
7. Report on First Meeting of the Knowledge Based Bio-Economy KBBB-Net Brussels,16 March,2006
8. *The bioeconomy to 2030: designing a policy the bioeconomy designing a policy agenda* OECD
9. The New Bioeconomy. Industrial and Environmental Biotechnology in Developing Countries. Ad Hoc Expert Group Meeting Palais des Nations, Geneva 15–16 November 2001
10. World Watch Institute Report on “Biofuels For Transportation Global Potential And Implications For Sustainable Agriculture And Energy In The 21st Century” Washington, D.C.June 7, 2006
11. Conference“Biofuels For Transportation Global Potential And Implications For Sustainable Agriculture, Energy, And Security In The 21st Century”June 7, 2006 Rayburn 2168, Gold Room, Capitol HillWashington, D.C.



## TÜRKİYE’DE BİYODİZEL POLİTİKALARI VE MEVCUT KURUMSAL YAPININ DEĞERLENDİRİLMESİ

**Dr. Renan TUNALIOĞLU**

Adnan Menderes Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi- Tarım Ekonomisi  
Bölümü- Aydın-TÜRKİYE

**Tamer AFACAN**

Başkan  
ALBİYOBİR  
Ankara-TÜRKİYE

### ÖZET

“Biyodizel” dünyanın **yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları** arasında yer alan bir dizel motor yakıtıdır. Biyodizelin hammaddesini; kanola (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen yağlar, hayvansal yağlar ve evsel kızartma yağları oluşturmaktadır.

Biyodizel, ülkemizde bazı sektörlerden hammadde temin etmekle beraber, bazen de farklı sektörlerle hammadde kaynağı olmaktadır. Bu nedenle dünyada olduğu gibi ülkemizde de sanayisi hızla gelişmektedir. Diğer yandan bu hızlı gelişme biyodizel sanayinin ülkemizde bulunduğu mevcut yapısı nedeniyle bazı sorunlarla karşılaşmaktadır.

Çünkü biyodizel özellikleri nedeniyle ülkemizdeki farklı bakanlıkların ----**tarım-çevre-sanayi-enerji-maliye vb**---çalışma alanında yer almaktadır. Bu durum bir yandan ülkemizin potansiyel biyodizel varlığının önemini arttırmakta iken, diğer yandan kurumsallaşma anlamında bazı güçlükleri de beraberinde getirmektedir.

Biyodizelin Türkiye’deki varlığının ve gelişiminin sürdürülebilmesi için, ülkenin mevcut siyasal yapısı içerisinde mutlaka ele alınması gerekmektedir. Bir başka ifade ile konunun irdelenmesi, ait olduğu ya da sahiplenildiği bakanlıkların politikaları bazında incelenmesi ve bakanlıklar arasındaki ilişkilerin ciddi bir kurumsal yapı içerisinde değerlendirmesiyle mümkün olabilecektir. Böylece sorunların temel gerekçeleri de ortaya konulabilecektir.

Bildiri, Türkiye’de biyodizel politikalarının varlığının tartışılması, varsa eksiklik veya yanlışlıklarının gündeme getirilmesi ve somut önerilerin sunulması ile bilim çevrelerine ve kamuoyuna verilecek mesajlar anlamında önem taşımaktadır.

### GİRİŞ

Bu yüzyılda enerji arzının güvenliği ve sürekliliği ülkelerin birincil önceliği durumuna gelmiştir. Çünkü ülke ekonomilerinin gücü teknolojileri ile teknolojileri ise enerji arzlarının varlığı, güvenliği ve sürekliliği ile desteklenmekte ya da beslenmektedir. Nitekim ülkeler bir yandan tarım-çevre; tarım-sanayi ilişkileri sonucunda küresel ısınma ile birlikte varlıklarını sürdürebilmek, bir yandan devam eden soğuk savaşlar nedeni ile bağımsızlıklarını koruyabilmek için enerji arzlarının güvenliği ve sürekliliği yanında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler.

Biyodizel, biyoyakıtlar içerisinde yer alan ve dünya ülkelerinin gözdesi yeni ve yenilenebilir enerji türlerinden sadece birisidir. Türkiye ise dünyada gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan fakat verimli ve kullanılabilir enerji kaynakları konusunda yetersizlikleri olan bir ülkedir. Bu bağlamda hammaddesi tarıma dayalı olan stratejik ve yenilenebilir enerji türlerinden birisi olan biyodizel üretiminde planlı bir yapılanma gerçekleştirilebilirse gerek enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında destek sağlanması gerekse enerji

çeşitliliğinin artırılması ve güvencesinde mevcut tarım potansiyeline ivme kazandırılabilir.

Dünya bugün biyodizeli yenilenebilir, tarım potansiyeli mevcut ülkelerde tarımı güçlendiren, (özellikle bu ülkeler gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler ise) onların sosyo-ekonomik gelişmesini sağlayan ve belki de hızlandıran, atıkları değerlendirebilen, çevre dostu, değişik enerji formlarına dönüşebilen özellikleri ile stratejik enerji kaynağı olarak ele almaktadır.

Dünya ülkeleri biyoyakıtların önemini fark ettikten sonra kullanılabilecek yerli hammadde kaynaklarını araştırarak, geliştirmekte (orman ürünleri, yağlı tohumlar, karbon hidratlar, elyaf bitkileri, bitkisel atıklar ve atıklar, hayvansal atıklar, şehrsel ve endüstriyel atıklar) ve bunları fiziksel dönüşüm, biyo-kimyasal dönüşüm, termo- kimyasal dönüşüm gibi biyoyakıt teknolojileri ile karbon ve hidrojen zengin, yüksek ısı değerli, kolay taşınabilir ve depolanabilir, alternatif yakıtlara dönüştürebilmenin yollarını bulmaktadırlar.

Biyodizel üretiminde dünyada da inanılmaz araştırmalar yapılmakta ve sonuçlandırılanlar doğrudan pratikte kullanıma sunulmaktadır. Biyodizelin sadece yenilenebilir enerji kaynağı olması ötesinde stratejik yan ürünü gliserinin insan sağlığında petrokimya ürünleri ile değişiminin sağlanması sonucunda ABD’de artık kalp stenleri petrokimya ürünlerinden değil biyodizel yan ürünü gliserinden yapılmaktadır. Diğer yandan Almanya, kanola da yeni bir çeşit geliştirerek elde edilen yağ oranını % 48’e çıkarmayı başarak biyodizel üretiminde dünya birincisi olmuştur. Yine Almanya kanola üretimini altı yıl içinde biyodizelin lokomotifliğinde 0.4 milyon tondan, 7 milyon tona arttırmıştır.

Türkiye’de biyodizel ile ilgili ilk çalışmalar 1931 yılında yapılan Ziraat Kongresi’nde yakıt alkolün gündeme getirilmesinin ardından 1934 yılında “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı” adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde başlatılmış bunu izleyen 1936 yılında Mustafa Kemal Atatürk’ün hazırlattığı İkinci Kalkınma Planında dikkati çekmiştir. Atatürk’ün ölümünün ardından II. Dünya Savaşı, planın uygulanmasını engellemişse de, 1942 yılında Türk ordusunda kullanılan araç benzinlerine belli miktarlarda biyoyakıt ilavesi yapılmıştır. Geçen süreçte her ne kadar Türkiye Cumhuriyetinde “Yerli Malı” kullanımı desteklenmesine rağmen maalesef konu ile ilgili yapılan çalışmalar ciddiye kazanamamıştır.

Biyodizel, tekrar Türkiye gündemindeki yerini 2000 yılından sonra almıştır. Çünkü dünyada ham petrol fiyatları karşısında rekabet edebilir olunan noktada yaşanan problemler sonucunda biyodizel ülkemizde ilgi odağı olmuş ve dahası da konu kamu, üniversite ve özel sektör tarafından dünya ve Avrupa Birliği ülkelerindeki gelişmelere paralel olarak sahiplenilmek zorunluluğunda kalmıştır.

Bunun ardından biyodizel üretimi 286 biyodizel üreticisinin, 2.3 milyon ton kurulu kapasitesi ve kapasite raporu alması ile hızla artmıştır. Son verilere göre Türkiye, kurulu biyodizel üretim kapasitesi itibarı ile Almanya’dan sonra dünyada ikinci sıradadır. Bu tesisler ülkemizin dört bir yanına dağılan ve “Enerjinin Verimliliği” açısından son derece yararlı tesislerdir. Biyodizel yatırımı yapan firmaların % 65’i tarımdan gelmiş ve % 50’si yağ sıkma fabrikalarıdır. Bu dönüşümün ana sebepleri arasında yağ işleme fabrikalarının atıl kapasitelerinin değerlendirilmesi ve sürekli istihdam sağlanabilmesi de yer almaktadır. Çoğunluğu 2005 yılında kurulan Biyodizel Üretim İşletmeleri AR - GE faaliyetlerine ağırlık vermiş, Üniversitelerle işbirliğine girmiş, TÜBİTAK’dan TEYDEB projeleri almış ve yaklaşık 90.000 ton fiili üretim yapmışlardır. 2005 yılında biyodizel üretim amaçlı bitkisel yağ ithalatı 42.000 ton olarak gerçekleşmiştir. Geri kalan kısımda ise yerli kaynaklar ve atık yağlar kullanılmıştır. 2006 yılının Nisan ayında Otobiyodizele getirilen yüksek

ÖTV, EPDK’ dan alınan lisansların analizler nedeniyle gecikmesi, 2006 biyodizel üretiminin ancak 10.000 ton olmasına sebep olmuştur. Diğer yandan yasal tesislerin verimli olmadıkları için kapalı kalmaları ve yüksek ÖTV, merdiven altını harekete geçirmiş ve biyodizel üretim makinesi adı altında standart üretim kabiliyeti olmayan standart dışı 3000 kadar makine piyasaya sürülmüştür. Ülke tarımına hiçbir katkısı olmayan bu standart dışı üretim, hem biyodizeli teknik anlamda olumsuz etkilemiş, hem de karşımıza kontrol edilemeyen bir yapıyı ortaya çıkarmıştır.

#### **AMAÇ**

Biyodizel üretiminin ülkemizde dünyaya paralel bahsedilen gelişmesine rağmen henüz ciddi bir kurumsal yapıda yer almaması yada daha basit bir ifade ile sahibinin yasalaşmaması nedeni ile Türkiye’deki varlığının ve gelişiminin sürdürülebilmesi mümkün olamamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada konunun ülkenin mevcut siyasal yapısı içerisinde mutlaka ele alınarak, gerekli kurumlar tarafından sahiplenilmesi düşüncesi amaçlamaktadır. Çünkü biyodizel üretimi ve sonrasında hammadde ve nihai ürün arasında konunun birçok muhatabı vardır. Biyodizel, temel olarak tarımsal ürün kaynaklı hammaddeden yola çıkarak işlendiği için Tarım ve Sanayini, kullanım aşamasında Enerji-Çevre ve Maliye’yi doğrudan ilgilendirmektedir.

Çalışmanın kapsamını Türkiye’de biyodizel varlığının tartışılması, bu varlığın devamının ancak ve ancak doğru ve tüm ilgili tarafların onayı ile oluşacak politikaların bir yasal mekanizma ile tamamlanabilmesi oluşturmaktadır. Bu anlamda kapsamda oluşturulacak kurumsal yapının eksiklik veya yanlışlıkları somut öneriler sunulması ile bilim çevrelerine ve kamuoyuna verilecek mesajlar yer alacaktır.

#### **TÜRKİYE’DE BİYODİZEL POLİTİKALARI VE MEVCUT KURUMSAL YAPININ DİĞER ÜLKELERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Biyodizel hammaddesini kanola, ayçiçek, soya, aspir, pamuk, palm, jatropha vb yağlı tohumlar, hayvansal kökenli yağlar, algler ve atık yağlar oluşturmaktadır. Biyodizel tarımsal sanayinin güçlenmesini sağlar ve kırsal alandan göçü azaltır, tarımsal ürünlerden ve atıklardan üretilebilir, tarımsal üretimde çeşitliliği sağlayarak ekolojiye olumlu katkıda bulunması ve sürdürülebilir tarımsal yapı oluşturmaya, organik tarımın gelişiminin desteklenmesi, yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırması aynı zamanda gıda alanındaki kullanımında yağ açığının kapatılmasına destek olması, ekim nöbetinin yaygınlaştırılarak toprak verimliliğinin artırılması ve polikültürü desteklemesi, üreticilerin en büyük maliyet gideri olan enerji ihtiyacını kendisinin üretmesini sağlayarak, “tohumunu getir, yakıtını götür” sloganı ile “enerji tarımı” kültürünü oluşturmak, yağlı tohumlun çekirdeklerinin dışındaki kısmı ile biyodizel üretiminden geriye kalan organik karakterli atıkların hayvan yemi olarak kullanımı ile hayvancılığın gelişimine katkıda bulunması, tarımsal üretimde sanayi ve enerjiye entegrasyon ile sözleşmeli tarım modelinin benimsenmesini kolaylaştırması yönüyle tarımsal özellikleri olan bir yakıttır ( Tarım)

Biyodizel, traktör ve biçerdöverlerde, deniz araçlarında, tır, kamyon, otobüs ve iş makinelerinde, otomobillerde motor yakıtı olarak kullanılmaktadır . Biyodizel, motor yakıtı dışında soba, fener ve diğer ısıtıcılarda, model uçaklarda, kalorifer kazanlarında, yapışkan kimyasal, spreyci boyaların ve otomobillerdeki istenmeyen boyaların temizlenmesinde çözücü (solvent) olarak, motor parçalarındaki yağ ve kurumun temizlenmesinde, çok amaçlı makine yağlayıcısı olarak, tuğla üretiminde ve çömlekçilikte, araziye yada suya kara dökülen petrolün temizlenmesinde, jeneratör yakıtı olarak, inşaat kalıplarının sıvanmasında, hidrolik



sıvısı olarak, demiryolu yağlayıcısı olarak, gıda işletmelerinin yakıt ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır (Sanayi).

Biyodizel, egzoz duman gazlarını azaltır, saf veya karışımli kullanıldığında kokusu mazotunkinden daha iyidir, duman soluma durumunda mide bulantısını azaltır.duman ve kurum oranı kayda hem su hem hava kirliliğini büyük ölçüde azaltan, savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olarak kullanılabilen, taşıma ve depolanmaması itibariyle dünya standartlarında "tehlikeli madde" kapsamında yer almaması nedeniyle güvenli ve çevre dostu kabul edilen bir yakıttır. Biyodizel, ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme stratejileri için destek olan, küçük (evsel ) ve sanayi tipi her üretimde ekonomik uygulanabilirliği olan atık yağlardan elde edilen biyodizelin yeraltı sularını kirliletmemesi ve böylece ekonomiye geri kazanımı, motorun daha sessiz çalışmasını sağlaması ile gürültü kirliliğini önleyici nedenleri ile tercih edilen bir yakıttır (Çevre- Enerji).

Biyodizel üretimi, üretim ve işletme maliyeti, kullanımı ve satışı konularında bazı önemli sorunları da beraberinde getirmektedir ( Maliye).

Biyodizelin yukarıda özetlenmeye çalışılan özellikleri nedeniyle ülkemizde ne kadar fazla kurumun--ki kurumlar genel hatları ile verilmiştir-- çalışma alanında var olduğu ve ilgi odağı olduğunu yaşanan sorunlardan anlamak mümkündür. Biyodizelin özellikle Almanya, AB yada ABD’inde üretimi ile birlikte bu kurumların kazandığı işlerlik incelendiğinde ülkemizdeki en büyük sorunun konunun çok başlı ve zaman zaman her kurum tarafından sahiplenilen zaman zaman hiçbir kurum tarafından sahiplenilmeyen bir konumda olduğu görülmektedir. Bu sahiplenme bilimsel anlamda "Kurumsallaşma" olarak ifade edilirse karşımıza çıkan tanımlama şu biçimde özetlenebilir: Kurumsallaşma; işletmenin, sektörel standartlara uygun, küreselleşmeyle paralel doğrultuda hareket kabiliyetine sahip, sadece üretim ve kalitesiyle değil insan kaynaklarıyla da ölçeklenebilir olan yapılardır. Üretimin standartlara uygun olabilmesi için, kalite sistemlerine sahip olması ve değişen dünya sistemi ile uyumlu olabilmesi ve içinde bulunduğu çağın gerçeğine uygun stratejileri izlemesi gerekmektedir. Kurumsallaşmayı bir piramidin en üst noktası olarak düşünürsek onun altında bilgi sistemleri, kalite sistemleri ve insan kaynakları bu oluşumu desteklemelidir.

Türkiye’de biyodizel aslında bu güne dek temelde biyoyakıtlar içeriğinde aşağıda belirtilen birçok yönetmelik ve yasa bünyesinde yer almıştır: Bunlar incelendiğinde konunun birbirinden farklı olarak, birçok kurumun çalışmaları içerisinde yer aldığı fakat bir birim tarafından düzenlenmediği için daha doğrusu kurumsallaşmadığı için sorunların devam ettiği anlaşılmaktadır.

- "Biyodizel" 10.09.2004 tarihli ve 25579 sayılı Resmi Gazetede "Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik ve 17/06/2004 tarihli Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliği ile akaryakıt olarak kabul edilmiş, ithalatı, dağıtımı, taşınması ve son kullanıcıya satışı lisans kapsamına alınmıştır.
- 2005 Eylül ve Ekim ayında Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından 2003 yılında teklif edilen Biyodizel Standartları (TS EN 14214 ve TS EN 14213) TSE tarafından AB standartlarının aynı olarak TSE Standardı olarak yayınlanmıştır.
- EPDK 29.12.2005 tarih ve 623/1 nolu Kurul Kararı ile 3824.90.99.90.54 GTİP’li madde, Otobiodizel, 3824.90.99.90.58 GTİP’li madde, yakıt biodizel, isimleriyle piyasaya sunulabileceğini belirtmiştir.
- EPDK 05.01.2006 tarihli tebliğleri ile Motorin Türlerinin Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği kapsamında biyodizelin % 5’e (% v/v) kadar motorin ile harmanlama yapılmasına imkan

tanımış, Otobiyodizel'in üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği ile Otobiyodizelde TSEN 14214 aynen kabul edilmiştir. Yakıt biyodizel'in üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği ile de TSEN 14213'ü çokça tartışılan İyot Sayısı maksimum 120'den 140'a çıkararak kabul etmiştir.Bu tebliğ ile yakıt biyodizelin kırmızıyla işaretlenerek piyasaya sunulması kararlaştırılmıştır.

- 05/01/2006 tarih ve 630/26 sayılı Kurul Kararı ile biyodizel üreticileri biyodizel işleme lisansı kapsamına alınmıştır.

- Petrol Piyasasında haksız rekabet oluşturduğu iddialarının sonucunda 30.03.2006 tarihinde 5479 Sayılı Gelir Vergisi Kanunu'nda değişiklik yapılarak 3824.90.99.90.54 GTİP numaralı biyodizele (Otobiyodizel) litrede 0.6498 YTL Özel Tüketim Vergisi getirilmiştir.

- 08.12.2006 tarihinde 26370 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 05.06.2007 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile 4760 sayılı Özel Tüketim Vergisi Kanununa Ekli 1 Sayılı listede yer Alan Mallarda Uygulanan Özel Tüketim vergisi ile yerli tarım ürünlerinden elde edilen Otobiyodizelin motorine % 2 oranında harmanlanması ÖTV'den muaf tutulmuştur.

- Bu konuda Maliye Bakanlığı 26 Aralık 2006 tarih ve 26388 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Özel Tüketim Vergisi Genel Tebliği Seri No 13 tebliği ile Gelir İdaresi Başkanlığından "Biyodizel Üretim İzin Belgesi" alınması gerekliliğini, harmanlama uygulamasının nasıl olacağını ve kamuya ayrıcalıklar tanıyan tebliğini yayınlamıştır.

Bakanlar Kurulu Kararı ve Maliye Bakanlığının tebliği ile biyodizel tamamen yerli tarım ürünlerinden elde edilse dahi % 100 Biyodizel kullanımında % 98 ÖTV tatbik edilmektedir. Gümrük Vergisi olmayan ancak ÖTV'ye tabi olan petrol ürünleri karşısında hammaddelerine hem gümrük vergisi olan hemde yüksek oranda ÖTV'ye tabi tutulan biyodizel sektörünü çalışamaz hale getirmiştir.

- 17.01.2007 tarihinde kabul edilen ancak Cumhurbaşkanınca onaylanmayan Türk Petrol Kanunu'nda Petrol Piyasası Kanununda değişiklik yapan maddeler kabul edilmiştir. Buna göre (Madde 34 Biyodizel) biyodizel üreticileri, EPDK tarafından çıkarılacak yönetmelikte belirlenen kalite standartlarına göre üretim yapmak üzere, yönetmelikle belirlenen usul ve esaslar dahilinde bedelsiz olarak üretim lisansı alırlar ve üretimlerini lisans kapsamında yaparlar. Kalite denetimleri EPDK tarafından yapılır veya yaptırılır. Petrol piyasasında faaliyet gösteren rafinerici ve dağıtıcılar, tamamen yerli tarım ürünlerini kullanarak üretim yapan biyodizel üreticilerinden temin edecekleri biyodizeli akaryakıt ile en az yüzde iki oranında harmanlayabilirler. Harmanlama oranları ile ilgili denetimler EPDK tarafından yapılır. Biyodizel üreticileri her yıl, bir sonraki yıl için piyasaya sunabilecekleri üretim miktarını ve her üç aylık dönem gerçekleştirmelerini yılı içinde EPDK'ya bildirir. Biyodizel üreticileri sadece yerli tarım ürünlerinden üretilen saf biyodizel dağıtımı ve satışı yapmak için bu Kanunun 7 nci ve 8 inci maddelerindeki esaslara göre ve yıllık en az otuz bin ton saf biyodizel satış projeksiyonu vermek koşuluyla dağıtım lisansı ve bayi lisansı alabilir. Dağıtım ve bayi lisanslarının teknik ve ekonomik şartları EPDK tarafından belirlenir. Bu maddenin birinci, ikinci ve dördüncü fıkralarına aykırı faaliyet gösterenlere bu Kanunun 19 uncu maddesinin (a) bendi hükümleri, üçüncü fıkrasına aykırı faaliyet gösterenlere ise aynı maddenin (b) bendi hükümleri ile bu Kanunun genel hükümleri uygulanır.Madde 35 ile de "5015 sayılı Petrol Piyasası Kanununun 2 nci maddesinin (5), (7) ve (44) numaralı bentleri aşağıdaki şekilde değiştirilmiş ve maddeye aşağıdaki bentler eklenmiştir."5) Akaryakıt: Benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, biyodizel, fuel-oil türleri ile Kurum tarafından belirlenen diğer ürünleri,7) Akaryakıtlı harmanlanan ürünler: Metil tersiyer bütül eter (MTBE), denatüre biyoetanol, biyodizel ve benzeri akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri, 44) Ürün: Fiziksel veya kimyasal işlem, rafinaj veya diğer yöntemlerle elde edilen ürün veya ara ürün herhangi bir hidrokarbonu, 45) Biyodizel: Akaryakıt olarak veya akaryakıt ile harmanlanarak kullanılmak üzere, bitkisel ve hayvansal yağlar veya bitkisel ve hayvansal atık yağlardan elde edilen ürün türevi yağ asitli metil esterleri karışımını,46) Biyoetanol:



Akaryakıt ile harmanlanmak üzere şekerli, nişastalı bitkilerden, her türlü selülozik kaynaklardan ve biyokütle atık ve artıklarından üretilen denatüre etil alkolü," eklemeleri yapılmıştır. Bu değişikliklerle 2007'ye kadar ürün tanımında yer almayan biyodizel ürün tanımına 45.madde ile sokularak ilgili düzenlemelere yasal dayanak oluşturulmaya çalışılmıştır.

- Petrol Kanunu'nun yeni dönemde onaylanacağı düşünüldüğünde bütün bu düzenlemeler sonunda Biyodizel üretmek için (Kendi İhtiyacı İçin Üretim Dahil) EPDK'dan biyodizel işleme lisansı almak, standartlara uygun üretim yapmak ve Petrol Piyasası Kanunu ve ikincil mevzuatına uygun dağıtım şirketleri üzerinden ulusal markerle işaretlenilerek (Petrol Piyasasında Ulusal Marker Kullanımına İlişkin Yönetmelik), yakıt biyodizeli ilaveten kırmızıya boyayarak satmak durumundadır. Aksi hal kaçakçılık 25.01.2007 tarih ve 5576 Nolu Petrol Piyasasında değişiklik Yapılmasına Dair Kanun çerçevesinde kaçakçılık kapsamında değerlendirilmektedir. Atık bitkisel yağlardan biyodizel yapmak EPDK'dan alınacak Biyodizel İşleme Lisansı dışında T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Bitkisel Atık yağların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak E.İ.E ve Tübitak'tan alınacak Teknik Uygunluk raporlarının sonucunda Çevre Bakanlığından Geri Kazanım Lisansı almak ve EPDK'dan aldığı lisansına işlenmesi sonucunda yapılabilir. Atık Bitkisel Yağlardan yapılan biyodizelin satışta belirtilmesi zorunludur.

Konuyla ilgili olarak dünyadaki örnekler incelenecek olursa; bugün dünya ülkelerinin biyoyakıtların gelişimini sağlayacak şekilde kendi kanunlarını, yönetmeliklerini ve hatta kendi standartlarını oluşturdukları görülmektedir. Örneğin ulusal ürünü soya olan ABD, Avrupa Birliği'nin Biyodizel Standardı EN 14214'ü kanola'nın standardı olduğu için kabul etmemektedir. Bu ülkeler biyoyakıtları "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Öncelik Tanıma Yasası" içinde değerlendirmektedirler ve vergilendirmelerini "kirlenen öder" prensibine dayanarak biyoyakıtların kullanımını zorunlu hale getirmektedirler. Dünya hızla ısınması ve fosil kaynaklı başta petrol olmak üzere birçok enerji kaynağı tükenmekte ve yükselen petrol fiyatları ülkelerin ekonomilerini olumsuz etkilemektedir.

Türkiye'de daha öncede belirtildiği gibi 2000'li yılların başında gündeme gelen biyoyakıtlar devamında ilk kez biyodizel ve biyoetanol ismi ile 4.12.2003 tarih ve 5015 sayılı "Petrol Piyasası Kanunu"nda harmanlanan ürünler arasında yer almıştır. Yurt içi ve yurt dışı kaynaklardan temin olunan petrolün doğrudan veya işlenerek güvenli ve ekonomik olarak rekabet ortamı içerisinde kullanıcılara sunumuna ilişkin piyasa faaliyetlerinin şeffaf, eşitlikçi ve istikrarlı biçimde sürdürülmesi için yönlendirme, gözetim ve denetim faaliyetlerinin düzenlenmesini sağlamaktır." amacını üstlenen bu kanun içinde "Ürün: fiziksel veya kimyasal işlem, rafinaj veya diğer yöntemlerle ham petrol ve/veya ürünlerinden elde edilen ürün veya ara ürün herhangi bir hidrokarbonu, ifade eder." şeklinde tanımlanan ürün içinde tanımlanmıştır.

Bu kanunda biyodizelin, ÖTV dışında tutulması nedeniyle Türkiye'de yatırımlar dünyaya paralel biçimde hızla artmıştır. Fakat kanunun ve ikincil mevzuatın sürecin gerisinde kalması nedeniyle baştan yanlış yapılan biyoyakıt sektörü, AB standartlarının tercüme edilip sadece önüne TS ibaresi ilave edilmesi ile sayı olarak artar iken, üretim kalitesi olarak aynı başarıyı gösterememiştir. Her ne kadar EPDK tarafından biyodizel işleme lisansı zorunluluğu getirilerek konu kontrol edilebilir bir noktada tutulmaya çalışılmış ise de kendisini ifade etmeyen "Petrol Piyasası Kanunu" içinde yer alan biyoyakıtların Türkiye içerisinde beklenen gelişmeyi göstermeyeceği anlaşıldı. Fakat ardından yaşanan yanlışlıklardan son anda dönme gayreti ile "Yerli tarımdan elde edilen biyodizel % 2 oranında mazota harmanlanırsa ÖTV'den muaf tutulacak" söylemi ile sektöre tekrar yeşil ışık yakılmış ve biyodizel üretimini teşvik için tüm Anadolu dolaşarak kanola, aspir tanıtılmıştır. Ancak biyoetanol uygulaması yapan dağıtım firması dışında 1 litre dahi yerli

tarımdan elde edilen biyodizel ÖTV muafiyetine rağmen dağıtım firmalarınca alınmamış ve satılamamıştır.

İlginç olan, ülkemizde biyoyakıtların akaryakıt kabul edilmesine rağmen TOBB'da Akaryakıt Komisyonun'da yer almaması yada EPDK'da kurulda temsil edilmemesidir. Satış yetkisi dağıtım şirketlerine verilmiş, fakat söz konusu şirketlerin biyodizeli kendi ülkesi yerine Türkiye'den almasını gerektirecek herhangi bir yaptırım söz konusu olmamıştır. Basit anlamıyla sahihsizlik ve belirsizlik bilimsel anlamıyla kurumsallaşamayan sektörde geçen süre içinde pek çok tesis kapanmış, binlerce kişi işsiz kalmıştır.

Bu süreçte biyodizel zaman zaman siyasi otorite tarafından sahiplenilen bir sektör imajı verilerek başta ülkenin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olmak üzere farklı bakanlıkları tarafından ciddi olarak ele alınmış gibi görünmekte birlikte oluşturulan çalışma gruplarının ardından 2007 erken seçim kararı alınması ile bu kez de çalışmalar beklemeye alınmıştır.

## SONUÇ

Biyodizel üretimi için gerekli maliyet unsurlarının % 85'ini hammadde olarak tarımsal ürünleri oluşturmaktadır. Biyodizel üretim ve hatta hammaddesi yağlı tohumlara dayalı olduğu için bir çok olumsuz söylemlerle Türkiye'nin gündeminin meşgul edilmemesi gerektiği bilinmelidir. Öyle ki; Türkiye'nin yağlı tohumlu bitkilerde yetersiz üretimi olduğu ve bu durumda biyodizel için böylesi bir riske girilmemesi gerekenlere söylenecek ilk sözle önerilerimize başlamakta yarar görmekteyiz.

- Yıllardır yağlı tohum üretimini artırılması için denenen her türlü teşvik ve destekler Türk çiftçisine fayda sağlamamış ve yağlı tohum üretimimiz bitkisel yağ açığımızı kapatamamıştır. Üretimi yapılan her ülkede yağlı tohum üretimini inanılmaz arttıran biyodizel kaynaklı yağlı tohumlu bitki üretiminin hiç değilse enerji tarımına geçişte ülkemiz tarımına ivme kazandıracağı gerçeğini göz ardı edilmemelidir.
- Dünyada petrol fiyatları artar ve ülkemiz petrolü en pahalı tüketen ülkelerden biri iken, dünya tarımında yeni şartlara uygun yeni stratejiler ve modeller geliştiriliyor iken, Türkiye'de enerji tarımının sadece siyasi araç olarak kullanmaktan öte gidememesi üzüntü vericidir. Öncelikle biyodizelin, petrol veya petrol türevi olmadığı, birer tarımsal ürün türevi olduğunun kabulü ile bir an önce işe başlanmalıdır. Türkiye'de enerjinin tarımda gizlendiği farkına varılarak, bu konuda başarılı olan ülkeler örneğinde olduğu gibi konunun öncelikle sahibi belirlenmelidir.
- Ardından ülkemizde mevcut potansiyel tesbit edilerek, stratejik bir planlama ile hızlı bir şekilde yeniden bir yapılanmaya gidilerek, biyodizel; biyoyakıtlar ve dolayısı ile kendi kanunları içerisinde yorumlanarak çıkarılacak "Biyoyakıt Yasası" ile konu öncelikli sahibine teslim edilmelidir.
- Bu kanunun kapsamı biyoyakıtların planlı gelişimini sağlayacak, kendini ifade eden ve küresel ısınma ile mücadelede zorunluluk kapsamında değerlendirilecek, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Öncelik Tanınacak" bir halde düzenlenmelidir. Enerji tarımı ve biyoyakıtlar stratejik alan kabul edilmeli, süreç planlanmalı, AB'nin de ilerleme raporlarında istediği ulusal hedef ve programlar belirlenmelidir.
- Bu alandaki çalışmaları koordine etmek üzere ilgili Bakanlıklar, resmi ve bilimsel kuruluşlar ve sektör temsilcilerinden oluşan "Biyoyakıt Kurulu" oluşturulmalıdır. Verimli üretimi, standart ürünleri karşılayacak kapasiteler ve teknik yeterlilikler belirlenmelidir. Standart dışı, risk içeren üretim metotları ile biyodizel yakıtların imajını bozan makinelerin piyasaya sürümünü engellemek gerekmektedir.
- Biyoyakıt teknolojileri konusunda faaliyet gösteren KOBİ'ler desteklenmeli, Ar-Ge yatırımlarına ağırlık verilmelidir.

- Biyoyakıtlar konusunda TSE bünyesinde oluşturulan “Biyoyakıt Ayna Komitesi” çalıştırılmalı, komite tarım ürünlerimizin teknik özelliklerini ve ülke şartlarını ifade eden çalışmaları ile AB Standartlarına ülke görüşü vererek müdahil olmalıdır.
- TOBB bünyesinde “Akaryakıt Sektör Meclisi”ne dahil edilmeyen biyoyakıtlar için ayrı bir “Biyoyakıtlar Sektör Meclisi” oluşturulmalı, burada yapılacak çalışmalarla ülkemize ciddi kazanımlar sağlayacak “Ulusal Karbon Piyasası” kurularak Uluslararası Karbon Piyasalarına girilmelidir. Çünkü petrol ürünleri ile aynı kapsamda yer alan biyoyakıtların hammaddelerine uygulanan gümrük vergileri nedeniyle yerli üretim karşısında haksız rekabet oluşmakta, bu da ülkemizde biyoyakıt ithalatını özendirilmektedir.
- Biyoyakıtlar konusunda dış ticaret politikaları gözden geçirilmeli ve Türkiye’nin, potansiyelini ve konjonktürü değerlendiren ihracatçı ülke konumuna gelmesini sağlayacak düzenlemeler yapılmalıdır.
- Enerjide büyük kapasiteli özelleştirmeler AB’de örnekleri görüldüğü gibi tekelleşmeye sebebiyet vermemeli, bu tarz endişelerden özellikle biyoyakıtlar özel olarak korunmalıdır.
- Biyoyakıt mevzuatı tekleştirilmeli, farklı birimlerin yönetmelik, tebliğ, karar ve uygulamaları birbiriyle uyumlu hale getirilmelidir.
- Tarımdaki akaryakıt desteği enerji tarımını geliştirecek bir biçimde enerji bitkileri ve biyoyakıtlar üzerinden yapılmalıdır. Enerji Tarımı ve biyoyakıt yapan Tarımsal Üretici Birliklerinin ürettikleri veya ürettirdikleri biyodizelin üyeleri için dağıtımı basitleştirilmeli ve özendirilmelidir. Tüm dünyada olduğu gibi biyoyakıtlar Tarım’da ÖTV’siz olarak kullanılmalıdır.
- Küresel ısınma mücadelesinde biyoyakıtlar ülkemizi güçlendirecek bir araç olarak kullanılmalı, sektörü etkisiz duruma getiren yüksek orandaki ÖTV (65 Ykr/Lt, 36 Euro Cent/Lt ) yeniden gözden geçirilmelidir. Maliye Bakanlığı, gelir beklerken sektörü çalışmaz hale getiren ÖTV, KDV ve diğer gelirleri niçin elde edemediğinin hesabını bir an önce yapmalıdır.
- Tehlikeli atık kabul edilen, atık bitkisel yağların biyoyakıtlarda değerlendirilmesinden ÖTV alınmaması gerekmektedir. Bu konu ülkemizin çevre ve insan sağlığı ve özellikle su kaynakları açısından şarttır. İhtiyari olduğu için itibar edilmeyen % 2 harmanlama oranı, küresel ısınmayla mücadele kapsamında AB ve dünyanın 2007 uygulamaları ve ülkemizdeki kurulu kapasiteler dikkate alınarak biyoyakıt harmanlama oranı % 5 ile mutlaka zorunlu olmalıdır.
- Bu noktada tarımsal potansiyelleri ve kalkınma hızı büyük bir Türkiye biyoyakıtlarda ulusal hedeflerini belirlemeli ve Cumhuriyetimizin 100. yılı 2023’de %23 biyoyakıt kullanımını ulusal hedef olarak ortaya koymalıdır. Bu sayede 80 yılda yerli petrolün payı ancak %10 olabilmişken, 15 yılda yerli kaynaklardan elde edilen biyoyakıtların payı % 23 olabilecektir. Hem de çevre korunarak tarım desteklenecek, istihdam ve kalkınma sağlanacaktır. Bu hedef bizi aynı zamanda, ülkelerin karbondioksitle verdiği mücadelede de dünya ile bütünleştirecektir.
- **Sonuçta** Türkiye’de biyodizel, görüldüğü gibi Tarım, Sanayi, Enerji, Çevre ve Maliye vb. bakanlık düzeyinde temsil edilen gibi bir çok kurumun ilgi alanıdır. Biyodizel sektörü en kısa sürede kurumsallaşarak bir çatı altında toplanabilirse konunun her zaman bir sahibi ve sorumlusu olacağından sorunlar çok daha kolay çözüm bulabilecek ve dünyadaki gelişmelere çok çabuk uyum sağlanabilecektir.

## KAYNAKLAR

1. Yıldırım, A.E, 2005 “Biyoyakıt Üretiminde Çiftçi Ayağı Unutulmasın” Tarım Dünyası-Dünya Gazetesi-“20.09.2005
2. Tunahoglu, R. Taşkaya, B. Odabaşı “Alternatif Enerji Yakıtı Olarak Biyodizel ve Türkiye’deki Durumu” Biyoyakıt Dergisi Sayı:3 Ekim 2006-Ankara
3. Ögüt H, ve , H. Oğuz; 2005 “Biyodizel- Üçüncü Milenyum Yakıtı” Nobel yayınları No: 745, 1.Basım.Ocak 2006- Ankara
4. Karaosmanoğlu, F.2006 “Biyoyakıtta Getirilecek Vergi Muafiyeti Enerji Tarımının Önünü Açar.” Türktarım DergisiSayı:170-Temmuz-Ağustos 2006-Ankara
5. Anonim, 2006<sub>1</sub> Biodiesel- Ezici Yağ Sanayi Biodizel ve Enerji Üretimi Pazarlama.A.Ş. Broşür
6. Anonim 2006<sub>3</sub> “ALBİYOBİR” Çalışma Notları-Ankara
7. Anonim 2006<sub>2</sub> “IWR-Biodiesel produktRDeutschland-Almanya
8. Afacan, T; 2007 “Anlatım Notları” ALBİYOBİR Başkanı- Şubat-Kasım- Ankara
9. Afacan, T; 2006<sub>2</sub> Kişisel Görüşmeler- ALBİYOBİR Başkanı-Mart- Ankara
10. Afacan, T; 2006<sub>1</sub>, “Biyodizel Üretiminin Yemeklik Bitkisel Yağ Üretimi ve Üreticileri Üzerindeki Etkileri” T.B.M.M Sunumu- 13 Nisan 2006-Ankara
11. Afacan, T, 2006<sub>3</sub> “Ulusal Yakıt: Biyodizel” Tarım Haftası Sempozyumu-Ziraat Mühendisleri Odası.-Sylf 375-388, Ocak,2006-Ankara
12. Anonim, 2007 - <http://www.sonartr.com/BilgiSistemleri.htm> (22 Kasım 2007)



## ENERJİ ORMANCILIĞI VE TARIM ATIKLARININ ENERJİ SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Nedim SARAÇOĞLU  
ZKÜ Bartın Orman Fakültesi , 74100 Bartın  
nedsar@hotmail.com

### ÖZET

Türkiye ve dünyadaki bir çok ülkede odun hammaddesi temininde büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Bir çok endüstri dalı orman ürünlerini hammadde olarak kullanmakta ve bu kaynakların ekonomik olmayan bir biçimde tüketilmeleri ormanların gittikçe artan bir ölçüde yok olmalarına yol açmaktadır. Orman tüketiminin azaltılması için seçenek hammadde kaynaklarının bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, orman ve odun atıkları, kabuklar, yıllık bitkiler, tarımsal bitki atıkları, kereste ve mobilya atıkları, kağıt fabrikası lifsel atıkları, her türlü lifsel özellik taşıyan sebze, meyve atıkları ve kabukları ve atık kağıtlar kullanılarak hammadde probleminin çözümüne çalışılmaktadır. Dünya nüfusunun artışına paralel olarak enerjiye olan gereksinim de artmaktadır. Bu gereksinimi karşılamak yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Ülkemizde odunsu ve otsu bitki atıkları önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Biyokütle kaynaklarından maksimum fayda elde edebilecek çalışmaların yapılması zorunlu olup, enerji darboğazının giderilmesinde önemli bir ölçüttür. Türkiye enerji ormancılığı politikasının amacı, ekonomi ve pazar mekanizmalarını kullanarak ekonomi ve istihdam politikalarını güçlendirmektir. Böylece enerji üretimi sağlanarak enerji fiyatlarında yarışım yeteneği artırılacak ve uluslar arası antlaşmalarda ortaya çıkan çevre emisyonlarına ulaşılacaktır.

Anahtar kelimeler : enerji, enerji ormancılığı, tarımsal atıklar, enerji sektörü

### THE UTILIZATION OF ENERGY FORESTRY AND AGRICULTURAL RESIDUES AT ENERGY SECTOR

Most nations and Turkey are facing shortages of wood raw materials. While many industries utilize forest products as a raw material and uneconomical use of these resources cause extinction of forest resources. It is really necessary to find alternative raw material sources in order to reduce forest consumption. For this reason, it is important to study the suitability of forest residues, barks, annual plant, agricultural residues, lumber and furniture plant residues, fiber residues of pulp plant and recycle paper for utilization industry. The energy consumption in relation increasing population is inevitably getting larger and larger. As the population increase will enhance renewable resources maximum gain must be obtained from natural sources. To meet these growing requirements attention must be directed to development renewable energy systems. Biomass energy is one of alternative source of renewable for industrial as well as domestic use, and it is a source abundantly available in developing countries. The objective of forest energy policy in Turkey is to create circumstances that support both economic and employment policies, using economic and market mechanisms. These circumstances should ensure availability of energy, keep the price competitive and enable Turkey to meet international commitments with respect to emissions to the environment.

Keywords : energy, energy forestry, agricultural residues, energy sector



## GİRİŞ

Petrol, kömür, doğal gaz ve uranyum yenilenemeyen enerji kaynakları olarak dünya enerji kaynağı rezervlerinin yaklaşık % 94 'ünü oluşturmaktadır. Günümüzdeki kullanım temposu ile mevcut kömür rezervleri 100-110 yıl, daha az miktarda olan petrol ve doğal gaz rezervleri ise 20-25 yıl sonra tükenmiş olacaktır. Ekonomik, çevresel, doğal, sosyal v.b. özellikleriyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgar, su, gel-git, dalga, v.d.) daha fazla önem kazanan biyokütlenin özellikle enerji amaçlı kullanımı ile, petrol ve kömüre bağımlılık önemli ölçüde azaltılabilecektir.

Biyokütle terimi ile belirli bir zaman, alan ya da hacim ölçüsünde toprak üstü ve altındaki yaşayan bitkisel ve hayvansal maddelerin miktarı anlaşılır. Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık % 90 'ı ormanlarda gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeleri ile yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık  $50 \times 10^{19}$  ton olarak tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı ziraat alanları, çayırliklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarında fotosentez ile oluşan bütün birincil biyokütle miktarlarından daha fazladır.

Biyokütle elektrik ve diğer enerji şekillerinin üretiminde kullanılan, yenilenebilen önemli bir kaynaktır. Biyokütle güneş enerjisinin depolandığı organik madde olarak tekrar enerjiye dönüştürülebilir. Biyokütle yakacakları,biyo-yakacak, katı, sıvı ya da gaz olarak biyokütle kaynağından elde edilebilir. Tarımsal bitkiler ve atıkları, endüstriyel odun ve tomruk atıkları, çiftlik hayvanı atıkları ve yöresel organik madde atıkları biyokütle kaynaklarıdır. Biyo-yakacak teknolojileri biyokütlerdeki enerjiyi ulaşım, ısınma ve elektrik üretiminde etkin olarak kullanmaktadır. Günümüzdeki ısı tesislerinde odun atıkları, tarımsal/çiftlik atıkları ve besin maddesi üretimi işlemlerinde oluşan atıklar (örneğin sert meyve kabukları, zeytin çekirdeği v.b.) ve çöp yığınlarından oluşan metan gazı kullanılmaktadır.

Tarihi açıdan biyokütlenin önemi açıktır, fakat bu teknolojik çağda neden tekrar biyokütle ile ilgileniyoruz ? Çevresel ve ekonomik endişeler bu eski kaynağı sürdürülebilir bir topluluk için potansiyel yenilenebilir bir kaynak yapmaktadır.

- Fosil yakacakların yakılmasında“eski” biyokütle kullanılır ve “yeni” karbondioksit dönüştürerek “sera gazı” etkisi yapar ve yenilenemeyen bu kaynak tüketilir.
- Yeni biyokütlenin (enerji bitkileri ve atıkları) yakılmasında atmosfere hiç yeni karbondioksit salınmaz. Çünkü eğer hasat edilmiş biyokütleyi yeniden yetiştirirsek karbondioksit yeni büyüme döngüsüne döner.
- Biyolojik dönüşüm ve ısı dönüşümü teknikleri ile biyokütlenin yakıtlara ve diğer ürünlere dönüştürülmesi yöntemleri (biyokütleden etanol, sentetik gaz, yapışkanlar ve plastikler, ısı, elektrik v.b. üretimi) araştırma laboratuvarlarında geliştirilmektedir. Bu yeni teknolojiler petrol ve kömüre bağımlılığı azaltacak ve atmosfere ek net karbondioksit göndermeyecektir.

## ENERJİ ORMANCILIĞI

Uluslar arası Enerji Birliği (IEA)'ne üye ülkeler 1970 li yıllarda ortaya çıkan enerji krizlerinden sonra enerji ormancılığı projelerine başlayarak kavak, söğüt, kızılğaç, akçaağaç, huş, akasya, okaliptus gibi hızlı büyüyen yapraklı ağaç türlerinden elde ettikleri odunları yongalayıp kurulu güçleri 1-120 MW arasında değişen ısı tesislerinde yakarak ısı ve elektrik enerjisi üretmektedirler. Günümüzde Finlandiya ülke enerji gereksiniminin % 22 'sini, İsveç ise % 16 'sını bu sistemle sağlayan iki lider ülkedir. IEA'ya üye ülkeler 2050'li

yıllarda enerji gereksinimlerinin % 20-50 'sini enerji ormancılığı ile karşılamaya çalışmaktadırlar. ABD'de kurulu gücü 7000 MW tan fazla olan 350 den fazla biyokütle ısı tesisi ile 66 000 kişiye iş olanağı sağlanmıştır. 2010 yılında kurulu güç miktarının 13 000 MW'ın üzerine çıkarılması, 4 milyon acre (1 acre = 0,4 ha) alanda enerji bitkilerinin yetiştirilmesi ve 170 000 kişiye iş sağlanması ile bölge ekonomilerine büyük katkı sağlanması, petrol ithalatının % 40 oranında azaltılması planlanmaktadır. Türkiye'nin de IEA'ya üye olarak enerji ormancılığı konusunda bu ülkelerle sıkı bir bilimsel ve ekonomik işbirliğine girerek ülke kaynaklarından en üst düzeyde yararlanması kaçınılmazdır.

Hammadde ve enerji kaynaklarının kısıtlı olmasına karşın, hammadde ve enerji gereksiniminin sürekli ve her zaman hızlı bir biçimde artış göstermesi, insanlığı geleneksel olmayan yeni kaynaklar bulmaya zorlamaktadır. Var olan kaynakların gelecekteki nüfus patlaması ve yaşam standardının aşamalı bir biçimde artışı ile hızlı bir tempoda azalması beklenmektedir. Yenilenemeyen bu fosil yakıtların tükenmesi, yeni enerji kaynakları için seçeneklerin bulunmasını gerektirmektedir. Yapay ve doğal ormanlar, günümüzde yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak araştırılmakta ve değerlendirilmektedir. Gelişmiş teknolojilerin daha etkin kullanımı ile orman biyokütlesinden enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Fotosentez ile enerji biçiminde depolanan enerji miktarı, dünyanın yıllık enerji gereksiniminin yaklaşık on katına eşdeğerdir. Bu biyokütlenin büyük miktarını orman ağaçları oluşturmaktadır. İstatistiklere göre yıllık orman biyokütle büyümesinin yaklaşık yarısı insanlar tarafından kullanılmaktadır. Böylece dünya ormanları günümüzde endüstriyel odun gereksinimlerini karşılarken, aynı zamanda insan topluluklarının enerji gereksinimlerine öneml katkı sağlayabilmektedir.

Kanada ve İsveç, ülkelerinin petrol nedeniyle dışa bağımlılıklarını azaltabilmek için dünyada enerji ormancılığı konusunda uygulanan en büyük iki projeyi yürütmektedirler. Kanada 1976 yılında başlattığı ENFOR (ENergy from the FORest) projesi ile orta ve uzun dönem sonunda enerji ormancılığının ülkenin birincil enerji kaynağı olmasını amaçlamıştır. Kanada 2050'li yıllarda enerjisinin yaklaşık % 50 'sini enerji ormancılığı ile karşılamayı planlamaktadır. İsveç hükümeti ise kısa idare süreli ormancılığın bir enerji kaynağı olarak uygulanması için 1976 yılında "Enerji Ormancılığı Projesi (EFP) " nin desteklenmesine karar vermiştir. İsveç'te enerji ormancılığı işletmesine uygun toplam alan potansiyeli 4 milyon hektar büyüklüğünde olup, günümüzde mevcut enerji ormanlarından sağlanan odun materyalinin ısı tesislerinde yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile, ülkenin enerji gereksiniminin yaklaşık % 16 sı karşılanmakta, bu oranın 2010 'lu yıllarda % 20 'nin üzerine çıkması için yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Uluslar arası Enerji Birliği'nin Enerji Kurumu (IEA/FE)enerji için odun üretimi konusunda on ülke arasında (Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, İrlanda, Yeni Zelanda, Norveç, İsveç ve ABD) bilgi değişimi ve geliştirilmesini sağlar. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslar arası Ormancılık Araştırma Kurumları Birliği (IUFRO) ve Avrupa Ekonomik Topluluğu (EEC)'da bu konuda aktif kuruluşlardır.

Kısa idare süreli enerji ormanların kurulması için kullanılacak ağaç türlerinin yetişme ortamı koşullarına uyum sağlaması , önemli böcek ve mantar zararlılarına karşı dayanıklı olması, gençlikte hızlı büyümesi, vejetatif olarak hızlı büyüme yeteneğinde olup, hasattan sonra sürgün vererek kolayca yeniden üretim sağlaması gibi özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu nedenle yapraklı türler ibrelili türler göre bu ormanların kurulmasına daha uygun olmaktadır. Ülkemiz gibi ılıman iklim kuşağında bulunan ülkelerde kullanılan ve araştırılan türler: kavak, söğüt, kızıl ağaç, okaliptus, akçaağaç, huş ve akasyadır.



Enerji ormanı kurulurken toprağın derin ve besin maddeleri açısından zengin, taban suyu seviyesi normal olan iyi yetiştirme ortamlarında olmasına özen gösterilmektedir. Toprak derin olarak pulluklarla sürülerek tav durumuna getirilir. Toprak analizleri sonucu eksikliği belirlenen azot, fosfor, potasyum ve diğer besin maddeleri kuru ya da sulu gübre şeklinde toprağa verilir. Toprak taban suyu seviyesi yeterli değilse, olanaklar ölçüsünde toprak sulanır diri örtü (zararlı bitkiler) temizliği yapılır, çelik ve fidanlar dikim makineleri ya da el ile dikilir, hasat makineleriyle ağaç gövdesi toprak seviyesinin üzerinden kesilerek yapılır. Kesilen ağaç gövdeleri yongalama makineleri ile yongalandıktan sonra kamyonlarla ısı tesisine taşınır.

Isı tesislerinde odun ve tarım materyallerinin yakılması sürecinde çevreye petrol ve kömüre kıyasla çok daha az SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> bileşiklerinin verilmesi, biyokütlenin çevre dostu bir enerji kaynağı olduğunu vurgulamaktadır. Yanma sonucu oluşan enerji ya elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik şebekesine verilmekte ya da ısı tesislerinde yer alan dev su tanklarındaki suyun ısıtılması sağlanmaktadır. Sıcak su borularla yerleşim yerlerindeki evlerin, okulların, hastanelerin, iş yerlerinin radyatörlerine ulaştırılmaktadır. Böylece petrol ithalatı azaltılmaktadır. Isı tesisleri yerleşim yerindeki insan nüfusu ve hammadde kaynağının büyüklüğüne göre 0.5 – 120 MW arasındaki kapasitelerde kurulmaktadır. Örneğin, ABD’de 376, Finlandiya’da 120 adet ısı tesisinde enerji üretilmektedir. Ülkemizde henüz bu amaçla kurulmuş bir ısı tesisi bulunmamaktadır.

Geleneksel ormancılıktan vazgeçilerek daha fazla biyokütle ürünlerini sağlayabilmek için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir :

- 1- Uygun yetiştirme ortamlarında en yüksek verimi sağlayabilen yüksek verim gücündeki ağaç türlerinin yetiştirilmesi ya da seleksiyonu,
- 2- Yüksek verimli ağaç türlerinin yetiştirilmesi düşünülen yetiştirme ortamlarının toprakla ilgili su, besin maddesi, sıcaklık ve hava kapasiteleri gibi gerekli yetiştirme ortamı faktörleri özelliklerinin bilinmesi ve bu türlere uygun olmasının sağlanması,
- 3- Yetiştirme ortamı faktörlerinin değişik özellikte etkili olduğu yerlerde yüksek verimli ağaç türlerinin gelişimini incelemek için, iyi planlanmış kapsamlı araştırma fidanlıklarında yetiştirilmelerine ve orman koruması için bütün önlemlerin alınmasına dikkat edilmesi,
- 4- Tüm enerji bilançolarının belirlenmesi,
- 5- Kapsamlı ekonomik hesapların yapılabilmesi gerekir (Saraçoğlu, 2001).

#### **ORMAN VE TARIMSAL BİTKİ ATIKLARI**

Geleneksel üretim yöntemlerinin uygulanmasıyla ağaç biyokütlesinin kökler, kütük, kabuk, dallar ve yapraklardan oluşan büyük bir bölümü kesim artığı olarak ya kısmen ya da tam olarak ormanda bırakılmaktadır. Ağacın faydalanılan gövde bölümü tüm biyokütlenin % 60 ’ını oluşturmaktadır. Silvikültürel işlemler sonucu yapılan saha temizliği, sıklık bakımı gibi ormancılık uygulamaları ile orman alanı dışına çıkarılan ve değerlendirilmeyen materyaller ile orman gülü gibi ekonomik olarak değerlendirilmeyen ağaç, ağaçcık ve çalılar artık sayılırlar. Teknolojik amaçlar için yetersiz olarak düşünülen kesim atıklarından genellikle kütük ve kalın dallardan yararlanılmaktadır.

Ormanların hızla yok olmaya başladığı günümüzde çeşitli kesim atıkları, sanayi odun atıkları ve kabukların değerlendirilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bazı endüstri kolları için özellikle mantar meşesi, çam türleri, meşe, söğüt, ladın gibi çeşitli ağaç türlerinin kabukları bir hammadde olarak önemini korumaktadır. Ormanlardan kesilerek elde olunan yuvarlak odun içerisinde kabuk miktarı yaklaşık % 13 oranındadır. Ülkemizin yıllık odun

üretimi yaklaşık 20 milyon m<sup>3</sup> olduğu düşünülürse, ormanlardan yılda yaklaşık 2,6 milyon m<sup>3</sup> kabuk üretilebildiği anlaşılr. Ülkemizde tomruklar ormanda soyulduktan sonra ağaç kabukları orman köylüsü tarafından toplanarak yakacak olarak kullanılmakta ya da ormanda bırakılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise kabuklar soyulduktan sonra öğütülerek farklı kullanım yerlerinde endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmektedir.

Çam, meşe, ladin, söğüt, huş ve kimi ağaç türlerinin kabukları deri endüstrisinde bitkisel sepi maddesi üretiminde kullanılmaktadır. Çam, söğüt ve huş kabukları ilaç endüstrisinde kullanım yeri bulmaktadır. Teknik olarak uygun kullanım alanı olmayan kabuklar ise, tarım sahalarının drenajı için toprak ıslahında, bahçe ziraatında örtü malzemesi, yol stabilizasyonunda ve çeşitli hayvan yemlerine katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kabuk birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de yakıt olarak kullanılmaktadır. Ağaç kabuklarından yararlanmanın en kolay yolu yakacak olarak kullanmaktır. Enerji, tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de ısınma ve endüstriyel amaçlarda güncelliğini korumaktadır. Kabuk, birçok ülkede yakıt olarak değerlendirilmektedir. Odun yakacak olarak kullanıldığında, kabuklar da beraberinde yanmakta, fakat bu durumda kül sorunu ortaya çıkmaktadır. Kül miktarı, odun için % 0,2-0,3 , kabuk için ise % 5 kadardır. Kabuğun kalori değeri ağaç türlerine göre değiştiği gibi içerisindeki su, kül ve ekstraktif madde miktarı ile ilgili olarak da değişmektedir. Yapılan araştırmalara göre; iğne yapraklı ağaçların kabuklarından elde olunan ortalama ısı değeri 5030 Kcal/kg olup, yapraklı ağaçların kabuklarından elde edilen ısı değeri 4700 Kcal/kg'dır. İğne yapraklı ağaç kabukları , yapraklı ağaçların kabuklarından % 7 daha yüksek bir kalori değerine sahiptir. Yüksek kül miktarı ısı değerini düşürmekte, fakat kimi zamanda çözünen ekstraktif madde miktarı ise ısı değerini arttırmaktadır. Kabuk, oduna göre daha fazla kül ve ekstraktif madde içermektedir. Çamlarda toprağa yakın kabuk kısımları üst kısımlardaki kabuktan daha fazla ısı değerine sahiptir. Isı değeri bakımından dış kabuk iç kabuktan % 50 daha fazla ısı vermektedir. Kabuk odundan daha fazla karbon, daha az oksijen içermektedir. Kükürt miktarı ise kömür ve fuel-oil'e göre yok denecek kadar azdır. Bu bakımdan hava kirliliği söz konusu olduğunda, gerek odun ve gerekse kabuk arzu edilen yakacak maddeleri olarak önem kazanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1986).

Son yıllarda enerji sorununun giderek önem kazanması nedeniyle, odun briketi konusu ülkemizde de aktüel duruma gelmiş bulunmaktadır. Özellikle testere ve rende talaşları, yonga halindeki diğer odunsu artıklar ve kabuklar basınç altında sıkıştırılarak üretilen odun briketi; ocak, şömine, soba ve kuzine gibi, yakacak odunun kullanıldığı bütün kullanım yerlerinde yakılarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla, özellikle ağaç işleyen endüstrilerde meydana gelen rende ve testere talaşları ile kapak tahtaları, uç ve yan kısımlardan elde edilen materyal, kusurlu ve çürük tomruklar ile keresteden yararlanılabilmektedir. Briket yapımında odun artıkları ile birlikte yapıştırıcı madde olarak maden kömürü katranı, petrol artıkları, selüloz üretiminden elde edilen artık sülfat eriyiği (sülfat likörü) de kullanılmaktadır. Son yıllarda, yapıştırıcı madde kullanmadan presleme makinelerinden yararlanarak briket elde etme yöntemleri geliştirilmiştir. 1000-1800 Kp/cm<sup>2</sup> basınç ve 175-230 °C sıcaklık altında 24 saatte 12 ton briket üreten makineler bulunmaktadır. Genellikle, briket yapan makineler çapları 6 ile 30 mm arasında değişen ölçülerde briket üretmektedir. Odun briketleri yakacak odundan daha az rutubet içerdiği için daha fazla kalori değerine sahiptirler. Özel olarak üretilmiş briketler tren mutfak vagonlarında, ordu sahra mutfaklarında kullanılmaktadır. Silindirik şeklindeki bu briketler 12,5 cm çapında, 30 cm uzunluğunda ve yaklaşık 4 Kg ağırlığındadır. Aynı ölçüdeki normal odundan 3 defa daha ağırdır (Şen ve Var, 2002).

Orman ürünleri endüstrisinde kullanılabilecek oduna alternatif biyokütle kaynakları; orman üretim atıkları, ağaç işleyen fabrika atıkları, levha ürünleri üretim atıkları, ağaç yaprak ve kabukları, kağıt fabrikalarının lifsel atıkları, çay fabrikası lifsel atıkları, pamuk bitkisi ve

sapları ve atıkları, asma budama atıkları, tütün, mısır, ayçiçeği, pirinç sapları, buğday, arpa, yulaf, çavdar, fiğ, korunga, yonca v.b. endüstriyel sapları, ot, çalı, diken, kendir, şeker ve göl kamışı saplarıdır (Yalınkılıç ve Türker, 1992).

Türkiye dünyanın önde gelen tahıl üreticisi ülkelerden biridir. Yıllık bitkiler özellikle kağıt ve levha ürünleri endüstrisinde bir alternatiftir. Türkiye'nin tahmini yıllık bitki sapı üretimi 56 milyon ton olup bunun 36 milyon tonu buğday sapı, 8 milyon tonu arpa sapı, 2.5 milyon tonu mısır sapı, 3 milyon tonu pamuk sapı, 2.5 milyon tonu ayçiçeği sapı, 1.3 milyon tonu asma budama artığı, 200 bin ton pirinç sapı, 240 bin ton çavdar sapı, 300 bin ton tütün sapı, 2 milyon ton kendir-kenevir, 200 bin ton göl kamışdır (Anonim, 2000). Önümüzdeki yıllarda GAP projesinin tamamlanması ile bu rakamlar daha da artacaktır. Dünyada azalan orman kaynaklarına alternatif olarak, yıllık bitki lifleri, özellikle ekin sapları , tarımsal üretim yapan ülkelerin üzerinde durduğu en önemli kaynaktır.

## BİYOKÜTLENİN ÇEVREYE YARARLARI

Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki insan etkinliklerinden kaynaklanan artışlar iklim değişikliğine yol açmaktadır. Geçmişte ve günümüzde küresel sera gazı salımlarında en büyük pay gelişmiş ülkelere aittir. Doğayla çatışmayı benimseyen bir yaşam felsefesi ve sınırsız insan gereksinimlerini en ucuz yoldan ve en kaliteli bir şekilde karşılamayı temel alan ekonomi anlayışının, evrensel ilkeler olarak tüm dünyada uygulanması sonucunda, doğa acımasızca yağmalanmış, tahrip edilmiş, birçok bitki ve hayvan türlerinin nesli tükenmiş, içinde yaşadığımız dünya sadece insan için değil tüm canlılar için yaşanmaz hale gelmiştir. Günümüzde orman alanlarıyla birlikte birçok türün habitatları da tahrip edilmektedir. Habitatların bozulması, verimli üst toprağın taşınması, tarım arazilerinin de yok olmasına neden olduğu gibi bu alanlarda tutulu karbonun atmosfere dönmesine ve sera gazları etkisinin artmasına neden olmaktadır. Kentleşme, sanayileşme, turizm, bitki ve hayvan ticareti, atık maddeler vb. nedenlerle ekosistemler, hızlı bir bozulma içindedir. İklim değişikliği, küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakasının incelip delinmesi, asit yağmurları, küresel çevre sorunları olarak insanlığı etkilemektedir.

Dünya karasal sisteminde tutulan karbonun 2/3 'ü orman ekosistemlerinde depolanmaktadır. Yine tüm dünyada bitki örtüsü tarafından tutulan karbonun % 75 'ini ormanlar tutmaktadır. Ormanlar; toprak ve bitki örtüsünde çok büyük miktarlarda C depolarlar, fotosentez ve respirasyon yoluyla atmosferle C değişiminde bulunurlar, kendilerine insan ya da doğal yolla bir müdahale (örneğin doğal orman yangınları, yetersiz üretim yöntemleri kullanılması, orman dışı amaçlarla kullanmak üzere ormanda açma ve yakma) yapıldığı zaman atmosfer karbonu kaynağı olurlar, müdahaleden sonra terk edilirse ya da gençleştirilirse yeniden C tüketicisi olurlar. Ormanın farklı bir amaçla kullanılmak üzere başka arazi kullanımlarına dönüştürümü sonucu orman bitki örtüsünün ortadan kalkmasıyla farklı bir yüzey örtüsünün oluşması; arazinin gelen ışınları yansıtma oranlarında değişiklik yaparak iklimi etkiler. Ayrıca , yakma sonucu orman biyokütlesinin tahrip edilmesi; CO<sub>2</sub> 'in yanı sıra sera gazlarının açığa çıkmasına yol açar.

Ormanlar sadece ağaç topluluklarında oluşmaz. Binlerce yılda oluşmuş toprağı, içinde barındırdığı binlerce hatta milyonlarca bitki, hayvan ve mikroorganizmalarıyla ve bunların karşılıklı ilişkileriyle bir çevre sistemi ve yaşama birliğidir. Bu sistem insan eliyle yok edildikten sonra tekrar insan eliyle geri getirilmesi olanaksızdır. Ormanlar dünyanın akciğerleridir ve binlerce yıldır fotosentez ve bitki ve toprak solunumu yoluyla karasal biyosfer ile atmosfer arasında sürekli ve dengeli olarak karbon pompalamaktadır. Ancak arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık etkinlikleri bu dengeli süreci

bozmuştur. Küresel ısınma ve hava kirliliği sonucunda orman ekosistemleri ya yok olmuş, ya da bünye olarak zayıflamıştır. Bu durum ormanların karbon çevrimindeki rolünü olumsuz yönde etkilemiştir.

Kara ekosistemlerindeki olaylar başta karbon çevrimi, besin çevrimleri ve su çevrimleri olmak üzere bir dizi biyolojik, jeolojik ve kimyasal çevrimlere bağlıdır. Tüm bu olaylara insan müdahalesinin etkisi sonucu değişime ve dönüşüme uğrarlar. Canlı biyokütlerde, bozunmuş organik maddelerde ve toprakta karbon içeren kara ekosistemlerinin küresel karbon çevriminde rolü çok büyüktür. Karbon atmosfer ile kara ekosistemleri arasında fotosentez, solunum, bozunma ve yanma yoluyla doğal olarak alınıp verilir. Enerji üretimi, sanayi, ulaştırma vb. etkinliklerin yanısıra arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık gibi insan etkinlikleri sonucu atmosfer ve karalarda stoklanan karbon miktarı değişir. Birkaç yüzyıldan beri orta ve yüksek enlemlerde ve 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren tropik ormanlarda ormanların yok edilmesi sonucu büyük miktarlarda karbon atmosfere salınmıştır. Karasal ekosistemlerde toprakta tutulan karbon (2011 Gt), bitki örtüsünde tutulan karbondan (466 Gt) daha fazladır. Her yıl insan kaynaklı net 3.2 milyar ton karbon atmosfere katılmaktadır. Burada en büyük pay enerji üretimi için fosil yakıt kullanımı ve sanayi üretimine aittir. 1850 ile 1998 döneminde fosil yakıt kullanımı ve çimento üretiminden kaynaklanan yaklaşık 270 Gt, arazi kullanım değişikliği sonucunda ise 136 Gt karbon, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) olarak atmosfere salınmıştır. Sonuçta atmosferdeki karbon dioksit içeriğinde 176 Gt karbonluk bir fazlalık meydana gelmiştir. Atmosferdeki konsantrasyon 285 ppm' den 366 ppm 'e yükselmiştir. Yani bu dönem içerisinde insan etkinlikleri sonucu atmosfere salınan CO<sub>2</sub> 'in % 43 'ü atmosferde kalmış, geriye kalan 230 Gt karbon okyanuslar ve kara ekosistemleri tarafından geri emilmiştir. Yeni ağaçlandırmalar ya da gençleştirilen ormanlar kurulduktan itibaren 20-50 yıl ya da daha fazla bir süre havadan karbon emerler (Anonim, 2001).

En son bilgisayar modelleri ile küresel sıcaklıkların bu yüzyılın ortalarında 2-5 °C artabileceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınma deniz seviyesinin yükselmesine, yağış miktarlarının değişmesine neden olabilecektir. Küresel ısınmada enerji üretimi ve insan kullanımının % 60 oranında etkisi bulunmaktadır. Atmosferdeki sera gazları seviyesini artırıcı diğer etkinlikler; kloroflorkarbon (% 15) gibi kimyasallar, tarım (% 12), arazi kullanım değişiklikleri ve diğer insan etkinlikleri (% 4) dir. Günümüzde dünya genelinde sera gazları emisyonları oranı her yıl artmaktadır. Gelecekteki büyük ısınmanın en düşük seviyelere indirilebilmesi için bu emisyonların azaltılmasına başlanmalıdır. Kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakacakların kullanımının azaltılması, özellikle endüstrileşmiş dünyada, küresel ısınmanın kontrolündeki en önemli biricik faktördür (Schneider, 1992).

1992 yılında karbondioksitin 23 milyar tonu motorlu araçlar ve orman yangınlarından çevreye yayılıyordu. En önemli sera gazlarının milyonda birinde karbondioksit oranı 356 birimdi. Bugün sera gazlarının emisyonları giderek artıyor ve karbondioksit oranı da milyonda 370 birime ulaştı. Atmosferdeki klor konsantrasyonu 1975 'te milyarda 1.4 ' tü. Antartika'da her bahar, ozon tabakasında delik açan kimyasallarla tepkimeye giren klor miktarı 1992 'de 3 'e yükseldi. Ozon tabakası rekor düzeyde hasara uğradı. Antartika üzerindeki delik 2000 'de 28.3 milyon kilometrekareydi, yani ABD yüzölçümünün 3 katı ( Anonim, 2002).

Biyokütle yakıtları hemen hemen hiç sülfür emisyonları üretmezler ve asit yağmurlarını azaltırlar. Biyokütle yakıtları atmosferik karbonun döngüsünü sağlar, küresel ısınmayı azaltır.

Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı, biyokütlenin büyüme sürecinde alınan miktarına eşittir. Biyokütlenin yanması sonucu kömüre kıyasla daha az kül oluşur ve külün ortamdaki

uzaklaştırılması kolay ve ucuz olur, depolanma alanı gereksinimi azalır. Biyokütle külü tarım alanlarında toprak iyileştiricisi olarak kullanılabilir. Kışa dayanıklı enerji bitkileri (otlar ve ağaçlar) geleneksel çiftlik bahçelerine kıyasla daha az yetiştirme ortamı faktörleri ile yetinebilirler. Enerji bitkileri daha az gübreleme ve herbisit (bitkilere karşı zararlı ve etkili kimyasal maddeler, özellikle yabancı otlarla mücadelede kullanılmaktadır) uygulaması gerektirirler ve yıl boyunca vejetatif büyüme (ağaç türlerinin kütük ve köklerinden sürgün gelişimi ile büyümesi) sağlarlar, toprak erozyonuna karşı koruma sağlayarak havza kalitesini artırır, ayrıca yaban hayatını geliştirirler. Çöp toplama merkezlerinde oluşan metan emisyonlarının yararlı enerjiye dönüştürülmesi projeleri uygulanabilir.

1989-1999 yıllarında sürdürülen bir araştırmaya göre, Avrupa Birliğinde yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı, biyoenerji dahil, 2020 yılında iki katından daha fazla olacaktır. Bu artış 2020 yılında biyoenerji sektöründe 800 000 den fazla işgücü olanağı sağlayabilecektir (Avrupa Komisyonu Enerji Genel Müdürlüğü, 1999). Biyokütlenin elektrik ya da ısı üretiminde kullanılmasında 2020 yılında 323 000 işgücü potansiyeli oluşturulurken 515 000 işgücü yakacak olarak enerji bitkileri ya da orman ve tarımsal atıkların üretiminde çalışabileceklerdir (Tablo 1). (Domac, 2002).

Biyoenerjide iş kaynağı sağlama oldukça düşük yatırım harcamalarını içermektedir. (Brezilya'da sürdürülen çalışmalara göre biyoenerji endüstrilerinde her bir iş gücü için 15 00 ile 100 000 USD arasında bir yatırım söz konusu iken bu miktar petrokimya endüstrisinde 800 000 USD ve hidroelektrik santrallerinde ise 10 milyon USD 'ın üzerine çıkabilmektedir Tablo 2).(Domac, 2002).

Tablo 1. Biyoenerji ve diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinin tahmini işgücü gelişimi  
Avrupa Birliği (yeni net tam-gün iş olanağı, 1995 yılı verilerine göre)  
(Domac , 2002)

| Enerji tipi           | 2005     | 2010    | 2020    |
|-----------------------|----------|---------|---------|
| Güneş termal ısı      | 4 590    | 7 390   | 14 311  |
| Fotovoltaik           | 479      | -1 769  | 10 231  |
| Güneş termal elektrik | 593      | 649     | 621     |
| Rüzgar karada         | 8 690    | 20 822  | 35 211  |
| Rüzgar denizde        | 530      | -7 968  | -6 581  |
| Küçük hidro           | - 11 391 | - 995   | 7 977   |
| Biyoenerji            | 449 928  | 642 683 | 838 780 |

Tablo 2. Kuzeydoğu Brezilya'da değişik enerji sektörlerinde işgücü yatırım maliyeti  
(Dom,2002)

| İş oluşturma alanı                    | Her bir işgücü için yatırım maliyeti ( bin USD) |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Elektrik üretimi için ağaç yetiştirme | 15 – 100                                        |
| Etanol tarım endüstrisi               | 12 – 22                                         |
| Endüstriyel projeler                  | 40                                              |
| Petrokimya endüstrisi                 | 800                                             |
| Hidroelektrik                         | 10 000                                          |

## TÜRKİYE’NİN BİYOKÜTLE ENERJİSİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

Türkiye’nin orman alanı % 27 oranı ile 20.7 milyon hektar alan kapsamaktadır. Orman alanlarının tamamı verimli orman niteliğinde olmayıp, ürün verebilen orman alanı 9.9 milyon hektar (% 48) dır. Geriye kalan 10.8 milyon hektar (% 52) orman alanı ise verim gücü düşük ormanlardan ya da tamamen verimsiz, bozuk , makilik ve çalılıklardan oluşmaktadır. Ülkemizde orman varlığının % 31 ’ine karşılık gelen 6.4 milyon hektarlık alan baltalık (normal, bozuk, çok bozuk) ormandır. Bunun 4 milyon hektarlık çok bozuk baltalık orman alanının enerji ormanlığına konu olabileceği söylenebilir. Türk Orman Envanteri’ne göre ormanlarımızın ağaç serveti 1.2 milyar m<sup>3</sup>, yıllık artımı 34 milyon m<sup>3</sup>, yıllık kesilebilecek miktar (eta) ise 18 milyon m<sup>3</sup> olacaktır. 2020 yılında yıllık odun ürünü gereksinimiz 43 milyon m<sup>3</sup> olacaktır. Eğer üretim-tüketim arasındaki fark ithalat ile karşılanacaksa yaklaşık 6.4 milyar USD ödenmesi gerekecektir. Bu açığın kapatılmasında gerek devlet ormanlarında ağaçlandırılması gereken alanların uygun bir bölümünde modern enerji ormanlarının kurulması ve gerekse vatandaşın kendi arazisinde kavak, söğüt, akasya, okaliptus, kızılğöbe gibi hızlı büyüyen ağaç türleri ile enerji ormanları kurmasının teşvik edilmesi ile enerji ormanlarında üretilecek ek odun üretimi önemli bir rol oynayabilecektir (Konukçu, 1998).

Türkiye ormanlarından Orman Genel Müdürlüğü tarafından kesilen yıllık ortalama 18 milyon m<sup>3</sup> ağaç hacmi yanı sıra orman içi ve orman çevresinde yaşayan vatandaşların izinsiz olarak devlet ormanlarından kestikleri ağaç hacmi ve ayrıca tapulu arazilerdeki şahıs ormanlarından kesilen yıllık ortalama ağaç hacmi toplamının yaklaşık 10 milyon m<sup>3</sup> olduğu ve toplam olarak devlet ve özel şahıs ormanlarından yıllık kesilen ağaç hacminin 28 milyon m<sup>3</sup> olduğu tahmin edilmektedir. Bir ağacın yaklaşık % 25 ’inin dallar, gövde kabuğu ve kesim sonrası arta kalan uç parçadan oluştuğu düşünülürse Türkiye ormanlarında her yıl yaklaşık 7 milyon m<sup>3</sup> kadar ağaç atıklarının ormanlarda kaldığı ve bunun büyük bir oranının nakliye masraflarını karşılamadığı için ormanlarda çürümeye terk edildikleri bilinmektedir. Ormanlarda çürütülen bu çok büyük miktardaki ağaç atıkları yanı sıra her yıl ülkemizde tarımsal üretim sonrası yaklaşık 56 milyon ton bitki sapı ve atıklarının da enerji üretiminde değerlendirilmeleri sağlandığında ülkemiz de biyokütle atıklarından enerji üreten ülkeler gibi biyoenerjiden yararlanmayı gerçekleştirmiş olacaktır.

Türkiye’nin de Uluslar arası Enerji Birliği (IEA)’ne üye ülkeler gibi yakın gelecekte ülke enerji gereksiniminin önemli bir miktarını modern enerji ormanlığı projesi ile sağlaması istenirse kimi koşulların sağlanması gerekmektedir :

1- Modern enerji ormanlığının ülkemizde yurt çapında büyük ölçekte uygulanabilmesi için Türk Hükümeti’nin IEA’ya üye ülkelerin hükümetleri gibi vatandaşların kendi arazilerinde enerji ormanlığı işletmeciliğini yapabilmeleri için, tarımda olduğu gibi, arazi hazırlık çalışmaları, fidan, gübre ve makine temini, bakım ve hasat çalışmalarında kullanılacak yeterli miktarda düşük faizli krediler sağlaması,

2- Hükümetin üretilen odun ürünlerinin ve tarımsal bitki artıklarının yakılarak elektrik ve ısı enerjilerine dönüştürülmesini sağlayacak modern ısı tesislerinin kurulmasında ve üretilen elektrik ve ısının satışında vergi muafiyeti sağlayarak hem tesislerin ülke genelinde çok sayıda kurulmasına ve hem de üretilecek elektriğin ; petrol, kömür ve doğalgaz fiyatları ile rekabet edebilecek birim fiyatlarla satışına destek olması gerekir.



Biyokütle enerjisi üreten ülkeler, enerji ormanlarından ürettikleri odunların yongalarını, ormanlardan bakım ve hasat çalışmaları sonucu ortaya çıkan milyonlarca m<sup>3</sup> dal, kabuk, tepe parçalarını, piyasada kullanılmayan odun ürünlerini, tarımsal bitki sapları ve atıklarını, odun endüstrisinde üretim sürecinde ortaya çıkan talaş ve odun atıklarını, kullanılmış kağıtları ısı tesislerinde yakarak elektrik ve ısı üretimi sağlayarak ülkelerinin enerji potansiyellerine katkı sağlamaktadırlar. Ülkemizde ne yazık ki bu amaçla kurulmuş tek bir ısı tesisi bulunmamaktadır. Bu tür ısı tesislerinde orman artıklarının yanı sıra çok büyük miktar tutan tahıl bitkileri sapları, pamuk, ayçiçeği, mısır sapları, zeytin çekirdeği ve posası gibi tarımsal bitki atıklarını yakarak önemli miktarda enerji üretebiliriz. Türkiye'nin de enerji ormanlığına uygun devlet ve şahıs arazilerinde enerji ormanlarını kurması ve tarımsal bitki atıklarını da enerji üretiminde değerlendirmesi ile petrol ithalatı azaltılabilecek, doğal ormanlar ve çevre korunabilecek, toprak erozyonu azaltılabilecek, on binlerce insana iş olanağı sağlanacak ve yeşil Türkiye görünümü oluşturulabilecektir (Saraçoğlu, 2002).

#### KAYNAKLAR

1. Anonim, 2000. <http://www.FAO.Org>. Web Sayfası.
2. Anonim, 2001. İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormanlık Alt Çalışma Gurubu Raporu, T.C. Orman Bakanlığı, Ankara.
3. Anonim, 2002. Dünyanın Ödediği Bedel. Anahtar Dergisi, Milli Produktivite Merkezi, Yıl:14, Sayı:165, S.15, Ankara.
4. Bozkurt, Y., Göker, Y., 1986. Orman Ürünlerinden Faydalanma. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No:402/379, İstanbul.
5. Domac, J. 2002. Bioenergy and job generation. Unasylva, FAO, Vol. : 53, 2002/4, Rome.
6. Konukçu, M. 1998. Statistical Profile of Turkish Forestry. T.R. Prime Ministry, State Planning Organization, June 1998, 44 s., Ankara.
7. Saraçoğlu, N. 2001. Türkiye'nin Uluslararası Enerji Politikalarında Enerji Ormanlığını Önemi. Ulusal Ormanlık Kongresi, 19-20 Mart 2001, 183-195, Ankara.
8. Saraçoğlu, N. 2002. Yenilenebilir Çevre Dostu Enerji Kaynağı : Enerji Ormanlığı. Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt:41, Sayı:412, Şubat 2002, 39-41, Ankara.
9. Schneider, S.H. 1992. Global climate change. In Jack M. Hollander (Ed.), The Energy Environment Connection, Washington: Island Press, New York.
10. Şen, S., Var, A.A., 2002. Ağaç Kabuklarından Sepi Maddesi Üretimi ve Diğer Yararlanma Olanakları. 4. Gap Mühendislik Kongresi, 6-8 Haziran 2002, 2. Cilt, 1664-1670, Urfa.
11. Yalınkılıç, M.K., Türker, M.F., 1992. Yakacak Oduna Alternatif Bir Enerji Kaynağı : Yakıt Briketi. I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, Bildiriler Kitabı, 159-176, Trabzon.



## TÜRKİYE TARIMINDA BİYOKÜTLE (BİYOMAS) ENERJİ KAYNAKLARI

Ar.Gör.Güray AKDOĞAN      Prof.Dr. H.Yavuz EMEKLİER

*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 06110 Dışkapı-ANKARA*

### ÖZET

Dünya çapında 450 bin bitki türü belirlenmiş ve bunun yaklaşık 3000 türü gıda-giyim vb. kaynağı olarak insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yaklaşık 300 bitki türü ise insanlar tarafından kültüre alınmış ve bunlardan 60 türü büyük öneme sahiptir. Ancak enerji bitkisi olarak yaklaşık 70 bitki türünün dünyada kullanıldığı bildirilmektedir (El Bassam, 1998).

Enerji bitkisi türü denildiğinde tek yıllık veya çok yıllık türlerinin katı, sıvı veya gaz enerji hammaddesi (feedstock) üretmek için yetiştirilebilen türleri olarak tanımlanabilir. Biyoenerji bitki türü sayısı oldukça fazladır ve dünyanın hemen her bölgesinde yetişebilen birkaç tür mutlaka vardır.

Öncelikli olarak karbonhidratları veya yağları depo eden tüm bitki türleri sıvı enerji kaynağı üretimi için uygundur. Selüloz, nişasta ve şeker ise etanol üretimi için kullanılabilir. Bitkisel yağlar yakıt olarak kullanılabilir. Lignoselüloz içeren bitki kısımları katı yakıt olarak doğrudan enerji sağlayabilirler.

Bitkisel ham maddelerden alkol elde edilmesi tarımda eski bir gelenektir. Etanol üretimi için uygun türler nişasta bitki türleri (patates, kassava), tahıllar (mısır, tane sorgum, şeker sorgum) ve şeker bitkileri (şeker pancarı, şeker kamışı)'dir (El Bassam 1998). Günümüzde etanol üretmek için en çok kullanılan bitki türleri ise arpa, buğday, mısır, şeker sorgum, şeker pancarı, şeker kamışı, patates, tatlı patates, kassava ve hayvan pancarıdır. Birkaçı hariç diğerleri Türkiye' de kısıtlamasız üretilir. Bunlardan mısır, tane ve şeker sorgum C<sub>4</sub> bitkisi olarak, ülkemiz etanol üretimine önemli katkıda bulunabilecek bitkilerdir. Biyodiesel kaynağı olan yağ bitkilerinin çok azı yüksek bir birim alan yağ verimine sahiptir. Başlıca yağ bitkileri ayçiçeği, kolza ve yer fıstığının birim alan yağ verimi 1 t/ha 'ın üzerindedir. Ancak yemeklik yağ açığını kapatamadan biyodiesel üretimini ve standardizasyonunu yapmak bugün için olanaksızdır.

### GİRİŞ

Güneş enerjisinin, bitkilerde ve hayvansal ürünlerde kimyasal formda depo edildiği biyokütle, dünyanın en değerli ve çok yönlü kaynakları arasındadır. Bu kaynak sadece besin maddesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda enerji, yapı malzemeleri, kağıt, dokuma ürünleri, ilaçları ve kimyasalları da sağlar. Biyokütle, insanlığın ateşi keşfettiğinden beri enerji amacıyla kullanılmaktadır.



## 1. BİYOKÜTLE VE BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Günümüzde kullanmakta olduğumuz enerjinin hemen hemen hepsi fotosentez yoluyla toplanmış ve depolanmış enerjidir. **Tüketmekte olduğumuz fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgaz) tamamı basit birer antik biyokütledir.** İnsanlar birkaç yüzyıl önce kömür formundaki fosilleşmiş biyokütleyi keşfetmişlerdir. Kömür, biyokütlenin şeker polimerlerinin lignine benzer bir kimyasal yapıya dönüştüğü çok yavaş gerçekleşen bir kimyasal dönüşümünün sonucu oluşmuştur. Bu sayede kömür, ilave kimyasal bağlarla daha konsantre ve enerji değeri daha yüksek bir enerji kaynağıdır.

Biyokütlenin kimyasal bileşimi türlere göre değişmektedir. Ancak, bitkiler yaklaşık olarak % 10-25 lignin, % 40-60 selüloz ve % 20-40 hemiselüloz içerirler. Selüloz, biyokütlerde karbonun en bilinen formudur ve glikozun biyopolimeridir. Hemiselüloz, 5 ve 6 karbonlu şekerler ile uronik asit içeren kısa, yüksek oranda dallanmış şeker zinciridir. Lignin ise şeker olmayan molekülleri içerir.

Karbondioksitin ( $\text{CO}_2$ ) fotosentez yoluyla organik bileşiklere dönüştürüldüğü biyokütlerde, bağlanan karbondaki tutulan güneş enerjisi biyokütlenin büyümesinde en önemli adımı oluşturur. Bitkinin büyüme yapı taşları olarak bilinen karbonhidrat, temel organik üründür. Fotosentezi yürüten güneş enerjisi, biyokütlenin yapısal bileşiklerinin kimyasal bağlarında depo edilir. Bağlanan her bir gram mol karbon yaklaşık 470 kJ (112 kcal) enerji absorbe eder (Klass 2004). İnsanlar, hem yaşamaları için gerekli olan enerjiyi hem de ısınma, pişirme vs. gibi nedenlerle ihtiyaç duyduğu enerjiyi kimyasal bağlarda depo edilen bu enerjiden sağlar. Her yıl ototrof bitkiler tarafından biyokütle formunda tutulan karbon miktarı yaklaşık 200 milyar tondur. İnsanlar bu 200 milyar tonun sadece 800 milyon tonunu (% 0,4) gıda olarak kullanmaktadır (El Bassam 1998).

Güneşin dünyaya verdiği enerji yaklaşık  $1.5 \times 10^{18}$  kWh/yıl'dır ve bu miktar dünyada tüketilen toplam enerjiden 10,000 kat daha büyüktür. Bitkiler tarafından tutulan kimyasal enerjinin, bitkilere düşen güneş ışınlarının taşıdığı enerjiye oranı olarak ifade edilen fotosentez etkinliğinin üst sınırı %8'den %15'e kadar çıkabilmektedir. Ancak tarla koşullarında bu değer çoğunlukla % 2'den daha düşüktür (Klass 2004) (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Bazı bölgeler için biyokütle verimliliği ve tahmini güneş enerjisi yakalama etkinliği.

| Bölge          | Biyokütle               | Yıllık kuru madde verimi (t/ha-yıl) | Ortalama güneşlenme ( $\text{W/m}^2$ ) | Güneş enerjisi yakalama etkinliği (%) |
|----------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Minnesota      | Söğüt ve hibrid kavak   | 8-11                                | 159                                    | 0.30 – 0.41                           |
| Teksas         | Switchgrass(dallı darı) | 8 – 20                              | 212                                    | 0.45 – 0.54                           |
| Teksas         | Şeker sorgum            | 22.2 – 40                           | 239                                    | 0.55 – 0.99                           |
| İsrail         | Mısır                   | 34.1                                | 239                                    | 0.79                                  |
| Hollanda       | Mısır-çavdar iki biçim  | 37.0                                | 106                                    | 1.94                                  |
| Batı Hindistan | Tropik orman            | 59.0                                | 212                                    | 1.55                                  |
| Hawaii         | Şeker kamışı            | 74.9                                | 186                                    | 2.24                                  |
| Tayland        | Yeşil alg               | 164                                 | 186                                    | 4.90                                  |

Kaynak : Klass 2004'den değiştirilmiş

Örneğin  $40^\circ$  paralelindeki bir hektarlık alana düşen toplam enerji miktarı,  $1.47 \times 10^{13}$  kaloridir. Eğer bu enerjinin tamamı karbonhidratlara dönüşseydi, hektara 2000 tonluk bir

verim alınabilirdi. Fakat dünya yüzeyine düşen toplam güneş ışığının % 43'ü fotosentezde etkili ışınlardır. Hektara yılda 10 ton kuru madde veriminin alındığı 40° paralelindeki bir bölgede, fotosentez etkinliği, toplam enerji radyasyonunun % 0.27'si veya fotosentez aktif radyasyonun % 0.63'ü olabilmektedir (El Bassam 1998). Bu değerler, Minnesota'da yılda 8 ila 11 ton kuru madde verimi alınabilen söğüt ve hibrid kavak için m<sup>2</sup>'ye 159 W'lık güneş ışını düşmekte ve bitki bunun % 0.30 ile % 0.41'ini absorbe edebilmektedir. m<sup>2</sup>'ye 186 W güneş ışınının düştüğü Tayland ise yeşil alglerin absorbe ettiği güneş enerjisi miktarı % 4.90'a çıkmakta, buna bağlı olarak kuru madde verimi yılda 164 ton/ha'a ulaşmaktadır (Klass 2004).

## 2. BİYOKÜTLE ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji ve yakıt uygulamaları için farklı biyokütle türleri ve tipleri düşünüldüğünde, en önemli parametreler bunların kimyasal enerji içeriği ve ısı değerleridir. Fotosentez sonucu oluşan katı biyokütle genellikle yüksek ısıl değerine sahiptir ve kuru maddenin enerji değeri 15.6 – 20.0 MJ/kg arasında değişmektedir (Klass 2004). Biyokütleyi oluşturan çeşitli bileşiklerin karbon içerikleri ve yüksek ısıl değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Seçilmiş biyokütle bileşenlerinin tipik karbon içerikleri ve yüksek ısıl değerleri (Klass 2004).

| Bileşen            | Karbon<br>(% ağırlık) | Yüksek ısıl değeri<br>(MJ/KG) |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Monosakkaritler    | 40                    | 15.6                          |
| Disakkaritler      | 42                    | 16.7                          |
| Polisakkaritler    | 44                    | 17.5                          |
| Ham protein        | 53                    | 24.0                          |
| Lignin             | 63                    | 25.1                          |
| Yağlar             | 76 – 77               | 39.8                          |
| Terpenler          | 88                    | 45.2                          |
| Ham karbonhidrat   | 41 – 44               | 16.7 – 17.7                   |
| Ham lif            | 47 – 50               | 18.8 – 19.8                   |
| Ham trigliseritler | 74 – 78               | 36.5 – 40.0                   |

Çizelge incelendiğinde biyokütleyi oluşturan bileşiklerin karbon miktarı arttıkça enerji değerleride artmaktadır. Taze ve atık biyokütle örneklerinin enerji değerleri, kalorimetre gibi aletler kullanmadan karbon ve nem analizleri sonuçlarından tahmin edilebilir. Biyokütlenin enerji içeriğini hesaplamak için güvenilir doğrulukta bulunan eşitliklerden bir tanesi;

$$\text{Yüksek ısıl değeri (MJ/kg)} = 0.4571 (\text{kuru maddede \%C}) - 2.70 \text{ 'dir (Klass 2004).}$$

Mevcut biyokütlenin küresel enerji potansiyeli oldukça büyüktür. Karasal alanlardaki mevcut biyokütle miktarının, dünya yıllık toplam enerji tüketiminin yaklaşık 100 katı olduğu tahmin edilmektedir. Mevcut karasal biyokütle kaynakları içerisinde de en büyük kaynak ormanlardır ve toplam biyokütlenin % 80-90'ını oluşturmaktadır (Klass 2004).

Biyokütle için en iyi örnek odundur. Ancak yetişmesi uzun yıllar alan ağaçların bilinçsizce kesilmesi, ormansızlaştırma (deforestation), yangın gibi nedenlerle ormanlar yok olmakta/edilmekte; bunun sonucu olarak da büyük çevre felaketlerine yol açılmaktadır. Odunun yanı sıra, tarımsal atıklar, kentsel atıklar, ağaç sanayi atıkları (yonga), enerji

bitkileri ve hayvansal atıklar biyokütle kaynağı olarak sayılabilirler. Günümüzde biyokütle enerji kaynaklarını klasik ve modern kaynaklar olarak iki sınıfa ayırmak olanaklıdır. Bunları;

- **Klasik biyokütle enerji kaynakları** : odun ve tezek
- **Modern biyokütle enerji kaynakları** : enerji bitkileri, enerji ormanları, tarımsal atıklar, ağaç endüstrisi atıkları ile bu bitkilerden ve atıklardan elde edilen biyodizel, biyoetanol gibi çeşitli yakıtlar.

## 2.1 Enerji Bitkileri

Enerji bitkisi türü denildiğinde tek yıllık veya çok yıllık türlerin katı, sıvı veya gaz enerji hammaddesi (feedstock) üretmek için yetiştirilebilen türler olarak tanımlanabilir. Biyoenerji bitki türü sayısı oldukça fazladır ve dünyanın hemen hemen her bölgesinde yetişebilen birkaç tür mutlaka vardır.

Öncelikli olarak karbonhidratları veya yağları depo eden tüm bitki türleri sıvı enerji kaynağı üretimi için uygundur. Selüloz, nişasta ve şeker ise etanol üretimi için kullanılabilir. Bitkisel yağlar yakıt olarak kullanılabilir. Lignoselüloz içeren bitki kısımları katı yakıt olarak doğrudan enerji sağlayabilirler (El Bassam 1998).

Bitkisel ham maddelerden alkol elde edilmesi tarımda eski bir gelenektir. Etanol üretimi için uygun türler nişasta bitki türleri (patates, kassava), tahıllar (mısır, tane sorgum) ve şeker bitkileri (şeker pancarı, şeker kamışı, şeker sorgum)'dir (El Bassam 1998). Günümüzde etanol üretmek için en çok kullanılan bitki türleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Etanol elde edilebilen bitki türlerinin verimlik yönünden karşılaştırılması

| Bitki türü     | Verim (t/ha) | Şeker / nişasta |              | Etanol verimi (L/ha) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------|----------------------|
|                |              | % içerik (yağ)  | Verim (t/ha) |                      |
| Arpa           | 5.8          | 58.0            | 3.36         | 2150                 |
| Kassava        | 9.0          | 35.0            | 3.15         | 2900                 |
| Hayvan pancarı | 98.5         | 8.2             | 8.08         | 4923                 |
| Mısır          | 6.9          | 65.0            | 4.49         | 2874                 |
| Patates        | 32.4         | 17.8            | 5.77         | 3693                 |
| Şeker pancarı  | 57.4         | 16.0            | 9.18         | 5600                 |
| Şeker kamışı   | 80.0         | 10.0            | 8.00         | 5400                 |
| Tatlı patates  | 12.0         | 25.0            | 3.00         | 2400                 |
| Şeker sorgum   | 90.0         | 10.0            | 9.00         | 5400                 |
| Buğday         | 7.2          | 62.0            | 4.46         | 2854                 |

Kaynak: El Bassam 1998

Günümüzde bitkilerde bulunan selülozdan da etanol üretilebilmektedir, ancak büyük oranlarda bir üretimi yoktur.

Biyodizel kaynağı olan yağ bitkilerinin çok azı, yüksek bir birim alan yağ verimine sahiptir. Başlıca yağ bitkileri soya fasulyesi, kolza ve ayçiçeğidir. Çizelge 2.3'de bazı yağ bitkileri ve verim potansiyelleri listelenmiştir.

Çizelge 2.3 Biyodizel elde edilebilen yağ bitkisi türlerinin verimlilik yönünden karşılaştırılması (El Bassam 1998)

| Bitki adı     | Birim alan tohum verimi (t/ha) | Yağ oranı (%) | Birim alan yağ verimi (t/ha) |
|---------------|--------------------------------|---------------|------------------------------|
| Kolza         | 2-3,5                          | 40-50         | 1,26                         |
| Pamuk (Çiğit) | 1,2                            | 15-25         | 0,29                         |
| Keten         | 1,8                            | 30-48         | 0,70                         |
| Yerfıstığı    | 2,0                            | 45-53         | 1,00                         |
| Zeytin        | 1-12,5                         | 40            | 0,4-0,5                      |
| Ayçiçeği      | 2,5-3,2                        | 35-52         | 0,88-1,67                    |
| Aspir         | 1,8                            | 18-50         | 0,63                         |
| Soya          | 2,1                            | 18-24         | 0,38                         |
| Susam         | 0,5                            | 50-60         | 0,25                         |

Katı yakıt olarak değerlendirilebilecek bitki tür sayısı, etanol ve yağ üretimine uygun bitki tür sayısından oldukça fazladır. Bu bitkilerin üretim seviyelerini genetik potansiyellerinin yanı sıra, su ve diğer girdilerin alınabilirliği oldukça etkilemektedir. Genel olarak, ideal bir enerji bitkisinin sahip olması gereken karakteristik özellikleri : **a)** Yüksek verim (birim alandan maksimum kuru madde üretimi), **b)** Üretim için düşük enerji girdisi, **c)** Düşük maliyet, **d)** Düşük bitki besin maddesi isteğidir.

Bu istenen karakterler bölgesel iklime ve toprak şartlarına da bağlıdır. Bunların yanı sıra, dünyanın pek çok ülkesinde ve ülkemizde bitki seçimindeki en önemli sınırlayıcı faktör bitkinin su tüketimidir. Bu bölgeler için bitki seçimindeki en önemli faktör kuraklığa dayanıklılıktır (McKendry 2002a).

Biyokütlenin kullanım alanına göre, enerji bitkisi yetiştiriciliği için bitki seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar : **a)** Etanol üretmek için nişasta ve şeker bitkisi türleri yetiştiriciliği, **b)** Biyodizel kaynağı olarak yağ bitkileri yetiştiriciliği, **c)** Yakıt olarak kullanmak için ya doğrudan yakarak ya da dolaylı olarak dönüştürerek ısı ve elektrik sağlamak için katı biyokütlenin üretilmesi, **d)** Ligno-selülozca zengin hammaddeler metanol, biyodizel, sentetik gaz ve hidrojen gibi yakıt üretimi için kullanılabilir olmalı, **e)** Biyogaz üretimi için biyokütle yetiştiriciliği, olarak özetlenebilir (El Bassam 1998).

Dünya çapında 450 000 bitki türü tespit edilmiş ve bunun yaklaşık 3000 türü gıda- giyim vb. kaynağı olarak insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yaklaşık 300 bitki türü insanlar tarafından kültüre alınmış ve bunlardan 60 türü büyük öneme sahiptir. El Bassam (1998) "**Energy Plant Species**" (Enerji Bitki Türleri) isimli kitabında enerji bitkisi olarak yaklaşık 70 bitki türünü incelemiştir. Çizelge 2.4'de bazı enerji bitkilerinin bitki ve enerji verimleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 Bazı enerji bitkisi türlerinin birim alan bitki ve enerji verimleri

| Bitki                                                     | Verim<br>(Kuru ton/ha/yıl) | Enerji verimi<br>(Gj/ha/yıl) |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Odunsu Bitkiler</b>                                    |                            |                              |
| Odun                                                      | 1 – 4                      | 30 – 80                      |
| Tropikal plantasyonlar<br>(gübreleme ve sulama katkısız ) | 2 – 10                     | 30 – 180                     |
| Tropikal plantasyonlar<br>(gübreleme ve sulama katkılı)   | 2 – 30                     | 340 – 550                    |
| Kısa rotasyon ormanları<br>(söğüt ve kavak)               | 10 – 15                    | 180 – 260                    |
| <b>Odunsu olmayan bitkiler</b>                            |                            |                              |
| Miscanthus / Dalh darı                                    | 10 – 15                    | 180-260                      |
| Şeker kamışı                                              | 15 – 20                    | 400 – 500                    |
| Şeker pancarı                                             | 10 – 21                    | 30 – 200                     |
| Kolza                                                     | 4 – 10                     | 50 – 170                     |

Kaynak: Anonymous 2005

Dünyada enerji bitkisi olarak tarımı yapılan ve ülkemizde de tarımı yapılabilecek bazı bitki türleri aşağıda özetlenmiştir.

#### 2.1.1 Şeker sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench var. *saccharatum*)

Kocadarının (sorgum) bir çeşidi olan şeker darısı sıralı bir sapa sahiptir. Saptaki özsuda şeker oranının (% 2-20) yüksek olması nedeniyle şeker darısı (şeker sorgum) adını almıştır. Dünyada yetiştirilen şeker darısının büyük bir bölümü hayvan beslemede yeşil yem ve silajlık olarak kullanılırken; sapındaki tatlı özsu için de yetiştiriliciliği yapılmaktadır (Schaffert 1992, Undersander *et al.* 1990).

Biyokütle enerji kaynağı olarak kullanılabilecek bitkilerden biri de C4 bitkisi olan şeker darısıdır. Günümüzde şeker darısı; şeker (sorgum şurubu) (Schaffert 1992), yakıt ve yakıt katkı maddesi olarak kullanmak üzere etil alkol (etanol) üretimi (Lueschen *et al.* 1993) için yaygın şekilde yetiştirilmektedir. Yapılan çalışmalara göre 1 hektar şeker darısından yaklaşık 700-1200 kg şeker üretilmektedir (Özer 1996). Elde edilen şeker fermantasyon yoluyla, etil alkole dönüştürülerek, enerji elde etmek için de kullanılabilmektedir.

Şeker darısından yılda, dekar başına 200 – 300 kg petrol eşdeğeri etil alkol; şeker alınmış posa kısmından ise 600 – 900 kg petrol eşdeğeri yakıt elde edilebilmektedir. Posasının enerji değeri yaklaşık 15900 – 18000 kJ/kg (3795 – 4295 Kcal/kg)'dır (Özer 1996).

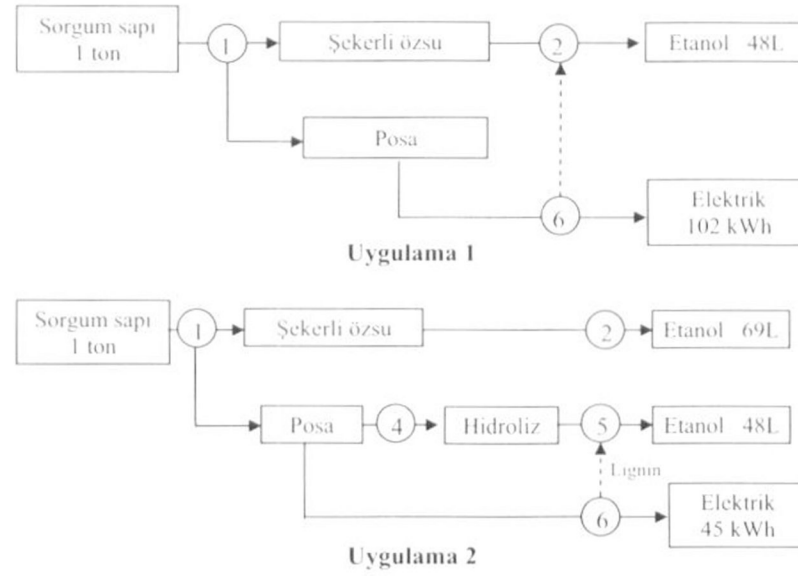
Çeşitli çevre koşullarına iyi adapte olabilmesi (Smith *et al.* 1987), maksimum verim için az veya orta miktarlarda azota gereksinim duyması (Geng *et al.* 1989), farklı koşullarda, azotlu gübre uygulamaksızın yetiştirilebilmesi ve marjinal alanlarda bile güvenilir derecede nispeten yüksek şeker/etanol verimi elde edilebilmesi (Smith and Buxton 1993) şeker darısının yetiştirme alanlarının çok geniş olduğunu ortaya koymuştur.

Şeker darısının; mısır, şeker kamışı ve şeker pancarına göre 1/2 -1/3 oranında daha az gübre ve sulama gibi girdilere ihtiyaç duyması, bu bitkiler ile olan rekabet şansını artırmaktadır. Ayrıca bir m<sup>3</sup> etanol üretmek için maliyet; şeker darısında 200-300 \$, şeker kamışında 260 \$, mısırdaki 300 – 420 \$, patatesti 990 \$, buğdayda 770 \$ ve kassavada 790 \$'dır. Bu ucuz

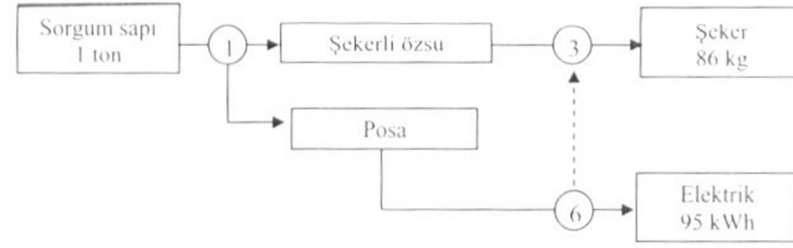
maliyet yenilenebilir enerji kaynağı olarak şeker darısının önemini daha da artırmaktadır (Grassi 2000).

İtalya’da yapılan bir araştırmada, 500 kWe’lık bir sistem, konut başına ortalama 3 kişinin yaşadığı yaklaşık 167 evin (500 kişi) elektrik ihtiyacını sağlayabilmektedir. Yılda 6000 saat süreli çalışan sistemde elektrik üretimi yaklaşık 3 GWh (3 milyon kWh) olurken, buna karşın elde edilebilir ısı ise 12 GWh olabilmektedir. Bu tip bir kojenerasyon ünitesi için yaklaşık olarak 2500 dekarlık şeker sorgum yetiştiriciliği yapılmasının gerekli olduğu kabul edilmektedir. Böyle bir enerji santralinin kuruluş maliyetinin bugün için yaklaşık olarak 1.3 – 1.4 milyon € olduğu tahmin edilmektedir (Chiaramonti and Taviani1997). Kuruluş maliyetleri yüksek görülse bile uzun vade de tesisin karlı olduğu, yenilenebilir enerji olması çok önemlidir.

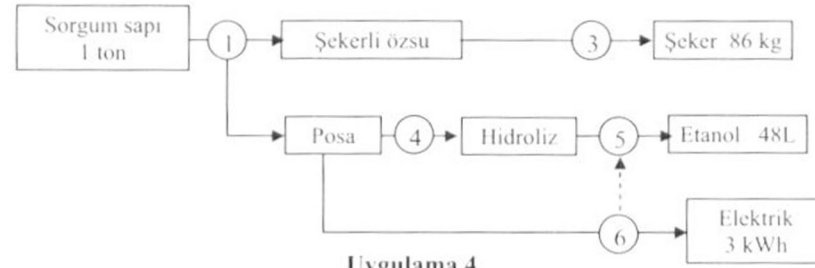
Gnansounou *et al.* (2005)’nin Çin’de, yeni ve kurulu teknolojilerle şeker sorgumdan etanol üretimi için öngördükleri yöntemler Şekil 2.1’de verilmiştir. Öngörülen yöntemlerin birincisinde ve ikincisinde şeker sorgumdan elde edilen özsu etanole çevrilirken, üçüncü ve dördüncü yöntemlerde, özsu, rafine beyaz şekerle dönüştürülmüştür. Birinci ve üçüncü uygulamalarda; posa işletmenin ısı (buhar) ve güç gereksinimini sağlamak için yakılmakta, artan elektrik bölgesel uygulamalar için satılmaktadır. İkinci ve dördüncü uygulamalarda ise, posa etanole çevrilmekte, lignin ve diğer katı atıklar yakılarak işlemlerin ısı ve gücünü sağlamakta, artan elektrik bölgesel uygulamalar için satılmaktadır (Gnansounou *et al.* 2005).







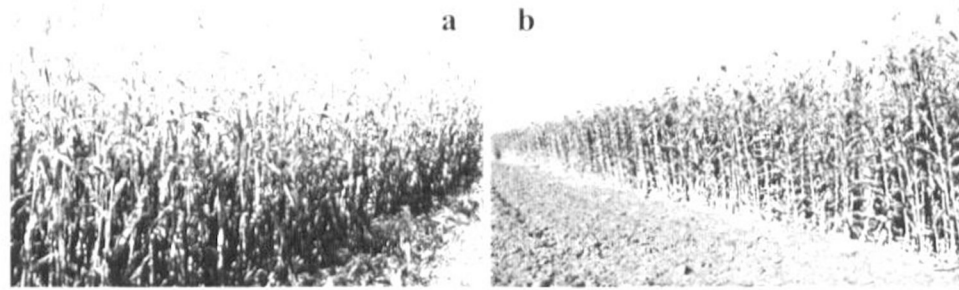
Uygulama 3



Uygulama 4

Şekil 2.1. Şeker sorgumdan çeşitli şekillerde yararlanılması için öngörülen yöntemler (Gnansounou *et al.* 2005'den değiştirilmiş)

- 1-Şeker sorgumdan özsuyun çıkartılması
- 2-C6 şekerlerinin fermentasyonu/etil alkolün elde edilmesi (distilasyon, dehidrasyon)
- 3-Granül şekerin üretimi
- 4-Ön muamele (hidroliz öncesi asit uygulaması)
- 5-C5 ve C6 şekerlerinin eşzamanlı sakkaroza çevrimi ve birlikte fermentasyonu / etil alkolün elde edilmesi,
- 6-Buhar ve elektrik üretimi



Şekil 2.2 Şeker darısı a) [www.ecoport.org](http://www.ecoport.org) b) [http://osu.okstate.edu/news/sorghum\\_gross.htm](http://osu.okstate.edu/news/sorghum_gross.htm)

### 2.1.2 Miscanthus (*Miscanthus spp.*)

Anavatanı Güney Doğu Asya olan, çok yıllık, ağacımsı, rizomlu bir C4 bitkisidir. Lignin ve lignoselüloz lif içeriği yüksektir. Saplar dik, ince, zayıf ve genellikle dallanma olmaz. Saplar yaklaşık 10 mm çapındadır. İlk yıl 2 m'nin biraz üzerinde, daha sonraki yıllar 4 m (Avrupa) ile 7 – 10 m'ye kadar boylanabilmektedir. İlk yıl, enerjisinin büyük bir bölümünü uzun bir kök ve rizom sistemi oluşturmak için kullandığından bitki boyu çok uzamaz. Çok yıllık bir bitki olan *Miscanthus*'un ekonomik ömrü 15 yıl bazen daha da fazla olabilmektedir (El Bassam 1998).

Bir C4 bitkisi olduğu için yüksek sıcaklık ve ışık yoğunluğuna ihtiyaç duyar. Teorik olarak mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda rahatlıkla yetiştirilebilir. Fotosentez minimum sıcaklığı mısırdan daha düşük olduğu için (6 °C) vejetasyon dönemi daha uzundur. Toprak seçiciliği yoktur. Hemen her tip toprakta yetişebilir. Toprak pH'sına toleransı yüksek olsa da, yüksek verim için optimum pH 5.5 – 7.5 arasındadır. 20 ton/ha kuru madde verimi için yetişme dönemi boyunca 600 mm'lik bir yağışa ihtiyaç duyar. Bitki, çoğunlukla tohum üretmemektedir. Tohumluk olarak çoğunlukla rizomlar kullanılmaktadır. İki – üç yıllık bitkilerin oluşturduğu rizomlar sonbaharda 8 – 10 cm uzunluklarında kesilir. Kesilen bu rizomlar toplandıktan sonra -1°C / +1°C sıcaklıklarda depolanır. Rizomların, Mayıs ayı başında 3-6 cm derinliğe dikimi yapılır. İklim ve toprak koşullarına göre hektara bitki sayısı 10.000 – 20.000 bitki arasında değişmektedir (El Bassam 1998).

Portekiz, Yunanistan ve İtalya'da sulu koşullarda yapılan 3 yıllık bir araştırma sonucunda yıllık ortalama 24 t/ha kuru ot alınabildiği saptanmıştır. Buna karşın İrlanda koşullarında 11 t/ha, İngiltere koşullarında 16 t/ha ve kuzey Almanya koşullarında 18.3 t/ha kuru ot alınmıştır. Çin'de kuru ot verimi 40 t/ha'a kadar çıkabilmektedir (El Bassam 1998). Enerji bitkisi olarak kullanılacak *Miscanthus* peletlenerek, briketlenerek ya da balyalanarak taşınmakta ve kullanılmaktadır. En yaygın yöntem 120 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğundaki balyalamadır. Son zamanlarda Almanya'da 450 kg/m<sup>3</sup> lük balyalar kullanılmaktadır. Balyalanan ürünün nem içeriği %25 civarında olmalıdır. Daha yoğun balyalarda bu değer %18'in altında olmalıdır. *Miscanthus*'un enerji değeri 18,2 MJ/kg'dır (El Bassam 1998).



Şekil 4.3. a. *Miscanthus* bitkisi ([www.horticulture.coafes.umn.edu/.../biomass.html](http://www.horticulture.coafes.umn.edu/.../biomass.html)),  
b. hasadı ([http://www.regenw.co.uk/images/miscanthus\\_harvesting.jpg](http://www.regenw.co.uk/images/miscanthus_harvesting.jpg))



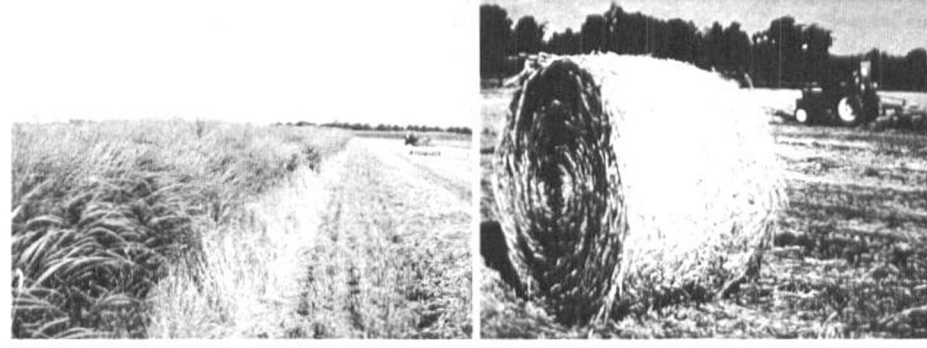
### 2.1.3 Dalı darı (*Panicum virgatum* -Switchgrass)

Çok yıllık, 50-250 cm boyunda, rizomlarıyla yayılan otsu bir C4 bitkisidir. Anavatanı Kuzey ve Orta Amerika olmakla birlikte, Güney Amerika ve Afrika'da da yetişmektedir. Yüksek verim potansiyeli, düşük bitki besin maddesi isteği, su kullanım etkinliği ve uzun ömürlü olması dalı darıyı uygun bir biyokütle bitkisi yapan karakteristik özellikleridir (El Bassam 1998).

ABD'de, 1980'li yıllar boyunca biyoenerji kaynağı olabilecek 30'dan fazla otsu bitki türü enerji açısından taranmış ve konvansiyonel tarıma uygun olması ve sürdürülebilirlik açısından dalı darı üzerinde yoğunlaşmışlardır (McLaughlin *et al.* 1999).

Dalı darının üretimi tohumla yapılmaktadır. Ancak, yeni hasat edilmiş tohumlarda dormansi problemi vardır. Ekim, toprak sıcaklığı 10 – 15 °C'nin üstüne çıktığında m<sup>2</sup>'de 400 bitki olacak şekilde yapılmaktadır. Kuru ot verimi 11 t/ha'a kadar çıkabilmektedir (El Bassam 1998).

Nem içeriği % 30'un altına düştüğünde hasadı yapılmakta ve kısa süreli depolama için ek bir kurutmaya gerek kalmamaktadır. 1 ton kuru ottan 280 L etanol elde edilebilmektedir. 1 kg kuru otunun enerji değeri yaklaşık 18,4 kJ'dür (El Bassam 1998).



Şekil 4.4. a. Dalı darı bitkisi (switchgrass) ([www.switchgrass.nl/photos](http://www.switchgrass.nl/photos)) ve b. balyalanmış hali (<http://www.nrel.gov/data/pix/Jpegs/05167.jpg>)

## 4.2 Tarımsal Atıklar

Tarımsal atıklar büyük bir potansiyeli olan biyokütle kaynağıdır. Dünya çapında yaygın kullanılan odundan sonra, bitki ve hayvan artıkları ikinci önemli biyokütle kaynağını oluşturmaktadır. Tarımsal artıklar; **a)** Sap - saman gibi kullanılmayan bitki kısımlarını, **b)** zarar görmüş veya ihtiyaç fazlası stokları ve **c)** hayvan artıklarını (gübrelerini) kapsar (Anonymous 2006).

Hindistan'da 1985 yılında tahminen 130 Mt oduna karşılık, 110 Mt hayvan gübresi ve bitki artığı yakıt olarak kullanılmıştır. Çin'de kullanılabilir tarımsal artık miktarının, yakıt olarak kullanılan odun miktarından 2,2 kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Anonim 2006a).

Çoğu ülkede bu bitki artıkları tarlada yakılmakta veya sürülerek toprağa karıştırılmaktadır. Bazı gelişmiş ülkelerde ve ülkemizde olduğu gibi bu tarımsal artıkların tarlada yakılmasının çevresel etkilerden dolayı yasaklanması; bunların enerji kaynağı olarak kullanılabileceğine dikkatleri çekmiştir.

Bitki artıklarının tarladan toplanması ve bunların enerji amacıyla kullanılması çabası temel bir soruyu akla getirmektedir :

■ Sürdürülebilir bir biyokütle üretimi için ne kadarlık bir artık toprakta bırakılmalı ve toprağa geri kazandırılmalıdır?

Gelişmiş ülkelerde yapılan denemelere göre; bitkisel atığın yaklaşık % 35'nin tarımsal alandan kaldırılabilceği ve bu miktarın sonraki ürüne önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Bunların yanı sıra ;

- biyokütle içeren endüstriyel artıklar,
- Gıda işleme artıkları ve
- Pamuk ve tekstil endüstrisi artıkları enerji üretmek için kullanılabilir.

Türkiye'de, biyokütle enerji kaynağı olarak değerlendirilebilecek tarla bitkilerinin ekim alanı yaklaşık 15 milyon ha ve üretimi 38 milyon ton'dur (Anonim 2006b) (Çizelge 2.6). 38 milyon tonluk üretime karşılık bitkiler tarlada ve işlendikten sonra yaklaşık 45 milyon ton'luk atık bırakmaktadır. Bu miktarın yaklaşık 13 milyon ton'luk kısmı kullanılabilmekte

Çizelge 2.6 Türkiye'nin biyokütle enerji kaynağı olabilecek tarla bitkileri üretimleri, atıkları ve toplam ısıl değerleri

| Tarla Ürünleri | Atıklar      | Üretimler (bin ton) | Alan (bin ha) | Toplam Atıklar (bin ton) |        | Kullanılabilir Atıklar (bin ton) | Toplam Isıl Değeri (bin GJ) |
|----------------|--------------|---------------------|---------------|--------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------------|
|                |              |                     |               | Teorik                   | Gerçek |                                  |                             |
| Buğday         | Saman        | 22.439              | 9.266         | 29.171                   | 23.433 | 3.515                            | 62.920                      |
| Mısır          | Sap          | 2.952               | 565           | 5.905                    | 4.965  | 2.979                            | 55.109                      |
|                | Somak/sömek  | 0                   | 0             | 797                      | 1.905  | 1.143                            | 19.889                      |
| Arpa           | Saman        | 7.922               | 3.550         | 9.505                    | 8.395  | 1.259                            | 22.036                      |
| Çavdar         | Saman        | 253                 | 146           | 405                      | 358    | 54                               | 940                         |
| Yulaf          | Saman        | 323                 | 146           | 420                      | 322    | 48                               | 840                         |
| Darı           | Sap          | 7                   | 4             | 10                       | 0      | 0                                | 0                           |
| Çeltik         | Saman        | 332                 | 67            | 585                      | 210    | 126                              | 2.100                       |
|                | Kabuk        | 0                   | 0             | 90                       | 78     | 62                               | 807                         |
| Tütün          | Sap          | 181                 | 223           | 363                      | 410    | 246                              | 3.965                       |
| Pamuk          | Sap          | 2.475               | 688           | 6.831                    | 2.554  | 1.533                            | 27.894                      |
|                | Çirçir atığı | 0                   | 0             | 520                      | 743    | 594                              | 9.296                       |
| Ayçiçeği       | Sap          | 839                 | 546           | 2.349                    | 2.280  | 1.368                            | 19.426                      |
| Yerfıstığı     | Saman        | 72                  | 25            | 165                      | 0      | 0                                | 0                           |
|                | Kabuk        | 0                   | 0             | 36                       | 29     | 23                               | 475                         |
| Soya           | Saman        | 46                  | 15            | 96                       | 22     | 13                               | 259                         |
| Toplam         |              | 37.841              | 15.241        | 57.248                   | 45.704 | 12.963                           | 225.956                     |

<http://www.agrowaste-tr.org/>

ve bu miktarın toplam ısı değeri yaklaşık 226 milyon GJ'dur. Bu değer 5.4 milyon ton eşdeğer petrole karşılık gelmektedir. Mevcut durumda tarla bitkileri atıklarından sağlanabilecek enerji miktarı, Türkiye'nin 2004 yılı birincil enerji tüketimi miktarının % 6'sını karşılayabilmektedir.

Türkiye'de yetiştirilen bazı tarla bitkilerinin atıklarının eşdeğer kömür karşılıkları teorik olarak hesaplandığında (Çizelge 2.7'de) yaklaşık 27.9 milyon ton'luk kömüre karşılık gelmektedir. Türkiye'nin 2004 yılı kömür tüketiminin yaklaşık 63.7 milyon ton olduğu göz önüne alındığında, tarımsal atıklardan elde edilebilecek enerjinin önemi daha da artmaktadır.

Çizelge 2.7 Türkiye'de yetiştirilen bazı bitki türlerinin sap ve samanlarından elde edilebilecek eşdeğer kömür miktarları (Jingjing *et al.* 1998)

| Tür    | Üretim (ton) | Tane / saman oranı | Sap ve saman (ton) | Kömür çevrim değeri | Ton eşdeğer kömür (tek) |
|--------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Buğday | 22439000     | 1:1,366            | 30 651 674         | 0,50                | 15 325 837              |
| Arpa   | 7922000      | 1:1,366            | 10 821 452         | 0,50                | 5 410 726               |
| Mısır  | 2952000      | 1:2,0              | 5 904 000          | 0,529               | 3 123 216               |
| Pamuk  | 2475000      | 1:3,0              | 7 425 000          | 0,543               | 4 031 775               |
| Toplam |              |                    | 54 802 126         |                     | 27 891 554              |

Bitkisel atıkların yanı sıra hayvansal atıklar da önemli bir biyokütle enerji kaynağıdır. Hayvan gübresi en önemli biyokütle enerji kaynağıdır. Hayvan gübrelerinin bir kısmı tezek haline getirilerek özellikle kırsal kesimde ısınma amacıyla katı yakıt olarak kullanılmakta, bir kısmı doğal koşullarda ihtimar edildikten sonra tarlalarda organik gübre olarak kullanılmakta; son zamanlarda ise küçük ölçekli biyogaz tesislerinde biyogaz üretimi için kullanılmaktadır (Taner *et al.* 2004).

Çizelge 2.8 Türkiye'de hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji miktarı

| Hayvanlar        | Atık  | Hayvan sayısı (bin) | Atık miktarı (binton/yıl) | Elde edilebilir kuru gübre (binton/yıl) | Elde edilebilir biyogaz (binm <sup>3</sup> /yıl) | Toplam ısı değeri (binGJ/yıl) |
|------------------|-------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| Büyükbaş         | Gübre | 12.935              | 128.602                   | 10.616                                  | 2.123.226                                        | 48.197                        |
| Küçükbaş         | Gübre | 30.036              | 24.667                    | 801                                     | 160.333                                          | 3.640                         |
| Kümes Hayvanları | Gübre | 265.607             | 7.756                     | 1.919                                   | 383.908                                          | 8.715                         |
| Toplam           |       |                     | 161.025                   | 13.336                                  | 2.667.467                                        | 60.552                        |

Kaynak : <http://www.agrowaste-tr.org/>

Türkiye'nin tarımsal atık verilerine göre, ülkedeki mevcut hayvan varlığından yılda yaklaşık 161 milyon ton atık elde edilebileceği ve bu atıktan yılda 2.6 milyar m<sup>3</sup> biyogazın üretilabileceği belirtilmektedir (Çizelge 2.8). Hayvansal atıkların toplam ısı değeri ise yıllık 60.552 binGJ'dur (Anonim 2006b)

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyokütle enerjisinin konusunda “YenilenebilirEnerjiKaynaklari.ws.tc” tarafından öngörülen sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir (Anonim, 2006c).

- Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklarından olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, uzun yıllardan beri, özellikle ısınma ve pişirme alanlarında kullanılmaktadır. Ancak bu kullanımın ilkel ve ekonomik olmayan bir biçimde gerçekleştiği söylenebilir. Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji bitkileri tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.
- Türkiye’de atıklara dayalı biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralleri) için bazı çalışmalar yapılmıştır. Ormancılık potansiyeli ile ilgili bilgiler bulunmakla birlikte, ormanlarımız, biyokütle enerjisi üretim potansiyeli açısından değerlendirilmiş değildir. Enerji plantasyonları biçimindeki tarımsal üretim olanakları üzerinde hiç durulmamış ve konu tarımsal üretim planlarında ele alınmamıştır. Ayrıca, kent zararlısı bazı ağaçların uygun peyzaj türleri ile değiştirilerek biyokütle materyal kazanılması olanağı da hiç ele alınmamıştır. Kısacası, Türkiye’nin biyokütle enerji potansiyeli tam olarak bilinmemektedir.
- Ülkemizin "biyokütle enerji potansiyelinin saptanması" konusu birinci öncelikte ele alınmalı ve bir proje ile enerji ormancılığında, enerji bitkileri tarımında, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle materyalinin çeşitleri ve coğrafi bölgeler açısından yıllık miktarları belirlenmelidir.
- Biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulama olanakları ve ekonomik rekabet edebilirlikleri araştırılarak, ülkemiz için uzun dönemli "biyokütle enerjisi anaplanı" yapılmalıdır. Bu plan çerçevesinde, biyokütle üretimine yönelik orman dışı ağaç plantasyonları ve enerji bitkileri için ülke genelinde bir tarımsal üretim planlaması başlatılmalı ve konunun ekonomik boyutları ortaya konulmalıdır.
- Biyokütle enerji uygulamaları ile ilgili bir araştırma merkezi oluşturulmalı, modern biyokütle üretim yöntemleri ve çevrim teknolojileri üzerinde Ar-Ge çalışmaları desteklenmeli, pilot uygulamalara ve gerekli teknoloji transferlerine başlanmalıdır.
- Türkiye’de enerji ormancılığı ve enerji tarımı hızla geliştirilmesi gereken konulardır. Enerji ormancılığına uygun alanların yaklaşık %15 kadarı bu amaçla değerlendirilmiştir, geri kalan %85 alan uygulama beklemektedir. Türkiye’nin iklim ve toprak koşullarına uygun, rotasyon süresi kısa, hibrid ağaç türleri yetiştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Ormanlık alanların dışında, kentlerin mücavir alanlarında gecekondulaşmayı önlemeye de yardımcı olacak biçimde, kısa süreli biyokütle ağaç yetiştiriciliği yapılmalıdır.
- Enerji bitkileri tarımı ise hiç el atılmamış bir konudur. Ülkemizde enerji bitkileri tarımına C<sub>4</sub> tipi bitkilerle ve özellikle tatlı sorgum ile başlanmalıdır. Şeker darısı hem alkol ve hem de biyoyakıt üretmeye uygun bir bitkidir. Bu tür enerji bitkileri bir yetiştirme sürecinde ikinci ürün olmalıdır. C<sub>4</sub> bitkileri ve özellikle tatlı sorgum konusunda TÜBİTAK-MAM’da yürütülen

ve iki patentle sonuçlanan çalışmalar, diğer ürün üretimi, gerekse biyokütlenin enerji amaçlı kullanımına yönelik uygulamalar (yakma sistemi tasarımı, piroliz, vb.) yaygınlaştırılmalıdır. Bu çalışmalar, laboratuvar incelemesi ve küçük ölçekli demonstrasyon boyutunu aşmalı, orta ve büyük ölçekli üretilere geçilmelidir. Ayrıca tarım ürünlerinin artıkları da bu amaçla değerlendirilmeli ve bölgesel bazda yakıt üretim tesisleri kurulup yaygınlaştırılmalıdır.

■ Biyokütle kökenli akaryakıt konusu, eşgüdümlü olarak tarımsal üretim planlaması ve enerji planlaması kapsamında ele alınmalıdır.

■ Katı yakıt olarak kullanılacak biyokütlenin endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yüksek verimle yakılabilmesi için özel akışkan yataklı kazanlar geliştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde bu alanda sağlanan gelişmeler yakından izlenmeli, söz konusu Ar-Ge programlarına katılım olanakları değerlendirilmelidir.

#### KAYNAKLAR

- Anonymous 2005. Biomass Green Energy for Europa. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit B-1049 Brussels, Belgium
- Anonymous 2006. Biomass. Foundation for Alternative Energy (FAE). <http://www.seps.sk/zp/fond/dieret/biomass.html>, Erişim tarihi 20.04.2006
- Anonim, 2006a. Biyokütle Enerjisi. <http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/biyokutle/giris.htm>, Erişim tarihi : 18.04.2006
- Anonim 2006b. Türkiye’de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi. [http://www.agrowaste-tr.org/tr/index\\_tr.htm](http://www.agrowaste-tr.org/tr/index_tr.htm), Erişim tarihi 12.04.2006
- Anonim, 2006c. Biyokütle Enerjisi. [http://www.yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc/Biyokutle\\_enerjisi.htm](http://www.yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc/Biyokutle_enerjisi.htm), Erişim tarihi 01.05.2006
- Chiaromonti, D. and Taviani, M. 1997. Small Scale Heat and Power Through Sweet Sorghum Crop. First International Sweet Sorghum Conference. August 15, 1997. Edited by Li Dajue. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. P : 614-620.
- El Bassam, N. 1998. Energy Plant Species. Their Use and Impact on Environment and Development. James and James (Science Publishers) Ltd. London, UK.
- Geng, S., Hill, F.J., Johnson, S.S. and Sah, R.N. 1989. Potential yields and on farm ethanol production cost of corn, sweet sorghum, fodder beet and sugar beet. J. Agron. Crop Sci. 162:21-29.
- Gnansounou, E., Dauriat A. and Wyman C.E. 2004. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. Bioresource Technology 96 (2005) 985-1002.



- Grassi, G. 2000. Bioethanol – industrial world perspectives. Renewable Energy World. [http://www.jxj.com/magsandj/rew/2000\\_2003/bioethanol.html](http://www.jxj.com/magsandj/rew/2000_2003/bioethanol.html) (Erişim tarihi: 17.03.2004).
- Jingjing, L., Jinming B., Overend, R. 1998. Assessment of Biomass Resource Availability in China. China Environmental Science Press . Beijing, China
- Lueschen, W.E., Putnam, D.H., Kanne, B.K. and Hoverstad, T.R. 1993. Agronomic practices for production of ethanol from sweet sorghum. Field Crop Abstracts, Vol. 46:4166.
- McKendry, P. 2002a. Energy Production from Biomass (Part 1): Overwiev of Biomass. Bioresource Technology 83 (2002) 37 – 46.
- McLaughlin, S., Bouton, J., Bransby, D., Conger, B., Ocumpaugh, W., Parrish, D., Taliaferro, C., Vogel, K., and Wulschleger, S. 1999. Developing switchgrass as a bioenergy crop. p. 282–299. In: J. Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. [www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-282.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-282.html) Erişim tarihi 15.05.2006
- Özer, Z. 1996. Bitkilerdeki gizli güç, biyokütle enerjisi. Bilim ve Teknik 342:56-61.
- Schaffert, R.E. 1992. Sweet sorghum substrate for industrial alcohol. Utilization of Sorghum and Millets. P.131-137. ICRISAT.
- Smith, G.A., Bagby, M.O., Lewellen, R.T., Doney, D.L., Moore, P.H., Hills F.J., Campbell, L.G., Hogaboam, G.J., Coe, G.E. and Freeman, K. 1987. Evulation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. Crop Sci. 27:788-793.
- Smith, G.A. and D.R. Buxton, 1993. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. Bioresource Technology 43:71-75.
- Switchgrass as Alternative Energy Crops, 2004. Switchgrass as Alternative Energy Crops Web page. [http://www.switchgrass.nl/photo\\_gallery.htm](http://www.switchgrass.nl/photo_gallery.htm) Erişim Tarihi 14.05.2006
- Taner, F., Ardiç, I., Halisdemir, B. and Pehlivan, E. 2004. Biomass Use and Potential in Turkey. OECD Workshop on Biomass and Agriculture. 10-12 June 2004 Vienna, Austria. [http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/BiomassAg.nsf/viewHtml/index/\\$FILE/36%20taner.pdf](http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/BiomassAg.nsf/viewHtml/index/$FILE/36%20taner.pdf), Erişim tarihi 14. 05. 2006
- Undersander, D.J., Lueschen, W.E., Smith, L.H., Kaminski, A.R., and Doll, J.D. 1990. Sorghum for syrup. <http://www.purdue.edu/newcrop/afcm/index.html>, Erişim tarihi : 20.04.2004
- University of Minesota, 2003. Miscanthus as a fuel Source Web Sitesi. <http://horticulture.coafes.umn.edu/miscanthus/biomass.html> Erişim tarihi: 12.05.2006

Volk, T.A. 2006. The Potential of Willow Biomass Crops for Bioenergy in Central New York. <http://www.esf.edu/WILLOW/ED%20MODULES/PDF%20Format/SlideShow-rev.pdf>, Erişim tarihi: 14.05.2006



1

1