

# BİYOKÜTLE ENERJİSİ ve BİYOMOTORİN

**F. FİGEN AR, N. FUNDA AKDAĞ,  
YÜKSEL MALKOÇ, MUSTAFA ÇALIŞKAN**

*far@eie.gov.tr; fakdag@eie.gov.tr;  
ymalkoc@eie.gov.tr; mcaliskan@eie.gov.tr  
EİE İdaresi Genel Müdürlüğü  
Eskişehir Yolu, 7. km. 06520 ANKARA*

## ÖZET

*Fosil yakıtların tükenmesi ve tükenirken doğaya geri dönüşümsüz zararlar vermesi ülkelerin alternatif enerji arayış çabalarını hızlandırmıştır.*

*Yakın bir geçmişe kadar az gelişmiş ülkelerin enerji tüketiminde büyük paya sahip olan ve genellikle direk yakma sonucu elde edilen biyokütle enerjisi, günümüzde gelişmiş ülkelerin modern teknoloji kullanılarak elde ettikleri ve enerji tüketimlerindeki kullanım payını artırmaya çalıştıkları alternatif bir enerjidir.*

*Biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup, rüzgar ve güneş gibi kesikli değil, sürekli enerji sağlayabilen bir kaynaktır. Biyokütle enerjinin kolay depolanabilir olması diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantaj sağlar.*

*Güneşin bitmek bilmeyen enerjisinin bitkilerde depolanması sonucu tarıma dayalı biyokütle enerjisi çeşitli teknolojilerle kullanıma sunulmaktadır. Biyomotorin yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen motorin eşdeğeri bir sıvı yakıttır. Motorinin kullanıldığı her alanda kullanılabilir. Yanma ürünlerinin çevreye ve insan sağlığına etkileri motorine nazaran daha azdır. Enerji tarımı ve yerli sanayi imkanlarıyla yerel ve büyük ölçekli üretilmesi dışa bağımlılığımızın azaltılmasının yanısıra istihdam olanaklarının artmasına, göçün önlenmesine, kırsal kesimdeki sosyo-ekonomik yapının iyileşmesine, yan sanayi dallarının gelişmesine de imkan sağlayacaktır.*

*Küresel ısınma, ozon tabakasındaki tahribat, asit yağmurları, çölleşme, hızlı nüfus artışı, fosil kaynaklarının tükenmeye yüz tutmasıyla birlikte sürdürülebilir gelecek kaygılarının arttığı günümüzde biyokütle enerjisi 21. yüzyılın en önemli enerji kaynağı olmaya aday bir alternatif enerji seçeneğidir.*

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle enerjisi, enerji tarımı, biyomotorin.

## GİRİŞ

Enerji tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesi, bireylerin rahat yaşam sürmeleri için vazgeçilmezdir. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji tüketimindeki artış enerjii tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Enerji probleminin odağında sürdürülebilir bir gelecek endişesi yer almaktadır. Günümüzde enerjinin büyük bir kısmının elde edildiği fosil yakıt kaynakları sınırsız değildir. Fosil yakıt kaynaklarının hızla tükeniyor olması ve tükenirken de doğal yaşam ve çevreye onarılmaz zararlar vermesi, gelecek nesillerin yaşamlarını tehdit etmektedir.

Gerek enerji arzının karşılanması, gerekse daha temiz bir çevre için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Biyokütle enerjisi ülkelerin enerji ihtiyacının ulusal kaynaklardan karşılandığı, büyük üretim potansiyeline sahip, sürekli üretimin mümkün olduğu yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Dünyada biyokütleden elde edilebilecek yıllık enerji, 1,120,000 MW"ı samandan, 500,000 MW"ı hayvan atıklarından 1,360,000 MW"ı orman atıklarından 2,400,000 MW"ı çöplerden ve 17,700,000 MW"ı şeker kamışı,odunsu bitkiler gibi enerji tarlalarından olmak üzere yaklaşık toplam 23,100,000 MW gibi büyük bir potansiyele sahiptir. Biyokütle elde etmek için harcanan enerji ve %20 dolayında bir çevrim göz önüne alındığında, yılda net 3000 MW gibi bir enerji elde edileceği açıkça görülmektedir. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik, bölgesel ve çevre dostu oluşu gibi özelliklerde göz önüne alındığında, biyokütle enerjisine ilgi giderek hızla artmaktadır. Bir çok gelişmekte olan ülke biyokütle enerjisini, geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Özellikle biyokütle enerjisi karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik çalışmalarda en iyi seçenek olarak ortaya çıkmaktadır(1).

Orta verimdeki bir arazi parçası üzerinde yapılan hesaplara göre 1 hektar tarladan yılda ortalama 80-100 ton yaş veya 25-30 ton biyokütle elde edilmektedir. Böyle bir bölge için yıllık ortalama yağış tutarı 250 mm dolayındadır. İklim koşulları açısından daha uygun olan yarı-tropik bölgelerde ise verim hektar başına 40 ton biyokütle düzeyine çıkabileceği kesindir (1).

Biyokütle kaynaklarını, karalardan denizlere kadar hemen her yerde bulmak olanaklıdır. Doğal olarak yetişen kaynakların yanı sıra, son yıllarda yalnız bu kaynağı elde etmeye yönelik çalışmalar da başlamıştır. Doğada var olan ormanlar, hayvan dışkıları ve bitki atıkları zaten uzun yıllardır, özellikle gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimlerinde büyük paya sahip temel biyokütle kaynakları arasındadır. Doğal ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarının yanı sıra enerji tarımı, enerji ormancılığı ve orman ve ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları biyokütle enerjisi kaynağı olarak bilinmektedirler.

## BİYOKÜTLE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ

Biyokütle materyalleri biyokütle yakıt teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir. Çevrim sonunda biyo-motorin, biyo-etanol, biyo-gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir. Biyo-kütleden enerjinin yanısıra, mobilya, kağıt, yalıtım malzemesi yapımı alanlarında da yararlanılmaktadır.

Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları aşağıda özetlenmiştir (1).

| Biyokütle                      | Çevrim Yön.                   | Yakıtlar | Uygulama alanları                  |
|--------------------------------|-------------------------------|----------|------------------------------------|
| • Orman atıkları               | Havasız Çürütme               | Biyogaz  | Elektrik üretimi, ısınma           |
| • Tarım atıkları               | Piroliz                       | Etanol   | Isınma, ulaşım araçları            |
| • Enerji bitkileri             | Doğrudan yakma                | Hidrojen | Isınma                             |
| • Hayvansal atıklar            | Fermantasyon, havasız çürütme | Metan    | Ulaşım araçları, ısınma            |
| • Çöpler (organik)             | Gazlaştırma                   | Metanol  | Uçaklar                            |
| • Algler                       | Hidroliz                      |          | Sentetik yağ Roketler              |
| • Enerji ormanları             | Biyofotoliz                   | Motorin  | Ürün kurutma                       |
| • Bitkisel ve Hayvansal yağlar | Esterleşme reaksiyonu         | Motorin  | Ulaşım araçları, ısınma, seracılık |

• **Doğrudan Yakma:** Biyokütlenin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi, bilinen en eski yöntem olmasına karşın, son yıllarda verimi yükseltmek için yeni yakma sistemleri geliştirilmektedir. Yanma, biyokütle içindeki yanabilir maddelerin oksijenle hızlı kimyasal tepkimesi olarak tanımlanır. Bu ısı veren bir tepkimedir ve kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkan atık maddeler karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitlerdir.

• **Havasız Çürütme:** Havasız çürütme biyolojik bir işlem olup, oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar tarafından yapılır ve Organik madde+ bakteri+su = metan+karbondioksit+hidrojen, kükürt+kararlı, gübre+bakteri olarak ifade edilir. Bu işlem ancak tümüyle oksijensiz bir ortamda gerçekleşebilir. Bilindiği gibi biyokütle, mikroorganizmalar yardımıyla, oksijensiz ortamda fermentasyona uğrayarak, geride değerli bir gübre, metan gazı ve karbondioksit bırakmaktadır.

• **Fermantasyon:** Biyokütlerde, bilindiği üzere değişik oranlarda, hemiselüloz ve lignin bulunmaktadır. Selüloz enzimatik hidrolizin arkasından uygulanan, kimyasal hidroliz, enzimler veya kimyasal işlemler ile glikozla parçalanabilir. Kimyasal hidroliz şartları bazen glikozu bozabildiği için, bu işlem son derece dikkatle yapılması gerekmektedir. Glikozun fermentasyonu ile etanol, aseton, bütanol ve ham petrol ürünlerinden elde edilen ürünlere eş değer bir çok kimyasal ürün elde edilebilir.

• **Piroliz:** Piroliz, biyokütleden gaz elde etmek için kullanılan en eski ve basit bir yöntem olup, oksijensiz ortamda odunun 900°C'ye kadar ısıtılması ile oluşan kimyasal ve fiziksel olaylar dizisi olarak tanımlanır. Piroliz sonucu gazlar, katran, organik bileşikler, su ve odun kömürü gibi maddeler elde edilir.

• **Gazlaştırma:** Gazlaştırma, karbon içeren biyokütle gibi katıların yüksek sıcaklıkta bozunması ile yanabilir gaz elde etme işlemidir. Bu işlem sırasında denetimli bir şekilde yakıt hücresine verilen hava ile biyokütle yakılır ve çıkan ürünler arasında hidrojen, metan gibi yanabilir gazların yanı sıra karbon monoksit, karbondioksit ve azot bulunur.

• **Biyofotoliz:** Biyofotoliz, bazı mikroskobik alglerden güneş enerjisi yardımıyla hidrojen ve oksijen elde edilme işlemidir. Deniz suyu içindeki bu algler bir tür güneş pili gibi çalışarak deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır.

## **BİYOKÜTLE YETİŞTİRİCİLİĞİ**

Biyokütle yetiştiriciliğinin amacı enerji ormanları ve enerji tarımı ile modern biyokütle yakıt hammaddesini elde etmektir. Ormancılık ve tarıma dayalı bu yetiştiriciliğin temelinde bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla bünyelerinde depolamaları esası yatmakta olup hızlı fotosentezle çabuk büyüyen bitkiler üzerinde durulmaktadır.

### ***a) Enerji Ormanları***

Bugün dünyada kara kavak, balzam kavakları, titreke kavaklar, söğüt, okaliptus ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir.

Bu ağaçlar oldukça değişik iklim ve toprak koşullarında yetişebildiği gibi büyüme hızları da diğer ağaçlara göre 10-20 kat arasında değişmektedir. Günümüzde biyoteknolojik yöntemlerle enerji ağaçlarının büyüme hızları daha da artırılabilir. Bu ağaçların genelde her 5 yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve hasat edilen dallar biyokütle kaynağı olarak kullanılır. Enerji ormanlarından elde edilen ortalama yıllık verim, hektardan 22 ton dolayında biyokütle olmaktadır.

Yapılan hesaplar 1 milyon hektar üzerine kurulacak enerji ormanlarından yılda yaklaşık 7 milyon ton biyokütle enerji kaynağı elde edilebileceğini göstermektedir. Bu miktar yaklaşık 30 milyon varil ham petrole eş değerdir. Görüldüğü gibi, enerji ağaçları ile hem var olan ormanların korunması, hem de çevre kirliliğini azaltmak olanaklıdır.

### ***b) Enerji Tarımı - Yüksek verimli enerji bitkileri***

Son yıllarda, yüksek büyüme hızlarına sahip ve oldukça verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkileri üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitkilerle, günümüzde enerji tarımı olarak da tanımlanabilen tek yıllık veya çok yıllık bitkilerle yapılabilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Enerji tarımında kullanılan bitkilerin bazılarının tohumları genetik mühendisliği yardımıyla geliştirilmektedir.

Enerji bitkileri C<sub>4</sub> tipi bitki (Panicum-, Pennsittum-, şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, tatlı darı (sweet sorghum), ülkemizde fazla tanınmayan Miscanthus) gurubu olarak adlandırılmaktadır. C<sub>4</sub> bitkilerinin genel özellikleri aşağıdaki şekilde verilebilir.

- Düşük karbondioksit derişiminde de varlık gösterirler,

- Yüksek sıcaklığa gereksinim duyarlar,
- Suya gereksinimleri daha azdır,
- Mevsimsel kuraklığa dayanıklıdırlar,
- Başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlarlar,
- Işık şiddetini kullanma yetenekleri yüksektir.

Bazı bitkiler, havadaki karbondioksit derişimi belli bir oranın altına düştüğünde, solunum yapamazlar. Fakat, C<sub>4</sub> bitkilerinin en önemli özelliklerinden biri atmosferdeki her karbondioksit molekülünü soğurabilmesidir. Diğerkültür bitkilerine göre fotosentezde karbon dioksiti daha iyi değerdendirebilmekte ve kullanabilmektedirler (2).

C<sub>4</sub> bitkileri, çok sayıda enerji ürünleri için ana ham maddedir. Son yıllarda farklı sanayi dallarında kullanımından dolayı gelişmiş ülkelerinin çok ilgisini çekmektedir. Bu enerji ürünleri arasında etanol, pirolotik yağ, kalitesi artırılmış yakıtlar, mangal, sentetik gaz, bitkinin su ve şekeri alınmış posa kısmından elde edilen selülozik maddeler sayılabilir. Biyokütle ve türevi yakıtlardan enerji sağlanmasından en ümit verici uygulama şekli elektrik üretmektir. Biyokütle yakılarak elde edilen elektrik üretimi maliyeti, C<sub>4</sub> bitkileri ekiminden alınacak yüksek verim ile büyük miktarda azaltılabilir.

## **BIYOMOTORİN**

Biyomotorin, kanola (kolza), ayçiçeğı, soya, aspir, pamuk gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu ile üretilen motorine eşdeğer bir yakıttır. Eysel kullanılmış kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyomotorin hammadresi olarak kullanılabilir.

Biyomotorin petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli motorine karıştırılarak motorinin kullanıldığı her yerde yakıt olarak kullanılabilir. Yerli kaynaklarla yerli sanayi kullanılarak üretilir. Küçük ölçekli ve yöresel üretimi mümkündür.

### ***Biyomotorinin Kullanım Alanları***

Biyomotorin, motorin kullanan motorlarda herhangi bir teknik değışiklik yapılmadan veya bazı araçlarda küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir

ve motorinin depolandığı koşullarda ve mekanlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygındır. Savunma sanayiinde stratejik öneme sahiptir. Biyomotorinin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın motorin motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyomotorinin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak kullanılmasının yanısıra seralarda, maden ocaklarında ve tüm sanayi dallarında kullanımı mümkündür (3).

### Biyomotorinin Çevresel Özellikleri

Günümüzde dünyanın en önemli çevre sorunu sera etkisinden kaynaklanan global ısınmadır. Global ısınma, yanma sonucu ortaya çıkan başta CO<sub>2</sub> emisyonu olmak üzere SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi diğer zararlı emisyonların bir sonucudur.

Biyomotorin, biyolojik karbon döngüsü içinde, fotosentez ile karbondioksiti dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etkisi yoktur. Ayrıca, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> emisyonlarının ve yanmamış hidrokarbon (HC)'lerin daha az salındığı kanıtlanmıştır.

Tablo 1’de petrol kökenli motorine göre biyomotorinin (B20 ve B100) yanması sonucu oluşan emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Biyomotorin (B20 ve B100) emisyon değerlerinin petrol kökenli motorin göre karşılaştırması

|                                          | B20   | B100   |
|------------------------------------------|-------|--------|
| Karbon Dioksit                           | - %20 | - %78  |
| Yanmamış Hidrokarbonlar                  | - %20 | - %67  |
| Karbon Monoksit                          | - %12 | - %48  |
| Partikül Madde                           | - %12 | - %47  |
| NO <sub>x</sub>                          | + %2  | + %10  |
| SO <sub>2</sub>                          | - %20 | - %100 |
| Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) | - %13 | - %80  |
| Nitratlı PAH                             | - %50 | - %100 |

NO<sub>x</sub> emisyonu motorine nazaran fazla olmakla birlikte katalitik konvertör kullanımı ile emisyon değerleri azaltılabilir.

### ***Biyomotorinin Depolanma Koşulları***

Motorin için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyomotorin için de geçer-

lidir. Biyomotorin temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bakır, kurşun, çinko kullanılmaması önerilmektedir. Bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı da sakıncalıdır; çünkü biyomotorin bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyomotorinle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir. Depolama tanklarının bileşiminde teflon bulunabilir ancak; bakır, pirinç, kurşun, kalay ve çinko bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Biyomotorinin havayla temas etmemesi için, depo mümkün olduğunca dolu tutulmalıdır. Bir yıldan fazla depolamalarda bir miktar gliserin çökmektedir. Çöken gliserin miktarı her yıl için 0,25-4 gram arasında değişir. Bu nedenle bir yılı aşkın depolamalarda biyomotorin kullanılmadan önce iki kez fitrelenmelidir. Ayrıca, pH'nın 10'dan yüksek olmamasına ve özgül ağırlığının 0,99'dan yüksek olmamasına dikkat edilmelidir (4).

### ***Biyomotorinin Üretim Yöntemi***

Biyomotorin üretimi günümüzde yaygın olarak transesterifikasyon yöntem ile yapılmaktadır. Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Ayrıca esterleşme reaksiyonunda yan ürün olarak di- ve monogliseridler, reaktan fazlası ve serbest yağ asitleri oluşur. Biyomotorin üretiminde bitkisel yağ olarak kolza, ayçiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları ile hayvansal yağlar, alkol olarak metanol, katalizör olarak da alkali katalizörler (sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir.

Biyomotorin üretiminde katalizörsüz süper kritik metanol yöntemi (5) ve asidik ve bazik katalizörlerin kullanıldığı sürekli yöntemler araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır (6).

### ***Biyomotorin Standartları***

Biyomotorin üretimi ve kullanımı A.B.D'de ASTM D 6751 standardına uygun olarak yapılmaktadır. Yakın bir geçmişe kadar Almanya, Avusturya, İtalya ve Fransa'da uygulanmakta olan biyomotorin standartlarının (sırasıyla DIN V 51606, ONORM C 1190, CUNA NC 635-01, Arrete 20/12/1993) yerini EN 14 214 nolu Avrupa Birliği Standardı almıştır.

## DÜNYA'DA BİYOKÜTLE KULLANIMI

Bugün kırsal alanlarda yaşamakta olan 2.5 milyar insan -dünya nüfusunun yaklaşık %45'i- enerji gereksinimlerinin çoğunu, modern teknikleri kullanmaksızın biyokütleden karşılamaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerin modern yöntemlerle elde ettikleri biyokütle enerjisine olan ilgi giderek artmaktadır. Danimarka ve Finlandiya'da tüketilen toplam enerjinin %10'u, Avusturya'da %13'ü, Amerika'da %4'ü, İsveç'te %16'sı biyokütleden karşılanmaktadır. Avusturya'da 11,000 den fazla biyokütle ile çalışan enerji üretim sisteminin toplam gücü 1200 MW ulaşmıştır. Amerika'da biyokütle kaynaklı elektrik üretimi 9000 MW'ı geçmiştir.

Geniş tarım alanlarına sahip olan Danimarka'da çok az orman olmasına rağmen, tarımdan sağladığı saman önemli bir enerji kaynağı haline dönüştürmüştür. Mevcut saman stokları ülkenin enerji gereksiniminin %7'sini karşılayabilmektedir. Danimarka Hükümeti, çiftliklerde kullanılmak üzere 12000 küçük çaplı saman yakan fırının kurulmasına olanak tanımıştır. Fosil yakıtlara uygulanan vergileri artırarak 1991 yılında 800 000 ton olan saman kullanımı 2000 yılında 1 200 000 tona çıkartılmıştır. Aynı zamanda çiftçiler bu fırınlardan elde edilen küllü tarlalarında gübre olarak kullanmaktadır. Danimarka rüzgar türbinlerinde olduğu gibi biyokütle teknolojisini de ihraç etmeyi planlamaktadır.

Talaş, atık odun ve kağıt hamuru gibi maddeleri kazanlarında yakarak elektrik ve ısı elde eden ABD kağıt sanayi, bu yolla enerji gereksiniminin yaklaşık yarısını karşılamaktadır.

Mauritius'daki şeker kamışı endüstrisi ürettiği biyokütlenin atıklarını modern fırınlarda yakarak elektrik üretmekte ve enerji gereksiniminin %60'ını karşılamaktadır.

Bugün şeker fabrikalarındaki mevcut verimsiz birimlerde atık maddelerden elde edilen elektrik Kosta Rika, Küba, Fiji, Guatemala, Mauritius, Tayland, ABD ve Zimbabwe gibi ülkelerde yerel elektrik firmalarına satılmaya başlanmıştır.

Hindistan'da halen çeşitli büyüklükte bir milyondan fazla biyogaz üretim tesisi bulunmaktadır. Çin'de 1 milyarın üzerindeki nüfusun büyük çoğunluğu yakıt olarak biyokütle kullanmakta olup daha çok pişirme ve aydınlanma için kullanılan biyogaz üretimi için 5 milyondan fazla küçük tesis yaklaşık 25 milyon insan tarafından işletilmektedir. Sayıları 10,000 dolayında olan orta ve büyük ölçekli tesislerden üretilen biyogaz ise elektrik üretimi ve büyük fabrikaların enerji gereksinimi için

kullanılmaktadır. Çin’de büyüklüğü 10 kW ve üzeri olan 800 biyogaz üretim tesisinin toplam kapasitesi 8500 kW dolayındadır.

Çin’in yanı sıra Danimarka, Hindistan ve Hollanda insan ve hayvan atıklarını anaerobik sindiriciler aracılığı ile enerji haline dönüştürmektedir. İngiltere’deki çöplüklerin 51 tanesinde, metan gazı geri kazanılmaktadır. Almanya’daki çöplüklerin dörtte birinde, çıkan gaz elektrik ve ısıya dönüştürülmektedir.

ABD’nde ve pek çok Avrupa ülkesinde yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen biyomotorin saf olarak veya motorin ile karıştırılarak kullanılmaktadır. 2002 yılı dünya biyomotorin üretimi 3 milyon ton civarında olmuştur. Almanya’da 2002 yılında, 15 sanayi kuruluşunda, 1 milyon ton biyomotorin üretimi gerçekleşmiştir. Özellikle Almanya, Avusturya, Fransa, İtalya ve Çekoslovakya uyguladıkları teşviklerle biyomotorin kullanımını artırmaktadır.

Etanol benzin yerine kullanılabilen bir yakıttır. Zimbabve, 1983-1990 yılları arasında, şeker kamışından 40 milyon litre etanol üretmiş ve taşıtlarda yakıt olarak kullanmıştır. 1990’lı yıllarda, Brezilya’da şeker kamışından elde edilen saf etanol ülkedeki otomobillerin yaklaşık üçte birinde yakıt olarak kullanılmakta iken bugün benzinle karıştırılan etanol, Brezilya’daki otomobillerin yarısında yakıt olarak kullanılmaktadır. Avrupa’daki en büyük etanol üreticisi Fransa’dır. Bunu İspanya ve İsveç izlemektedir.

AB’nin Kasım 2001 tarihli direktifinde 2020 yılında motorin ve benzin tüketiminin %20’sinin biyoyakıtlardan (biyomotorin ve biyoetanol) karşılanması hedeflenmiştir. 2005 yılında minimum %2 karışım halinde kullanılması öngörülen biyoyakıtlar 2010 yılında minimum %5,75 oranında karışım olarak tüketileceklerdir (6).

## SONUÇ

Ülkemiz 2002 rakamlarına göre tükettiği enerjinin %69’unu ithal etmiştir. Yerli enerji kaynaklarının yetersiz ve kalitesiz olması önemli miktarda dövizin yurt dışına çıkmasına neden olmaktadır. Modern tekniklerin uygulandığı biyokütle enerjisi yerli bir kaynak olmasının yanı sıra çevreyle dost yenilenebilir bir kaynaktır.

Türkiye Kyoto Protokolünü de içeren İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini imzalama sürecini yaşamaktadır. 19 Haziran 2003 tarihinde TBMM Dış İşleri Komisyonu tarafından İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin imzalanması kararı alınmıştır (7). Bununla birlikte Sanayileşmekte olan Türkiye’de enerji tüketimi, dolayısıyla

emisyonlar hızla artmaktadır. Türkiye imzalayacağı protokol gereğince uluslar arası platformdaki yasal yükümlülüklerini yerine getirebilmek için emisyonlarını etkin bir şekilde kontrol etmek zorundadır. Bu nedenle çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmelidir. Bu kapsamda da biyokütle önemli bir yer tutacaktır.

Türkiye’de enerji ormancılığı yönünden ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen yerli ağaç türleri arasında, akkavak, titrek kavak, kızılğaç, kızıl çam, meşe, dişbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağaçları sayılabilir. Türkiye ortamında yetişecek yabancı kökenli ağaçlar arasında ise okaliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla sayılabilir. Kavak, söğüt gibi oldukça fazla su isteyen ağaçların yanı sıra, kurak alanlarda yetişebilecek ağaçlara da önem verilmesi gerekmektedir.

Avrupa Birliğine girmeye çalışan ülkemizin AB direktifleri doğrultusunda enerji politikaları oluşturması gereklidir. Pek çok Avrupa ülkesinin ulusal programlarında yer alan biyoyakıtların kullanımı konusu AB Direktifiyle belirlenmiştir (6). Bu direktif göre 2020 yılında ulaştırma serktöründe tüketilen petrol ürünlerinin %20’sinin biyoyakıtlarla karşılanması öngörülmüş ve 2005 yılında enaz %2 karışım halinde biyoyakıt kullanımının 2010 yılında %5,75’e çıkartılması belirlenmiştir. Ayrıca karışım ve saf halde kullanılacak biyoyakıtlara vergi indirimi konuları da direktifte yer almaktadır.

Etanolu, Brezilya örneğinde olduğu gibi Türkiye de de taşıtlarda benzine seçenек olarak rahatlıkla kullanmak olanaklıdır. Ayrıca, hava kirliliğinden büyük ölçüde etkilenen bir çok şehirde, biyokütle ve bunlardan türetilen yakıtların kullanılması ile kükürt dioksit ve kansorejen olan zararlı gazların büyük ölçüde azalacağı da açıktır.

Türkiye’de biyomotorin üretiminin ve dolayısıyla tüketiminin yaygınlaşması bu sektörde yer alacak aktörlerin desteklenmesi anlamına gelecektir. Özellikle yağlı tohum bitki ekimi yapan çiftçiler, dolaylı olarak desteklenecek ve ürünlerinin pazarlama sıkıntıları ortadan kaldırılmış olacaktır. Biyomotorin üretimi ve tüketimi aşamalarında yeni iş sahaları açılacak, büyük kentlere göç önlenecektir. Kırsal kesimin sosyo ekonomik yapısı iyileşecek, petrol konusundaki dışa bağımlılık azalacak, ülke ekonomisine katma değere yaratılacaktır.

Modern biyokütle enerjisi kullanımına geçilmesi ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır. Günümüzde çevre kirliliği kadar çölleşme de dünyanın ortak problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyokütle enerjisinin gündeme

alınması ile çölleşmenin de önüne set gerilmiş olacaktır. Birçok lke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ve orman ürünlerinden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadırlar. Türkiye de bu potansiyele ve ekolojik yapıya sahip bir ülkedir.

## KAYNAKLAR

- 1- Youth for Habitat Türkiye, Biyoktle Enerjisi, Sürdürülebilir Enerji Eėitim Kitapları
- 2- Acaroėlu, M., Alternatif Enerji Kaynakları, Nobel Basımevi, Ankara, 2003.
- 3- KARAOSMANOėLU, F., 2002, Türkiye için evre Dostu-Yenilenebilir bir Yakıt Adayı: Biyomotorini, Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi, ICCI zel Sayısı, İstanbul
- 4- Tickell, J., From The Frier to the Fuel Tank, The Complete Guide to Using Vegetable Oil as an Alternative Fuel, USA, 2003.
- 5- Kusdiana, D., S. Saka, “ Biodiesel for diesel fuel substitute prepared by a catalyst free supercritical methanol, Grad. School of Energy Science, Kyoto Univ., Japan.
- 6- EN 30.4.2002 Official Journal of the European Communities C 103 E/207
- 7- Resmi Gazete, 21 Ekim 2003 tarih, 25266 sayı.