

**ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME:  
BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ  
KULLANIM DURUMU**  
(A Research in the Field of Energy Geography: Usage of Biomass  
Energy in the World and Turkey)

**Dr. Erol KAPLUHAN**  
[ekapluhan@hotmail.com](mailto:ekapluhan@hotmail.com)

**ÖZET**

*Dünyadaki nüfus artışı ve gelişen teknolojiyle beraber enerjiye olan gereksinim günden güne artmaktadır. Son yıllarda dünya enerji gündeminde ağırlıklı bir yer işgal eden belli başlı konular olarak enerji verimliliği, alternatif yakıt seçeneklerinin uygulanabilirliği, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji kullanımının yol açtığı çevre sorunları için aranan ve üretilen çözümler sayılabilir. Yukarıda sayılan bütün konularla ilgili olan ve günümüz enerji kullanımında giderek kendine önemli bir yer edinen biyokütle enerjisi; sürdürülebilir kalkınma, çevre duyarlılığı ve enerji verimliliği kapsamında değerlendirilmeye uygun potansiyeli ile öne çıkmaktadır.*

*Biyokütle; sürdürülebilirlik, kolaylıkla bulunabilirlik ve çevre üzerinde istenmeyen etkiye sebep olmama gibi bazı önemli avantajlara sahip olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi çevre ile dost sürdürülebilir enerji üretimini ve çevre yönetimini sağlayan, kalkınmayı hedefleyen özellikleri ile tüm dünyada geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu sebeple Dünya'da ve Türkiye'de biyokütlenin enerji üretiminde değerlendirilmesi konusu önem kazanmıştır.*

**Anahtar kelimeler:** Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji, Biyokütle

**ABSTRACT**

*Energy need has been increasing day by day with population increase and developing technologies. In recent years, among the certain topics occupying the world energy agenda are energy efficiency, the applicability of the alternative fuel options, renewable energy resources, the solutions sought and produced for the environmental issues stemming from the energy use. The biomass energy that is related with all the issues mentioned above and that has gained a significant place for itself in today's energy use has become prominent with the significant advantages it has such as sustainable development, environmental awareness and its grand potential to be evaluated within the context of energy efficiency.*

*Biomass is a renewable energy source that has some important advantages as sustainability, accessibility and do not having undesirable effect on environment. Biomass energy has found great opportunities for being environmentally friendly sustainable energy source, providing safe environmental management and targeting development throughout the world. For this reason, utilization of biomass energy has gained importance as an energy source in The World and Turkey.*

**Keywords:** *Energy Resource, Renewable Energy, Biomass*

## **1. 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. Fosil yakıt kaynaklarının hızla tükeniyor olması ve tükenirken de doğal yaşam ve çevreye onarılmaz zararlar vermesi, gelecek nesillerin yaşamlarını tehdit etmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yönündeki çalışmalar son yıllarda daha da büyük önem kazanmıştır.

Hammadde ve enerji kaynaklarının kapasitelerinin sınırlı olmasına karşın, hammaddeye ve enerjiye gereksinimin sürekli ve her zaman hızlı bir biçimde artış göstermesi ve birincil enerji kaynaklarının rezervlerinin kısıtlı olması, insanlığı geleneksel olmayan yeni kaynaklar bulmaya zorlamaktadır. Birincil enerji kaynaklarının rezervlerinin kısıtlı olmasının yanı sıra, yakıt fiyat artışı, nüfus artışı, endüstrileşme, ulusal kaynakların değerlendirilmesinin zorunluluğu, mevcut yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve iklim değişikliği sorunu yeni enerji teknolojileri kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gerekli kılmaktadır.

Doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki bitkisel enerji kaynaklarıdır. Biyokütle biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kitlesidir. Ana bileşenleri karbo-hidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin

endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak ta tanımlanmaktadır (Acaroğlu, 2008: 351).

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini çevreye kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Biyokütle enerjisi çeşitli üstünlükleri ile öne çıkmaktadır. Bu üstünlükler şöyle sıralanabilir (Türe, 2001).

- Hemen hemen her yerde yetiştirilebilme
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji üretimi için uygunluk
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterliliği
- Depolanabilir olma
- 5-35o C arasındaki sıcaklıkların yeterliliği
- Sosyoekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmama (NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> salınımlarının çok düşük olması)
- Diğer enerji kaynaklarına göre sera etkisi oluşumuna daha az sebep olması
- Atmosferde CO<sub>2</sub> dengesinin sağlanması
- Asit yağmurlarına yol açmaması (Türe, 2001).

Biyolojik kökenli kaynaklar, insanlığın ilk dönemlerinden bugüne kadar enerji üretimi amacıyla kullanılan yenilenebilir kaynakların başında gelmektedir. Enerji amacıyla kullanılan biyolojik kaynakların en önemlisi ise orman ekosistemi içerisinde yer alan odunsu materyallerdir. Ağaç gövdelerinden elde edilen tomruk, direk, sanayi odunu vb. ürünlerden geriye kalan gövde parçaları ile kabuk, kök, dal ve yaprakların enerji elde edilmesinde kullanılması, günümüzde oldukça önem kazanmıştır.

Biyokütle enerjisinden ısı, elektrik ve taşıtlar için yakıt olarak yararlanılmaktadır. Biyokütleden ısı ve elektrik, yakma (geleneksel ve endüstriyel yöntemler) ve dolaylı yakma yöntemleriyle elde edilmektedir. Biyokütlenin mevcut yakıtlara eşdeğer alternatif katı, sıvı ve gaz biyoyakıt üretilerek enerji teknolojisinde kullanımı ise, doğrudan yakma ile veya fiziksel ve kimyasal süreçlerle sağlanmaktadır.

Son yıllarda hızlı sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve yaşam standartlarının yükselmesi gibi etkenler enerji tüketimini artırırken, enerji kaynaklarının hızla tükenmesine yol açmıştır. Dünyada enerji tüketim

miktarı son 100 yılda yaklaşık olarak 17 kat artmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, enerji açığını karşılamak için dünyada biyokütle çalışmalarına büyük hız verilmiştir. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik ve çevresel açıdan olumlu özellikleri de göz önüne alındığında, biyoenerji konusuna ilgi giderek artmaktadır. Biyokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturması yönüyle önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Birçok gelişmiş ülke biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir (Anonim, 2011a: 13).

Sahip olduğu büyük potansiyeli, farklı sosyal ve ekonomik faydaları nedeniyle geleceğin en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olduğu düşünülmektedir. Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilen, katı, gaz ve likit yakıtla çevrilebilmektedir. Endüstri, tarım ve orman atıkları biyokütle olarak kullanılabilen, buna ek olarak ağaç ve seker kamışı gibi enerji üreten bitkiler yalnızca enerjiye dönüştürülerek kullanılmak amacıyla üretilmektedir (Perlack, R. D. et. al. 1995; Hall, 1997).

Bu çalışmada biyokütle ve biyokütle enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki kullanım durumu incelenmiştir.

## **2. BİYOKÜTLE VE BİYOKÜTLE ENERJİSİ**

Biokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan organik madde kaynaklarıdır. Ana bileşenleri, karbohidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biokütle enerjisi olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle, yüzyıllık dönemden daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanabilir (İllez, 2004; Olgun ve Tırıs, 2001, Tüplek, 2011).

Biyokütle terimi, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip oldukları toplam kütle miktarı olarak tanımlanabilir. Orman alanlarında yer alan ağaç ve ağaççıkların kök, gövde ve dal odunu ile birlikte odunsu olmayan kabuk ve yapraklarından oluşan bütüne orman biyokütlesi adı verilmektedir. Böylece biyokütle, ormanın ölçülen zamandaki kapasitesini ifade etmektedir (Alemdağ, 1980: 38). Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin

yaklaşık % 90'nın ormanlardaki gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeleri ile yasayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık  $50 \times 10^{19}$  ton olduğu 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 (Saraçoğlu, 2006: 8).

Biyokütle, tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeni ile uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Petrol, kömür, doğalgaz gibi tükenmekte olan enerji kaynakları kısıtlı olduğu, ayrıca fosil yakıtlar çevre kirliliği oluşturduğu için biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır. Ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddelerden üretilen enerji "biyokütle enerjisi" olarak tanımlanmaktadır. Doğaları gereği biyokütle enerji kaynakları çok çeşitlidir. Deniz ve/veya karada bulunabilen bitkisel veya hayvansal biokütle enerji kaynakları şunlardır (Karaosmanoğlu, 2006: 113).

- Odun (enerji ormanları, ağaç artıkları),
- Yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya, aspir, pamuk, v.b),
- Karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, v.b),
- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, v.b.),
- Bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk v.b),
- Hayvansal atıklar
- Şehirselle ve endüstriyel atıklar

Çağımızda en önemli sorunlardan biri enerjidir. Enerji ve üretiminin çevreyi etkilediği bilinmektedir. Çevreye etkisi enerjinin türüne bağlı olarak değişmektedir. Türkiye gibi ulusal gelirin büyük bir kısmını tarımdan sağlayan ülkeler, tarımsal atıkları ve diğer kaynaklarını en etkin bir biçimde kullanmak durumundadırlar.

Biyokütleden elde edilen enerjiye ise biyokütle enerjisi denilmektedir. Biyokütle enerjisini klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

bitki ve hayvan atıklarından(tezek gibi) oluşur. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Günümüzde enerji tarımı adını verdiğimiz bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde C4 adı verilen bitkiler (şeker kamışı, mısır, tatlı darı, vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkiler suyu ve karbondioksiti verimli kullanan, kuraklığa dayanıklı verimi yüksek bitkilerdir (Anonim, 2011b).

Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerde güneş enerjisinin fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürülerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Yenilenebilir enerji yaratan fotosentez, canlı organizmaların fotosentez sonucu oluşması ve bütün yaşamın güneş enerjisinin depo edildiği oksijene bağlı olması açısından önemlidir.

ETKB 2010-2014 stratejik planına göre (ETKB, 2010); enerjide dışa bağımlılığın ve % 73 seviyesinde olan ithalat bağımlılığının azaltılması amacıyla, uzun dönem plan çalışmalarında 2023 yılına kadar tüm yerli enerji kaynaklarının kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince faydalanılması, kömür, doğalgaz ve hidrolik kaynaklar yanında elektrik enerjisi üretim arzının çeşitlendirilmesi amaçlanmıştır. 2023 yılı itibariyle, toplam elektrik enerjisi arzı içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklı enerji üretiminin % 30 seviyesinde olması temel hedefdir. Hem maliyetlerin azalması hem de dünya genelinde yenilenebilir enerji paylarının artırılması zorunluluğu nedeniyle, enerji üretim planlamalarında artık bu enerji kaynaklarının da kullanılmasını gerektirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır. Biokütle enerjisi ülkemiz için önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. AB'nin yıllık toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 6'sı biokütleden sağlanmakta olup biokütle enerji kullanımını yıllık 45 MTEP'dir (Boztepe & Karaca 2009, Özcan, M. vd, 2011: 243).

Biyokütle enerji kaynakları, kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli alışlagelmiş enerji kaynaklarından farklı bazı özellikler taşımaktadır. Biyokütle kaynakları, genellikle homojen olmayan bir yapıda, yüksek su ve oksijen içerikli, düşük yoğunluklu, düşük ısıl değerlidir; bu özellikler yakıt kalitesine olumsuz etki etmektedir.

Biyokütlenin olumsuz özellikleri fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleri ile ortadan kaldırılabilmektedir.

Hammaddeleri bitkisel ve hayvansal kökenli, yenilenebilen kaynaklar olan; bazı istisnalar hariç genellikle sentetikleri, toksinleri ya da diğer bir deyişle çevreye zarar veren maddeleri içermeyen, gıda ve yem dışındaki ürünler, “Biyokökenli Endüstriyel Ürünler” olarak tanımlanmaktadır. Biyokökenli ürün fotosentez kaynaklıdır; bitkiler fotosentez ile yaşayan-canlı karbonu (biyolojik karbon) depolarlar. Canlı karbondan biyoteknoloji ile yeşil ürünlerin eldesi, endüstrinin üzerinde en çok araştırma ve teknoloji geliştirme çalışmaları yapılan, hızla büyüyen alanıdır. İnsanoğlunun kullandığı en eski biyokökenli ürün hint tohumu yağı (castorbean oil) olup, Mısırlılar bu bitkisel yağı lambalarda aydınlatma yakıtı olarak kullanmışlardır. Bir başka deyişle, bilinen en eski alternatif sıvı yakıt hint tohumu yağıdır (Karaosmanoğlu, 2006: 112).

Biokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturması yönüyle önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Birçok gelişmiş ülke biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Örneğin; İsveç enerjisinin % 16’sı gibi büyük bir kısmını biokütleden elde etmektedir. Benzer şekilde Avusturya enerjisinin % 13’ünü biokütleden sağlarken, Finlandiya da biokütle enerjisinden önemli ölçüde yararlanmaktadır (Karayılmazlar, S. vd, 2011: 64; Anonim, 2011a).

Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve birikitleme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir (Şekil 1).

Biyosferdeki kuru maddenin biokütlesel çevrimi yaklaşık  $250 \times 10^9$  ton/yıl olup, bunun karbon miktarı  $100 \times 10^9$  ton/yıl’dır. Enerji içeriği ise  $2 \times 10^{21}$  J/yıl ( $0,7 \times 10^{14}$  W)’dır. Üretilen toplam biokütlenin kütlece % 0,5’i insan yiyeceğinden sağlanmaktadır. Organik madde ihtiva eden atıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi hem çevre kirliliğine yol açmaması, hem de temiz enerji üretimi sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan kaynak biokütledir. Dünya toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 15’i, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji tüketiminin yaklaşık % 43’ü biokütleden sağlanmaktadır (Ateş, 2004). Biokütle kaynakları arasında





yapımı planlanmaktadır. İsveç ve Finlandiya gibi ülkelerde bölgesel biyokütle santralleri ile elektrik üretimi yapılmakta olup yeni santrallerin yapımı sürmektedir (Anonim, 2011c).

<b>Tablo 1:</b> <i>Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları</i>			
Biyokütle	Çevrim Yöntemi	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

**Kaynak:** Anonim, 2011a.

Biyokökenli endüstriyel ürün teknolojisi 60'lı yıllarda “Yeşil Devrim” tanımlaması ile belirgin etkisini göstermeye başlamıştır. Biyokökenli bir ürünün biyokökenli madde içeriği, su ve inorganik maddeler hariç %90 veya üzeri miktarlarında olmalıdır. Biyokökenli endüstriyel ürünler; Biyomalzemeler, Biyoyakıtlar ve Biyokimyasallar olarak sınıflandırılmaktadır. 21. Yüzyıl “Biyoteknoloji Yüzyılı” olarak çeşitli çevrelerce tanımlanmakta ve biyografine uygulamaları kapsamında biyoürünlerin ve böylece biyoyakıtların giderek artan oranlarda yaşamımızda yer alacağı öngörülmektedir (Karaosmanoğlu, 2006: 112).

### 3. DÜNYA'DA BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE MEVCUT KULLANIM DURUMU

İnsanlığın varoluşundan bu yana, yaşam gereksinimlerinin karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkelerin hızla kalkınması ve üçüncü dünya ülkelerinin de modern enerji kaynaklarına ulaşması sonucunda dünya toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve enerji, çağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir. Enerjiye olan ihtiyaç ve fosil yakıt tüketim değerleri arttıkça, temiz ve hemen kullanılabilir enerji kaynakları konusunda sayıları hızla artan çok ciddi çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır.

Yükselen petrol fiyatları, elektrik ve doğal gaz fiyatlarında uzun süredir devam eden bölgeler arası farklılıklar ve birçok ülkede artan

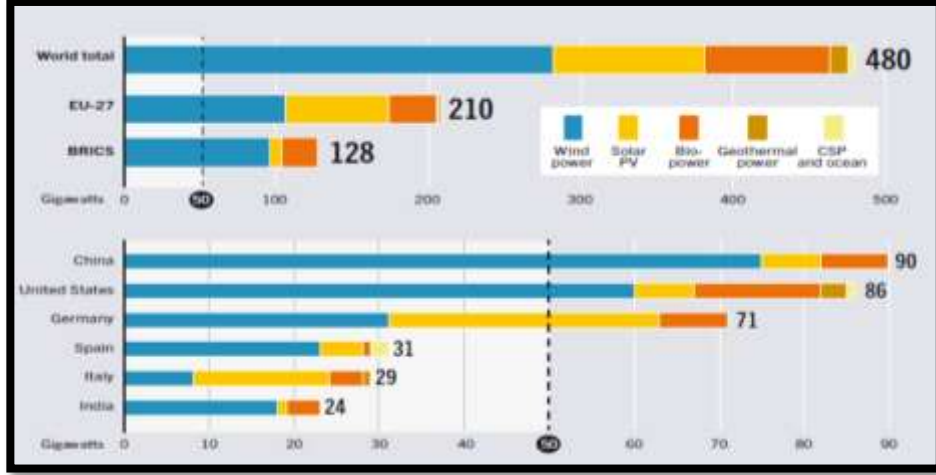
*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

enerji maliyetleri, dikkatleri enerji ve ekonominin bütünü arasındaki ilişkiye çevirmektedir. Küresel ölçekte fosil yakıtlar dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaya devam etmektedir. Bu durum, enerji, çevre ve iklim değişikliği arasında bağlantı çerçevesinde bazı sonuçları beraberinde getirmektedir (IEA WEO, 2013: 4).

Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) yeni politikalar senaryosuna göre 2035 yılına dek küresel elektrik talebi % 70'in üzerinde artarak 32.000 Tws'e ulaşacaktır. Bu artışın büyük çoğunluğu Çin ve Hindistan olmak üzere OECD dışı ülkelerden kaynaklanmaktadır. Kömür, özellikle OECD dışı ülkelerde küresel elektrik üretiminin bel kemiği olmaya devam etmektedir. Ancak toplam bileşim içinde payı azalarak beşte ikiden üçte bire düşmüştür. OECD ülkelerinde kömüre dayalı enerji üretimi azalmaktadır ve 2035 yılına kadar doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi 2035 yılında 2010 yılına göre üç katına çıkarak üretim bileşimindeki payı % 20'den % 31'e yükselecektir. OECD ülkelerinde yenilenebilir enerjinin kaynaklarının payının artması ekseriyetle rüzgâr (% 47), biyoenerji (% 16), fotovoltaik güneş (% 15) ve hidro enerji (% 11) kaynaklıdır. Hidro enerji OECD dışı ülkelerde yenilenebilir enerjideki artışın % 42'sini oluştururken; rüzgâr (% 25), biyoenerji (% 16) ve fotovoltaik güneş (% 10) de bu artışta önemli bir rol oynamaktadır (IEA WEO 2012: 4).

2030 yılı itibariyle Çin'in dünyada en fazla petrol tüketen ülke haline gelerek ABD'nin önüne geçeceği, Orta Doğu ülkelerinde ise tüketimin Avrupa Birliği'ni geride bırakacağı tahmin edilmektedir. Petrol talebindeki değişim, Hindistan'ın 2020 yılı sonrasında talebin en hızlı arttığı ülke haline gelmesiyle dikkat çekecektir. Diğer taraftan, yüksek fiyatlar alternatiflerin mümkün olduğu alanlarda petrol yerine biyoyakıt ve doğal gaz kullanımının tercih edilmesine yol açacaktır (IEA WEO, 2013: 5).

2012 yılı sonu itibariyle Dünya'da yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç kapasitesi 480 GW' a ulaşmıştır. Bu gücün 210 GW'ı Avrupa Birliği Ülkelerinde yer alırken geri kalan 370 GW' diğer Dünya ülkelerince paylaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu güç kapasitesi açısından Dünya'da 2012 yılı sonu itibariyle Çin (90 GW) lider ülke konumunda, arkasından sırasıyla ABD (86 GW), Almanya (71 GW), İspanya (31 GW), İtalya (29 GW) ve Hindistan (24 GW) gelmektedir (Şekil 2).



*Şekil 2: Dünya Genelinde Yenilebilir Enerji Kaynaklarının 2012 Yılında Kapasite Değerleri.*

*Kaynak: REN 21, Renewables Global Status Report 2013: 25*

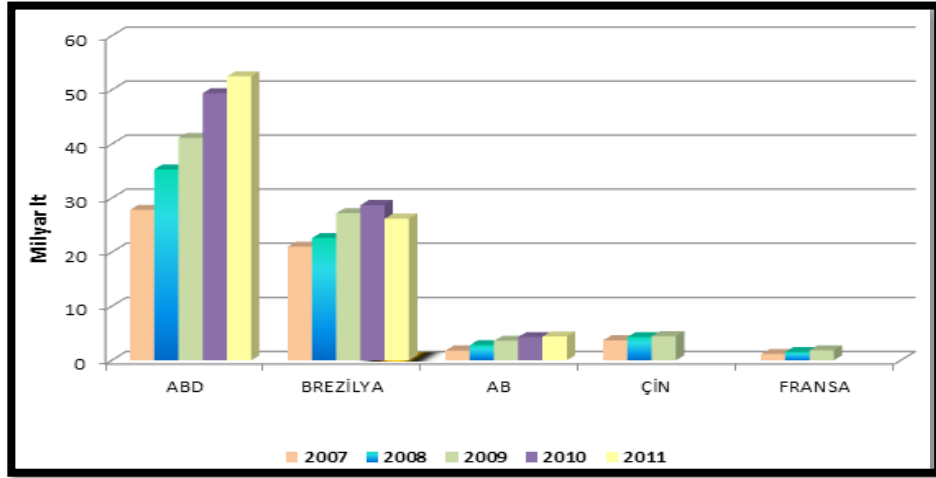
Dünyamızda halen sanayileşmiş ülkeler başta olmak üzere enerji ihtiyacı büyük oranda fosil kökenli yakıtlardan sağlanmaktadır. Bu durumun olumsuzlukları şöyle sıralanabilir:

- Bu yakıtlar dünyada belli bölgelerde toplanmıştır ve bu ülkeleri kontrolü altında tutan egemen güçler enerjinin kontrolünü sağlamaktadır.
- Fosil yakıt rezervleri sınırlıdır. Yapılan araştırmalar fosil yakıt kullanım artışının aynı oranlarda olduğu takdirde 2030 yılında bu rezervlerin önemli miktarda azalacağını göstermektedir.
- Fosil yakıtlar yanma sonucu yoğun karbondioksit ve karbon monoksit salmaktadır. Bu maddeler atmosferi kirlettiği gibi sera etkisi sebebiyle küresel ısınmalara yol açmaktadır. Şimdiden buzulların erimeye başladığı ve hızlı çölleşme süreci bilinen bir gerçektir.

Son yıllardaki yenilenebilir enerji, özellikle biyokütle enerjisi yatırımlarının ve kullanım oranlarının yükselmesi, enerji verimlilik uygulamaları içerisinde ve enerji kaynağının değiştirilmek istenmesi kapsamındadır. Bu amaçla dünyada çeşitli atılımlar söz konusudur. Önümüzdeki yıllarda geleneksel biyokütlenin modern tesislerde biyoenerjiye dönüşümü ile elde edilecek biyoyakıt ürünlerinin

yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olacağı öngörülmektedir.

Biyoetanolün motor yakıtı olarak tarihçesi içten yanmalı motorların tarihi kadar eskidir. N.A. Otto 1897'de motor çalışmalarında alkol kullanmış, Henry Ford tasarım çalışmalarında alkollerin de yanmasını dikkate almıştır. Konuya ilişkin bilimsel çalışmalar İkinci Dünya Savaşı yıllarından başlayarak yoğunlaşmıştır (Karaosmanoğlu, 2006: 117). Dünyada en çok üretilen sıvı biyoyakıt biyoetanoldür. Üretilen her 6 birim sıvı biyoyakıttan 5 birimi biyoetanoldür. 2010 yılında dünyada 101,4 milyar litre biyoetanol, 21 milyar litre biyodizel üretilmiştir. Biyodizel üretimi 2011 yılında 22,1 milyar lt olarak kaydedilmiştir. En fazla biyoetanol üreten ülkeler sırasıyla ABD (51 milyar lt), Brezilya (27 milyar lt), Çin, Avrupa ülkeleri(4 milyar lt), ve Fransadır (Şekil 3). En fazla biyodizel üreten ülke AB ülkeleridir. Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya en büyük üretici ülkelerdir. Dünyada biyodizel pazarının büyüklüğü 82,7 milyar dolardır. 38 ülkede biyodizel üretimine destek verilmektedir. Biyoetanol üretimi ise 52 ülkede destek görmektedir (DEK-TMK, 2012: 201).



*Şekil 3: Ülkeler Bazında Dünya Biyoetanol Üretimi*

*Kaynak: DEK-TMK, 2012: 201.*

AB yakıtta % 98 oranında petrole bağımlı olan bir ulaşım sistemine sahiptir. İthal edilen petrolün önemli bir kısmını oluşturan % 80'lik dilim Rusya, Suudi Arabistan, Libya, İran ve Norveç'ten gelmektedir. Hem politik ve hem de ekonomik açıdan bu durum Avrupa

için istenmeyen bir durumdur. Diğer yandan AB’nde iklim değişikliğine neden olan sera gazları emisyonlarının % 20’den fazla kısmının sorumlusu ulaşım sektörüdür. AB ülkelerinde biyoyakıtları daha çok kullanmak atmosfere verilen zararı kontrol altına almanın yanı sıra yakıt kaynaklarının çeşitlendirilmesi olarak da değerlendirilmektedir.

Biyodizel üretiminde en büyük üretici AB üyesi ülkelerdir. 2010 yılında 9,1 milyar litre olan biyodizel üretimi 2011 yılında 9,5 milyar litre olarak gerçekleşmiştir. Ana hammadde kanoladır. Ancak, 2016’dan sonra AB’de biyodizel soya ve palm yağından üretilmektedir. Kanoladan vazgeçilecektir. Biyoetanol üretiminde son yıllarda söz sahibi olmaya başlayan AB’de üretim şeker pancarı ve tahıllardan yapılmaktadır. Biyogaz pek çok AB ülkesinin önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. Almanya’da 7000’i aşkın biyogaz tesisi bulunmaktadır. Biyogaz sadece elektrik üretimi ve ısınma amaçlı kullanılmamakta, aynı zamanda doğal gaz niteliğinde zenginleştirilerek doğal gaz hatları da beslenmektedir. İsveç 2020 yılında doğal gaz ihtiyacının tümünü biyogazdan karşılamayı planlamaktadır. Ülkede kullanılan araçların 1/3’ü 10 yılı aşkın süredir biyogazla çalışmaktadır. Trenlerde 2005 yılından bu yana biyogaz kullanılmaktadır (DEK-TMK, 2012: 203).

AB Komisyonunda, 2008 yılından bu yana biyoyakıtların sertifikalandırılması üzerine yapılan çalışmalar tamamlanmış ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde biyoyakıtların çevreye zarar vermeden üretilmesi ve ithal edilmesini sağlayacak olan “Sürdürülebilirlik Kriter Paketi” 10 Haziran 2010 tarihinde Komisyon tarafından kabul edilmiştir. Sürdürülebilirlik Kriter Paketine göre, fosil yakıtlara nazaran %35 sera gazı tasarrufu sağlayan biyoyakıtlar sertifikalandırılacaklardır. Bu değer 2017 yılında % 50, 2018 yılında % 60 olarak uygulanacaktır. Diğer yandan ikinci kuşak biyoyakıt yani gıda dışı ürünlerden üretilen biyoyakıtların üretimlerinin ve kullanım paylarının artırılması için projeler yürütülmektedir. Strateji belgesinde ikinci kuşak biyoyakıt üretimine yönelik Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve biyorafineri hedefleri de yer almaktadır (DEK-TMK, 2012: 203, 204).

AB, biyoyakıt üretimini biyorafineri kavramıyla kimya sanayi ile entegre etme girişimindedir 2006 yılında yayımlanan Vizyon 2030 belgesinde AB’de biyoyakıt kullanımı ve üretiminin artırılması, pazar payının yükseltilmesi, araştırma geliştirme çalışmalarına önem verilmesi, vizyon ve strateji çerçevesi oluşturulması konularında hükümler bulunmaktadır. 2011 yılında yayımlanan “2050 Yılına Yakıtları”

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

raporunda kara, deniz ve hava ulaşımında biyoyakıtlara geniş yer verilmiştir. Vizyon 2030 dokümanında, 2030 yılında % 25 biyoyakıt kullanımı öngörülmektedir. Ayrıca yine aynı dokümanda 2010'dan itibaren ikinci kuşak biyoyakıt üretiminin ticarileşmesi ve bu sürecin 2020'de tamamlanarak biyorafinerilere geçilmesi, 2030–2050 döneminde de entegre biyorafinerilerin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (DEK-TMK, 2012: 204).

ABD, biyoyakıt konusunda da kendi ulusal sistemini kurmuştur. Ülkede en çok üretilen biyoyakıt biyoetanol olmasına rağmen öncelikle, ülkede en çok yetişen soya yağına uygun, ASTM-6751 biyodizel standardı belirlenmiştir. %5 biyodizel harmanlanmış benzin (B5) ülke genelinde kullanılmakla birlikte, çiftçilere vergiden muaf, saf biyodizel boyanarak verilmektedir. B20 ve daha fazla karışım oranında motorin satan istasyonların sayısı Ağustos 2012 tarihi itibarı ile 285'dir. 2011 yılında 29 eyalette faaliyet gösteren 209 tesiste 52,54 milyar litre biyoetanol üretilmiş olmasına rağmen ülke genelinde üretim kapasitesi 56,3 milyar litre olarak kaydedilmiştir. Nisan 2012 itibarı ile ülkede 2.931 adet E85 yakıt istasyonu bulunmaktadır. ABD'de 2012 yılı başı itibarı ile galon başına uygulanan destekler kalkmış ve zorunluluklar başlamıştır. Pek çok eyalette (Florida, Havayı, Iowa, Kansas, Luisiana, Minnesota, Missouri, Montana, Oregon, Wasington) benzine % 10 biyoetanol katma zorunluluğu 2012 yılının 2. yarısından itibaren % 15 olarak uygulanmaktadır. Hatta bazı eyaletlerde bu değer % 20'ye çıkartılması gündemdedir. Bu kararlarda EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı) çok etkin rol oynamaktadır. ABD'de ileri kuşak biyoyakıtları daha fazla kullanımı konusunda çalışmalar yoğun olarak sürmektedir. 2020'de selülozik etanol üretim değerinin, etanol üretiminin 1/3'ü olması hedeflenmektedir (DEK-TMK, 2012: 205).

Biyoetanol sektöründeki en büyük aktör ABD olmakla birlikte, Brezilya'da 1930'lu yıllardan bu yana biyoetanolü otomobil yakıtı olarak kullanmaktadır. Brezilya ürettiği biyoetanolün yaklaşık 1/3'ünü ABD'ye ihraç etmektedir. Japonya ve AB ülkeleri de Brezilya'dan biyoetanol ithal eden ülkeler arasındadır. Brezilya'da yaklaşık 35 bin E85 yakıt istasyonu bulunmaktadır. Asya-Pasifik ülkelerinde oldukça yaygın etanol programları uygulanmaktadır. Hindistan'da etanol üretimi şeker kamışından yapılmaktadır. 2001 yılından beri % 5 etanol kullanılan Hindistan'da 2008 Kasım ayından beri % 10 biyoetanol kullanım zorunluluğu uygulanmaktadır. Ekolojisine uygun Jatropha bitkisine

yoğunlaşmış olan Hindistan mevzuatını ve araştırmalarını bu kapsamda sürdürmektedir. Ülkede 2011 yılında 2,4 milyar litre etanol üretilmiştir. Hükümet 2017 yılında % 20 biyoetanol kullanım zorunluluğunun getirileceğini açıklamıştır (DEK-TMK, 2012: 205).

<i>Tablo 2: 2012 Yılı Ülkeler Bazında Biyodizel ve Biyoetanol üretimleri</i>		
Ülkeler	Biodizel Kurulu Kapasite	Etanol Kurulu Kapasite
Arjantin	2.376.297	131.389
Avusturya	17.000	5000
Brezilya	213.666	572.477
Kanada	-	41.906
Çek Cumhuriyeti	15.540	4320
Finlandiya	15.910	293
Almanya	177.930	24.680
İtalya	2.395.240	-
Meksika	1.470	-
Sırbistan	2.400	-

**Kaynak:** WEC World Energy Resources 2013 Survey, 7.23 ve 7.24 sayfalardaki bilgilerden oluşturulmuştur.

Tablo 2’de de görüleceği üzere biyoetanol üretimindeki Brezilya’nın liderliğini Arjantin, Kanada ve Almanya takip etmektedir. Biyodizel kurulu güç kapasitesi açısından Avrupa Birliği ülkeleri liderliğini korurken bu ülkeler arasında kurulu güç kapasitesi bakımından İtalya ve Almanya başı çekmektedir.

#### **4. TÜRKİYE’NİN BİYOKÜTLE ENERJİ POTANSİYELİ VE MEVCUT KULLANIM DURUMU**

Türkiye’nin stratejik coğrafi konumu, Orta Doğu ve Hazar Denizindeki büyük petrol ve doğal gaz üreticisi alanlar ile Avrupa’daki tüketim pazarı arasında enerji köprüsü olmasını sağlamaktadır. Önemli yerli enerji kaynaklarının eksikliğine rağmen, Hazar petrollerini Avrupa pazarına sevk eden Cebelitarık Boğazı; Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) doğalgaz boru hattı; Hazar petrollerini Rusya topraklarından geçmeden taşıyan birinci uluslararası boru hattı; Kuzey Irak petrollerinin ihraç edildiği Ceyhan limanına sahip olan konumu Türkiye’yi önemli enerji transfer ülkesi haline getirmektedir. Büyüyen ekonomisi ile Türkiye, kendi bölgesinde önemli derecede enerji tüketir hale gelmiştir.

Türkiye’de enerji talebindeki artışı bugüne kadar isabetli olarak öngörülemediği ve üretim planlaması yapılamamıştır. Enerji yatırımlarında yaşanan istikrarsızlık nedeniyle bazı dönemlerde aşırı atıl kapasite bazı dönemlerde ise ciddi enerji açıkları ile karşı karşıya

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

kalınmaktadır. Üretim talebi karşılamadığı enerji türleri ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Dışarıdan ithal edilen kaynaklar içinde en büyük payı petrol ve doğal gaz almaktadır. Türkiye'nin enerji üretiminde dış kaynaklara bağımlılığı, özellikle yüksek fiyatlı doğal gaz alım anlaşmaları ile artmıştır. Doğal gaz çevrim santrallerinde yüksek maliyetle enerji üretilmekte ve bu enerji tüketicilerin tarafında yüksek fiyatta satın alınmaktadır. Sonuç olarak Türkiye, diğer gelişmiş ülkelerden çok daha yüksek fiyatlarda enerji tüketmektedir (Maç, 2006: 4).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayınlanan Mavi Kitap 2013 Raporu'na göre; ülkemizin taşkömürü rezervi 1.319,4 milyon ton, linyit rezervi 11.752,2 milyon ton, petrol rezervi 44,1 milyon ton, doğal gaz rezervi 6,2 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. 2012 yılı itibarıyla Türkiye'deki elektrik santrallerinin toplam kapasitesi 239.496,8 milyon kWh'dir. Bu kurulu gücünün % 73,0'ını (174.871,7 milyon kWh) termik santraller, % 24,2'sini (174.871,7 milyon kWh) hidroelektrik, % 0,4'ünü (899,3 milyon kWh) jeotermal ve % 2,4'ünü (5.860,8 milyon kWh) rüzgâr enerji santralleri oluşturmuştur. Toplam üretilen enerjinin % 27,0'ını (65.345,9 milyon kWh) yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir (Mavi Kitap 2013: 19).

Ülkemizdeki petrol durumu incelendiğinde; 2012 yılı ham petrol üretiminin 2.324.230 ton, ortalama günlük üretimin 45 bin varil olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık aynı yıl ithal edilen ham petrolün 19.484.875 ton ve ithal edilen petrole ödenen tutarın 15.932.105.295 doları aştığı görülmektedir. Kaynak ülke olarak bakıldığında İran, Rusya, Suudi Arabistan, Kazakistan ve Irak'ın toplam ithalat içindeki payı % 97'den fazladır (Mavi Kitap, 2013: 60). Bu oranın azaltılması ve farklı kaynaklardan petrol ithalatının yapılması enerji politikalarımız açısından son derece önem arz etmektedir.

Ülkemizdeki linyitin ve taşkömürünün durumu incelendiğinde; 1974-2012 yılları arasındaki 38 yıllık süreçte linyit üretiminin yıllık 8,4 milyon tondan 72.55 milyon tona çıkarak 8,7 kat arttığı tespit edilmiştir. Türkiye'de 1974 yılında yıllık yaklaşık 5 milyon ton olan taşkömürü üretimi 2012 yılına kadar olan süreçte yaklaşık % 48 oranında düşerek 2,528 milyon ton düzeyine inmiştir (Mavi Kitap, 2013: 10). Ülkemiz taşkömürü açısından yeterli kaynağa sahip olmadığından dışa bağımlı konumdadır ve bu nedenle son yıllarda ülkemizin kömür ithalatı hızla



artış göstermiştir. Bu durumu kömürün konut ve sanayi de kullanımının artmasına ve yeni devreye giren ithal kömürlü termik santrallere bağlayabiliriz. Türkiye’de 2010 yılında 173 bin ton kok ve 2,75 milyon ton petrokok ithal edilmiştir. Kömür ithalatının faturası 2010’da 3.225 milyar dolar, 2011’de 4,1 milyar dolar düzeyinde seyretmiş olup, 2012 yılı içinde ise 5 milyar dolara ulaşmıştır (MMO, 2012; Mavi Kitap, 2013).

Nükleer enerji üretiminde kullanılan çekirdek kaynaklar; uranyum ve toryumdur. Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir uranyum rezervi 53.272.000 tondur. Rezerv açısından en zengin ülkeler; Avustralya (1.661.000 ton), Kazakistan (629.000 ton), Rusya (4.872.000 ton) ve Kanada (4.687.000 ton) olup Türkiye’nin uranyum rezervi bu ülkelere kıyasla çok daha düşük seviyededir (9.129 tondur). Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir toryum rezervi 5.385.000 tondur. Toryum rezervi açısından önde gelen ülkeler; Hindistan (846.000 ton), Türkiye (744.000 ton), Brezilya (606.000 ton), Avustralya (521.000 ton) ve ABD (434.000 ton) şeklinde sıralanmaktadır (WNA, 2012).

2013 Kasım ayı verilerine göre ülkemizin elektrik enerjisi üretiminin kaynak türlerine göre dağılımı aşağıda verilmektedir. Genel olarak kaynak türlerindeki değişim benzerlik göstermektedir. Kasım ayı sonu itibariyle elektrik enerjisi üretiminde kaynakların payına bakıldığında doğal gazın % 51 ile en çok paya sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla % 15 ile hidroelektrik (barajlı), % 13 ile ithal kömür takip etmektedir. Ekim ayında % 17’lik paya sahip olan hidroelektrik (barajlı) ve % 4’lük paya sahip olan hidroelektrik (akarsu) oranı Kasım ayında sırasıyla % 2 ve % 1 oranlarında azalmıştır (ETKB 2013: 4).

2020 yılında birincil enerji arzındaki en büyük paya (% 29,8) sahip olacağı hesaplanan petrolün, 2030 ve 2035 yıllarında ilk sıradaki yerini kömüre (sırasıyla % 29,1 ve % 29,3) bırakacağı düşünülmektedir. Doğal gazın ise elektrik üretimindeki payını koruması (yaklaşık % 21,4) beklenmektedir. 2008-2035 döneminde elektrik üretiminde ise kömür ve doğal gazın en önemli kaynaklar olmaya devam edeceği, kömürün payının % 41’den % 42,8’e, doğalgazın payının % 21,3’ten % 21,7’ye yükseleceği; petrolün payının ise % 5,5’den % 1,6’ya, hidroliğin payının % 15,9’dan % 13,3’e, nükleer enerji payının da % 13,5’den % 10,8’e düşeceği öngörülmektedir (AKA-GES: 6).

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

Ülkemizde var olan biyokütle potansiyeline ilişkin ulaşılabilen istatistiksel verilerle Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyelinin yaklaşık 32 MTEP, toplam dönüştürülebilir biyoenerji potansiyelinin ise yaklaşık 16,92 MTEP olduğu söylenebilmektedir (Balat, 2005: 33).

Türkiye'de yakıt alkolü konusu ilk olarak 1931 yılında gündeme gelmiş, 2. Dünya Savaşı sırasında % 20 oranında biyo-etanol karıştırılarak orduda karışimli yakıt kullanılmıştır. Özellikle petrol krizleri esnasında yakıt alkolü üzerinde yoğun çalışmalar olsa da uygulamaya geçilememiştir. Buğdaydan yakıt alkolü üretecek bir özel girişim fabrikası 2004 yılında kurulmuştur. Şeker pancarı hammadde olarak kullanılarak etil alkolden etanol üretilmektedir (Bölük & Koç, 2008: 38).

Türkiye'de buğday sapı, tahıl tozu, fındikkabuğu gibi çeşitli tarımsal artıklar biyokütle enerjisi kaynaklarıdır. Yaklaşık olarak yıllık  $2,6 \times 10^7$  ton buğday sapı tarlalarda yakılmakta ya da tekrar toprağa geri dönmesi için sürülmektedir. Buğday sapının en yüksek ısıl değeri, yüksek değerli kömürün (yüksek ısıl değeri 28 MJ/kg) yarısı kadardır. Bu durumda artık buğdayın ısıl değerinin  $1,3 \times 10^7$  ton kömüre eş değer olduğu söylenebilir. Yıllık tahmini  $3,5 \times 10^5$  ton değeri ile fındikkabuğu Türkiye'nin önemli enerji kaynağı potansiyelleri arasındadır. Fındikkabuğunun en yüksek ısıl değeri 19,2 MJ/kg olup, ısıl değeri ise yaklaşık olarak  $1,9 \times 10^6$  kWh'dir (Balat, 2005: 33, 34).

Türkiye'deki orman arazisi, toplam kara parçasının % 26'sını oluşturmaktadır. 1965-1995 yılları arasında odun hacmi % 75'in üzerinde artmıştır. Türkiye'nin toplam orman potansiyeli yıllık 28 milyon m<sup>3</sup> artış ile 935 milyon m<sup>3</sup> civarındadır. Türkiye'nin enerji ormancılığı amacıyla düzenlenebilecek 5 milyon hektar orman arazisi vardır. Bu miktarının 2,6 Mha'lık kısmı yakacak odun yapılan verimli ormanlardır. Kalan 2,4 Mha'lık kısmının ürünü ise düşük kalitelidir (Balat, 2005: 35).

Türkiye, zengin tarımsal potansiyeli ile gelişen bir ülkedir. İşlenmiş toprağın %70'ini birinci olarak buğday, ikinci sırada arpa ve üçüncü olarak da mısır oluşturmaktadır. Pamuk, keten, susam tohumu ve haşhaş gibi endüstriyel ürünler uzun zamandır yetiştirilmektedir. Soya fasulyesi Anadolu'da yetişmektedir. Meyvenin çeşitli türleri ülkenin hemen hemen her yerinde yetişmektedir. Yukarıdaki örneklerde de görüldüğü gibi Türkiye'nin biyokütle enerji kaynağı olarak çeşitli tarımsal artıklar olasıdır. Türkiye'de yıllık yaklaşık 26,4 milyon ton

buğday sapı üretilmektedir ve bu değer yaklaşık olarak 16,4 MTEP'e eşittir. Tarlalarda hazır bulunan buğday sapsarı ya yakılmakta ya da toprağa geri kazanılmak üzere çiftçilikte kullanılmaktadır. Tarımsal artıklardaki kuru kaynaklardan hesaplanmış toplam artık miktarı yaklaşık olarak 54,4 milyon tondur. Tarımsal artıkların yıllık enerji eşiği 15,5 MTEP olarak belirlenmektedir (Balat, 2005: 35, 36).

Hayvansal atıkların anaerobik fermentasyonu ürünü olan biyogaz, 1-2 milyon tonluk atığın hepsi biyogaz üretimi amaçlı kullanılabilirdiğinde yıllık 2,2 ve 3,9 milyar m<sup>3</sup> potansiyele sahiptir. Biyogaz potansiyelinin % 85'i hayvansal atıklarından, geri kalanı ise çöp gazından gelmektedir. Hayvansal atık gazı potansiyelinin % 50'si koyunlardan, % 43'ü büyükbaş hayvanlardan, % 7'si kümes hayvanlarından oluşmaktadır. Hesaplamalara göre ortalama hektar başına 80-100 ton ıslak biyokütle (25-30 ton kullanılabilir kuru biyokütle malzemesi) Orta Anadolu Bölgesi'nden elde edilebilir. Genellikle tarımda suni gübre olarak kullanıldıkları için, hayvansal atıkların biyoyakıt olarak kullanılmasını kısıtlıdır (Balat, 2005: 34). Türkiye'de hayvan çiftçiliğinin oldukça gelişmesinden sonra, önemli miktarlarda yıllık hayvansal atıklar oluşmaktadır. Türkiye'de 1960'lardan sonra biyogaz araştırma ve geliştirme projelerine emek verilmiştir. Biyogaz kullanımındaki çalışmaların uygulanabilirliğine ek olarak, çok sayıda özümleme tankı çeşitli yerlere kurulmuştur. Mevcut biyogaz potansiyelinin değerlendirildiği takdirde yaklaşık 3 milyon ton/yıl taşkömürü eşdeğerine karşılık geleceği görülmektedir.

Ülkemizdeki biyodizel durumu incelendiğinde; 14 Eylül 2011 verilerine göre Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna (EPDK) kayıtlı 36 firmanın biyodizel üretim lisansına sahip olduğu görülmüştür. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma bulunmaktadır. Bu firma verimsiz tarım arazilerinde yetiştirilen aspir bitkisiyle biyodizel üretimini gerçekleştirmektedir. Çevre Bakanlığı verilerinde üç adet tesis atık yağdan biyodizel üretimi için izinli görünse de bunlardan sadece bir tanesi EPDK'dan lisanslıdır ve aktif üretim yapmaktadır. Ülkemizde yerli ham maddeyle üretilen biyodizelin motorinle harmanlanan % 2'lik dilimi Özel Tüketim Vergisi (ÖTV)'nden muaf tutulmaktadır. 27.09.2011 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren EPDK Kararı gereğince piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyodizel içeriğinin 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla en az % 1, 1 Ocak 2015 tarihi

itibarıyla en az % 2, 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla en az % 3 olması zorunluluğu getirilmiştir (Koç & Şenel; 2013: 39).

Biyometanol pazarında ise daha istikrarlı bir süreç işlemiştir. Biyodizel benzer şekilde 2000'li yılların başında başlayan biyometanol akımı istikrarlı yapılanmayla günümüze kadar gelse de bugüne kadar kullanım zorunluluğu olmaması nedeniyle sektörde bir canlılık sağlanamamıştır. Ülkemizde, biyometanol sektöründe mevcut durumda üç üretim tesisi bulunmaktadır. Türkiye'de kurulu biyometanol üretim kapasitesi 149.5 milyon litredir. Biyometanol kurulu kapasitemiz benzin tüketimimizin yaklaşık %7' sini karşılar durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyometanol benzin tüketimimizin %1'inin çok altındadır. Sadece çeker pancarına dayalı biyometanol üretim potansiyelimiz 2-2,5 milyon ton civarındadır. Bu değer 2011 yılı benzin tüketimimizin tümünü karşılamaktadır. Ülkemizde biyodizelde olduğu gibi biyometanolde de yerli ham maddeyle üretilen biyometanolün benzinle harmanlanan %2'lik dilimi ÖTV'den muaftır. EPDK'dan yapılan açıklamaya göre, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren % 2, 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla da en az %3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyometanol ilave edilmesi zorunlu kılınmıştır (MMO, 2012).

Ülkemizde biyogaz sektörü başta bazı şehirlerimiz olmak üzere çöpten biyogaz üretimi, bazı sanayi tesisleri ve belediyelerin atık su ve tesislerinden biyogaz üretimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Anadolu'nun farklı yörelerinde yürütülen gazifikasyon demonstrasyon projeleri ve özel sektörde yürütülmekte olan sayılan az da olsa nitelikli biyogaz projelerinden oluşmaktadır. Ayrıca ülkemizde hayvancılık alanında da gerekli yatırımlar yapılarak hayvan atıklarından biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Yıllık hayvan dışkısı biyogaz teorik potansiyelimizin büyüklüğü tahminen; kümes hayvanları için 401,5 milyon m<sup>3</sup> küçükbaş hayvanlar için 852,6 milyon m<sup>3</sup> büyükbaş hayvanlar 1354,2 milyon m<sup>3</sup> olmak üzere toplam 2608 milyon m<sup>3</sup> gaz üretilebilir. Bu bilgiler ışığında Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 1400-2000 Btep/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Ocak 2012 itibarıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kumlundan (EPDK) lisans alıp yapımı süren biyogaza dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 93 MW, biyokütleye dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü ise 12,8 MW'dir (MMO, 2012).

Yukarıda potansiyelleri belirtilen atıklara ek olarak üretici endüstrinin çeşitli üretim prosesleri sonucundaki atık su arıtma tesisleri

ile elde ettikleri metan gazı (CH<sub>4</sub>), evsel katı atıklar, bahçe atıkları, deri ve tekstil endüstrisi atıkları, kâğıt endüstrisi atıkları, gıda endüstrisi atıkları gibi atıklar da biyokütle enerji potansiyelleri içerisinde yer almaktadır. Tüm bu potansiyel verilerine ve biyokütle kaynağının yerinde değerlendirildiğinde kayıp oranlarının sadece sistem veriminden olacağı da göz önüne alınarak, biyokütle enerji kaynaklarının önümüzdeki dönemde dünyanın ve ülkemizin en önemli ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmaya aday olduğu söylenebilir.

### SONUÇ

İnsan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, geçmişte olduğu gibi günümüzde de dünya gündeminde tartışılan konuların başında yer almaktadır. Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminde, toplumsal refahın artırılmasında vazgeçilmez bir etken olmaya devam etmektedir. Stratejik bir alan olan enerji sektöründe sorunlara stratejik bakış açılarıyla yaklaşılması bir zorunluluktur. Enerji sektöründe sadece olası talebi karşılamaya yönelik biçimde oluşturulacak enerji stratejilerinin hem yetersiz kalacağı hem de dünyadaki yaygın eğilimlerle uyumlu olmayacağı görülmektedir.

Enerji politikalarının amacı kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz enerji elde etmek olmalıdır. Bu çerçevede, tüketime sunulan enerjinin verimli kullanılmasının yanı sıra kaynak çeşitliliğinin de artırılması enerji politikaları açısından önemlidir. Günümüzde yeni enerji kaynakları bulma çalışmaları giderek artmaktadır. Araştırmalar yeni, ekonomik ve yenilenebilir enerji kaynaklarını keşfetmeye odaklanmış olup, yenilenebilir enerji kaynaklarının her geçen gün giderek yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Bu enerji kaynaklarından birisi odunu, yağlı tohum ve karbonhidrat bitkilerini, biyobozulabilir atıkları, tarımsal, endüstriyel ve şehirsal artıkları içeren biyokütledir. Bu kaynaklardaki biyokütle enerjisi enerji teknolojisinde kullanılabilir üzere ve alışlagelmiş yakıtlara alternatif olarak katı, sıvı ve gaz yakıtlara çeşitli termokimyasal ve biyokimyasal yöntemlerle dönüştürülebilmektedir.

Biyoyakıtlar ısı, elektrik ve taşıtlar için yakıt olarak kullanılabilir, yakma sistemlerinde, kazanlarda, jeneratörlerde, içten yanmalı makinelerde ve türbinlerde de kullanılabilir. Ulaşılabilir istatistiksel veriler esas alındığında, biyokütle enerjisinin dünyada ve Türkiye’de kullanılmak üzere önemli bir teknik potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Dünya’nın gelişmiş ülkelerinde ve Avrupa Birliği gibi

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

uluslar arası topluluklarda biyokütle enerjisine olan yatırımların arttığı, diğer ülkelerde de uygulamalarının yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. Dünyada 2011 yılında toplam 21,4 milyar litre biyodizel üretilmiş olup en fazla biyodizel üretimi gerçekleştiren ülkeler; Almanya, ABD, Arjantin, Brezilya, Fransa'dır.

Türkiye'deki olası biyokütle enerji kaynakları değerlendirildiğinde, arasında tarım endüstrisi artıkları ile odun ve odun dışı orman ürünleri artıklarının, hayvan yetiştiriciliği sonucunda ortaya çıkan hayvansal atıkların, özellikle toplu konutların yüksek oranlarda bulunduğu şehirlerdeki evsel ve şehirsal katı atıkların, biyokütle kökenli tüm endüstriyel atıkların gazlaştırma, fermantasyon, anaerobik çürütme gibi uygun tekniklerle alternatif yakıtlara dönüştürülebileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu gerçekleştiğinde, biyokütle yakıtları birleşik güç, ısı ve soğutma tesislerinde değerlendirilerek yerli kaynaklardan enerji üretiminin artmasına ve dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlanacaktır.

2011 yılı dünya biyoetanol üretimi 86,1 milyar litre olup en fazla biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkeler; ABD, Brezilya, Çin, Kanada'dır. Ülkemizde, biyoetanol sektöründe mevcut durumda üç üretim tesisi bulunmakta olup kurulu biyoetanol üretim kapasitesi 149,5 milyon litredir. Ülkemizin biyoetanol kurulu kapasitesi benzin tüketimimizin yaklaşık % 7' sini karşılar durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketimimizin % 1'inin çok altındadır. Ülkemizde sadece şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim potansiyeli 2- 2,5 milyon ton civarındadır. Bu değer 2011 yılı benzin tüketimimizin tümünü karşılamaktadır.

Türkiye'nin biyogaz potansiyeli 1400-2000 Btep/yıl olarak öngörülmektedir. Ocak 2012 itibarıyla EPDK'dan lisans alıp yapımı süren biyogaza dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 93 MW, biyokütleyle dayalı olan tesislerin kapasitesi ise 12,8 MW'dir.

Bölgesel enerji tüketim değerlerine ve biyokütle potansiyellerine bakıldığında her bölge için alternatif biyokütle potansiyelinin olduğu görülmektedir. Bu potansiyellerin bölgesel kalkınmaya ve istihdama katkısı düşünüldüğünde değerlendirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Marmara bölgesi kişi başına elektrik enerjisi tüketimi, konut elektrik enerjisi tüketimi ve sanayi kuruluşları elektrik enerjisi

tüketiminde birinci sırada yer almaktadır. Biyokütleden enerji üretimi kapsamında tahıl artıklarının ve diğer bitkisel artıkların değerlendirilmesi mümkün olabilir. Bölgenin önde gelen bitkisel ürünleri buğday, arpa, yağlı tohumlar gibi biyokütle enerji üretiminde yüksek ısıl değer taşıyan önemli bitkilerdir. Marmara bölgesi için enerji üretimine uygun biyokütle kaynakları arasında hayvansal kaynaklardan kümes hayvanı, koyun, keçi ve sığır öne çıkmaktadır. Ülke genelinde kümes hayvancılığı yetiştiriciliğinde birinci sırada yer alan bölge, hayvansal atıklardan enerji üretimi kapsamında yararlanabilir. Nüfus açısından en kalabalık bölge olan Marmara Bölgesinde oluşan evsel ve endüstriyel katı atıklar beş adet düzenli depolama sahasında toplanılmasına rağmen bölgede bir adet kompost tesis mevcuttur. Bölgenin büyük katı atık potansiyeline uygun olarak düzenli depolama sahalarının kapasitesinin ve/veya sayısının artırılması bölgesel açıdan önemli miktarda temiz ve alternatif enerji üretimine katkı sağlayacaktır. Marmara bölgesi, sanayi kuruluşları açısından en gelişmiş bölgedir. Bölgedeki biyokütle potansiyelinin sanayi tesislerine entegre olarak uygun üretim prosesleri ile enerji üretimi amacıyla kullanılması büyük oranda katma değer sağlayacaktır.

Ege bölgesi konut elektrik enerjisi tüketimi ve sanayi kuruluşları elektrik enerjisi tüketiminde Marmara bölgesinden sonra ikinci sırada yer alırken kişi başına elektrik enerjisi tüketiminde, İç Anadolu ve Karadeniz bölgesinden sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Bölgesel tarım ürünlerinden buğday, şeker pancarı ve arpa ilk sıralarda yer almaktadır. Bölge biyogaz üretimine uygun olan kümes hayvanları, koyun ve keçi hayvancılığında tüm bölgeler arasında ikinci sırada yer almaktadır. Hayvan yetiştiriciliği sonucunda oluşan hayvansal atıklar bölgenin enerji ihtiyacına uygun dönüşüm teknolojileri ile değerlendirilmelidir. Bölgede on adet düzenli katı atık depolama tesisi mevcuttur.

Akdeniz bölgesi toplam enerji tüketiminde üçüncü sırada yer almakta olup bölgenin toplam alanı içerisinde tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin ekili alana oranı % 71' dir. Bitkisel ürünlerden buğday, şeker pancarı, yağlı tohumlar ve arpa öne çıkmaktayken biyogaz üretimine uygun olarak kümes hayvanı, keçi ve koyun hayvancılığı da söz konusudur. Bölge, beş adet düzenli katı atık deposuna sahiptir. Karadeniz bölgesinden sonra orman varlığı ile ikinci sırada yer alan bölge, bu avantajını orman varlığına zarar vermeyecek doğru politika ve üretim süreçleriyle değerlendirmelidir. Akdeniz bölgesinin ülkemizde turizm açısından en önemli bölge olması yaz aylarında içerisinde enerjiye olan

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

ihtiyacın ve enerji tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. Bölgesel açıdan önem kazanan biyokütle kaynaklarının kullanımı ile bölgenin enerji ihtiyacı kesintisiz olarak sağlanabilir. Turizm tesislerinin kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere bölgede bulunan biyokütle kaynak potansiyellerinden yararlanması halinde bölge halkı için istihdam olanakları artacak, tesislerin yeşil enerjiye duyarlı turistler açısından daha çok tercih edilmelerine de ortam sağlayacaktır.

İç Anadolu bölgesi kişi başına toplam elektrik enerjisi tüketiminde Marmara bölgesi ve Karadeniz bölgesinden sonra, mesken elektrik enerjisi tüketiminde ise Marmara ve Ege bölgesinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Toplam elektrik enerjisi tüketimine dördüncü sırada olan bölgenin bitkisel biyokütle potansiyelini üretim büyüklükleri ile öne çıkan şeker pancarı, buğday, arpa ürünler oluşturmaktadır. Biyogaz üretimine uygun olarak kümes hayvanı, koyun ve keçi hayvancılığı öne çıkmıştır. İç Anadolu bölgesinin kişi başı ortalama belediye atık miktarının Marmara bölgesinden sonra ikinci sırada yer almasına rağmen düzenli depolama tesisi iki adettir. Sanayinin gelişmiş olduğu bu bölgede biyokütle potansiyelinin değerlendirilmesi sanayi için alternatif enerji kaynağı yaratılırken, bölge halkı için ucuz ve temiz enerji kullanabilme olanağı sağladığı gibi bölgedeki kırsal kesimlerden büyük kentlere göçe engel olacak istihdam olanakları da yaratacaktır.

Karadeniz bölgesi kişi başına toplam elektrik enerjisi tüketiminde Marmara ve İç Anadolu bölgesinden sonra üçüncü sırada yer alırken toplam elektrik enerji tüketiminde beşinci sırada bulunmaktadır. Bölgenin tarımsal ürünlerine bakıldığında buğday, şeker pancarı ve arpa öne çıkan ürünlere ek olarak Karadeniz bölgesi Türkiye fındık üretiminin yarısından çoğunu gerçekleştiren bölgedir. Bölgede üretilen fındıkların önemli miktarı kabuksuz olarak yurtdışına ihraç edilmekte olup iç piyasaya sürülen fındıkların ise büyük çoğunluğu kabuksuzdur. Hasattan sonra iç fındıktan ayrılan kabuklar bölgede genellikle tarlalarda veya odun sobalarında yakılmaktadır. Biyokütle enerji üretimi yüksek ısı değeri ile önem arz eden fındıkkabuğu uygun dönüşüm teknolojileri ile bölge için alternatif enerji üretiminde kullanılabilir. Bitkisel ürünlerin yanı sıra Türkiye orman varlığının dörde biri sahip olan Karadeniz bölgesi için orman varlığı potansiyeli ile bir tutulabilecek odun ve odun dışı orman ürünlerinin enerji ormancılığı ya da atıklardan enerji üretimi kapsamında yerel değerlendirilmesi bölge için istihdam yaratacağı gibi



bölgenin engebeli arazi yapısında elektrik iletim ve dağıtım açısından da kolaylık sağlayacaktır. Bölgede çıkan katı atıklar çöp depolama alanlarında düzensiz olarak bertaraf edilmektedir. Bölgenin atık potansiyelinin çevresel değerlendirilmeye olanak yaratmak amacıyla kullanımını sağlayacak düzenli depolama sahası ve kompost tesis yapılması ihtiyacı vardır.

Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri kişi başı elektrik enerjisi tüketiminde ve toplam elektrik enerjisi tüketiminde sonuncu olan bölgelerdir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde bitkisel ürünlerden buğday, arpa ve yağlı tohum bitkileri ön plandadır. Doğu Anadolu bölgesinde ise bitkisel ürünlerden buğday, şeker pancarı ve arpa yüksek üretim miktarlarıyla ilk sıralarda yer almaktadır. Bölgenin toplam alanı içerisinde büyük yer kaplayan ekili alanlardaki üretim sonucu oluşan atık ve artıklar biyokütle potansiyeli açısından sahip oldukları yüksek ısıl değerler ile önem arz etmektedir. Ayrıca bölgenin biyogaz üretimine uygun hayvan yetiştiriciliğine bakıldığında koyun, kümes hayvanı, keçi ve sığır yetiştiriciliğinde etkin olduğu görülmektedir.

Doğu Anadolu bölgesi, biyogaz üretim miktarı açısından yüksek ısıl değeri sahip olan sığır yetiştiriciliği ile tüm bölgeler arasında birinci, keçi yetiştiriciliği ile de ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde bir adet düzenli depolama tesisi varken, Doğu Anadolu bölgesinde düzenli depolama tesisi mevcut değildir.

Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan gelişmesinin temelinde enerji gereksinimini sürekli, sağlıklı, temiz, ucuz ve bağımsız elde etmesinin bulunduğu kabul edilen bir olgudur. Bu olgunun ülkenin enerji güvenliğine, daha kapsamlı olarak çevresel güvenliğine etkileri büyüktür. Bu noktada Türkiye gerçek veriler ve hedeflerle hazırlanmış, özsel değerlerinin değerlendirilmeye katıldığı, sosyal ve siyasi yapısının bağlı olduğu unsurlar eşliğinde sürdürülebilir enerji politikaları ile ekonomik bağımsızlığını artırarak kalkınma yolunda daha hızlı ilerleyebilecektir.

#### **KAYNAKÇA**

Acaroğlu, M. (2008). "Türkiye'de Biyokütle-Biyoetanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES'2008), 17-19 Aralık 2008, Sayfa:351-362, İstanbul.

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

- Ahiler Kalkınma Ajansı (AKA). “Güneş Enerji Sektörü (GES)”, [http://www.ahi-ka.org.tr/upload/pdf/ihale\\_ilanlari/ihracatrapor/gunes\\_enerji\\_rapor.pdf](http://www.ahi-ka.org.tr/upload/pdf/ihale_ilanlari/ihracatrapor/gunes_enerji_rapor.pdf), (E.T: 16.01.2014).
- Alemdağ, İ. S. (1980). “Manual of Data Collection and Processing for the Development of Forest Biomass Relationships”, Petawawa National Forest Institute, Canadian Forest Service, Information Report PI-X-4, p.38.
- Anonim 2011a. “Youth for Habitat Türkiye, Sürdürülebilir Enerji Eğitimi Kitapları”, Biyokütle Enerjisi, <http://www.habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/Biyokutle.pdf> (E.T: 01.04.2014).
- Anonim 2011b. “Diğer Enerji Kaynakları Tanımı ve Kaynakların Ülkemizdeki Mevcut Durumu”, Biyokütle Enerjisi, <http://www.angelfire.com/scifi/nuclear220/sec555.htm#BİYOKÜTLE%20ENERJİSİ> (E.T:02.04.2014).
- Anonim 2011c. “Biyokütle Çevrim Teknolojileri”, <http://www.anadolutayfasi.net/kimya/54694-biyotuklecevrimeknolojileri.html>, (E.T: 03.04.2014).
- Ateş, F. (2004). “Biokütlenin Sabit Yatak Pirolizine Katalizörün Etkisi”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, Sayfa: 467-474, 26-28 Mayıs 2004, İstanbul.
- Balat, M. (2005). “Use Of Biomass Sources For Energy In Turkey And A View To Biomass Potential”, *Biomass and Bioenergy*, Sayı: 29(2005, ) s. 32-41.
- Boztepe E. ve Karaca A. (2009). “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar”, Türkiye 11. Enerji Kongresi ve Sergisi, 21-23 Ekim 2009, İzmir.
- Bölük G. ve Koç A. A. (2008). “Dünya’da ve Türkiye’de Biyo-yakıtlar: Üretim, Politikalar, Maliyet ve Etkileri” (Biofuels in the World and Turkey: Production, Policies, Cost and Impacts], *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, Volume: 23, Sayı: 269, Sayfa: 25-50.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), (Aralık 2012). “Enerji Raporu 2012”, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.pdf>, (E.T: 03.03.2014).

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2010). “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı”, [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/ETKB\\_2010\\_2014\\_Stratejik\\_Planı.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Planı.pdf), (E.T: 14 Mart 2014).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). “Mavi Kitap 2013”, Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Ankara. [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Mavi\\_Kitap\\_2013.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Mavi_Kitap_2013.pdf) (E.T: 02.02.2014).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2013), “Türkiye Kasım Ayı Enerji İstatistikleri-11”, Enerji İstatistikleri Daire Başkanlığı. Ankara. [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Enerji\\_Istatistik\\_Raporu\\_Aylik/2013\\_11\\_Enerji\\_Istatistikleri\\_Raporu.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Enerji_Istatistik_Raporu_Aylik/2013_11_Enerji_Istatistikleri_Raporu.pdf) (E.T: 09.01.2014).
- Hall, D.O. (1997). “Biomass Energy in Industrialized Countries-A”, View of the Future For Ecol Manag., 91 p:17-45.
- İllez B. (2004). “Güneş Enerjisi Destekli Sürekli Beslemeli Tip Biogaz Üreticinin Oluşturulması” Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Güneş Enerjisi A.B.D, İzmir.
- International Energy Agency (IEA) (2012). “World Energy Outlook (WEO) Executive Summary 2012”, <http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2012sum.pdf> (E.T: 04.04.2014).
- International Energy Agency (IEA) (2013). “World Energy Outlook (WEO) Executive Summary 2013”, <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2013SUM.pdf> (E.T: 06.04.2014).
- Karaca, C. (2009). “Çukurova Bölgesindeki Tarıma Dayalı Sanayi Atıklarının Enerjiye Dönüşüm Olanaklarının İncelenmesi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- Karaosmanoğlu, F. (2006). “Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ Araştırmaları”, ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, Bildiri Kitabı, Sayfa: 110-146, 22-23 Haziran 2006, İstanbul.

*ENERJİ COĞRAFYASI AÇISINDAN BİR İNCELEME: BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ KULLANIM DURUMU*

- Karayılmazlar S., Saraçoğlu N., Çabuk Y. ve Kurt R. (2011). “Biokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 19, Sayfa: 63-75, Bartın.
- Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme”, *Mühendis ve Makine*, Cilt: 54, Sayı: 639, Sayfa: 32-44.
- Maç, N. (2006). “Türkiye’de Enerji Sektörü”, Konya Ticaret Odası Etüt-Araştırma Servisi Araştırma Raporu, Sayı: 42/39, Konya.
- Makine Mühendisleri Odası (MMO) (2012). “Türkiye’nin Enerji Görünümü (Oda Raporu)”, Genişletilmiş İkinci Baskı, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara: MRK Baskı ve Tanıtım Hizmetleri Tic. Ltd. Şti.
- Olgun, H. ve Tırıs M. (2001). “Atıkların Enerji Dönüşüm Sistemlerinde Kullanılması”, Teknoloji Günleri Alternatif Enerji Sistemleri Sempozyumu (29 Mart 2001), İstanbul.
- Özcan M., Öztürk, S. ve Yıldırım, M. (2011). “Türkiye’nin Farklı Kaynak Tiplerine Göre Biogaz Potansiyellerinin Belirlenmesi”, IV. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Sayfa: 243-247. 12- 13 Mayıs 2011, Kocaeli.
- Perlack, R.D., Wright, L.L, Huston, M.A. ve Schramm, W.E. (1995). “Biomass Fuel From Woody Crops For Electric Power Generation”, ORNL-6871, L. Martin Energy Systems, Inc.,September 21 1995. , Oak Ridge, Tennessee.
- Renewable Energy Policy Network For The 21st Century (REN21), (2013). “Renewables 2013 Global Status Report (RGSR)”, Paris, France. <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx> (E.T. 17.01.2013).
- Saraçoğlu, N. (2006). “Enerji Ormancılığının Kırsal Kalkınmaya Katkısı”, Ormancılıkta Sosyo Ekonomik Sorunlar Kongresi, Sayfa: 7-12, 26-28 Mayıs 2006, Ilgaz/Çankırı.
- Tüplek A. (2011). “Odun Talaşı Ve Tozundan Pelet Biyoyakıt Üretilmesi Ve Yanma Analizi”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.

- Türe, S. (2001). “Biyokütle Enerjisi”, Temiz Enerji Vakfı, Sayfa: 1-5. Ankara.
- World Energy Council (WEC),(2013). “World Energy Resources 2013 Survey”, [http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete\\_WER\\_2013\\_Survey.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf) (E.T:02.04.2014)
- World Nuclear Association (WNA), (2012). “World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements,” <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, (E.T: 19.02.2014).
- [http://www.elektrikport.com/makale-detay/yesilden-gelen-enerji-biyokutle2\\_bolum/8571#ad-image-6](http://www.elektrikport.com/makale-detay/yesilden-gelen-enerji-biyokutle2_bolum/8571#ad-image-6), (E.T: 09.03.2014).