

# DOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ VE ENERJİ ÜRETİMİ

\*Nilüfer (NACAR) KOÇER, \*Ayhan ÜNLÜ

\*Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü – ELAZIĞ

[nkocer@firat.edu.tr](mailto:nkocer@firat.edu.tr), [aunlu@firat.edu.tr](mailto:aunlu@firat.edu.tr)

## ÖZET

Fosil kaynakların kısıtlılığı, üretim sonucu meydana gelen çevre kirliliği problemleri, enerji üretiminde hem yenilenebilir hem de çevreyle uyumlu kaynakların araştırılmasını ve geliştirilmesini ön plana çıkarmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan biyokütle enerjisi geliştirilmeyi bekleyen önemli bir enerji kaynağıdır.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem sahip olduğu mevcut potansiyel hem de üretim teknolojileri bakımından farklı ve önemli bir yeri olan biyokütle potansiyeli araştırılmıştır. Yapılan çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde bir yılda elde edilen ortalama kuru biyokütle miktarı ve kuru biyokütlenin ortalama ısı değeri hesaplanmıştır. Ayrıca Doğu Anadolu Bölgesi için biyokütle potansiyelinden etkin ve yaygın bir şekilde faydalanmak için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle Potansiyeli, Doğu Anadolu Bölgesi, Isıl Değer, Kuru Biyokütle Miktarı

## BIOMASS POTENTIAL OF EAST ANATOLIA REGION AND ENERGY PRODUCTION

### ABSTRACT

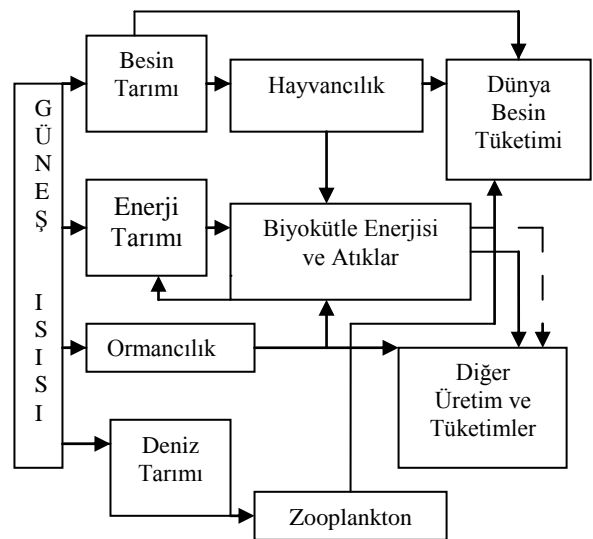
The deficiency of fossil sources and environmental pollution which is resulted from production have been brought in the foreground of the research and the development of both renewable and environment-friendly sources in the energy production. Among the renewable resources, the biomass energy is an important energy source which should be enhanced.

In this study among the renewable resource, due to having both available potential and production technology the biomass potential which has different and important position was investigated. In this research, average dry biomass amount per year and thermal(calorific) value of average dry biomass were calculated at East Anatolia Region. In addition, to benefit from biomass potential efficiently and broadly for East Anatolia Region we have made suggestions.

**Keywords:** Biomass Potential, East Anatolia Region, Thermal Value, Dry Biomass Amount.

### 1. BİYOKÜTLENİN OLUŞUMU

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek, depolaması sonucu meydana gelen ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Canlı kütle ve dikili ürün deyimleriyle eş anlama gelen biyokütle, çoğu kez fitoplankton ve zooplankton olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölçü birimi olarak belirli bir alana oranlanmış yaş yada kuru kütle olarak bilinmektedir[1]. Bitkilerin fotosentezi sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen bu enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Canlı organizmaların fotosentez sonucu oluşması ve bütün yaşamın güneş enerjisinin depo edildiği oksijene bağlı olması yenilenebilir enerji kaynağını oluşturan fotosentez olayının önemini gösteren enerji akışı Şekil 1'de gösterilmektedir[2,3].



Şekil 1. Biyokütle Enerji Akışı [2].

Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtlar canlı varlıkların milyonlarca yıl yeraltında kalması ile oluşan fosil biyokütle olarak alınabilirler. Bu yakıtlar biyokütle ile aynı özellikleri taşımalarına rağmen yeraltındaki sıcaklık ve basınçla değişime uğradıklarından dolayı yakıldıklarında havaya bir çok zararlı madde bırakırlar.

Biyokütlenin gazlaştırılması ile de elde edilebilen gaz yakıt, doğalgazın kullanıldığı yerlerde küçük modifikasyonlar yapılarak, kullanımı yaygınlaştırılabilir ve gelecekte kolaylıkla doğalgazın kullanıldığı yerlerde enerjinin büyük bir kısmı bu yakıttan sağlanabilir.

Organik madde ihtiva eden atıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi hem çevre kirliliğine yol açmaması, hem de temiz enerji üretimi sağlanması bakımından önem taşımaktadır. Biyokütle özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan bir kaynaktır. Dünyada enerjinin yaklaşık olarak %15'i, gelişmekte olan ülkelere ise enerji üretiminin yaklaşık %43'ü bu kaynaktan sağlanmaktadır[4]. Biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanımındaki olumlu ve olumsuz yönleri Tablo 1'deki gibi özetlenebilir.

**Tablo 1.** Biyokütlenin Enerji Kaynağı Olarak Kullanımındaki Olumlu ve Olumsuz Yönleri [2].

OLUMLU YÖNLERİ	OLUMSUZ YÖNLERİ
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hemen her yerde yetiştirilebilmesi,</li> <li>•Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi,</li> <li>•Her ölçekte enerji verimi için uygun olması,</li> <li>•Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması,</li> <li>•Depolanabilir olması,</li> <li>•5-35 °C arasında sıcaklık gerektirmesi,</li> <li>•Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması,</li> <li>•Çevre kirliliği oluşturmaması,</li> <li>•Asit yağmurlarına yol açmaması.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Düşük çevrim verimine sahip olması</li> <li>•Tarım alanları için rekabet oluşturmaması</li> <li>•Su içeriğinin fazla olması.</li> </ul>

## 2. BİYOKÜTLE KAYNAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

Biyokütle kaynaklarını, karalardan denizlere kadar hemen her yerde bulmak mümkündür. Biyokütle kaynakları iki grupta incelenmektedir. Bunlar ıslak biyokütle (melas, nişastalılar, gübre) ve kuru biyokütledir. Enerji üretiminde kullanılacak biyokütle kaynaklarını; bitkisel kaynaklı atıklar, hayvansal kaynaklı atıklar ile şehir ve endüstri kaynaklı atıklar şeklinde üç ana başlık altında incelenebilir [1,14].

### 2.1. BİTKİSEL ATIKLAR

Bitkisel kaynaklı atıklar olarak odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçek, soya), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, enginar), elyaf bitkileri (keten, kenevir, tatlı sorgum, miskantus), protein

bitkileri (bezelye, fasulye, buğday) ve bitkisel artıkları (dal, sap, saman, kök, kabuk) sayabiliriz [19].

Türkiye'de bitki atıkları, fındık ve ceviz kabuğu, prina, ay çiçeği kabuğu, çığıt ve mısır gibi artıklar enerji amacıyla değerlendirilmektedir. Kuru biyokütlenin ısı değeri 3.800-4.300 kcal/kg arasında değişmektedir. Biyokütleden yakma yolu ile enerji elde edilmesinde yanma verimi orta kaliteli bir kömüre eşittir. Biyokütlenin çoğu kömürden daha az miktarda kül ve kükürt içermektedir. Biyokütle kaynağı olan ve enerji üretimine yönelik olarak yetiştirilen tatlı sorgum bitkisi hem alkol hem de biyoyakıt üretmeye uygun bir bitkidir. Bu bitki üzerinde yapılan inceleme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir[2,17].

**Tablo 2.** Biyokütle Kaynaklarından Tatlı Sorgum Bitkisi Üzerinde Yapılan Analiz Sonuçları [2].

ELEMENTEL ANALİZ				Kül %	Uçucu Madde %	Isıl Değer kcal/kg
% C	% H	% N	% S			
44,6	5,89	0,39	0,10	7,6	79,57	9.950
43,0	5,62	0,62	0,14	9,6	77,54	3.953
43,1	5,41	1,07	0,19	10,7	74,60	3.413
45,7	5,40	0,72	0,15	7,3	76,50	4.080
43,1	5,82	1,18	0,07	4,4	9,40	3.997
44,0	6,20	0,16	0,06	1,8	77,00	4.100

### 2.2. HAYVANSAL ATIKLAR

Hayvansal gübrenin samanla karıştırılıp, kurutulmasıyla elde edilen tezek, köylerde yakıt olarak kullanıldığı gibi hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile üretilen biyogazın dünyada kullanımı da oldukça yaygındır. Herhangi bir atıktan metan elde edilmesi bakteriler tarafından iki kademede gerçekleştirilir. Önce kompleks organikler, asit bakterileri tarafından uçucu yağlı asitlere dönüştürülmekte daha sonra da çoğalan asitler metan bakterileri tarafından metan haline getirilmektedir [5].

### 2.3. ŞEHİR VE ENDÜSTRİ ATIKLARI

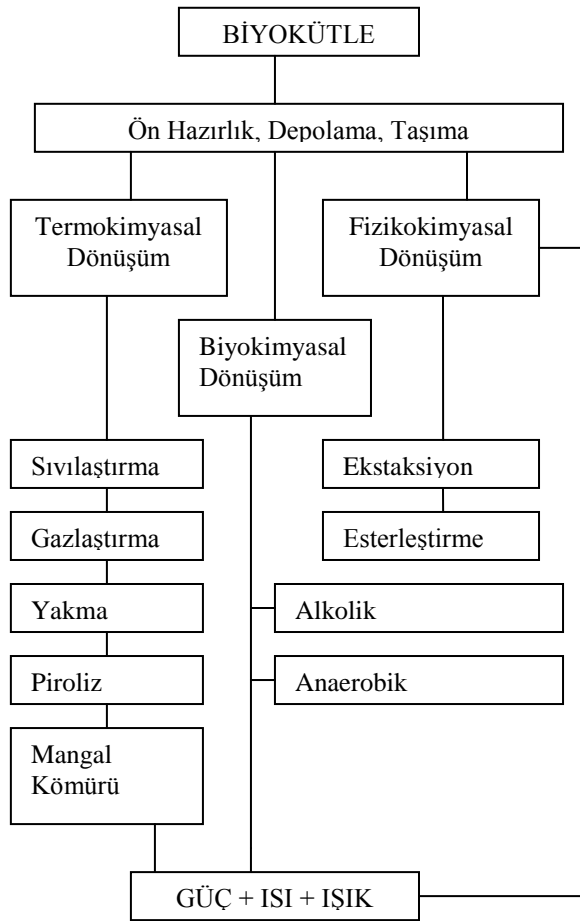
Çöp depolama yerlerinde ve evsel atıksu arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları, önceden stabilize edilmemiş ve biyokimyasal aktiviteleri durdurulmamışsa aerobik organizmalar tarafından sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit ve su buharı kadar etkili olduğundan oluşumu kontrol altına alınarak değerlendirme yoluna gidilmektedir. Bu amaçla çöplerin toplandığı alanda oluşan gazları toplayacak şekilde sondaj boruları belirli bir düzene göre yerleştirilerek, oluşan gazlar toplanmaktadır.

Çıkan gazlar arıtılarak gaz jeneratörüne gönderilmekte ve gaz jeneratöründe elektrik elde edilmektedir. Diğer uygulama alanları ise; doğal gaz sisteminde ve araçlarda yakıt olarak, kimya sanayinde saf metan haline getirilerek kullanmasıdır. Çöp ve katı maddelerden enerji elde etmenin başka bir yolu ise piroliz ve yüksek sıcaklıklarda yakmadır. Çöp ve katı atıkların uygun yakma tesislerinde hava

ile yakılmasıyla elde edilen ısı elektrik üretiminde değerlendirilmektedir [4, 15].

### 3. BİYOKÜTLE ENERJİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ VE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ

Biyokütle ve diğer organik atıkların enerji amaçlı kullanılması için çeşitli dönüşüm yöntemleri kullanılmaktadır. Ön işlemden geçirilmiş atıkların elektrik, ısı ve ışık ihtiyacı olarak kullanılması durumunda uygulanan teknolojiler başlıca üç grupta toplanır. Bunlar; termokimyasal dönüşüm, fizikokimyasal dönüşüm ve biyokimyasal dönüşümdür. Günümüzde enerji amaçlı kullanılan atıkların büyük bir kısmı termokimyasal yöntemle ısı ve elektrige dönüştürülmektedir. Şekil 2'de çeşitli dönüşüm yöntemleri verilmiştir [6].



Şekil 2. Biyokütle Dönüşüm Yöntemleri[6].

Organik madde ve sudan meydana gelen biyokütlenin enerjiye dönüştürülmesinde kullanılan teknolojinin basit ve çabuk uygulanabilir olması, enerjinin az masrafla dönüştürülmesi, ekonomik olması, yenilenebilir kaynaklara dayalı olması, doğadaki mevcut olan dengeyi bozmaması, su, hava ve çevre kirliliğine yol açmaması gibi avantajlarından dolayı tercih edilmektedir [7].

Biyokütleden enerji sağlanmasının yanında mobilya, kağıt, yalıtım maddesi yapımı gibi daha bir çok alanda da yararlanılmaktadır. Enerji olarak kullanılmasında ise katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde etmek için çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır.

Biyo-etanol, biyo-gaz, biyo-dizel gibi yakıtların yanı sıra yine biyokütleden elde edilen gübre, hidrojen, metan ve odun gibi daha bir çok yakıt türü saymak olanaklıdır. Tablo 3'de biyokütle kaynaklarından elde edilen yakıtlar, uygulama alanları ve biyokütlenin çevrim yöntemleri verilmiştir[2].

Tablo 3. Biyokütle Kaynaklarında Kullanılan Çevrim Teknikleri, Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları [2].

BIYOKÜTLE	ÇEVİRİM YÖNTEMLERİ	YAKITLAR	UYGULAMA ALANLARI
Orman Atıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik Üretimi
Tarım Atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Su Isıtma
Hayvansal Atıklar	Fermantasyon	Metan	Otomobiller
Organik Çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik Yağ	Roketler
Enerji Ormanları	Biyofotoliz	Dizel	Ürün Kurutma

Teknolojide biyokütlenin en uygun şekilde kullanılabilmesi için onun bazı özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bunlar ; nem oranı (% olarak su miktarı), karbon/nitrojen oranı (C/N), kimyasal ve fiziksel özellikleridir. Enerji dönüşümünde kullanılacak biyoküteller için bu değerlerin bilinmesi son derece önemli olmaktadır. İçinde % 35'ten daha fazla su ihtiva eden biyokütle termokimyasal dönüşüm sonucu elektrik üretimi için uygun değildir. Biyokütle içerisinde yüksek oranda şeker bulunuyorsa bu ürün alkol fermantasyonu ve anaerobik fermantasyon için uygundur. Nem oranının yanında parça boyutu da uygun dönüşüm sisteminin seçiminde önemli bir parametredir[7]. Biyokütlenin çevrim teknolojileri şöyle sıralanabilir.

#### 3.1. PİROLİZ

Piroliz, biyokütleden oksijensiz ortamda organik moleküllerin parçalanarak gaz elde etme işlemidir. Bu yöntem ile katı yakıttan sıvı ve gaz yakıtlar üretilmektedir. Biyokütlenin geride kül ve cüruftan başka bir şey bırakmayacak şekilde hava ile belirli bir basınç altında ısıtılması sonucunda yanar nitelikte gaz üretilmektedir. Üretilen bu gaz hidrojen ve karbon monoksit yönünden zengin olduğundan kimya sanayinde ana madde olarak da kullanılabilir [8].

### 3.2. KARBONLAŞTIRMA

Karbonlaştırma, odun ve maden kömürü gibi organik maddelerin havasız ortamda kimyasal parçalanmaya uğramasıdır. Karbonlaştırma işlemi sonucu açığa çıkan gaz bileşenleri ise; yaklaşık olarak %50 CO<sub>2</sub>, %35 CO, %10 CH<sub>4</sub> ve %5 diğer hidrokarbon ve H<sub>2</sub>'dir. Odunun karbonlaştırılmasındaki sıvı ürünler ise sulu kısım ve katrandır [4,7].

### 3.3. GAZLAŞTIRMA

Gazlaştırma, karbon içeren biyokütle gibi katıların yüksek sıcaklıkta bozunması ile yanabilir gaz elde etme işlemidir. Gazlaştırmada kullanılan biyokütle kaynaklarını üç ayrı sınıfta incelemek mümkündür. Bunlar; mısır sapsarı, buğday, pirinç, ayçiçeği vb. bitkilerin samanları ile tarım atıkları, ceviz kabuğu, erik, kayısı çekirdekleri vb. gıda işleme sonrası oluşan atıklar ile orman ürünleri atıklarıdır[2].

### 3.4. DOĞRUDAN YAKMA

Yakma, biyokütlenin içindeki yanabilir maddelerin oksijenle hızlı kimyasal tepkime verme işlemi olarak tanımlanır. Mısır, ayçiçeği sapsarı gibi tarım atıkları içindeki yanabilir maddeler, karbon, hidrojen ve potasyum gibi bazı metalik elementlerdir. Kimyasal tepkime sonucu çevredeki havanın oksijeni tüketilmekte ve ısı ile birlikte ortaya karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitler çıkmaktadır[2,7].

### 3.5. HAVASIZ ÇÜRÜTME

Havasız çürütme, biyokütlenin mikroorganizmalar yardımıyla oksijensiz ortamda fermentasyona uğrayarak, hemen her yerde kullanılacak bir yakıt ve değerli bir gübre haline dönüştürülmesidir. Bu yöntemle biyokütleden üretilen gaz yakıtlar arasında en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan biyogazdır. Havasız çürütme yöntemi; çevrim işleminin veriminde kullanılan biyokütle kaynağına, sistem büyüklüğüne, pH değerine ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir [4,5].

### 3.6. FERMANTASYON

Fermentasyon; bazı mikroorganizmaların ürettiği enzimlerin etkisiyle organik maddenin üç temel ögesi olan karbon hidratları, proteinleri ve yağları parçalayarak, CO<sub>2</sub>, asetik asit ve çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürme işlemidir[4].

## 4. DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Tarım sektörü, geçmişten bu yana Türkiye'nin en büyük iş sektörüdür. Bu sektör; ülkenin hasılasına, dış satımına ve endüstriyel gelişmişliğine önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır. Türkiye'deki tarım sektörünün temelini oluşturan tarla bitkilerinden (buğday, arpa, tütün pamuk, çeltik vb) çok fazla miktarda tarımsal atık oluşmaktadır. Bu atıklar, kontrolsüz bir şekilde bırakılmakta, açık

havada yakılmakta veya çürümeye terk edilmektedir. Her iki durumda da çevreye büyük ölçüde zarar verilmektedir. Ülkede, bir taraftan yakıt dış alımı yapılırken, diğer taraftan yararlı kaynaklar boşa harcanmaktadır[10].

Türkiye'de birçok tarım atığı; atıkların dağılık bulunmasından, taşıma ve işçilik giderlerinden dolayı değerlendirilememektedir[4]. Türkiye'de yılda 50-65 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) tarımsal atık ve 11.05 Mtep hayvansal atık üretilmesine rağmen, üretilen bu atıkların sadece %60'ı enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilecek enerjinin Türkiye'nin yıllık enerji tüketiminin %22-27'sine eşit olduğu bilinmektedir[11]. Buna rağmen ülkemizde enerji politikalarında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve bu konularda teknolojiler geliştirmek yerine, enerji ihtiyacını ithalatta karşılama yoluna gidilmektedir[12].

Ülkemizdeki tarım artıklarından her yıl elde edilebilecek enerji potansiyeli 5.4 milyon ton petrole eşdeğerdir. Bundan başka ülkemizde ağaç, orman ve sanayi atıkları olarak 5.9 milyon ton, hayvan atıkları olarak da 1.5 milyon ton petrol eşdeğerine karşılık gelen bir potansiyel bulunmaktadır. Bu enerjinin çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilme alternatifleri de mevcuttur[13].

Yapılan hesaplara göre; orta verimdeki bir arazi parçası üzerinde bir hektar tarladan yılda ortalama 80-100 ton yaş veya 25-30 ton kuru biyokütle elde edilmektedir. Böyle bir bölge için yıllık ortalama yağış tutarı 250 mm civarındadır. İklim koşulları açısından daha uygun olan yarı tropik bölgelerde ise verim, hektar başına 40 ton biyokütle düzeyine çıkabileceği kesindir. Biyokütleden elde edilen enerjinin birim maliyeti diğer yakıtlarla yarışabilecek durumdadır. Kuru biyokütlenin ısı değeri ise 3.800-4.300 kcal/kg arasında değişmektedir[4].

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yapılan araştırmada; biyokütle potansiyeli, üretim kapasitesi ve bölgenin tarımsal üretim açısından hassaslık yapısı dikkate alınarak, üretim türüne göre her türlü biyokütle potansiyelinin çalışmanın tümünde kapsama alınmasına dikkat edilmiştir.

Çalışma kapsamında Doğu Anadolu Bölgesindeki fizibilite çalışmalarına baz oluşturmak amacıyla söz konusu bölgede data toplama çalışmaları yapılmıştır. Bölgeye ait biyokütle potansiyeli 2003 yılına ait Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü istatistiksel verilerinden alınmıştır [16].

Bu veriler dikkate alınarak; il bazında mevcut biyokütle potansiyelini meydana getiren tahıllar, baklagiller, endüstriyel bitkiler, yağlı tohumlar ve yumru bitkilerin ekildiği toplam alan bulunmuştur.

Ekili toplam alana göre de bir yılda elde edilen ortalama kuru biyokütle miktarı ton olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak da hesaplanan kuru biyokütle miktarının ortalama ısıl değeri  $1 \text{ kcal} = 1.10^{-7} \text{ TEP}$  [18] bağıntısı dikkate alınarak, TEP cinsinden hesap yapılarak Tablo 4'de verilmiştir.

Yapılan çalışma ile hesaplanan 19.174.042 TEP (ton eşdeğer petrol) ısıl değeri dikkate alınarak, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve bu kaynaklardan

yararlanma konusunda hem Türkiye'de hem de Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki biyokütle atıklarından enerji üretimini içeren modern biyokütle uygulamalarının yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Mevcut potansiyelin yanı sıra, biyokütlenin ekonomik ve çevre dostu oluşu gibi özellikleri de göz önüne alındığında hem Doğu Anadolu Bölgesi hem de diğer bölgeler için biyoenerji çalışmalarına büyük hız verilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

**Tablo 4.** Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki İllere Ait Kuru Biyokütle Miktarı ve Isıl Değeri

İLLER	Yetişen Bitkiler*	Ekilen Alan	Toplam Alan, hektar	Bir Yılda Elde Edilen Ortalama Kuru Biyokütle Miktarı, ton	Kuru Biyokütlenin Isıl Değeri Ortalama TEP
AĞRI	1	201.282	212.612	5.846.830	2.367.966
	2	3.567			
	3	5.517			
	4	1.333			
	5	913			
ARDAHAN	1	56.873	59.090	1.624.975	658.115
	2	2.133			
	3	-			
	4	6			
	5	78			
BAYBURT	1	29.211	35.584	978.560	396.317
	2	3.878			
	3	1.210			
	4	-			
	5	1.285			
BİNGÖL	1	18.303	21.025	578.188	234.166
	2	1.987			
	3	339			
	4	-			
	5	396			
BİTLİS	1	61.323	104.483	2.873.283	1.163.679
	2	608			
	3	4.700			
	4	-			
	5	2.268			
ELAZIĞ	1	93.442	107.503	2.956.332	1.197.315
	2	8.224			
	3	4.621			
	4	113			
	5	1.103			
ERZİNCAN	1	80.945	102.422	2.816.605	1.140.725
	2	13.038			
	3	6.560			
	4	23			
	5	1.856			
ERZURUM	1	215.462	239.553	6.587.708	2.668.021
	2	11.163			
	3	5.278			
	4	2.056			
	5	5.594			
HAKKARİ	1	17.807	21.231	538.853	218.235
	2	1.978			
	3	16			
	4	82			
	5	1.348			
IĞDIR	1	33.162	38.397	1.055.918	427.647
	2	24			
	3	4.952			
	4	93			
	5	166			

**Tablo 4.** Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki İllere Ait Kuru Biyokütle Miktarı ve Isıl Değeri'nin Devamı

İLLER	Yetişen Bitkiler*	Ekilen Alan	Toplam Alan, hektar	Bir Yılda Elde Edilen Ortalama Kuru Biyokütle Miktarı, ton	Kuru Biyokütlenin Isıl Değeri Ortalama TEP
KARS	1	222.987	232.294	6.388.085	2.587.174
	2	4.478			
	3	2.873			
	4	3			
	5	1.953			
MALATYA	1	154.852	170.891	4.699.503	1.903.299
	2	11.321			
	3	4.106			
	4	-			
	5	612			
MUŞ	1	182.395	198.997	5.472.418	2.216.329
	2	4.727			
	3	10.984			
	4	854			
	5	37			
TUNCELİ	1	31.642	34.388	945.670	382.996
	2	2.635			
	3	52			
	4	-			
	5	59			
VAN	1	136.763	143.105	3.935.388	1.593.832
	2	613			
	3	3.006			
	4	-			
	5	2.723			
<b>DOĞU ANADOLU BÖLGESİ</b>			<b>1.721.575</b>	<b>47.343.313</b>	<b>19.174.042</b>

\*1.Tahıllar 2.Baklagiller 3.Endüstriyel Bitkiler 4. Yağlı Tohumlar 5.Yumru Bitkiler

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda hızla sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve yaşam düzeyinin yükselmesi gibi etkenler yalnız Türkiye'de değil, dünyada da enerji tüketimini arttırmış, bu da fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ve dolayısıyla çevre kirliliğine yol açmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, gerek bu enerji açığını karşılamak gerekse çevre kirliliğini azaltmak için dünyada biyokütle çalışmalarına büyük hız verilmiştir.

Gelişmiş ülkelerde biyokütle önemli bir hammadde girdisi oluştururken, gelişmekte olan birçok ülkede; biyokütlenin ekonomiye katılması yönünde uygulamalar sürdürülmektedir. Ülkemizde de tarımsal üretimin ağırlıklı olarak yapıldığı bölgelerde; biyokütlenin etkin kullanımı çevre ve enerji açısından gereklidir.

Organik madde ihtiva eden atıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi, hem çevre kirliliğine yol açmaması hem de temiz enerji üretimi sağlanması bakımından önem taşımaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan sürdürülebilir kaynaklardan en önemlisi biyokütle enerjisidir. Biyokütle içinde fosil yakıtlarda bulunan kanserojen madde ve kükürt olmadığı için çevreye zararı da son derece azdır. Bütün bunların ötesinde bitki yetiştirilmesi güneşin var olduğu sürece devam edeceği için biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Biyokütle, tükenmez bir kaynak olması, her

yerde kolaylıkla yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde tahıllar, baklagiller, endüstriyel bitkiler, yağlı tohumlar ve yumru bitkiler dikkate alınarak toplam ekilen 1.721.578 hektarlık alandan ortalama olarak 47.343.313 ton biyokütle potansiyelinin olduğu görülmüştür. Bu kuru biyokütlenin ortalama ısıl değeri 19.174.042 ton eşdeğer petrol (TEP)'dür.

Yapılan çalışmalarda; biyokütle potansiyelinin saptanması konusu öncelikte ele alınmalı ve enerji ormancılığında, enerji tarımından, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle materyallerinin çeşitleri ve coğrafi bölgelere göre yıllık miktarları belirlenmelidir.

Biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulama olanakları ve ekonomik rekabet edebilirlikleri araştırılarak, ülkemiz için uzun dönemli 'Biyokütle Enerjisi Planı' yapılmalıdır. Bu plan çerçevesinde, biyokütle üretimine yönelik enerji bitkileri için ülke genelinde bir tarımsal üretim planlaması başlatılmalı

ve konunun ekonomik boyutları ortaya konulmalıdır.

Türkiye'nin bir tarım ülkesi olması ve özellikle de Doğu Anadolu Bölgesi'nin geçim kaynağının tarıma bağlı olmasından dolayı biyokütleden

enerji üretimi uygulamaları ile ilgili araştırma merkezleri oluşturulmalı, modern biyokütle üretim yöntemleri ve çevrim teknolojileri üzerinde çalışmalar desteklenmeli, pilot uygulamalara ve gerekli teknoloji transferlerine başlanmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Yorgun, S., Şensöz., S., Şölener, M., 1998. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Değerlendirme Çalışmaları. Uzman Enerji. Sayı: 8. s.44-48.
2. www.youthforhab.org.tr
3. Akgül, M., Güler, C. ve Çetin, N.S., 2001. Enerji kaynağı olarak Lignoselülozik Maddelerden Yararlanma. IV Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiriler Kitabı.sa :571-580. İzmir.
4. www.kimyamuhendisi.com
5. Kırımhan, S., 1981. Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi, Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Enstitüsü, Erzurum
6. <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/projeler/gubre.doc> .
7. Olgun, H., Doğru,M., Howart, C.R., 2000.Katı Atıkların Enerji Dönüşümünde Kullanılması ve Gazlaştırıcılar. Makine Mühendisleri Odası Yayınları. Tesisat Mühendisliği. Sayı. 56. sa:42 - 59. İstanbul.
8. Tutuş, A. ve Akgül, M., 2001. Atık Kağıtların Geri Kazanılması. Mersin Üniversitesi. Çevre Mühendisliği Bölümü. Ulusal Sanayi Çevre Sempozyumu ve Sergisi. Bildiriler Kitabı. Sa : 223-232. Mersin
9. Başçetinçelik, A., vd., 2005. Türkiye'de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi Rehberi. Proje No: 03 000061. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Adana.
10. www.agrowaste-tr.org
11. Doğan, M., 2000. Enerji Kaynakları-Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Enerji Kaynakları Standard Dergisi 39/468 S.28-36.
12. www.enerji.gov.tr
13. Berkes, F. ve Kışlalıoğlu M. B., 1993. Çevre ve Ekoloji, 4.Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.
14. Sun, O., Uğurlu,S., Özer, E., 1980. Kızılçam Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması. O.A.E Yayınları. Teknik Bülten Serisi. No :107. Sa : 37- 50. Ankara
15. Soyupak, S., 1981, Türkiye'de Biyogaz Üretimi için İşlem Geliştirme, Uluslar arası Biyogaz Semineri, s. 236-254, Ankara.
16. DİE, 2003. Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer)T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü
17. [http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6\\_5.html](http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_5.html)
18. <http://www.birimcevir.com/enerji-ve-is-birimleri/enerji-ve-is-birimleri.aspx>
19. <http://www.biyomotorinbiodiesel.com/biomoto.html>