

Biyokütle Kaynaklarının Farklı Üretim Teknolojilerine Göre Elektrik Enerjisi Değerlerinin Belirlenmesi

Electricity Energy Potential of Different Biomass Sources Based on Different Production Technologies

Mustafa ÖZCAN¹ Semra ÖZTÜRK¹ Mehmet YILDIRIM² Levent KILIÇ³

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

²Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü

³Camiş Elektrik Üretim A.Ş.

ozcanm2000@yahoo.com semra@kocaeli.edu.tr

myildirim@kocaeli.edu.tr

lkilic@sisecam.com

Özet

Bu çalışmada amaç; Türkiye'nin farklı kaynak tiplerine göre belirlenen biyokütle potansiyelinden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarını, uygulanabilir elektrik üretim teknolojilerine göre belirlemektir. Çalışmada biyokütle kaynakları olarak kentsel katı atık, tarımsal ürün, hayvan gübresi ve kentsel atıksu arıtma çamuru değerlendirilmektedir. İncelenen biyokütle kaynağı tiplerinden elde edilebilecek biyogazın sahip olduğu toplam enerji değeri 29.77 milyar kWh/yıl'dır. Bu kaynak tipine göre, biyogaz ve kurutulmuş biyokütle durumlarına ait hesaplar sonucu bulunan primer enerji potansiyelleri kullanılarak gaz motorlu sistem, gaz türbinli sistem (basit çevrim), gaz ve buhar türbinli sistem (kombine çevrim) ve kazan ve buhar türbinli sistem kullanılması durumlarındaki kurulu güç değerleri belirlenmiştir.

Abstract

The aim of this paper is to determine the amount of electricity that could be generated, based on the different sources of biomass potential in Turkey, using applicable electricity generation methods. In this paper, the sources of biomass are municipal solid waste(MSW), energy crops, animal manure and municipal wastewater treatment sludge. Throughout Turkey, gas potential of all these sources is an amount of 29.77 billion kWh/year. Based on the sources stated, using the biogas and dried biomass calculations resulting in primary energy potentials; the installed capacity for gas-motor systems, gas-turbine systems (Simple cycle), gas & steam turbine systems (combined) and boiler –steam turbine systems are determined.

1. Giriş

Ülkelerin dışa bağımlılığı azaltan enerji politikaları geliştirmelerinde, sahip oldukları yerli ve yenilenebilir enerji

kaynaklarının kullanımı önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretim teknolojileri dışa bağımlılığı azaltan, çevreye duyarlı teknolojilerdir.

Avrupa Komisyonu tarafından 1997 yılında yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili hazırlanan beyaz belgede; 2010-2020 yılları arasında %8'lik bir artışın sağlanması ve 2020 yılı itibarıyla yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrik enerjisinin oranının %20 olması uygulanabilir görülmektedir [1]. ETKB 2010-2014 stratejik planına göre temel hedef; 2023 yılı itibarıyla toplam elektrik enerjisi arzı içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklı enerji üretim payının %30 seviyesinde olmasıdır [2].

Rüzgar, güneş, aerotermal, jeotermal, hidrotermal ve okyanus, hidroelektrik, biyokütle, çöp gazı, atık su arıtma tesisi gazı ve biyogaz gibi fosil olmayan kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır [3]. Türkiye'nin 2010 yılı sonu itibarıyla 97 MW Biyokütle Kurulu gücü mevcuttur.

Biyokütle ve atıktan, birçok farklı teknoloji ile dolaylı ya da depolanabilir ara metotlarla enerji elde edilebilmektedir. Bu teknolojiler biyolojik ve termokimyasal metotlar olmak üzere iki grupta incelenebilir. Biyolojik yöntemler: fermentasyon ve anaerobik çürütme, termokimyasal yollar ise yakma, gazlaştırma ve piroliz olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Dünya genelinde atıktan enerji üretiminin yaklaşık %90'ı yakma prosesi ile gerçekleştirilmektedir.

Doğrudan yakma atıktan enerjiye dönüşümde en yaygın yöntemdir. Bugün birçok atıktan enerji tesisleri doğrudan yakma sistemleridir. Bu tesislerde buhar sıcaklığı ve basıncı yükseldikçe tesisin verimi yükselir [4]. Katı biyokütle ve atıktan ısı ve elektrik üretim yöntemleri; yanmaya dayalı üretim

ve gazlaştırma tekniklerine dayalı üretim olmak üzere ikiye ayrılır. Yanmaya dayalı üretimde, yakıtın kimyasal enerjisi ısı enerjisine dönüştürülerek bir ısı eşanjörüne taşınmakta, ısı eşanjöründeki akışkan, türbinde veya benzer sistemde genleşerek mekanik enerjiyi oluşturmaktadır. Gazlaştırma tekniklerine dayalı üretimde ise yakıt, hava ile ya da su buharı gibi bazı ilavelerle yanabilir gaza dönüştürülmektedir [5].

2. Kaynak Tiplerine Göre Türkiye'nin Biyogaz Potansiyelleri

2.1. Kentsel Katı Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Türkiye'de atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus için çöp gazı potansiyelinin değeri 0.97 milyar m^3 / yıl'dır. Deponi gaz (LFG) alt ısıl değeri; 19-23 MJ / m^3 (5.27 – 6.38 kWh / m^3) ve %50 Metan içeren deponi gaz için verilen 17.20 MJ / m^3 (4.77 kWh / m^3) değerleri dikkate alınarak 5 kWh/ m^3 kabul edilmiştir [6], [7], [8]. 5 kWh/ m^3 alt ısıl değeri için çöp gazı potansiyelinin enerji değeri hesaplandığında, yaklaşık olarak 4.85 milyar kWh olarak bulunur.

Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus 57.800.347'dir. Yaz ve kış aylarına ait kişi başı belediye atık miktarlarının ortalaması alındığında, kişi başı ortalama belediye atık miktarı 1.15 kg/kişi-gün'dür. Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus için yıllık atık miktarı 24.276.145 ton/yıl olur. Kentsel katı atık alt ısıl değeri 9,0 MJ / kg (9 GJ /ton) olarak belirtilmiştir [9], [10]. Atık hizmeti verilen belediye sınırları içerisindeki nüfus için yıllık atık miktarı 24.276.145 ton/yıl'dır. 9.0 GJ / ton (2,500kWh /ton) alt ısıl değeri için atık miktarına karşılık gelen enerji değeri hesaplandığında, yaklaşık 60.69 milyar kWh / yıl (60.69 TWh / yıl) olarak bulunur.

2.2. Tarımsal Ürün Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

2009 verilerine göre Türkiye'nin toplam tarım alanı 38911 bin hektar ve işlenen toplam tarım alanı miktarı ise 21351 bin hektardır [11]. Türkiye'nin sahip olduğu 21.351.000 hektar toplam işlenen tarım alanının %1'inin enerji elde etmek amaçlı kullanılması halinde; 213,510 hektar'lık bir alan enerji tarımı amaçlı kullanılmış olacaktır. Hektar başına 10 ton toplam katı madde içeren biyokütlenin biyogaz potansiyel değeri yaklaşık olarak 6,858 m^3 /hektar'dır [12]. Biyogaz üretim potansiyeli olarak bu değer kabul edildiğinde, 1.464 milyar m^3 biyogaz potansiyeli olacaktır. Biyogaz kalorifik değeri yaklaşık 6 kWh/ m^3 olarak belirtilmektedir [13]. 6 kWh / m^3 biyogaz kalorifik değeri için elde edilebilecek olan primer enerji değeri 8.78 milyar kWh /yıl olur. Buna göre; işlenen tarımsal alanın %1'inin enerji amaçlı kullanılması durumunda elde edilecek gaz potansiyeli 8.78 milyar kWh/yıl olarak belirlenmektedir.

1 kg kuru madde (suyu tamamen alınmış madde) biyokütlenin kalorifik değeri 18MJ 'dur. Genel olarak biyokütle verimi 13-20 ton toplam katı madde / hektar olarak öngörülmektedir [12].

21.351.000 hektar toplam işlenen tarım alanının %1'inin enerji elde etmek amaçlı kullanılması halinde; 213,510 hektar'lık bir alan enerji tarımı amaçlı kullanılmış olacaktır. Biyokütle veriminin 10 ton toplam katı madde /hektar olarak kabul

edilmesi durumunda 2.135.100 ton toplam katı madde elde edilecektir. Toplam katı madde değeri, kuru madde değerinden biyokütle değeri çıkarılmak suretiyle bulunan değerdir. Bu çalışmada kuru biyokütle alt ısıl değeri, 18 MJ /kg (18 GJ/ton) kabul edilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. 2,135,100 ton /yıl toplam katı biyokütle potansiyelinin; 18 GJ/ton (5,000 kWh /ton) kuru biyokütle alt ısıl değeri için sahip olduğu enerji değeri hesaplandığında yaklaşık olarak 10.67 milyar kWh/yıl (10.67 TWh /yıl) olarak bulunur.

2.3. Hayvan Gübresi Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

TÜİK 2009 yılı hayvansal üretim istatistiklerinde yer alan hayvan sayıları esas alınarak hesaplanan biyogaz değeri 2.26 milyar- m^3 /yıl olup, biyogaz'a ait enerji değeri 14.26 milyar kWh / yıl'dır[6]. Kuru hayvan gübresi kalorifik değeri 12 – 18 GJ / ton aralığında değişir[14]. TÜİK 2009 yılı hayvansal üretim istatistikleri esas alınarak yapılan hesaplamalara göre, kullanılabilir toplam kuru gübre miktarı 11.31 MilyonTon/yıl'dır. [6]. 11.31 MilyonTon/yıl kullanılabilir toplam kuru gübre potansiyelinin; 15 GJ/ton (4,166.66 kWh /ton) kuru hayvan gübresi alt ısıl değeri için sahip olduğu enerji değeri hesaplandığında yaklaşık olarak 47.11 milyar kWh/yıl (47.11 TWh /yıl) olarak bulunur.

2.4. Kentsel Atıksu Arıtma Çamuru Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Türkiye genelindeki 16 büyükşehir belediyesine ait nüfusa göre yapılan hesaplamalarda, oluşacak biyogaz miktarı yaklaşık 302 milyon m^3 /yıl olarak hesaplanmıştır. Bu biyogaz potansiyeline karşılık gelen enerji değeri yaklaşık 1.88 milyar kWh /yıl'dır [6].

Atıksu arıtma sürecinde, su ve / veya katı madde azaltılarak hacimsel küçülme sağlanır. Arıtma süreci sonucunda oluşan %90 kuru madde oranına sahip kurutulmuş çamurun alt ısıl değeri 9-12 GJ / ton aralığında değişir[15].

Kurutulmuş arıtma çamurlarının alt ısıl değeri içerdiği kuru madde ve kuru madde içerisindeki organik madde içeriğine bağlı olarak değişir. %95 kuru madde içeren kurutulmuş atıksu arıtma çamurunun içerisindeki organik madde içeriğinin%50 olması durumunda alt ısıl değeri 11 GJ /ton'dur [16]. 1 ton kuru madde içerikli ham çamurdan, susuzlaştırma ve kurutma işlemleri sonrası ilk miktarının yaklaşık %4,2'si oranında %95 kuru madde içeren kurutulmuş çamur elde edilmiş olur. Atıksu arıtımında ortaya çıkan çamur miktarı atıksuyun %1'i ile %6'sı arasında değişir[17].

İSKİ tarafından İstanbul için yapılan tahminlerde birim evsel atıksu debisi 1990 yılı için 130 – 180 l / kişi-gün olup, 2040 yılı için ise bu değer 200-230 litre / kişi-gün olacağı tahmin edilmektedir. Yaygın değer ise 200 litre / kişi-gün'dür. Bu tahminlere göre evsel su tüketiminin %70-80'inin kanalizasyon şebekesine ulaşacağı kabul edilmektedir. Atıksu arıtma çamurlarının özgül ağırlığı 1,0 olarak kabul edilir. Türkiye genelindeki 16 büyükşehir belediyesine ait nüfusun 33.102.608 kişi olduğu dikkate alındığında[18], [19], [20]; günlük su kullanım miktarı, oluşacak atıksu miktarı, çamur oluşum miktarı, çamur özgül ağırlığı vb. veriler kullanılarak oluşacak

kurutulmuş atıksu arıtma çamuru miktarı belirlenebilir. Yapılan hesaplama Tablo-1'de görülmektedir. Kurutulmuş çamur dönüşümü hesaplamasında; 1 ton kuru madde içerikli ham çamurdan, susuzlaştırma ve kurutma işlemleri sonrası ilk miktarının yaklaşık %4,2'si oranında %95 kuru madde içeren kurutulmuş çamur elde edileceği kabul edilmiştir. Buna göre 16 büyükşehir belediyesine ait nüfusa ait yıllık kurutulmuş çamur miktarı $3.247.10^9$ kg / yıl olur.

%95 kuru madde içeren kurutulmuş atıksu arıtma çamurunun içerisindeki organik madde içeriğinin %50 olması durumunda kalorifik değer 11 GJ / ton 'dur. Bu çalışmada kurutulmuş atıksu arıtma çamuru alt ısı değerleri olarak bu değer kabul edilmiştir.

Bu hesaplamalara göre; 16 büyükşehir belediyesine ait nüfusa ait yıllık kurutulmuş çamur potansiyelinin (3.247 milyon-ton / yıl); 11 GJ / ton (3,055.55 kWh / ton) kurutulmuş atıksu arıtma çamuru alt ısı değeri için sahip olduğu enerji değeri yaklaşık 9.91 milyar kWh / yıl (9.91 TWh / yıl) olarak bulunur. Çalışmada değerlendirilen biyokütle kaynaklarına ait biyogaz ve kuru biyokütle enerji değerleri Tablo-2'de verilmiştir.

Tablo-1: Yıllık kurutulmuş çamur miktarı

Günlük su kullanım miktarı (lt / kişi-gün)	200
Yıllık kişi başı su kullanım miktarı (lt / kişi-gün)	73,000
Atıksu dönüşüm oranı (%)	80
Yıllık kişi başı atıksu miktarı (lt / kişi-gün)	58,400
Çamur dönüşüm oranı (%)	4.0
Yıllık oluşacak olan kişi başı çamur miktarı (lt / kişi-gün)	2,336
Çamur özgül ağırlığı (kg / lt)	1.0
Yıllık oluşacak olan kişi başı atıksu arıtma çamuru miktarı (kg / kişi - yıl)	2,336
Kurutulmuş çamur dönüşüm oranı (%)	4.2
Yıllık oluşacak olan kişi başı kurutulmuş çamur miktarı (kg / kişi - yıl)	98.112
16 Büyükşehir belediyesine ait nüfus	33,102,608
16 Büyükşehir belediyesine ait nüfusa ait yıllık kurutulmuş çamur miktarı (kg / yıl)	$3.247.10^9$

Tablo-2: Farklı biyokütle kaynaklarına ait biyogaz ve kuru biyokütle enerji değerleri

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
Biyogaz enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	4.85	8.78	14.26	1.88	29.77
Kuru biyokütle enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	60.69	10.67	47.11	9.91	128.38

3. Uygulanabilir Elektrik Üretim Teknolojilerine Göre Hesaplanan Enerji ve Güç Değerleri

Elektrik enerjisi ve güç değerleri hesaplamalarında kullanılacak makineler ve kazanlara ait verim değerleri ve emre amadelik değeri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan gaz motoru elektriksel verimi %40.4, ısı verimi ise %42.9'dur [21]. Türkiye koşullarına uygun hayvansal ve bitkisel atıklarla çalışan biyogaz üretim tesisi geliştirilmesi için yapılan çalışmada; tesisin çalışma saati 8,000 saat, ekonomik ömrü ise 20-25 yıl olarak kabul edilmiştir [22]. Yıllık 8,000 saat çalışabilir olması durumunda emre amdelik oranı yaklaşık %91 olacaktır. Farklı teknolojilere ait kurulu güç değerleri hesaplanırken, üretimin emre amade olunan 8,000 saat için gerçekleşeceği kabul edilmiştir. Gaz türbini elektriksel verimi %30, ısı verimi %68 olarak kabul edilmiştir[23]. Kombine sistem hesaplamalarında kullanılan; yatay su borulu atık ısı kazanı (H-WTB) ısı verimi %90'dır[24]. Buhar türbini elektriksel verimi %44'dir[23]. Kazan- buhar türbini sisteminde kullanılan kentsel katı atık (MSW) kazan verimi % 69.9 olarak kabul edilmiştir [25].

3.1. Gaz motorlu sistem hesabı

Tablo-2'de verilen biyogaz enerji değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Gaz motorlu sisteme ait değerler Tablo-3'de görülmektedir.

Tablo-3: Gaz motorlu sisteme ait değerler

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
Biyogaz enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	4.85	8.78	14.26	1.88	29.77
Gaz motoru elektriksel verimi (%)	40.4				
Sekonder enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	1.96	3.54	5.76	0.76	12.02
Emre amadelik (%)	91				
Kurulu güç değeri (GW)	0.24	0.44	0.72	0.09	1.50

3.2. Gaz türbinli sistem hesabı

Tablo-2'de verilen biyogaz enerji değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Gaz türbinli sisteme ait değerler Tablo-4'de görülmektedir.

3.3. Gaz motorlu -buhar türbinli sistem (kombine çevrim)

Tablo-3'de hesaplanan kurulu güç değerleri kullanılarak, gaz motoru egzoz çıkışı yeniden elektrik üretimi amaçlı değerlendirilmektedir. Gaz motorlu -buhar türbinli sistem (kombine çevrim) verileri Tablo-5'de görülmektedir.

3.4. Gaz - Buhar türbinli sistem (kombine çevrim)

Tablo-4'de hesaplanan kurulu güç değerleri kullanılarak, gaz türbini egzoz çıkışı yeniden elektrik üretimi amaçlı değerlendirilmektedir. Gaz -buhar türbinli sistem (kombine çevrim) verileri Tablo-6'da görülmektedir.

Tablo-4: Gaz türbinli sisteme ait veriler

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
Biyogaz enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	4.85	8.78	14.26	1.88	29.77
Gaz türb. elektriksel verimi (%)	30				
Sekonder enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	1.46	2.63	4.28	0.56	8.93
Emre amadelik (%)	91				
Kurulu güç değeri (GW)	0.18	0.33	0.53	0.07	1.12

Tablo-5: Gaz motorlu -buhar türbinli sistem verileri

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
GM [GW]	0.24	0.44	0.72	0.09	1.50
Gaz motoru ısı verimi (%)	42.9				
Kazan ısı verimi (%)	90				
Buhar türb. elektriksel verimi (%)	44				
Net verim (%)	16.9				
GM için BT Çıkış Gücü [GW]	0.040	0.074	0.121	0.015	0.250
Toplam kombine güç (GW)	0.280	0.514	0.841	0.105	1.750

3.5. Kazan – Buhar türbinli sistem

Tablo-2'de hesaplanan kuru biyokütle potansiyelinin yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi halinde Tablo-7'deki değerler elde edilmektedir. Biyokütlenin yakılarak değerlendirilmesi ile hesaplanan güç değeri 4.82 GW olup, kendisine en yakın gaz motoru kombine çevrimi değeri olan 1.75 GW değerinden 2.75 kat daha fazladır.

Tablo-6: Gaz -buhar türbinli sistem verileri

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
GT [GW]	0.18	0.33	0.53	0.07	1.12
Gaz türbini ısı verimi (%)	68				
Kazan ısı verimi (%)	90				
Buhar tür. elektriksel verimi (%)	44				
Net verim (%)	26.9				
GT için BT Çıkış Gücü [GW]	0.048	0.088	0.142	0.018	0.296
Toplam kombine güç (GW)	0.228	0.418	0.672	0.088	1.416

Tablo-7: Biyokütle kaynaklarının yakılması durumuna ait veriler

Kaynak	Kentsel katı atık	Tarımsal ürün	Hayvan gübresi	Atıksu arıtma çamuru	Toplam
Kuru biyokütle enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	60.69	10.67	47.11	9.91	128.38
Kazan ısı verimi (%)	70				
Buhar tür. elektriksel verimi (%)	44				
Net verim (%)	30				
Sekonder enerji değeri (milyar-KWh/yıl)	18.20	3.20	14.13	2.97	38.5
Emre amadelik (%)	91				
Kurulu güç değeri (GW)	2.283	0.401	1.772	0.372	4.828

4. Sonuçlar

Çalışmada farklı biyokütle kaynaklarından elde edilen biyogaz potansiyelleri aynı enerji değerlerine indirgenerek, değerlendirme kolaylığı sağlanmıştır. Ülkemizde biyogazdan elektrik üretimi süreci olan ve genellikle çöp – gaz – gaz motoru şeklinde olan elektrik üretimine alternatif diğer üretim yöntemleri de kabuller doğrultusunda, değerleriyle ortaya çıkarılmıştır. Gaz motorlu sistem için toplam kurulu güç değeri 1.50GW, Gaz türbinli sistem için toplam kurulu güç değeri 1.12GW, Gaz motorlu -buhar türbinli kombine sistem toplam kurulu güç değeri 1.75 GW, Gaz türbinli- buhar türbinli kombine sistem toplam kurulu güç değeri 1.41 GW ve Kazan – buhar türbinli sistem toplam kurulu güç değeri 4.82 GW olarak hesaplanmıştır.

Gaz motorunun arkasına konacak atık ısı kazanı ve buhar türbini ile sistemin % 16.6'lık güç artışı sağladığı görülmektedir. Gaz türbininin arkasına konacak atık ısı kazanı ve buhar türbini ile sistemin % 26.4'lük güç artışı sağladığı görülmektedir. Biyokütlenin yakılarak değerlendirilmesi ile hesaplanan güç değeri 4.82 GW olup, kendisine en yakın gaz motoru kombine çevrimin güç değeri olan 1.75 GW değerinden 2.75 kat daha fazladır.

Biyokütlenin doğrudan yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilebilecek elektrik enerjisinin, aynı kütleli gazı dönüştürülerek elde edilebilecek olandan daha fazla olacağı görülmektedir.

5. Kaynaklar

- [1]. European Renewable Energy Council, “Renewable Energy Targets for Europe”, EREC, *Brussels*,(2004).
- [2]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı”, , http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Planı.pdf, (Ziyaret tarihi: 12 Aralık 2010),
- [3]. Directive 2009/28/EC of the european parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, *Official Journal of the European Union*, L 140/61, 5.6.2009
- [4]. Tezçakar, M., Can, O., “ Atıktan Enerji Eldesinde Termal Bertaraf Teknolojileri “, 2. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, 04-05 Kasım,(2010),
- [5]. Spliethoff, H., “Power generation from Solid Fuels”,Berlin,(2011).
- [6]. Özcan M., Öztürk S. , Yıldırım M., “Türkiye'nin Farklı Kaynak Tiplerine Göre Biyogaz Potansiyellerinin Belirlenmesi”, Enerji verimliliği ve kalitesi Sempozyumu 2011 (EVK 2011), 12-13 Mayıs 2011,Kocaeli,TÜRKİYE.
- [7]. Digest of United Kingdom Energy Statistics 2010, <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/statistics/publications/dukes/348-dukes-2010-printed.pdf>, 03 Kasım 2011
- [8]. Veneziani, L., “Landfill gas: turning a problem into a valuable Resource”, 3. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, 02-03 Kasım,İstanbul,(2011).
- [9]. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atık İstatistikleri- 2008, TÜİK Haber Bülteni, Sayı:50, TÜİK,Ankara,(2010),
- [10].Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration , August 2006, EUROPEAN COMMISSION
- [11].T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim 1.Tahmini - Dönemi: I. Dönem 2010, www.tuik.gov.tr, (Ziyaret tarihi:13.12.2010),
- [12].Nielsen, J.B.H., Popiel, P.O., “Biogas – a promising renewable energy source for Europe”, AEBIOM Workshop - European Parliament, December 11 Brussels,(2008),
- [13].“Biogas Digest”, Volume I Biogas Basics, <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas- volume1.pdf>, (Ziyaret tarihi: 2 Şubat 2012),
- [14].Sheffield, J., “Farm Animal Manure is an Important Sustainable Renewable Energy Resource”, http://www.onrn.gov/~webworks/cpr/pres/107931_.pdf, 10.01.2012
- [15].Verschueren, I., “Strategy and practical experience of sewage sludge management in Flanders Belgium”, IWES-3. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, 02-03 Kasım 2011, WOW Convention Center, İstanbul, TURKEY.
- [16].İnan, A., “Alternatif yakıt elde etmek için arıtma çamurunun atık ısı ile kurutulması”, IWES-3. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, 02-03 Kasım 2011, WOW Convention Center, İstanbul, TURKEY.
- [17].“Çamur arıtımı ve uzaklaştırılması”, <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum08.pdf>, (Ziyaret tarihi: 16.12.2011).
- [18].Erdoğan, A.O. vd., “Türkiye’de evsel atıksu oluşum miktarları ve karakterizasyonu”, itüdergisi/e su kirlenmesi kontrolü, Cilt:15, Sayı:1-3, 57-69, (2005).
- [19].Filibeli A. "Arıtma Çamurlarının Genel Özellikleri", Çevre Ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Ve Çevre Görevlisi Eğitici Eğitim Programı notları, Ankara,(2009),
- [20].T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul>, (Ziyaret tarihi: 16.12.2011).
- [21].GE Jenbacher GmBh&Co OHG, “JMS 312 GS-BL/ Biogas 526 kW el. Technical specification”, http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/J312V221_e n.pdf,(Ziyaret tarihi:09.06.2011),
- [22].Kaya D., “Evsel Kaynaklı Arıtma Çamurlarının Biyogaz Üretiminde Kullanımının Değerlendirilmesi”, “İCCI - Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı” İstanbul, 12–14 Mayıs,(2010),
- [23].Horlock, J.H., “Cogeneration-Combined Heat and Power (CHP)-Thermodynamics and Economics”, Krieger Publishing Company, Florida, (1997).
- [24].Çolak,M., Tüzer,B., ”31.5 MW Kombine çevrim doğal gaz santrali işletme verileri”, Şişecam Camış Elektrik Üretim A.Ş. Trakya Bölge Santrali, (2012)
- [25].Elliott, T.C., Chen, K., Swanekamp, R.C., “Standard Handbook of Powerplant Engineering-2nd edition”, McGraw-Hill, (1998).