

Belediye Atıklarından Çöp Gazı (LandFill Gas-LFG) Elde Edilerek Elektrik Enerjisi Üretilmesi ve Ülkemizdeki Örneklerinin İncelenmesi

¹Mehmet Çelebi, ^{*2}Burak Dökmetaş, ¹Başar Sönmez and ²Nursel Akçam

¹İlbank A.Ş., Türkiye

^{*2}Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

Özet:

Günümüzde çöplerin toplanması, imha edilmesi ve geri kazanılması önemli bir sorundur. Toplanmayan çöplerin yaydığı kötü kokular, içerisinde bulunan kimyasal atıklar ve çöp sularının toprağa karışması gibi durumlar çevreye büyük zarar verir. Çöplerin oluşturduğu çevresel problemler ve artan enerji talebi göz önüne alındığında, çöplerin imha edilirken enerji üretilmesi bu problemlerin her ikisinin de çözümü için en uygun metottur. Bu makalede; ülkemiz enerji politikalarına genel bir bakış yapılarak, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan çöp gazından elektrik enerjisi üretilmesine dair bilgiler verilmiştir. Ayrıca ülkemizde faaliyet gösteren çöp gazı tesislerinden bazıları incelenmiş ve tesislere dair bilgiler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çöp gazı, elektrik, yenilenebilir enerji

Abstract:

Nowadays accumulating, destroying and regaining of this waste is becoming an important problem. Environment is badly damaged because of bad scent of unaccumulated waste, chemical waste and flow of dirty water into the land. When we consider the environmental problems caused by waste and increasing energy demand, energy production by destroying waste seems to be the best and the most appropriate method for the solution of these two problems. In this paper, it is mentioned about producing electricity through landfill gas which has an important role among our renewable energy resources by exploring our country's energy politics generally. In addition, the landfill gas facilities operating in our country are examined and given some information about the facilities.

Key words: Landfill gas, electricity, renewable energy

1. Giriş

Son yıllarda artan nüfus ve sanayileşme, elektrik enerjisi tüketimi de artırmaktadır. Elektrik enerjisi bilindiği üzere büyük ölçüde petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlanır. Bu enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı ve tükenmekte olması, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimlerini de artırmaktadır.

Önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de, son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşmakta

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering Gazi University, 06420, Ankara TURKEY. E-mail address: burakd@gazi.edu.tr, Phone: +903125823308

olan çöp gazı enerjisidir. Çöp gazı enerjisi büyük nüfuslu yerleşim yerlerine ait düzenli depolama sahalarında toplanan çöplerden elde edilir. Bu teknikle enerji elde edilirken hem yerleşim yerlerinin çöp sorunu çözümlenmiş, hem de enerji elde edilerek bu yerleşim yerlerinin enerji ihtiyacı karşılanmış olur. Çöp gazından elektrik enerjisi elde etme yönteminde, düzenli depolama sahalarında biriktirilen çöplerin içerisinde bulunan metan gazı, özel bir sistem ile çöplerden çekilir ve gaz motorlarında yakılarak enerji elde edilir [1].

Çöp gazı elektrik üretim tesisleri, yenilenebilir teknolojiler arasında hidroelektrik santrallerden sonra en ekonomik enerji kaynağıdır. Çöp gazı santrallerinin genellikle şehir merkezlerine yakın olmaları nedeniyle ulusal elektrik şebekelerine bağlantıları da kolay, yatırım ve işletme masrafları düşük, yakıt masrafları yoktur. Ayrıca bu tesislerde kullanılan gaz motorlarında kojenerasyon sistemler uygulanabildiği için ekonomik yönden de oldukça avantajlıdır. Çöp gazı tesisleri yenilenebilir enerji kaynağı olmalarının yanı sıra çevreye zararı karbondioksitten 21 kat daha fazla olan metan gazının kontrolsüz şekilde doğaya salınmasını da engeller. Bu tesisler çevre dostu olmasının yanı sıra ölümcül kazalarla sonuçlanan çöp gazı patlamalarının önüne geçilmesi açısından çok önemlidir.

Ülkemizde yıllık evsel atık yaklaşık 26 milyon ton olup, tüm çöplerin düzenli depolama sahalarında toplanıp işlenmesi halinde 2 milyar kWh elektrik enerjisi üretilebilir. Ülkemizde 2015 yılı verilerine göre 260 milyar kWh'lik elektrik enerjisi üretimi yapılmıştır ve bu değer 98 milyar kWh'i doğalgaz elektrik santrallerinden elde edilmiştir. İthal edilen doğalgazın %55'ini Rusya'dan alınmaktadır ve alınan gaz ile 53 milyar kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Hali hazırda bulunan tüm çöplerin eksiksiz olarak enerji üretim tesislerinde işlenmesi durumunda ise, elde edilecek elektrik enerjisi ile doğalgaz elektrik üretim santrallerinden elde edilen elektrik enerjisinin %4'ü karşılanabilir. Bu nedenle çöp gazı tesislerinin sayılarının artırılması, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlayacaktır.

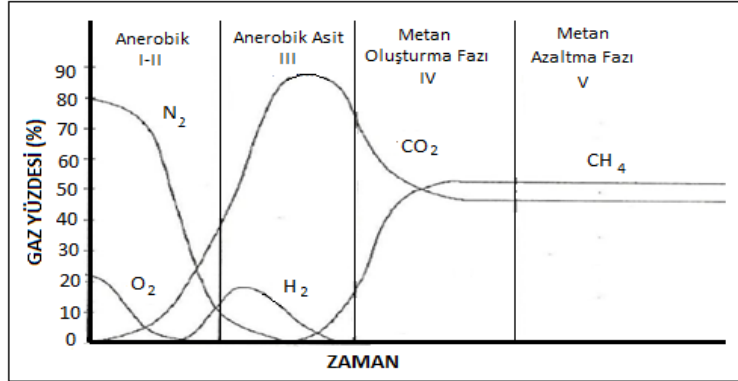
Bu çalışmada, çöp gazından elektrik enerjisi üretimi üzerine bilgiler verilmiştir. Ayrıca ülkemizde faaliyette bulunan çöp gazı santralleri ve yapımı devam etmekte olan bir çöp gazı tesisi incelenmiştir. Çalışmada, bu tesisler ile ülkemizin elektrik enerjisi kurulu gücü arasındaki payları incelenerek yorumlanmıştır.

2. Çöp Gazı Enerjisine Genel Bakış

2.1. Çöp gazının elde edilmesi

Çöp gazı (LandFill Gas-LFG); katık atık düzenli depolama sahalarından elde edilen gazdır. Düzenli depolama sahasında biriktirilen çöplerin çürümesi sonucu elde edilir. Düzenli depolama sahalarında toplanan çöplerin üzeri sızdırmaz bir tabaka olan kil tabakası ile kapatılır. Aerobik bakteriler (oksijenli solunum yapabilen bakteri türü) bu kapalı alandaki atığın içeriğindeki oksijeni zamanla tüketir. Oksijenin tükenmesi sonucunda, bu ortamda üreyen anaerobik bakteriler aracılığı ile anaerobik (oksijensiz) çürüme gerçekleştirir. Bu çürüme işlemi sonucu oluşan gaza ise çöp gazı adı verilir [2].

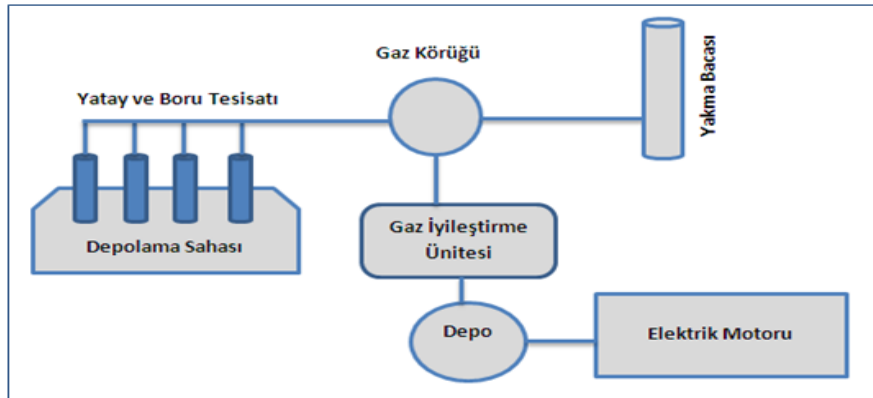
Çöplerin düzenli depolama sahalarına getirilip üstlerinin kapatılmasının ardından bozunma süreci başlar ve çeşitli gazlar oluşur. Düzenli depolama sahalarında oluşan bu gazlar bir dizi fazların sonucunda gerçekleşir [3]. Şekil 1’de gaz oluşumu süresince oluşan fazlar ve gaz yüzdesinin zamanla olan değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 1. Depolanan gazlarının zamanla değişimi ve gaz oluşumu esnasında görülen fazlar [4]

2.2. Çöp gazından enerji üretimi

Çöp gazından elektrik enerjisi elde edilebilmesi için bazı evrelere ihtiyaç duyulur (Şekil 2). İlk olarak çöp gazının düzenli depolama alanlarında toplanır. Daha sonra toplanan çöp gazları sahadan blowerlar ile emilir ve tesise ait gaz soğutma ve gaz arıtma bölümüne getirilir. Gaz arıtma bölümünde çöp gazı bazı işlemlerden geçirilerek içerisinde bulunan partikül ve nemden arındırılır. Çöp gazı gerekli iyileştirmeler yapıldıktan sonra gaz motor-jeneratör gruplarında yakılarak elektrik enerjisi elde edilme evresine geçilir [5].



Şekil 2. Çöp gazından enerji üretimi akış şeması [5]

3. Ülkemizde Bulunan Çöp Gazı Santrallerinin İncelenmesi

Ülkemizde 2016 yılı itibariyle; İstanbul'da 3, Ankara'da 2, Adana, Bursa, Kayseri, Konya, Gaziantep, Kocaeli, Elazığ, Hatay, Trabzon, Malatya, Antalya, Tokat, Aksaray, Uşak, Amasya, Bolu, Kırıkkale ve Denizli illerinde birer adet olmak üzere toplamda 25 adet çöp gazından elektrik üretim santrali bulunmaktadır. Ayrıca ülkemizde 76 adet düzenli depolama sahası mevcuttur. Ancak bu depolama sahalarının sadece %33'ünde enerji üretimi yapılmaktadır. Bu makale çalışmasında, Kocaeli (Solaklar) çöp gazı tesisi incelenmiş ve yapılmakta olan Erzurum çöp gazı tesisi dair bilgiler verilmiştir.

3.1. Solaklar (Kocaeli) çöp gazı santrali

Tesis, İZAYDAŞ'ın Kocaeli Solaklar Beldesindeki Solaklar düzenli katı atık depolama sahasında kurulmuş ve toplam kapasitesi 5,093 MW'dır. Depolanan çöp miktarı yaklaşık 4 milyon tondur. Depolanan çöpün ortalama yüksekliği 20 metre civarındadır. Depolama sahası 3.163.000 m³ kapasiteli toplam 7 adet evsel katı atık lotuna sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3. Solaklar düzenli depolama sahası lotların görünümü

Tesiste Lot 2, 3, 4, 5 ve 7 olmak üzere toplamda beş adet lotta atık depolama işlemi gerçekleştirilmektedir. Lotların işletilmeye başlama zamanı, depolanan atık miktarları ve açılan toplam baca sayıları Tablo 1'de verilmiştir. Bu tesiste elektrik enerjisi üretimine 2012 yılı mart ayında başlamıştır ve saatte ortalama 2200 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Tesisin elektrik üretimine başladığı Mart ayı dâhil 3 ayın elektrik enerji üretim değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Lotlardaki atık miktarları ve baca sayıları

Lot No	İşletmeye Alınma Tarihi	Depolanan Atık Miktarı (Ton)	Baca Sayısı
2	09.08.2005	698.732	34
3	05.09.2006		
4	21.02.2005	118.375	7
5	23.02.2000	1.665.622	17
7	09.07.1997	837.022	19

Tablo 2. Çöp gazı elektrik üretim tesisi aylık verileri

Dönem	Üretilen Brüt Enerji Miktarı (kWh)
Mart 2012	564.250
Nisan 2012	458.590
Mayıs 2012	513.100

3.2. Erzurum çöp gazı tesisi

Erzurum katı atık düzenli depolama alanı, Adaçay Mahallesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Depolama sahasının nihai depolama kapasitesi 2.900.000 ton olup, mevcut durumda depo alanının yaklaşık %30'luk kısmı kullanılmaktadır. 3 lot halinde işletilecek olan depo alanının birinci lotunu teşkil eden kısım kısa bir süre sonra kapasitesini doldurduktan sonra kapatılıp, ikinci lotun işletmeye açılması düşünülmektedir.

3.2.1. Gaz üretimi

2008 yılı Mayıs ayında işletmeye açılan katı atık düzenli depolama sahasına gelen atık miktarına ait veriler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Yıllara göre depo alanına gelen atık miktarı

Yıl	Atık Miktarı (ton/yıl)
2008 (son 8 ay)	75.210,00
2009	91.470,00
2010	113.850,00
2011	112.767,00
2012	121.666,00
2013	120.000,00

Tablo 3'de verilen yıllık atık miktarlarına göre ve modelde kullanılan formülasyonlara göre her yıl için depo alanında oluşacak gaz miktarları hesaplanabilir. Çalışmada gaz üretiminin hesaplanması için;

$$G_t = 1.868 \cdot C_{org} \cdot (0.014 \cdot T + 0.28) \cdot (1 - 10^{-k \cdot t}) \cdot M_t \quad (1)$$

Tabasaran-Rettenberger Modeli [6] kullanılmıştır. Burada;

T : Sıcaklık (°C),

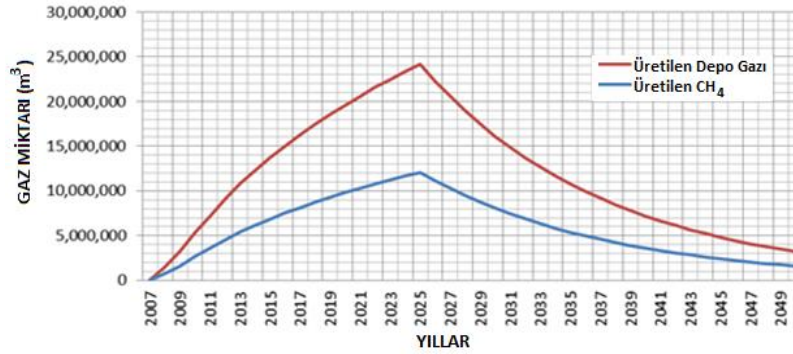
C_{org} : Atıklarda organik karbon (kg OC/ton atık),

k : Bozunma hızı sabiti (y^{-1}),

M_t : t yıllarındaki atık miktarı,

G_t : t yıllarındaki toplam LFG üretim miktarı (m^3)

Şekil 4’de depolama alanına getirilen atıkların yıllar göre oluşturduğu depo gazı ve CH₄ üretim miktarları görülmektedir. Şekil 4 göre depo alanı kapasitesinin doldurulması sonrasında gaz üretiminde düşüş meydana gelmektedir. Bu düşüş bir süre sonra elektrik üretimine yansımaktadır. Depolama alanının dolması için geçecek süre gelen atık miktarına bağlı olarak değişecektir. Nihai depolama kapasitesi 2.900.000 ton ve tahmini toplam işletme süresi 14 yıl olarak belirtilen katı atık düzenli depolama sahası için, yapılan bu çalışmada 2025 yılı kapasitesinin tamamının kullanıldığı yıl olarak değerlendirilmiştir. Depo gazının CH₄ oranı %50 olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4. Depo gazı ve CH₄ üretimi

3.2.2. Elektrik üretiminin hesaplanması

Bu makale çalışmasında, Tabasaran-Rettenberger Modeli ile hesaplanan gaz değerleri kullanılarak elektrik üretimi hesaplamaları yapılmıştır. Gaz motoru için kurulu gücün seçiminde %60 oranda gaz kazanımı olduğu öngörülmüştür. Depo gazı enerji kapasitesi 17.000 kJ/m³ ve sistem verimi %40 olarak değerlendirilmiştir. Yılda 8.000 saat çalışması öngörülen sistem için 1.2 MW kurulu gücünde 2 adet gaz motoru kullanılması öngörülmüştür. Elde edilen veriler neticesinde yaklaşık olarak yıllara göre elektrik üretim miktarları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Yıllara göre tahmini elektrik üretim miktarları

Yıl	Enerji Üretimi (kWh/yıl)	Yıl	Enerji Üretimi (kWh/yıl)
2015	15.538,364	2033	14.356,516
2016	17.034,022	2034	13.244,911
2017	18.443,559	2035	12.219,377
2018	19.120,000	2036	11.273,248
2019	19.120,000	2037	9.560,000
2020	19.120,000	2038	9.560,000
2021	19.120,000	2039	8.852,156
2022	19.120,000	2040	8.166,746
2023	19.120,000	2041	7.534,407

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan çöp gazı elektrik üretim tesislerinin çalışma prensibi anlatılarak ülkemizde faaliyette bulunan çöp gazı tesisleri incelenmiştir. Ülkemizde 2016 yılı temmuz ayı sonu itibariyle toplam elektrik kurulu gücü 77.037,49 MW değerine ulaşmış olup, bu değer 32.000 MW'ı yenilenebilir enerjiye aittir. Geriye kalan kısım fosil kaynaklıdır ve bu kaynakların büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Hidroelektrik santralleri çıkarıldığında yenilenebilir enerjinin toplam kurulu güce oranı %8,5 civarındadır. Çöp gazının da içerisinde bulunduğu biyokütle enerjisinin kurulu gücü 2013 yılında 237 MW ve 2015 yılında 380 MW iken, bu kurulu gücünün kademeli olarak, 2017 yılında 540 MW'a, 2019 yılında ise 700 MW'a artırılmasının planlanmış olduğu görülmektedir. Ülkemizde bulunan 25 adet çöp gazı tesisinin kurulu gücü 151,7 MW olup, bu değer ülkemiz kurulu gücünün %0,2'i kadardır. Bu çalışma ışığında, çöp gazı tesislerine gereken önemin verilmesi durumunda, enerjide dışa bağımlılığının azalacağı görüşüne varılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Hotunoğlu, H. ve Yılmaz, O. Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(2), 2015: 83-85.
- [2] Aydın, A. Türkiye'de Depo Gazından Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013: 3,4,5,6,7,17,18,31, 36,3
- [3] Gendebien, A., Pauwels, M., Constant, M., Willumsen, H.C., Butson, J., Fabry, R., Ferrero, G.L. and Nyns, E.J. Landfill Gas: from Environment to Energy, State of the Art and Implementation in the European Community, 1991: 69-76
- [4] Özçakıl, M. (2001). Türkiye'de Katı Atık Depo Gazı Geri Kazanım Tesislerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-18, 64-65,
- [5] The World Bank-ESMAP. Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean. Conestoga-Rovers & Associates, 2004 :21,23-25
- [6] Sarptaş, H. Depo Gazı Enerji Potansiyelinin Depo Gazı Modelleri Tahminlerine Dayanarak Belirlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 18(3), 2016: 491-501.