



İstanbul Teknik Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü



İTÜ XII. ENDÜSTRİYEL KİRLENME KONTROLÜ SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI



16-18 Haziran 2010

Süleyman Demirel Kültür Merkezi
İTÜ Ayazağa Kampüsü, İstanbul



Türkiye ve Özellikle İstanbul'un Katı Atığının Yarısını Teşkil Eden Organik Maddelerin Geri Dönüşüm Kapsamında Biyometanizasyonu ile Enerji ve Organik Gübreye Dönüştüren Tesisleri Yaygınlaştırmak

Namik Ak

*Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul
E-posta: namik.ak@bahcesehir.edu.tr*

Öz Genelde Türkiye'nin, özelde İstanbul Büyükşehirin yaş halindeki katı atıklarının bileşenleri incelendiğinde; %45-50 oranında organik madde, %30-35 oranında geri kazanımı mümkün kağıt, cam, metal, plastik, tetrapak, akü, pil, vb. malzemelerden meydana gelen ambalajlı atıkları, %15-20 nispetinde düzenli depolanması gereken atık olarak ortaya çıkar. Buradan, organik ve inorganik maddelerden oluşan katı atığın neredeyse %75-85 oranındaki kısmının geri kazanımının mümkün olduğu anlaşılır. İnorganik ambalajlı atıklar geri dönüşüm aracılığıyla kendilerine dönüştürülürken, organik menşeli ki, sebze-meyve, park-bahçe, yemek, mezbaha (kan, idrar, kıl, kanat, sakatat, v.s.) atıklar; büyükbaş, küçükbaş, kanatlı hayvanların gübreleri; anaerobik ortamda "biyometanizasyon reaksiyonu" sayesinde hem yenilenebilir enerji kaynağı Metan (CH₄) ki, sera gazlarından olup, CO₂'e göre Sera Etkisi (Greenhouse Effect) 21-23 kat daha fazla olan, bu gazın yakılarak enerji elde edilmesiyle, sera gazları-küresel ısınma-iklim değişikliği tüğenimin olumsuz etkisini faydalı hale getirerek bertarafı sağlanmış; gerek merkezi gerek yerel yönetimlerin bir an önce katı atıklardan ambalajlı materyallerin geri kazanımı/dönüşümü ne kadar öncelikli ise, organik atıkların da kaynağında ayrıştırarak, atığın ve yörenin özelliğine uygun hem toplama, taşıma ve değerlendirme sistemi geliştirmek, hem biyogaz tesis tipini seçmek ve bütün bu şartları sağlayan yabancı ya da yerli yatırımcıya "yap-işlet-devret/devretme" veya daha modern ve ekonomik modelle; para vererek alınan organiklerin, ayrıştırmadan işe yaramaz çöplerle birlikte mütalaa edilerek düzenli depolanması değil, enerji ve su darboğazına giren ülkemize hem %100 sulu organik gübre elde edilmesini sağlanmasını; bunun ise tarımda, park-bahçe, peyzaj v.b. işlerinde kullanımını da o kadar öncelikle katkıda bulunacaktır. Onun için, biyogaz tesislerini başta İstanbul olmak üzere Türkiye'yi çepçevre saran temiz enerji, ısı ve %100 sulu veya doğal havalandırma, ısıtma yöntemleriyle kurularak kuru organik gübre eldesine imkan veren tesislerle donatmak adeta millî menfaatlerimiz için önemli bir görevdir. Ülkemiz genelinde ambalajlı atıklar gibi organik atıkları kaynağında ayrı toplamak ve geri kazanmak başta ülke ekonomisine, yerel yönetimlere katma değer katacağı gibi, katı atık düzenli depolama alanının (KADDA) oluşumunda arazi temini, hazırlanması ve işletim maliyetlerinin oldukça pahalı olduğu düşüncesinden hareketle, gereksiz yere depolama alanlarında hücresel hacimin işgal edilmemesine, özellikle, gerçekten değerlendirilmesi imkanı olmayan işe yaramayan, inert malzemelerin sıkıştırılarak ve toprak örtüsünün yapıldığı düzenli, hijyenik depolanmasına fırsat ve öncelik verilmiş olacağı düşünülebilir (Ak, 2009). Bilinmektedir ki, AB Haziran 1999 Direktifleri çerçevesinde katı atık yönetiminde 5 R (1R: Reduce/Atığı Azalt, 2R : Recycling/Geri Dönüşüm, 3R : Recovery/Geri Kazanım, 4R : Reuse/Yeniden Kullanım, 5R: Recovered/Recycled Buying/Geri Kazanılmış/Dönüşümlü Satın Al) hedefleri yönünde atığı azaltmak, yeniden geri kazanmak esastır; hatta, "sıfır atık" yönünde doğal kaynakları tüketirken savurgan değil, tasarruflu olmak gerektiği; hele evrende yaşanabilir tek gezegen yaşanmış dünyada, insanoğlunun sorumsuz ve bilinçsiz davranışına, gelecek neslin emaneti, fosil yakıtları hoyratça kullanımı atmosferde "Sera Gazı", "Küresel Isınma" neticesinde, "İklim Değişikliği" ve sonuçları itibarıyla hayatın doğal dengesinin (ekosistemin) bozulmasına, doğal felaketlere davetiye çıkardığı ve bunda insan aktif rol oynadığı kaçınılmazdır (Ak, 2009). Çünkü, bugün bilinmektedir ki, doğal afetlerin %90'ı hava, iklim ve su ile ilgilidir (Kamca, ve WMO, 2006).

Anahtar Kelimeler *anaerobik bozunma, biyogaz, biyometanizasyon, enerji, katı atık, kentsel organik atık, organik gübre*

1. Giriş

Yaş halindeki toplam katı atığın yaklaşık $\frac{3}{4}$ ' nün organik ve inorganik maddeden oluştuğu, geri kazanımının mümkün olduğu, geri kalan $\frac{1}{4}$ ' nin ya da daha azının, ya hiç bir ayıklama yapmadan doğrudan düzenli depolama yoluyla bertaraf edilmesi veya herhangi bir yakma işlemi gibi bir yöntemle hacim ve ağırlığında küçültmek suretiyle bertaraf edilirken, enerji elde edilmesi; ya da son zamanlarda olumlu netice alınan ve İ.B.B. İSTAÇ A.Ş.-TÜBİTAK MAM-AKÇANSA Ortak Projesi kapsamında, Işıklarköyü Kompost ve Geri Kazanım Tesisi yanında pilot çalışmaları yapılmış ve halen aralıksız çalışması devam eden RDF (Refuse Derived Fuel=Atıktan Türetilen Yakıt) Tesisi/Tesisleriyle, atığın (1250 kcal/kg) ısı değerini yükseltme (min.3000; max.5300 kcal/kg) ve küçük peletler haline dönüştürüp, çimento sanayi gibi döner fırın bulunan sanayide yardımcı yakıt olarak kullanılması mümkün olduğu ortaya çıkmaktadır. (Ak, 2008; Yıldız, vd., 2008). İstanbul ve Türkiye katı atığının bileşenleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. İstanbul ve Türkiye katı atıklarının %yaş ağırlık olarak özellikleri

| Parametre | Baştürk (1979) | Türkiye Erdin (1980) | WHO/UNDP (1981) | CH2MHİLL (1992) | Arıkan (1996) | İSTAÇ A.Ş. (2001) |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| Toplam katı atığın | I | II * | III | IV | V | VI |
| 1-kompost veya biyometan | 46,5 | 20-80 | 60,6 | 45 | 48 | 42,97 |
| 2-geri dönüşüm | 30,0 | 8,8 - 45,2 | 27,20 | 35,6 | 29,20 | 39,29 |
| 3-düzenli depolama | 30,5 | 1-40 | 14,6 | 15 | 16,4 | 17,74 |

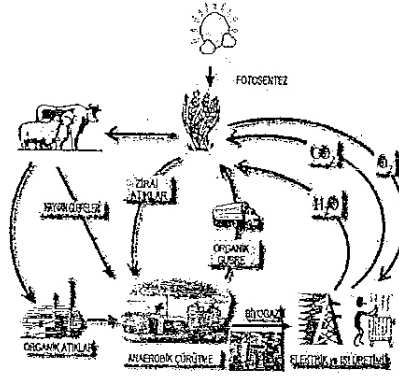
* Türkiye geneli için katı atığın %68'i organik madde, %13'ü geri dönüşüm (değerlendirilebilir), %19'u diğer malzeme ki, düzenli depolama veya başka yollarla bertarafı mümkün bileşenlerden meydana gelmektedir (Ak, 2006).

1.1. Biyogaz nedir ve özellikleri nelerdir?

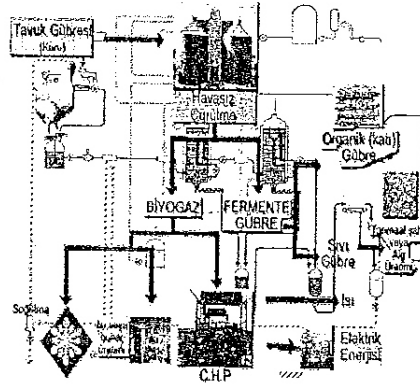
Biyogaz, hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır. Biyogaza "Bataklık Gazı", "Gübre Gazı", "Gobar Gaz" gibi isimler de verilmektedir. Biyogaz; renksiz, yanıcı, ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan, az miktarda hidrojen sülfür, azot, oksijen ve karbonmonoksit içeren bir gazdır. Genellikle organik maddenin %40- %60 kadarı biyogaza dönüştürülür. Biyogazın genel bileşiminin hacimsel %40-80'i CH₄, %20-50'si CO₂, %0-5'ini Hidrojen (H₂), %0-3'ünü Azot (N₂), %0.0002-0.0005'ini Hidrojen Sülfür (H₂S), %0.0001-0.0005'ini Amonyak (NH₃) oluşturmakta ve ısı değeri 17-25 MJ/m³'tür. Geri kalan artık ise kokusuz, gübre olarak kullanmaya uygun bir katı veya sıvı atıktır (Karaosmanoğlu, 2009).

Biyogaz organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri (havasız bozunma- biyolojik bozunma - mikrobiyal bozunma - anaerobik fermentasyonun kontrollü süreci) ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Şekil 1'de fotosentez-biyogaz üretimi, kullanımı döngüsü şematik gösterilmektedir (Karaosmanoğlu, 2009).

Biyogaz, temiz ve mavi bir alevle yanar. Biyogaz, kullanılmadığı zaman çürük yumurta kokusundadır, ancak yanarken bu koku kaybolur. Bu özellik, biyogazı ileten borularda kaçak olup olmadığını anlamada kolaylık sağlar. Biyogaz çok düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilmektedir. Bu işlem çok pahalıdır, bu nedenle gaz tüplerinde depolanması ekonomik değildir. Genellikle gaz halinde kullanılmaktadır (Karaosmanoğlu, 2009).



Şekil 1. Fotosentez biyogaz döngüsü



Şekil 2. Genel biyogaz tesisi

1.2. Biyogaz üretimi ve mikrobiyolojisi

Biyogaz organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması (anaerobik fermantasyon) sonucu oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazıdır. Oksijensiz bozunma sonucunda metan gazı üç aşamalı bir işlem sonucunda oluşur. Oksijensiz bozunmanın (anaerobik fermantasyonun) üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanır: 1) Fermantasyon ve Hidroliz, 2) Asetik Asidin Oluşumu, 3) Metan Gazının Oluşumu: Anaerobik fermantasyonun bu son basamağında metan oluşturan bakteri grupları devreye girmekte ve bir kısım metan oluşturan bakteriler CO_2 ve H_2 'yi kullanarak metan (CH_4) ve suyu (H_2O) açığa çıkarırlarken, öteki bir grup metan oluşturan bakteriler ise ikinci adım sonucunda açığa çıkan asetik asidi kullanarak CH_4 ve CO_2 oluşturmaktadırlar. Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla, %70'i ikinci yolla yapılmaktadır (Alibaş vd., 2009).

Bu üç aşamada üç değişik bakteri grubu etkinlik göstermektedir. Bunlar; 1- Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler, optimum faaliyet sıcaklığı: 5-25 °C; 2-Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler, optimum faaliyet sıcaklığı: 25-38 °C; 3- Thermophilic (Termofilik) Bakteriler, optimum faaliyet sıcaklığı: 50-60 °C'dır (Alibaş vd., 2009).

Bugün, kurulan birçok biyogaz tesisinin kullanım dışı kaldığı bilinmektedir. Tüm şartların uygun olduğu durumlarda kurulması gereken bölgeler için en uygun biyogaz tesis tipi seçilmelidir. Üretilen biyogazın kapsamındaki metan gazı üretiminin başarısı, bir kısım faktörlerin etkisi altındadır. Bunlar; 1)Ortam sıcaklığı, 2)Hammaddenin cinsi ve miktarı, 3)Ortam asitliği (pH), 4)Partikül büyüklüğü, 5)Fermantasyon/Mayalanma-Çürüme süresi, 6)Karbon azot oranı (C/N), 7)Tesis tipi, 8)Kuru madde miktarı,

1.3. Biyogaz

1) Bileşim, 2) Isıl değer, 3) Tesis içi kullanım koşulları (Isı-Elektrik eldesi ekipmanlarının belirlenmesi), 4) Depolanma-Taşınım-Kullanım koşulları.

1.4. Fermente gübre

1) Sıvı veya katı form, 2) Depolanma- Taşınım- Kullanım koşulları. Biyogaz üretimi organik atıkların kontrollü, uygun şartlarda depolanmasını sağlar. Fermente gübre; 1)Tarlaya sıvı formda uygulanabilir. 2) Granül haline getirilebilir. 3) Beton veya toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olmasıdır. Bu özellik kullanılacak olan organik gübrenin yaklaşık %10 daha verimli olmasını sağlar (Karaosmanoğlu, 2009; Alibaş vd., 2009).

1.5. Biyogazın kullanım alanları

Biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanımı da mümkün olmaktadır. Kısacası biyogaz; 1)Isıtmada, 2)Enerji Amaçlı, 3)Motorlarda Kullanımı: Biyogaz, benzine çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilir. Dizele motorlarda kullanılması durumunda belirli oranlarda (% 18-20) motorin ile karıştırılması gerekmektedir (Ak, 2008; Karaosmanoğlu, 2009; Alibaş, 2009)

2. Biyogaz Tesislerinin Tasarımı ve Tasarımda Dikkate Alınması Gereken Parametreler

Biyogaz teknolojisi, makul bir zaman diliminde ilk yatırım maliyetini geri ödeyen, pahalı olmayan bir sistemdir. Bu sistem enerji ve gübre üreten bir fabrika olarak görülmelidir. Görüldüğü gibi sistemden: ısı, elektrik, sıvı gübre, katı gübre ve yüksek kalitede gübre elde edilmektedir. Biyogaz tesisi tasarlanırken aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:

2.1. Tesis özellikleri

1)Tesis yeri seçimi, 2)Uygun tesis inşaatı, 3)Tesis enerji gereksiniminin belirlenmesi, 4)Tesisin ısıtılması- yalıtılması (Karaosmanoğlu, 2009; Alibaş vd., 2009).

2.2. Hammadde özellikleri

1) Cins ve miktar, 2) Yoğunluk, 3) Kuru madde içeriği, 4) Tazelik büyüklüğü, 5) Karbon/ Azot oranı, 6) Organik asit içeriği, 7) Toksik madde içeriği.

2.3. Reaktör tasarımı

1) Tip, 2) Kapasite, 3) Çalışma koşulları. Biyogaz üretiminde yaygın olarak bilinen reaktörler: 1) Sabit Kubbeli veya Çin Tipi, 2) Hareketli Kubbeli veya Hint Tipi, 3) Torba/Balon Tipi veya Tayvan Tipi, olmak üzere üç tipte sınıflandırılabilir.

2.4. Biyometanlaştırma süreci

1) Uygun mikroorganizma seçimi, 2) Sıcaklık, 3) pH.

3. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak üç ayrı grupta toplanmaktadır: 1) Kesikli (Batch) Fermantasyon, 2) Beslemeli-Kesikli Fermantasyon, 3) Sürekli (Continue) Fermantasyon. Bütün bu temel konular hakkında teknik bilgiye sahip olmadan bir biyogaz tesisi yapmak ve işletmek mümkün olmadığı bilinmektedir (Karaosmanoğlu, 2009; Alibaş vd., 2009).

4. Türkiye'de ve Yurtdışındaki Bazı Biyogaz Tesisleri

4.1. Türkiye'de örnekleri veya kurulması düşünülen tesisler

En yakın tarihli çalışma; İBB Işıklar köyü "Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" yakınına kurulan büyük bir konteyner içindeki TÜBİTAK 1007 kapsamında desteklenen, İstanbul sebze-meyve hali organik atıklarının havasız arıtımı yoluyla İTÜ çalışma ekibinin yürüttüğü proje, Mayıs-Temmuz 2008 tarihleri arasında yapılan çalışma döneminde; "çürütücüde ortalama üretilen biyogaz miktarı 630 ± 200 l/gün, çürütücüde üretilen biyogazın ortalama bileşimi %69 CH₄, %31 CO₂ olarak ölçülmüştür. Bu tip organik katı atıkların tek başına veya diğer atıklarla (mezbaha, hayvan çiftliği, organik endüstriyel atıklar gibi) birlikte havasız sistemlerde arıtımı hem biyogaz eldesi ve enerji üretimi hem de düzenli depolama tesislerine gönderilen organik katı atık miktarının azaltılarak Avrupa Birliği biyolojik olarak ayrışabilir atık azaltımı hedeflerinin sağlanması açısından oldukça önemli bir alternatif olarak görülmektedir" sonucuna varılmıştır (Hartman, ve Ahring, 2005; Aydın vd., 2008).

TÜBİTAK- MAM Biyogaz Pilot tesisin kurulacağı Kocaeli bölgesinin hem bitkisel ve hem de hayvansal atık kapasitesi 231,779 ton/yıl, tesisin toplam hacmi 1650 m³ olarak planlanmıştır. Bu hacim 825 m³'ten oluşan iki ayrı tesis şeklinde inşa edilecektir. Pilot Tesisin toplam materyal kapasitesi 7.000 ton/yıl, günlük beslenecek miktar 19 tondur. Biyogaz Tesisi Kocaeli Belediyesi İZAYDAŞ Tesis arazisine kurulacaktır (TÜBİTAK, 2009).

Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından 1987 yılında yapılan bir anket sonucunda yapımı gerçekleştirilen biyogaz tesislerinin işletilememesinin sebepleri arasında; tesis inşaatı konusunda yeterli eğitim sağlanamaması nedeniyle inşaat hataları yapılmış, tesis sahipleri teknik bilgi yetersizliği nedeniyle tesisleri işletmemişler, tesis işletmecileri danışman bir kuruluş bulamamışlar, tarımsal anlamda ele alındığında, çöplerin en iyi değerlendirilme şekli, toplanma ve biriktirilmesinde bazı kural ve tekniklere uymak şartıyla uygun bir yöntemle kompost elde edilerek kullanılması olarak tespit edilmiştir (Bilgin, 2003).

4.2. Yurtdışında kurulu biyogaz tesislerinden örnek

Bir Alman firmasının Ürdün Amman'da kurulu Biyogaz Tesisi'nde günlük 60 ton organik maddeleri işlenmekte, 1 MW/h=1,000 kW/h; yani, 8 GW/yıl= 8,000MW/yıl = 8,000,000 kW/yıl elektrik ve 16,000 ton/yıl üstün kaliteli organik gübre elde edilmektedir. Aynı şirket onlarca (yak. 50) Biyogaz Tesisini Avrupa'da kurmuştur (Ak vd., 2007).

Tablo 2. Bazı ülkelerdeki biyogaz tesisleri sayısı

| Sıra No | Ülkeler | Tesis Sayısı (Adet) | Sıra No | Ülkeler | Tesis Sayısı (Adet) |
|---------|-----------|---------------------|---------|-----------|---------------------|
| 1 | Çin | 7.000.000 | 8 | Bangladeş | 280 |
| 2 | Hindistan | 2.900.000 | 9 | İtalya | 120 |
| 3 | Nepal | 49.500 | 10 | İsviçre | 81 |
| 4 | Kore | 29.000 | 11 | Danimarka | 75 |
| 5 | Almanya | 3750 | 12 | Hollanda | 64 |
| 6 | Brezilya | 2300 | 13 | İsveç | 8 |
| 7 | Avusturya | 350 | | TOPLAM | 9.985.518 |

5. Değerlendirme ve Sonuç

Gerek merkezi gerek yerel yönetimlerin bir an önce katı atıklardan ambalajlı materyallerin geri kazanımı/dönüşümü ne kadar öncelikli ise, aynı bağlam, anlayış ve kapsamda organik atıkların da kaynağında ayrıştırılarak, atığın ve yörenin özelliğine uygun hem toplama, taşıma ve değerlendirme sistemi geliştirmek, hem biyogaz tesis tipini seçmek ve bütün bu şartları sağlayan yabancı ya da yerli yatırımcıya “yap-işlet-devret/devretme” veya daha modern ve ekonomik modellerle; para vererek alınan organiklerin, ayrıştırılmadan işe yaramaz çöplerle birlikte mütalaa edilerek düzenli depolanması değil, enerji ve su darboğazına giren ülkemize yenilenebilen, temiz enerji ve %100 sulu organik gübre elde edilmesini sağlanmasını, bunun ise tamamen “organik tarım”da, park-bahçe, peyzaj v.b. işlerinde kullanımını incelemeleri, o kadar önemli olduğunu; bu süreci hızlandırmalarını ve Türkiye’nin, İstanbul başta olmak üzere biyogaz tesisleriyle donatılmasını öneriyoruz.

Kaynaklar

- Ak, N. (2006). Çevreci bakış: İ.B.B. Katı Atık Yönetimi, İşletme Dünyası Dergisi, Aralık-Ocak, 12, 30-32, İstanbul.
- Ak, N. (2008). Organik katı atıkların biyometanizasyonu ile enerji ve organik gübre elde etme, VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008, Harbiye, İstanbul, 17-19 Aralık, 363-373.
- Ak, N., Weis, A. ve diğerleri, (2007). Organik atıkların anaerobik ortamda biyolojik yöntemlerle çürütülerek üretilen biyogazın (metanın) doğrudan ısıtma veya koojenereasyona elektrik enerjisine dönüştürülmesi modelinde farmatic amman biyogaz tesis örneği, İstanbul, TURKAY2007 Sunum Taslağı.
- Alibaş, K. ve diğerleri, (2009). Biyogaz üretimi, Uludağ Üniv. Ziraat Fak.Tarım Mak.Böl. Görükle Kampüsü, Bursa, <http://www20.uludag.edu.tr/~alibas/>
- Aydın, A.F. ve diğerleri, (2008). Organik katı atıkların havasız ortamı yoluyla biyometan enerjisi geri kazanımı, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları’08 Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, 02-06 Kasım, 141-142.
- Bilgin, N. (2003). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Gn. Md.lüğü Araş. Enstitüsü, Ankara.
- Hartman, H. ve Ahring, B.K. (2005). Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste an overview, Proceedings of 4th International Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, 34-51, 31 August – 2, Copenhagen, Denmark, (September, 2005).
- Karaca, M. (2006). İklim değişimi ve şehirleşme: İstanbul örneği, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları’08 Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, 02-06.11.2008, World Meteorological Organization (WMO), <http://www.wmo.int/>
- Karaoğlu, F., Bahçeşehir Üniversitesi, <http://www.biyogas.com>, (2009).
- TÜBİTAK, Kocaeli Biyogaz Tesisi 1.Dönem Faaliyet Özeti, (2009), 1-17.
- Yıldız, Ş. ve diğerleri (2008). Kentsel katı atıklardan atıktan türetilmiş yakıt (RDF) geri kazanım uygulamaları, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, The Marmara Hotel, İstanbul, (2-6.11.2008).