

EVSEL ORGANİK ATIK VE ÇÖP SIZINTI SUYUNDAN İKİ KADEMELİ AR-GE TESİSİNDE BİYOGAZ ÜRETİMİ

K Süleyman Yiğit*, Mustafa Gündüz**, Gülay Şerit**, Muhammet SARAÇ**

*Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü-Kocaeli, kyigit@kocaeli.edu.tr
**İZAYDAŞ Atık Yakma ve Atık Değerlendirme A.Ş – Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, him@izaydas.com.tr

Özet

Bu deneysel çalışmada, evsel organik atıklar ile çöp sızıntı suyu kullanılarak, birinci sindirici hacmi 1,2 m³, ikinci sindirici hacmi 3,8 m³ olmak üzere toplam hacmi 5m³ olan iki kademeli Biyogaz Üretim AR-GE tesisinde, 37±1°C sıcaklığında ve 70 günlük bir zaman periyodu boyunca denemeler yapılmıştır. Her gün düzenli olarak birinci sindiriciye ortalama %10 kuru madde içerikli, 200 kg/gün evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı beslemesi yapılmış üretilen biyogaz miktarı ve konsantrasyonu ölçülmüştür. Analiz edilen parametreler ise, katı madde miktarı, uçucu madde miktarı, C/N/P oranları, pH, uçucu yağ asitleri ve engelleyicilerdir. Tek kademeli oksijensiz sindirici ile daha önce yaptığımız deneyde, evsel organik atıklar ve seyreltici olarak çöp sızıntı suyu karışımı kullanılmış, hidrolik bekleme süresi 25 gün olarak, %65 metan gazı içerikli, ortalama 445 lt CH₄ / kgVS metan gazı elde edilmiştir. İki kademeli biyogaz üretimi AR-GE tesisinde hidrolik bekleme süresi 25 gün olarak %68 metan gazı içerikli, ortalama 610 lt CH₄ / kgVS metan gazı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, iki kademeli çalışmada aynı bekleme süresinde yüksek organik yük ile çalışma yapılabilmiş, uçucu organik miktarı başına tek kademeli çalışmaya göre %37 daha fazla miktarda metan gazı üretimi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: İki kademeli biyogaz, Organik atık, Çöp sızıntı suyu

GİRİŞ

İki kademeli sistem kavramı ilk kez 1971’de Pohland ve Gosh tarafından ortaya atılmış ve ilk olarak sıvı içinde çözünebilir, sıvı formda bulunan atıklar için uygulanmıştır. Daha sonra 80’li yılların başında iki kademeli sistem ile katı sebze atıkları kullanılarak laboratuvar deney düzeneklerinde denemeler yapılmıştır [1], [2], [3]. İlerleyen yıllarda yapılan laboratuvar çalışmalarında iki kademeli sistemlerin tek kademeli sistemlere nazaran dört önemli avantajı olduğu görülmüştür. Bunlar; kısa sürede devreye alma, yüksek sistem stabilitesi, optimize olmuş mikrobiyal şartlar, daha küçük reaktör hacimleri veya daha kısa hidrolik bekleme süreleridir.[4], [5], [6]. Tablo 1 de tek kademeli sistemler ile iki kademeli sistemlerin avantaj ve dezavantajları özet halinde verilmiştir. İki kademeli ıslak sistemlerde, biyolojik olarak parçalanabilen tüm organik malzeme, sıvı faz içerisinde homojenize olmuş durumdadır. Viturtia tarafından 1989’da kurulan sistem hariç, meyve ve sebze atığı kullanılan bu tip iki kademeli ıslak sistemlerin hepsinde sürekli besleme yöntemi uygulanmıştır. Meyve-sebze ve yiyecek kökenli organik atıklarla iki kademeli deney düzenekleri tercih edilerek yapılan araştırma ve deneysel çalışmalar olmasına rağmen, büyük endüstriyel tesisler genellikle tek kademeli yapılmaktadır. İki kademeli biyogaz üretim tesislerinde, yüksek yükleme oranlarında bile yüksek miktarlarda kararlı gaz elde edilebilmesi ve üretimin tek kademeli sistemlere göre daha yüksek verimlerde gerçekleşebilmesi mümkündür. Bu önemli nedenlerden dolayı yakında endüstriyel tesislerde iki kademeli biyogaz üretim sistemlerinin yaygınlaşacağı öngörülmektedir [7]. Günümüzde yaygın olarak kullanılan tek kademeli biyogaz üretim tesislerinde oksijensiz sindirimin safhaları olan hidroliz, asitleşme ve metanlaşma kademeleri tek bir reaktör içinde gerçekleşmektedir. Ancak her safhada etkin olan bakteri türlerinin verimli çalışabilmesi ve üreyebilmeleri için ihtiyaç duyduğu kimyasal ve fiziksel koşulların farklılık göstermesi tek kademeli tesislerin önemli dezavantajlarından. Yapılan bu çalışmada sistem ikiye bölünerek hidroliz ve asit oluşumu birinci sindiricide, metan oluşumu ise ikinci sindiricide gerçekleştirilerek tek kademeli sistemlerin olumsuzlukları giderilmeye çalışılmıştır.

Tablo 1: Tek kademeli sistemler ile İki kademeli sistemlerin karşılaştırılması

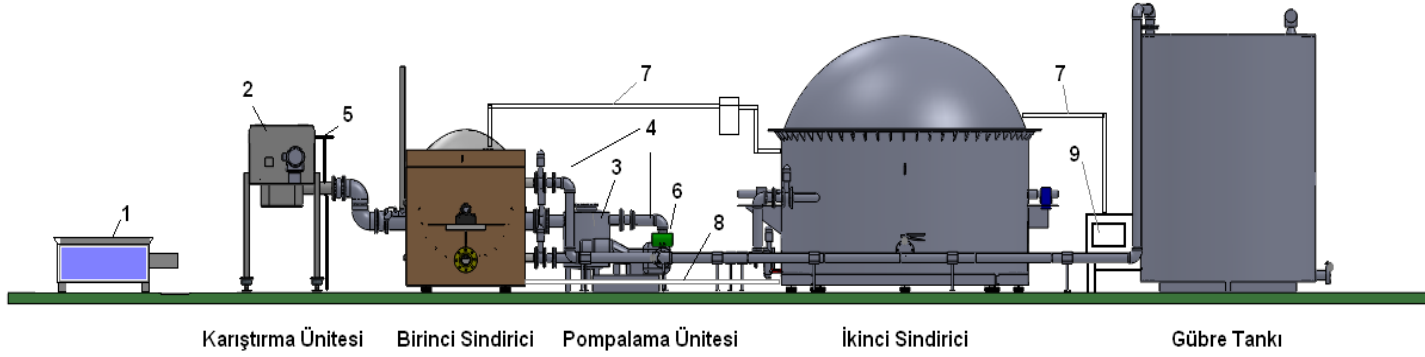
SİSTEM	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Tek Kademeli Sistemler	1-İlk yatırım maliyeti düşük 2-İşletilmesi daha kolay	1-Devreye alma süresi daha uzun 2-Kararlılık kontrolü daha zor 3-Yük değişimlerine daha hassas 4-Optimize olmamış mikrobiyal şartlar
İki Kademeli Sistemler	1-Kısa sürede devreye alma 2-Yüksek sistem kararlılığı 3-Optimize olmuş mikrobiyal şartlar	1-İlk yatırım maliyeti yüksek 2-Daha zor işletme ve kontrol

İki kademeli biyogaz sistemleri ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar ve mevcut tek kademeli biyogaz üretim tesisleri incelendiğinde, iki kademeli sistemlerin birçok avantaja sahip olmasına rağmen gerçek uygulamalarda kontrol sisteminin zorluğu ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması gibi sebepler ile bu sistemlerin tercihinden kaçınıldığı görülmüştür. İki kademeli sistemlerin tercih edilir olabilmesi için; daha fazla deneysel çalışma yapılması, işletim kolaylığının sağlanması ve yatırım maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu durumlar göz önüne alınarak iki kademeli gerçek sistem tasarımı tercih edilmiştir. Kocaeli Üniversitesi ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesine bağlı İzaydaş biyogaz çalışma grubu tarafından; kademelerin hızları ile reaktör hacimleri, literatür incelemesi ve ön denemeler yapılarak belirlenip iki kademeli AR-GE tesisi tasarım, imalat ve montajları yapılmıştır. Tesis geliştirilmeye devam edilmekte ve Biyogaz üretim deneme çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle uçucu yağ asitlerinin hızlı oluşumuna karşılık metan oluşum sürecinin çok yavaş oluşu dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda birinci kademe (hidroliz ve uçucu yağ asidi oluşumu) için 1,2 m³ lük, ikinci kademe (metan oluşumu) için 3,8 m³ lük sindirici hacimleri öngörülmüştür. Toplam olarak sistem hacmi maksimum 5 m³ olup gerektiğinde sindiriciler belirtilen hacimlerin altında çalıştırılarak, her iki sindiricinin en uygun çalışma hacimleri ve hidrolik bekleme süreleri, kullanılan organik maddenin içeriği, işletme analizlerine göre belirlenip ayarlanabilmektedir.

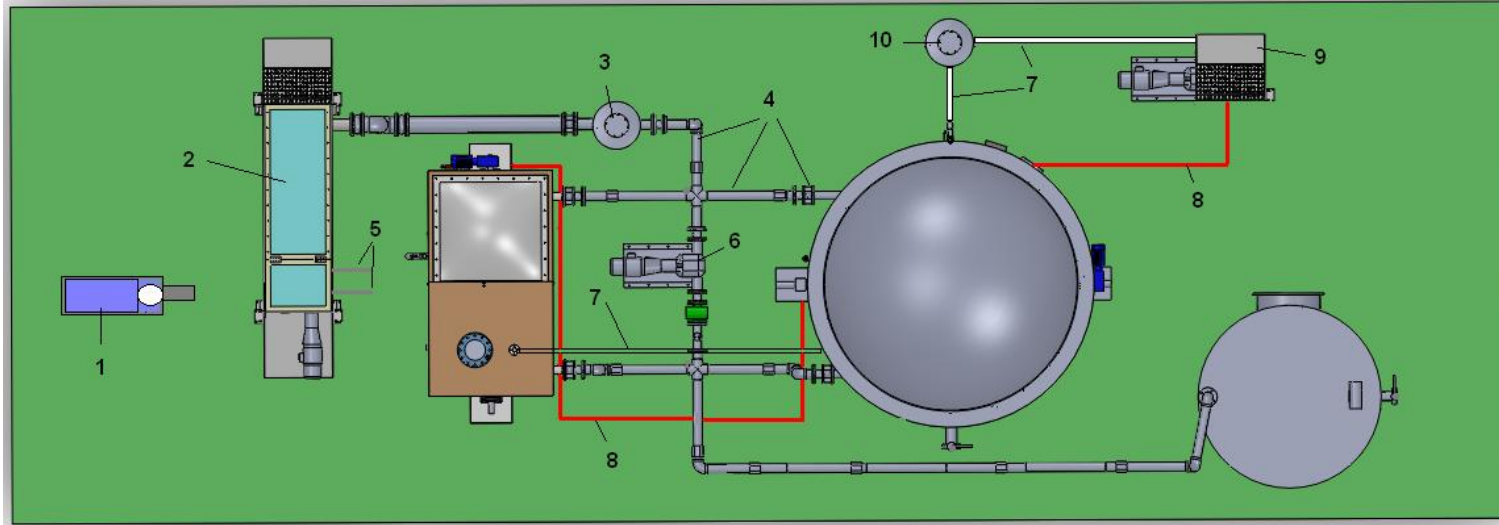
İKİ KADEMELİ BİYOGAZ ÜRETİM AR-GE TESİSİ

Gerekli inceleme ve hesaplamalardan sonra tasarlanıp üretimi yapılan ve Şekil 1 ile Şekil 2 de şematik resimleri gösterilen iki kademeli biyogaz üretim tesisinde, Karıştırma ünitesi, Birinci sindirici, İkinci sindirici ve Organik gübre tankı birbirine seri olarak bağlanmış olup tesisin bileşenleri ana başlık altında şöyle özetlenebilir;

- Depolama ünitesi
- Hammadde hazırlama ünitesi
- Taş-kum metal tutucu filtre ünitesi
- Transfer pompası-tesisat ve armatürler
- Sindirme üniteleri
 - a)Asit reaktörü
 - b)Metan reaktörü
- Ölçme ve kontrol sistemleri
- Organik gübre depolama ünitesi
- Sıcak su dolaşım sistemi
- Basınçlı hava üretim-dağılım sistemi
- Gaz toplama-filtreleme sistemi
- Motor Jeneratör ünitesi
- Su dağıtım sistemi



Şekil 1: İki Kademeli Biyogaz Üretim AR-GE Tesisinin yandan şematik görünüşü;



Şekil 2 İki Kademeli Biyogaz Üretim AR-GE Tesisinin üstten şematik görünüşü: 1-Kıyıcı, 2-Karıştırıcı, 3-Taş tutucu Filtre, 4-Boru ve vana bağlantı elemanları, 5-Temiz ve kullanılmış su besleme hattı, 6-Pompa, 7-Gaz iletim boruları, 8-Sıcak su hattı, 9-Motor jeneratör grubu, 10-Gaz temizleme ünitesi

TESİSİN ÇALIŞMA BİÇİMİ

Şekil 1 ve 2 de tesisin şematik görünümü verilmiştir. Kıyıcıda kıyılan organik maddeler hammadde hazırlama ünitesi (karıştırıcı) içine yüklenmekte ve sonrasında sistem otomatik çalışmaya başlamaktadır. Karıştırıcıya yüklenen organik materyalin su ihtiyacına ve çalışma amacına göre sistem karıştırıcı içine otomatik olarak gereken miktarda su, atık su veya sıvı organik gübre olarak belirli süre karıştırmayı sağlamaktadır. İkinci sindiricideki hidrolik bekleme süresi dolmuş günlük besleme miktarı kadar ürün organik gübre tankına gönderilmekte, aynı miktar kadar ürün birinci sindiriciden ikinci sindiriciye transfer edilmektedir. Diğer adımda atık hazırlama ünitesinde karışım sürecini tamamlamış ürün taş-kum tutucu filtreden geçirilip atık oluşum ve toplama süreçlerinden kaynaklı inorganik materyalin ayrıştırılması sağlanarak birinci sindiriciye yüklenmektedir. Sonrasında birinci sindirici ve ikinci sindiricinin kendi iç hidrolik karıştırma döngülerini yine otomasyon sistemi gerçekleştirmektedir. Günlük katı organik besleme miktarı, su ihtiyacı verilerinin girildiği otomasyon sistemi yukarıda ifade edilen tüm döngüleri, ilgili borular üzerindeki vanalar açılıp kapanarak ve ana pompa vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Sindiricilerin mekanik karıştırma ihtiyaçları otomasyon sistemi tarafından belirli aralıklar ile gerçekleştirilmektedir. Birinci ve ikinci sindiricide sürekli olarak biyogaz üretimi gerçekleştirilmektedir. İkinci sindiricide toplanan biyogazın içinde bulunan H₂S, diğer toksin bileşenler ve su buharı filtrede tutularak temizlenmektedir. Elektrik üretimi için, biyogaz gaz dönüşümlü içten yanmalı motora gönderilerek motor ve jeneratörün çalışması sağlanmaktadır. Su soğutmalı gaz motorunun soğutma suyu ile sindiricilerin sıcaklığı mezofilik veya termofilik sıcaklık aralıklarının da otomasyon sistemi yardımıyla sabit tutulabilmektedir [8].

DENEYSEL ÇALIŞMA

Evsel organik atıkların geri kazanımı, çöp sızıntı suyunun organik yük içeriğinin düşürülmesi gereksinimi göz önünde bulundurulup; evsel organik atıkların çöp sızıntı suyu ilavesi ile seyreltilip İki Kademeli Biyogaz Üretim Ar-Ge Tesisinde çürütülmesi amacıyla deneysel çalışma yapılmıştır.

Her iki sindiricide de mezofilik sıcaklıkta 37 °C çalıştırılmıştır. Sindiricilere yüklenen organik atıklar ve çöp sızıntı suyunun Toplam Kuru Madde Oranı (TKM), Uçucu Organik Madde Oranı (UOM), Toplam Organik Karbon (TOC) mg/kg, Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) mgN/kg, Toplam Fosfor (TP) mg/kg, pH, Yoğunluk (kg/m³), hazırlanan karışımda ise bunlar ile birlikte engelleyiciler ve iz elementlerin analizleri yapılmıştır. Ayrıca üretilen biyogaz miktarı ve portatif gaz analizörü ile günlük gaz konsantrasyon [CH₄(%), CO₂(%), O₂(%), N₂(%), CO(ppm), H₂S(ppm) ve LEL(%)] ölçümleri yapılmıştır. Günlük periyotta sindiricilerden numune alınarak toplam uçucu yağ asidi miktarı ve haftalık periyotta engelleyicilerin ve iz elementlerin değişimleri izlenmiştir.

Toplam nitrojen (TN) Kjeldahl Standart Metodu ve Kjell-Foss 16200 otomatik çözümleyici kullanılarak, Amonyum Hach-Lange DR 5000 UV/VIS Spektrofotometre ile, Uçucu yağ asitleri destilatın titre edilmesi yöntemi ile, Kuru madde (KM) nem cihazında 105 °C'de kurutulduktan sonra, Uçucu organik madde sabit tartıma gelinceye kadar 550 °C'de yakılması sonucu kaybolan madde miktarından ölçülmüştür. Gaz analizi ise taşınabilir Gas Data LMS xi Multifunction cihazı ile yapılmıştır.

Birinci ve İkinci Sindiriciyi Devreye Alma

Devreye alma başlangıcında ikinci sindirici; %10 kuru madde içerikli büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi, işkembe içi ve çöp sızıntı suyu karışımı ile köpüklenme engellenecek şekilde aşamalı olarak doldurulmuş hidroliz, asitleşme ve metanlaşma süreçleri tamamlanıp ikinci sindiricinin metanojen yoğunluklu bakteri popülasyonuna ulaşması 35. günde sağlanmıştır. 18. günden itibaren ikinci sindiricide biyogaz üretimi devam ederken birinci sindirici aşamalı olarak yüklenerek hidroliz ve asitojen bakteri popülasyonu 17 gün sonra sağlanmıştır. 35. günde her iki sindirici iki kademeli çalışacak koşullara gelmiştir. Tablo 2 ve 3 de her iki sindiriciye ait devreye alma analiz ve hesapları görülmektedir. Sindirici 2 devreye alınırken büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi metanojen bakteri içeriğinin yoğunluğu nedeniyle tercih edilmiş, birinci sindirici devreye alınırken yüksek asitojen bakteri içeriği nedeniyle işkembe içi tercih edilmiştir.

Evsel Organik Atık ve Çöp Sızıntı Suyu Karışımı İle İki Kademeli Deneysel Çalışma

Deneysel çalışma sürekli besleme yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Literatür bilgileri ve daha önce yapılan deneysel çalışmaların ışığında hidrolik bekleme süresi birinci sindiricide 6 gün, ikinci sindiricide 19 gün kabul edilerek, evsel organik atık ve çöp sızıntı suyunun analiz ve hesap edilen parametrelerine göre günlük besleme miktarının tayini yapılmıştır. Bununla ilgili hesaplamalar Tablo 4 de verilmiştir. Günlük beslemelere 35. günde başlanılmış ve %10 kuru madde içerikli evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile 35 ve 70 günler arası 35 gün iki kademeli çalışma yapılmıştır.

Tablo 2 İkinci Sindiriciyi devreye almada yükleme menüsü

Sindirici 2 Devreye Alma Büyükbaş gübresi+Tavuk gübresi+İşkembe içi+Çöp Sızıntı Suyu							Toplam Hacim (m³)		3,800							
							Ortalama HBS (gün)		35							
							C/N İşletim Oranı		16,365							
Toplam Fermenter Su İçeriği			%	90	Miktar (Kg)	3420,000	Miktar (m³)	3,42	Ortalama yoğunluk (Kg/m³)			1002,6				
Toplam Fermenter Kuru Madde İçeriği			%	10	Miktar (Kg)	389,880	Miktar (m³)	0,38								
Kuru madde yoğunluğu (Kg/m³)			1026		Toplam (Kg)	3809,880		3,80								
Ank türü	Analiz			Hesaplanan			Analiz			Hesaplanan						
	HBS	C%	N%	C/N	C(kg)	N(kg)	%KM kuru madde	%NEM	Uçucu Organikler %	%Kül	KM kuru madde (kg/gün)	Su İçeriği (kg/gün)	Uçucu organikler (kg/gün)	Kül miktarı (kg/gün)	Besleme miktarı (kg/gün)	Toplam fermenter içeriği (kg)
Büyük baş gübresi	36,0	30,0	1,7	18,1	2,9	0,2	15,85	84,15	80,00	20,00	9,64	51,16	7,71	1,93	60,79	2127,7
Tavuk gübresi	30,0	41,1	5,5	7,5	0,3	0,0	63,00	37,00	29,00	71,00	0,61	0,36	0,18	0,43	0,97	34,0
İşkembe içi	25,0	30,0	1,7	18,1	0,3	0,0	12,80	87,20	80,00	20,00	0,89	6,07	0,71	0,18	6,96	243,7
çöp suyu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	40,13	0,00	0,00	40,13	1404,4
Toplam-Ortalama	35			16,365	3,4	0,2					11,14	97,71	8,60	2,54	108,85	3809,9
ORL (KgVS/gün.m³)												2,263				

Tablo 3 Birinci sindiriciyi devreye almada yükleme menüsü

Sindirici 1 devreye alma Evsel Organik Atık+İşkembe İçi+ Çöp Sızıntı Suyu							Toplam Hacim (m³)		1,200							
							Ortalama HBS (gün)		17							
							C/N Oranı		24,014							
Toplam Fermenter Su İçeriği			%	90	Miktar (Kg)	1080,000	Miktar (m³)	1,08	Ortalama yoğunluk (Kg/m³)			1003				
Toplam Fermenter Kuru Madde İçeriği			%	10	Miktar (Kg)	123,120	Miktar (m³)	0,12								
Kuru madde yoğunluğu (Kg/M³)			1026		Toplam (Kg)	1203,120		1,20								
Ank türü	Analiz			Hesaplanan			Analiz			Hesaplanan						
	HBS	C%	N%	C/N	C(kg)	N(kg)	%KM kuru madde	%NEM	Uçucu Organikler%	%Kül	KM kuru madde (kg/gün)	Su İçeriği (kg/gün)	Uçucu organikler (kg/gün)	Kül miktarı (kg/gün)	Besleme miktarı (kg/gün)	Toplam fermenter içeriği (kg)
İşkembe içi	15,0	30,0	1,7	18,1	0,4	0,0	12,80	87,20	80,00	20,00	1,45	9,87	1,16	0,29	11,32	192,4
Evsel atık (yemdhane)	18,00	62,50	2,50	25,00	3,62	0,14	24,11	75,89	95,13	4,87	5,79	18,24	5,51	0,28	24,03	408,53
çöp suyu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	35,42	0,00	0,00	35,42	602,2
Toplam-Ortalama	17			24,01	4,1	0,2					7,24	63,53	6,67	0,57	70,77	1203,1
ORL (KgVS/gün.m³)												5,559				

Tablo 4: Evsel Organik Atık ve Çöp Sızıntı Suyu Karışımından oluşan yükleme menüsü

Evsel Organik Atık+ Çöp Sızıntı Suyu						Toplam Hacim (m ³)		5,000									
						HBS Asitleşme (gün)		25,0									
						C/N İşletim Oranı		25,0									
Toplam Fermanter Su İçeriği		%	90	Miktar (kg)	4500,000	Miktar (m ³)	4,50	Ortalama yoğunluk (Kg/m ³)		1003							
Toplam Fermanter Kuru Madde İçeriği		%	10	Miktar (kg)	513,000	Miktar (m ³)	0,50										
Kuru madde yoğunluğu (kg/m ³)		1026		Toplam		5013,000		5,00									
		Analiz			Hesaplanan			Analiz			Hesaplanan						
Ank türü	HBS	C%	N%	C/N	C(kg)	N(kg)	%KM kuru madde	%NEM	Uçucu Organikler%	%Kül	KM kuru madde (kg/gün)	Su içeriği (kg/gün)	Uçucu organikler (kg/gün)	Kül miktarı (kg/gün)	Besleme miktarı (kg/gün)	Totam fermanter içeriği (kg)	
Yenelkane abığı	6,00	62,50	2,50	25,00	12,83	0,51	11,00	89,00	92,30	4,87	20,52	166,03	18,94	1,00	186,55	4663,64	
Çöp Sızıntı Suyu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	13,97	0,00	0,00	13,97	349,4	
Toplam-Ortalama	6			25	12,8	0,5					20,52	180,00	18,94	1,00	200,52	5013,0	
												ORL (KgVS/gün.m³)		3,788			

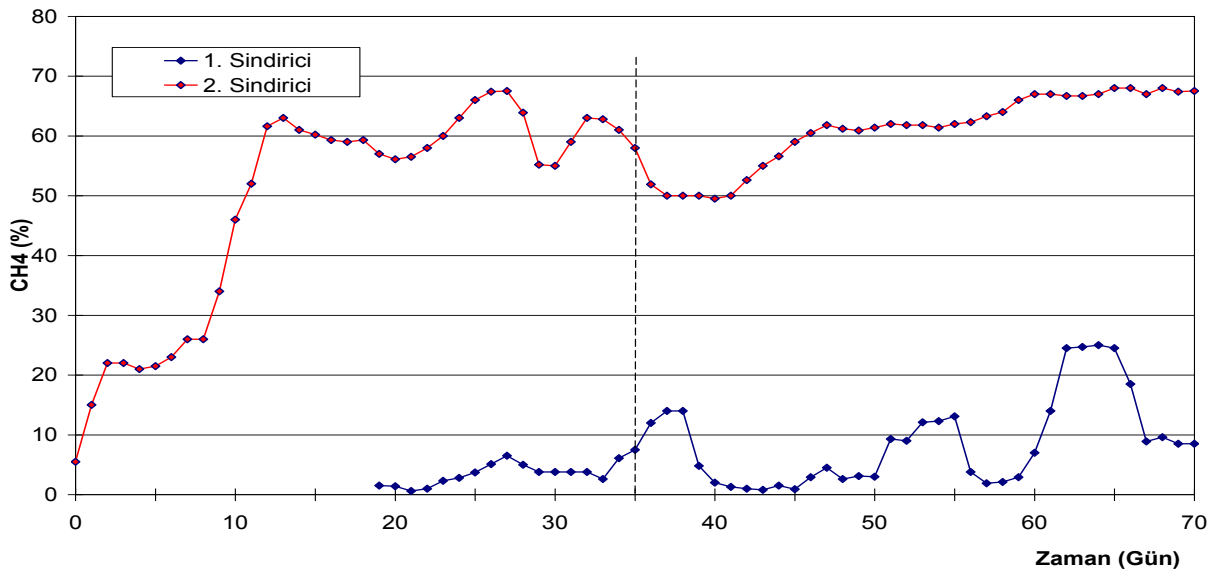
DEĞERLENDİRMELER

Birinci Sindiricinin Metan Yüzdesi

Şekil 3'te Birinci sindirici, başlangıcı olan 18.günden itibaren asitojen etkinlik sonucu, yüksek oranlarda CO₂ oluşumu ve uçucu yağ asidi miktarları nedeniyle sistemin 35. gününde metan gazı ancak % 8 olmuştur. Birinci sindirici 35. günden 70. güne kadar günlük olarak beslenmiştir. 35 günlük biyogaz üretim sürecinin metan içeriği ortalama % 9 dur. Asitleştirme fermanteri olarak görevini yerine getirmiştir.

İkinci Sindiricinin Metan Yüzdesi

Şekil 3'te metan gazı günlük üretim yüzdesi verilmiş olup denemelerin başlangıcında asitojen etkinlik sonucu, yüksek oranlarda CO₂ oluşumu gözlenmiş, 8. günde metan gazı hızla artışa geçmiş ve 12. günde CH₄/CO₂ oranı %50 değerini geçerek ve bundan sonraki süreçte metan gazı 26. günde %68 değerine ulaşmıştır. Günlük beslemelere başlanıldığı 35. günde metan gazı içeriği % 60 dır. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımından oluşan yükleme menüsü ile 35. günden 70. güne kadar günlük beslemeler yapılmıştır. 35 günlük biyogaz üretim sürecinin metan içeriği ortalama % 61 dir.



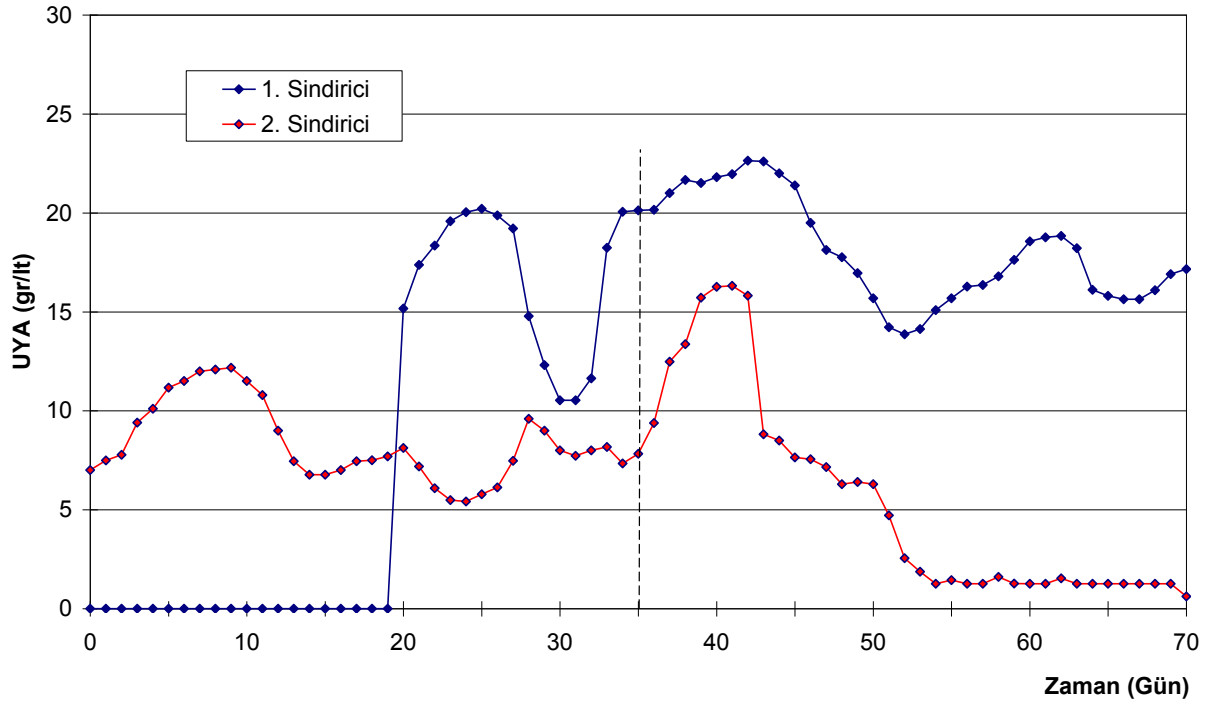
Şekil 3: Birinci ve ikinci sindiricide üretilen biyogazın metan yüzdesi

Birinci Sindirici Uçucu Yağ Asidi Konsantrasyonu

Şekil 4'te verilen grafikte, birinci sindiricinin devreye alma aşamasında uçucu yağ asidi miktarı maksimum miktara 12 gün sonra ulaşmış, 20 gr/lit olmuştur. Sonrasında metanojen bakteriler belli oranda aktifleşerek asetik asit tüketimi gerçekleşip, uçucu yağ asitleri 10,5 gr/lit ye kadar düşmüştür. 30. ve 35. günler arasındaki uçucu yağ asitlerinin artışı da pH'nın yükselmesi ve geç hidrolize olan organiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. 35. güne kadar sisteme besleme yapılmamıştır. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile birinci sindiriciye günlük beslemeler 35. günden 70. güne kadar yapılmıştır. Bu süreçte ortalama uçucu yağ asitleri konsantrasyonu 18 gr/lit dir. Birinci sindirici asitleştirici olarak görevini yerine getirmiştir.

İkinci Sindirici Uçucu Yağ Asidi Konsantrasyonu

Şekil 4'te verilen grafikte, ikinci sindiricinin uçucu yağ asidi miktarı maksimum noktaya 10. günde ulaşmış ve 12,5 gr/lit olmuştur. Sonrasında metanojen bakterilerin sayısı ve etkinliği arttıkça asetik asit tüketimi gerçekleşerek, uçucu yağ asitleri düşmeye başlamıştır. İkinci sindiricide bakteri türleri ve reaktör içi kimyasal dengesine 35. günde ulaşmış ve metanojen bakteri yoğunluğu iki kademeli çalışmaya elverişli duruma gelmiştir. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile günlük beslemelerin yapıldığı 35. günden 70. güne kadar ortalama uçucu yağ asitleri konsantrasyonu 5,1 gr/lit dir. Son 15 günde metanojen etkinliğin istenilen seviyeye ulaşması ile 1 gr/lit ye kadar düşmüştür.



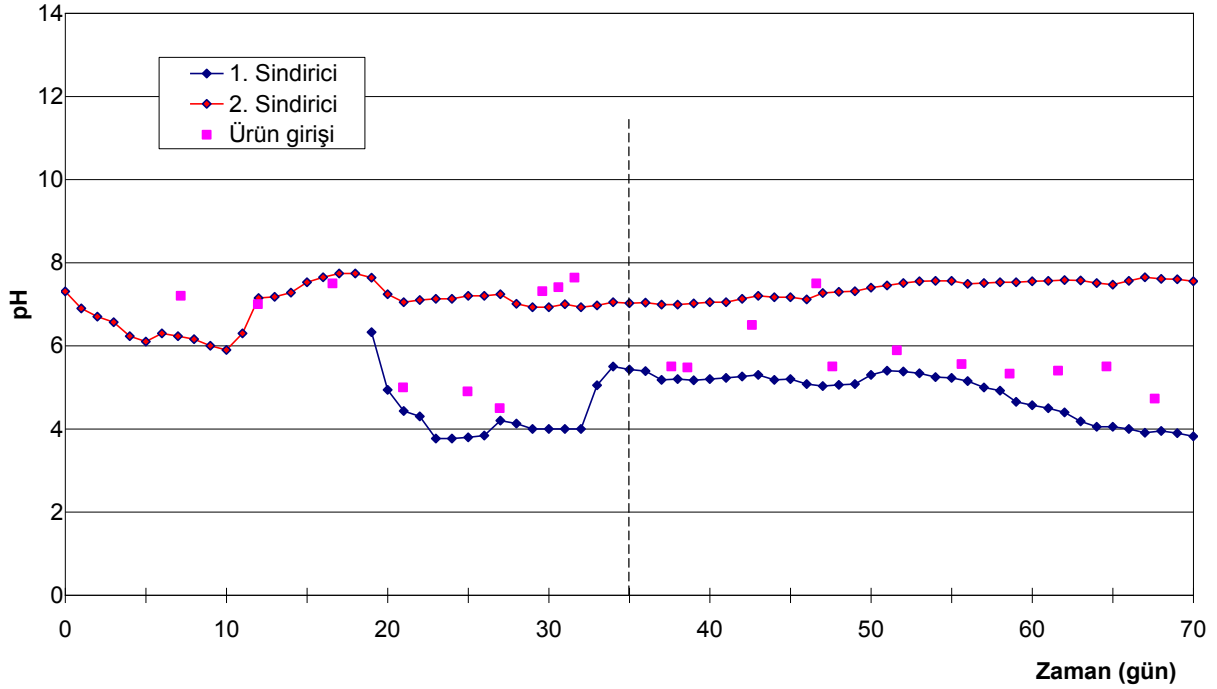
Şekil 4: Birinci ve ikinci sindiricide uçucu yağ asidi değişimi

Birinci Sindirici pH Değişimi

Birinci sindiricide pH 6,2 den ilk yüklemeler sonucu hızlı asitleşme yaşanarak 10 gün sonra pH 3,8 e kadar düşmüştür. Devreye alma aşamasında ortalama pH 4,5 dir. Sonrasında metanojen bakteriler belli oranda aktifleşerek asetik asit tüketimi gerçekleşip, uçucu yağ asitleri 10,5 gr/lit ye kadar düşmesi ile birlikte 15 gün sonra sistemin 34. gününde pH 5,5 değerine yükselmiştir. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile günlük beslemelerin yapıldığı 35. günden 70. güne kadar birinci sindiricide ortalama pH 4,8 olmuştur. Birinci sindiriciye günlük beslenen karışımın pH değeri 4,5 ve 5 arasında seyretmesinin de etkisi ile birinci sindirici pH değeri düşük seyretmiştir. Buna rağmen organik yük azaltılmamış ve pH 5 in altında asitojen bakterilerin yeterli aktivasyonu sağladıkları ve ikinci sindiricinin ihtiyacı olan uçucu yağ asitlerini üretebildikleri görülmüştür.

İkinci Sindirici pH Değişimi

Şekil 5'te, pH değerinin zaman ile değişimi görülmektedir. İkinci sindiricinin başlangıç pH değeri 7,2 iken 10. günde, asitojen bakterilerin etkinliği ile uçucu yağ asitleri 13 gr/l'te ulaşmış ve pH 5,9'a düşmüştür. Metanojen etkinlik sonucu uçucu yağ asitleri oluştuğunda tüketilmiş ve 35. günde uçucu yağ asidi konsantrasyonu 7.34 gr/l'te iken pH 7,1 olmuştur. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile günlük beslemelerin yapıldığı 35. günden 70. güne kadar ortalama uçucu yağ asitleri konsantrasyonu 5,1 gr/l'te ve ortalama pH 7,44'tür. Özellikle 55. ve 70. günler arası pH 7,5 civarında seyretmiş ve birinci sindiriciden gelen uçucu yağ asitleri ikinci sindiricide metanojen bakteriler tarafından verimli olarak tüketilmiştir.



Şekil 5: İki kademeli biyogaz tesisinde pH değişimi

Birinci Sindirici Biyogaz Üretimi

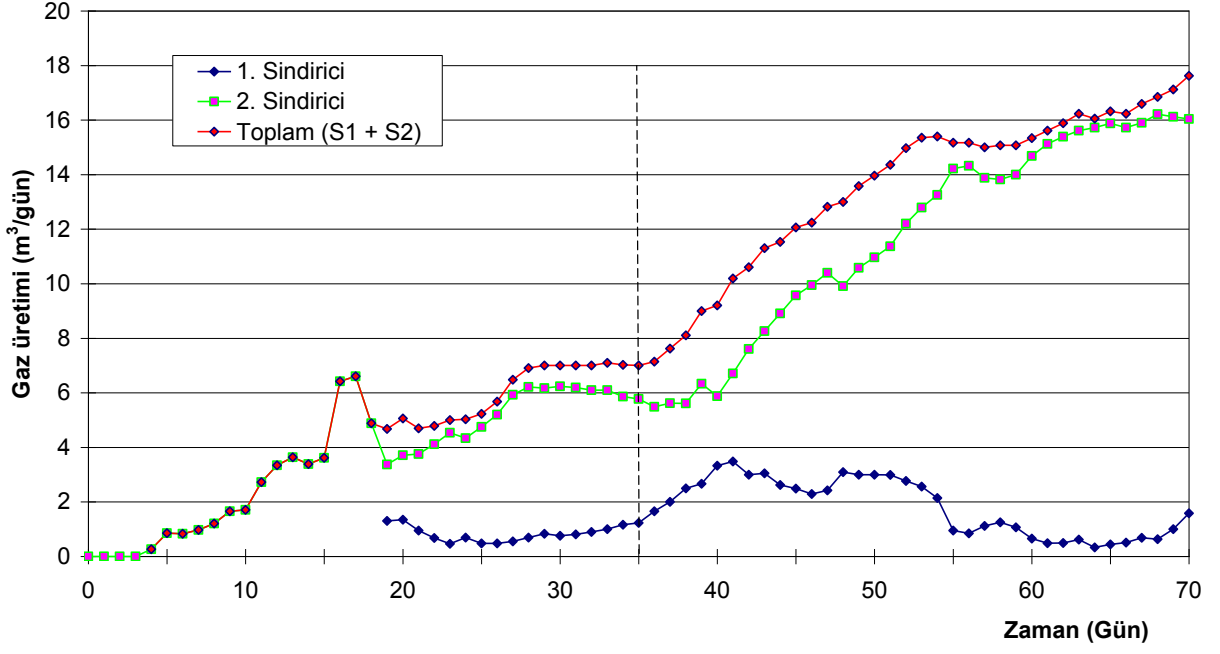
Şekil 6 da görülen birinci sindiricinin günlük biyogaz üretim miktarlarından devreye alma sürecinde 35. güne kadar biyogaz üretimi ortalama 0,9 m³/gün (% 4 CH₄) olarak gerçekleşmiştir. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile günlük beslemelerin başladığı 35. günden 70. güne kadar biyogaz üretimi ortalama 1,9 m³/gün (% 9 CH₄) olarak gerçekleşmiştir.

İkinci Sindirici Biyogaz Üretimi

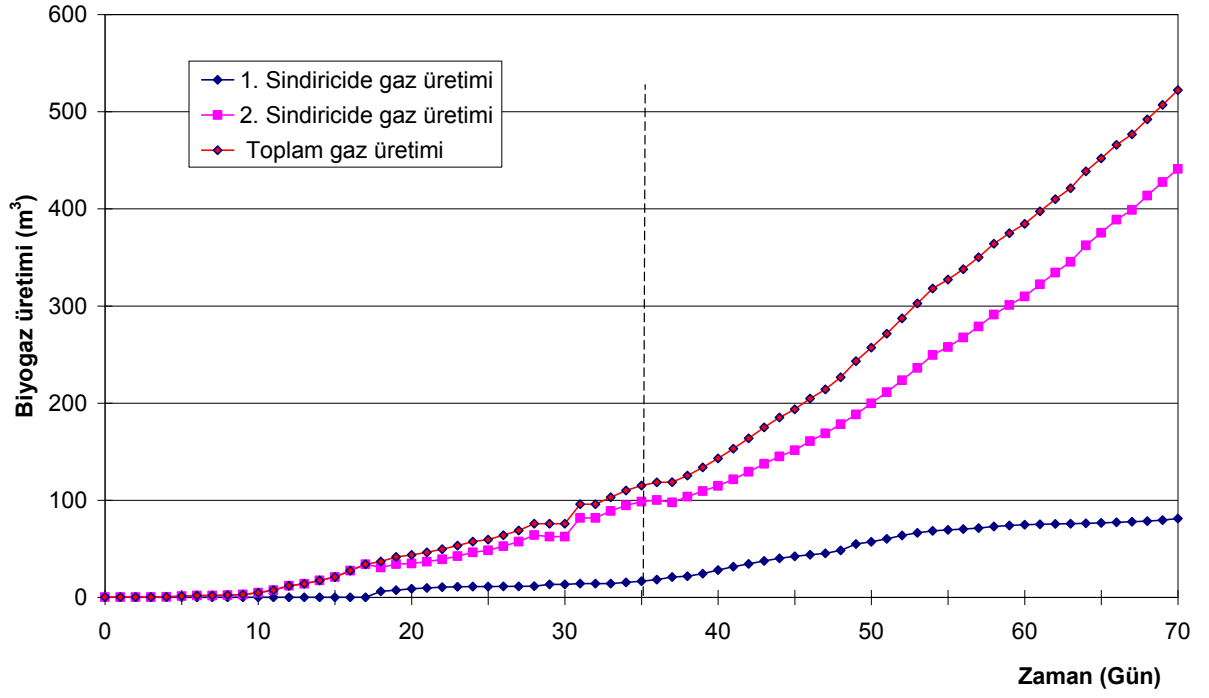
Şekil 6 da görülen ikinci sindiricinin günlük biyogaz üretim miktarlarından devreye alma sürecinde 35. güne kadar biyogaz üretimi ortalama 3,7 m³/gün (% 47 CH₄) olarak gerçekleşmiştir. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımı ile günlük beslemelerin başladığı 35. günden 70. güne kadar biyogaz üretimi ortalama 12 m³/gün (% 61 CH₄) olarak gerçekleşmiştir.

İki Kademeli Sistemin Metan Üretimi

Şekil 6 da görüldüğü gibi iki kademeli çalışan sistem 55. ve 70. günler arasında döngüsel dengeye oturmuş ve biyogaz üretimi ortalama 17 m³/gün olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3 den görüleceği üzere 55. ve 70. günler arasında metan üretkenliği %68 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 4 ten görüleceği üzere sistemin günlük organik yükü 3,904 kgVS/m³.gün'dür. Metan üretkenliği $((17 \cdot 68 / 100) / (3,788 \cdot 5)) = 0,610 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{kg VS}$, 610 lt CH₄ /kg VS'dir.



Şekil 6: Sindiricilerde günlük biyogaz üretimi



Şekil 7: Sindiricilerde toplam biyogaz üretimi

SONUÇ

Evsel organik atıkların depolanması çevresel etkileri olan ve maliyetli bir yöntemdir. Geri kazanım için uygulanabilecek yöntemlerden olan oksijensiz sindirim ile biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kaynağı statüsünde olması ve geri dönüşüm sağlaması nedeniyle önem arz etmektedir. Evsel organik atıkların anaerobik sindirici de çürütülerek değerlendirilmesi için gerekli olabilecek seyreltme suyunun; uzunca yıllar çöp sızıntı suyu oluşturmaya devam eden düzenli depolama alanlarından karşılanması arıtma maliyetlerini düşürecektir. Tek kademeli oksijensiz sindirici ile daha önce yaptığımız deneyde, evsel organik atıklar ve seyreltici olarak çöp sızıntı suyu karışımı kullanılmış, 445 lt CH₄/kgVS üretkenliğinde metan gazı elde edilmiştir. Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyu karışımından İki kademeli biyogaz üretim çalışmaları sonucunda, sistem 55. ve 70. günler arasında dögüsel dengeye oturmuş ve bu aralıkta metan üretkenliği 610 lt CH₄/kg VS olmuştur. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, iki kademeli çalışmada aynı bekleme süresi için; sistemin stabil ve mikrobiyal koşulların dengede olmasından kaynaklı olarak uçuşu organik miktarı başına tek kademeli çalışmaya göre %37 daha fazla miktarda metan gazı üretimi sağlanmıştır. İki kademeli sindiricilerin avantajlarının yüksek olmasından dolayı önümüzde ki yıllarda tercih sebebi olacağı görülmektedir. Ayrıca evsel organik atıklar gibi homojen olmayan organik yükleme durumları için iki kademeli biyogaz üretim teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Organik atıklar ve çöp sızıntı suyu karışımları ile yapılan iki kademeli çalışmamızda, kimyasal analizleri büyük bir titizlikle yapan İzaydaş laboratuvar çalışanı arkadaşlarımıza, Biyogaz üretim Ar-Ge tesisinin tasarım, imalat, montaj ve deneme çalışmalarında katkıları bulunan bakım atölyeleri teknisyenlerine, Teknik Hizmetler Müdürümüz Salih Deveci, ye ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Genel Müdürümüz Muhammet Saraç'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Cohen, A., Knevoets, W.A. and Zeetemeyer, R.J. 1983. Fast anaerobic digestion of solid vegetable wastes on semi-technical scale. In: Proceeding of European Symposium Anaerobic Waste Water Treatment, Noordwijkerhout, Netherlands. Van den Brink, W.J.(E.d.), AWWT Symposium Secretariat, The Hague, 1983:171.
- [2] Cohen, A.1983. Two-phase digestion of liquid and solid wastes. In: Proceedings 3rd International Symposium on Anaerobic Digestion, Boston (USA). 1983, 3rd A.D. Secretariat (Eds):123-38.
- [3] Verrier, D., Roy, F. and Albagnac, G. 1987. Two-phase methanization of solid vegetable wastes. Biological Wastes 22: 163-77.
- [4] Brummeler, E.T., Aarnink, M.J. and Koster, I.W. 1992. Dry anaerobic digestion of solid organic waste in a biocell reactor at a pilot-plant scale. Water Sci. Tech. 25(7):301-10.
- [5] Ghosh, S. 1995. Role of anaerobic digestion in alleviating environmental problems in the United State. J of Hydra, Coast and Environ. Eng. 52(18): 239-48.
- [6] Bae, J.H., Cho, K.W., Lee, S.J., Bum, B.S. and Yoon, B.H. 1998. Effects of leachate recycle and anaerobic digestion sludge recycle on the methane production from solid waste.
- [7] Guangqing Liu, Ruihong Zhang, Xiujin Li and Renjie Dong. "Research Progress in Anaerobic Digestion of High Moisture Organic Solid Waste Research Progress in Anaerobic Digestion of High Moisture Organic Solid Waste". Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Invited Overview No.13. Vol. IX. November, 2007.
- [8] Şerit, G., Yiğit, K.S., Gündüz, Şengün, M., Toraman, M. "İki fazlı biyogaz üretim tesislerinde gaz üretimine etki eden parametreler", EVK 2009, 3. Enerji verimliliği ve kalitesi sempozyumu, (232-237), Mayıs 2009
- [9] Gündüz, M., Yiğit, K. S. , Şerit, G., SARAÇ, M. " Evsel organik atık ve çöp sızıntı suyundan biyogaz üretimi" IWES 09, Uluslararası Atıktan Enerji Üretimi Sempozyumu, Kasım 2009, İstanbul

