



**ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI
ATIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

ATIK YÖNETİMİNDE BİYOMETANİZASYON TEKNOLOJİSİ

**Ufuk SAYIN
Demet ERDOĞAN**

17 Haziran 2011-ICCI-İstanbul



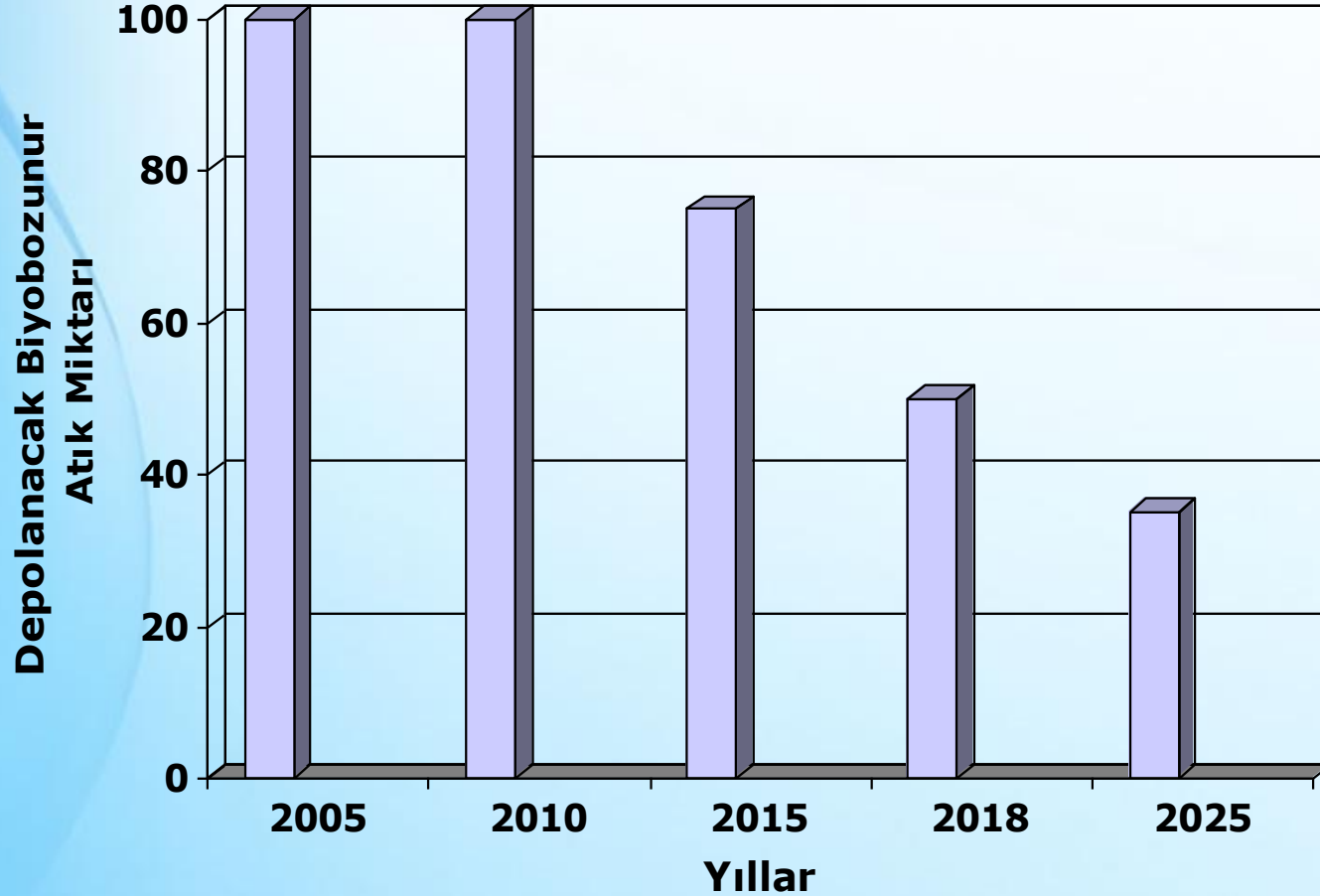
Atık Yönetimi Hiyerarşisi

- EHCIP
- KAAP
- Atık Eylem Planı
- UAYP





Biyobozunur Atık Azaltımı



Belediye atığı: 24,36 milyon ton (TÜİK,2008)

Biyobozunur atık oranı~ %54,5 (UAYP, 2008)



Biyobozunur Atıkların Bertaraf Yöntemleri

- düzenli depolama,
- yakma,
- piroliz, gazifikasyon,
- mekanik biyolojik arıtma,
- kompost,
- **biyometanizasyon (anaerobik çürüme)**



Hayvansal Atıklar



Türkiye’de toplam hayvan sayısı, hayvan gübresi miktarı ve ısıl değerleri

Hayvan Türü	Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (t/yıl)	Toplam Kuru Gübre Miktarı (t/yıl)	Kullanılabilirlik (%)	Kullanılabilir Kuru Madde (ton/yıl)	Elde Edilebilir Biyogaz (m ³ /yıl)	Isıl Değeri (MJ/m ³)	Toplam Isıl Değeri (GJ/yıl)
İnek	12.934.485	128.602.413	16.211.033	65	10.616.129	2.123.225.839	22,7	48.197.227
Koyun	30.035.590	24.666.733	6.139.581	13	801.669	160.333.765	22,7	3.639.576
Kümes	265.606.950	7.755.723	1.932.924	99	1.919.541	383.908.289	22,7	8.714.718



Biyometanizasyon (Anaerobik Çürüme)

Organik maddelerin oksijensiz ortamda anaerobik mikroorganizmalarla ayrışması sırasında meydana gelen çok adımlı biyokimyasal reaksiyonlardan oluşan biyolojik bir süreç

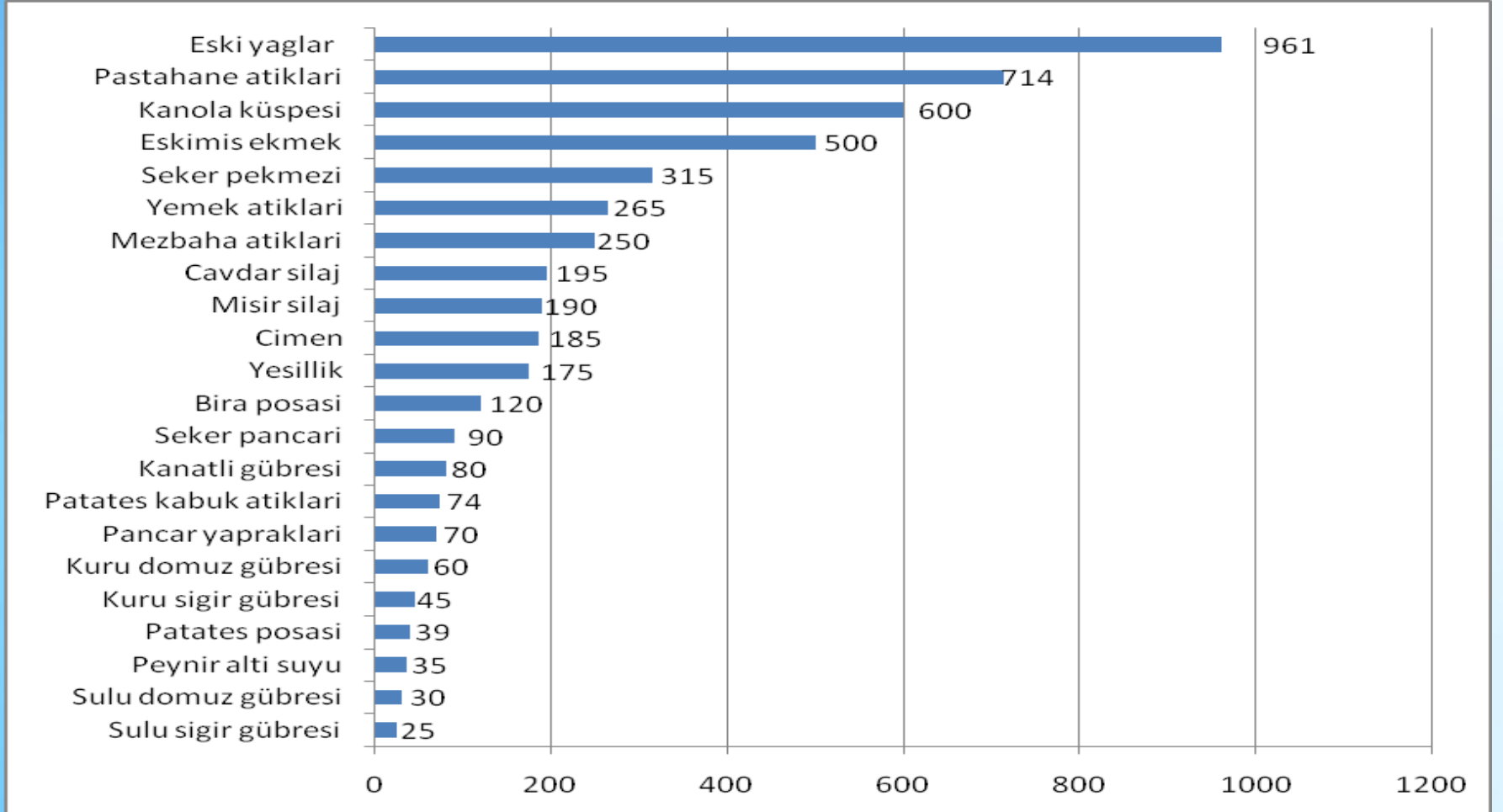
- %50-75 Metan (CH_4)
- %25-45 Karbondioksit (CO_2)
- %0-2 Hidrojen sülfür
- az miktarda azot ve hidrojen





Hammaddelere Göre Biyogaz Miktarları

m³ biyogaz/ton atık





Biyometanizasyon (Anaerobik Çürüme)

katı madde yüzdesine

(ıslak ve kuru sistemler)

kademe sayısına

(tek ve çift kademeli sistemler)

prosesin yürütüldüğü işletme sıcaklığına

(mezofilik ve termofilik sistemler)

sınıflandırılmaktadır.



Anaerobik Parçalanmayı Etkileyen Faktörler

Sıcaklık, Psikofilik < 30 °C, Mesofilik 30 °C – 40 °C Termofilik 50 °C – 60 °C	C/N oranı, optimum C/N:20/30
pH, pH: 6,8–7,2	Karıştırma, yavaş karıştırma
Toksisite Na, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb ve NH ₄ ⁺	Hidrolik bekletme süresi, 20 - 120 gün



Biyogaz Tesislerinin Avantajları

- Biyogaz elde edilmesi ile elektrik ve ısı enerjisi geri kazanımı
- Atıkların stabilize edilmesi (arıtma çamurları)
- Gübre özelliği zayıf katı atıklardan, serbest azot ve fosfor değeri yüksek, bitkiler tarafından özümsemişi daha kolay olan organik gübre elde edilmesi
- Atıklarda koku ve patojen giderimi sağlanması (%80'e varan koku giderimi)
- Çevresel kazançlar (sera gazlarının azaltılması, fosil yakıtların kullanımının azaltılması, vb.)



Dünyada Biyometanizasyon Teknolojisi Uygulamaları



Holsworthy Biyometanizasyon Tesisi (İngiltere)

İşletmeye Alma Tarihi	1988
Kabul Edilen Atıklar	Çiftlik hayvanı, domuz ve kümes hayvan atıkları, %20 oranında bitkisel atıklar, sebze-meyve atıkları
Tesis Kapasitesi	400 t/gün
Metan üretimi	3,9 milyon m ³
Sıcaklık	35°C-40°C (mezofilik, genellikle, 37° C)
Enerji üretimi	14,4 milyon kWh/yıl
Elde edilen kazanç	ısıtma amaçlı satılarak yıllık 15 milyon kWth
Yatırım maliyeti	£7.7 million



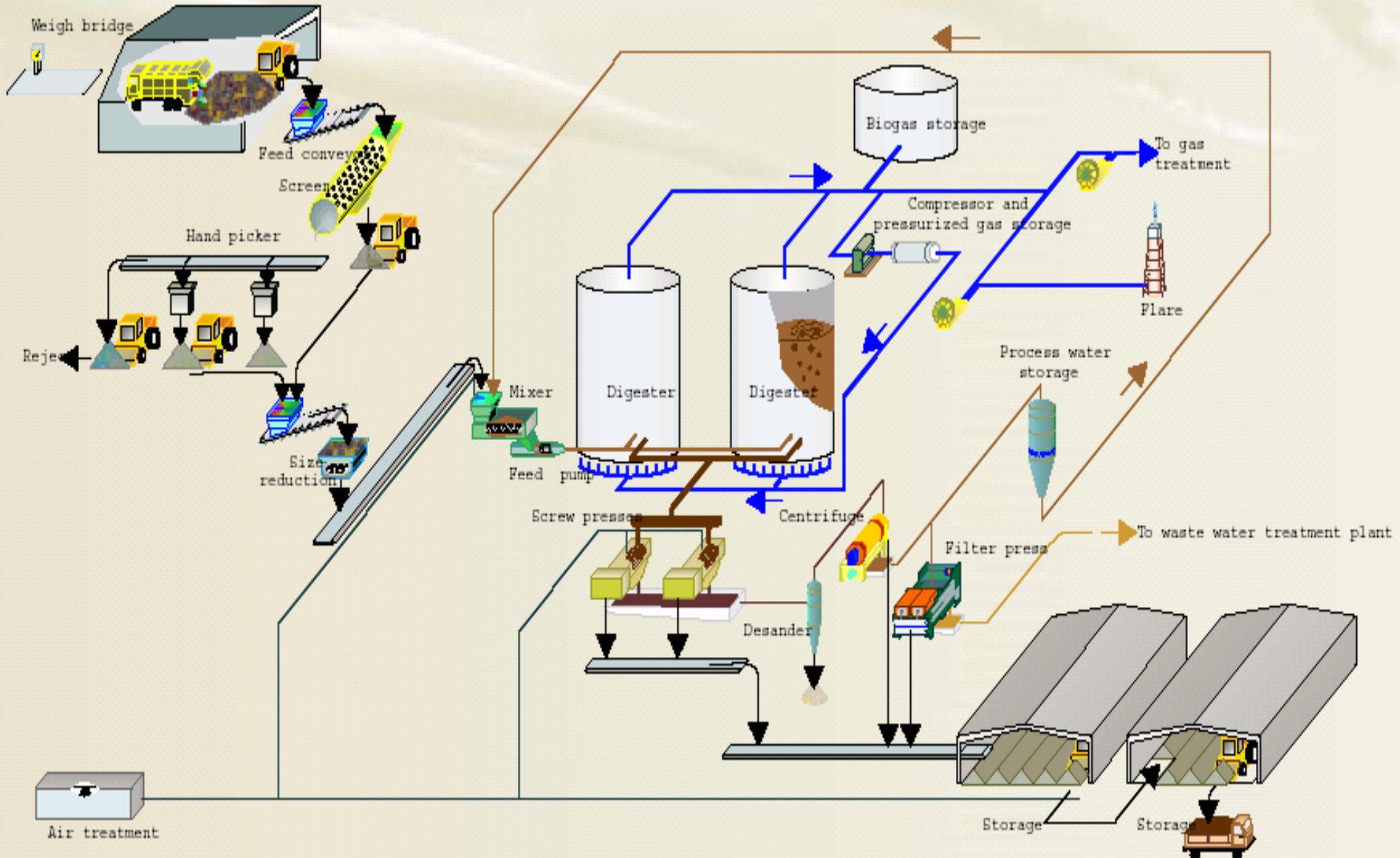


Tilburg Biyometanizasyon Tesisi (Hollanda)

İşletmeye Alma Tarihi	1994
Kabul Edilen Atıklar	Bitkisel atıklar, sebze-meyve atıkları (%75'i mutfak ve bahçe atıkları, %25'i kağıt, karton)
Tesis Kapasitesi/Alan	52.000 t/yıl- 1,6 ha
Ünitede kalma süresi	20-24 gün
pH	7,1
Organik yükleme hızı	7.0-8.6 kg VDM/m ³ *gün
Metan içeriği	%55
Metan üretimi	200-250 Nm ³ /tons VDM
Sıcaklık	35°C-40°C (mezofilik, genellikle, 38° C)
Üretilen Kompost Miktarı	18.000 t
Elektrik üretimi için kullanılacak metan miktarı	1,36milyon m ³ /yıl (728 t karbona karşılık gelir)
Gaz Emisyonları	yaklaşık 15000 ton karbon eşdeğerine
Kuru madde içeriği	ağırlıkça % 25-35



Tilburg Biyometanizasyon Tesisi (Hollanda)





Biyometanizasyon Tesisi (Brecht-Belçika)

İşletmeye Alma Tarihi	1992
Kabul Edilen Atıklar	Mutfak Atıkları, Bahçe Atıkları, Kağıt (%15 kaynakta ayrı toplanmış mutfak atıkları, %10 geri kazanılamayan kağıtlar ve %75 bahçe atıkları)
Tesis Kapasitesi	165 t/gün
Ünitede kalma süresi	14-20 gün
Metan içeriği	%55
Sıcaklık	55°C (termofilik)

	Miktar (ton)
Kompost	0.33
Biyogaz	0.14
Atıksu	0.42
Katı kalan kısım	0.105

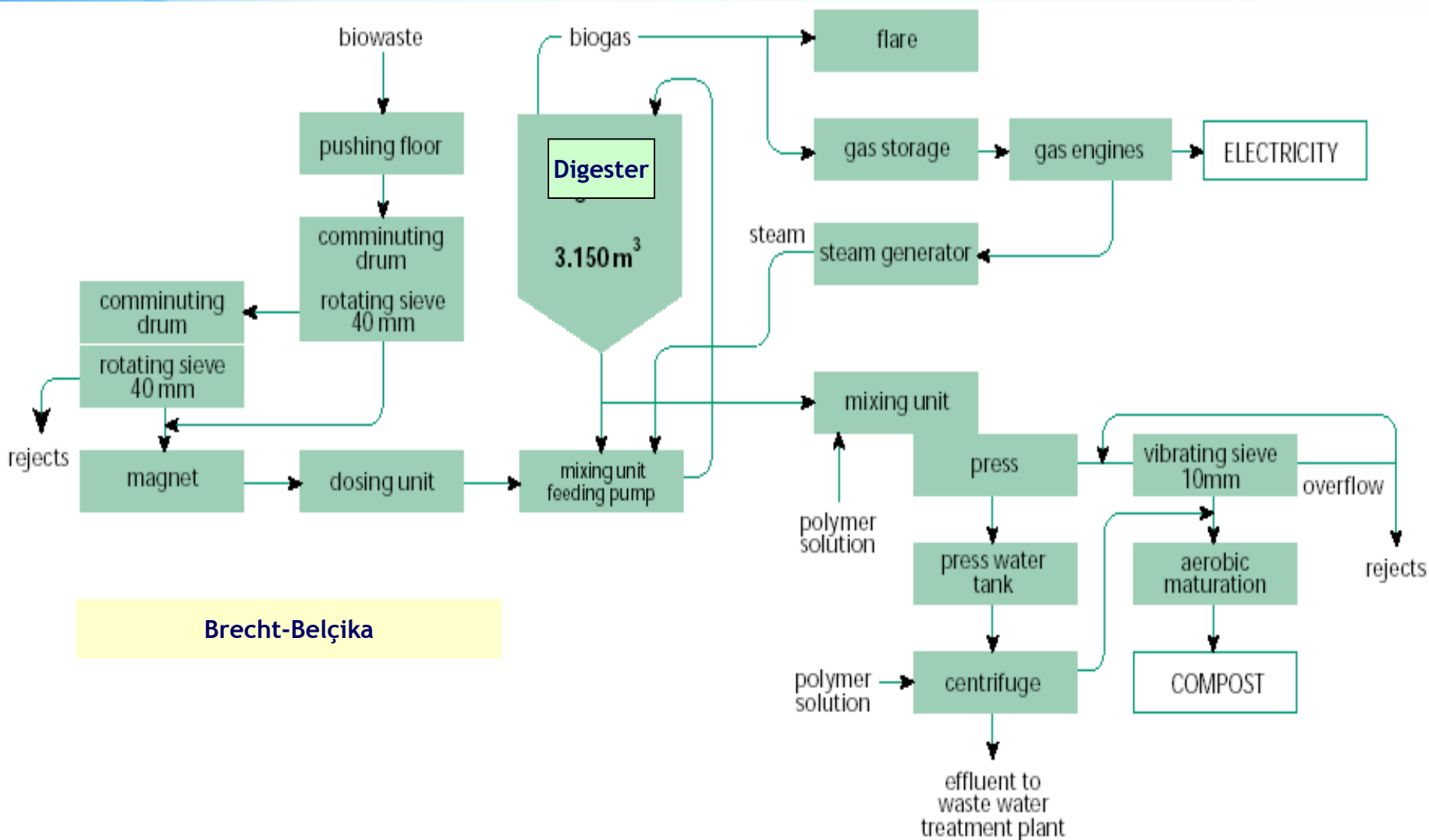
Biyogaz üretimi	118m ³ /ton atık
Elektrik üretimi	8,500MWh/yıl (~ 170 kWh/ton)
Birliğin Yatırımı	€16 milyon (~£11.5 milyon)
Bertaraf maliyeti	€82 /ton (~ £59/ton)

ton başına çıkış değerleri



Biyometanizasyon Tesisi (Brecht-Belçika)

Proses Akış Diyagramı





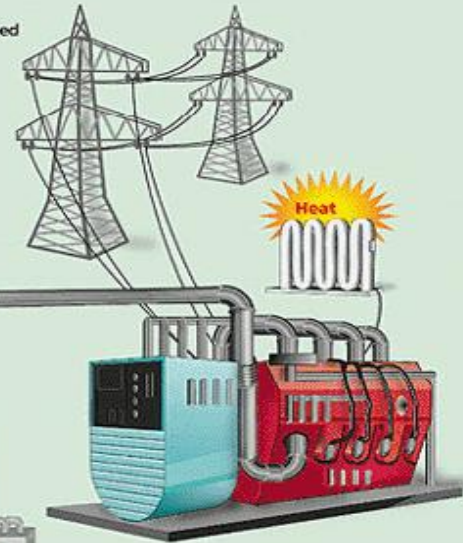
Rumlang Biyometanizasyon Tesisi (İsviçre)

Option

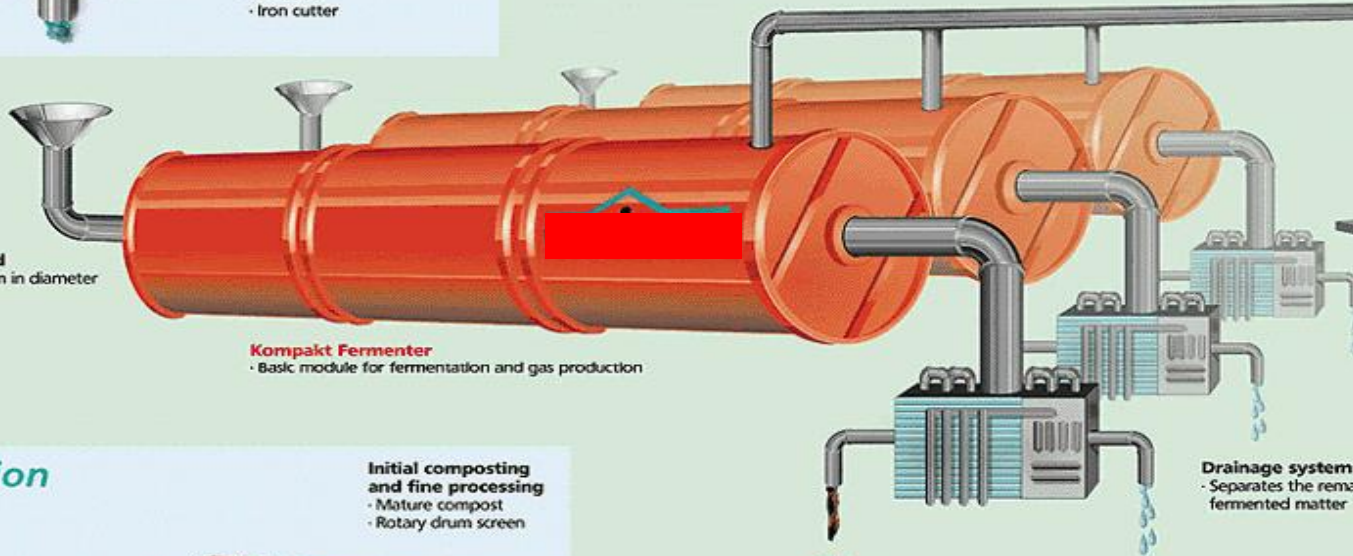


The standard **Kompogas Kompakt module** consists of a fermenter, BHGP and drainage system. A fermenter processes 5,000 tons of ecological waste a year and other fermenters can be added if need be.

Electricity can be piped into the network



Direct feed
• Sieve 40mm in diameter



Option

Initial composting and fine processing

- Mature compost
- Rotary drum screen



Fresh compost



Liquid fertilizer



Rumlang Biyometanizasyon Tesisi (İsviçre)

Kabul Edilen Atıklar	Kaynağında ayrılmış Mutfak ve bahçe atıkları, sebze-meyve atıkları
Tesis Kapasitesi/Alan	20.000 t/yıl- 900 m ²
Ünitede kalma süresi	15-20 gün
Sıcaklık	55°C-60°C (termofilik)

Fermantör girişi	20.000t/yıl
Fermantör günlük giriş değeri	54,7t/gün
Taze kompost (%45 kuru madde)	9.000t/yıl
Olgun kompost (%65 kuru madde)	7200t/yıl
Sıvı gübre	9000t/yıl
Biyogaz	2.100.000Nm ³ /yıl

Atık Kütle Dengesi



Kapasitelerine Göre Tesis Değerleri

Yıllık atık kapasitesi	5000 ton (2003, ton başına)	10000 ton (2003, ton başına)
Toplam yatırım	£1.23 mn	£1.49 mn
Toplam işletme maliyeti	£43.69	£29.23
Elektrik satışından elde edilen gelir	£3.04	£3.34
Net işletme maliyetleri	£40.64	£25.89
Yıllık atık kapasitesi	5,000 ton organik atık, (2007)	
Biyogaz üretimi (yaklaşık %60 Metan)	1,300 m ³ /gün	
Fuel oil eşdeğeri	800 litre	
Elektrik şebekesine aktarılan	1,500 kWh /gün	
Isı enerjisi (alıcılara aktarılan)	3,600 kWh / gün	
Tesiste tüketim ve kayıp	2,700 kWh / gün	
Toplam enerji üretimi	7,800 kWh / gün	
Kompost üretimi	5.2 m ³ / gün (atığın %25)	

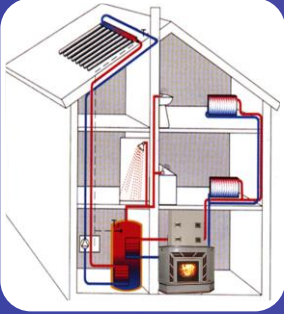


Tesis Fiziksel Özellikleri

Firma Adı	Atık tipi	Kapasite (ton)	m ² / ton	Alan (ha)	Tesis İçinde Yer Alanlar
Valorga/Fransa	Ayrı toplanmış	72000	0.47	3.36	Ön arıtma (karışık atıklar) ve buhar üretimi
Valorga/Hollanda	Ayrılmış Mutfak ve bahçe atıkları	52000	0.31	1.60	Katı gübre için basit aerobik arıtma ve buradan kaynaklı havayı arıtmak için biyofiltre, biyogaz düzenli depolama sahasındaki sisteme gönderilmektedir.
Dranco / OWS Belçika	Ayrılmış mutfak atıkları, ot ve yapraklar ve odun parçaları	13000	0.23	0.30	Katı gübre için basit aerobik arıtma ve güç üretimi
Kompogas /İsviçre	Ayrılmış (50:50, mutfak:bahçe atıkları)	10000	0.25	0.25	Kapalı binada havalandırılmalı aerobik arıtma, elektrik üretmek için 3 gaz motoru
Waasa/ Finlandiya	%60 ayrılmamış, %40 kabaca ayrılmış	40000	0.25	1.00	Basit çürütücü depolama alanı, ve gaz motoru
BTA/Almanya	Ayrılmış mutfak ve bahçe atıkları	21500	0.50	1.08	Elekler, aerobik arıtma
YIT/VMT/İsveç	Kabaca ayrılmış atıklar	8100	1.36	1.10	Pilot tesis



Biyogaz Kullanım Alanları



Isıtmada kullanılması

gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklar,
termosifon ve şofbenler,



Enerji amaçlı kullanımı

doğrudan yanma,
elektrik enerjisine çevrilerek aydınlatmada,



Motorlarda kullanımı

binek taşıtlar ve ağır vasıta araçlarda yakıt olarak kullanılır.

%97 metan içeren
1 m³ biyogaz ~ 1 litre benzine
eşdeğer enerjiye sahiptir.



Biyogaz Kullanım Alanları

14 Avrupa şehrinde biyogaz araç yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Şehir	Nüfus	Biyogaz Kaynağı	Yıllık Üretim (10 ⁶ Nm ³ /yıl)	Araç Parkı	Üretim Maliyeti (€/m ³)	Satış Fiyatı (€/m ³)
Stokholm	600.000	Kentsel Atıksu	1,5 (+3)	425 otomobil 3 kamyon	0,7	0,9
Lille	1.200.000	Kentsel Atıksu	1	124 otobüs	0,75	-
İpsala	200.000	Gıda Endüstrisi Atığı + Hayvan Atığı	2	46 otobüs (+2 hibrit otobüs)	-	0,85
Zürih	1.200.000	Doğal Gaz + Biyogaz	-	9 kamyon 600 hafif vasıta	-	-
Roma	2.800.000	Kentsel Atıksu	3,5	12 kamyon	-	-
Riykjevik	170.000	Atık Depolama Alanı	-	42 belediye otomobili	-	1,1
Linksping	132.000	Gıda Endüstrisi Organik Atığı	3	68 otobüs 200 otomobil	-	0,12
Göteborg	800.000	Doğal Gaz + Biyogaz	-	1490 araç	-	0,81
Trollhöttan	52.000	Atıksu, Gıda Endüstrisi Atığı	0,6	100 otomobil 10 otobüs 5 kamyon	0,2	0,61
Helsingborg	300.000	Atık Depolama Alanı	-	60 araç	-	0,88
Kristienstad	70.000	Atıksu, Hayvan Atığı	1,5	22 otobüs 2 kamyon 50 otomobil	-	0,66
Kalmar	57.000	Atıksu, Hayvan Atığı	2,5	35 otomobil 5 kamyon	-	0,77
Jönköping	118.500	Atıksu	1,5	95 otomobil	-	0,75
Eslöv	29.000	Atıksu	0,2	50 otomobil 2 otobüs 2 kamyon	0,33	0,66

0,7 €/m³'e mal olan biyogazın araç yakıtı olarak satış bedeli 0,7 – 1,1 €/m³



Biyogaz Kullanım Alanları



Almanya'da biyogaz tesislerinin
~ %60'ı ana hammadde olarak inek/sığır gübresi,
%15'i ise domuz gübresi, geri kalan kısım da kanatlı hayvan atıkları ve diğer
hammaddeleri kullanmaktadır.

Almanya'da 11 milyon hektar olan ekim alanlarının
%30'luk kısmı biyogaz hammaddesi
için kullanıldığında
400 TWh (Terrawatt) gücünde enerji elde edilebilmektedir.

Bunun % 50'si elektrik ve ısı olarak, % 50'si araçlarda yakıt olarak kullanıldığında,
benzin ve motorin tasarrufu olarak 20 milyon tona ulaşılmaktadır.



TÜRKİYE'DEKİ BİYOMETANİZASYON TESİSLERİNDEN ÖRNEKLER





Kocaeli Biyogaz Tesisi Bilgileri

Yükleme miktarı (Hal atıkları ve hayvansal gübre)	19-20 t/gün
Toplam kuru madde	%11-12
Fermantasyon sıcaklığı	35 °C
Fermantör hacmi	1650 m ³
Nem içeriği	%75
Biyogaz üretimi	2095 m ³
Metan üretimi	1089 m ³
CO ₂ üretimi	~1006 m ³
Jeneratörden elde edilen elektrik	163,56 kW/gün
Soğutma amaçlı alınan ısı enerjisi	166,42 kW/gün
Toplam ısı ve elektrik	329,98 kW/gün
Fermantöre aktarılan ısı enerjisi	37,87 kW/gün
Tesis içi ısıtma amaçlı aktarılan ısı enerjisi	128,56 kW/gün
Biyogazdan kaynaklı ısı kaybı	61,02 kW/gün
İhtiyaç duyulan ek enerji ihtiyacı (karıştırıcı ve pompalar için)	17,32 kW/gün



İstanbul-Hasdal Biyometanizasyon Projesi

sebze-meyve hallerinin organik atıkları, pazar yerleri atıkları, yüksek miktarda organik atığı oluşan endüstriyel işletmeler, mekanik ayırmaya tabii tutulmuş evsel atıkların organik kısmı, arıtma çamurları vb. atıklar

tesise kabul edilecek atık miktarı ~ 164t/gün (kış), 268 t/gün (yaz)

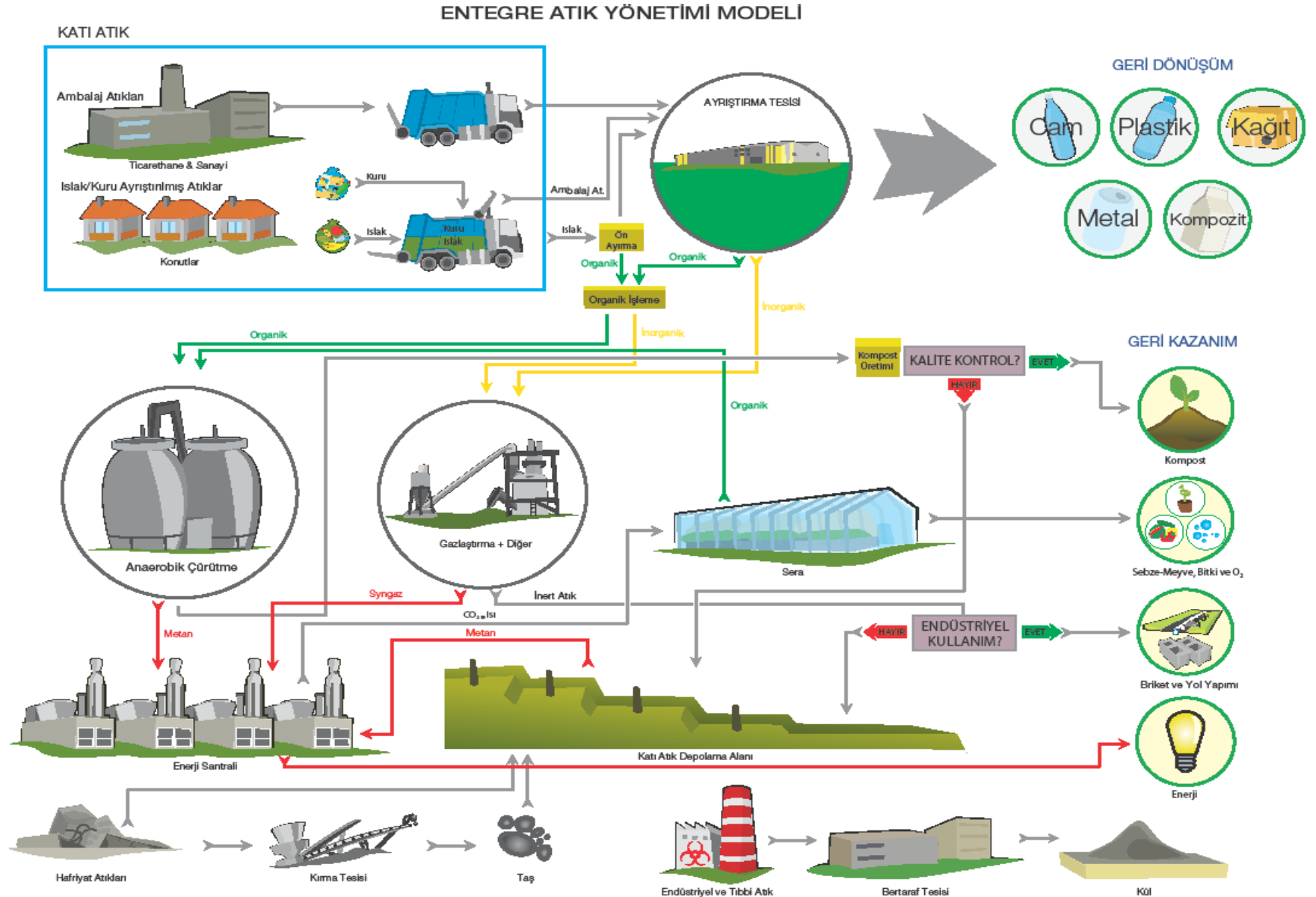
Yatırım Bütçesi	4-5 milyon €
Günlük kabul edilebilecek atık miktarı	150t/gün-45.000t/yıl
Biyogaz miktarı	750m ³ /h-5.400.000m ³ /yıl
Elektrik enerjisi üretimi	1057kWh/h-8.456.000kWh/yıl
Üretilen gübre	50t/gün-15.000t/yıl



Sakarya- Pamukova Katı Atık Yönetimi Entegre Tesisleri

- *Tesis alanı ~20.707,57 m²*
- *Evsel atıklar ile gıda fabrikasına ait atıklar, tarımsal üretim atıkları ve hayvansal atıklar*
- *Tesis kapasitesi ~35000ton evsel atık, 12000 ton hayvansal atık*
- *Üniteler;*
 - kantar ve kabul tesisi,*
 - atık kabul ve ayrıştırma tesisi,*
 - anaerobik fermantasyon tesisi*

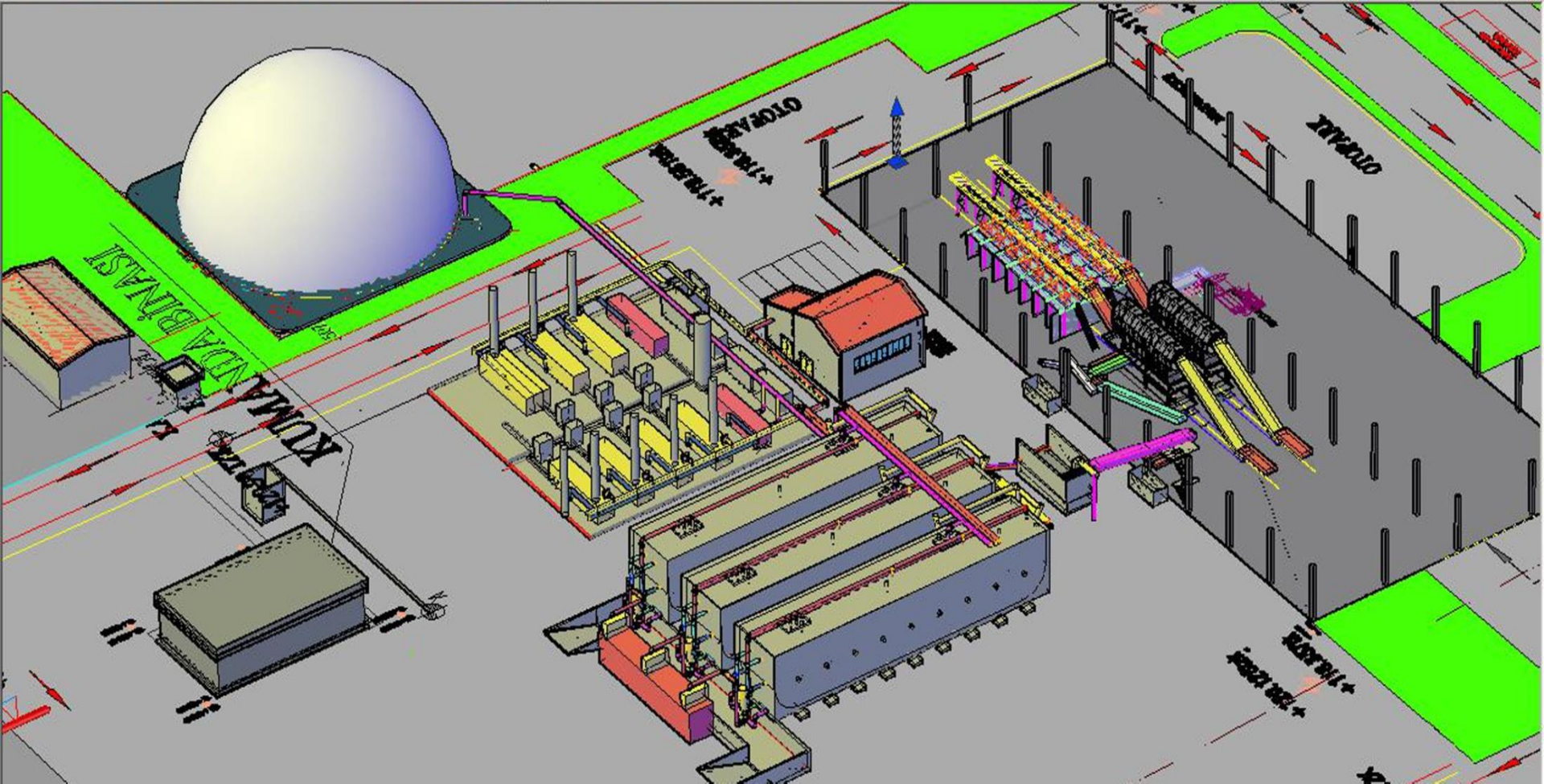
Ankara Entegre Katı Atık Yönetim Sistemi





Adana Entegre Katı Atık Tesisi

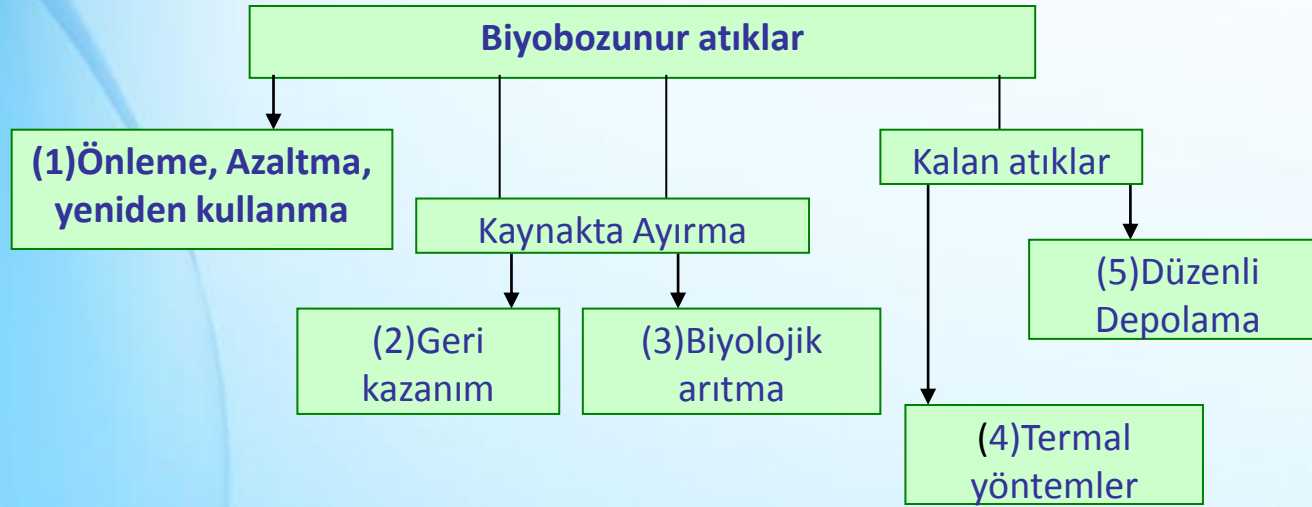
*1500 t/gün evsel atık,
toplama-ayırma tesisi, kompost ünitesi, düzenli depolama sahası,
tıbbi atık sterilizasyon ünitesi, depo gazı toplama, enerji üretim tesisleri*





SONUÇLAR VE ÖNERİLER

➤ Biyobozunur Atık Yönetim Stratejisi Yaklaşımı ,



➤ Turizm merkezi olan illerimizde oluşan bitkisel atık, park, bahçe atıkları ve evlerden ayrı toplanmış organik atıklar, özellikle otellerden kaynaklı organik atıkların miktarının ve enerji içeriklerinin fazla olması, biyogaz ile elektrik ve ısı enerjisi elde edilmesi potansiyelinin değerlendirilmesi,



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Oluşan biyogaz ısıtmada, enerji amaçlı ve motorlarda yakıt olarak kullanılması,
- Oluşan katı (kompost) ve sıvı gübrenin tarımsal maksatlı kullanımı teşvik edilmesi,
- 35°C sıcaklık, %75 nem içeriği ve %11-12 katı madde içeriği, 20 t/gün atık beslemesi yapılan bir tesiste yaklaşık 2000 m³ biyogaz elde edilir.
Bu değerin %52'si CH₄, %48'i CO₂'tir.
Jeneratörden elde edilecek olan elektrik yaklaşık 164kW/gün'dür.
- Büyükbaş Hayvan atıklarının, diğer organik atıklarla birlikte merkezi Biyometanizasyon Tesislerinde arıtılarak yenilenebilir enerji ve organik gübre geri kazanımı özellikle hayvan sayısının 400 ve üzerinde olduğu durumlarda feasible olmaktadır.



TEŞEKKÜRLER