

# Atıktan Enerji Üretimi: Hayvansal ve Tarımsal Atıkların Çevre Dostu Yöntemlerle Doğaya Kazandırılması

**Prof. Dr. Nuri Azbar**

Çevre Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi

&

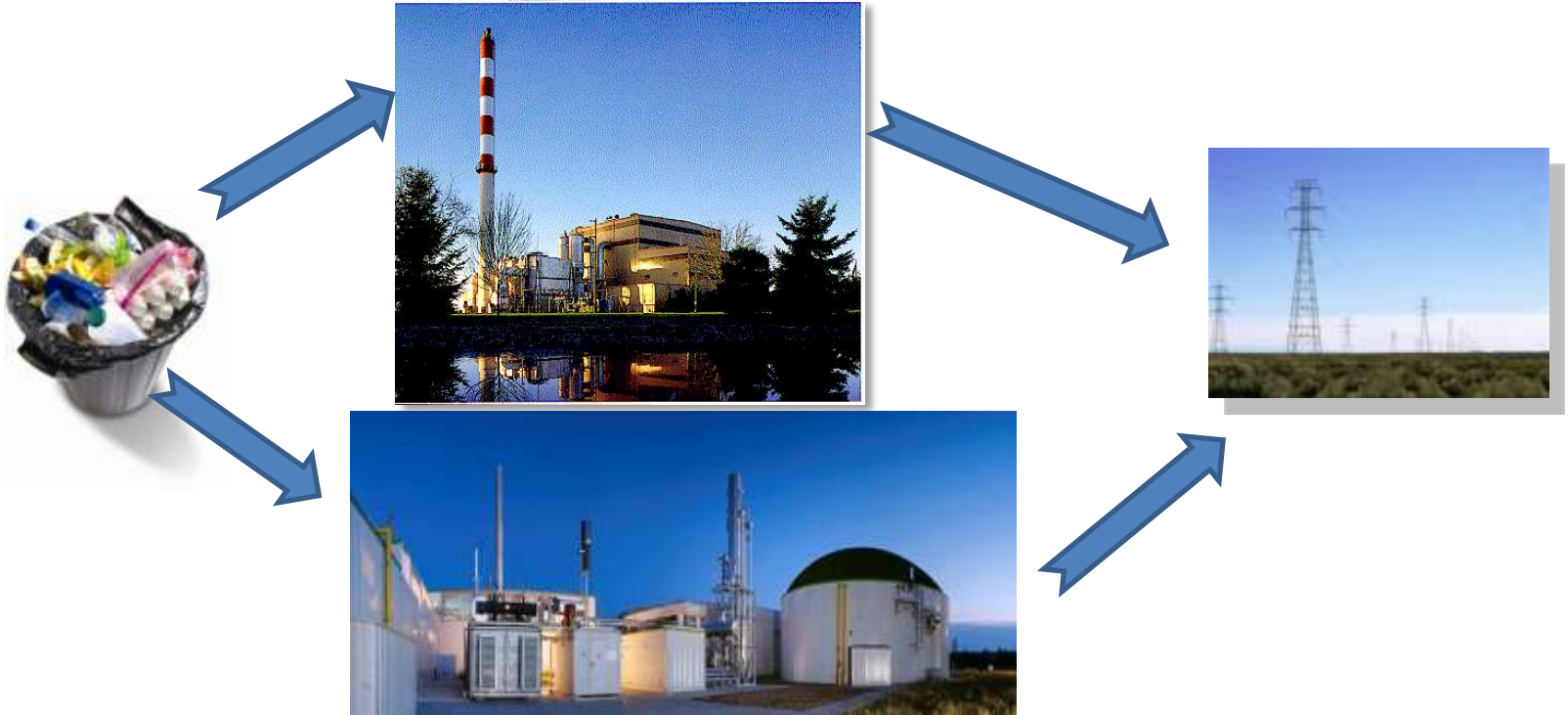
Ege Üniversitesi, Çevre Sor. Uyg ve Ar. Merkezi, İzmir

[nuri.azbar@ege.edu.tr](mailto:nuri.azbar@ege.edu.tr)



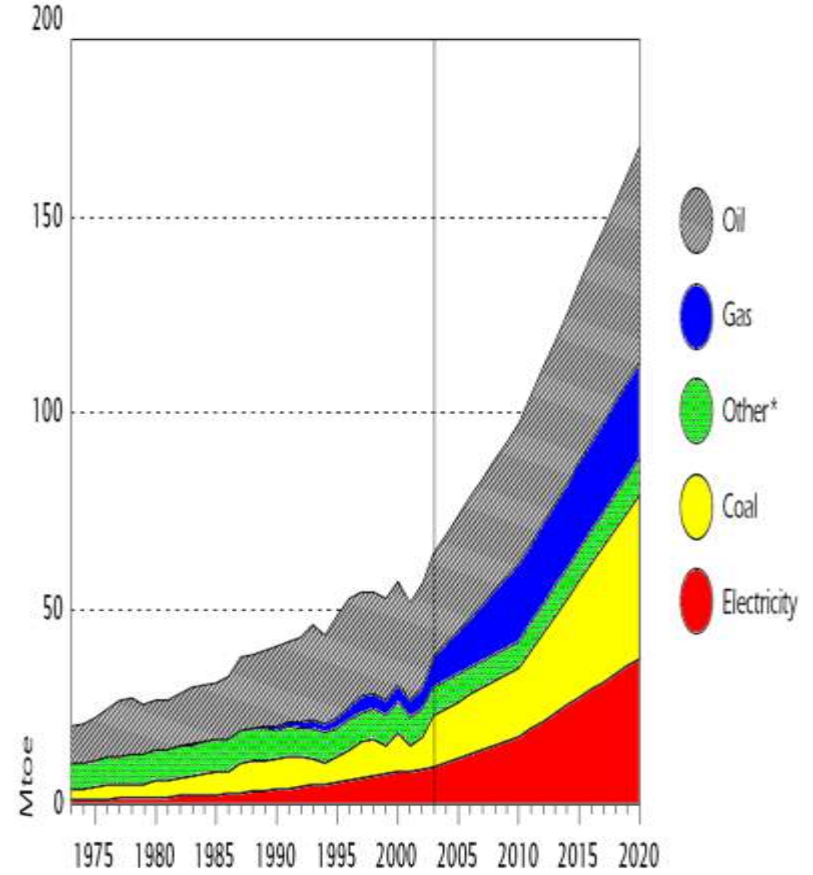
# Atıktan Enerjiye

«**Atıktan Enerjiye**» atıkların termal (yakma, gazlaştırma, piroliz, plazma ark) ya da **biyolojik yollarla (biyogaz)** enerji kullanımına sunulması seçeneğidir



# GİRİŞ

- Ürettiğinin üç mislini tüketiyoruz ve enerji temini bakımından % 70'in üzerinde yurt dışı kaynaklara bağlıyız
- Başta kenstel katı atıklar olmak üzere organik atıkların (kentsel katı atıklar, tarımsal atıklar, tavuk çiftlikleri atıkları, büyük baş hayvan çiftlikleri atıkları, sera atıkları, peynir altı suyu, karasu v.b.) doğru ve stratejik bir yaklaşımla idare edilmesi şart
- Ülkemiz aynı zamanda **organik gübre** açısından da çok fakir



\* includes geothermal, solar, wind, combustible renewables and waste.

Sources: Energy Balances of OECD Countries, IEA/OECD Paris, 2004; and country submission.

# EU Politika ve Hedefleri: Enerji



- **RES White paper 1997:**  
Toplam enerji kullanım içinde  
yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının itibariyle **6% 'dan 12%**



- **Sera gazlarının azaltılması**  
(1997 Kyoto Protokolüne uyulması)

# EU Yasal Düzenlemeler

## Yenilenebilir Enerji

**2001/77/EC (27.09.01) : Toplam elektrik kullanım içinde yeşil elektrik kullanım oranını %14'den % 21'e çıkarmak. (2010'da tahmin edilen %18-19)**

**• Yenilenebilir Isıtma ve Soğutma Yönetmeliği:**

**• 08.05.2003 Tarihli Yönetmelik 2003/30/EC : taşımacılıkta sıvı ve gaz yakıtların teşviki : hedefler:**  
2005' de 2% ; 2010' da %5.75

**BIYOYAKITLAR**





# ORGANİK ATIKLARIN BERTARAF SEÇENEKLERİ



DEPONİ



YAKMA TESİSLERİ



EVSEL KOMPOST



SANAYİ KOMPOST



ANAEROBİK  
ÇÜRÜTME

- Atık azaltımı ve ayırma şart Directive 2006/12/EC
- Deponi gazı enerji üretim amacı ile kullanılabilir ancak düşük verim
- Nutrientlerin geri kullanımı mümkün değil

- + Enerji kullanımı
- "atık ısı" kullanımı düşük
- Nutrientlerin geri kullanımı mümkün değil
- Yüksek yatırım maliyeti ve diğer sorunlar
- Merkezi tesislere uzun mesafe taşıma ve maliyet

- + Yaygın kullanım
- + Yüksek değerli son ürün: nutrient geri kullanımı ve yararlanım
- + İleri teknik gerektirmiyor
- Enerji üretimi yok
- Her atık türü için uygun değil
- Kentsel alanlarda mümkün değil

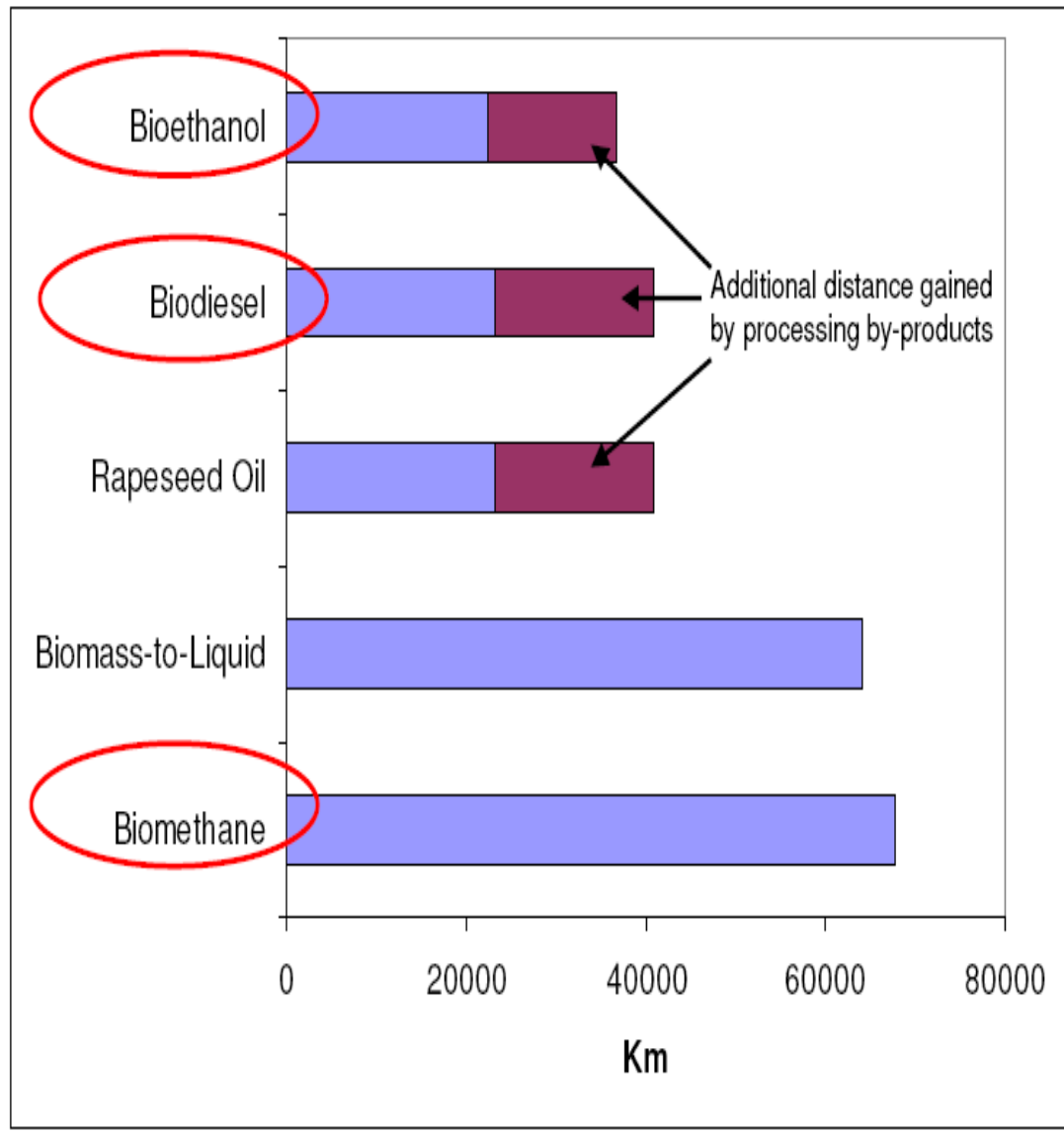
- + Yaygın kullanım
- + Yüksek değerli son ürün: nutrient geri kullanımı ve yararlanım
- Enerji üretimi yok

- + Yüksek enerji üretimi
- + Yüksek değerli son ürün: nutrient geri kullanımı ve yararlanım
- Teşviklere ihtiyaç var

# Biyogaz, enerji piyasasında önemli bir alternatiftir

- Enerji sorunu tüm dünyada kritik bir konu olup çevre dostu enerji arayışları hızla devam etmektedir.
- Küresel enerji piyasası hızla genişlemektedir.
- Fosil yakıtlar bugüne kadar çevre sorunları ile beraber en temel enerji kaynağı olmuştur.
- Uzmanlar enerjiye olan ihtiyacın giderek artacağına hem fikirdir.
- Çevre dostu enerji alternatiflerine süratle ihtiyaç vardır.
- Sera gazları ve iklim değişikliği konuları çevre dostu enerji alternatiflerini kaçınılmaz kılmaktadır.
- Bu bağlamda biyogaz alternatif yeşil enerji olarak önemli bir potansiyel sunmaktadır.

# Comparison: Range of car with biofuel from 1 Ha of land



**Biomethan**  
 (Zum Beispiel aus Mais oder Getreide)  
 67.600 km

**Btl. (Biomass-to-Liquid)**  
 (Stroh)  
 64.000 km

**Pflanzenöl**  
 23.300 km + 17.600 km\*  
 (Raps)

**Biodiesel**  
 23.300 km + 17.600 km\*  
 (Raps)

**Bioethanol**  
 22.400 km + 14.400 km\*  
 (Getreide)

Pkw-Kraftstoffverbrauch:  
 Otto 7,4 l/100 km,  
 Diesel 6,1 l/100 km  
 \*Biomethan aus Neben-  
 produkten (Rapskuchen,  
 Schlempe, Stroh)

Joint Research Centre

Source: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)









# Global Biogas Market Value

By Region, 2016 (US\$ Mn)

US\$  
14,373.2 Mn

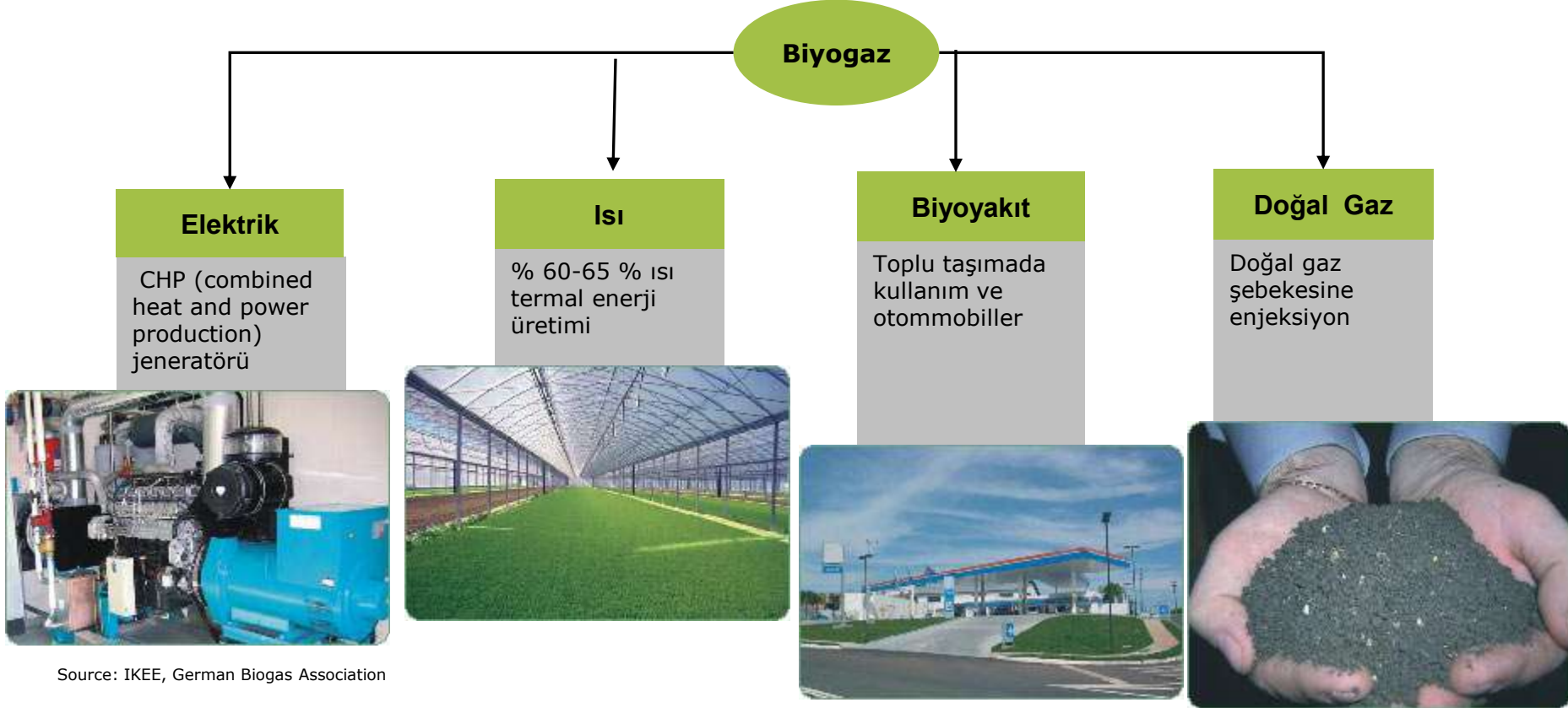
2016 – 2026 at a CAGR of **6.5%**



Source: Future Market Insights Analysis, 2016

Küresell biy gaz piyaysıs 2015 yılında oldukça önemli bir sıçrama yapıp **US\$ 24 milyar dolarlık** üzerine çıkmıştır. Latin Amerika ve Asya Pasifik bölgesi de bu anlamda ön plana çıkmaya başlamıştır. TÜRKİYE de **yatırımcılar için yeni bir bölge olarak dikkat çekmektedir.**

# Biyogaz avantajları ile önemli bir potansiyele sahiptir



AB'de temel biyogaz üretimi

	2004				2005			
	Décharges	Station	Autres	Total	Décharges	Station	Autres	Total
	Landfill Gas	d'épuration Sewage sludge gas	biogaz Other biogas		Landfill gas	d'épuration Sewage sludge gas	biogaz Other Biogas	
United Kingdom	1 327,0	177,0		1 504,0	1 421,0	179,0		1 600,0
Germany	573,2	369,8	351,7	1 294,7	573,2	369,8	651,4	1 594,4
Italy	297,7	0,3	37,5	335,5	334,1	0,4	42,0	376,5
Spain	219,1	52,1	23,6	295,1	236,5	56,8	23,6	316,9
France	127,0	77,0	3,0	207,0	129,0	77,0	0,0	209,0
Netherlands	67,1	53,8	28,9	149,8	59,8	50,7	39,6	140,1
Denmark	13,8	19,8	55,6	89,3	14,3	20,5	57,5	92,3
Belgium	56,3	9,7	7,8	73,8	56,3	9,7	7,8	73,8
Czech Republic	18,6	28,7	2,9	50,2	21,5	31,4	2,8	55,8
Poland	21,5	23,9		45,4	25,1	25,3	0,3	50,7
Austria	11,8	19,1	14,5	45,4	11,8	19,1	14,5	45,4
Greece	20,5	15,5		36,0	20,5	15,5		36,0
Ireland	19,9	4,8	5,1	29,9	24,9	4,8	5,1	34,8
Sweden	12,0	22,1	1,2	35,3	10,1	18,7	0,9	29,8
Finland	16,6	9,9		26,5	16,6	9,9		26,5
Portugal			4,5	4,5			10,0	10,0
Slovenia	5,8	0,9		6,6	6,0	0,7		6,8
Luxembourg			5,00	5,0			6,7	6,7
Slovakia		5,7	0,2	5,9		5,7	0,2	5,9
Hungary	0,7	2,6	0,2	3,5	0,8	2,9	0,2	3,8
<b>Total EU</b>	<b>2 808,6</b>	<b>893,1</b>	<b>541,7</b>	<b>4 243,3</b>	<b>2 961,4</b>	<b>898,0</b>	<b>855,6</b>	<b>4 715,0</b>

Source: EurObserv'ER 2006

Birimler = ktoe

# «Ecocycle» Raporu

- Anaerobik teknoloji atıktan enerji üretimi için belediyelerin seçebileceği en ekonomik ve çevreci teknolojidir. Belediyeler arıtma çamurları da dahil olmak üzere gıda atıkları ve diğer biyolojik atıklar için anaerobik tesisler kurmalıdır.

**eco·cycle**  
Working to Build Zero Waste Communities

SEPTEMBER 2011

[www.ecocycle.org/zerowaste](http://www.ecocycle.org/zerowaste)



# BIYOKÜTLE

Yenilenebilir enerji kaynağı

&

Net Karbon Emisyonu Yok

Biyokütleden enerji üretimi sırasında açığa çıkan CO<sub>2</sub>  
biyokütlenin yetiştirilmesi sırasında tutuklanan CO<sub>2</sub>  
ile dengelenir



Share of energy from renewable sources in gross final energy consumption in 2013 and 2014, indicative trajectory and national overall targets in 2020

	2013	2014*	Indicative Trajectory		2020 target**	Percentage of target achieved
			2013-2014	2015-2016		
Italy	10,7	17,4	0,7	10,5	17	102,1
Latvia	37,1	36,1	34,8	35,9	40	90,3
Lithuania	22,9	23,5	17,4	18,6	23	102,2
Luxembourg	3,7	4,7	3,9	5,4	11	42,8
Malta	4,0	5,1	3,0	4,5	10	50,9
Netherlands	4,7	5,4	5,9	7,6	14	38,7
Poland	11,3	11,5	9,5	10,7	15	76,6
Portugal	25,6	26,5	23,7	25,2	31	85,4
Romania	23,9	24,5	19,7	20,6	24	102,2
Slovakia	10,2	12,0	8,9	10,0	14	85,4
Slovenia	22,9	22,1	18,7	20,1	25	88,5
Spain	15,2	15,8	12,1	13,8	20	79,2
Sweden	52,6	53,7	42,6	43,9	49	109,5
United Kingdom	5,4	6,7	5,4	7,5	15	44,5
<b>EU 28</b>	<b>14,9</b>	<b>15,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>79,2</b>

Ülke bazında, 7 üye ülke 2020 hedeflerine şimdiden ulaşmıştır (Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, İtalya, Estonya, Litvanya, Romanya ve İsveç). 5 üye ülke ise hedeflerini n% 90'ına ulaşmıştır (Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Hırvatistan ve Latviya). Önemli enerji tüketici ülkelerden Fransa ve Almanya hedeflerinin sırasıyla % 62.8 ve %and % 76.5 %sına ulaşmışlardır. İngiltere sadece hedeflediğinin % 44,5 'ini başarmıştır.

\*EurObserv'ER estimates, calculated on the basis of the project's data collection campaigns. \*\* All percentages originate from Annex I of Directive 2009/28/EC. The indicative trajectory has been calculated from Part B of the Annex. \*\*\* Results for France calculated by EurObserv'ER don't include the overseas territories but for the purpose of Directive 2009/28/EC the accounting of energy from renewable sources for France has to include French overseas territories. Source: EurObserv'ER 2015.

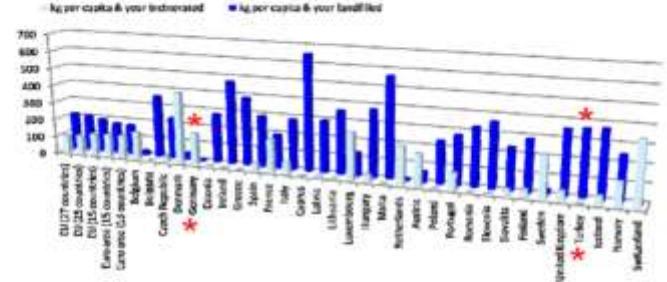
# Türkiye’de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış :

## Kentsel Katı Atıklar

- Ülkemizde katı atıkların bertaraf yöntemi maalesef halen vahşi depolama ya da deponi sahalarında depolama şeklindedir. Türkiye’de yılda ortalama **25 milyon ton** kentsel katı atık üretimi tahmin edilmektedir. Bu atığın ortalama % 50’sinin organik maddeden oluştuğu söylenebilir. Ortalama ıslak tonundan **75 m<sup>3</sup>lük** biyogaz üretim potansiyeli ile kentsel katı atıkların organik kısmından modern biyogaz tesislerinde **6.11x10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> biyogaz** üretimi mümkün gözükmetedir. Ayrıca anaerobik fermentasyon sonrası geriye kalan kısmın da **organik gübre** olarak kullanılabilirliği önemli bir ekonomik ve tarımsal avantaj sunmaktadır

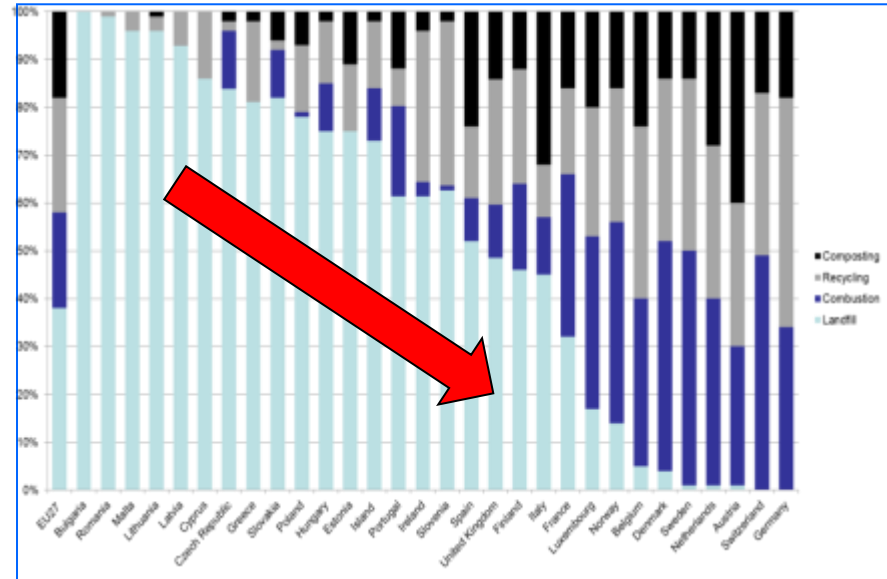
### Fate of municipal solid waste in the EU

EU landfill directive 99/31/EC influences dramatically domestic waste treatment technologies since 2005



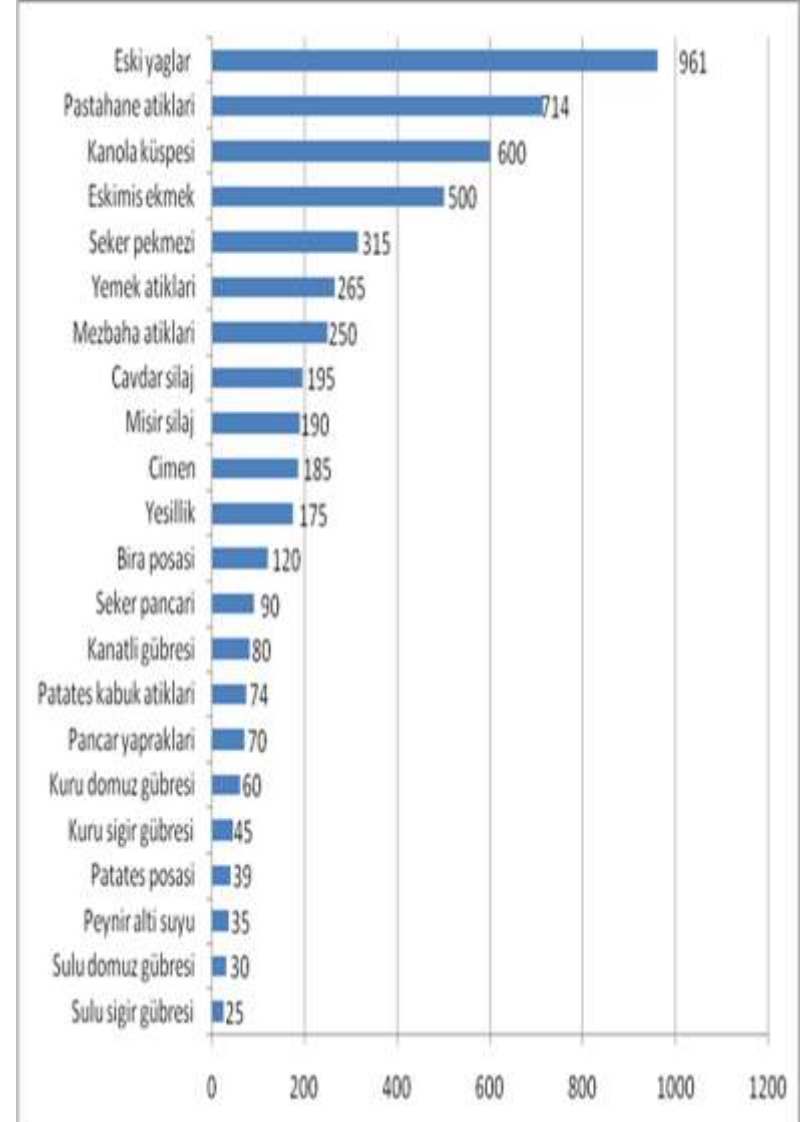
	Germany	Turkey
Municipal waste (household and similar wastes) t	22.182.000	25.373.000
Kg per capita and year incinerated	179	0
Kg per capita and year landfilled	4	354

Data according to Eurostat database: <http://ec.europa.eu/eurostat>



## Türkiye’de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Tarımsal Atıklar ve Enerji Bitkileri

- Ülkemizde 28 milyon hektar ekilebilir arazide yılda yaklaşık 55 milyon ton biyokütle üretimi (buğday samanı, arpa samanı, mısır koçanı, pamuk kozası kabuğu, ayçiçeği posası, şeker pancarı posası, fındık kabuğu, yulaf samanı, çavdar samanı, meyve posaları, zeytin posası, pirinç çeltiği v.b.) bulunmaktadır. Bunların içinde özellikle zeytinyağ üretimine bağlı olarak ortaya çıkan prina ve karasu önem arz etmektedir (KOİ: 200 bin mg/L). Var-yok yılı neden ile iki yılda bir 100 günlük kampanya döneminde çok yüksek miktarlarda konsantre bir atıksu alıcı ortamlara maalesef çoğunlukla hiçbir işlem görmeden atılmaktadır.



## Türkiye’de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Aritma Çamurları

- Avrupa Birliği erişim sürecinde özellikle çevre paketine uyumluluk çalışmaları kapsamında başta büyükşehirler olmak üzere atıksu arıtma tesislerinin sayısı önemli oranda artmıştır. Sadece İzmir’de yaklaşık 26 ileri arıtma tesis kurulmuştur. Arıtmanın doğal sürecinde önemli oranda bakteriyel kütle fazla çamur olarak çıkmaktadır. Almanya’da eşdeğer nüfusu 100.000 ve üzeri yerleşim yerlerinde anaerobik çamur çürütme tesisleri zorunludur. Bu açıdan arıtma çamurları da ülkemizde önemli bir biyogaz potansiyeli sunmaktadır.

- Kişi başına günde 28 L biyogaz üretimi ve 76 milyon nüfus dikkate alındığında yılda **767 milyon m<sup>3</sup> biyogaz üretimi** (teorik) ile **210 MW’lık** kurulu güce sahip biyogaz tesisi inşa etmek mümkündür

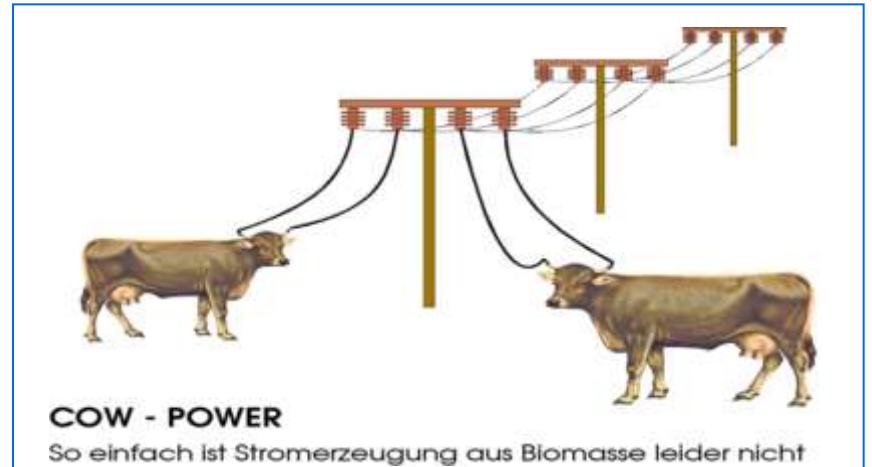


# Türkiye'de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Hayvansal Atıklar

- TÜİK-2012 verilerine göre Türkiye'de **13 milyon 915 bin** baş sığır, **27 milyon 425 bin** baş koyun, **8 milyon 357 bin** baş keçi bulunmaktadır. Kanatlı sektöre bakıldığında ise **169 milyon adet** et tavuğu, **85 milyon adet** yumurta tavuğu, **2.8 milyon adet** hindi görülmektedir. Hayvancılık sektörünün atık potansiyeline bakıldığında ise yılda ortalama **121 milyon ton organik atığın** çevre dostu yaklaşımlarla idaresinin yapılması gerekliliği görülmektedir.

Hayvan türleri	Hayvan sayıları	Toplama oranla hayvan sayıları dağılım yüzdesi (%)
Büyükbaş	11.518.827	27,68
Küçükbaş	4.224.267	10,22
Melez sığır	4.730.922	11,45
Yerli sığır	2.477.939	6,00
Manda	85.690	0,21
Küçükbaş	29.382.924	71,11
Koyun	23.089.601	55,86
Keçi	6.293.233	15,23
Diğer	417.119	1,01
Deve	1.254	0,00
Domuz	1.568	0,00
At	154.702	0,37
Eşek	211.529	0,51
Kate	48.076	0,12
<b>TOPLAM</b>	<b>41.3180.870</b>	<b>100,00</b>

- Hayvansal atıkların biyogaz dönüştürülmesi halinde **1170-2350 ktoe** (49 – 98 PJ) eşdeğer teorik olarak yılda **2.18-3.3 milyar m<sup>3</sup> biyogaz** üretmek mümkün görülmektedir

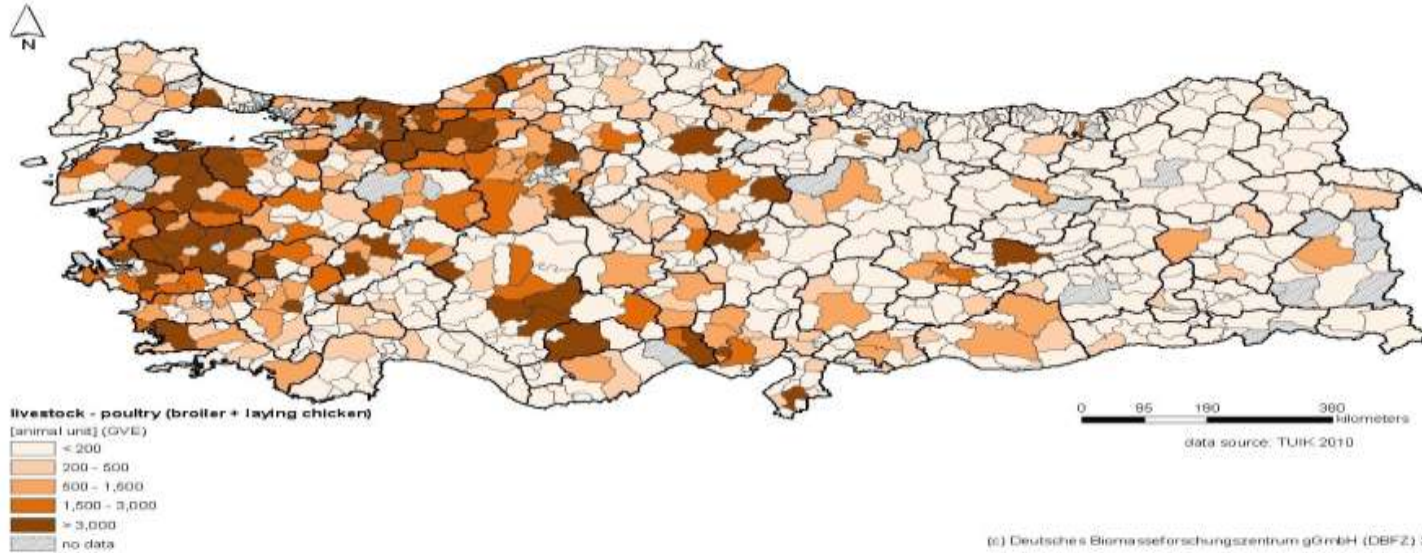




# Türkiye’de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Hayvansal Atıklar



Şekil 10: İlçe bazında hayvan birimi dikkate alınarak hesaplanmış siğir potansiyeli dağılımı. Kaynak:



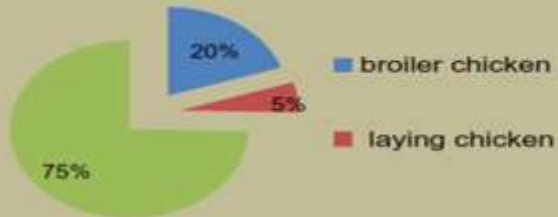
Şekil 11: İlçe bazında hayvan birimi dikkate alınarak hesaplanmış kanatlı (et ve yumurta tavuğu) potansiyeli dağılımı. Kaynak: [36].



# Türkiye'de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Hayvansal Atıklar

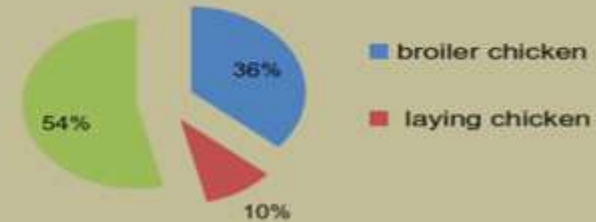
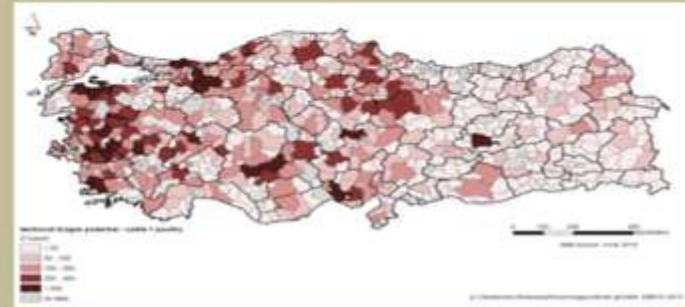
## Theoretical biogas potential

In total Cattle + Poultry: 144.366 TJ/year



## Technical biogas potential

In total Cattle + Poultry: 78.372 TJ/year



# Türkiye’de Organik Atıkların Genel Durumuna Bakış : Hayvansal Atıklar



Hayvan Türü	Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (t/yıl)	Kuru Bazda Atık Miktarı (t/yıl)	Kullanılabilirlik (%)	Kullanılabilir Kuru Madde (t/yıla)	Biyogaz (m <sup>3</sup> /yıl)	Kalorifik Değer (MJ/m <sup>3</sup> )	Toplam Kalorifik Değer (GJ/a)
Büyük Baş	12.934.485	128.602.413	16.211.033	65	10.616.129	2.123.225.839	22,7	48.197.227
Küçük Baş	30.035.590	24.666.733	6.139.581	13	801.669	160.333.765	22,7	3.639.576
Kanatlı	265.606.950	7.755.723	1.932.924	99	1.919.541	383.908.289	22,7	8.714.718

Hayvan Türü	Sayı	Atık Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Üretimi (m <sup>3</sup> /ton)	Toplam Kapasite (kW)	Tesis Adedi (500 kW kapasite)
Büyük Baş	10.946.239	108.805.615	42	1.169.027	2.338
Küçük Baş	29.568.152	2.424.588	68	179.907	359
Kanatlı	244.285.376	7.084.275	82	45.785	91
TOPLAM	-----	118.314.480	-	1.394.719	<b>2.788</b>

# Türkiye’de Biyogaz Teknolojisinin Mevcut Durumu

	İşletmedeki Biyogaz Tesis Sayısı	İşletme Kapasitesi (MW)	Planlamadaki Biyogaz Tesis Sayısı	Planlanan Kapasite (MW)	Toplamda Biyogaz Tesisleri Sayısı	Toplam Kapasite (MW)
<b>Toplam</b>	85	340,44	72	224,93	157	565,37
Tarımsal (hayvan atığı, bitkiler)	10	15,21	11	38,90	21	54,11
Gıda Sanayi (atıksu, organik atık)	17	13,68	2	3,88	19	17,56
Kentsel Atık (deponi gazı, atıksu)	29	155,77	18	60,50	47	216,27
Kentsel (Deponi)	25	151,73	14	55,36	39	207,09
Kentsel (Atıksu)	4	4,05	4	5,14	8	9,19
Diğer	0	0	23	61,15	23	61,15

Türk-Alman Biyogaz Projesi



## 4.Yasal Mevzuat ve Teşvikler

- YEK kanunu ile 2011 yılında yenilenebilir enerjiden elde edilen elektriğin birim fiyatına teşvikler biyogaz yatırımları için de mevcuttur. Bu kanuna göre 18 Mayıs 2005 yılından sonra ya da 31 Aralık 2015 yılından önce işletmeye alınacak bu tür tesisler (rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, **biyogaz**, gel-git, dalga enerjisi, akıntı bazlı santraller, hidrolik santraller) bu teşviklerden yararlanabilecektir. Tabloda yukarıdaki alternatifler için verilen teşvik miktarları görülmektedir.

Enerji Tesisi Türü	Teşvik Miktarı (\$cent/kWh)	Maksimum Yerel Üretim Piri (\$cent/kWh)	Maksimum mümkün teşvik miktarı (\$cent/kWh)
Hidroelektrik	7.3	2.3	9.6
Rüzgar	7.3	3.7	11
Jeotermal	10.5	2.7	13.2
Biyokütle (deponi dahil)	13.3	5.6	18.9
Solar fotovoltaik	13.3	6.7	20
Konsantre Solar	13.3	9.2	22.5

## Sondeğerlendirme: Türkiye Biyogaz Potansiyeli

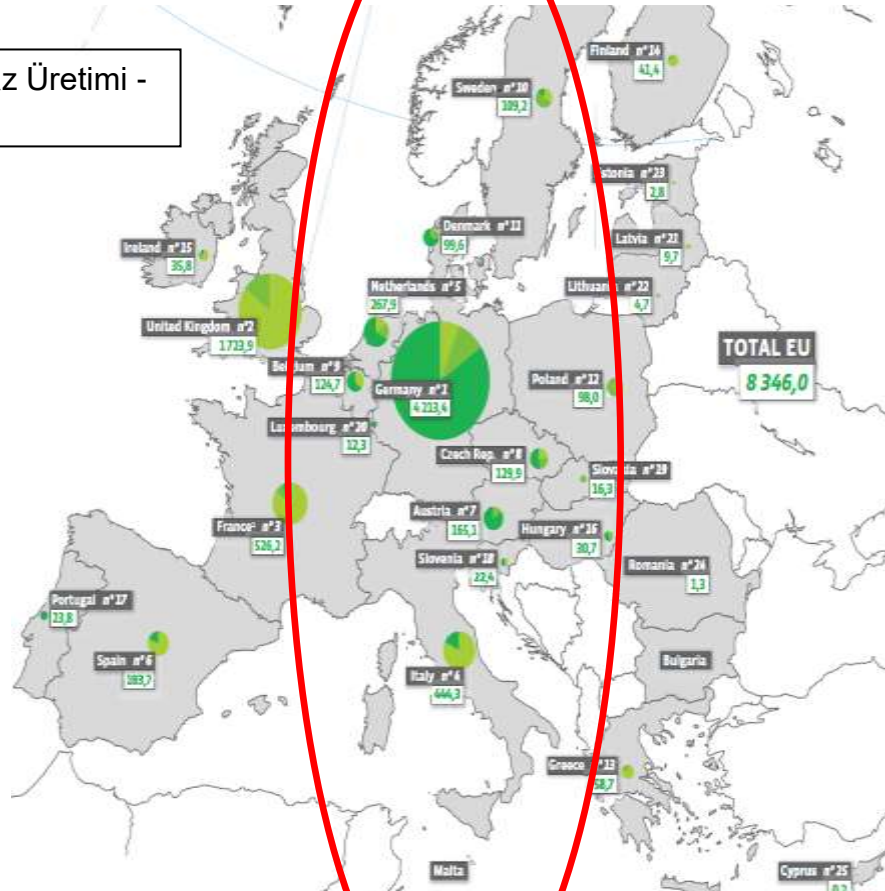


Sadece tarımsal atıklar, enerji bitkileri ve büyük baş hayvandan elde edilen biyogaz doğal gaz kullanımımızın % 88'ine eşdeğer.



# Sonuçlandırma: Biyogaz Piyasası - Avrupa

Biyogaz Üretimi - 2009



Légende/Key

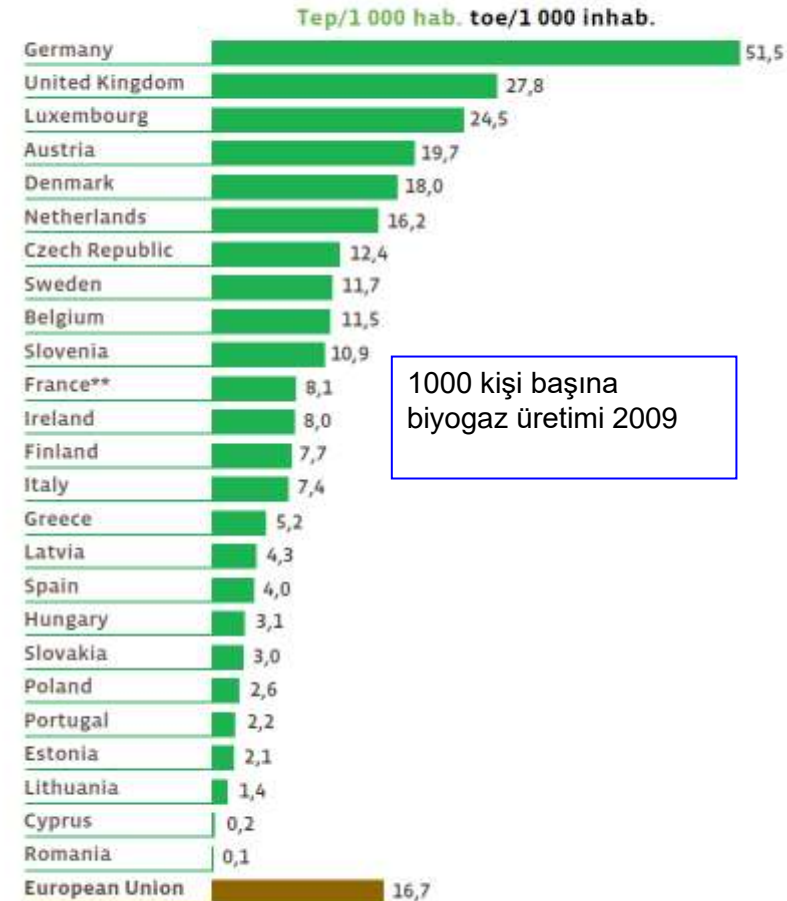
4 231,4 Les chiffres en vert indiquent la production totale en ktep. Green figures show total production in ktep.

■ Biogaz de déchets (Landfill gas)    
 ■ Déchets d'égouts et effluents industriels et domestiques (Urban sewage and industrial effluent sludge)    
 ■ Autres biogaz (Other biogas)

\* Estimation  
 1 - DOM non inclus: French overseas departments excluded.  
 Source: Eurobserv'ER 2010.

Unité décentralisée de biogaz agricole, unité de méthanisation des déchets municipaux solides, unité centralisée de cogénération décentralisée agricole/municipale, méthaniseur centralisé de déchets municipaux solides, méthaniseur centralisé de cogénération.

Production d'énergie primaire biogaz par habitant pour chaque pays de l'Union européenne en 2009\* (tep/1 000 hab.)  
 Primary biogas energy production per inhabitant for each European Union country in 2009\* (toe/1 000 inhab.)

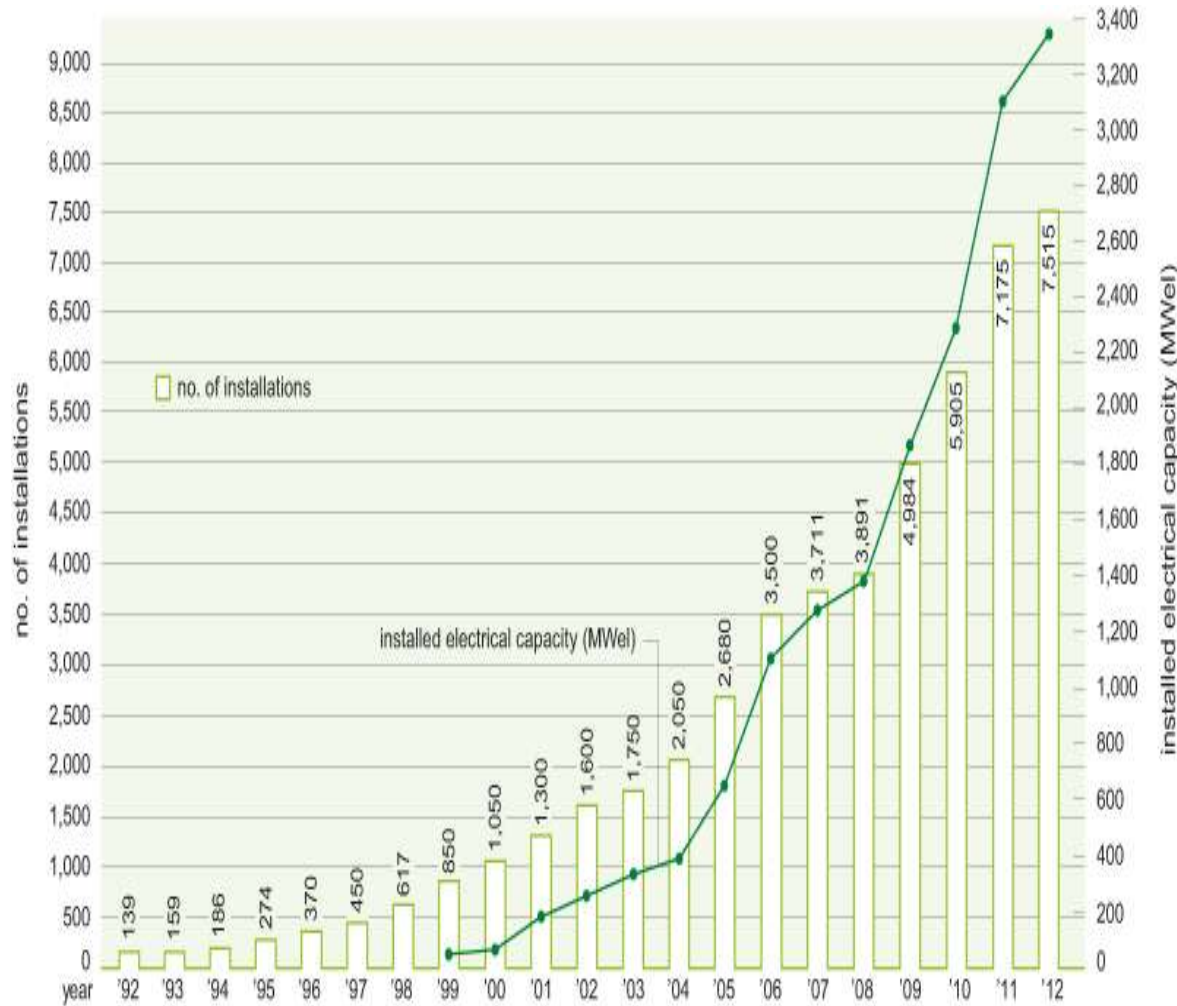


1000 kişi başına biyogaz üretimi 2009

\* Estimation \*\* DOM non inclus. French overseas departments excluded.  
 Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma.  
 Source: Eurobserv'ER 2010.



# Sondeğerlendirme: Almanya'daki Biyogaz Tesisleri



Kaynak: Fraunhofer IWES after FNR, FVB 2010 and on basis of estimation of the nREAP

## Sondeğerlendirme: Türkiye Biyogaz Piyasası



Ortalama **3000 €/kW** ilk yatırım bedeli ile 3000 tesisin kurulumu **9 Milyar Euro'luk** bir ekonomik sirkülasyona eődeęerdir. Sektörün yaratacağı istihdam ve diğer iő olanakları da artı bir ekonomi sağlayacaktır.

# Çevreyi Korumak Hepimizin Görevi !



## TEŞEKKÜRLER . .

Prof. Dr. Nuri Azbar

ÇMO İzmir Şubesi &

Ege Üniversitesi

Çevre Sorunları Uyg.ve Ar. Merkezi Müd.

Biyomühendislik Bölümü Öğretim Üyesi

nuri.azbar@ege.edu.tr

Tel no: 0232 3884955