

## DÜNYA'DA BİYOGAZ VE TÜRKİYE AÇISINDAN ÖNEMİ

İnsanoğlunun yerleşik hayata geçişi ile beraber avcı-toplayıcı insan modeli yerini temel ihtiyaçlarını karşılamak için belli bir sistematiğe bağlı olarak üreten insan modeline bırakmıştır. Neolitik Çağ olarak bilinen bu dönem insanlık tarihinde çok eskilere dayanmaktadır. Bu dönem ile beraber insanoğlu artık hayatını idame edebilmesi için ihtiyaç duyduğu besin kaynaklarını kendi yaşadığı coğrafyada üretmektedir. Tarım ve hayvancılık bu açıdan ele alındığında geçmişinin çok eskilere (M.Ö. 12.500 – 9.500) dayandığı görülmektedir. İnsanoğlunun tarihsel süreç içerisinde gelişimi ile beraber bu konulardaki yetkinliği de artmıştır. Geleneksel noktada özellikle makineleşme ile beraber artık çok daha verimli yöntemlerle tarımsal ve hayvansal üretim yapılabilmektedir. Bu üretim özellikle son yüzyılda artan nüfusun etkisiyle parabolik olarak yükselmiştir. Özellikle hayvansal üretimdeki bu dikey yükseliş beraberinde bazı çevresel sorunları getirmiştir. Hayvancılık ve endüstriyel tarım işletmeleri çoğunlukla yerleşim merkezlerine yakın yerlerde kalmış, bu işletmelerin atıklarının değerlendirilmesi de önemli bir konu haline gelmiştir.

Söz konusu hayvanların gübreleri bazı proseslerden geçirilmek suretiyle değerlendirildiğinde önemli ölçüde ekolojik ve ekonomik katma değer oluşturmaktadır. Bu süreçlerden geçirilmeden stoklandığında veya gelişigüzel çevreye atıldığında ise insan ve çevre sağlığını tehdit eden sonuçlar doğurabilmektedir. Bu hayvansal atıklar sağlıksız depolama koşulları nedeniyle çevreye kötü kokuların yayılmasına, sinek, böcek vb. çeşitli haşerelerin çoğalmalarına, mikroorganizmaların üremeleri sonucu çevre sağlığının bozulmasına ve bulaşıcı hastalıkların oluşmasına neden olabilmektedir. Önleyici tedbirlerin alınmadığı depolama alanlarında stoklanan hayvansal atıklar, anaerobik bakteriler tarafından kullanılır ve bunun sonucunda, kısa sürede çevreye zararlı olan metan, hidrojen sülfür ve karbondioksit salınır. Bu gazlardan hidrojen sülfür gazı çürük yumurta kokusuna sahip olması nedeniyle yerleşim yerlerine yakın bölgelerde insanlara rahatsızlık vermektedir. Hayvan dışkısı ve idrarları toprak için belli oranlarda gübre amaçlı kullanılmakta fakat aşırı miktarda uygulanması durumunda toprak ve ekin verimini azaltmakta, yer altı ve yer üstü sularında kirliliğe sebebiyet vermektedir. Özellikle bekletilmemiş gübre kaynaklı azot, bitkinin dış etkilere karşı dayanımını azaltmaktadır. Yine bu atıklar yanlış kullanım sonucu akarsu ve göllere karışmakta ve bunun sonucu olarak da su ekosistemi ciddi zararlar görmektedir. Gübre suyla karıştığı zaman alglerin ve zararlı bakterilerin çoğalması kolaylaşmaktadır. Gübredeki organik madde çürümesi sırasında sudaki oksijen tüketilmekte böylece balıkların ihtiyacı olan oksijen konsantrasyonu azalmakta ve balık ölümleri gerçekleşmektedir. Sözü edilen nedenlerden ötürü bu atıkların kontrollü bir şekilde toplanması, depolanması ve çevreye en faydalı şekilde kullanılması gerekmektedir.

## ***Biyokütle Nedir?***

Biyokütle, yaşayan veya yakın zamanda yaşamış canlı organizmalardan elde edilmiş fosil olmayan organik maddelerdir. Ana kimyasal içeriğinde karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) bulunan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütle ham maddelerinin, birtakım işlemlerden geçirilmesiyle katı, sıvı ve gaz yakıtlar oluşturulmaktadır. Doğrudan yakma, piroliz, gazlaştırma ve havasız ortamda (anaerobik) çürüme gibi işlemler sonucu biyokütle enerjisi ile biyogaz, etanol, hidrojen, metan, metanol ve motorin gibi yakıtlar elde edilir. Yukarıda sözü edilen biyokütle kaynaklı enerji ve yakıt temin etme yöntemleri kısaca izah edilecek olursa;

*Doğrudan Yakma* bilenen en ilkel yöntemdir fakat son zamanlarda yeni teknolojiler kullanılarak verim arttırmaya çalışılmaktadır. Bu ısıveren bir tepkimedir ve bu tepkime sonrası ortaya çıkan atık maddeler ise karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitlerdir. Enerji üretim sistemi ise doğrudan yakma ile biyokütle, ısı açığa çıkarır ve bu ısı ile de kızgın buhar üretilerek türbin-jeneratör sistemi ile elektrik üretimi sağlanır. *Havasız Çürüme(Anaerobik)* yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği biyolojik bir süreç olmasıdır. Bu işlem ancak tümüyle oksijensiz bir ortamda gerçekleşebilir. Bu yöntemde biyokütle, mikroorganizmalar yardımıyla, oksijensiz ortamda fermantasyona uğrayarak, geride değerli bir gübre, metan gazı ve karbondioksit bırakmaktadır. *Piroliz* ile enerji üretim yönteminde, yakıt olarak kullanılan organik madde oksijensiz ortamda ve yüksek sıcaklıkta termal kırılmaya uğrar. Termo-kimyasal bir süreç olan bu işlem sonucunda muhtelif gazlar, katran, organik bileşikler, su ve odun kömürü gibi ürünler oluşur. *Gazlaştırma*, biyokütlenin yüksek sıcaklıkta bozunmaya uğratılarak yanabilir bir gaz üretilmesi işlemidir. Bu işlem sırasında denetimli bir şekilde yakıt hücresine verilen hava ile biyokütle yakılır. Çıkan ürünler arasında hidrojen, metan gibi yanabilir gazların yanı sıra karbon monoksit, karbondioksit ve azot bulunur. *Biyokütle ile Sıvı Biyoyakıt Üretimi* (Biyodizel), etanolün hayvan yağı, geri dönüştürülmüş yemek yağları veya bitkisel yağlarla birleştirilmesi ile üretilir. Etanol, şeker kamışı ve mısır gibi yüksek karbon ihtiva eden biyokütlelerin oksijensiz ortamda proses edilmesi ile üretilir.

## ***Biyogaz Nedir? Avantaj ve dezavantajları nelerdir?***

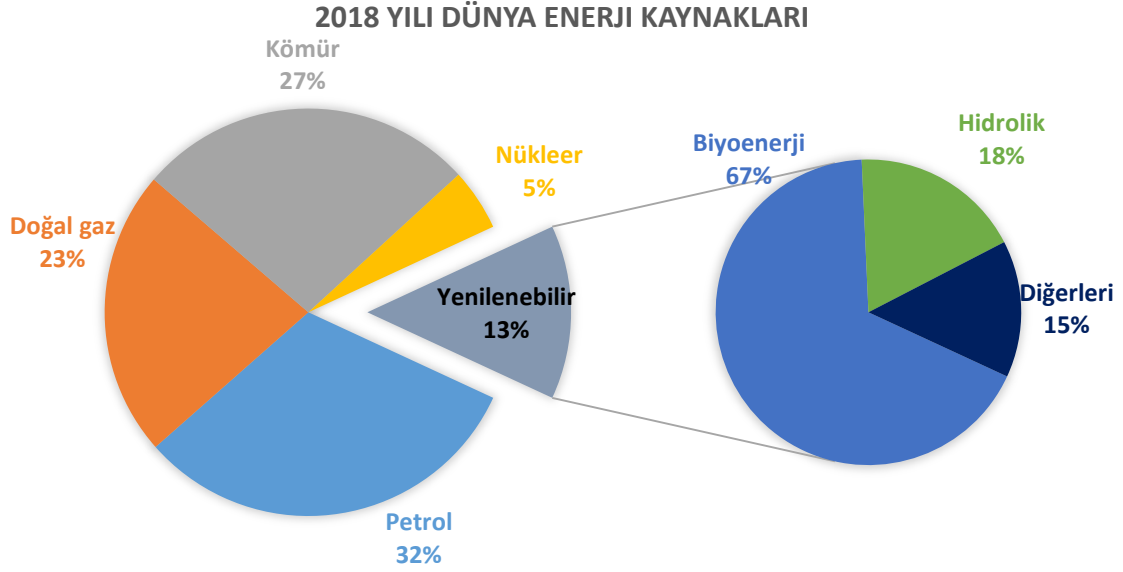
Biyogaz; organik maddelerin anaerobik ortamda proses edilmesi sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, içeriğinde ağırlıklı olarak metan, karbondioksit ve düşük miktarda hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır. Biyogazın oluşumu için sırasıyla *Hidroliz, Asit oluşumu ve metan oluşumu* olmak üzere üç aşamanın tamamlanması gerekmektedir. Süreç boyunca öncelikle uzun zincirli karmaşık organik maddeler kısa zincirli yapılara dönüştürülür. Daha sonra çözünür hale dönüşmüş organik maddeleri asetik asit, uçucu yağ asitleri, hidrojen ve karbondioksit gibi küçük yapıları maddelere dönüşür. Bu aşama anaerobik bakteriler ile

gerçekleştirilir. En son asetik asidi parçalayarak veya hidrojen ile karbondioksit tepkimesi sonucunda biyogaz oluşumu tamamlanır.

Bu bölümde biyogazın nasıl elde edildiği kısaca izah edildi. Peki, biyogaz üretimi bu kadar kapsamlı ve hassas süreçler sonucu elde ediliyorsa neden elde edilmesi için bu kadar çaba harcanmaktadır? Öncelikle biyogaz yenilenebilir ve temiz bir enerjidir. Hayvan gübresinin biyogaz tesislerinde kullanılması sonucunda yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmiş olur. Hayvan gübresinin biyogaz üretim sürecinde kullanılmasıyla kontrolsüz bir şekilde havaya yayılan kokunun kaynağı olan hidrojen sülfür gaz salınımının önüne geçilmiş olur. Hayvan gübrelerinin yeraltı ve yerüstü sularına karışması engellenerek bundan doğabilecek sorunların önüne geçilmiş olur. Biyogaz nihayetinde ekolojik bir yakıt türüdür, dolayısıyla ısı ve elektrik üretimi gibi pek çok proseslerde kullanılacak temel bir enerji kaynağıdır. Hayvan gübresinin biyogaz üretiminde kullanılması sonucunda daha kontrollü bir karbondioksit salınımı temin edilmiş olur. Türkiye genelinde her yıl 590 – 880 milyon ton metan gazı organik atıkların kontrolsüz bir şekilde çürümeye terk edilmesi sonucu atmosfere salınmaktadır. Organik atıklar kaynaklı salınan bu metan gazı atmosfere salınan toplam metan gazının yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Metan gazı karbon dioksit göre 21 kat daha fazla küresel ısınmaya sebebiyet vermekte ve sera gazına salınımına katkısı yaklaşık %15 oranındadır. Biyogaz prosesi sonucu oluşan yan ürünler (tesis çıktısı) toprağın rehabilitesi ve bitki gelişimi açısından çok faydalı organik bir gübre olarak kullanabilmektedir. Böylece kontrolsüz bir şekilde depolandığında insan ve çevre sağlığı açısından çok önemli sorunlara sebebiyet verecek hayvansal ve bitkisel atıklar, biyogaz üretim tesislerinde değerlendirildiğinde hem ısı ve elektrik enerjisi üretilmekte hem de toprak için çok faydalı organik bir gübre elde edilmektedir.

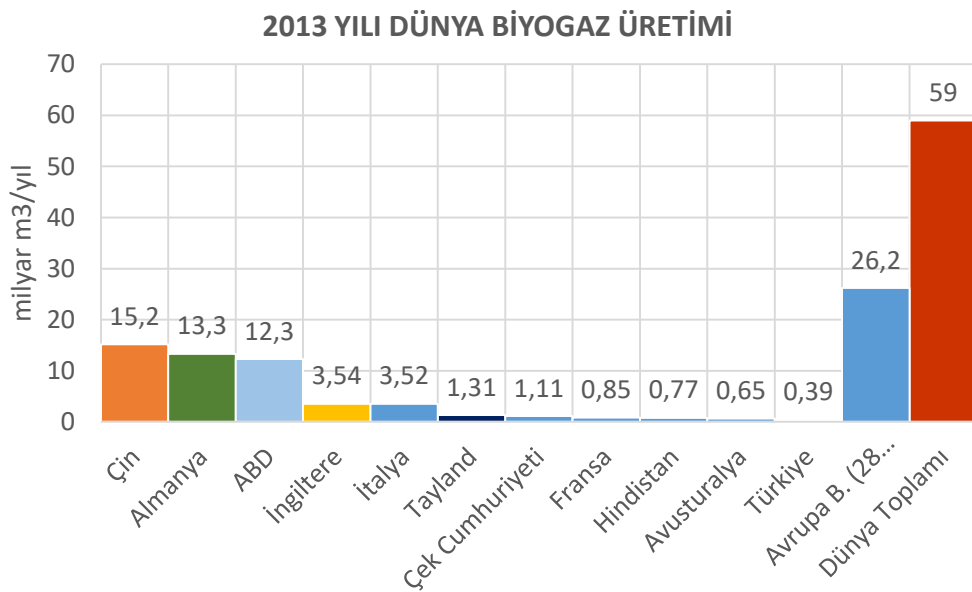
### ***Dünya'da Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Kullanımı***

20. yüzyıl ortalarına doğru fosil yakıtların üretim teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ve dünya genelinde keşfedilen yeni kaynaklar petrol fiyatlarında önemli düşüşlerin yaşanmasına neden olmuştur. Bu düşüşler yenilenebilir enerji teknolojilerinin son yüzyılda istenilen gelişimi gösterememesinin önündeki en büyük engel olarak görülebilir. Ancak 20. Yüzyılın son çeyreğinde petrolde yaşanan arz sorunları ile yükselen petrol fiyatlarına karşı yenilenebilir enerji teknolojileri yeniden gündeme gelmiştir. 2018 yılı verileri ile dünyadaki enerji tüketimi dağılımına bakıldığında Şekil 1'de görüldüğü gibi fosil yakıt oranının 82% olduğu, yenilenebilir enerji tüketim oranının ise 13% olduğu görülmektedir. Biyoenerjinin yenilenebilir enerji içerisindeki oranı şekilde de görüldüğü gibi 67% ile en yüksek paya sahiptir. Bu verileri %18 ile hidrolik takip etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında Jeotermal, güneş, rüzgâr ve geri kalan kaynaklar toplamda % 15'lik dilim içinde kalmaktadır ( Iea, 2020).



Şekil 1. 2018 Yılı dünya enerji kaynakları

Dünya geneli biyogaz üretimi 2013 yılı verileri ile Şekil 2’de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dünya geneli biyogaz üretiminde Çin, Almanya ve ABD diğer ülkelerden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Çin ürettiği yaklaşık toplam 15,2 milyar m<sup>3</sup> /yıl biyogaz üretimi ile dünyanın önde gelen ülkelerindedir. Avrupa Birliği ülkelerinin (28 ülke) toplam biyogaz üretimi ise 26,2 milyar m<sup>3</sup> /yıl olarak hesaplanırken, bu oran toplam dünya üretiminin 45%’lik kısmını oluşturmaktadır. 2006 yılı itibarıyla Çin’de yaklaşık 18 milyon ve Hindistan’da ise 5 milyon biyogaz tesisinin olduğu düşünülmektedir. Ancak bu tesislerin önemli bir çoğunluğu basit teknolojiler ile yapılmış küçük tesislerdir. Dünyadaki genelinde biyogaz üretiminde en yüksek paya sahip ilk 10 ülke 2013 yılı itibarıyla şekilde verilmiştir. (Iea, 2020)



Şekil 2. Dünya biyogaz üretimi

## **Türkiye’de Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Kullanımı**

Anaerobik biyoteknolojinin Türkiye’deki ilk endüstriyel uygulamaları 1980’lerde ortaya çıkmaya başlamıştır ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan temin edilen son verilere göre 191 adet endüstriyel tesis olduğu bilinmektedir. Bu tesislerin sektörlere göre dağılımına bakıldığında en çok uygulamanın çöp gazı olduğu görülmekte, çöp gazı dışında ise hayvansal atıklar, tarımsal atıklar ve endüstriyel atıklara dayalı üretim ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda devlet nezdinde verilen muhtelif teşvikler ile bu yatırımlar hız kazanmıştır. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü son verilerine göre Tablo 1’ de hayvan sayısı, yaş gübre miktarları ve bu atıktan elde edilebilecek potansiyel enerji miktarı, Tablo 2’de ise biyokütle enerjisi olarak kullanılabilir diğer atıkların enerji potansiyelleri verilmiştir. (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021)

**Tablo 1.** Türkiye’deki hayvan sayısı ve bununla ilintili potansiyel enerji miktarı (EPDK, 2021)

<b>Hayvan Grubu</b>	<b>Hayvan Sayısı (Adet)</b>	<b>Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)</b>	<b>Potansiyel Enerji Üretimi (TEP/yıl)</b>
Büyükbaş Hayvan	17.497.113	134.150.417	975.180
Küçükbaş Hayvan	46.117.399	46.511.866	105.648
Kanatlı Hayvan	359.217.862	13.215.796	3.304.544

**Tablo 2.** Türkiye’de biyokütle enerjisi olarak kullanılabilir diğer atıklar (EPDK, 2021)

<b>Enerji Üretimi İçin Kullanılabilir Atıklar</b>	<b>Atıkların Miktarı (ton/yıl)</b>	<b>Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)</b>
Tarla Bitkileri	46.279.245	1.225.364
Bahçe Bitkileri	4.038.114	236.794
Belediye Atıkları (Biyometanizasyona Uygun)	11.889.396	93.396
Belediye Atıkları (Yakmaya Uygun)	14.476.939	392.462
Orman Varlığı Artıkları	3.529.319 (ster/yıl)	859.899

Tablolardaki veriler Türkiye’de biyokütle enerjisi bakımından yüksek bir potansiyelin olduğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Tablo 1’de görüldüğü gibi enerji potansiyeli bakımından kanatlı hayvan gübresi küçük ve büyükbaş hayvan gübresinden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Türkiye’deki kanatlı hayvan üretiminin büyük ölçüde endüstriyel tesislerde gerçekleştirilmesi enerji üretim tesislerinin bu hayvanların gübresine erişimini nispeten kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında bu

potansiyele rağmen Türkiye’de sadece hayvansal atıktan enerji üretimi yapan tesis kurulu gücü 97,24 MWm iken, büyükbaş hayvan gübresinden elde edilebilecek enerji potansiyeli bile tek başına 117 MW civarındadır. Tablolardaki verilere bakıldığında Türkiye’nin biyogaz potansiyelini yeteri kadar değerlendirilemediği açıkça görülmektedir. Türkiye’de mevcut atıkların tamamının ekonomik olarak kullanılması pek mümkün değildir. Bunun temel nedeni özellikle büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin ülke genelinde dağınık ve küçük çiftliklerde yapılmasıdır. Bu durum atıkların toplanmasını güçleştirmekte, toplanabilse dahi hayvan varlıkları arasındaki mesafelerden dolayı bunların taşıma maliyetleri kullanılmasını ekonomik kılmamaktadır. Son yıllarda bu konu ile ilgili devlet nezdinde bazı adımlar atılmaktadır. Belli illerde büyükbaş hayvan üretimine dayalı organize sanayi bölgeleri kurulmakta ve hayvan yetiştiriciliği yapan işletmeler buralarda toplanmaktadır. Bu durum gübre taşıma maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Bunlara Diyarbakır Tarıma Dayalı Organize Sanayi Bölgesi içerisinde kurulan AS KOÇ Enerji Biyogaz Tesisi örnek olarak verilebilir. OSB içerisinde faaliyet gösteren 80 büyükbaş hayvan çiftliğindeki yaklaşık 8 – 9 bin büyük baş hayvanın atıkları söz konusu tesiste değerlendirilerek biyogaz ile elektrik üretimi yapılmaktadır. Tesis ayrıca OSB çevresinde faaliyet gösteren büyükbaş ve kanatlı hayvan üretim çiftliklerinin atıklarını da değerlendirmektedir.

Bu atıkların biyogaz tesisinde değerlendirilmesiyle çok boyutlu bir katma değer temin edilmektedir. Öncelikle bu atıkların bertaraf edilmesi ile önceki bölümlerde izah edilen pek çok çevreyle ilgili sorunun önüne geçilmiş oluyor. Biyogaz tesisinde bu atıklar kullanılarak elektrik üretilmekte böylece sürdürülebilir bir enerji kaynağı temin edilmektedir. Biyogaz üretim proseslerinden geçen hayvan gübresi zirai anlamda çok faydalı bir organik gübreye dönüşmektedir. Bu gübre seperatörler yardımı ile sıvı ve katı gübreye dönüştürülebilmekte böylece farklı zirai uygulamalarda kullanılabilir. Elde edilen bu organik gübreinin toprak ve bitki sağlığı açısından sayısız faydaları bulunmaktadır. Dünyada ve özellikle ülkemizde kimyasal gübre kullanımı sonucu tarım arazilerinde ciddi bir fakirleşme ve bunun sonucu olarak üretim verimlerinde düşüşler yaşanmaktadır. Kimyevi gübreler kullanılarak elde edilen mahsullerin insan sağlığı açısından oluşturdukları risklerde yine üzerinde düşünülmesi gereken farklı bir konudur. Bu tür sentetik gübrelerin kullanımı ile toprağın üst kısmında kumlu bir yapı ve alt kısmında ise sert tabakalar meydana gelir. Bu durum toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde azaltır ve toprağın yeterince hava almasına engel olur. Organik gübre, dengeli olarak içerdiği azot, fosfor ve potasyum gibi elementler sayesinde toprağın doğal yapısının korunmasına ve faydalı mikroorganizmaların gelişmesine yardımcı olur. Hücre bölünmesini artırarak bitkinin daha hızlı büyümesine ve erken ürün vermesine yardımcı olur. Ayrıca toprak yüzeyinde lifli yoğun bir yapı meydana getirerek su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırır. Bitki zararlı haşere ve böceklere karşı direnç kazanır. Organik gübre doğanın tabii döngüleri içerisinde oluşan bir madde olduğu için bunun toprak ve çevre sağlığı üzerindeki faydaları saymakla bitmez.

Biyogaz ile enerji elde etme nihayetinde çevre ve insan sağlığı ile barışık sŸrdŸrŸlebilir bir yŸntemdir. Ÿlkemizde bu anlamda çok bŸyŸk bir potansiyel bulunmasına rağmen ne yazık ki henŸz olması gereken yerde değildir. Bununla beraber son yıllarda gerek devlet nezdinde teşvikler vasıtasıyla gerekse mŸteřebbisler nezdinde konunu Ÿnemi anlaşılmaya başlanmıştır. Kamuoyunda oluşan bu bilinç bu tŸr uygulamaların katlanarak artacağını gŸstermektedir. TŸrkiye gibi enerjide bŸyŸk Ÿlde dışa bağımlı bir Ÿlkede enerji Ÿretimi ile ilgili evre dostu her yŸntem değerlidir.

## KAYNAKLAR

Ayře Aslantař, DŸnya’da ve TŸrkiye’de biyokŸtle enerjisinin kullanımı ve potansiyeli, KTO Karatay Ÿniversitesi Sosyal Bilimler EnstitŸsŸ İşletme Anabilim Dalı YŸksek Lisans Programı, şubat 2018

Ersoy Ali Erdinç, TŸrkiye’nin Hayvansal GŸbre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu ve Biyogaz Enerjisi Potansiyeli, Hacettepe Ÿniversitesi evre MŸhendisliđi Anabilim Dalı YŸksek Lisans Tezi, 2017.

Halil şenol, Emre Aşkın Elibol, Ÿnsal Açıkel, Merve enol, TŸrkiye’de Biyogaz Ÿretimi İçin Başlıca BiyokŸtle Kaynakları, BEŸ Fen Bilimleri Dergisi BEU 81-92, 2017

IEA, Key World Energy Statistics 2020, August 2020

biyogazlar.blogspot.com

Enerji İşleri Genel MŸdŸrlŸđŸ (2021). bepa.enerji.gov.tr, Eriřim Tarihi: 23.03.2021

Enerji Piyasası DŸzenleme Kurumu(2021). epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-72/elektrikyekdem, Eriřim Tarihi: 23.03.2021