



ATIKTAN MUTFAĞA

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde 5 m<sup>3</sup>'lük biyogaz tesisi

# BİYOGAZ

Biyogaz, özellikle kırsal kesimde bireysel üreticilerin ve küçük ölçekli işletmelerin ilgi odağı olan ucuz, yararlı yan ürünler sağlayan, doğadostu bir enerji kaynağı. Hammaddesi biyokütle denen ve özel yetiştirilen bitkilerden tutun da, hasat artıklarına ve hayvansal atıklara kadar çok geniş bir aralığı kapsayan malzeme. Bilim ve Teknik Dergisi, bu konuda aydınlanmak ve pratik çözümler isteyen çok sayıda okuru için Ege Üniversitesi'nde yapılan çalışmaları uzmanlarından öğrenmek istedi.

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Prof. Dr. Günnur Koçar başkanlığında interdisipliner bir anlayışla çalışmalar yürüten Biyokütle Enerjisi Araştırma Grubu, biyokütle/biyotatık hammaddelerinin uy-

gun ön-işlemlerden geçirerek biyokimyasal ve/veya termokimyasal süreçlerle gaz ya da sıvı yakıtlara dönüştürülmesi, bu yakıtlardan çeşitli yöntemlerle yararlanılması, ayrıca enerji bitkileri üretiminin deneysel

uygulamalarını gerçekleştiriyor. Bu çalışmalarda gözetilen temel ilke, çeşitli dönüşüm teknolojilerini enerji bitkileri üretimi ve solar termal enerji (güneş enerjisi) uygulamalarıyla bütünleştirerek bütünsel verimliliğin en

üst düzeye, son atık miktarınınsa en alt düzeye taşınması. Bu kapsamda, değişik organik malzemelerin güneş enerjisi destekli reaktörlerde anaerobik fermentasyonu (oksijensiz ortamda mayalanması) ile biyogaz üretiliyor. İşlem sonunda elde kalan mayalanmış atık, yağlı tohumlu bitki üretiminde gübre olarak değerlendiriliyor. Elde edilen tohumlar biyodizel üretiminde kullanılırken, bitki artıkları gazlaştırma ya da yoğunlaştırılmış güneş ışınımı altında uygulanan piroliz işlemlerinde hammadde olarak kullanılıyor. Grubun çalışmaları, sürecin verimini yükseltmeye yönelik modelleme/simülasyon/optimizasyon uygulamalarını ve yakıt kalitesi ile değişik enerji çevrim yöntemlerinin verimliliklerinin incelenmesini de kapsıyor.

Bu hedefler doğrultusunda, grup bünyesinde, Uzm. Ahmet Eryaşar'ın

doktora çalışması kapsamında kırsal kesime yönelik paket tip biyogaz ünitesinin oluşturulması amaçlı bir proje de sürdürülmekte. Hayvansal atıklardan kaynaklanan çevresel sorunlar, kırsal kesim yaşam alanlarının önemli sorunlarından biri. Bu atıklar genellikle tezek olarak yakılıyor ya da bekltilerek gübre olarak kullanılıyor. Oysa anaerobik fermentasyon işleminde geçirilmeleri, hem enerji potansiyeli yüksek biyogaz elde edilmesini, hem de arta kalan fermente gübrenin tarımsal girdi olarak üretim verimini artırmasını sağlar.

Biyogaz, organik materyalin oksijensiz koşullarda mayalanması sonucu oluşan yanıcı, renksiz ve ısı değeri yüksek bir gaz karışımı. Biyogazda genel olarak, %55-70 CH<sub>4</sub>; %30-45 CO<sub>2</sub>; %0-3 N<sub>2</sub>; %0-1 H<sub>2</sub>; % 0-1 H<sub>2</sub>S ile çok az miktarlarda CO ve O<sub>2</sub> bulun-



Biyogaz Çalışmaları

yor. Karışımdaki gazların miktarı; ortam sıcaklığı ve pH değerine, organik maddenin tür ve su içeriğine bağlı olarak değişiyor. Biyogazın ısı değeriye karışım içerisinde yer alan me-



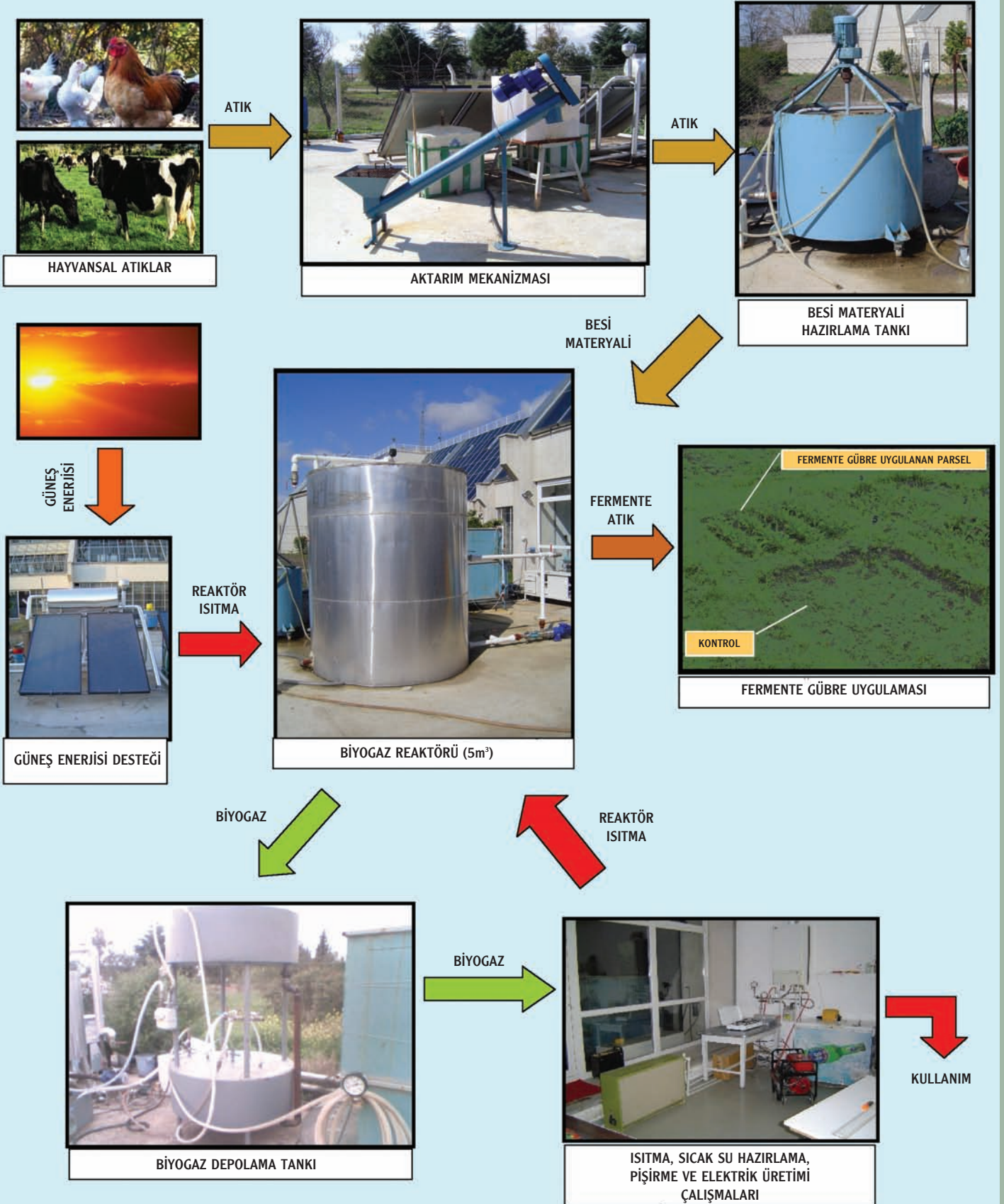
Laboratuvar Çalışmaları

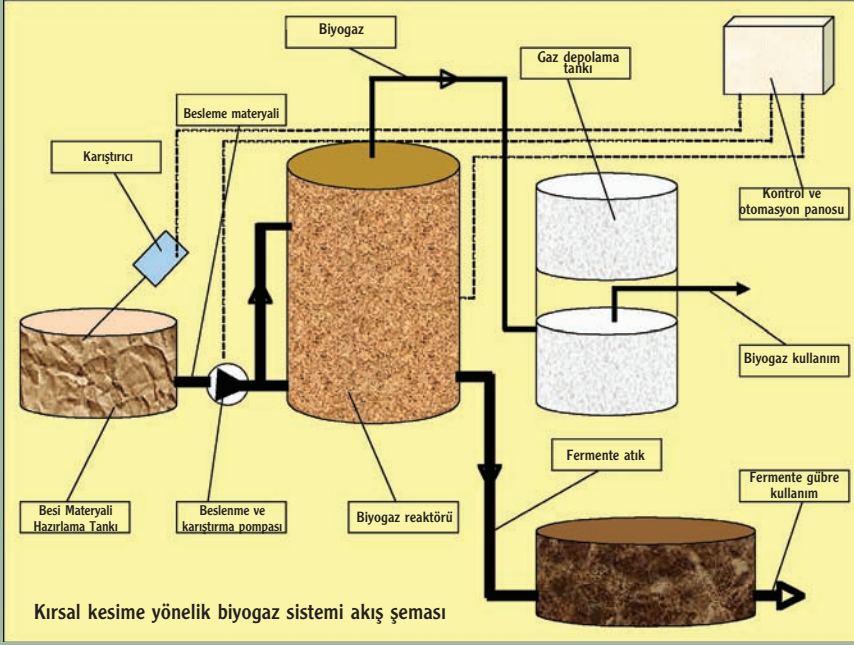
## Biyogaz'ın tarihçesi

Biyogazın, M.Ö. 10. yüzyılda Asurlular, M.S. 16. yüzyılda ise İranlılar tarafından banyo amaçlı sıcak su hazırlamada kullanıldığı çeşitli kaynaklarda belirtiliyor. Özellikle gazlarla ilgili çalışmalarıyla tanınan Jean Baptiste Van Helmont, 17. yüzyılda, organik maddelerin bozunumuyla yanıcı gazların elde edilebildiğini belirtmiş.. 1776 yılında Kont Alessandro Volta, organik maddelerin bozunma miktarıyla elde edilen yanıcı gaz arasında pozitif bir korelasyon olduğunu belirlemiştir. Sir Humphry Davy, 1808 yılında, sığır gübresinin anaerobik fermentasyonu sonucu oluşan gazların içerisinde metan gazını belirlemiştir. İlk biyogaz tesisi, Hindistan'ın Bombay kentinde 1859 yılında kurulmuş. Biyogazın sokak lambalarında kullanımı 1895 yılında Exeter/İngiltere'de gerçekleştirilmiştir. 1911'de yine İngiltere'de Birmingham şehrinde, biyogaz elektrik ve ısı eldesi amacıyla kullanılmış.

Ülkemizdeyse biyogazla ilgili ilk çalışmalar 1957 yılında başlamış. 1980 yılına kadar olan dönemde üniversiteler ve Topraksu gibi kamu kuruluşları, bu konuda çalışmalar yürütmüşler. 1980 yılında UNICEF ile Türkiye arasında bir anlaşma imzalanmış ve kırsal kesime yönelik biyogaz projesi başlatılmış. Yapılan çalışmalardan uygulamaya dönük ciddi bir sonuç alınamamış ve 1990'ların başına gelindiğinde tüm çalışmalar durdurulmuş. 2000 yılından sonraysa, biyogaz tekrar ülke gündemine taşınmış, üniversitelerde çeşitli araştırmalar başlatılmışbulunuyor. EİEİ 2004 yılı ocak ayında konuyla ilgili bir toplantı düzenlemiş ve üniversiteler, kamu kuruluşları ve yerel yönetimler arasında bir koordinasyon kurulması için çalışma başlatılmış bulunuyor.

# EGE ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ ENSTİTÜSÜ'NDE KURULU OLAN PİLOT ÖLÇEKLİ BİYOGAZ SİSTEMİ





tan gazı derişimine bağlı. Bu nedenle de ısıl değeri 19-27,5 MJ/m<sup>3</sup> arasında değişiyor.

Biyogazın kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

1- Isıtma Amaçlı Kullanım: Elde edilen biyogaz bir brülör vasıtasıyla yakılarak, elde edilen ısı, konutlarda, hayvan barınaklarında, seralarda ve tesisin içerisinde ısıtma amaçlı olarak kullanılır. Bu sistemlerde genellikle biyogaz sobaları, sıcak su kazanları, kombiler ya da buhar kazanları kullanılıyor. Kullanımdan önce biyogazın arıtılması, özellikle korozif (aşındırıcı) etkiye sahip olan hidrojen sülfürün (H<sub>2</sub>S) ve ısıl değerin düşmesine neden olan karbondioksitin giderilmesi açısından önemli. Doğal gazla çalışan ci-

hazların yakma sistemlerinde biyogazın yakılabilmesi için değişiklik yapmak gerekirken, LPG ile çalışan cihazlar olduğu gibi kullanılabilir.

2- Pişirme Amaçlı Kullanım: Biyogaz mutfaklarda, LPG ile çalışan ocak ve fırınlarda yakıt olarak kullanılabilir.

3- Aydınlatma Amaçlı Kullanım: Biyogaz doğrudan yakılarak LPG ile çalışan lambalarda kullanılabilirdiği gibi elektrik enerjisine dönüştürülerek aydınlatmada kullanılabilir. Biyogazın yakılarak aydınlatmada kullanıldığı durumlarda verim % 3 gibi düşük bir değerde kalıyor.

4- Sıcak Su Hazırlama: Evsel ve endüstriyel sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, şofben ve diğer ısı eşanjörlü

sıcak su hazırlama sistemlerinde biyogazdan yararlanılabilir.

5- İtten Yanmalı Motorlarda Kullanım: Biyogaz, taşıtlarda alışılmış enerji kaynaklarına alternatif yakıt olarak da kullanılıyor. Özellikle Avrupa'da bu tip uygulamalar çeşitli programlarla teşvik ediliyor ve çoğalıyor.

6- Elektrik Enerjisi Eldesi: Özellikle orta ve büyük ölçekli tesislerde, elektrik jeneratörlerinde biyogaz kullanılıyor. Biyogazın elektrik enerjisine çevrim verimi % 22-40 arasında.

7- Kojenerasyon ve Trijenerasyon Tesisleri: Aynı anda hem ısı hem de elektrik enerjisi üretilen kojenerasyon tesislerinde biyogazın yakıt olarak kullanımı yaygınlaşmakta. Bu işlemlerde enerji çevrim verimi % 85-88 oranlarına kadar yükselebiliyor. Isı ve elektrik üretimine ek olarak, özellikle hacimsel ısıtma yükünün azaldığı, fakat soğutma ihtiyacının arttığı sıcak mevsimlerde atıl kapasitenin değerlendirilmesine imkan sağlayan, soğurmalı soğutma ünitesinin de sisteme eklendiği trijenerasyon uygulamalarında da biyogaz kullanılabilir.

Ayrıca, elde edilen biyogazın karbondioksit ve hidrojen sülfür değerleri, gaz arıtma sistemleriyle izin verilen oranlara düşürülerek doğrudan doğal gaz hatlarına verilebilmekte. Böylece, doğal gazın kullanılabilirdiği her tesiste biyogazdan yararlanılmış oluyor.

Ülkemizde biyogaz ile ilgili uygulamalarının hayata geçirilmesinin önündeki en büyük engel, kullanıcıların kısıtlı bütçelerinin yanında kurulum ve işletim kolaylığına sahip sistemlerin kullanıma sunulmaması. Kırsal kesime yönelik olarak oluşturulacak biyogaz sistemlerinde, teknik olarak işletilmesi ve bakımı kolay, ekonomik, yüksek verimli sistemlerin kullanıma sunulabilmesi büyük önem taşıyor. Daha önce ülkemizde denenmiş olan Hint-Çin tipi reaktörler, yatırım maliyetleri düşük, basit sistemler. Toplam verimleri oldukça düşük olan ve emek yoğun olarak çalıştırılan bu sistemler, iklim koşullarına bağlı olarak düzensiz biyogaz üretimine neden oluyorlar. Sistem içerisinde mayalanmayan organik ve inorganik maddelerin çökmesi nedeniyle, zamanla reaktörün efektif hacmi azalıyor, sistem verimi daha da düşüyor. Günümüzde





Biyogaz Reaktörü

tarımsal mekanizasyonun yaygınlaşması sonucunda, ülkemiz kırsal kesim sakinlerinin teknolojik bilgi ve deneyimlerinde artış söz konusu. Bu nedenle, yarı otomasyonlu, karıştırmalı ve ısıtmalı biyogaz sistemlerinin, ülkemiz koşullarında yaygınlaşma şansı daha yüksek. Böyle bir sistem, hammadde hazırlama ve aktarım organları, ısıtmalı ve karıştırmalı biyogaz reaktörü, tesisat ve yalıtım, fermente gübre ve gaz depolama üniteleri, otomasyon elemanları ve panosundan oluşuyor. (Şekil 1)

Bu sistemlerde, mezofilik koşullarda (37 °C), 1,2 - 1,3 m<sup>3</sup>-(biyogaz)/m<sup>3</sup>-(reaktör hacmi).gün değerinde yüksek üretim verimlerine ulaşılmış bulunuyor. Bu verim değeri, daha önceki yıllarda ülkemizde denenilen Çin-Hint tipi düşük teknolojili sistemlerde 0,3-0,6 arasında. Ortalama 5-6 büyükbaş hayvana sahip olan bir ailenin, teknik olarak biyogaz üretiminde kullanılabileceği yaklaşık günlük 100-120 kg yaş atığı bulunur. Bu atığın katı madde

oranı % 20 olarak kabul edilirse, mezofilik şartlarda (37 °C), 20 gün bekleme süresi için gerekli reaktör boyutu 5 m<sup>3</sup> oluyor.. Bu reaktörden günlük olarak elde edilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 6 m<sup>3</sup>/gün. Bu da yılda 2190 m<sup>3</sup> biyogaz . Elde edilen biyogazın, iklim koşullarına göre değişmek üzere, yaklaşık olarak % 20'si reaktör ısıtması için harcanıyor. Bu göz önüne alındığında yıllık üretilen net biyogaz miktarı 1752 m<sup>3</sup> oluyor. Bu miktar biyogaz, enerji içeriği olarak 87 adet 12 kilogramlık LPG tüpüne eşit. 2002-2003 günlük iklim verileri kullanılarak, 5 m<sup>3</sup>'lük reaktör için yapılan modelleme sonucunda, farklı iklim koşullarına sahip illerde, güneş enerjisi desteği sağlanması durumunda reaktör ısıtmasına harcanan biyogaz miktarlarındaki değişim oranları Şekil 2'de görülmekte. İzmir ilinde, reaktör ısıtmasında güneş enerjisi desteği sağlanması durumunda, bu amaçla harcanan biyogaz miktarı yaklaşık % 6'ya geriliyor. Bu durumda yıl-

lık olarak üretilen net biyogazın enerji karşılığı 101 adet 12 kilogramlık LPG tüpü olmakta. Dört kişilik bir aile baz alındığında, sıcak su hazırlama ve pişirme gereksinimlerinin tamamının biyogazla karşılanabileceği görülmüyor. Bunun yanı sıra 25 m<sup>2</sup> lik bir salonun ısıtması da, İzmir iklim koşullarında biyogazla sağlanabilmekte. Isınma gereksiniminin olmadığı aylarda artan biyogaz ile 1 kW'lık bir elektrik jeneratörü günde 7 saat çalıştırabiliyor.

5m<sup>3</sup> reaktöre sahip söz konusu biyogaz sisteminin yatırım maliyeti, bu günkü piyasa fiyatları itibarıyla 8.500 YTL civarında. Sistem parçaları içerisinde bu maliyetin dağılımı şu şekilde ortaya çıkıyor:

- 1- Reaktör ve gazometre : % 38
- 2- Karıştırma ve besleme pompası : % 20
- 3- Yalıtım ve tesisat : % 14
- 4- Hazırlama ve boşaltma üniteleri : % 8
- 5- Otomasyon : % 4
- 6- İşçilik ve nakliye : % 16

İzmir ili için büyükbaş hayvan sayısı 2005 rakamlarıyla 280.000. Bu da teknik olarak biyogaz üretiminde kullanılacak yaklaşık 1.226.400 ton/yıl atığa denk gelmekte. Bu miktar atıktan elde edilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 58 milyon m<sup>3</sup>/yıl, enerji eş değeriyle 38 BTEP (Bin ton eşdeğer petrol) olmaktadır. Bu rakam diğer hayvansal ve tarımsal atıkların kullanılmasıyla 2-3 kat artabilecek. Türkiye genelinde sadece büyükbaş hayvan sayısının 10 milyon olduğu ve bu hayvanların atıklarından yaklaşık olarak yıllık, 1,3 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) enerjiye eşit 2 milyar m<sup>3</sup> biyogazın sağlanabileceği, geriye kalan fermente atığın verimi yüksek gübre olarak kullanılabilmesi göz önüne alındığında, biyogaz sistemlerinin önemi daha iyi anlaşılabilir. Bu miktar biyogazın üretimini sağlamak için kurulması gereken tesis sayısı, ortalama 25 m<sup>3</sup> reaktöre sahip sistemler ele alınırsa, 183 bin adet. Bu tesislerin yapımı, işletilmesi, bakımı ve onarımı sırasında, teknik elemanlar ve teknik malzeme satıcıları öncelikli olmak üzere, gelirlerde artışlar olacak, çarpan etkisi sayesinde ekonomi canlılık kazanacak. Bu etkinin makro seviyede, ithal edilen enerjinin ve sen-



(Soldan sağa) Ahmet A. Atayol, Günnur KOÇAR, Şefik Arıcı, Ahmet Eryaşar, Özben Kutlu

tetik gübre miktarının da azalması yoluyla, ulusal ekonomiye sağlayacağı katkı açık. Biyogaz teknolojilerinin yaygınlaşması, kırsal kesimde çevresel sorunların azalmasına ve sağlık şartlarının iyileşmesini de sağlayacaktır. Dolaylı olumlu etkilerinden biri de kırsal kesim insanının kendine güveninin artması olarak ortaya çıkacaktır.

Enstitü bünyesinde biyogaz teknolojileriyle ilgili çalışmalar 2000 yılın-

dan beri sürdürülüyor. Özellikle ülkemiz koşullarına en uygun biyogaz sistemlerinin tasarımı, bu çalışmaların temel hedefi. Sistemlerin projelendirilmesinde verimlilik, ekonomiklik ve kolay kullanım ön planda. Bu kapsamda oluşturulan pilot tesislerde denemeler gerçekleştirildi, çeşitli atıklarla ve farklı ortam koşullarında sistemlerin testleri yapıldı. Çalışmalar boyunca karşılaşılan sorunlar ışığında geri besleme mekanizması çalıştırılarak, sis-

temler üzerinde mekanik ve işletim şartları çerçevesinde değişikliklere gidilmiş bulunuyor. Sistemlerde, mezofilik koşullarda 1,2 - 1,3 m<sup>3</sup>-(biyogaz)/m<sup>3</sup>-(reaktör hacmi).gün değerinde yüksek üretim verimlerine ulaşıldı. Sistemlerin imalatında olabildiğince yurt içinde üretilen malzemeler kullanıldı, üretimin ülkemiz sanayiince yapılabilirliği göz önüne alındı. Toplam verimin yükseltilebilmesi ve yenilenebilir enerjilerin efektif kullanımı çerçevesinde, reaktör ısıtma sistemleri güneş enerjisi destekli olarak uygulandı. Ülkemizde potansiyeli yüksek olan ve biyogaz üretiminde en elverişli hammaddeler içerisinde bulunan sığır atığı, farklı çalışma koşullarında denenmiş ve en uygun biyogaz dönüşüm parametreleri belirlenmeye çalışıldı. Bunların yanında üretilen biyogazın ve fermente gübrenin kullanımıyla ilgili çalışmalara da yoğunluk verilmiştir. Biyogazın depolanmasına yönelik olarak bir gaz depolama sistemi tasarlandı, uygulandı ve faydalı model başvurusuyla koruma altına alındı. (TPE-2006/02900). Elde edilen biyogaz gazlı ocak, kombi ve elektrik jeneratörlerinde yapılan modifikasyonlarla başarılı bir şekilde kullanıldı.

Prof. Dr. Günnur Koçar  
Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü



Hint-Çin tipi biyogaz üretimi