

**TÜRKİYE  
CUMHURİYETİ'NİN  
100. KURULUŞ YILI  
ANISINA**



# **BİYOĞAZ ÜRETİMİNDE SÜREÇ YÖNETİMİ**

**Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK**



© Copyright 2024

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi AŞ'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

<b>ISBN</b> 978-625-399-615-4	<b>Sayfa ve Kapak Tasarımı</b> Akademisyen Dizgi Ünitesi
<b>Kitap Adı</b> Biyogaz Üretiminde Süreç Yönetimi	<b>Yayıncı Sertifika No</b> 47518
<b>Yazar</b> Hasan Hüseyin ÖZTÜRK ORCID iD: 0000-0001-6904-5539	<b>Baskı ve Cilt</b> Vadi Matbaacılık
<b>Yayın Koordinatörü</b> Yasin DİLMEN	<b>Bisac Code</b> TEC003080
	<b>DOI</b> 10.37609/akya.3009

#### **Kütüphane Kimlik Kartı**

**Öztürk, Hasan Hüseyin.**

Biyogaz Üretiminde Süreç Yönetimi / Hasan Hüseyin Öztürk.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2024.

356 s. : şekil, çizelge. ; 160x235 mm.

Kaynakça var.

ISBN 9786253996154

1. Tarım--Ziraat.

#### **GENEL DAĞITIM**

#### **Akademisyen Kitabevi AŞ**

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

[www.akademisyen.com](http://www.akademisyen.com)

## ÖNSÖZ

Hızla artan dünya nüfusu, sanayileşme ve fosil kaynaklarının aşırı kullanımına bağlı olarak yaşanan çevresel sorunların zaman içerisinde bölgesel ve ülkesel boyuttan uzaklaşarak küresel bir sorun haline gelmesi, politika yapıcıların yenilenebilir enerji kaynaklarına bakış açısını değiştirmiştir. Enerjide dışa bağımlı olmak istemeyen ve enerji arzında sorun yaşayan ülkeler, fosil kaynaklara bağlı olarak artan çevresel sorunların da etkisiyle, sahip oldukları alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmaya ve çeşitlendirmeye çalışmaktadırlar. Biyogaz gibi Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için önemli bir fırsat durumundadır.

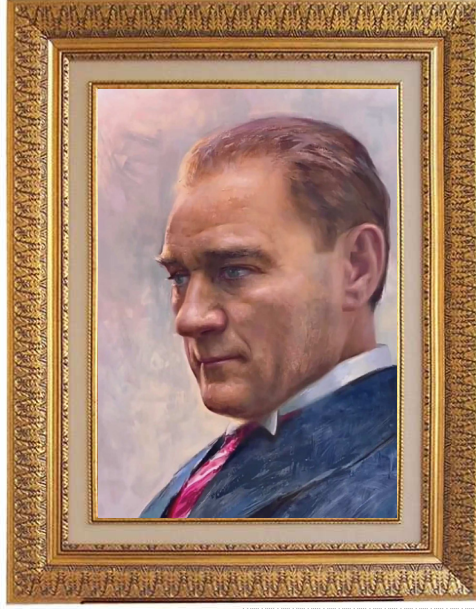
Biyogaz üretim süreci, anaerobik fermentasyon olarak bilinen bir süreç ile oksijen yokluğunda organik maddelerin ayrışması sürecinde yanıcı gaz bir yakıt üretme sürecidir. Bu yenilenebilir enerji kaynağı, tarımsal artıklar, gıda atıkları, hayvan gübresi, kanalizasyon çamuru ve enerji bitkileri gibi çeşitli organik atık materyallerden üretilir. Anaerobik fermentasyon sürecinden yararlanılarak biyogaz üretimi, çok çeşitli katı veya sıvı atık materyalleri değerli bir enerji kaynağına dönüştürmek için çok yönlü bir çözüm sunar. Anaerobik koşullar altında, çeşitli organik maddeler mikroorganizmalar tarafından bozunmaya uğrar ve bu durum enerji içeriği yüksek biyogaz üretimiyle sonuçlanır.

Biyogaz uzun yıllardır üretilmektedir ve son yıllarda üretimi giderek artmaktadır. Günümüzdeki üretimi, 1990 yılındaki üretiminden yaklaşık 25 kat daha fazladır. Anaerobik fermentasyon, geleneksel olarak düşük ve orta gelirli ülkelere, özellikle de kırsal ekonomilere, organik atıkları sürdürülebilir bir şekilde yönetme ve yerel enerji taleplerini karşılamak için temiz yakıtlar üretmek amacıyla kullanılır ve yerel istihdam yaratma konusunda yardımcı olur. Biyogaz kullanımı, pişirme, ısıtma veya araçlarda gaz yakıt olarak yaygın olarak kullanılan doğal gaz kullanımına benzer. Organik atıkların enerji üretimi amacıyla kullanılması, kaynak verimliliğini ve sürdürülebilirliği artırmanın bir yöntemidir. Anaerobik fermentasyona sürecindeki her birim işlemin verimliliğini iyileştirmenin yanı sıra, birden fazla ürün üretmek için malzeme ve enerji akışları diğer işlemlerle entegre edilirse, toplam kaynak verimliliği ve ekonomi daha da geliştirilebilir. Enerji üretimi için üretilen ve dahili olarak tüketilen enerji arasındaki denge önemlidir ve sürecin enerji verimliliği mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.

*Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. kuruluş yılı anısına hazırlamış olduğum bu bilgi seti, başta kurucu lider ve bilge önder Mareşal Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK olmak üzere, kurtuluş savaşı ve kuruluş mücadelesinde büyük bir özveri ile görev alan bütün insanlara ve ülkemizde tarımsal mekanizasyon eğitim ve araştırmalarının öncülerine ithaf olunur. Değerli eserleri ve önemli katkıları için en içten teşekkürlerimi ve sonsuz saygılarımı sunarım.*

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Adana, Ekim-2023



**Kurucu lider ve bilge önder Mareşal Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK**



**Ülkemizde tarımsal mekanizasyon eğitim ve araştırmalarının öncülerinden bazı bilim insanları**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>1. BİYOYAKITLAR</b> .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Biyoyakıtlar.....	1
1.2.1. Birinci Kuşak Biyoyakıtlar.....	4
1.2.2. İkinci Kuşak Biyoyakıtlar.....	7
1.2.2.1. İkinci Kuşak Biyoyakıt Üretimi.....	8
1.3. Sonuç Ve Öneriler.....	9
<b>2. KÜRESEL ISINMANIN ÖNLENMESİ İÇİN BİYOENERJİ</b> ..	10
2.1. Giriş.....	10
2.2. Biyoenerji Üretimi Ve Arazi Kullanımı Değişikliği.....	13
2.2.1. Sürdürülebilir Biyoenerji Kaynağı Üretmek.....	13
2.3. Arazi Kullanımı, Tarım Ve Ormancılıktan Kaynaklanan Emisyonların Dengelenmesi.....	15
2.4. Biyoyakıt Kullanımını Desteklemek Ve Yaygınlaştırmak.....	18
2.4.1. Politika Yaklaşımları.....	19
2.4.2. Ekonomik Etkiler.....	19
2.4.3. Emisyonlar Ve Dayanıklılık İçin Çıkarımlar.....	20
2.5. Sonuç Ve Öneriler.....	21
<b>3. BİYOYAKIT MALİYETLERİ</b> .....	22
3.1. Giriş.....	22
3.2. Anaerobik Fermentasyon İle Biyometan Üretimi .....	22
3.3. Gazlaştırma İle Üretilen Sentetik Yakıtlar.....	24
3.3.1. Üretim Maliyetleri.....	26
3.4. Maliyet Tahminleri.....	28
3.5. Maliyet Azalma Potansiyeli.....	29
3.6. Maliyet Karşılaştırmaları.....	30
3.6.1. Geleneksel Biyoyakıt Fiyatları.....	30
3.6.2. Fosil Yakıt Fiyatları İle Karşılaştırma.....	30
3.6.3. Biyoyakıt Maliyetleri.....	32
3.7. Biyogaz Üretimi Ve Maliyeti.....	33
3.8. Hammadde Tedarik Maliyetleri .....	37
3.9. Sonuç Ve Öneriler.....	40
<b>4. TARIMSAL BİYOENERJİ ÜRETİMİ</b> .....	42
4.1 Giriş.....	42
4.2. Tarımsal Biyoenerji Üretimi.....	42
4.3. Gıda Tedarik Zincirinde Oluşan Atıklar/Kalıntılar.....	45
4.4. Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretimi.....	48

4.5. Tarımsal Biyoenerji Bitkileri.....	52
4.5.1. Sera Gazı Emisyonu İçin Yaşam Döngüsü Analizi.....	52
4.5.2. Çevresel Değerlendirmeler.....	54
4.5.3. Sosyal Değerlendirmeler.....	56
4.6. Yenilenebilir Enerji.....	57
4.6.1. Biyoyakıt Ve Yenilenebilir Enerji Politikaları.....	57
4.7. Sonuç Ve Öneriler.....	58
<b>5. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE SÜREÇ YÖNETİMİ.....</b>	<b>61</b>
5.1. Biyoenerji Değer Zincirinde Teknoloji Düzeyi.....	61
5.1.1. Biyoenerji.....	61
5.1.2. Sürdürülebilir Biyoenerji Varlığı.....	65
5.1.3. Biyoenerji Değer Zincirinin Teknolojiye Hazırlığı.....	66
5.2. Yenilenebilir gaz Yakıt Olarak Biyogaz.....	68
5.3. Biyogaz Teknolojisi.....	69
5.3.1. Anaerobik Fermentasyon İçin Uygun Atıklar.....	70
5.3.2. Ön Arıtma Ve Pastörizasyon.....	75
5.4. Anaerobik Fermentasyon.....	77
5.5. Anaerobik Fermentör Tasarımı.....	80
5.6. Anaerobik Fermentasyon Yönetimi.....	91
5.7. Gaz İyileştirme Ve Dağıtımı.....	93
5.8. Süreç Yönetimi Ve Entegrasyon.....	96
<b>6. TARIMSAL BİYOGAZ KOOPERATİFLERİ.....</b>	<b>99</b>
6.1. Özet.....	99
6.2. Giriş.....	100
6.3. Tarımsal Simbiyoz.....	101
6.4. Konum Ve Biyokütle Hammaddeleri.....	103
6.5. Tarımsal Biyogaz Kooperatifleri.....	106
6.6. Sonuç Ve Öneriler.....	106
<b>7. KIRSAL KESİMLERDE BİYOENERJİ KAYNAĞI OLARAK BİYOGAZ ÜRETİMİ VE KULLANIMI.....</b>	<b>108</b>
7.1. Giriş.....	108
7.2. Biyogaz Üretimi.....	110
7.3. Biyogaz Tesislerinin Yararları Ve Zorlukları.....	113
7.3.1. Biyogaz Tesislerinin Yararları.....	113
7.3.2. Biyogaz Tesislerindeki Zorluklar.....	113
7.4. Biyogaz Kullanımı.....	114
7.5. Kırsal Bölgelerde Enerji Kaynağı Olarak Biyogaz Ve Önemi.....	118
7.6. Biyogaz Üretiminin Kısıtlamaları Ve Gelecek Çalışmalar.....	120
7.7. Sonuç Ve Öneriler.....	122

<b>8. BİYOGAZ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ.....</b>	<b>123</b>
8.1. Giriş.....	123
8.2. Anaerobik Fermentasyon Teknolojisinin Çalışma İlkesi.....	124
8.3. Sistem Bileşenleri.....	127
8.4. Anaerobik Fermentasyon.....	129
8.4.1. Süreç Ve Aşamalar.....	130
8.4.1.1. Hidroliz.....	131
8.4.1.2. Asidojenez.....	132
8.4.1.3. Asetojenez.....	132
8.4.1.4. Metanojenez.....	132
8.5. Biyogaz.....	132
8.6. Biyogaz Kullanımı.....	134
8.6.1. Enerji Üretimi.....	135
8.6.2. Şebekeye Enjeksiyon.....	136
8.6.3. Taşıt Yakıtı.....	137
8.6.4. Gübre Ve Bitki Besini.....	137
8.6.5. Pişirme Gazı.....	137
8.7. Anaerobik Fermentasyon İçin İşlem Teknolojisi.....	138
8.7.1. Yaş Ve Kuru Anaerobik Fermentasyon.....	139
8.7.2. Anaerobik Fermentasyon Sistemleri.....	141
8.7.2.1. Kuru Fermentasyon.....	141
8.7.2.2. Yaş Fermentasyon.....	142
8.7.2.3. Birlikte Fermentasyon.....	142
8.7.2.4. Fermentasyon Sistemlerinin Karşılaştırılması..	146
8.7.3. Besleme Durumuna Göre Fermentasyon Sistemleri....	148
8.7.3.1. Kesikli Fermentasyon.....	148
8.7.3.1.1. Kesikli Fermentasyonun Özellikleri.	151
8.7.3.1.2. Mikrobiyal Büyüme Eğrisi.....	152
8.7.3.1.3. Kesikli Fermentasyon Uygulaması...	153
8.7.3.2. Yarı Kesikli Fermentasyon.....	155
8.7.3.2.1. Yarı Kesikli Besleme Süreci.....	156
8.7.3.2.2. Yarı Kesikli Besleme Yaklaşımları..	159
8.7.3.2.3. Yarı Kesikli Beslemeli Uygulamalar	160
8.7.3.2.4. Yarı Kesikli Besleme İlkesi.....	163
8.7.3.2.5. Yarı Kesikli Beslemeli İşlem Süreci	163
8.7.3.2.6. Yarı Kesikli Besleme Yöntemleri..	164
8.7.3.2.6.1. Sabit Hacimli Besleme..	164
8.7.3.2.6.2. Değişken Besleme.....	165
8.7.3.2.6.3. Döngüsel Besleme.....	165

8.7.3.2.6.4. Tek Besleme.....	165
8.7.3.2.7. Yarı Kesikli Beslemenin Kısıtları...	166
8.7.3.3. Sürekli Fermentasyon.....	166
8.7.3.3.1. Mikrobiyal Büyüme Eğrisi.....	167
8.7.3.3.2. Sürekli Fermentasyon Türleri.....	168
8.7.3.3.3. Sürekli Fermentasyon Uygulaması..	168
8.7.3.3.4. Sürekli İşlem Türleri.....	169
8.7.3.3.4.1. Yarı Sürekli İşlem.....	170
8.7.4. Kesikli ve Sürekli Beslemenin Karşılaştırılması.....	171
8.7.4.1. Besleme Yöntemlerinin Farklılıkları.....	183
8.7.4.2. Kesikli Ve Sürekli Fermentasyon Benzerliği...	185
8.7.4.3. Kesikli/Sürekli Fermentasyon Karşılaştırma...	185
8.7.5. Fermentör Tasarımları.....	187
8.7.6. Fermentör Çeşitleri.....	189
8.7.6.1. Çalışma İlkesine Göre Fermentör Çeşitleri.....	191
8.7.6.1.1. Kesikli Fermentör.....	193
8.7.6.1.2. Yarı Kesikli Fermentör.....	194
8.7.6.1.3. Sürekli Beslemeli Fermentör.....	195
8.7.6.1.3.1. Karıştırılan Tank Fermentör	196
8.7.6.1.3.2. Piston Akışlı Fermentör.....	198
8.7.6.1.3.3. Dolgulu Yataklı Fermentör.	201
8.7.7. Fermentasyon Tesisinin Tasarımı.....	202
8.7.7.1. Katı İçeriği.....	202
8.7.7.2. Karmaşıklık.....	203
8.7.7.3. Bekletme Süresi.....	204
8.7.7.4. Reaksiyonu Yavaşlatma/Durdurma/Önleme...	206
8.7.7.5. Nem İçeriği.....	208
8.7.7.6. Kirlenme.....	208
8.7.7.7. Materyal Bileşimi.....	210
<b>9. BİYOGAZ ÜRETİMİNİ ARTIRMA YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>213</b>
9.1. Özet.....	213
9.2. Giriş.....	213
9.3. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Materyaller.....	217
9.3.1. Karbonhidrat Açısından Zengin Hammaddeler.....	220
9.3.2. Lignoselülozik Biyokütle.....	221
9.3.3. Protein Açısından Zengin Hammaddeler.....	224
9.3.4. Yağ İçeren Materyaller.....	225
9.4. Süreç Sinerjilerinden Yararlanma.....	227
9.4.1. Büyük Ölçekte Birlikte Fermentasyon.....	228



9.5. Fermentör Performansını Artırmak.....	230
9.5.1. Biyolojik Çoğaltım.....	232
9.5.2. Yüksek Katı İçeriğinde Çalışma.....	233
9.5.3. Termofilik Rejim.....	234
9.5.4. Adsorban, İletken Materyal Ve Nanopartikül Ekleme.....	235
9.6. Sonuç Ve Öneriler.....	238
<b>10. BİYOGAZ ÜRETİMİ İÇİN BİRLİKTE FERMENTASYON</b>	<b>239</b>
10.1. Özet.....	239
10.2. Giriş.....	239
10.3. Anaerobik Birlikte Fermentasyon Sürecinde Etkili Faktörler	242
10.3.1. Materyalin Kimyasal Bileşimi.....	242
10.3.1.1. Karbonhidrat İçeriği Zengin Materyaller.....	243
10.3.1.2. Protein İçeriği Zengin Organik Materyaller..	243
10.3.1.3. Yağ İçeriği Zengin Organik Materyaller.....	244
10.3.2. Sıcaklık.....	244
10.3.3. pH Değeri.....	245
10.3.4. Biyobozunurluk Ve Biyoreişilebilirlik.....	246
10.4. Birlikte Fermentasyon Sürecinin Gelişimi Ve Zorlukları.....	246
10.4.1. Biyokimyasal Metan Potansiyeli (BMP) Deneyleri....	252
10.4.2. İki Aşamalı Anaerobik Birlikte Fermentasyon Süreci.	253
10.5. Birlikte Fermentasyon Sürecinin Modellenmesi.....	246
10.6. Birlikte Fermentasyon Teknolojisinin Geleceği.....	256
10.7. Sonuç Ve Öneriler.....	257
<b>11. TARIMSAL ATIKLARIN BİRLİKTE FERMENTASYON İÇİN ÖNEMİ</b>	<b>259</b>
11.1. Özet.....	259
11.2. Giriş.....	259
11.3. Tarımsal Bitki Atıkları.....	261
11.4. Biyogaz Üretimi.....	263
11.5. Tarımsal Bitki Atıklarının Biyogaz Verimi.....	265
11.6. Sonuç Ve Öneriler.....	267
<b>12. TARIMSAL ATIKLAR VE GIDA ATIKLARINDAN BİYOGAZ ÜRETİMİ</b>	<b>269</b>
12.1. Özet.....	269
12.2. Giriş.....	269
12.3. Temel Değişkenler.....	272
12.3.1. Sıcaklık.....	272
12.3.2. pH Değeri.....	273
12.3.3. Uçucu Yağ Asitleri (VFA).....	274

12.3.4. Karbon/Azot (C/N) Oranı.....	273
12.3.5. Organik Yükleme Oranı (OLR).....	275
12.3.6. Hidrolik Bekletme Süresi (HRT).....	276
12.4. Biyofermentör Tasarımları.....	276
12.4.1. Kuru Ve Yaş Anaerobik Fermentasyon.....	277
12.4.1.1. Kuru Fermentasyon.....	278
12.5. Anaerobik Fermentörün Çalışma Yöntemleri.....	280
12.5.1. Kesikli Çalışma.....	280
12.5.2. Sürekli Çalışma.....	280
12.6. Tek ve Çok Aşamalı Anaerobik Fermentörler.....	281
12.7. İnhibitörler.....	282
12.8. Ön İşlemler.....	284
12.9. Anaerobik Birlikte Fermentasyon.....	287
12.9.1. Gıda Atıklarının Bitkiler, Bitki Kalıntıları Ve Alglerle Birlikte Fermentasyonu.....	288
12.9.2. Gıda Atıklarının Kalıntılarla Fermentasyonu.....	289
12.9.3. Gıda Atıklarının Hayvan Dışkısı, Atık Su Ve Kanalizasyon Çamuru ile Birlikte Fermentasyonu	290
12.10. Gıda Atıklarının Anaerobik Fermentasyon Verimi.....	292
12.11. Kalkınma Perspektifleri Ve Öneriler.....	294
12.12. Sonuç Ve Öneriler.....	295
12.13. Tarım Atıkları Ve Gıda Atıklarından Biyometan Üretimi	297
12.13.1. Özet.....	297
12.13.2. Giriş.....	297
12.13.3. Anaerobik Fermentasyon Süreci.....	299
12.13.4. Anaerobik Fermentasyon Verimini Etkileyen Değişkenler Ve İşletimsel Faktörler.....	301
12.13.4.1. Sıcaklık.....	302
12.13.4.2. pH Değeri.....	302
12.13.4.3. Alkalinite.....	302
12.13.4.4. Toplam Katı Ve Uçucu Katı İçeriği...	303
12.13.4.5. Amonyum.....	303
12.13.4.6. Toplam Kjeldahl Azotu.....	304
12.13.4.7. Uçucu Yağ Asitleri.....	304
12.13.4.8. Karbon/Azot Oranı.....	304
12.13.4.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	305
12.13.4.10. Örnek Miktarı.....	305
12.13.4.11. Besinler Ve Toksik Ajanlar.....	305
12.13.5. Hammadde Materyalleri Ve Ön İşlemler.....	307

12.13.5.1. Mekanik Ön İşlem.....	308
12.13.5.2. Isıl Ön İşlem.....	309
12.13.5.3. Kimyasal Ön İşlem.....	309
12.13.5.4. Ultrasonik Ön İşlem.....	309
12.13.5.5. Biyolojik Ön İşlem.....	310
12.13.6. Biyometan Ve Kesikli Fermentasyon.....	310
12.13.7. Sürekli Fermentasyon Süreci.....	311
12.13.8. Fermentör Yönetim Değişkenleri.....	312
12.13.8.1. Hidrolik Bekletme Süresi.....	312
12.13.8.2. Bulamaç Bekleme Süresi.....	312
12.13.8.3. Hacimsel Organik Yük.....	313
12.13.8.4. Organik Yük.....	313
12.13.8.5. Özgül Biyogaz Üretimi.....	314
12.13.8.6. Biyogaz Üretim Hızı.....	314
12.13.8.7. Yıllık Biyogaz Üretimi.....	315
12.13.8.8. Metan Verimi.....	315
12.13.8.9. Materyal Uzaklaştırma Verimi.....	315
12.13.8.10. Anaerobik Biyobozunurluk.....	316
12.13.9. Isı Ve Güç Ünitesi Yönetim Değişkenleri.....	316
12.13.10. Fermentör Tasarımları.....	317
12.13.10.1. Sürekli Karıştırmalı Fermentör.....	318
12.13.10.2. Dolaşımli Sürekli Fermentör.....	318
12.13.10.3. Ayrı Aşamalı Fermentasyon.....	319
12.13.11. Gıda Atıklarının Fermentasyonu.....	319
12.13.11.1. Atıkların Birlikte Fermentasyonu...	320
12.13.11.2. Tarımsal Gıda Yan Ürünlerinin Birlikte Fermentasyonu.....	323
12.13.11.3. Gıda Atıkları Ve Tarımsal Gıda Yan Ürünlerinin Fermentasyonu...	325
12.13.12. Sonuç Ve Öneriler.....	327
<b>13. BİYOGAZ VE BİYOMETAN POLİTİKALARI.....</b>	<b>329</b>
13.1. Biyogaz Ve Biyometan.....	329
13.1.1. Biyogaz.....	329
13.1.2. Biyometan.....	330
13.2. Biyogaz Üretim Maliyetleri.....	331
13.3. Biyogaz Ve Biyometan Politikaları İçin Öneriler.....	334
13.3.1. Sürdürülebilir Hammadde Potansiyeli.....	336
13.3.2. Biyogaz Ve Biyometan Tüketim Desteği.....	336
13.3.3. Biyogaz Ve Biyometan Temini İçin Destek.....	337
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>339</b>

## KAYNAKLAR

- European Environment Agency. Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions. (2020) doi:10.2800/19800.
- Mossberg, J., Pettersson, K., Furusjö, E., Baky, A. & Klintbom, P. Perspektiv på svenska förnybara drivmedel - Utvärdering utifrån miljö kvalitets- och samhällsmål samt scenarier för inhemsk produktion till 2030. (2019).
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M. & Edwards, M. JEC Well-To-Wheels report v5. (2020). doi:10.2760/100379.
- Gustafsson, M., Cruz, I., Svensson, N. & Karlsson, M. Scenarios for upgrading and distribution of compressed and liquefied biogas — Energy, environmental, and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 256, 120473 (2020).
- Tybirik, K. Biogas Liquefaction and use of Liquid Biomethane. Status on the market and technologies available for LNG/LBG/LBM of relevance for biogas actors in 2017. (2018).
- IRENA. Biogas for Road Vehicles: Technology brief. (2018).
- Dahlgren, S. Biogas-based fuels as renewable energy in the transport sector: an overview of the potential of using CBG, LBG and other vehicle fuels produced from biogas. *Biofuels* 1–13 (2020) doi:10.1080/17597269.2020.1821571.
- Wormslev, E. C. & Broberg, M. K. Sustainable Jet Fuel for Aviation – Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation. [www.niras.dk](http://www.niras.dk) (2020).
- Calderón, C., Colla, M. & Jossart, J.-M. Statistical report 2020 - Report biogas. *Bioenergy Europe* <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/11/Biogas-Report-2020-EBA-Bioenergy-Europe.pdf> (2020).
- EBA. European Biogas Association Statistical Report: 2019 European Overview. *European Biogas Association* <http://european-biogas.eu/2017/12/14/eba-statistical-report-2017-published-soon/> (2020).
- WBA. Global Bioenergy Statistics 2019 *World Bioenergy Association. World Bioenergy Association (WBA)* 58 (2019).
- Wellinger, A., Murphy, J. & Baxter, D. The biogas handbook. *The biogas handbook* (2013). doi:10.1533/9780857097415.
- Patinvoh, R. J., Osadolor, O. A., Chandolias, K., Sárvári Horváth, I. & Taherzadeh, M. J. Innovative pretreatment strategies for biogas production. *Bioresource Technology* 224, 13–24 (2017).
- Luostarinen, S. Energy Potential of Manure in the Baltic Sea Region: Biogas Potential & Incentives and Barriers for Implementation. 77 (2013).
- Meyer, A. K. P., Ehimen, E. A. & Holm-Nielsen, J. B. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy* 111, 154–164 (2018).
- Liu, T. Biogas production from lignocellulosic agricultural residues Microbial approaches for enhanced efficiency. (2019).
- Hagman, L., Blumenthal, A., Eklund, M. & Svensson, N. The role of biogas solutions in sustainable biorefineries. *Journal of Cleaner Production* 172, 3982–3989 (2018).
- Mirata, M., Eklund, M. & Gundberg, A. Industrial symbiosis and biofuels industry: business value and organisational factors within cases of ethanol and biogas production. *The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels* [www.f3centre.se](http://www.f3centre.se) (2017).
- Cesaro, A. & Belgiorno, V. Combined biogas and bioethanol production: Opportunities and challenges for industrial application. *Energies* 8, 8121–8144 (2015).
- Meyer, T. & Edwards, E. A. Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater and sludge. *Water Research* 65, 321–349 (2014).
- Ekstrand, E.-M. Anaerobic digestion in kraft pulp and paper industry – challenges and possibilities for implementation. (Linköping University, 2019).
- Kamali, M., Gameiro, T., Costa, M. E. V. & Capela, I. Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastes - An overview of the developments and improvement opportunities. *Chemical Engineering Journal* 298, 162–182 (2016).
- Sawatdeenarunat, C. et al. Biogas production from industrial effluents. in *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels* 779–816 (Elsevier, 2019). doi:10.1016/B978-0-12-816856-1.00032-4.
- Lin, Y. C., Ni, C. H., Wu, C. Y. & Lin, J. C. Te. A full-scale study of external circulation sludge bed (ECSB) system for anaerobic wastewater treatment in a whiskey distillery. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 34261–34276 (2019).
- Li, W.-W. & Yu, H.-Q. Advances in Energy-Producing Anaerobic Biotechnologies for Municipal Wastewater Treatment. *Engineering* 2, 438–446 (2016).
- Stazi, V. & Tomei, M. C. Enhancing anaerobic treatment of domestic wastewater: State of the art, innovative technologies and future perspectives. *Science of the Total Environment* 635, 78–91 (2018).
- Zhang, L. et al. Anaerobic treatment of raw domestic wastewater in a UASB-digester at 10 °C and microbial community dynamics. *Chemical Engineering Journal* 334, 2088–2097 (2018).
- Schnürer, A. & Jarvis, Å. *Microbiology of the biogas process*. (2018).
- Ghavinati, H. & Tabatabaei, M. *Biogas: Fundamentals, Process, and Operation*. Springer (2018).
- Atelge, M. R. et al. A critical review of pretreatment technologies to enhance anaerobic digestion and energy recovery. *Fuel* 270, 117494 (2020).
- Edström, M., Nordberg, Å. & Thyselius, L. Anaerobic treatment of animal byproducts from slaughterhouses at laboratory and pilot scale. in *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology* vol. 109 127–138 (Springer, 2003).
- Zhang, Y., Kusch-Brandt, S., Heaven, S. & Banks, C. J. Effect of pasteurisation on methane yield from food waste and other substrates in anaerobic digestion. *Processes* 8, 1–22 (2020).

- Ware, A. & Power, N. What is the effect of mandatory pasteurisation on the biogas transformation of solid slaughterhouse wastes? *Waste Management* 48, 503–512 (2016).
- Carlsson, M. When and why is pre-treatment of substrates for anaerobic digestion useful? Doctoral thesis / Luleå University of Technology 1 Jan 1997 → (2015).
- Hernández-Beltrán, J. U. et al. Insight into Pretreatment Methods of Lignocellulosic. *Applied Sciences* (2019).
- Westerholm, M. & Schnürer, A. Microbial Responses to Different Operating Practices for Biogas Production Systems. in *Anaerobic Digestion* (IntechOpen, 2019). doi:10.5772/intechopen.82815.
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L. & Li, Y. Anaerobic digestion of food waste – Challenges and opportunities. *Bioresource Technology* 247, 1047–1058 (2018).
- Van Lier, J. B., Vashi, A., Van Der Lubbe, J. & Heffernan, B. Anaerobic sewage treatment using UASB reactors: Engineering and operational aspects. in *Environmental Anaerobic Technology: Applications and New Developments* 59–89 (Imperial College Press, 2010). doi:10.1142/9781848165434\_0004.
- Kong, Z., Li, L., Xue, Y., Yang, M. & Li, Y. Y. Challenges and prospects for the anaerobic treatment of chemical-industrial organic wastewater: A review. *Journal of Cleaner Production* 231, 913–927 (2019).
- Camirand, E. *Biogas Plant Development Handbook • BiogasWorld*. <https://www.biogasworld.com/biogas-plant-development-handbook/>.
- SGC. Basic Data on Biogas. [www.sgc.se](http://www.sgc.se). (2012).
- Li, Y., Park, S. Y. & Zhu, J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 15 821–826 (2011).
- Brown, D. & Li, Y. Solid state anaerobic co-digestion of yard waste and food waste for biogas production. *Bioresource Technology* 127, 275–280 (2013).
- Kothari, R., Pandey, A. K., Kumar, S., Tyagi, V. V. & Tyagi, S. K. Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39, 174–195 (2014).
- Waltenberger, R. & Kirchmayr, R. *Wet and Dry Anaerobic Digestion Processes*. Jyväskylä Summerschool (2013).
- Fu, Y. et al. Dry anaerobic digestion technologies for agricultural straw and acceptability in China. *Sustainability* (Switzerland) 10, (2018).
- Persson, E., Westerholm, M., Schnürer, A., Nordin, A. & Tamm, D. Dry anaerobic digestion of food waste at mesophilic and thermophilic temperature. REPORT 201 [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se) (2019).
- Chiumentì, A., da Borsò, F. & Limina, S. Dry anaerobic digestion of cow manure and agricultural products in a full-scale plant: Efficiency and comparison with wet fermentation. *Waste Management* 71, 704–710 (2018).
- Rocamora, I. et al. Dry anaerobic digestion of organic waste: A review of operational parameters and their impact on process performance. *Bioresource Technology* 299, 122681 (2020).
- Kashyap, D. R., Dadhich, K. S. & Sharma, S. K. Biomethanation under psychrophilic conditions: A review. *Bioresource Technology* 87, 147–153 (2003).
- Dev, S. et al. Perspective on anaerobic digestion for biomethanation in cold environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 103, 85–95 (2019).
- Massé, D. I., Rajagopal, R. & Singh, G. Technical and operational feasibility of psychrophilic anaerobic digestion technology for processing ammonia-rich waste. *Applied Energy* 120, 49–55 (2014).
- Van, D. P., Fujiwara, T., Tho, B. L., Toan, P. P. S. & Minh, G. H. A review of anaerobic digestion systems for biodegradable waste: Configurations, operating parameters, and current trends. *Environmental Engineering Research* 25, 1–17 (2020).
- Nizami, A. S. & Murphy, J. D. What type of digester configurations should be employed to produce biomethane from grass silage? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1558–1568 (2010).
- Jimenez, J. et al. Instrumentation and control of anaerobic digestion processes: a review and some research challenges. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 14, 615–648 (2015).
- Vilanova Plana, P. & Noche, B. A review of the current digestate distribution models: storage and transport. *WIT Transactions on Ecology and The Environment* 202, (2016).
- Le Corre, K. S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P. & Parsons, S. A. Phosphorus Recovery from Wastewater by Struvite Crystallization: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39, 433–477 (2009).
- Tao, W., Fattah, K. P. & Huchzermeyer, M. P. Struvite recovery from anaerobically digested dairy manure: A review of application potential and hindrances. *Journal of Environmental Management* 169, 46–57 (2016).
- Lorick, D., Macura, B., Ahlström, M., Grimvall, A. & Harder, R. Effectiveness of struvite precipitation and ammonia stripping for recovery of phosphorus and nitrogen from anaerobic digestate: a systematic review. *Environmental Evidence* 9, 1–20 (2020).
- Drosg, B., Fuchs, W., Al Seadi, T., Madsen, M. & Linke, B. Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing. IEA Bioenergy [http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/Technical\\_Brochures/NUTRIENT\\_RECOVERY\\_RZ\\_web1.pdf](http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/Technical_Brochures/NUTRIENT_RECOVERY_RZ_web1.pdf) (2015).
- Fuchs, W. & Drosg, B. Assessment of the state of the art of technologies for the processing of digestate residue from anaerobic digesters. *Water Science and Technology* 67, 1984–1993 (2013).
- Boe, K., Karakashev, D., Trably, E. & Angelidaki, I. Effect of post-digestion temperature on serial CSTR biogas reactor performance. *Water Research* 43, 669–676 (2009).
- Huygens, D. et al. Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive ( 91 / 676 / EEC ). EUR 30363 (2020).
- Hoyer, K., Hultberg, C., Svensson, M., And, J. J. & Nørregård, Ø. Biogas Upgrading-Technical Review. REPORT 201 [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se) (2016).
- Bauer, F., Hultberg, C., Persson, T. & Tamm, D. Biogas upgrading – Review of commercial technologies. SGC Rapport (2013).

- Kapoor, R., Ghosh, P., Kumar, M. & Vijay, V. K. Evaluation of biogas upgrading technologies and future perspectives: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 11631–11661 (2019).
- Ryckebosch, E., Drouillon, M. & Vervaeren, H. Techniques for transformation of biogas to biomethane. *Biomass and Bioenergy* vol. 35 1633–1645 (2011).
- Guebitz, G. M., Bauer, A., Bochmann, G., Gronauer, A. & Weiss, S. *Biogas Science and Technology*. Biogas Science and Technology (2015). doi:10.1007/978-3-319-21993-6.
- Angelidaki, I. et al. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances* 36, 452–466 (2018).
- Adnan, Ong, Nomanbhay, Chew & Show. Technologies for Biogas Upgrading to Biomethane: A Review. *Bioengineering* 6, 92 (2019).
- Salman, C. A., Schwede, S., Thorin, E. & Yan, J. Enhancing biomethane production by integrating pyrolysis and anaerobic digestion processes. *Applied Energy* 204, 1074–1083 (2017).
- Surendra, K. C., Sawatdeenarunat, C., Shrestha, S., Sung, S. & Khanal, S. K. Anaerobic digestion-based biorefinery for bioenergy and biobased products. *Industrial Biotechnology* 11, 103–112 (2015).
- Righetti, E., Nortilli, S., Fatone, F., Frison, N. & Bolzonella, D. A Multiproduct Biorefinery Approach for the Production of Hydrogen, Methane and Volatile Fatty Acids from Agricultural Waste. *Waste and Biomass Valorization* 11, 5239–5246 (2020).
- IRENA. Bioenergy from Finnish forests: Sustainable, efficient and modern use of wood. [www.irena.org](http://www.irena.org) (2018).
- Moraes, B. S. et al. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense? *Applied Energy* 113, 825–835 (2014).
- Broberg Viklund, S. & Lindkvist, E. Biogas production supported by excess heat - A systems analysis within the food industry. *Energy Conversion and Management* 91, 249–258 (2015).
- Pierie, F. et al. Improving the Sustainability of Farming Practices through the Use of a Symbiotic Approach for Anaerobic Digestion and Digestate Processing. *Resources* 6, 50 (2017).
- Bernadette McCabe, Roland Kroebe, Marco Pezzaglia, Clare Lukehurst & Jerry D. Murphy. Integration of Anaerobic Digestion into Farming Systems in Australia, Canada, Italy, and the UK. 8 (2020).
- Heaven, S., Salter, A. M. & Banks, C. J. Integration of on-farm biodiesel production with anaerobic digestion to maximise energy yield and greenhouse gas savings from process and farm residues. *Bioresource Technology* 102, 7784–7793 (2011).
- Havukainen, J., Uusitalo, V., Niskanen, A., Kapustina, V. & Horttanainen, M. Evaluation of methods for estimating energy performance of biogas production. *Renewable Energy* 66, 232–240 (2014).
- Pöschl, M., Ward, S. & Owende, P. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. *Applied Energy* 87, 3305–3321 (2010).
- Lombardi, L., Mendecka, B. & Fabrizi, S. Solar Integrated Anaerobic Digester: Energy Savings and Economics. *Energies* 13, 4292 (2020).
- Ouhammou, B. et al. A new system design and analysis of a solar bio-digester unit. *Energy Conversion and Management* 198, 111779 (2019).
- Zhang, X., Yan, J., Li, H., Chekani, S. & Liu, L. Investigation of thermal integration between biogas production and upgrading. *Energy Conversion and Management* 102, 131–139 (2015).
- Zhen, F., Zhang, J., Li, W., Sun, Y. & Kong, X. Optimizing Waste Heat Utilization in Vehicle Bio-Methane Plants. *Energies* 11, 1518 (2018).
- Merlin, G., Kohler, F., Bouvier, M., Lissolo, T. & Boileau, H. Importance of heat transfer in an anaerobic digestion plant in a continental climate context. *Bioresource Technology* 124, 59–67 (2012).
- Han, R. et al. Review on heat-utilization processes and heat-exchange equipment in biogas engineering. Citation: *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 8, 32701 (2016).
- Chen, J., Wu, J., Ji, X., Lu, X. & Wang, C. Mechanism of waste-heat recovery from slurry by scraped-surface heat exchanger. *Applied Energy* 207, 146–155 (2017).
- Chen, J. et al. A high efficient heat exchanger with twisted geometries for biogas process with manure slurry. *Applied Energy* 279, 115871 (2020).
- Parsons, S. A. & Doyle, J. D. Struvite scale formation and control. *Water Science and Technology* 49, 177–182 (2004).
- Doyle, J. D. & Parsons, S. A. Struvite formation, control and recovery. *Water Research* 36, 3925–3940 (2002).
- Karlsson, E. (2021). Biogas through Anaerobic Digestion from Waste Streams as a Renewable Transportation Fuel - A Brief Review of Technology. ETIP Bioenergy, European Technology and Innovation Platform.
- Cedigaz (2019). Global biomethane market: Green gas goes global.
- IEA. (2020a). Outlook for biogas and Prospects for organic growth. World Energy Outlook Special Report. IEA Publications International Energy Agency.
- IEA. (2020b). Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction. IEA Bioenergy.
- Öztürk, H.H. (2020). Biyogaz ve Biyometan: Üretim-Tüketim ve Maliyetler. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-2-52079-9.
- Öztürk, H.H., Türker, G., Mutlu, N. (2020). Tarımsal Biyogaz Tesisleri: Teknik-Ekonomik ve Çevresel Değerlendirmeler. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-2-52079-9.
- Türker, G. (2020). Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi: Biyogaz Teknolojisi. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-0-78766-6.
- Pierie F., Dsouza A., van Someren CEJ, Benders RMJ, van Gemert WJT, Moll HC. Improving the Sustainability of Farming Practices through the Use of a Symbiotic Approach for Anaerobic Digestion and Digestate Processing. *Resources* 2017, 6, 50; doi:10.3390/resources6040050.

- Vatn, A.; Bakken, L.; Bleken, M.A.; Baadshaug, O.H.; Fykse, H.; Haugen, L.E.; Lundekvam, H.; Morken, J.; Romstad, E.; Rørstad, P.K.; et al. A methodology for integrated economic and environmental analysis of pollution from agriculture. *Agric. Syst.* 2006, 88, 270–293.
- Öztürk, H.H., 2016. *Biyoyakıt Üretimi*. Umuttepe Yayınevi, 390 sayfa.
- Taşyürek, M., Acaroğlu, M., 2007. *Biyoyakıtlarda (biyomotorinde) emisyon azaltımı ve küresel ısınmaya etkisi*. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya.
- IEA, 2021. *INTERNATIONAL ENERGY AGENCY Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector*. Net Zero by 2050 Interactive.
- IEA, 2020. *Sustainable Recovery*. International Energy Agency World Energy Outlook Special Report in collaboration with the International Monetary Fund.
- Atwell, R., 2016. Task force's work on waste management left out of plan
- Calderón, C. et al., 2019. *Report Biogas*, Brussels: Bioenergy Europe.
- EBA (European Biogas Association) (2019). *Statistical Report*.
- Flach, B., Lieberz, S., Lappin, J. & Bolla, S., 2018. *EU Biofuels Annual 2018*,
- IEA. (2020a). *Outlook for biogas and Prospects for organic growth*
- World Energy Outlook Special Report*. IEA Publications International Energy Agency.
- IEA. (2020b). *Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction*. IEA Bioenergy.
- Landälv, I., 2017. *Methanol as a Renewable Fuel - A Knowledge Synthesis*, s.l.: f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels.
- NESTE, 2019. *Biodiesel prices (SME & FAME)*.
- Öztürk, H.H. (2020). *Biyogaz ve Biyometan: Üretim-Tüketim ve Maliyetler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-2-52079-9.
- Öztürk, H.H., Türker, G., Mutlu, N. (2020). *Tarımsal Biyogaz Tesisleri: Teknik-Ekonomik ve Çevresel Değerlendirmeler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-2-52079-9.
- Türker, G. (2020). *Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi: Biyogaz Teknolojisi*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-0-78766-6.
- Azar, C. 2011. *Biomass for energy – a dream come true or a nightmare?* WIREs Climate Change, DOI 10.1002/wcc.109, John Wiley and Sons Ltd.
- Boody, G., B. Vondracek, D.A. Andow, M. Krinke, J. Westra, J. Zimmerman & P. Welle. 2005. *Multifunctional Agriculture in the United States*. *Bioscience*, 55: 27-38.
- Chen, G., C. R. Hooks, M. Lekveishvili, K. H. Wang, K. H., N. Pradhan, S. Tubene, S., R. R. Weil, and R. Ogotu. 2015. *Cover Crop and Tillage Impact on Soil Quality, Greenhouse Gas Emission, Pests, and Economics of Fields Transitioning to Organic Farming*. Final report for project ORG 2011-04944.
- DECC, 2010. *2050 pathways analysis*, Department of Energy and Climate Change, UK. 245 pages.
- FAO, 2009c. *Small scale bioenergy initiatives – brief description and preliminary lessons on livelihood impacts from case studies in Asia, Latin America and Africa*. Policy Innovation Systems for Clean Energy Security (PISCES), Practical Action, and FAO, Environment and Natural Resources Management working paper 31, 149 pages. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- GoS, 2011. *Foresight project on global food and farming futures, Synthesis Report C12: Meeting the challenges of a low-emissions world*, UK Government Office for Science, London.
- IPCC, 2011a. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2011b. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chapter 9, Sustainable Development, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2011c. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chapter 8, Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2011d. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chapter 2 Bioenergy, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2011e. *Special report on renewable energy and climate change mitigation*, Chapter 11, Policy, Financing and Implementation, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Haspel, T. 2019. "Can perennial grains solve the carbon-storage problem?" *The Washington Post*, February 5, 2019.
- Kosicki, M. K. Tomberg and A. Bradley, 2018. *Repair of CRISPR-Cas9–induced double-stranded breaks leads to large deletions and complex rearrangements*. *Nature Biotechnology*, 36:675-771. DOI: 10.1038/Nbt.4192.
- Landis, D., M.M. Gardiner, W. van der Werf & S.M. Swinton. 2008. *Increasing Corn for Biofuel Production Reduces Biocontrol Services in Agricultural Landscapes*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 20552-20557.
- Obrycki et al., 2018. *Corn stover harvest, tillage and cover crop effects on soil health indicators*. *Soil and Water Management and Conservation*. 82, 910-918.
- Qin et al., 2016. *Influence of spatially dependent, modeled soil carbon emission factors on life-cycle greenhouse gas emissions of corn and cellulosic ethanol*. *Global Change Biology and Bioenergy*, 8,1136-1149.
- Pimentel D, Marklein A, Toth M A, Karpoff M N, Oaul G S, McCormick R, Kyriazis J and Krueger T, 2009. *Food versus fuels –environmental and economic costs*, *Human Ecology*, Springer, DOI 10.1007/ s10745-009-9215-8
- REN21, 2011. *Renewables 2011 Global Status Report*, Renewable Energy for the 21st Century, Paris.
- Royo-Esnal, A., and F. Valencia-Gredilla, 2018. *Camelina as a rotation crop for weed control in organic farming in semiarid Mediterranean climate*. *Agriculture*, 8, 156.
- SER, 2011. *Farmers flock to invest in renewable energy schemes*. *Sustainable Energy Review*, 5 September.

- Tilman D., J. Hill and C. Lehman. 2006. Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass. *Science* 314: 1598-1600; Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky & P. Hawthorne. 2008. Land Clearing and the Biofuel Debt. *Science*, 319, 1235- 1237
- Wolfe, B. E., and J. N. Klironomos. 2005. Breaking new ground: soil communities and exotic plant invasion. *BioScience*, 55(6), 477-487.
- Pramanik, S.K.; Suja, F.B.; Zain, S.M.; Pramanik, B.K. The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresour. Technol. Rep.* 2019, 8, 100310.
- FAO STAT. *Emissions Due to Agriculture. Global, Regional and Country Trends 1990–2018*; Analytical Brief 182020; ISSN 2709-0078.
- Thompson, E.; Wang, Q.; Li, M. Anaerobic digester systems (ADS) for multiple dairy farms: A GIS analysis for optimal site selection. *Energy Policy* 2013, 61, 114–124.
- Gerardi, M.H. *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*; Wastewater Microbiology SERIES; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2003.
- VDI (2006) 4630 INGENIEURE. In *Fermentation of Organic Materials: Characterisation of the Substrate, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests*; Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure: Düsseldorf, Germany, 2006.
- Cecchi, F.; Battistoni, P.; Pavan, P.; Bolzanella, D.; Innocenti, L. *Digestione Anaerobica Della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi*; APAT: Rome, Italy, 2005; p. 178.
- Chen, Y.; Jay, J.; Cheng, J.J.; Creamer, K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresour. Technol.* 2008, 99, 4044–4064.
- Abouelenien, F.; Namba, Y.; Kosseva, M.R.; Nishio, N.; Nakashimada, Y. Enhancement of methane production from co-digestion of chicken manure with agricultural wastes. *Bioresour. Technol.* 2014, 159, 80–87.
- Khalid, A.; Arshad, M.; Anjum, M.; Mahmood, T.; Dawson, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Manag.* 2011, 31, 1737–1744.
- Panigrahi, S.; Dubey, B.K. A critical review on operating parameters and strategies to improve the biogas yield from anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Renew. Energy* 2019, 143, 779–797.
- Adekunle, K.F.; Okolie, J.A. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. *Adv. Biosci. Biotechnol.* 2015, 6, 205–212.
- Gourdon, R.; Vermande, P. Effects of Propionic Acid Concentration on Anaerobic Digestion of Pig Manure. *Biomass* 1987, 13, 1–12.
- Visser, A. The Anaerobic Treatment of Sulfate Containing Wastewater. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995; p. 157
- Adani, F.; Schievano, A.; D'Imporzano, G. *I Fattori che Rendono Ottimale la Razione per il Digestore*; L'Informatore Agrario: Verona, Italy, 2008; Volume 40, pp. 19–24.
- Speece, R.E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment a description of several installations. *Environ. Sci. Technol.* 1983, 17, 416A–427A.
- Vijayakumar, P.; Ayyadurai, S.; Arunachalam, K.D.; Mishra, G.; Chen, W.-H.; Juan, J.C.; Naqvi, S.R. Current technologies of biochemical conversion of food waste into biogas production: A review. *Fuel* 2022, 323, 124321.
- Couturier C. *Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse*. 2009.
- Dahunsi, S. Mechanical pretreatment of lignocelluloses for enhanced biogas production: Methane yield prediction from biomass structural components. *Bioresour. Technol.* 2019, 280, 18–26.
- Atelge, M.R.; Atabani, A.E.; Banu, J.R.; Krisa, D.; Kaya, M.; Eskicioğlu, C.; Kumar, G.; Lee, C.; Yildiz, Y.Ş.; Unalan, S.; et al. A critical review of pretreatment technologies to enhance anaerobic digestion and energy recovery. *Fuel* 2020, 270, 117494.
- Qiao, Z.; Xu, S.; Zhang, W.; Shi, S.; Zhang, W.; Liu, H. Potassium ferrate pretreatment promotes short chain fatty acids yield and antibiotics reduction in acidogenic fermentation of sewage sludge. *J. Environ. Sci.* 2022, 120, 41–52.
- Zerrouki, S.; Rihani, R.; Lekikot, K.; Ramdhane, I. Enhanced biogas production from anaerobic digestion of wastewater from the fruit juice industry by sonolysis: Experiments and modelling. *Water Sci. Technol.* 2021, 84, 644–655.
- Oleszek, M.; Krzemińska, I. Biogas production from high-protein and rigid cell wall microalgal biomasses: Ultrasonication and FT-IR evaluation of pretreatment effects. *Fuel* 2021, 296, 120676.
- Sambusiti C, Monlau F, Ficarra E, Musatti A, Rollini M, Barakat A, Malpei F. Comparison of various post-treatments for recovering methane from agricultural digestate. *Fuel Process Technol* 2015;137:359–65.
- Bremond, U.; Bertrandias, A.; Buyer, R.; Latrille, E.; Jimenez, J.; Escudé, R.; Steyer, J.P.; Bernet, N.; Carrere Recirculation of solid digestate to enhance energy efficiency of biogas plants: Strategies, conditions and impacts. *Energy Conversion and Management* 231 (2021) 113759.
- Li, L.; Feng, L.; Zhang, R.; He, Y.; Wang, W.; Chen, C.; Liu, G. Anaerobic digestion performance of vinegar residue in continuously stirred tank reactor. *Bioresour. Technol.* 2015, 186, 338–342.
- Palatsi, J.; Viñas, M.; Guivernau, M.; Fernandez, B.; Flotats, X. Anaerobic digestion of slaughterhouse waste: Main process limitations and microbial community interactions. *Bioresour. Technol.* 2011, 102, 2219–2227.
- Kafle, G.K.; Kim, S.H.; Sung, K.I. Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics. *Bioresour. Technol.* 2013, 127, 326–336.
- Zhang, W.; Zhang, L.; Li, A. Anaerobic co-digestion of food waste with MSW incineration plant fresh leachate: Process performance and synergistic effects. *Chem. Eng. J.* 2015, 259, 795–805.
- Zhang, C.; Xiao, G.; Peng, L.; Su, H.; Tan, T. The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresour. Technol.* 2013, 129, 170–176.
- Yong, Z.; Dong, Y.; Zhang, X.; Tan, T. Anaerobic co-digestion of food waste and straw for biogas production. *Renew. Energy* 2015, 78, 527–530.



- Li, Y.; Jin, Y.; Li, H.; Borrión, A.; Yu, Z.; Li, J. Kinetic studies on organic degradation and its impacts on improving methane production during anaerobic digestion of food waste. *Appl. Energy* 2018, *213*, 136–147.
- Park, S.; Li, Y. Evaluation of methane production and macronutrient degradation in the anaerobic co-digestion of algae biomass residue and lipid waste. *Bioresour. Technol.* 2012, *111*, 42–48.
- Xu, F.; Li, Y. Solid-state co-digestion of expired dog food and corn stover for methane production. *Bioresour. Technol.* 2012, *118*, 219–226.
- Kazmierowicz, J.; Dzienis, L.; Dębowski, M.; Zieliński, M. Optimisation of methane fermentation as a valorisation method for food waste products. *Biomass Bioenergy* 2021, *144*, 105913.
- Lee, E.; Bittencourt, P.; Casimir, L.; Jimenez, E.; Wang, M.; Zhang, Q.; Ergas, S.J. Biogas production from high solids anaerobic co-digestion of food waste, yard waste and waste activated sludge. *Waste Manag.* 2019, *95*, 432–439.
- Rattanapan, C.; Sinchai, L.; Suksaroj, T.T.; Kantachote, D.; Ounsaneha, W. Biogas production by co-digestion of canteen food waste and domestic wastewater under organic loading rate and temperature optimization. *Environments* 2019, *6*, 16.
- Teixeira, R.A.; Bueno, B.A.; Borges, R.M.; Bringhenti, J.R. Biochemical Methane Potential of Spent Coffee Grounds via Co-digestion with Food Waste. *BioEnergy Res.* 2021, 1–12.
- Megido, L.; Negral, L.; Fernández-Nava, Y.; Suárez-Peña, B.; Ormaechea, P.; Díaz-Caneja, P.; Castrillón, L.; Marañoñ, E. Impact of organic loading rate and reactor design on thermophilic anaerobic digestion of mixed supermarket waste. *Waste Manag.* 2021, *123*, 52–59.
- Vitez, T.; Dokulilova, T.; Vitezova, M.; Elbl, J.; Kintl, A.; Kynicky, J.; Hladky, J.; Brtnicky, M. The Digestion of Waste from Vegetables and Maize Processing. *Waste Biomass Valorization* 2020, *11*, 2467–2473.
- Lin, J.; Zuo, J.; Gan, L.; Li, P.; Liu, F.; Wang, K.; Chen, L.; Gan, H. Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China. *J. Environ. Sci.* 2011, *23*, 1403–1408.
- Shen, F.; Yuan, H.; Pang, Y.; Chen, S.; Zhu, B.; Zou, D.; Liu, Y.; Ma, J.; Yu, L.; Li, X. Performances of anaerobic co-digestion of fruit & vegetable waste (FVW) and food waste (FW): Single-phase vs. two-phase. *Bioresour. Technol.* 2013, *144*, 80–85.
- Benalia, S.; Falcone, G.; Stillitano, T.; De Luca, A.I.; Strano, A.; Gulisano, G.; Zimbalatti, G.; Bernardi, B. Increasing the content of olive mill wastewater in biogas reactors for a sustainable recovery: Methane productivity and life cycle analyses of the process. *Foods* 2021, *10*, 1029
- Zema, D.A.; Zappia, G.; Benalia, S.; Zimbalatti, G.; Perri, E.; Urso, E.; Tamburino, V.; Bernardi, B. Limiting factors for anaerobic digestion of olive mill wastewater blends under mesophilic and thermophilic conditions. *J. Agric. Eng.* 2018, *49*, 130–137.
- Beniche, I.; Hungría, J.; El Bari, H.; Siles, J.A.; Chica, A.F.; Martín, M.A. Effects of C/N ratio on anaerobic co-digestion of cabbage, cauliflower, and restaurant food waste. *Biomass Convers. Biorefinery* 2021, *11*, 2133–2145.
- Chaurasia, A.K.; Siwach, P.; Shankar, R.; Mondal, P. Effect of pre-treatment on mesophilic anaerobic co-digestion of fruit, food and vegetable waste. *Clean Technol. Environ. Policy* 2021, *25*, 603–616.
- El Gnaoui, Y.; Karouach, F.; Bakraoui, M.; Barz, M.; El Bari, H. Mesophilic anaerobic digestion of food waste: Effect of thermal pretreatment on improvement of AD process. *Energy Rep.* 2020, *6*, 417–422.
- Lun, Y.; Dai, H.-L.; Moayedi, H.; Le, B.N.; Adnan, R.M. Predicting steady-state biogas production from waste using advanced machine learning-metaheuristic approaches. *Fuel* 2023, *355*, 129493.
- Beltramo, T.; Klocke, M.; Hitzmann, B. Prediction of the biogas production using GA and ACO input features selection method for ANN model. *Sci. Total Environ.* 2019, *6*, 349–356.
- Cruz, I.A.; de Melo, L.; Leite, A.N.; Sátiro, J.V.M.; Andrade, L.R.S.; Torres, N.H.; Padilla, R.Y.C.; Bharagava, R.N.; Tavares, R.F.; Ferreira, L.F.R. A new approach using an open-source low cost system for monitoring and controlling biogas production from dairy wastewater. *J. Clean. Prod.* 2019, *241*, 118284.
- Bernardi, B.; Benalia, S.; Zema, D.; Tamburino, V.; Zimbalatti, G. An automated medium scale prototype for anaerobic co-digestion of olive mill wastewater. *Inf. Process. Agric.* 2017, *4*, 316–320.
- Scarcello, L.; Benalia, S.; Zimbalatti, G.; Fazari, A.; Bernardi, B. A Smart Automation System for the Management and Control of a Medium Scale Digester Plant. In *AIIA 2022: Biosystems Engineering Towards the Green Deal: Improving the Resilience of Agriculture, Forestry and Food Systems in the Post-Covid Era*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2023; pp. 917–925.
- Farhat, A.; Asses, N.; Ennouri, H.; Hamdi, M.; Bouallagui, H. Combined effects of thermal pretreatment and increasing organic loading by co-substrate addition for enhancing municipal sewage sludge anaerobic digestion and energy production. *Process Saf. Environ. Prot.* 2018, *119*, 14–22.
- Farhat, A.; Manai, I.; Gtari, M.; Bouallagui, H. Effect of enhancing nutrient balance in anaerobic digester feedstock by co-substrate addition on the microbial diversity and energy production from municipal sewage sludge. *J. Biosci. Bioeng.* 2018, *126*, 497–506.
- Zema, D.A.; Föllino, A.; Zappia, G.; Calabrò, P.S.; Tamburino, V.; Zimbone, S.M. Anaerobic digestion of orange peel in a semi-continuous pilot plant: An environmentally sound way of citrus waste management in agro-ecosystems. *Sci. Total Environ.* 2018, *630*, 401–408.
- Tufaner, F. Evaluation of COD and color removals of effluents from UASB reactor treating olive oil mill wastewater by Fenton process. *Sep. Sci. Technol.* 2020, *55*, 3455–3466.
- Neri, A.; Bernardi, B.; Zimbalatti, G.; Benalia, S. An Overview of Anaerobic Digestion of Agricultural By-Products and Food Waste for Biomethane Production. *Energies* 2023, *16*, 6851.