



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Güney Marmara Kalkınma Ajansı

TR22 Bölgesi Biyogaz ve Biyoatık Potansiyeli Analiz Raporu

Balıkesir ve Çanakkale’de organik atık kaynakları,
enerji üretimi ve emisyon azaltım potansiyeli

2026



Yayın Künyesi

Yayın sahibi

Güney Marmara Kalkınma Ajansı

Paşa Alanı Mahallesi, A. Gaffar Okkan Caddesi No: 36/1, 10020 Karesi / Balıkesir

Balıkesir Ofisi: (0266) 246 10 00 · Çanakkale Ofisi: (0286) 211 00 81 · Faks: (0266) 246 17 00

info@gmka.gov.tr · www.gmka.gov.tr

Yayın adı

TR22 Bölgesi Biyogaz ve Biyoatık Potansiyeli Analiz Raporu

Alt başlık

Balıkesir ve Çanakkale'de organik atık kaynakları, enerji üretimi ve emisyon azaltım potansiyeli

Yasal uyarı ve kullanım koşulları

Bu yayında yer alan analiz ve değerlendirmeler, belirtilen kaynaklardan elde edilen veriler ile raporun Ek A bölümünde açıklanan varsayımlara dayanmaktadır. Hesaplanan değerler teknik potansiyeli ifade eder; yatırım kararlarına esas teşkil edecek fizibilite çalışmalarının yerini almaz. Kaynak gösterilmek kaydıyla alıntı yapılabilir. Kalkınma Ajansı yayınları bedelsizdir, satılamaz.

Önsöz

TR22 Bölgesi, Balıkesir ve Çanakkale illerinin oluşturduğu güçlü bir tarım ve hayvancılık coğrafyasıdır. Bu üretim yapısı, aynı zamanda düzenli ve süreklilik arz eden bir organik atık akışı anlamına gelmektedir. Bugüne kadar büyük ölçüde bir yönetim yükü olarak görülen bu akış, doğru ölçekte kurgulanan tesisler ve iyi planlanmış toplama sistemleriyle bölge için yerli, yenilenebilir bir enerji kaynağına dönüşme kapasitesine sahiptir.

Bu rapor, söz konusu kapasiteyi ölçülebilir bir çerçeveye oturtmak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada bölgedeki hayvan varlığı ve evsel biyobozunur atık miktarı esas alınarak elde edilebilecek biyogaz, elektrik ve emisyon azaltım değerleri hesaplanmış; kullanılan bütün katsayı ve varsayımlar Ek A'da açıkça belirtilmiştir. Amaç, kesin bir yatırım öngörüsü sunmak değil, kamu kurumları, yerel yönetimler, üreticiler ve yatırımcılar için ortak ve şeffaf bir veri zemini oluşturmaktır.

Raporun, bölgede biyogaz alanında yürütülecek fizibilite çalışmalarına, atık toplama ve lojistik sistemlerinin planlanmasına ve döngüsel ekonomi hedeflerine katkı sağlamasını temenni ederiz.

Güney Marmara Kalkınma Ajansı

Genel Sekreterlik

İçindekiler

Yönetici Özeti	1
Giriş	2
Biyoatık Kaynakları	4
1.1 Hayvansal Varlık.....	4
1.2 Hayvansal Atık Miktarı	6
1.3 Evsel Biyobozunur Atık Miktarı	8
Biyogaz Potansiyeli.....	9
2.1 Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli	9
2.2 Biyobozunur Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli	10
2.3 Toplam Biyogaz Potansiyeli.....	10
Enerji ve Emisyon Potansiyeli.....	12
3.1 Bölgesel Elektrik Tüketimi.....	12
3.2 Biyogaz Kaynaklı Elektrik Üretim Potansiyeli.....	13
3.3 Önlenebilecek CO ₂ Emisyonu	13
Sonuç ve Değerlendirme	15
Ek A · Yöntem, Varsayımlar ve Katsayılar	17
Kaynakça	18

Tablolar Listesi

Tablo 1. TR22 Bölgesi hayvan varlığı (adet, 2025)	4
Tablo 2. İllerin Türkiye sıralamasındaki konumu (2025).....	5
Tablo 3. Tür bazında birim atık parametreleri	6
Tablo 4. Toplanabilir hayvansal atık miktarı (ton katı madde/yıl)	7
Tablo 5. Evsel biyobozunur atık miktarı (ton/yıl)	8
Tablo 6. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli (m ³ /yıl)	9
Tablo 7. Evsel biyobozunur atık kaynaklı biyogaz potansiyeli	10
Tablo 8. Toplam biyogaz potansiyeli (m ³ /yıl)	10
Tablo 9. Bölgesel elektrik tüketimi (MWh/yıl, 2024).....	12
Tablo 10. Biyogaz kaynaklı elektrik üretim potansiyeli ve tüketimi karşılama oranı.....	13
Tablo 11. Önlenebilecek CO ₂ emisyonu (tCO ₂ /yıl)	14
Tablo 12. Hesaplamalarda kullanılan varsayımlar.....	17

Şekiller Listesi

Şekil 1. Hesaplama zinciri	2
Şekil 2. Tür ve il bazında toplanabilir hayvansal atık (ton/yıl).....	7
Şekil 3. Biyogaz potansiyelinin illere ve kaynaklara göre dağılımı (milyon m ³ /yıl)	11
Şekil 4. Elektrik üretim potansiyelinin bölgesel tüketim içindeki payı.....	13

Kısaltmalar / Terimler Listesi

CO₂ : Karbondioksit

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)

IEA : Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)

LFG : Depo Gazı (Landfill Gas)

TR22 : Balıkesir ve Çanakkale illerini kapsayan İstatistiki Bölge Birimi

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

Yönetici Özeti

1,33 milyon ton/yıl

Toplanabilir hayvansal atık
(katı madde esaslı)

587.211 MWh/yıl

Biyogaz kaynaklı elektrik
üretim potansiyeli

254.849 tCO₂ /yıl

Önlenebilecek sera gazı
emisyonu

TR22 Bölgesi'nde yaklaşık 34,3 milyon canlı hayvan varlığı bulunmaktadır. Bu varlıktan yıllık 1.330.889 ton toplanabilir katı hayvansal atık, yerel yönetimlerin atık karakterizasyon verilerine göre ise 224.116 ton evsel biyobozunur atık oluşmaktadır. İki kaynak birlikte değerlendirildiğinde bölgenin yıllık biyogaz potansiyeli 279,6 milyon m³ düzeyindedir.

Bu biyogazın elektriğe dönüştürülmesi hâlinde yıllık 587.211 MWh ($\approx 0,59$ TWh) üretim elde edilebilmektedir. Söz konusu üretim, bölgenin 2024 yılı elektrik tüketiminin %6,7'sine karşılık gelmekte; Balıkesir özelinde bu oran %9,1'e ulaşmaktadır. Fosil kaynaklı üretimin yerine geçmesi hâlinde yılda 254.849 ton CO₂ emisyonu önlenebilecektir.

Temel bulgular

- Potansiyelin %75'i Balıkesir'de yoğunlaşmaktadır; il tek başına 209,2 milyon m³/yıl biyogaz kapasitesine sahiptir.
- Kanatlı ve büyükbaş hayvancılık, toplanabilir atığın %94'ünü oluşturmaktadır. Kanatlı üretiminin entegre işletme yapısı, atığın düzenli ve toplu biçimde elde edilmesini kolaylaştırmaktadır.
- Evsel biyobozunur atıklar, toplam biyogaz potansiyelinin %4,8'ini oluşturmakla birlikte tesislerde yıl boyu süreklilik sağlayan tamamlayıcı bir besleme kaynağıdır.
- Çanakkale'de potansiyel daha dağınık bir yerleşim düzeninde oluşmaktadır; bu nedenle ilde belirleyici olan teknik potansiyelden çok toplama ve lojistik organizasyonudur.
- Biyogaz üretiminin yan ürünü olan fermente gübre, bölge tarımı için organik girdi kaynağı oluşturmakta ve yatırımın ekonomik dayanağını güçlendirmektedir.

Değerlerin yorumlanması

Raporda hesaplanan büyüklükler teknik potansiyeli ifade etmektedir. Gerçekleşme oranı; atığın toplanabilirliği, taşıma mesafesi, tesis ölçeği, hammadde sözleşmeleri ve finansman koşullarına bağlı olarak değişecektir. Bu nedenle rakamlar, saha ölçeğinde fizibilite çalışmalarının çıkış noktası olarak değerlendirilmelidir.

Giriş

Artan enerji ihtiyacı ve çevresel sürdürülebilirlik gereklilikleri, yerel ve yenilenebilir kaynakların daha etkin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Organik atıkların anaerobik çürütme yoluyla enerjiye dönüştürülmesi, bu alanda hem enerji arz güvenliğine hem de atık yönetimine aynı anda katkı sağlayan sınırlı sayıdaki çözümden biridir.

Balıkesir ve Çanakkale illeri, güçlü hayvancılık altyapıları sayesinde önemli miktarda organik atık üretmektedir. Bu çalışma, söz konusu atıkların enerji üretimi açısından değerlendirilmesini amaçlamakta; bölgedeki hayvan varlığı, atık miktarı ve bu atıklardan elde edilebilecek biyogaz, elektrik ve emisyon azaltım potansiyelini il düzeyinde ortaya koymaktadır.

Kapsam

Analiz, iki atık kaynağını içermektedir: (i) büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvancılıktan kaynaklanan hayvansal atıklar ve (ii) belediyelerce toplanan evsel biyobozunur atıklar. Bitkisel tarımsal artıklar, mezbaha atıkları, arıtma çamurları ve endüstriyel organik atıklar bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Bu kaynakların eklenmesi hâlinde bölgesel potansiyelin daha yüksek çıkacağı değerlendirilmektedir.

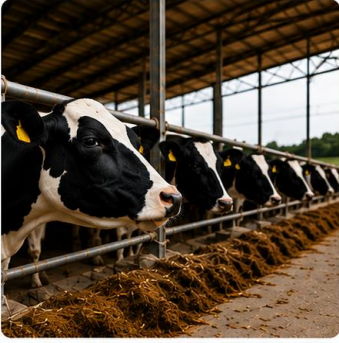
Yöntem

Hesaplama zinciri beş adımdan oluşmaktadır. Hayvan sayıları, tür bazında günlük yaş gübre miktarına; yaş gübre, katı madde oranına göre kuru madde miktarına; kuru madde, barınakta geçirilen süreye bağlı toplanabilirlik oranı ile toplanabilir atık miktarına dönüştürülmektedir. Elde edilen yıllık atık miktarı literatürdeki dönüşüm katsayıları kullanılarak biyogaz hacmine, ardından elektrik üretimine ve önlenebilecek emisyonu çevrilmektedir. Kullanılan bütün katsayılar, kaynakları ve sınırları ile birlikte Ek A'da verilmiştir.

01 Hayvan varlığı ve evsel atık	02 Toplanabilir katı atık (ton/yıl)	03 Biyogaz (m ³ /yıl)	04 Elektrik (MWh/yıl)	05 Önlenen emisyon (tCO ₂ /yıl)
--	--	--	------------------------------------	--

Şekil 1. Hesaplama zinciri

Şema, raporda uygulanan hesaplama adımlarını göstermektedir. Adımlara ilişkin katsayılar Ek A'da yer almaktadır.



01

Biyoatık Kaynakları

Hayvansal varlık, hayvansal atık ve evsel biyobozunur atık miktarlarının bölgesel dağılımı

Bu bölümde TR22 Bölgesi'nde biyogaz üretimine kaynak oluşturabilecek organik atıklar iki başlıkta ele alınmaktadır. Hayvan varlığı verileri TÜİK il bazlı istatistiklerinden, evsel biyobozunur atık verileri ise yerel yönetimlerin atık karakterizasyon çalışmalarından alınmıştır. Bölümde elde edilen miktarlar, izleyen bölümlerdeki biyogaz ve enerji hesaplarının girdisini oluşturmaktadır.

1.1 Hayvansal Varlık



TR22 Bölgesi'nde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığının mevcut durumu ve Türkiye içindeki konumu değerlendirilmektedir.

1.2 Hayvansal Atık Miktarı



Bölgedeki hayvansal üretim faaliyetlerinden kaynaklanan organik atık miktarı tür bazında hesaplanmakta ve

1.3 Evsel Biyobozunur Atık Miktarı



Yerel yönetim verileriyle evsel biyobozunur atık potansiyeli analiz

1.1 Hayvansal Varlık

TR22 Bölgesi, hayvansal üretim kapasitesi bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biridir. Balıkesir; büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığı açısından ülke genelinde üst sıralarda yer almakta ve biyogaz üretimi için güçlü bir hammadde altyapısı sunmaktadır. Bölgedeki toplam canlı hayvan varlığı 34,3 milyon adet düzeyindedir.

Tablo 1. TR22 Bölgesi hayvan varlığı (adet, 2025)

Hayvan türü	Balıkesir (adet)	Çanakkale (adet)	TR22 (adet)
Büyükbaş	616.907	218.928	835.835
Küçükbaş	1.508.671	780.937	2.289.608
Kanatlı	23.877.143	7.336.241	31.213.384
Toplam	26.002.721	8.336.106	34.338.827

Kaynak: TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2025.

Bölgedeki hayvan varlığının %75,7'si Balıkesir'de bulunmaktadır. Kanatlı hayvancılık adet olarak en büyük grubu oluştururken, atık miktarı bakımından büyükbaş hayvancılık belirleyici rol oynamaktadır; bu durum, tür bazındaki birim atık farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2. İllerin Türkiye sıralamasındaki konumu (2025)

Gösterge	Balıkesir (sıra)	Çanakkale (sıra)
Büyükbaş hayvan sayısı	5	27
Küçükbaş hayvan sayısı	9	31
Et tavuğu sayısı	5	12
Yumurta tavuğu sayısı	6	—
Keçi sayısı	—	16

Kaynak: TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2025. “—” işareti, ilgili göstergede ilk sıralarda yer alınmadığını gösterir.

Bölgesel değerlendirme

Balıkesir; büyükbaş, küçükbaş, et tavuğu ve yumurta tavuğu göstergelerinin tamamında Türkiye’de ilk on il arasında yer almaktadır. Bu yapı, hayvansal atık bazlı enerji üretimi için hem miktar hem de süreklilik açısından uygun bir zemin oluşturmaktadır. Çanakkale’de üretim daha dağınık bir yerleşim düzeninde gerçekleşmekte olup, potansiyelin ekonomik biçimde değerlendirilmesi uygun ölçekli toplama ve lojistik sistemlerinin kurulmasına bağlıdır.

1.2 Hayvansal Atık Miktarı



Hayvansal atıkların enerji üretiminde kullanılabilirliği, atığın katı madde içeriği ile toplanabilirlik oranına bağlıdır. Hayvan başına günlük yaş gübre miktarı, canlı ağırlık ve yaş atık oranının çarpımı ile hesaplanmakta; elde

edilen değer katı madde oranı ve hayvanın barınakta geçirdiği süreye bağlı toplanabilirlik oranı ile düzeltilmektedir.

Tablo 3. Tür bazında birim atık parametreleri

Parametre	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Ortalama canlı ağırlık (kg)	450	50	4
Yaş atık oranı (%)	6	5	4
Günlük yaş gübre (kg/gün)	27,00	2,50	0,16
Katı madde oranı (%)	15	30	35
Günlük katı madde (kg/gün)	4,050	0,750	0,056
Toplanabilirlik oranı (%)	50	13	99
Toplanabilir katı madde (kg/gün)	2,025	0,098	0,055

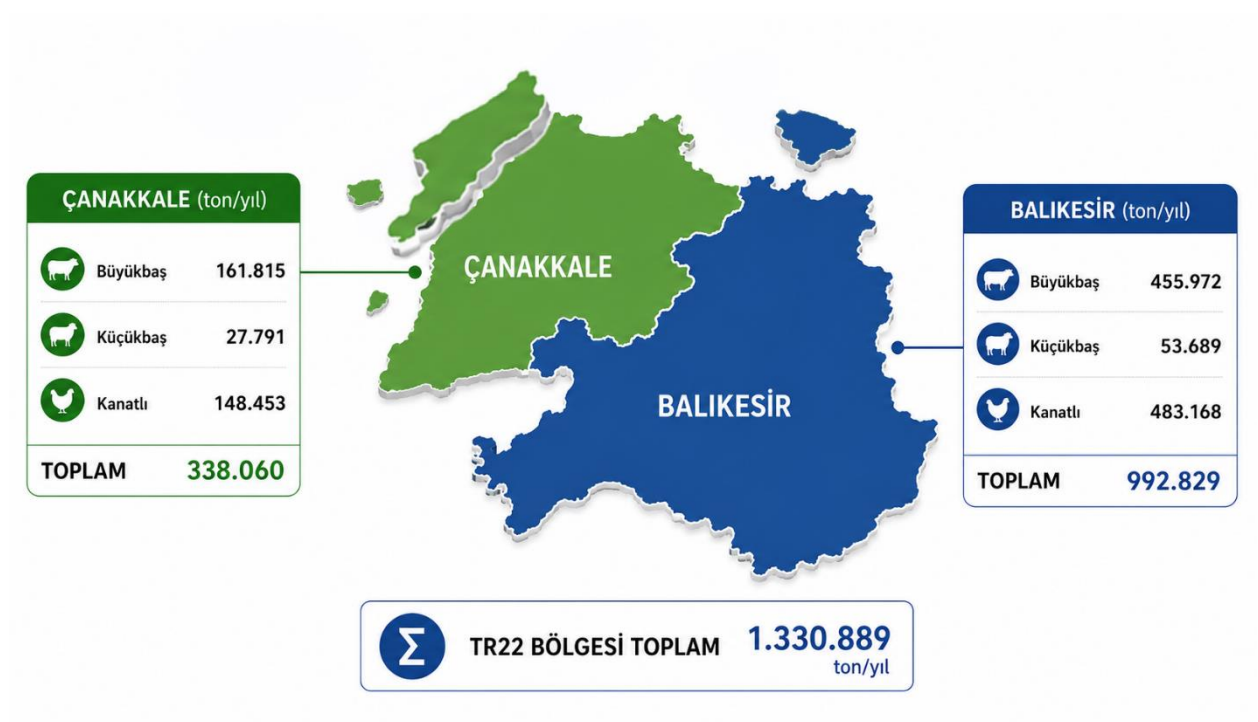
Kaynak: Dağtekin vd. (2019); Aksu (2019). Not: Toplanabilirlik oranı, hayvanın barınakta geçirdiği süreye bağlı olarak atığın toplanabilir kısmını ifade etmektedir. Son satır, yıllık atık hesabında kullanılan birim değerleri göstermektedir.

Bu parametreler kullanılarak hesaplanan yıllık toplanabilir katı atık miktarı, bölge genelinde 1.330.889 ton/yıl düzeyindedir. Toplam miktarın %74,6'sı Balıkesir'den kaynaklanmaktadır.

Tablo 4. Toplanabilir hayvansal atık miktarı (ton katı madde/yıl)

Hayvan türü	Balıkesir (ton/yıl)	Çanakkale (ton/yıl)	TR22 (ton/yıl)
Büyükbaş	455.972	161.815	617.787
Küçükbaş	53.689	27.791	81.480
Kanatlı	483.168	148.453	631.621
Toplam	992.829	338.060	1.330.889

Kaynak: TÜİK (2025) hayvan varlığı verileri ile Tablo 3 parametreleri kullanılarak yapılan hesaplamalar. Not: Yuvarlama nedeniyle satır ve sütun toplamları arasında ± 1 ton düzeyinde fark oluşabilmektedir.



Şekil 2. Tür ve il bazında toplanabilir hayvansal atık (ton/yıl)

Kanatlı ve büyükbaş hayvancılık, bölgedeki toplanabilir atığın %94'ünü oluşturmaktadır. Kanatlı üretiminin entegre işletme yapısı atığın düzenli ve toplu biçimde elde edilmesini sağlarken, büyükbaş atığının yüksek biyogaz verimi tesis beslemesinde dengeleyici rol oynamaktadır.

1.3 Evsel Biyobozunur Atık Miktarı

Kentsel katı atıklardan biyogaz elde edilmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi, atığın organik kısmının ayrıştırılarak anaerobik ortamda çürütülmesine dayanan biyometanizasyondur. İkincisi ise atığın düzenli depolama alanlarında biriktirilmesi sonucu oluşan depo gazının (LFG) toplanmasıdır. Biyometanizasyon tesisleri; atık içindeki katı madde yüzdesine (ıslak ve kuru sistemler), kademe sayısına (tek ve çift kademeli sistemler) ve işletme sıcaklığına (mezofilik ve termofilik sistemler) göre sınıflandırılmaktadır.

Bölgede belediyelerce toplanan evsel atık içindeki biyobozunur bileşen, atık karakterizasyon çalışmalarına göre yıllık 224.116 ton düzeyindedir.

Tablo 5. Evsel biyobozunur atık miktarı (ton/yıl)

Katı atık bileşeni	Miktar (ton/yıl)	Bölge payı (%)
Balıkesir — biyobozunur atıklar	177.116	79,0
Çanakkale — biyobozunur atıklar	47.000	21,0
Toplam	224.116	100,0

Kaynak: Balıkesir Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Atık Karakterizasyonu Çalışması, 2024; Çanakkale Katı Atık Birliği verileri.

Evsel biyobozunur atıkların kaynağında ayrı toplanması, biyogaz tesislerinde yıl boyu süreklilik sağlayan tamamlayıcı bir besleme kaynağı oluşturmaktadır. Hayvansal atıklarla birlikte değerlendirildiğinde entegre sistemlerin uygulanabilirliği ve ekonomik sürdürülebilirliği artmaktadır.

02

Biyogaz Potansiyeli

Hayvansal ve evsel biyobozunur atıklardan elde edilebilecek yıllık biyogaz hacmi

Bu bölümde, birinci bölümde belirlenen atık miktarları literatürdeki dönüşüm katsayıları kullanılarak biyogaz hacmine çevrilmiştir. Hesaplamalarda hayvansal atık için ton başına 200 m³, evsel biyobozunur atık için ton başına 60 m³ biyogaz verimi esas alınmıştır. Katsayıların kaynakları ve değer aralıkları Ek A'da verilmiştir.



2.1 Hayvansal Atık Kaynaklı

Hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli dönüşüm katsayılarıyla hesaplanmaktadır.



2.2 Biyobozunur Atık Kaynaklı

Evsel biyobozunur atıklardan biyogaz



2.3 Toplam Biyogaz

Hayvansal ve biyobozunur atıkların toplam biyogaz potansiyeli

2.1 Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Literatürde bir ton katı hayvansal atıktan elde edilebilecek biyogaz miktarı 180–220 m³ aralığında verilmektedir. Bu çalışmada aralığın ortalaması olan 200 m³/ton değeri esas alınmıştır. Buna göre bölgedeki hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli 266,2 milyon m³/yıl olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 6. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli (m³/yıl)

Hayvan türü	Balıkesir (m ³ /yıl)	Çanakkale (m ³ /yıl)	TR22 (m ³ /yıl)
Büyükbaş	91.194.277	32.363.031	123.557.308
Küçükbaş	10.737.965	5.558.319	16.296.284
Kanatlı	96.633.662	29.690.647	126.324.309
Toplam	198.565.906	67.611.998	266.177.904

Kaynak: Tablo 4 verileri ile 200 m³/ton dönüşüm katsayısı kullanılarak yapılan hesaplamalar (Acaroğlu, Alternatif Enerji Kaynakları; IEA Bioenergy Task 37, Biogas Handbook).

2.2 Biyobozunur Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Evsel biyobozunur atıklarda ton başına 60 m³ biyogaz verimi kabul edilmiştir. Oluşan biyogazın yaklaşık %50'si metandan oluşmaktadır. Bu kabul altında bölgedeki evsel biyobozunur atıklardan yıllık 13,4 milyon m³ biyogaz elde edilebilmektedir.

Tablo 7. Evsel biyobozunur atık kaynaklı biyogaz potansiyeli

İl	Atık (ton/yıl)	miktarı	Verim (m ³ /ton)	Biyogaz (m ³ /yıl)
Balıkesir	177.116	60		10.626.960
Çanakkale	47.000	60		2.820.000
Toplam	224.116	—		13.446.960

Kaynak: Baran, A., Arıkan, O., Demir, H. V. (2015), Katı Atık Düzenli Depolama Tesisleri İşletimi El Kitabı.

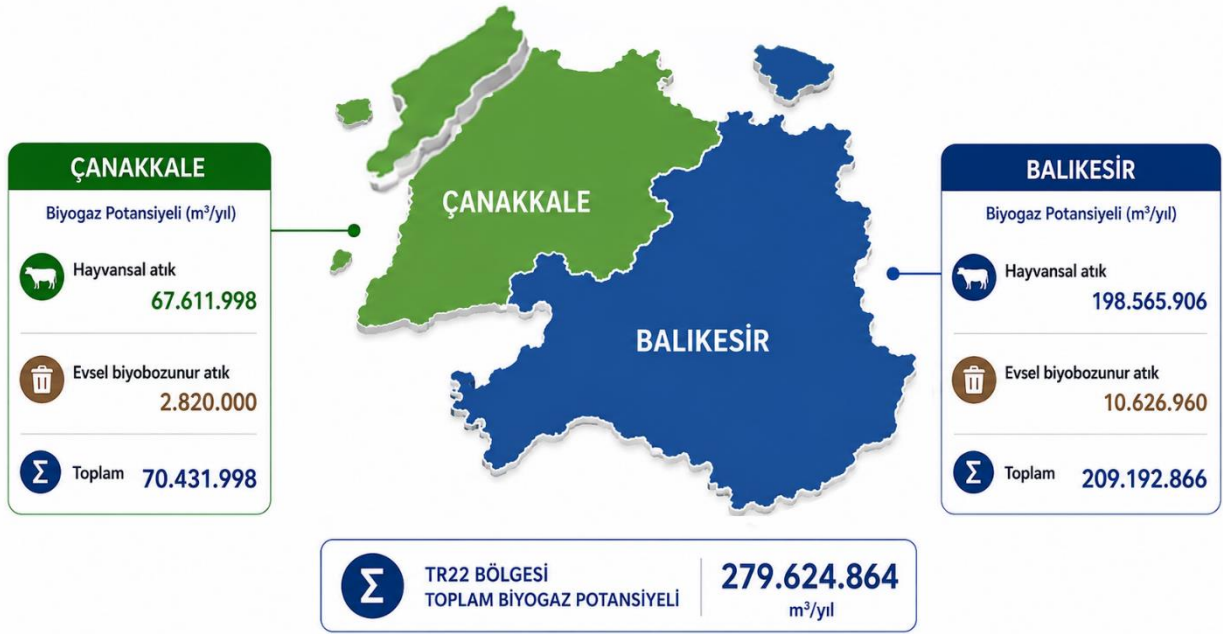
2.3 Toplam Biyogaz Potansiyeli

İki kaynak birlikte değerlendirildiğinde bölgenin toplam biyogaz potansiyeli 279,6 milyon m³/yıl düzeyine ulaşmaktadır. Potansiyelin %74,8'i Balıkesir'de oluşmaktadır. Hayvansal atıklar toplam hacmin %95,2'sini, evsel biyobozunur atıklar ise %4,8'ini oluşturmaktadır.

Tablo 8. Toplam biyogaz potansiyeli (m³/yıl)

Kaynak	Balıkesir (m ³ /yıl)	Çanakkale (m ³ /yıl)	TR22 (m ³ /yıl)
Hayvansal atık	198.565.906	67.611.998	266.177.904
Evsel biyobozunur atık	10.626.960	2.820.000	13.446.960
Toplam	209.192.866	70.431.998	279.624.864

Kaynak: Tablo 6 ve Tablo 7.



Şekil 3. Biyogaz potansiyelinin illere ve kaynaklara göre dağılımı (milyon m³/yıl)

Potansiyelin ağırlıklı olarak Balıkesir’de yoğunlaşması, ilk yatırımların bu ilde daha kısa sürede ekonomik ölçeğe ulaşabileceğini göstermektedir. Çanakkale’de ise atığın dağınık yapıdan çıkarılarak planlı biçimde toplanması, potansiyelin kullanılabilirliğini belirleyen temel unsurdur.

03

Enerji ve Emisyon Potansiyeli

Bölgesel elektrik tüketimi, biyogaz kaynaklı üretim potansiyeli ve önlenebilecek emisyon

Bu bölümde, hesaplanan biyogaz hacminin elektrik üretimindeki karşılığı ve bunun bölgesel tüketim içindeki payı değerlendirilmektedir. Ayrıca üretimin fosil kaynaklı elektriğin yerine geçmesi hâlinde önlenebilecek sera gazı emisyonu hesaplanmaktadır.



3.1 Bölgesel Elektrik

TR22 Bölgesi'nin yıllık elektrik tüketimi analiz



3.2 Elektrik Üretim Potansiyeli

Biyogaz kaynaklı elektrik potansiyeli



3.3 Önlenebilecek CO2

Önlenebilir CO₂ emisyonu hesaplanmaktadır.

3.1 Bölgesel Elektrik Tüketimi

TR22 Bölgesi'nde yıllık elektrik tüketimi 8,8 TWh seviyesindedir. Bu büyüklük, bölgenin enerji arz güvenliği açısından önemli bir ölçeye sahip olduğunu ve yerel yenilenebilir kaynakların daha etkin değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 9. Bölgesel elektrik tüketimi (MWh/yıl, 2024)

İl	Tüketim (MWh/yıl)	Bölge payı (%)
Balıkesir	4.829.748	54,9
Çanakkale	3.973.899	45,1
TR22 Toplam	8.803.647	100,0

Kaynak: TÜİK, İl Bazlı Elektrik Tüketimi İstatistikleri, 2024.

3.2 Biyogaz Kaynaklı Elektrik Üretim Potansiyeli

Biyogazın alt ısı değeri yaklaşık 6 kWh/m³ olup, biyogaz motorlarında elektrik üretim verimi genellikle %30–40 aralığındadır. Bu çalışmada %35 verim kabul edilmiş ve 1 m³ biyogaz ≈ 2,1 kWh elektrik değeri esas alınmıştır. Bu varsayım altında bölgenin toplam elektrik üretim potansiyeli 587.211 MWh/yıl (≈0,59 TWh) olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 10. Biyogaz kaynaklı elektrik üretim potansiyeli ve tüketimi karşılama oranı

İl	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik potansiyeli (MWh/yıl)	Tüketimi karşılama oranı (%)
Balıkesir	209.192.866	439.304	9,1
Çanakkale	70.431.998	147.907	3,7
TR22 Toplam	279.624.864	587.211	6,7

Kaynak: Tablo 8 ve Tablo 9 verileri ile 1 m³ biyogaz ≈ 2,1 kWh elektrik kabulü kullanılarak yapılan hesaplamalar (FAO, 1996; IEA Bioenergy Task 37, Biogas Factsheet).



Şekil 4. Elektrik üretim potansiyelinin bölgesel tüketim içindeki payı

3.3 Önlenebilecek CO₂ Emisyonu

Biyogazdan üretilen elektriğin şebeke ortalamasındaki fosil ağırlıklı üretimin yerine geçmesi hâlinde önemli miktarda sera gazı emisyonu önlenmektedir. Türkiye elektrik

üretimi ortalama emisyon faktörü 0,434 tCO₂ /MWh olarak alındığında, bölge genelinde yıllık 254.849 ton CO₂ emisyonu engellenebilmektedir.

Tablo 11. Önlenebilecek CO₂ emisyonu (tCO₂ /yıl)

İl	Elektrik potansiyeli (MWh/yıl)	Emisyon faktörü (tCO ₂ /MWh)	Önlenen emisyon (tCO ₂ /yıl)
Balıkesir	439.304	0,434	190.658
Çanakkale	147.907	0,434	64.191
TR22 Toplam	587.211	0,434	254.849

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye elektrik üretimi ortalama emisyon faktörü.

Hesaplanan emisyon azaltımı yalnızca elektrik üretiminden kaynaklanan ikame etkisini kapsamaktadır. Atığın kontrolsüz depolanması hâlinde açığa çıkacak metan emisyonunun önlenmesi ve fermente gübre kullanımıyla kimyasal gübre ihtiyacının azalması gibi ilave çevresel faydalar bu hesaba dâhil edilmemiştir.

04

Sonuç ve Değerlendirme

Temel göstergeler ve yatırım ile uygulamaya ilişkin öncelikler

Bu bölümde, raporda hesaplanan büyüklükler karar vericiler açısından özetlenmekte ve potansiyelin hayata geçirilmesi için öne çıkan üç uygulama alanı değerlendirilmektedir.



TEMEL VERİLER

Biyogaz potansiyeli ve çıktılar özetlenmektedir



UYGULAMA ÖNCELİKLERİ

Öncelikli kullanım alanları



İZLEYEN ADIMLAR

Temel uygulama adımları

1,33 milyon ton/yıl

Toplanabilir hayvansal atık potansiyeli

587.211 MWh/yıl

Tahmini elektrik üretim potansiyeli

254.849 tCO₂ /yıl

Önlenebilecek emisyon

TR22 Bölgesi, hayvansal üretim kapasitesi ve ortaya çıkan atık miktarı bakımından biyogaz üretimi için önemli bir potansiyele sahiptir. Hayvansal atıklar ve evsel biyobozunur atıklar birlikte değerlendirildiğinde yıllık 279,6 milyon m³ biyogaz ve buna karşılık gelen 587.211 MWh elektrik üretim potansiyeli ortaya çıkmaktadır. Bu miktar, bölgenin yıllık elektrik tüketiminin %6,7'sine karşılık gelmektedir.

Bu potansiyelin ekonomik biçimde değerlendirilmesi, teknik kapasiteden çok organizasyonel planlamaya bağlıdır. Aşağıdaki üç alan, yatırım ve uygulama açısından öncelik taşımaktadır.

Uygulama öncelikleri

01 Atık toplama ve lojistik sistemleri Atığın dağınık yapıdan çıkarılarak planlı ve düzenli biçimde	02 Uygun tesis ölçeklerinin belirlenmesi Hammadde yoğunluğuna göre işletme, ilçe veya havza ölçeğinde tesis	03 Kurumsal iş birliği Kamu kurumları, belediyeler, üretici birlikleri ve yatırımcılar arasında ortak bir
---	---	---

toplanması, taşıma mesafelerinin optimize edilmesi ve hammadde sürekliliğini güvence altına alan sözleşme modellerinin geliştirilmesi.	tiplerinin tanımlanması; Balıkesir’de merkezî, Çanakkale’de dağıtık ve modüler çözümlerin değerlendirilmesi.	uygulama çerçevesinin kurulması; fermente gübrenin tarımsal kullanımına ilişkin usullerin netleştirilmesi.
--	--	--

İzleyen adımlar

- Balıkesir’de hammadde yoğunluğu yüksek ilçeler için saha ölçekli ön fizibilite çalışmalarının yürütülmesi.
- Kanatlı ve büyükbaş işletmelerinin yoğunlaştığı alanlarda hammadde haritalarının çıkarılması ve taşıma mesafelerinin analiz edilmesi.
- Evsel biyobozunur atıkların kaynağında ayrı toplanmasına yönelik belediye uygulamalarının yaygınlaştırılması.
- Bitkisel tarımsal artıklar, mezbaha atıkları ve arıtma çamurlarının dâhil edileceği genişletilmiş bir potansiyel çalışmasının planlanması.
- Fermente gübrenin tarımsal kullanımına ilişkin mevzuat ve pazar koşullarının değerlendirilmesi.

Bu tür yatırımlar hem enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak hem de atık yönetimi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve döngüsel ekonomi hedefleri açısından bölgeye kalıcı fayda oluşturacaktır.

Ek A - Yöntem, Varsayımlar ve Katsayılar

Raporda kullanılan bütün katsayılar aşağıda kaynakları ile birlikte verilmektedir. Değerler literatürde aralık olarak sunulduğunda, çalışmada aralığın ortalaması esas alınmıştır.

Tablo 12. Hesaplamalarda kullanılan varsayımlar

Parametre	Kabul edilen değer	Kaynak ve açıklama
Hayvansal atıktan biyogaz verimi	200 m ³ /ton	Literatürde 180–220 m ³ /ton aralığı verilmektedir; ortalama değer alınmıştır. Acaroğlu, Alternatif Enerji Kaynakları; IEA Bioenergy Task 37, Biogas Handbook.
Evsel biyobozunur atıktan biyogaz verimi	60 m ³ /ton	Oluşan biyogazın yaklaşık %50'si metandır. Baran vd. (2015).
Biyogaz alt ısı değeri	≈6 kWh/m ³	FAO (1996); IEA Bioenergy Task 37, Biogas Factsheet.
Elektrik üretim verimi	%35	Biyogaz motorlarında verim %30–40 aralığındadır; ortalama değer alınmıştır.
Biyogazın elektrik karşılığı	≈2,1 kWh/m ³	Alt ısı değeri ile elektrik üretim veriminin çarpımı.
Emisyon faktörü	0,434 tCO ₂ /MWh	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye elektrik üretimi ortalama emisyon faktörü.
Yıllık hesap süresi	365 gün	Günlük birim atık değerleri yıllığa çevrilirken kullanılmıştır.
Veri yılı	2025 / 2024	Hayvan varlığı ve atık verileri 2025; elektrik tüketimi verileri 2024 yılına aittir.

Not: Tablo 3'te yer alan birim atık parametreleri Dağtekin vd. (2019) ve Aksu (2019) çalışmalarından alınmıştır.

Hesaplama adımları

- Günlük yaş gübre (kg) = ortalama canlı ağırlık × yaş atık oranı
- Günlük katı madde (kg) = günlük yaş gübre × katı madde oranı
- Toplanabilir katı madde (kg/gün) = günlük katı madde × toplanabilirlik oranı
- Yıllık atık (ton) = toplanabilir katı madde × hayvan sayısı × 365 ÷ 1.000
- Biyogaz (m³/yıl) = yıllık atık × dönüşüm katsayısı (200 veya 60 m³/ton)
- Elektrik (MWh/yıl) = biyogaz × 2,1 kWh/m³ ÷ 1.000
- Önlenebilir emisyon (tCO₂ /yıl) = elektrik × 0,434 tCO₂ /MWh

Sınırlar

Hesaplamalar teknik potansiyeli ifade etmekte olup, ekonomik ve uygulanabilir potansiyeli göstermemektedir. Toplama maliyetleri, taşıma mesafeleri, mevsimsel

değişkenlik, tesis kapasite kullanım oranları, şebeke bağlantı koşulları ve destekleme mekanizmaları hesaba dâhil edilmemiştir. Sayısal değerlerde yuvarlama nedeniyle satır ve sütun toplamaları arasında küçük farklar oluşabilmektedir.

Kaynakça

Kurumsal veri kaynakları

- Türkiye İstatistik Kurumu (2025). Hayvansal Üretim İstatistikleri. Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2024). İl Bazlı Elektrik Tüketimi İstatistikleri. Ankara.
- Balıkesir Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı (2024). Atık Karakterizasyonu Çalışması. Balıkesir.
- Çanakkale Katı Atık Birliği (ÇAKAB) (2024). Bölgesel katı atık verileri. Çanakkale.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2024). Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri Bilgi Formu.

Teknik literatür

- Acaroğlu, M. (2003). Alternatif Enerji Kaynakları. Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Aksu, Y. (2019). Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Baran, A., Arıkan, O. A., Yıldız, Ş., Demir, İ., Sarı, H., Altınbaş, M. ve Balahorli, V. (2015). Katı Atık Düzenli Depolama Tesisleri İşletimi El Kitabı. İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi-3, İstanbul.
- Dağtekin, M., Aybek, A. ve Bilgili, M. E. (2019). Adana ve Mersin’de Bulunan Etlik Piliç Kümeslerinde Oluşan Gübrenin Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(2) 9–22. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.608919>
- FAO (1996). Biogas Technology: A Training Manual for Extension. Consolidated Management Services Nepal (P) Ltd. ve Food & Agriculture Organization of the United Nations, Kathmandu, Nepal.
- Wellinger, A., Murphy, J. ve Baxter, D. (Ed.). (2013). The Biogas Handbook: Science, Production and Applications. Woodhead Publishing, IEA Bioenergy Task 37.
- Özkaya, B. ve Demir, A. (2010). Kompost Teknolojileri ve Uygulama Örnekleri. Organik Atıklardan Kompost ve Yenilenebilir Enerji Üretimi & Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı (ORAK 2010), 8–9 Haziran 2010, İstanbul.
- Yıldız, Ş., Balahorli, V. ve Sezer, K. (2010). Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi. *Su ve Çevre*, 33.

Güney Marmara Kalkınma Ajansı

Paşa Alanı Mahallesi, A. Gaffar Okkan Caddesi No: 36/1, 10020 Karesi / Balıkesir

Balıkesir Ofisi: (0266) 246 10 00 · Çanakkale Ofisi: (0286) 211 00 81 · Faks: (0266) 246 17 00

info@gmka.gov.tr · www.gmka.gov.tr

Kalkınma Ajansı yayınları bedelsizdir, satılamaz.

Balıkesir, 2026



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

