



Evsel atıklardan biyogaz üretimi ve enerji potansiyeli: Diyarbakır Örneği

Biogas production from domestic waste and energy potential: Diyarbakir sample

Şeyhmus Tümür*

¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, stumur@dicle.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7589-8941>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 5 Kasım 2024
Revizyon 27 Aralık 2024
Kabul 27 Aralık 2024
Online 26 Mart 2025

Anahtar Kelimeler:

*Biyogaz,
Enerji üretimi,
Evsel katı atık,
Sürdürülebilirlik*

ÖZ

Sürdürülebilir atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu kapsamlı çalışmada, büyük bir biyogaz tesisi üzerinden evsel katı atıkların biyogaz üretimine dönüştürülme potansiyeli incelenmiştir. Diyarbakır ilindeki evsel atıkların toplanması, taşınması, bertarafı ve enerjiye dönüştürülmesi süreçleri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Düzensiz depolama ile 2022 yılı ortalama 588891 ton evsel katı atıkla beslenen tesis, 4416,68 MWe elektrik enerjisi üretimi sağlamıştır. Düzenli depolama ile 2022 yılı ortalama 588891 ton evsel katı atıkla beslenen tesis, 7361,14 MWe elektrik enerjisi üretimi sağlamıştır. Düzensiz depolama ile 2036 yılı ortalama 588891 ton evsel katı atıkla beslenen tesis, 5957,88 MWe elektrik enerjisi üretimi sağlamıştır. Düzenli depolama ile 2036 yılı ortalama 588891 ton evsel katı atıkla beslenen tesis, 9929,12 MWe elektrik enerjisi üretimi sağlamıştır. Çalışma sonuçları, evsel katı atıkların biyogaz üretimi için önemli bir kaynak olduğunu ve bu sayede hem atık yönetimi sorununa çözüm bulunabileceğini hem de ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayabilecek yenilenebilir bir enerji kaynağı elde edilebileceğini göstermiştir.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 November 2024
Received in revised form 27 December 2024
Accepted 27 Aralık 2024
Available online 26 March 2025

Keywords:

*Biogas,
Energy Production,
Domestic Solid Waste,
Sustainability*

Doi: 10.24012/dumf.1578183

* Sorumlu Yazar

ABSTRACT

In this comprehensive study aimed at advancing sustainable waste management and renewable energy, the potential of converting municipal solid waste into biogas through a large-scale biogas plant was examined. The processes involved in the collection, transportation, disposal, and energy conversion of municipal solid waste in Diyarbakır province were analyzed in depth. It was found that the facility, fed with an average of 588,891 tons of municipal solid waste per year in 2022 under irregular disposal conditions, generated 4,416.68 MWe of electricity. When fed with the same amount of waste under regular disposal conditions in the same year, the facility generated 7,361.14 MWe. Similarly, for 2036, the facility produced 5,957.88 MWe and 9,929.12 MWe under irregular and regular disposal conditions, respectively. The findings of this study indicate that municipal biowaste serves as a substantial resource for biogas production, thereby offering a solution to waste management challenges and providing a renewable energy source that can significantly contribute to the national economy.

Giriş

Enerji, tüm canlıların temel gereksinimlerinden biridir. Geleneksel enerji kaynaklarının sürdürülebilir olmaması ve bunlarla ilişkili çevre kirlilikleri, yenilenebilir enerjiyi günümüzün başlıca ihtiyacı haline getirmiştir. Sürdürülebilir sosyo-ekonomik kalkınmada ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde belirleyici bir rol oynar. Dünyada geleneksel enerji kaynaklarının aşırı kullanımı nedeniyle sera gazlarının üretimi, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin başlıca nedenidir.

Artmakta olan nüfus, endüstrileşme ve tüketim alışkanlıkları, katı atık üretimini önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, doğal çevre üzerindeki baskıyı artırarak ciddi kirlilik sorunlarına yol açmaktadır. Katı atıkların yanlış yönetimi; toprak, su ve hava kirliliğine neden olmakta, biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir [1]. Bu nedenle, katı atıkların toplanması, taşınması, geri dönüşümü ve bertarafı gibi süreçleri kapsayan etkin bir atık yönetimi sistemi oluşturmak büyük önem taşımaktadır. Ancak birçok ülkede ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde, katı atık yönetimi konusunda ciddi eksiklikler bulunmaktadır. Bu durum hem çevresel sorunları derinleştirmekte hem de ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu bağlamda katı atık yönetimi için yerel yönetimler ve özel sektör arasında iş birliği yapılması, sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi için gereklidir [2].

Yenilenebilir enerji sektöründe yaşanan büyüme, anaerobik çürütme ve biyogaz üretimi gibi teknolojilerin gelişimiyle desteklenmektedir. Bu sayede, atıklardan enerji elde edilerek hem enerji güvenliği hem de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmaktadır [3].

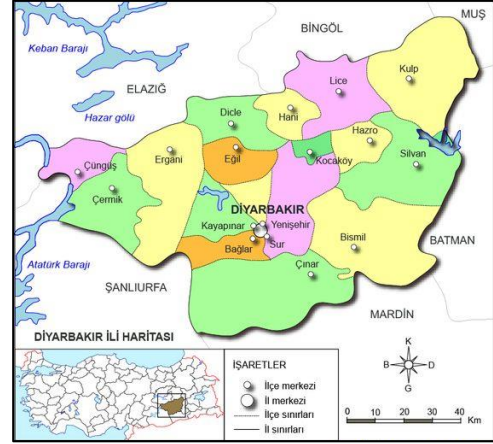
Biyogaz teknolojisi, mikroorganizmalar tarafından oksijen yokluğunda organik maddenin ayrıştırılması veya bozunmasının gerçekleştiği biyoenerji dönüşümünün biyokimyasal dönüşüm teknolojisi [4]. Kompakt biyogaz tesisi yeni bir biyogaz teknolojisidir. Tesisin sindiricisi, 1 m³'lük basit su depolama plastik tankı ve 0,75 m³'lük gaz tutucusudur. Gaz tutucu, daha büyük olanında baş aşağı yerleştirilir. Biyolojik olarak parçalanabilir atıklar (BW'ler) besleme malzemesi olarak kullanılır. Bu tesis genellikle yer üstünde tutulur.

Evsel atıkların artan sorunu ve bunların uygunsuz yönetimi, kentsel çevreyi her geçen gün daha da bozmaktadır. Kentsel ve yarı kentsel alanlarda alan kısıtlamaları, inek gübresi veya diğer hayvan gübrelerinin bulunmaması ve atık malzemeler olarak kaynakların kaybı, insanları alternatif yenilenebilir enerji kaynakları aramaya zorlamaktadır. Çalışmanın temel amacı, biyolojik olarak parçalanabilir evsel atıkların anaerobik sindiriminden alternatif bir enerji olarak biyogaz üretimidir [5].

Çalışma Alanı

Çalışma, Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan Diyarbakır'da gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Şehir deniz seviyesinden yaklaşık olarak 645 m yükseklikte yer almaktadır. İklim Temmuz ayında maksimum 40 °C ve

Ocak ayında minimum -2 °C olan karasal iklime sahiptir [6]Şekil 1 Diyarbakır ili haritası.



Şekil 1 Diyarbakır ili haritası

Materyal ve Metot

Materyal

Diyarbakır'da çöplerden enerji elde etme potansiyeli araştırılmaktadır. Bu çalışmada, evsel atıklar ile doğal ortamda oluşan atıklara kadar her türlü atık miktarı detaylı bir şekilde incelenmektedir. Bu sayede, kent merkezi ve çevre ilçelerdeki evsel ve doğal atıkların enerjiye dönüştürülerek nasıl değerlendirilebileceği araştırılmaktadır.

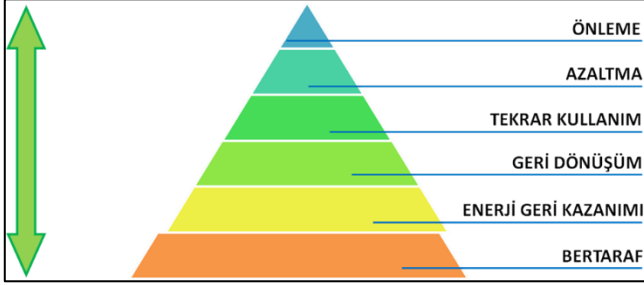
Diyarbakır'da evsel ve endüstriyel katı atıkların bertarafı ve geri dönüşümü

Katı atıkların yönetimi, atıkların oluşumundan bertarafına kadar geçen tüm süreçleri içerir. Bertaraf yöntemleri arasında kompostlaştırma (organik atıkların gübreye dönüştürülmesi), enerji geri kazanımı (yakma yoluyla enerji üretimi) ve düzenli depolama (kontrol altında depolanma) sayılabilir. Geri kazanım ise atıkların ham madde veya enerjiye dönüştürülerek ekonomik değerin artırılması ve doğal kaynakların korunması amacıyla uygulanan bir yöntemdir [7]. Geri kazanım hem atık miktarını azaltır hem de çevresel etkileri en aza indirir [8].



Şekil 2 Vahşi depolama alanının kuş bakışı görünümü

Atık yönetimi süreçleri, atıkların önlenmesi, azaltımı, geri kazanımı, bertarafı ve enerji dönüşümü olmak üzere başlıca beş ana başlıkta incelenir (Şekil 3). Geri kazanım, atıkların fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemlerle yeniden kullanılabilir hale getirilmesi sürecidir. Bertaraf tesisleri ise, atıkların hacmini azaltmak, zararlı etkilerini ortadan kaldırmak veya enerji elde etmek amacıyla kullanılan tesislerdir. Çevresel mevzuat, atıkların bertarafı ve kontrolü için gerekli standartları belirler [9].



Şekil 3 Atık yönetim süreçleri şeması

Katı atık yönetimi süreçlerinin etkin bir şekilde planlanması ve uygulanması hem çevresel sürdürülebilirliği destekler hem de ekonomik kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. Atık karakterizasyonu, yani atıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi, uygun bertaraf yöntemlerinin seçilmesi için temel bir adımdır. Diyarbakır örneğinde olduğu gibi, atık bileşimindeki organik madde oranı oldukça yüksektir ve bu durum, kompostlama gibi biyolojik işlemlerin önemini vurgulamaktadır. Tablo 7’ de görüldüğü gibi insanların yaşam kalitesine göre değişiklik arz etse de Diyarbakır ilindeki 2020 yılı atık kompozisyonunun yaklaşık %41,99’unun mutfak atıkları, %12,68’inin diğer yanamayan atıklar, %10,48’ini plastik atıklar, %5,81’inin diğer yanabilen atıklar ve %7,97’sinin diğer atıklardan oluştuğu tespit edilmiştir.



Şekil 4 Diyarbakır biyogaz tesisinde depolanan atıklar

Katı atıklar, doğru yöntemlerle yönetildiğinde değerli bir enerji kaynağı haline gelebilmektedir. Evsel atıkların önemli bir kısmını oluşturan organik maddeler, anaerobik koşullarda (havasız ortamda) parçalanarak biyogaz adı verilen bir gaz karışımı üretir. Biyogazın ana bileşenleri metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) olup, yakılmasıyla elektrik enerjisi elde edilebilir. Bu süreç, biyometanizasyon olarak adlandırılır ve hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlar.

Biyogaz üretimi, atıkların düzenli depolama alanlarında metan gazı oluşumunu önleyerek sera gazı emisyonlarını

azaltır. Ayrıca, biyogaz üretimi sırasında elde edilen sıvı gübre, tarımda kullanılarak toprak verimliliğini artırır. Bu sayede, atıklar hem enerji kaynağı hem de tarımsal üretim için değerli bir girdi haline gelir.

Diğer bir yöntem olan gazlaştırma, katı atıkların yüksek sıcaklıklarda ve sınırlı oksijen varlığında gazlaştırılması ile gerçekleşir. Bu süreçte, katı atıklardan sentez gazı adı verilen yanıcı bir gaz elde edilir. Sentez gazı, daha sonra elektrik veya ısı enerjisi üretmek için kullanılabilir. Gazlaştırma, biyogaz üretimine göre daha yüksek enerji verimliliği sunar ve daha geniş bir atık türü için uygulanabilir. Ancak, yüksek yatırım maliyeti ve karmaşık bir teknoloji olması nedeniyle daha az yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5 Gaz üretimi için atıkların rigollerde depolanması

Katı atıkların yakılması ise, geçmişte sıkça kullanılan ancak günümüzde çevresel etkileri nedeniyle daha az tercih edilen bir yöntemdir. Düşük enerji yoğunluğuna sahip olan katı atıkların doğrudan yakılması, hava kirliliği ve küresel ısınmaya neden olabilmektedir. Ayrıca, yakma işlemi sırasında atıkların hacmi önemli ölçüde azalsa da zararlı yanma ürünleri ve kül oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkabilir.

Sonuç olarak, katı atıkların enerjiye dönüştürülmesi, sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adımdır. Biyogaz üretimi ve gazlaştırma gibi teknolojiler, atıkların çevresel etkilerini azaltırken aynı zamanda enerji ihtiyacını karşılamaya da katkı sağlar. Türkiye’de de bu konuda önemli çalışmalar yapılmakta ve atıkların enerjiye dönüştürülmesiyle ilgili yatırımlar artmaktadır [3].

Metod

Diyarbakır’daki biyogaz potansiyelinin belirlenmesi için gerçekleştirilen araştırmada, evsel katı atıkların biyogaz üretimine olan katkısı, çeşitli kabuller ve sabitler kullanılarak modellenmiştir. İlde bulunan Dicle Yenilenebilir Enerji katı atık ve biyokütle elektrik santrali tesisinden elde edilen yıllık 20.736.000 metreküp metan gazı üretim verisi, bu modellemeye önemli bir girdi olarak kullanılmıştır. Bu sayede, ilin biyogaz üretim potansiyeli hakkında daha gerçekçi tahminler yapılabilmektedir. Ayrıca, bu çalışma, biyogaz üretimi için uygun atık türleri, tesislerin

kapasitesi ve enerji verimliliği gibi konularda da önemli bilgiler sunmaktadır.

İşletmenin kapasitesi geçerli kapasite kriter ve esaslarına göre günde 24 saat ve yılda 350 gün üzerinden hesaplanarak;

Kapasite = 2400 Kwe * 24 * 350 = 20.160.000 kWh/yıl olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, ilk olarak ilin nüfus hesabı yapılacaktır.

Nüfus Projeksiyonu

Nüfus projeksiyonu için farklı metotlar kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır [10] [11].

- Aritmetik Artış Metodu
- Geometrik Artış Metodu
- Bileşik Faiz Metodu
- İller Bankası Metodu

Aritmetik Artış Metodu

Aritmetik artış metodunda aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$k_a = \frac{N_s - N_i}{t_s - t_i}$$

$$N_g = N_s \times k_a (t_g - t_s)$$

Burada;

kaAritmetik Artış Katsayısı

NgGelecekteki Nüfus

NsSon Nüfus Sayımı

Niİlk Nüfus Sayımı

tgGelecekteki Nüfus Yılı

tsSon Nüfus Sayım Yılı

ti İlk Nüfus Sayım Yılı

Aritmetik artış katsayısı hesap edilirken yukarıdaki nüfus değerleri kullanılmıştır.

Bu kapsamda öncelikle aritmetik artış katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1 Aritmetik Artış Katsayıları

İl	İlçeler	Ortalama	En Büyük	En Küçük
Diyarbakır	Bağlar	5379	5379	5379
	Bismil	771	771	771
	Çınar	903	903	903
	Ergani	1881	1881	1881

Kayapınar	17192	17192	17192
Sur	-2778	-2778	-2778
Yenişehir	2328	2328	2328
Toplam	3668	17192	-2778

Artış katsayılarına göre hesap edilen gelecekteki nüfus değerleri "Nüfus Artış Metotlarının Karşılaştırılması" alt başlığı altında verilmiştir.

Geometrik Artış Metodu

Geometrik artış metodunda aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$k_g = \frac{\log N_s - \log N_i}{t_s - t_i}$$

$$\log N_g = \log N_s \times k_g (t_g - t_s)$$

Burada;

kgGeometrik Artış Katsayısı

NgGelecekteki Nüfus

NsSon Nüfus Sayımı

Niİlk Nüfus Sayımı

tgGelecekteki Nüfus Yılı

tsSon Nüfus Sayım Yılı

tiİlk Nüfus Sayım Yılı

Bu kapsamda öncelikle geometrik artış katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2 Geometrik Artış Katsayıları

İl	İlçeler	Ortalama	En Büyük	En Küçük
Diyarbakır	Bağlar	0,0064	0,0064	0,0064
	Bismil	0,0029	0,0029	0,0029
	Çınar	0,0055	0,0055	0,0055
	Ergani	0,0067	0,0067	0,0067
	Kayapınar	0,0262	0,0262	0,0262
	Sur	-0,0102	-0,0102	-0,0102
	Yenişehir	0,005	0,005	0,005
Toplam	0,0061	0,0262	-0,0102	

Artış katsayılarına göre hesap edilen gelecekteki nüfus değerleri “Nüfus Artış Metodlarının Karşılaştırılması” alt başlığı altında verilmiştir.

Bileşik Faiz Metodu

Bileşik faiz artış metodunda aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$N_s = N_i x (1 + r)^{(t_s - t_i)}$$

$$N_g = N_s x (1 + r)^{(t_g - t_s)}$$

Burada;

rArtış Katsayısı

NgGelecekteki Nüfus

NsSon Nüfus Sayımı

Niİlk Nüfus Sayımı

tgGelecekteki Nüfus Yılı

tsSon Nüfus Sayım Yılı

tiİlk Nüfus Sayım Yılı

Bu kapsamda öncelikle artış katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3 Bileşik Faiz Metodu Artış Katsayıları

İl	İlçeler	Ortalama
Diyarbakır	Bağlar	0,0148
	Bismil	0,0068
	Çınar	0,0128
	Ergani	0,0154
	Kayapınar	0,0621
	Sur	-0,0233
	Yenişehir	0,0117
	Toplam	0,0143

Ortalama artış katsayılarına göre hesap edilen gelecekteki nüfus değerleri “Nüfus Artış Metodlarının Karşılaştırılması” alt başlığı altında verilmiştir.

İller Bankası Metodu

İller Bankası artış metodunda aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$p = \left(\sqrt[t_s - t_i]{\frac{N_s}{N_i}} - 1 \right) x 100$$

$$N_g = N_s x \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{t_g - t_s}$$

Burada;

p Artış Katsayısı

NgGelecekteki Nüfus

NsSon Nüfus Sayımı

Niİlk Nüfus Sayımı

tgGelecekteki Nüfus Yılı

tsSon Nüfus Sayım Yılı

ti İlk Nüfus Sayım Yılı

Bu kapsamda öncelikle artış katsayıları hesap edilmiştir (Tablo 4). Artış katsayısı 1’ den küçük bulunduğu takdirde nüfus artış katsayısı 1 olarak, 1 ile 3 arasında bulunduğu takdirde hesap edilen değer olarak, 3’ ten büyük bulunduğu takdirde ise 3 olarak kabul edilmektedir.

Tablo 4 İller Bankası Metodu Artış Katsayıları

İl	İlçeler	Ortalama
Diyarbakır	Bağlar	1,48
	Bismil	1
	Çınar	1,28
	Ergani	1,54
	Kayapınar	3
	Sur	1
	Yenişehir	1,17
	Toplam	1,5

Artış katsayılarına göre hesap edilen gelecekteki nüfus değerleri “Nüfus Artış Metodlarının Karşılaştırılması” alt başlığı altında verilmiştir.

Nüfus Artış Metodlarının Karşılaştırılması

Yukarıda dört farklı metoda göre nüfus projeksiyonu gerçekleştirilmiş olup sonuçları aşağıdaki grafikte toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 5 Nüfus Projeksiyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yıllar	Aritmetik Artış	Geometrik Artış	Bileşik Faiz	İller Bankası
2020	1.447.249 kişi	1.447.249 kişi	1.447.249 kişi	1.447.249 kişi
2021	1.472.925 kişi	1.482.093 kişi	1.482.054 kişi	1.472.964 kişi

2022	1.498.601 kişi	1.518.708 kişi	1.518.625 kişi	1.499.222 kişi
2023	1.524.277 kişi	1.557.193 kişi	1.557.063 kişi	1.526.040 kişi
2024	1.549.953 kişi	1.597.652 kişi	1.597.468 kişi	1.553.427 kişi
2025	1.575.629 kişi	1.640.193 kişi	1.639.953 kişi	1.581.401 kişi
2026	1.601.305 kişi	1.684.934 kişi	1.684.631 kişi	1.609.974 kişi
2027	1.626.981 kişi	1.732.000 kişi	1.731.627 kişi	1.639.162 kişi
2028	1.652.657 kişi	1.781.522 kişi	1.781.072 kişi	1.668.979 kişi
2029	1.678.333 kişi	1.833.640 kişi	1.833.105 kişi	1.699.444 kişi
2030	1.704.009 kişi	1.888.502 kişi	1.887.872 kişi	1.730.567 kişi
2031	1.729.685 kişi	1.946.267 kişi	1.945.535 kişi	1.762.369 kişi
2032	1.755.361 kişi	2.007.102 kişi	2.006.255 kişi	1.794.869 kişi
2033	1.781.037 kişi	2.071.183 kişi	2.070.213 kişi	1.828.080 kişi
2034	1.806.713 kişi	2.138.703 kişi	2.137.596 kişi	1.862.020 kişi
2035	1.832.389 kişi	2.209.858 kişi	2.208.602 kişi	1.896.711 kişi
2036	1.858.065 kişi	2.284.862 kişi	2.283.446 kişi	1.932.170 kişi

Tablolardan da anlaşılacağı üzere birbirine çok yakın değerlere sahip metotlar arasında İller Bankası metoduna göre hesaplanan nüfus değerleri tercih edilmiş ve atık projeksiyonu bu metoda göre hesap edilen nüfus değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Atık Projeksiyonu

Kişi Başına Düşen Katı Atık Üretim Miktarı

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından gerçekleştirilen 2018 Yılı Belediye Atık İstatistikleri' ne göre Diyarbakır İli' nde kişi başına düşen katı atık miktarı 1,08 kg/kişi/gün olarak belirlenmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2010-2018 yılları arasında gerçekleştirilen ve söz konusu kurumun resmi internet sayfasında da yer alan Belediye Katı Atık Göstergeleri adlı çalışmada 2016 yılı için kişi başına düşen

katı atık miktarı 1,06 kg/kişi/gün 2018 yılı için kişi başına düşen katı atık miktarı ise 1,08 kg/kişi/gün olarak verilmektedir [12]. Bu değerler doğrultusunda söz konusu yıl aralığında kişi başına düşen katı atık miktarında bir önceki yıla göre bir artışın görüldüğü anlaşılmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak kişi başına düşen katı atık miktarının 2018 yılından itibaren bir önceki yıla göre %1,0095 oranında artacağı kabul edilmiştir.

Tablo 6 Kişi Başına Düşen Katı Atık Miktarı Projeksiyonu

Yıllar	Kişi Başına Düşen Katı Atık Üretim Miktarı
2018	1,080 kg/kişi/gün
2019	1,090 kg/kişi/gün
2020	1,100 kg/kişi/gün
2021	1,110 kg/kişi/gün
2022	1,121 kg/kişi/gün
2023	1,132 kg/kişi/gün
2024	1,143 kg/kişi/gün
2025	1,154 kg/kişi/gün
2026	1,165 kg/kişi/gün
2027	1,176 kg/kişi/gün
2028	1,187 kg/kişi/gün
2029	1,198 kg/kişi/gün
2030	1,209 kg/kişi/gün
2031	1,220 kg/kişi/gün
2032	1,232 kg/kişi/gün
2033	1,244 kg/kişi/gün
2034	1,256 kg/kişi/gün
2035	1,268 kg/kişi/gün
2036	1,280 kg/kişi/gün

Atık Karakterizasyonu

Diyarbakır Belediyesi tarafından 2020 yılı yaz ve kış dönemi ilçe bazında atık karakterizasyon çalışması yapılmış olup bu kapsamda Diyarbakır ili için kış ve yaz dönemi kentsel atık karakterizasyonu belirlenmiştir.

Projelendirme çalışmalarında Diyarbakır genel ortalama atık karakterizasyonu sonuçları kullanılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7 Diyarbakır Genel Ortalama Atık Karakterizasyonu Sonuçları

Malzeme	Ortalama, %
Mutfak Atıkları	41,99
Kağıt	4,55
Karton	3,17
Hacimli Karton	2,22
Plastik	10,48
Cam	4,26
Metal	1,36
Hacimli Metal	0,29
Atık Elektrik ve Elektronik Ekipman	0,52
Tehlikeli Atık	1,31
Park ve Bahçe Atıkları	2,29
Diğer Yanamayan	12,68
Diğer Yanabilen	5,81
Diğer Yanabilen Hacimli Atıklar	0,82
Diğer Yanamayan Hacimli	0,28
Diğer	7,97
Toplam	100

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere 2020 yılı atık kompozisyonunun yaklaşık %41,99' unun mutfak atıkları, %12,68' inin diğer yanamayan atıklar, %10,48' ini plastik atıklar, %5,81' inin diğer yanabilen atıklar ve %7,97' sinin diğer atıklardan oluştuğu tespit edilmiştir [13].

Projeden faydalanacak ilçe belediyeleri tarafından 2020 yılında kaynağında ayrı toplanan ambalaj atığı miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8 2020 Yılında Kaynağında Ayrı Toplanan Ambalaj Atığı Miktarları

İlçe	Toplanan Ambalaj miktarı
Bağlar İlçesi	2.662.010 kg/yıl
Bismil İlçesi	3.562.419 kg/yıl
Çınar İlçesi	57.702 kg/yıl
Ergani İlçesi	3.960.500 kg/yıl
Kayapınar İlçesi	3.803.928 kg/yıl
Sur İlçesi	1.500.410 kg/yıl
Yenişehir İlçesi	6.720.300 kg/yıl
Toplam	20.768 ton/yıl

Yukarıdaki veriler doğrultusunda projeden faydalanacak ilçe belediyeleri tarafından 2020 yılı içerisinde kaynağında ayrı toplama faaliyetlerinde toplam 20.768 ton/yıl ambalaj atığı toplanmıştır.

Tablo 9 2020 Yılında Kaynağında Ayrı Toplanan Ambalaj Atığı Miktarları

Yıl	Nüfus (Kişi) (A)	Kişi Başına Düşen Katı Atık Üretim Miktarı (kg/kişi/gün) (B)	Atık Miktarı (ton/yıl) (C) (C=AxBX365/1000)	Ayrı Toplanan Atık Miktarı (D)	Ayrı Toplanan Atıkların Toplam Atığa Oranı (E) (E=Dx100/C)
2020	1.447.249 kişi	1,100 kg/kişi/gün	581.071 ton/yıl	20.768 ton/yıl	3,60%

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere, "Tablo 6 Kişi Başına Düşen Katı Atık Miktarı Projeksiyonu" tablosunda verilen 2020 yılı kişi başına düşen katı atık üretim miktarı ile 2020 yılı TÜİK-Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları dikkate alınarak yapılan hesaplamaya göre 2020 yılında projeden faydalanacak ilçelerde oluşan toplam atık miktarı 581.071 ton/yıl olup ayrı toplama faaliyetleri ile toplanan ambalaj atıkları toplam atığın yaklaşık %3,6' sına karşılık gelmektedir [14].

Bulgular ve Tartışma

Tesis Hakkında Genel Bilgiler

Dicle Yenilenebilir Enerji tesisi, Diyarbakır İli, Bağlar İlçesi, Yukarı Akdibek Mahallesi, 543, 544, 545, 518 numaralı Parseller üzerinde toplam yaklaşık 400.864,53 m² alanda kuruludur (Şekil 6). Proje yerine en yakın yerleşim yeri; proje alanının yaklaşık 850 m güneybatısında yer alan Kamışpınar Mahallesi' ne bağlı evdir. Söz konusu mesafeler belirlenirken en yakın yerleşim yerindeki en yakın konutun proje sınırlarının en yakın noktasına olan kuş uçuşu mesafesi dikkate alınmıştır.



Şekil 6 Biyogaz tesisinin kuş bakışı görünümü

Tesiste; idari bina, kantar, atölye binası, araç parkı, yollar ve saha kaplamaları, sızıntı suyu dengeleme havuzu, sızıntı suyu arıtma tesisi, mekanik ayrıştırma tesisi, atıktan türetilmiş yakıt hazırlama tesisi, II. Sınıf düzenli depolama tesisi, elektrik enerjisi üretim tesisi, buhar türbini ve gaz depolama sistemi (gaz balonu) bulunmaktadır (Şekil 7).

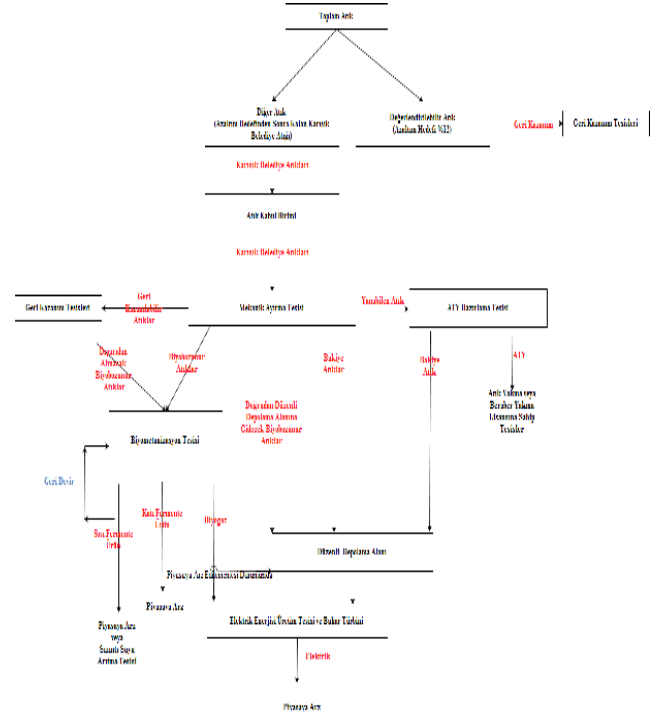
Diyarbakır Merkez, Ergani, Silvan, Bismil ve Çınar'dan yaklaşık olarak 1100-1200 Ton/gün atık gelmektedir.



Şekil 7 Tesiste bulunan ünitelerin genel görünümü

Tesisin İnşaat ve İşletme Aşamalarına Ait İş Akım Şeması

Tesis, Diyarbakır İli, Bağlar İlçesi, Yukarıkdibek Mahallesi, 543, 544, 545, 518 Numaralı Parseller üzerinde toplam yaklaşık 400.864,53 m² alanda kuruludur.



Şekil 8 Tesisin işletme aşamalarına ait iş akış şeması

Entegre Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi sınırları içerisinde kurulan ana üniteler aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Mekanik Ayrıştırma Tesisi

Mekanik ayırma tesisi ile ATY hazırlama tesisinin aynı kapalı alan içerisinde bulunacaktır (Şekil 9). Toplam 3.451 m² olan kapalı alanın 2.451 m² lik kısmında Mekanik ayırma tesisi; 1.000 m² lik kısmında ATY hazırlama tesisi kurulacaktır.



Şekil 9 Mekanik ayrıştırma tesisi

Atıktan Türetilmiş Yakıt Hazırlama Tesisi

Proje kapsamında kurulacak olan Atıktan Türetilmiş Yakıt Hazırlama Tesisi' nin kapasitesi hedef yıl olan 2036' ya göre 515 ton/gün olarak belirlenmiştir. Sistemde bulunacak üniteler aşağıda verilmiştir.

- Kaba Kırıcı (Ön Parçalama)
- Eddy Current Ayırıcı

- İnce Kırıcı (Son Parçalama)
- Atık Biriktirme Alanı (Mekanik Ayırma Tesisi ile Ortak)
- Taşıma ve Yükleme Ekipmanı (Konveyör, vinç vb.)
- Laboratuvar

Biyometanizasyon Tesisi

Proje kapsamında kuru fermantasyon prosesi uygulanacaktır. Biyometanizasyon Tesisi prosesi aşağıda kısaca anlatılmış olup sistemde bulunacak üniteler aşağıda verilmiştir.

- Atık Kabul Birimi
- Ön Şartlandırma Ünitesi (Bunker)
- Reaktör
- Susuzlaştırma Ünitesi
- Karıştırma Sistemi
- Gaz Depolama Birimi
- Gaz Arıtma Sistemi (Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi ve Buhar Türbininde bulunan Desülfürizasyon (H₂S Temizleme)'dir.
- Erken Uyarı Sistemi
- Fermente Ürün Deposu

II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi

Proje kapsamında kurulacak olan II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi'nde Mekanik Ayırma Tesisi'nden çıkacak olan bakiye atıklar, piyasaya arz edilememesi durumunda Biyometanizasyon Tesisi'nden gelecek katı fermente ürün, 26.03.2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'in Geçici Madde 1.'deki hedefi sağlayacak şekilde yukarıda belirlenen oranlarda biyobozunur atık ve ATY Hazırlama Tesisi'nden çıkacak bakiye atık II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi'nde düzenli depolama suretiyle bertaraf edilecektir.

Proje kapsamında kurulacak olan II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi'nin kapasitesi hedef yıl olan 2036 yılındaki nüfusa göre oluşacak toplam atık üretim miktarı dikkate alınarak 1.248 ton/gün olarak belirlenmiştir. Proje kapsamında kurulacak olan Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi'nde düzenli depolama alanı lotlarında oluşacak metan gazı ve Biyometanizasyon Tesisi'nde gerçekleşecek fermantasyon sonucu elde edilecek biyogaz yakılarak ısı ve elektrik enerjisi elde edilecektir.

Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi ve Buhar Türbini

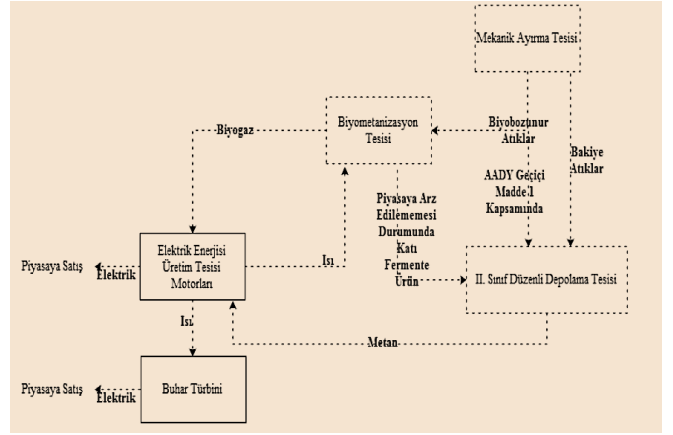
Proje kapsamında kurulacak olan Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi ve Buhar Türbini'nin kapasitesi 14,509 MWe olarak belirlenmiştir (Şekil 10). Sistemde bulunacak üniteler aşağıda verilmiştir.



Şekil 10 Elektrik üretim tesisi

- Gaz Depolama
- Desülfürizasyon (H₂S Temizleme)
- Enerji Tesisi
- Flare (Gaz Yakma Bacası)
- Booster Ünitesi
- Gaz Motoru
- Buhar Türbini

Elektrik enerji üretimi iş akış şeması Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11 Elektrik enerjisi üretimi iş akış şeması

Tekerlek Yıkama Ünitesi

Atık taşıma araçları sahayı terk ederken bu üniteden geçecektir. Bu ünite için ayrılan 90 m²'lik alanda yol kotu da dikkate alınarak saha düzenlemesi yapılarak bir platform teşkil edilecektir. Tekerlek yıkama ünitesinin üstünde duracak atık taşıtının tekerlekleri, görevli tarafından kullanılacak manüel bir basınçlı yıkama makinesi sayesinde temizlenecektir. Yıkama makinesi, sıcak-soğuk su ve deterjan püskürtme düzenekli olacaktır. Tekerlek yıkama ünitesinde atık taşıtlarının sadece tekerlekleri yıkanacaktır.

Tekerlek Yıkama Ünitesinde ortaya çıkacak atıksu, sızıntı suyu dengeleme havuzuna bağlanacaktır. Tekerlek Yıkama Ünitesinde gerekli su proje alanı içerisinde yer alan yeraltı suyundan temin edilecektir.

Kalite Kontrol Ünitesi (Yarı Otomatik Sistem)

Tesiste atıklar mekanik ekipmanlar vasıtasıyla tam otomatik sistemde boyutlarına, şekillerine göre ayrıldıktan

sonra yarı otomatik kısımda geri kazanımı mümkün atıkların 2D Kalite Kontrol Platformu ve 3D Kalite Kontrol Platformunda görevli personellerce cinslerine göre ayrıştırılması sağlanacaktır.

Atık Biriktirme Alanı

Mekanik Ayırma Tesisi'nden çıkan geri kazanımı/geri dönüşümü mümkün atıklar ve ATY Hazırlama Tesisi'nden çıkan ATY malzemesi için atık biriktirme alanı oluşturulacaktır (Şekil 12).

Mekanik Ayırma Tesisi'nden plastik, cam ve metal olmak üzere 3 tür geri kazanımı/geri dönüşümü mümkün atıklar ayrılacak ve atık biriktirme alanında lisanslı firmalara gönderilmek üzere biriktirilecektir.



Şekil 12 Atık biriktirme alanı

Mekanik ayırma tesisinde ayrıştırma işlemi gerçekleştirildikten sonra elde edilecek bakiye atık ve biyobozunur atık bantların altında sürekli bulunacak ayrı konteynırlarda biriktirilecek ve ilgili tesislere yönlendirilecektir.

Tablo 10 Mekanik Ayırma Tesisine Gelen Atıkların Dağılımı

Yıllar	Mekanik Ayırma Tesisine Gelen Toplam Atık Miktarı (A)	Biyobozunur Atık Oranı (C) (%)	Biyobozunur Atık Miktarı (D) (D=A x C)	Düzenli Depolama Alanı'na Gidecek Biyobozunur Atık Miktarı (E)	Biyometani zasyon Tesisine Gidecek Biyobozunur Atık Miktarı (F) (F=D-E)
2022	588.891 ton/yıl	46,1252 %	271.627 ton/yıl	243.162 ton/yıl	28.465 ton/yıl
2023	605.309 ton/yıl	46,1249 %	279.198 ton/yıl	249.941 ton/yıl	29.257 ton/yıl
2024	622.159 ton/yıl	46,1250 %	286.971 ton/yıl	256.901 ton/yıl	30.070 ton/yıl

2025	632.797 ton/yıl	46,6105 %	294.950 ton/yıl	228.072 ton/yıl	66.878 ton/yıl
2026	650.372 ton/yıl	46,6104 %	303.141 ton/yıl	234.407 ton/yıl	68.734 ton/yıl
2027	661.378 ton/yıl	47,1063 %	311.551 ton/yıl	203.618 ton/yıl	107.933 ton/yıl
2028	679.708 ton/yıl	47,1063 %	320.185 ton/yıl	209.264 ton/yıl	110.921 ton/yıl
2029	691.098 ton/yıl	47,6128 %	329.051 ton/yıl	210.970 ton/yıl	118.081 ton/yıl
2030	710.217 ton/yıl	47,6129 %	338.155 ton/yıl	181.296 ton/yıl	156.860 ton/yıl
2031	722.000 ton/yıl	48,1305 %	347.502 ton/yıl	182.382 ton/yıl	165.120 ton/yıl
2032	742.547 ton/yıl	48,1302 %	357.389 ton/yıl	187.574 ton/yıl	169.816 ton/yıl
2033	755.355 ton/yıl	48,6594 %	367.551 ton/yıl	150.988 ton/yıl	216.563 ton/yıl
2034	768.262 ton/yıl	49,1999 %	377.984 ton/yıl	151.434 ton/yıl	226.550 ton/yıl
2035	781.275 ton/yıl	49,7529 %	388.707 ton/yıl	105.684 ton/yıl	283.023 ton/yıl
2036	794.385 ton/yıl	50,3183 %	399.721 ton/yıl	105.149 ton/yıl	294.572 ton/yıl

Tablo 11 Mekanik Ayırma Tesisine Gelen Atıkların Dağılımı

Yıllar	Mekanik Ayırma Tesisine Gelen Toplam Atık Miktarı (A)	Biyobozunur Atık Oranı (C) (%)	Biyobozunur Atık Miktarı (D) (D=A x C)
2022	588.891 ton/yıl	21,8022%	128.391 ton/yıl
2023	605.309 ton/yıl	21,8023%	131.971 ton/yıl
2024	622.159 ton/yıl	21,8018%	135.642 ton/yıl
2025	632.797 ton/yıl	22,0319%	139.417 ton/yıl
2026	650.372 ton/yıl	22,0315%	143.287 ton/yıl
2027	661.378 ton/yıl	22,2662%	147.264 ton/yıl
2028	679.708 ton/yıl	22,2659%	151.343 ton/yıl
2029	691.098 ton/yıl	22,5053%	155.534 ton/yıl
2030	710.217 ton/yıl	22,5055%	159.838 ton/yıl
2031	722.000 ton/yıl	22,7501%	164.256 ton/yıl

2032	742.547 ton/yıl	22,7499%	168.929 ton/yıl
2033	755.355 ton/yıl	22,9999%	173.731 ton/yıl
2034	768.262 ton/yıl	23,2553%	178.662 ton/yıl
2035	781.275 ton/yıl	23,5168%	183.731 ton/yıl
2036	794.385 ton/yıl	23,7841%	188.937 ton/yıl

Enerji Üretim Projeksiyonu

2022 ve 2036 yılı vahşi depolama sahasında enerji üretimi

Vahşi depolama sahasında yapılan ölçümlerde ortalama CH₄ oranı %50 olarak bulunmuştur. Bu orana karşılık gelen 120 tonluk katı atık için 0.90 MWe enerji üretimi kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.

2022 yılı mekanik ayrıştırma tesisine gelen atık miktarı ortalama 588.891 ton/yıldır.

2022 yılı enerji üretimi: $588891 \times 0,90 / 120 = 4416,68$ MWe

2036 yılı enerji üretimi: $794385 \times 0,90 / 120 = 5957,88$ MWe olarak elde edilmiştir.

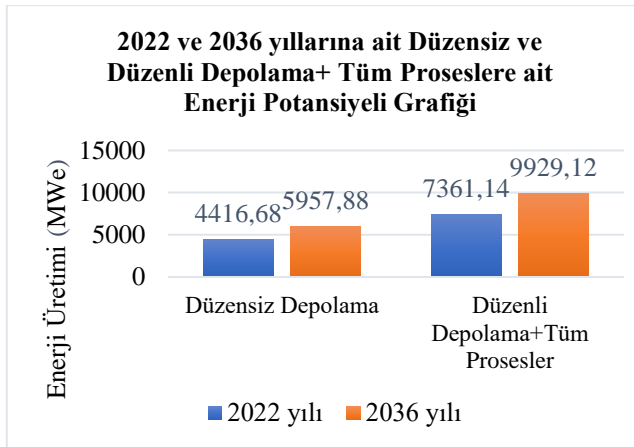
2022 ve 2036 yılı düzenli depolama sahası ve biyometanizasyon, mekanik ayrıştırma ünitelerinin faaliyete geçmesiyle yapılacak enerji üretimi

Tesisin tüm ünitelerinin faaliyete geçirilmesi ve düzenli depolama yapılması ile birlikte katı atık kalitesi ile organik atık oranının artırılacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada tesisin fizibilite raporuna göre ortalama CH₄ oranının %85 olacağı öngörülmektedir. Bu orana karşılık gelen 120 tonluk katı atık için 1,50 MWe enerji üretimi kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.

2022 yılı mekanik ayrıştırma tesisine gelen atık miktarı ortalama 588.891 ton/yıldır.

2022 yılı enerji üretimi: $588891 \times 1,5 / 120 = 7361,14$ MWe

2036 yılı enerji üretimi: $794385 \times 1,5 / 120 = 9929,12$ MWe olarak elde edilmiştir.



Enerji Artış Oranı

Tesisin çalıştırılma şartlarına bağlı olarak enerji üretimi Diyarbakır ilinin nüfus projeksiyonuna göre hesaplanarak elde edilmiştir.

Enerji verimliliği oranı: 2022 yılı tesisin tam kapasite çalışmasıyla elde edilen enerji miktarı / vahşi depolamadan elde edilen enerji miktarı= %66 olarak hesaplanmıştır.

Enerji verimliliği oranı: 2036 yılı tesisin tam kapasite çalışmasıyla elde edilen enerji miktarı / vahşi depolamadan elde edilen enerji miktarı= %66 olarak hesaplanmıştır.

Tesisin tüm proseslerinin faaliyete geçmesiyle birlikte, biyogaz üretiminde önemli bir artış gözlemlenmiş ve bu durum tesisin enerji potansiyelinin yüzde oran olarak anlamlı bir şekilde yükseldiğini göstermiştir.

Sonuçlar

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentsel gelişim gibi faktörler, atık oluşumunu doğrudan etkileyen önemli değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Atık yönetimi, sadece atıkların bertaraf edilmesi değil, aynı zamanda atıklardan enerji elde edilmesi gibi ekonomik faydalar da sağlayan bir süreçtir. Bu nedenle, atık yönetimi sistemleri hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarlanmalıdır.

Bu çalışmada Diyarbakır ili katı atık depolama sahasındaki biyogaz tesisinin enerji potansiyeli, gelecekteki nüfus projeksiyonlarına göre oluşan katı atık miktarı hesaplanarak değerlendirilmiştir. Biyogaz tesisinin düzensiz (vahşi) depolama ile çalıştırılması durumunda; 2022 yılı nüfus verilerine dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucunda, yıllık 588.891 ton katı atıktan **4416,68 MWe** enerji potansiyeli elde edilmiştir. 2036 yılı nüfus projeksiyonu dikkate alındığında ise bu potansiyel, yıllık 794.385 ton katı atık için **5957,88 MWe**'ye yükselmektedir.

Ayrıca tesisin tüm proseslerinin (düzenli depolama, mekanik ayrıştırma, biyometanizasyon ünitesi vb) faaliyete geçirilmesiyle; 2022 yılı nüfus verilerine dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucunda, yıllık 588891 ton katı atıktan **7361,14 MWe** enerji potansiyeli elde edilmiştir. 2036 yılı nüfus projeksiyonu dikkate alındığında ise bu potansiyel, yıllık 794385 ton katı atık için **9929,12 MWe**'ye yükselmektedir.

Çalışmada, düzensiz depolama ve entegre atık yönetim sistemi senaryoları altında, gelecekteki nüfus projeksiyonlarına göre elde edilecek katı atık miktarından üretilebilecek enerji potansiyeli, biyometanizasyon, mekanik ayrıştırma ve düzenli depolama gibi farklı proseslerin de dahil edilmesiyle hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucunda 2022 ve 2036 yıllarına ait hesaplamalarda %66'lık enerji potansiyeli artış oranı belirlenmiştir.

Bu araştırma, biyogaz tesislerinin planlanması sürecinde, yük talebi, güvenilirlik ve mevcut kaynakların

değerlendirilmesi gibi faktörlerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Elde edilen sonuçlar, biyogaz tesislerinin enerji üretimi açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Biyogaz tesislerinin tasarımı ve kuruluşu, kapsamlı bir fizibilite çalışması gerektirir. Bu çalışmada elde edilen veriler mevcut kaynakların potansiyelleri değerlendirilerek, tesislerin tüm proseslerinin faaliyete geçmesinin önemini ortaya çıkarmaktadır.

Çöp sahasında atmosfere salınan metan gazı, elektrik enerjisi üretiminde kullanıldığı için, bu da 2022 yılı için yaklaşık olarak 10-11 milyon ağaçlık bir ormanın CO₂ bertarafına denk gelmektedir. 2036 yılı için hesaplanan

metan gazı miktarına göre ise 13-14 milyon ağaçlık bir ormanın CO₂ bertarafına denk gelmektedir. Ayrıca Diyarbakır Entegre Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi' nin faaliyeti ile birlikte hem çevresel hem de ekonomik olumlu katkılar sağlayacağı ifade edilebilmektedir.

Diyarbakır Entegre Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi'nde sıfır atık sistemine geçişle birlikte, düzenli depolama, mekanik ayrıştırma ve biyometanizasyon gibi ünitelerin faaliyete geçirilmesiyle enerji üretiminin artacağı görülmektedir.

Kaynakça

- [1] Ö. Aydoğan, G. Varank ve M. S. Bilgili, «Gaziantep İl Merkezi Kentsel Katı Atık Yönetimi,» *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, cilt 3, no. 1, pp. 268-275, 2011.
- [2] A. YILMAZ ve Y. BOZKURT, «TÜRKİYE'DE KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI VE KÜTAHYA KATI ATIK BİRLİĞİ (KÜKAB) ÖRNEĞİ,» *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 15, no. 1, pp. 11-28, 01 Mart 2010.
- [3] H. Gülşen, . A. Akkuş, . A. Yolun ve M. Aslan, «Adıyaman İlinin Katı Atıkların Elektrik Potansiyelinin Belirlenmesi,» *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 3, no. 25, pp. 173-182, 03 Eylül 2022.
- [4] J. GÜLEN ve Ç. ÇEŞMELİ, «Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları,» *EÜFBED- Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 5, no. 1, pp. 65-84, 2012.
- [5] K. O. Demirarslan ve D. Demirarslan, «Kentlerde Yeni Yerleşim Alanlarının Gelişimi ve Katı Atık Sorunu: İzmit- Yahyakaptan Mahallesi Örneği,» *Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, cilt 2, no. 2, pp. 108-120, 2016.
- [6] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, «Resmi İklim İstatistikleri,» 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=DIYARBAKIR>.
- [7] Ş. Yıldız, F. Saltabaş, V. Balahorli, K. Sezer ve K. Yağmur, «Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi – İstanbul Örneği,» %1 içinde *Türkiye'de Katı Atık Sempozyumu*, İstanbul, 2009.
- [8] M. ŞEN ve K. Kestioğlu, «Kırsal Belediyelerde Eysel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği,» *Ekoloji Dergisi*, cilt 16, no. 65, 2007.
- [9] Aile ve Tüketici Hizmetleri, «Katı Atıklar,» Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2011.
- [10] M. Karpuzcu, «Nüfus tahmin Metodları,» %1 içinde *Su Temini ve Çevre Sağlığı*, İstanbul, Kubbalı Dizgi Merkezi, 2005, pp. 27-32.
- [11] İller Bankası, «İÇMESUYU TESİSLERİ ETÜT, FİZİBİLİTE VE PROJELERİNİN HAZIRLANMASINA AİT TEKNİK ŞARTNAME,» İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara, 2013.
- [12] Türkiye İstatistik Kurumu, «Belediye Atık İstatistikleri Veri Tabanı,» 2020.
- [13] T.C. DİYARBAKIR VALİLİĞİ ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İL MÜDÜRLÜĞÜ, «DİYARBAKIR İLİ 2020 YILI ÇEVRE DURUM RAPORU,» Diyarbakır Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Diyarbakır, 2021.
- [14] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, «Entegre Katı Atık Bertaraf ve Düzenli Depolama Tesisi (Mekanik Ayırma Tesisi, Yakıttan Türetilmiş Yakıt Hazırlama Tesisi, Biyometanizasyon Tesisi, II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi ve Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi ve Buhar Türbini ÇED Raporu,» Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Diyarbakır, 2022.