

Biyogaz Üretim Süreçlerinde Enerji Verimliliği ve Çevresel Sürdürülebilirliğin Artırılması: Bir Vaka Çalışması

Şeyhmus TUMÜR✉

¹ İnşaat Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye

✉: stumur@dicle.edu.tr  [0000-0001-7589-8941](https://orcid.org/0000-0001-7589-8941)

Geliş (Received): 19.11.2024

Düzeltilme (Revision): 17.01.2025

Kabul (Accepted): 09.02.2025

ÖZ

Bu çalışmada, sürdürülebilirlik yönetimi, atık yönetimi ve enerji üretimi üzerine odaklanarak, düzenli depolama sahalarından elde edilen biyogazın enerji potansiyeli değerlendirilmiştir. Batman ili katı atık ve biyogaz üretim tesisinde Şubat, Mart ve Nisan aylarında üretilen biyogazın numunelerinin metan içeriği ve enerji üretimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bulgular, biyogazdaki metan içeriğinin %48 ile %52 arasında değiştiğini ve bu oranların sırasıyla %50,65, %51,33 ve %52,26 olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Metan oranındaki değişimin dış ortam özellikleriyle (sıcaklık, nem, rüzgar vb.) ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Biyogazdaki metan oranını artırmak için tesis süreçlerine yönelik farklı iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Çalışma sonuçları, düzensiz depolama sahalarından elde edilen biyogazın enerji potansiyelinin, metan içeriği ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Tesis süreçlerine yönelik önerilen iyileştirmelerle biyogazdaki metan oranı artırılarak enerji verimliliği önemli ölçüde yükseltilebilir. Bu çalışma, biyogaz üretim tesislerinin verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlamak için önemli bir adım teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık Yönetimi, Biyogaz, Enerji Üretimi, Metan, Sürdürülebilirlik

Improving Energy Efficiency and Environmental Sustainability in Biogas Production Processes: A Case Study

ABSTRACT

This study evaluates the energy potential of biogas derived from municipal solid waste landfills, focusing on sustainability, waste management, and energy production. The relationship between methane content and energy output of biogas samples was investigated at the Batman municipal solid waste and biogas production facility over three months (February, March, and April). Findings indicate that methane content in biogas ranged between 48% and 52%, with specific measurements of 50.65%, 51.33%, and 52.26% for the respective months. Variations in methane content were correlated with external environmental factors, including temperature, humidity, and wind. To enhance biogas methane content, several process improvement strategies were proposed. The results demonstrate a direct relationship between methane content and the energy potential of biogas from landfills. Implementing the proposed improvements could significantly enhance methane content, thereby improving energy efficiency. This study represents a significant step toward optimizing biogas production facilities and contributing to sustainable energy production.

Keywords: Biogas, Methane, Energy Production, Environmental Sustainability, Waste Management.

GİRİŞ

Batman ili katı atık ve biyogaz üretim tesisinde üç aylık süre zarfında elde edilen biyogaz numunelerinin metan içeriği ve enerji üretimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, biyogazdaki metan oranını artırmak için tesis süreçlerine yönelik farklı iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

Batman ili katı atık tesisinde tüm proseslerin (düzenli depolama sahası, mekanik ayrıştırma ünitesi, biyometanizasyon ve katı atık konfigürasyonunun değiştirilmesi gibi) faaliyete geçirilmesinin metan oranına etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışma, katı atık tesisinin tüm proseslerinin entegre bir şekilde işletilmesiyle biyogaz üretiminde önemli bir verimlilik artışı ve metan içeriğinde kayda değer bir yükselişin sağlanabileceğini öngörmektedir.

Enerji, tüm canlıların temel gereksinimlerinden biridir. Geleneksel enerji kaynaklarının sürdürülemezliği 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 [1].

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 [2]. 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 [3].

İnsan faaliyetlerinin neden olduğu katı atık sorunu, çevre ve halk sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olup, bu sorunun çözümü için vahşi depolama, düzenli depolama, kompostlama, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve yakma gibi çeşitli atık yönetim stratejileri uygulanmaktadır [4].

Vahşi depolama, katı atıkların herhangi bir ön işlemden geçirilmeden veya düzenli bir şekilde depolanmadan doğrudan çevreye terk edilmesi işlemidir. Bu uygulama, başta yer altı ve yerüstü sularının kirlenmesi, toprak yapısının bozulması, metan gazı oluşumu nedeniyle yangın ve patlama riskinin artması olmak üzere, görüntü kirliliği, toz ve kötü koku yayılması gibi pek çok çevresel probleme neden olmaktadır [5].

Gelişmekte olan ülkelerdeki katı atık yönetimi eksiklikleri; toprak ve su kirliliği, hava kirliliği, deniz kirliliği, biyoçeşitlilik kaybı ve sera gazı emisyonları gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca katı atık yönetimi eksiklikleri; sağlık harcamaları, enerji kaybı, hammadde kaybı, arıtma maliyeti ve iş kaybı gibi ekonomik sorunlara neden olmaktadır.

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 [6].

Biyogaz teknolojisi, mikroorganizmalar tarafından oksijen yokluğunda organik maddenin ayrıştırılması veya bozunmasının gerçekleştiği biyoenerji dönüşümünün biyokimyasal dönüşüm teknolojisidir. 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 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 [7].

Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, biyogazdaki metan oranını artırmak için tesis süreçlerine yönelik farklı iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

Katı atık tesisine ait fizibilite raporunda yer alan analizler, düzenli depolama sahası, mekanik ayrıştırma ünitesi, biyometanizasyon tesisi gibi çeşitli proseslerin ve katı atık konfigürasyonunun yeniden düzenlenmesiyle biyogazdaki metan oranının %85 seviyesine yükseltilebileceğini göstermektedir.

Bu çalışma, biyogaz üretim tesislerinin verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlamak için önemli bir adım teşkil etmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarla, farklı atık türleri ve coğrafi koşullar için daha kapsamlı analizler gerçekleştirilebilir.

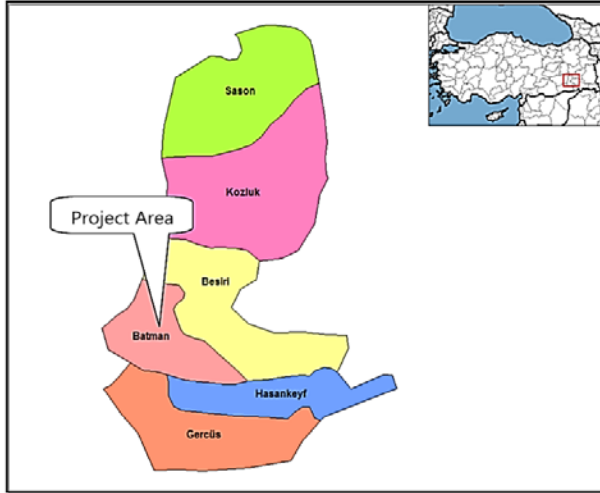
MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Proje alanının yer aldığı Batman ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinde, 41°10' ve 41°40' doğu boylamları ile 38°40' ve 37°50' kuzey enlemlerinde yer almaktadır. İlin denizden yüksekliği 550 m'dir. Doğusunda Bitlis ve Siirt, kuzeyinde Muş, batısında Diyarbakır ve güneyinde Mardin ile komşudur. Batman (Merkez) ilçesi Muş'tan 218 km, Mardin'den 149 km, Bitlis'ten 135 km, Diyarbakır'dan 100 km ve Siirt'ten 87 km uzaklıktadır. Batman ilinin toplam alanı 4.654 km² dir. Batman ilinin Türkiye'deki konumu Şekil 1' de, Batman ili ve ilçelerinin haritası Şekil 2' de verilmiştir [8].



Şekil 1 Türkiye'de Batman İlini Gösteren Harita [8]



Şekil 2 Batman ilinin ve İlçelerinin Haritası

Katı atık tesisi, enerji üretiminde 4 adet 1560 kW gücünde gaz motoru ve bu motorlara bağlı 4 adet 2000 kVA gücünde trafo kullanmaktadır. Tesisin kendi operasyonel ihtiyaçları için 8 kVA'lık bir trafo ile enerji sağlanırken, biyogaz depolama ve sirkülasyon sistemlerinin güç ihtiyacı 100 kW'lık bir jeneratör tarafından karşılanmaktadır. Tesis, sürekli besleme prensibiyle çalışarak 1250 MW elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirmekte ve saatlik 1000 m³ biyogaz üretimi kapasitesine sahiptir.

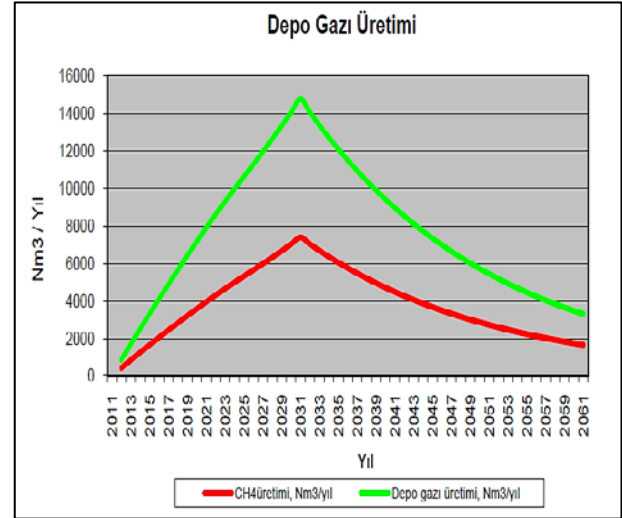
Bu çalışmada katı atık tesisinde gerçekleştirilen biyogaz içeriği ölçümlerinin sonuçları, günlük ortalama değerler üzerinden grafiksel olarak sunulmuştur.

Katı atık tesisinde idari birimler, tartım alanları, atık işleme tesisleri, araç bakım ve onarım merkezleri, tekerlek temizleme istasyonları, yollar ve çevre düzenlemesi, pilot ve tam kapasite kompostlama tesisleri, sızıntı suyu yönetim sistemleri gibi çeşitli üniteler bulunmaktadır. Bu ünitelerin teknik özellikleri Tablo 4'te detaylı olarak sunulmuştur.

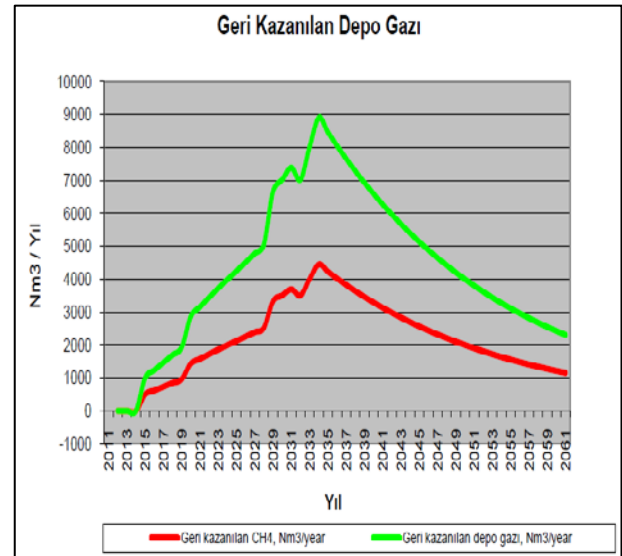
Proje kapsamında seçilen arazi, Batman İli' nin Raman yolu üzerindeki Binatlı Köyü yakınlarında, şehir merkezinin yaklaşık 17 km güneydoğusunda yer almakta olup 28,7 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Bu bölge, 750 ila 830 metre rakımları arasında, tepelerle çevrili bir vadide konumlanmakta ve %15 ile %40 arasında değişen eğimlerle dalgalı bir topografyaya sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3 Vahşi depolama alanının kuş bakışı görünümü



Şekil 4 2011-2061 yılları tahmini depo gazı üretimi [9]



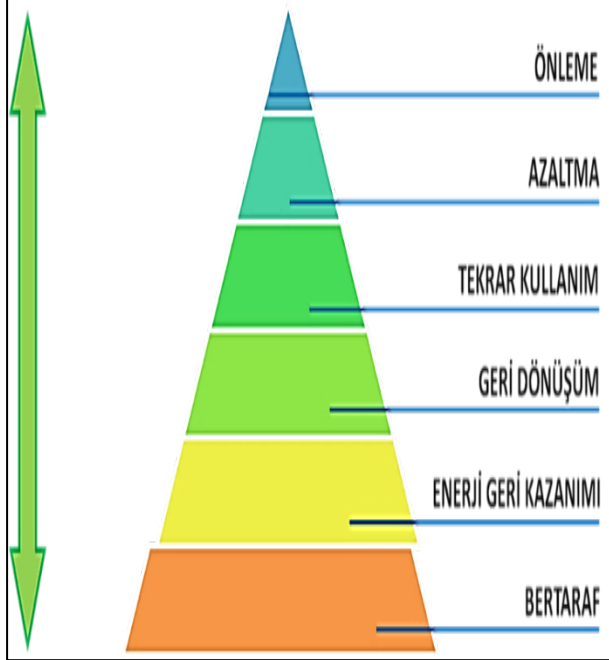
Şekil 5 2011-2061 yılları depo gazı ve metanın tahmini geri kazanım miktarları [9]

Batman'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 [9]. Geri kazanım, hem atık miktarını azaltır hem de çevresel etkileri en aza indirir [10].

Atık yönetimi süreçleri, atıkların önlenmesi, azaltımı, geri kazanımı, bertarafı ve enerji dönüşümü olmak üzere başlıca beş ana başlıkta incelenir (Şekil 4). 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 [11].



Şekil 6 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. Batman örneğinde olduğu gibi, atık bileşimindeki organik madde oranı oldukça yüksektir ve bu durum, kompostlama gibi biyolojik işlemlerin önemini vurgulamaktadır. Tablo 2' de görüldüğü gibi insanların yaşam kalitesine göre değişiklik arz etse de Batman ilindeki 2020 yılı atık kompozisyonunun yaklaşık %38,7' sinin gıda atıkları, %6,6' sının diğer yanamayan atıklar, %12,3' ünü plastik atıklar, %0,8' inin diğer yanabilen hacimli atıklar ve %3,4' ünün diğer atıklardan oluştuğu tespit edilmiştir.

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 (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) olup, yakılmasıyla elektrik enerjisi elde edilebilir. Bu süreç, biyometanizasyon olarak adlandırılır ve hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlar [12].

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 [13].

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 [6].

Yöntem

Düzensiz depolama sahasında üretilen biyogazın metan konsantrasyonu, üç aylık bir dönem boyunca saatlik olarak ölçülmüştür. Elde edilen geniş veri seti, günlük ortalama değerlere indirgenerek tablo formatında sunulmuştur. Katı atık tesisinde geliştirilen ileri projeksiyon verileri ışığında, biyogazın metan içeriği ve buna bağlı olarak üretilen elektrik enerjisi miktarı, mevcut durum ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu sayede, tesisin enerji üretim kapasitesindeki potansiyel artışlar ve iyileştirme alanları belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışma, biyogaz üretimi için uygun atık türleri, tesislerin kapasitesi ve enerji verimliliği gibi konularda da önemli bilgiler sunmaktadır.

Atık Projeksiyonu

Batman İli, Merkez İlçesi, Binatlı Köyü Mevkiinde tesis edilmesi planlanan katı atık düzenli depolama tesisinin yaklaşık 28,7 ha'lık bir arazi üzerine kurulması planlanmıştır. Proje kapsamında, Batman Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (BKABB)'ne üye Batman Merkez, Balpınar, Beşiri, İkiköprü, Hasankeyf, Gercüş, Sason, Kozluk ve Bekirhan Belediyeleri ile yakınındaki 6 köyün (Aydınkonak, Akça, Demiryol, Erköklü, İkiztepe ve Binatlı) atıkları toplanacak ve bertaraf edilecektir.

Batman Katı Atık Yönetimi Projesi kapsamında, proje boyunca oluşması beklenen atık miktarları hazırlanan fizibilite raporu sonucunda belirlenmiştir [14] ve bu değerler Tablo 1'de verilmiştir

Tablo 1 Belediyelerin Atık Projeksiyonları (ton/yıl)

	Batman Kentsel	Beşiri Kentsel	Hasankeyf Kentsel	Gercüş Kentsel	Sason Kentsel	Kozluk Kentsel	Toplam Kırsal	Kensel/Kırsal Toplam
2009	82527	2564	944	1745	3307	5906	3641	100634
2010	85730	2654	973	1797	3472	6087	3754	104467
2011	89067	2747	1002	1852	3632	6277	3864	108441
2012	92534	2844	1033	1909	3800	6473	3978	112571
2013	96136	2944	1065	1967	3976	6675	4095	116858
2014	99878	3047	1098	2027	4159	6884	4216	121309
2015	103766	3155	1132	2089	4351	7099	4341	125933
2016	107815	3268	1168	2156	4547	7328	4463	130745
2017	112022	3385	1205	2224	4751	7565	4590	135742
2018	116393	3506	1243	2295	4965	7810	4720	140932
2019	120935	3632	1283	2367	5188	8062	4854	146321
2020	125655	3763	1324	2443	5421	8323	4992	151921
2021	130621	3902	1368	2524	5660	8604	5129	157808
2022	135783	4046	1414	2608	5910	8896	5270	163927
2023	141150	4195	1461	2695	6170	9197	5415	170283
2024	146728	4350	1510	2785	6442	9508	5565	176888
2025	152527	4511	1561	2877	6726	9830	5718	183750
2026	158755	4684	1616	2978	7019	10180	5872	191104
2027	165237	4863	1673	3083	7324	10543	6030	198753
2028	171984	5050	1732	3192	7642	10919	6193	206712
2029	179006	5243	1793	3304	7974	11308	6360	214988
2030	186315	5444	1857	3420	8321	11712	6532	223601

Atık Karakterizasyonu

Batman Belediyesi tarafından 2015 yılı Ocak ve Eylül aylarında 4 farklı bölgede atık karakterizasyon çalışması yapılmış olup bu kapsamda Batman ili için kentsel atık karakterizasyonu belirlenmiştir.

Projelendirme çalışmalarında Batman genel ortalama atık karakterizasyonu sonuçları kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2 Atık Karakterizasyonu

Malzeme	Ortalama, %
Gıda Atıkları	38,7
Kâğıt	3,3
Karton	2,2
Hacimli Karton	4,7
Plastik	12,3
Cam	2,1
Metal	2,1
Hacimli Metal	0,0
Atık Elektrik ve Elektronik Ekipman	0,1
Tehlikeli Atık	0,8
Park ve Bahçe Atıkları	11,9
Diğer Yanıcı Olmayan Maddeler	6,6
Diğer Yanıcı Maddeler	0,0
Diğer Yanabilen Hacimli Atıklar	0,8
Diğer Yanamayan Hacimli	11,8
Diğer	3,4
Toplam	100

TARTIŞMA

Tesis Hakkında Genel Bilgiler

Batman katı atık tesisi; Batman İli, Batman Merkez İlçesi, Binatlı Köyü 371 numaralı parsel üzerinde toplam yaklaşık 400.864,53 m2 alanda kuruludur (Şekil 6). Proje alanına en yakın yerleşim birimleri, kuş uçuşu 2 km güneydoğusunda bulunan Yolveren Köyü ile kuş uçuşu 2km kuzeybatısında bulunan Kolbaşı Köyü'dür. Proje alanı, en yakın akaryakıt istasyonuna 6 km uzaklıkta, en yakın endüstriyel alana ve havaalanına 17 km uzaklıktadır.

Proje kapsamında, 1 Kasım 2008 tarihli Bakanlar Kurulu kararıyla (2008/14230) kurulan Batman Katı Atık Tesisleri Uygulama ve İşletme Birliği (BKABB) üyesi olan Batman Merkez Belediyesi ve Beşiri Belediyesi ile Birlik üyesi olması beklenen Balpınar, İkiköprü, Hasankeyf, Gercüş, Kozluk, Sason, Bekirhan belediyeleri ve Batman İlçelerine bağlı 6 köyün katı atıkları alınacaktır. Belediyelerin ve köylerin proje alanına olan mesafeleri Tablo 3' te verilmiştir.

Tesiste; idari bina, kantar, atölye binası, araç parkı, tekerlek temizleme ünitesi yollar ve saha kaplamaları, pilot kompost tesisi, sızıntı suyu dengeleme havuzu, sızıntı suyu pompalama istasyonu, sızıntı suyu arıtma tesisi, tam kapasite kompost tesisi ve yedek kompost alanı bulunmaktadır (Şekil 5). İdari ve teknik ünitelere ait bilgiler Tablo 4'de sunulmaktadır.

Tablo 1 Belediyelerin ve köylerin Proje Alanına Olan Mesafeleri

Belediye Adı	Proje Alanına Uzaklığı(km)	Köy Adı	Proje Alanına Kuşuçuğu uzaklığı (km)
Batman	17	Aydıkonak	13
Beşiri	29	Akça	8
Hasankeyf	31	Demiryol	15
Gercüş	54	Erköklü	11
Kozluk	79	İkiztepe	17,5
Sason	85	Binatlı	5,2
Balpınar	26		
İkiköprü	34		
Bekirhan	55		

Not: Uzaklıklar, çöp döküm sahasına giden yol üzerinde ilçenin çıkışında yer alan Beşiri kavşağından (Siirt Yolu) itibaren alınmıştır.



Şekil 7 Biyogaz tesisinin kuş bakışı görünümü



Şekil 8 Tesiste bulunan ünitelerin genel görünümü

Tablo 4 Batman KAY Projesi Ünitelerine Ait Yüzölçümü Bilgileri

Üniteler ve Tesisler	Yüzey Alanı (m ²)
Pilot Kompost Tesisi	-
Sızıntı Suyu Dengeleme Havuzu	1503
Sızıntı Suyu Pompalama İstasyonu	28
Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi	3034
Kompost Alanı	3500
Tekerlek Temizleme Ünitesi	180
Garaj ve Atölye	398
Kontrol Binası ve Kantar	93
İdari ve Personel Binası	245

Proje Kapsamındaki Tüm Ünitelerin Özellikleri, Kapasiteleri, Proses Akım Şeması

Batman Katı Atık Yönetimi Projesi, Batman İlinde kurulan Belediyeler Birliği (BKABB)' ne üye Batman (Merkez) Belediyesi ve Beşiri Belediyesi ile birliğe üye olması beklenen Hasankeyf Belediyesi, Gercüş Belediyesi, Balpınar Belediyesi, İkiköprü Belediyesi, Bekirhan Belediyesi, Sason Belediyesi, Kozluk Belediyesi ve merkez ilçe civarındaki altı köyden alınacak katı atıkların, ilgili ulusal ve AB mevzuatına uygun olarak taşınması, depolanması, bertarafı ve geri kazanımını kapsamaktadır. Bu atık yönetim sistemi dahilinde, aşağıda sıralanmış olan üniteler bulunmaktadır.

Atık yönetim sistemi dahilinde bulunan üniteler hakkında detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi

Depolama sahasının tasarımı yapılırken, sahanın jeoteknik ve topografik özellikleri de göz önüne alınarak, hafriyat ve toprak dolgusu miktarlarının en az seviyede tutulması amaçlanmıştır. 12 ha'lık alanı kapsayacak şekilde tasarlanan depolama sahasına, civar yollar ve setler de dahil edildiğinde 15,9 hektarlık bir alanı kapsamaktadır.

Atıkların depolanmasında dikkate alınması gereken temel işletme prensipleri şunlardır:

Tabana ince malzemeler yerleştirilerek taban kaplamasının hasar görmesi önlenecektir.

Depolama, zeminin düşük kotlarından yüksek kotlarına doğru yapılacaktır.

Atıklar belirli bir yüksekliğe ulaştığında, sıkıştırılmış derinlikleri 2 m olacak şekilde çelik tekerlekli sıkıştırıcılarla sıkıştırılacaktır.

Sıkıştırılmış atık katmanları arasına 15-20 cm'lik toprak serilecektir.
Rüzgâr hızının 35 m/s aştığı zamanlarda çalışmalar durdurulacaktır.

Pilot Kompost Tesisi

Pilot kompostlama tesisi, aşağıda belirtilen günlük girdiler dikkate alınarak yılda 2.500 ton organik atığı işleyecek kapasitede tasarlanacaktır. Kompostlama için daha fazla saf organik materyalin temin edilmesi durumunda, pilot tesisin genişletilmesi için ek bir alan planlanmaktadır. Pilot kompostlama tesisinin girdileri Tablo 5' te, ilgili varsayımlar ise Tablo 6' da yer almaktadır.

Tablo 2 Kompostlama Tesisinin Girdileri

Miktar	Ton	Hacim
Atık	7 t/gün	23,3 m ³ /gün
İri Maddeler	0,5 t/gün	3,3 m ³ /gün
Toplam Miktar	7,5 t/gün	26,6 m ³ /gün

Tablo 6 Kompostlama Tesis Kabulleri

Atık Yoğunluğu	300 kg/m ³
İri Madde Yoğunluğu	150 kg/m ³
Kompost Yoğunluğu	600 kg/m ³
Kompostlama Süresi	3 ay
Olgunlaşma Süresi	2 ay
Hacimde Azalma	50%
Kabul Edilmeyen	10%
Yığın Boyutları	Taban 6 m, tavan 1 m ve yükseklik 2,5 m

Kompostlama tesisi, farklı faaliyetler için farklı alanları kapsamaktadır. Bu alanlar hakkında detaylı bilgi aşağıda sunulmuştur.

- Atık Kabul Alanı
- Atık Parçalama Ünitesi
- Yığın Alanı
- Olgunlaştırma Alanı
- Eleme Alanı
- Depolama Alanı

Maddesel Geri Kazanım Tesisi (Ayırma Tesisi)

İkili toplama sistemi aracılığıyla, kaynağında cinslerine

göre ayrı olarak toplanan geri dönüştürülebilir atıkların, ayrıştırıldığı ve işlenerek satılmaya hazır hale getirildiği merkezlerdir. İkili toplama sisteminde evsel atıklar, kompostlama tesisine giden organik/karışık atıklar ve maddesel geri kazanım tesisine giden karışık kuru atıklar olmak üzere ayrılacaktır. İkili toplama sisteminin 2020 yılında uygulamaya alınması planlanmaktadır. 2025 yılında maddesel geri kazanım tesisi kurulduğunda ve 2031 yılında planlama döneminin sonunda, ikili sistemle toplanacak madde miktarları hesaplanmış ve Tablo 7' de gösterilmiştir.

Tablo 7 MGT İçin Atık Miktarları

Kuru kısım ikili toplama (2025'ten sonra MGT'ye)	2025	2030	2031
Brüt girdi	24.473	47.231	49.447
Net girdi	17.131	33.062	34.613
Biyolojik olarak parçalanabilen net atık girdisi (kâğıt/karton)	5.798	11.190	11.715
Düzenli depolama sahasına gidecek kabul edilmeyen atık miktarı	24.473	14.169	14.834

Maddesel geri kazanım tesisinin tasarımı 2031 yılında toplanacak atık miktarlarına dayalı olacaktır. Daha sonraki yıllarda kapasite artırımı yapılacaktır. Ayırma ünitelerini yeterli kapasitede tasarlayabilmek için hedeflenen geri dönüştürülebilir atıkların net girdideki dökümleri, atık hesaplamalarında gösterilmiş olan atık kompozisyonuna bağlı olarak yapılmıştır. Miktarlar, Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 Maddesel Geri Kazanım Tesisi Brüt Girdi Dökümü (ton)

	Ton			Eşdeğer Nüfus	Ton /saat
	Yıllık	Günlük	Vardiya Başına		
Kağıt	5.445	18	9	0	1
Karton	6171	21	10	5	1
Plastik	14884	50	25	8	4
Cam	3267	11	5	2	1
Metal	4845	16	8	3	1
Kabul Edilmeyen	14834	49	25	0	4
Net Girdi	34613	115	58		8
Brüt Girdi	49447	165	82	18	12
* Varsayım: Manyetik ayırıcı tarafından tutulan 3 ton/vardiya.					
Bir kişi günde 1,5-2,0 ton atık ayırabilmektedir. (vardiya)					

Atık Kumbara İstasyonları

Atık kumbaralarının etkin kullanımı için vatandaşların geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmesi, kumbaraların sayısının ve yerlerinin uygun şekilde belirlenmesi önemlidir. Şehrin nüfus yoğunluğu ve gelir seviyesi yüksek bölgelerinde yer alacak kumbaralar, daha fazla geri dönüşüm sağlayacaktır. Her kumbaranın farklı bir atık türü için renk kodlu olması, vatandaşların atıklarını doğru yere atmalarını kolaylaştıracaktır.

Geri Dönüşüm Merkezleri (Toplama Merkezleri)

Geri dönüşüm merkezi, kağıt, karton, plastik, cam, alüminyum, demir, beyaz eşya, elektronik atıklar gibi çeşitli atık türleri için ayrı konteynerlerin bulunduğu, atıkların toplanması ve geri kazanılması amacıyla kurulan tesislerdir. Batman'da kurulacak olan merkez, hizmet vereceği bölgede merkezi bir konumda olacak ve yaklaşık 4.000-6.000 m²'lik bir alanı kapsayacaktır.

Proje kapsamında Batman'da kurulacak geri dönüşüm merkezi, evsel atıklardan tehlikeli atıklara kadar geniş bir yelpazedeki atığı kabul edecek ve bu atıkların geri dönüşümünü sağlayarak çevreye ve ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Geri dönüşüm merkezine, aşağıdaki maddeler için ayrılmış konteynerler tahsis edilecektir:

- Kâğıt ve karton,
- Plastikler,
- Cam (küçük konteyner),
- Alüminyum kutular (küçük konteyner),
- Demir ve diğer metaller,
- Buzdolapları ve dondurucular,
- Elektrik ve elektronik eşyalar,
- İnşaat ve yıkıntı atıkları,
- Kompostlama için bahçe atıkları (hacimli maddeler),
- Hacimli atıklar-kullanılmış ev eşyaları,
- Düzenli depolama sahalarında bertaraf edilecek atıklar,
- Özel konutlardan gelen tehlikeli atıklar

Gaz Toplama ve Değerlendirme Sistemi

Düzenli toplama sahasındaki atıkların anaerobik çürümesi metan, karbon dioksit, azot ve gaza belirgin bir koku veren bazı maddelerden oluşan depo gazını üretir. Düzenli depolama sahası aktif işletme süresi boyunca ve kapanmasından uzun bir süre sonra da depo gazı üretmeye devam edecektir. Dolayısıyla, gazın kullanılması dikkate alınması gereken bir konudur. Depo gazının toplanmasını gerekli kılan sebepler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

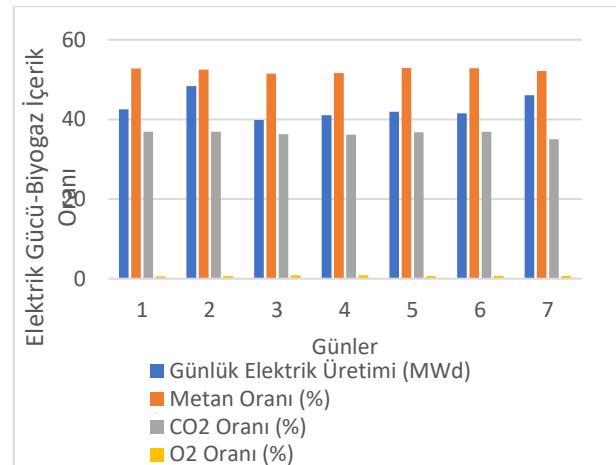
- Depo gazı içeriğinin sera etkisi ve küresel ısınmaya olan katkısı,
- Oksijenle karışan depo gazının patlamaya yol açma riski,
- Depo gazı kaynaklı koku emisyonu ve duman,
- Depo gazından enerji üretip sahada kullanabilme avantajı

Batman Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinde üretilen depo gazı için mekanik olarak havalandırma

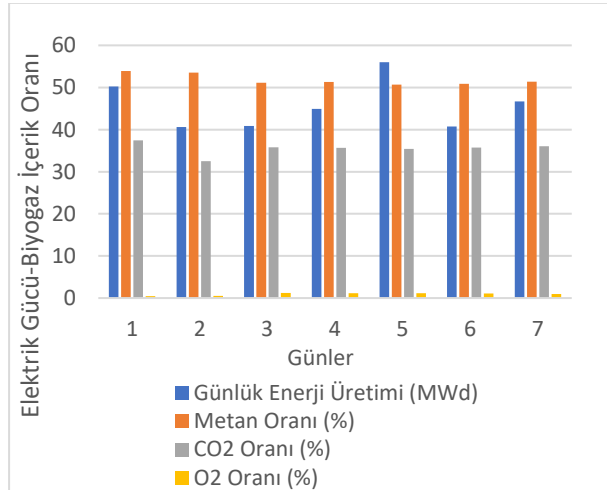
ve yakma teknolojisi tercih edilmiştir. Üretilen depo gazının mekanik havalandırması amacıyla düzenli depolama sahası, gaz toplama bacalarıyla donatılacaktır. Düzenli depolama sahalarında kullanılan yatay gaz toplama sistemleri, faaliyet sırasında oluşabilecek hasarlara karşı, dikey gaz toplama sistemlerine göre daha hassastırlar. Dikey sistemlerin daha emniyetli ve verimli oldukları kanıtlanmış bir gerçektir. Bu nedenle, bu proje içinde dikey gaz toplama sistemi kullanılacaktır. Dikey gaz toplama bacaları, her biri yaklaşık 25-30 metre etkili yarıçaplı alanlardan gaz toplayacak şekilde tasarlanacaktır. Gaz boruları için 100-200 mm çaplı, delik veya yarık yüzeylerinin oranı %15 olan HDPE borular kullanılacaktır.

Biyogaz Tesisinde Yapılan Ölçümler

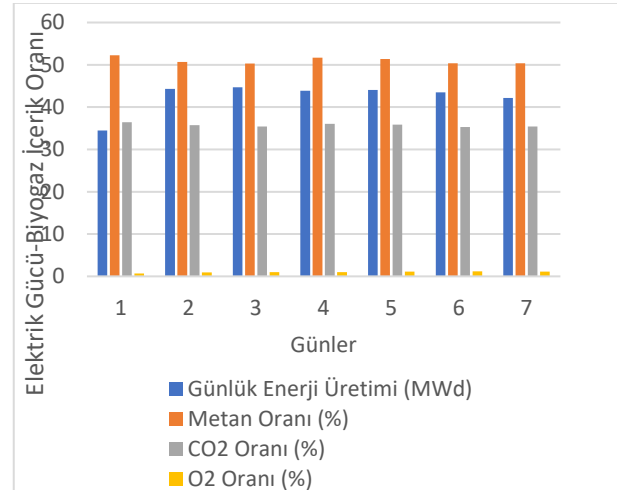
Batman Katı Atık Tesisindeki düzensiz depolama sahasından saatlik periyotlarla emilen biyogazın metan gazı içeriği oranı ve bu gazdan elde edilen elektrik enerjisi miktarı ölçülerek veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen ham veriler, günlük ortalamalara dönüştürülerek daha kapsamlı bir analiz imkânı sağlanmıştır. Metan gazı oranı ve elektrik enerjisi üretimi arasındaki ilişki, grafiksel yöntemlerle görselleştirilerek detaylı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan analizler, düzensiz depolama sahasından elde edilen biyogazın metan içeriğinin %48 ile %52 arasında değiştiğini göstermiştir. Bu sonuç, sahadaki organik maddelerin ayrışma hızları ve biyogaz oluşum koşulları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Katı atık tesisinde gerçekleştirilen detaylı analizler, metan içeriği üzerinde sıcaklık değişimlerinin ihmal edilebilir bir etkisi olduğunu ve asıl belirleyici faktörün, tesise giren katı atıkların kompozisyonu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Batman katı atık tesisi için yapılan ileri projeksiyonlarda gösterilen farklı biyokütle türleri ve işlem koşulları altındaki pilot çalışmaların ölçeklendirme öncesi verilerinde belirtilen, metan gazı oranının %85'e çıkarılması, kompleks bir sistemin optimize edilmesini gerektirmektedir [14].



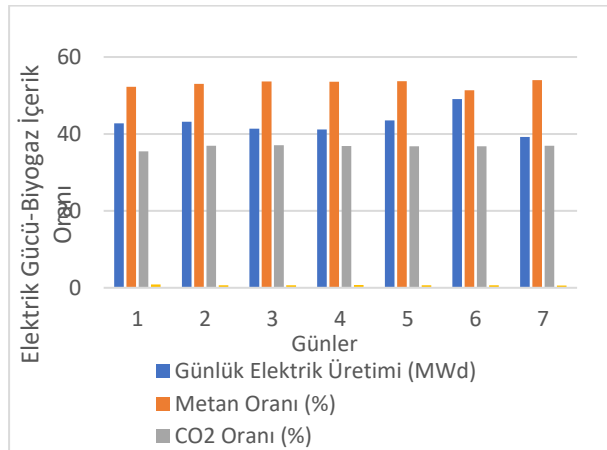
Şekil 9 Şubat 1. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



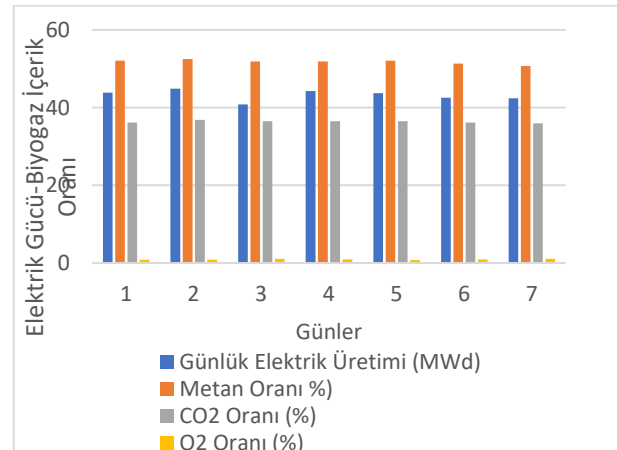
Şekil 10 Şubat 2. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



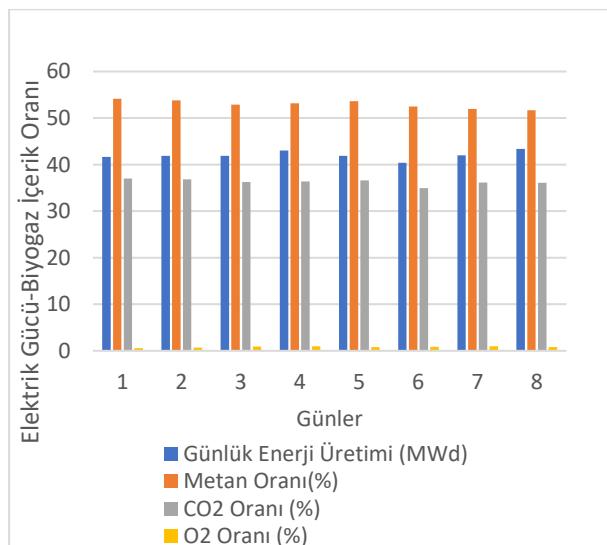
Şekil 13 Mart 1. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



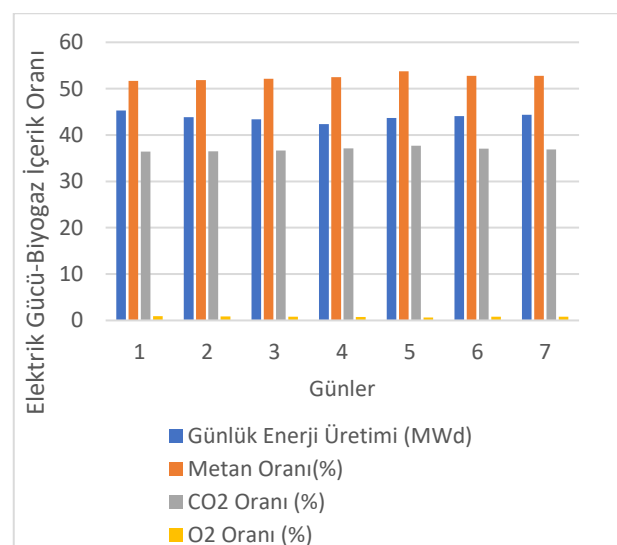
Şekil 11 Şubat 3. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



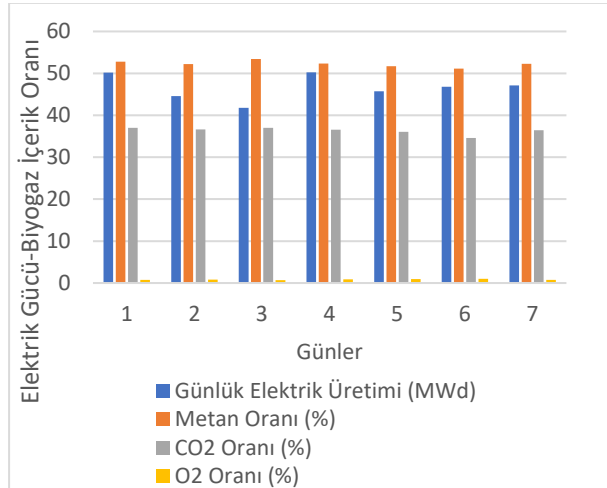
Şekil 14 Mart 2. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



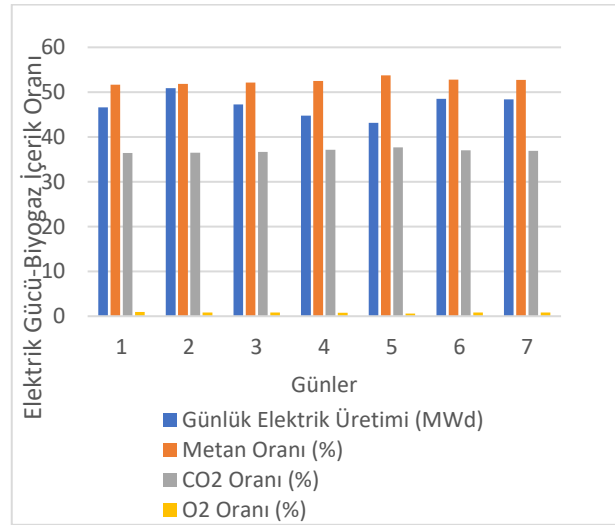
Şekil 12 Şubat 4. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



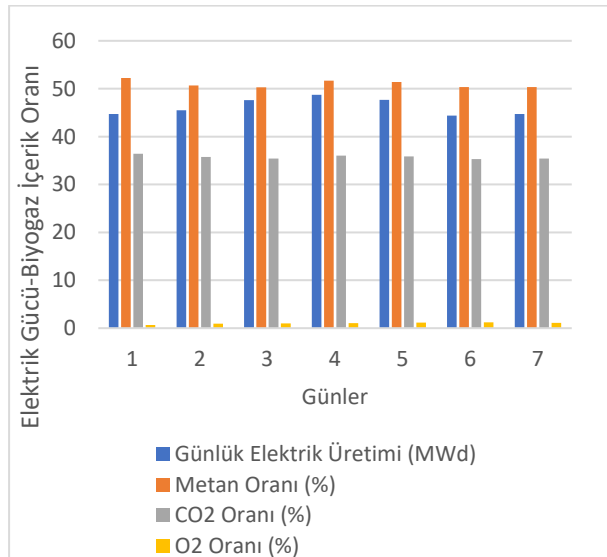
Şekil 15 Mart 3. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



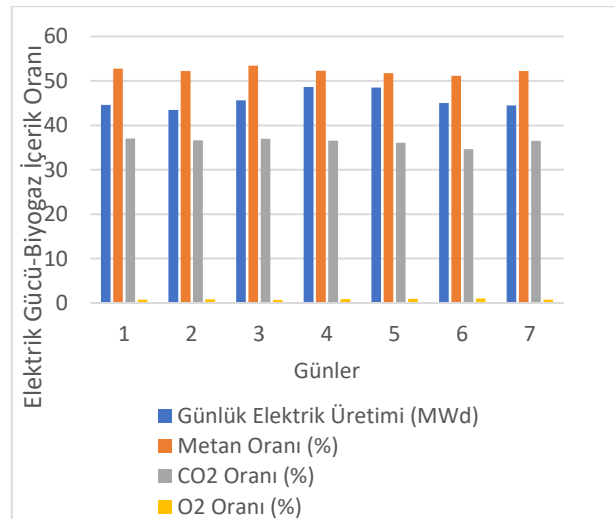
Şekil 16 Mart 4. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



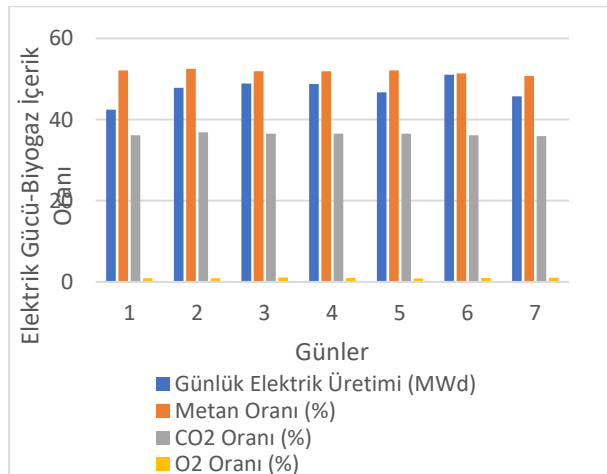
Şekil 19 Nisan 3. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



Şekil 17 Nisan 1. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



Şekil 20 Nisan 4. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki



Şekil 18 Nisan 2. Hafta-Üretilen Biyogaz İçerik Oranı ile Enerji Üretimi Arasındaki İlişki

Tablo 9 Şubat ayı haftalık metan gazı ortalama değerleri

Hafta	Metan Gazı Oranı Ortalama Değerleri
1	48,95
2	50,99
3	51,25
4	51,44

Tablo 10 Mart ayı haftalık metan gazı ortalama değerleri

Hafta	Metan Gazı Oranı Ortalama Değerleri
1	51,02
2	51,26
3	51,45
4	51,62

Tablo 11 Nisan ayı haftalık metan gazı ortalama değerleri

Hafta	Metan Gazı Oranı Ortalama Değerleri
1	51,68
2	51,85
3	52,45
4	53,08

Biyogaz üretimi, organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucu meydana gelen metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) içeren bir gaz karışımıdır. Bu süreçte sıcaklık, biyogaz üretim hızını ve verimliliğini önemli ölçüde etkileyen kritik bir faktördür.

Biyogaz üretimi için en uygun sıcaklık aralığı genellikle 30-40°C (mezofilik koşullar) olarak kabul edilir. Bu aralıkta mikroorganizmaların aktivitesi ve metabolik süreçleri en üst düzeydedir. Daha düşük sıcaklıklarda (psikrofilik koşullar) mikrobiyal aktivite yavaşlar ve biyogaz üretimi azalır. Yüksek sıcaklıklarda (termofilik koşullar) ise bazı mikroorganizmaların aktivitesi inhibe olabilir ve biyogaz üretimi yine düşebilir.

Sonuç olarak tablo 9-11'de sunulan verilerin analizi sonucunda, dış ortam sıcaklığının aylık periyotta yükselmesiyle birlikte biyogazdaki metan içeriği oranının da arttığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada Batman katı atık tesisinde biyogazdan enerji üretimi sürecinin verimliliğinin artırılması amacıyla düzensiz depolama alanlarından elde edilen metan gazı oranının elektrik enerjisi üretimine etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, tesisin biyogaz üretiminin metan içeriğinin %48 ile %52 arasında değiştiğini, katı atık tesisinde gerçekleştirilen detaylı analizler, metan içeriği üzerinde sıcaklık değişimlerinin ihmal edilebilir bir etkisi olduğunu ve asıl belirleyici faktörün, tesise giren katı atıkların kompozisyonu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Katı atık tesisine ait fizibilite raporunda yer alan analizler, düzenli depolama sahası, mekanik ayrıştırma ünitesi, biyometanizasyon tesisi gibi çeşitli proseslerin ve katı atık konfigürasyonunun yeniden düzenlenmesiyle biyogazdaki metan oranının %85 seviyesine yükseltilebileceğini göstermektedir.

Elde edilen bu sonuçlar ışığında düzensiz depolama sahasından elde edilen biyogazın enerji üretimi için kullanılabilme potansiyeli hakkında daha detaylı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, biyogazın metan içeriğini artırmak için tesisin tüm proselerinin faaliyete geçirilmesi ile (düzenli depolama, biyometanizasyon ünitesi ve mekanik ayrıştırma ünitesi vb.) enerji verimliliği optimize edilebilir.

Bu çalışmada Şubat, Mart ve Nisan aylarındaki biyogazdaki metan oranı içeriği sırasıyla %50,65, %51,33 ve %52,26 olarak tespit edilmiştir. Metan oranındaki bu değişimin dış ortam sıcaklığıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir

Çevresel sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirildiğinde, bu çalışma metanın güçlü bir sera gazı olması ve düzensiz depolama sahalarından kaynaklanan metan emisyonlarının küresel ısınmayı şiddetlendirdiği gerçeğini vurgulamaktadır. Biyogazın enerji üretimi için kullanılması, metan potansiyelini atmosfere salınmadan önce değerlendirerek sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli bir katkı sağlar. Bu yaklaşım, sürdürülebilir enerji üretimi ve iklim değişikliğiyle mücadele arasındaki sinerjiyi ortaya koymaktadır.

Düzensiz depolama sahalarının düzenlenmesi ve katı atık tesislerinin tüm proseslerinin faaliyete geçirilmesi ve biyogaz üretimi için kullanılması, atık yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesine katkı sağlar. Bu sayede çevre kirliliği azalır ve doğal kaynakların daha verimli kullanımı sağlanır.

Biyogazdan elde edilen enerji, fosil yakıtların kullanımını azaltarak enerji çeşitliliğini artırır ve enerji güvenliğini güçlendirir. Batman katı atık tesisinde gerçekleştirilen bu çalışma, biyogazdan enerji üretimi sürecinde metan içeriğinin optimize edilmesiyle enerji verimliliğinin artırılabilirliğini göstermesi açısından önemli bir katkı sunmaktadır.

Çalışmanın bulguları hem enerji sektörü hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkate değer sonuçlar ortaya koymuştur.

Çalışma, biyogazın metan içeriğinin artırılmasıyla enerji üretim kapasitesinin önemli ölçüde artırılabilirliğini deneysel olarak göstermiştir. Biyogazın enerji üretimi için kullanılmasının sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır. Biyogaz üretiminin tüm aşamalarında iyileştirme yapılabileceği ve böylece enerji verimliliğinin artırılabilirliği belirtilmiştir.

Biyogazdan enerji üretimi sürecinin ekonomik sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kapsamlı bir maliyet-fayda analizi yapılması gerekmektedir. Bu analizde, yatırım maliyetleri, işletme giderleri, enerji satış gelirleri ve çevresel faydaların parasal değeri gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

Elde edilen bulguların daha geniş ölçekte doğrulanması için farklı bölgelerde ve farklı atık tiplerine sahip tesislerde pilot çalışmalar yapılması önerilir. Bu çalışmalar, farklı koşullarda biyogaz üretiminin verimliliğini ve ekonomikliğini değerlendirmeye olanak sağlayacaktır. Biyogaz üretim sürecindeki farklı parametrelerin (sıcaklık, pH, besleme hızı vb.) etkilerini analiz etmek ve optimum çalışma koşullarını belirlemek için yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinden yararlanılabilir. Bu sayede, biyogaz üretimi daha verimli ve otomatik hale getirilebilir. Biyogazın sadece enerji üretimi için değil, aynı zamanda biyometan, biyo-plastik veya diğer yüksek katma değerli ürünlerin üretimi için de kullanılması potansiyeli araştırılmalıdır. Bu sayede, biyogazın ekonomik değeri artırılabilir ve sürdürülebilir bir biyoekonomiye katkı sağlanabilir.

Biyogazdan enerji üretimi yatırımlarını teşvik etmek için uygun politikalar ve destek mekanizmaları geliştirilmesi gerekmektedir. Vergi teşvikleri, kredi garantisi, yeşil

sertifikalar gibi araçlar, yatırımcıları bu alana çekmek için önemli bir rol oynayabilir.

Biyogazın önemi ve çevresel faydaları hakkında toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, eğitim programları, seminerler ve basın yayın organları aracılığıyla bilgilendirme çalışmaları yapılması önemlidir.

Bu çalışma, biyogazın enerji üretimi potansiyelini ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemini vurgulayarak alanda önemli bir katkı sağlamıştır. Ancak, biyogaz teknolojileri ve uygulamalarıyla ilgili daha derinlemesine incelenmesi gereken birçok konu bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen öneriler doğrultusunda gerçekleştirilecek araştırmalar, biyogazın sürdürülebilir enerji üretimi için daha etkin bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma sonuçları, düzensiz depolama sahalarından elde edilen biyogazın enerji potansiyelinin, metan içeriği ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Tesis süreçlerine yönelik önerilen iyileştirmelerle biyogazdaki metan oranı artırılarak enerji verimliliği önemli ölçüde yükseltilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] C. İlkılıç ve H. Deviren, «Biyogazın Oluşumu ve Biyogazı Saflaştırma Yöntemleri,» %1 içinde *In 6 th International Advanced Technologies Symposium*, Elazığ, 2011.
- [2] 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.
- [3] A. Yılmaz ve Y. Bozkurt, «Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği,» *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 15, no. 1, pp. 11-28, 01 Mart 2010.
- [4] A. Yılmaz ve Y. Bozkurt, «Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları Ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği,» *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 15, no. 1, pp. 11 - 28, 01 Mart 2010.
- [5] G. Gökçe ve . P. Hasanoğlu, «Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarının ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı ve Bitkilendirilmesi,» *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, cilt 3, no. 1, pp. 258 - 271, 15 Ocak 2015.
- [6] 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.
- [7] G. Salihoğlu, Z. Poroy ve N. K. Salihoğlu, «Kentsel atık yönetiminde yaşam döngüsü değerlendirmesi: Bursa analizi,» *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 25, no. 6, pp. 692-699, 10 10 2018.
- [8] Harita Genel Müdürlüğü, «HGM-Atlas,» Ankara, 2024.
- [9] 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.
- [10] M. Şen ve K. Kestioğlu, «Kırsal Belediyelerde Evsel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği,» *Ekoloji Dergisi*, cilt 16, no. 65, 2007.
- [11] Aile ve Tüketici Hizmetleri, «Katı Atıklar,» Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2011.
- [12] H. Evin ve B. Demiral, «Malatya'da katı atık yönetimi: kentleşmenin yerel çevre politikaları üzerine etkisi,» *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, cilt 7, no. 2, pp. 277-295, Haziran 2018.
- [13] S. Öztürk, «Sentez Gazı Yanması ve Çevre Kirleticiler,» *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt 34, no. 1, pp. 129-138, 31 03 2019.
- [14] ÇED ve İzin Şube Müdürlüğü, «Batman İli 2019 yılı Çevre Durum Raporu,» Batman Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Batman, 2020.