

Araştırma Makalesi (Research Article)

Düzce İli Belediye Atıklarının Yenilikçi Bir Yaklaşım ile Yönetilmesinin Sera Gazı Salımının Azaltılmasına Etkisi

 **Gül Eroğlu Bulut^{a,*}**,  **Özgür Doğan^b**

^aDüzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye.

^bTÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli, Türkiye.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): guleroglubulut@duzce.edu.tr

Makale Bilgileri (Article Info):

Geliş (Received): 18/11/2024, Revizyon (Revision): 31/03/2025, Kabul (Accepted): 22/04/2025.

DOI: 10.70081/duted.1587184

ÖZET

Günümüzde artan enerji ihtiyacı nedeniyle ülkeler, bu talebi karşılamak için farklı kaynaklardan yararlanmaktadır. Farklı enerji kaynaklarından biri de biyobozunur atıklardan elde edilen enerjidir. Biyobozunur atıklar ev ve işyerlerinden toplanarak çöp alanlarına taşınan atıkların %50-60 oluşturmaktadır. Bu çalışmada 2025-2035 yılları arasında Düzce ili nüfus projeksiyon değerleri belirlenmiş, kişi başı atık üretim miktarı tespit edilmiş ve gelecekte üretilecek atık miktarı hesaplanmıştır. Bu yıllar içerisinde oluşacak katı atık içeriğinde bulunan biyobozunur atıklardan potansiyel biyogaz oluşum miktarı belirlenmiş ve buna göre enerji değeri hesaplanmıştır. En son olarak da biyobozunur yapıdaki atıklardan elde edilen elektrik üretimi analizi yapılmıştır. Düzce ilindeki evsel atıkların bir biyogaz tesisinde değerlendirilmesi ile 2025 yılında biyobozunur atıklar kullanılarak 3,4 MWh'lık elektrik üretimi gerçekleştirilecek 2035 yılında bu yaklaşık olarak 1,5 kat artarak 5,3 MW ulaşacaktır. 2035 yılında Düzce ilinde oluşması beklenen 170685 ton/yıl biyobozunur atıktan elde edilecek biyogazın elektrik enerji üretiminde kullanılması durumunda 20,07 Mton CO₂ eşdeğer sera gazı salımında azalma sağlanabileceği tespit edilmiştir. Belediye atıklarından evsel organik atıklarının ayrıştırılıp sıfır atık uygulamasına göre yönetilmesi, döngüsel ekonomi kavramına uygunluk ve iklim değişikliği uyum ve azaltım politikasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Atık, Biyobozunur, Biyogaz, Düzce.

The Effect on Greenhouse Gas Emission Mitigation by Innovative Municipal Solid Waste Management in Düzce Province

ABSTRACT

Due to the increasing energy demand today, countries benefit from different energy sources to meet their energy demands. One of the different energy sources is the energy obtained from biodegradable waste. Biodegradable waste constitutes 50-60% of the waste collected from homes and workplaces and transported to landfills. In this study, the population projection values of Düzce province between 2025 and 2035 were determined, the amount of waste production per capita was determined and the amount of waste to be produced in the future was calculated. The potential amount of biogas formation from biodegradable waste in the solid waste content to be generated during these years has been determined and the energy value has been calculated. Finally, electricity production obtained from biodegradable waste was analyzed. By utilizing domestic wastes in a biogas facility in Düzce province, 3.4 MWh of

electricity will be produced using biodegradable wastes in 2025. In 2035, this will increase approximately 1.5 times and reach 5,3 MW. It has been determined that a reduction in greenhouse gas emissions of 20.07 Mton CO₂ equivalent can be achieved if the biogas obtained from 170685 tons/year of biodegradable waste expected to be generated in Düzce Province in 2035 is used in electrical energy production. Segregation of domestic organic waste from municipal waste and managing it according to zero waste application will contribute to the concept of circular economy and climate change mitigation and adaptation policy.

Keywords: *Biodegradable waste, Biogas, Düzce, Waste.*

I. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ile birlikte üretim ihtiyacı da artış göstermektedir ve dolayısıyla üretim-tüketim alışkanlıkları farklılaşmaktadır. Bununla birlikte özellikle kentlerde üretilen katı atık miktarlarında artış gözlenmektedir. 1970’li yıllardan itibaren atıkların düzensiz (vahşi) depolanması sorun oluşturmaya başlamıştır ve gelişmiş ülkelerde düzenli depolama yaygınlaşmıştır. Sonrasında ise yakma, gazlaştırma ve kompostlaştırma gibi alternatif atık bertaraf teknolojileri gelişmeye başlamıştır (Gültekin, 2021).

Teknolojik gelişmeler ve dünya nüfusundaki artış gibi sebeplerle dünyada enerjiye olan talep artmaktadır. Kentsel atıkların organik kısmından elde edilebilecek enerji hem yenilenebilir enerji uygulaması olup hem de karbondioksit ve metan emisyonlarını azaltmaya fayda sağlamaktadır. Kentsel atıklardan sağlanan enerji, bölgesel enerji ihtiyacını karşılamaya katkı sağlayacaktır (Kankılıç ve Topal, 2015).

Bu çalışma Düzce ili belediye atığı yönetimi için 2025-2035 yılları arası nüfus verileri ve atık miktarının projeksiyonu ve evsel katı atıkların biyobozunur yapıdaki kısımlarının değerlendirilmesi üzerine incelemeleri içermektedir.

Düzce ili iki metropol il (Ankara ve İstanbul) arasında batıda Sakarya, güney ve güney doğudan Bolu ve kuzeydoğudan Zonguldak illeri ile çevrilidir. 1999 yılına kadar Bolu iline bağlı bir ilçe iken 1999 yılı depremden sonra il olmuştur. Düzce ili yüzölçümü 2 574 km² olup rakımı 160 m’dir. Kuzey Karadeniz’de 22 km kıyı şeridinde sahiptir.

Düzce Türkiye Cumhuriyeti’nin Karadeniz Bölgesi’nin batı Karadeniz Bölümü’nde yer alan ilidir. 2023 yılı Düzce ili nüfusu 409865’dir. 2023 yılı sonu nüfus verilerine göre % 69,75 i şehirlerde yaşamaktadır. Düzce ili merkez ilçeyle beraber 8 İlçe, 10 belediye, bu belediyelerde 115 mahalle ve ayrıca 278 köy vardır.

Bu çalışmada Düzce ili merkez ve 8 ilçeye ait belediyelerin atık projeksiyonu ve atıklarından elektrik enerjisi ve ısı enerjisinin 2025-2035 yılları arasındaki projeksiyonu belirlenmiş olup, özellikle ülkemizin enerji üretimi konusunda dışa bağımlılığı azaltma konusunda belediye atıklarının gerek elektrik gerekse enerji ihtiyaçlarının karşılanması konusunda önem arz ettiği hususunun bilinci ile belediye atıklarından evsel organik atıklarının ayrıştırılıp sıfır atık uygulamasına göre yönetilmesi ve bunun sonucunda sağlanacak sera gazı azaltım potansiyeli hesaplanmıştır.

II. MATERYAL METOT

A. Nüfus Projeksiyonu

Düzce ili 2025-2035 yılları nüfus projeksiyonu hesapları, TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçları, 2023 verilerine göre (TÜİK, 2024) yıllık nüfus artış hızı alınarak hesaplanmıştır. Nüfus artışı Düzce ili merkez ve ilçelere göre farklılık göstermektedir. Yıllık ortalama nüfus artış hızına göre Düzce ili merkez ve ilçelerde 2025-2035 yılları arasında nüfus artışı olması beklenirken Çilimli ilçesinde yıllık ortalama artış hızı negatif olarak -0,0284443 değer göstererek yıllara göre nüfus değerinde azalma olması beklenmektedir. En yüksek artış oranı ise Yığılca ilçesinde yıllık ortalama artış hızı 0,0716101’dir.

B. Kişi Başı Atık Oluşum Projeksiyonu

Belediyeler tarafından ya da belediyeler adına toplanan atıklar belediye atıklarını temsil etmektedir. Belediye atığının büyük çoğunluğu evsel atıklardan oluşmaktadır. Ancak ticaretten, ofis binalarından, kurumlardan ve küçük işletmelerden alınan atıklar da toplam belediye atığına dahil edilmektedir. Her sene kişi başı ortalama belediye atık miktarı artış hızı Türkiye'nin ekonomik büyüme hızı baz alınarak 1,03 alınmıştır ve 2025-2035 yılları arasındaki kişi başı oluşan atık miktarı projeksiyonu hesaplanmıştır (Tablo 2).

C. Toplan Atık Oluşum Miktarı Projeksiyonu

Düzce ili Merkez ve ilçeleri için hesaplanan 2025-2035 yılları arası nüfus değerleri ve hesaplanan kişi başına düşen atık miktarı değerleri kullanılarak Düzce ili Merkez ve ilçeleri 2025-2035 yılları arası toplam belediye atık oluşum miktarları hesaplanmıştır (Tablo3).

D. Düzce İli Belediye Atığı Bileşenleri

Düzce ilinde oluşan belediye atığı içeriğine ait yüzdesel atı atık dağılımı bilgileri "Düzce İli Katı Atık Yönetim Planı" için yapılan çalışmalardan faydalanılmıştır. Belediye atığı içeriğinin yüzdesel dağılımı Tablo 1'de yer almaktadır (TÜBİTAK MAM, 2017).

Tablo 1. Belediye Atıklarının Bileşenleri ve Yüzdesel Değerleri (TÜBİTAK MAM, 2017).

Atıkların Bileşenleri	Yüzdesel Dağılımı, %
Kağıt-Karton	15,26
Cam	4,67
Plastikler	8,05
Metaller	3,02
Mutfak Atıkları	29,79
Tehlikeli Atıklar	1,02
Park-Bahçe Atıkları	0,45
Diğer	37,74

Atıklar biyobozunur atık, geri kazanılabilir atık ve diğer (inert) atıklar olarak 3 ayrı başlığa ayrılmaktadır. Biyobozunur atıklar, mikroorganizmalar tarafından biyolojik süreçlerle ayrıştırılabilen atıkları kapsamaktadır. Geri kazanılabilir atıklar ise, ambalaj atıkları ve enerji geri kazanımında kullanılan atıklardan oluşmaktadır. Kağıt atıkların %40'ının biyobozunur atık kompozisyonuna ekleneceği ancak %60'lık kısmın geri kazanılabileceği düşünülmüştür (TÜBİTAK MAM 2017). Buna göre biyobozunur atık bileşenleri belirlenmiş olup, Tablo 2'de yüzdesel dağılımları verilmektedir.

Tablo 2. Biyobozunur Atıkların Bileşenleri ve Yüzdesel Değerleri (TÜBİTAK MAM, 2017).

Biyobozunur Atık Bileşenleri	Yüzdesel Dağılımı, %
Kağıt-Karton	7,19
Mutfak Atıkları	29,79
Park-Bahçe Atıkları	0,45
TOPLAM	34,84

E. Düzce İli Biyobozunur Atık Miktarının Belirlenmesi

Düzce ilinde 2025-2035 yılları arasında oluşması beklenen biyobozunur atık miktarı, aynı yıllar arasında oluşması beklenen toplam belediye atığı miktarı ve %34,84 olarak belirlenmiş olan biyobozunur atık içerik yüzde dağılım oranı kullanılarak hesaplanmıştır.

F. Biyogaz Oluşum Miktarının ve Elektrik Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi

Düzce ilinde 2025-2035 yılları arasında oluşması beklenen biyobozunur atıkların biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi sonucunda elde edilebilecek biyogaz ve metan gazı miktarı elektrik enerjisi ve ısı enerjisi miktarının belirlenmesi, oluşması beklenen katı atık miktarı projeksiyonu ve belediye atığının içerisinde bulunan biyobozunur atık dağılımına göre hesaplanmıştır. Üretilen biyogaz miktarının hesaplanmasında biyogaz oluşum miktarı 137,5 Nm³/ton biyobozunur atık olarak alınmıştır. Biyogazın

metan içeriği ortalama %50 ve metanın ısı gücü de 9,9 kWh/Nm³ olarak kabul edilmiştir. Elde edilen gazın bir biyogaz tesisinde yakılarak ısı ve enerjiye dönüştürüleceği varsayılmıştır. Elde edilen toplam enerjinin biyogaz tesislerindeki enerji ve ısı verimleri dikkate alınarak yaklaşık olarak %40'ının elektrik enerjisine, %50'sinin ısı enerjisine dönüşeceği, %10 da kaçak olacağı kabul edilmiştir (Çelik, 2019).

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Düzce ili 2025-2035 yılları nüfus projeksiyonu sonuçlarına göre ilçeler bazında yıllık nüfus artış hızlarının farklı olması sebebiyle nüfus artışı Düzce ili merkez ve ilçelere göre farklılık göstermektedir. Buna göre Düzce ili merkez nüfusu 2035 yılında 272350 kişiye ulaşacağı beklenirken, il genelinde toplam nüfusun 484237 kişi olacağı öngörülmektedir (Tablo3).

Tablo 3. Düzce ili ilçelerinin 2025-2035 yılları arası nüfus verileri.

İlçe	Yıllık Ortalama Artış Hızı	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Düzce Merkez	0,0040269	260572	261621	262675	263733	264795	265861	266932	268007	269086	270169	271257	272350
Akçakoca	0,0328825	42723	44128	45579	47078	48626	50225	51876	53582	55344	57164	59044	60985
Cumayeri	0,0560441	16993	17945	18951	20013	21135	22319	23570	24891	26286	27759	29315	30958
Çilimli	-0,0284443	18554	18026	17513	17015	16531	16061	15604	15160	14729	14310	13903	13508
Gölyaka	0,0197530	21376	21798	22229	22668	23116	23572	24038	24513	24997	25491	25994	26508
Gümüşova	0,0207986	17556	17921	18294	18674	19062	19459	19864	20277	20698	21129	21568	22017
Kaynaşlı	0,0111847	20910	21144	21381	21620	21862	22106	22353	22603	22856	23112	23370	23632
Yığılca	0,0716101	16018	17166	18395	19712	21124	22636	24257	25994	27856	29850	31988	34279

Her sene kişi başı ortalama belediye atık miktarı artış hızı Türkiye'nin ekonomik büyüme hızı dikkate alınmış ve 2025-2035 yılları arasındaki kişi başı oluşan atık miktarı projeksiyonu hesaplanarak Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre 2035 yılında Düzce ilinde oluşması beklenen kişi başı atık miktarı 2,77 kg olarak belirlenmiştir.

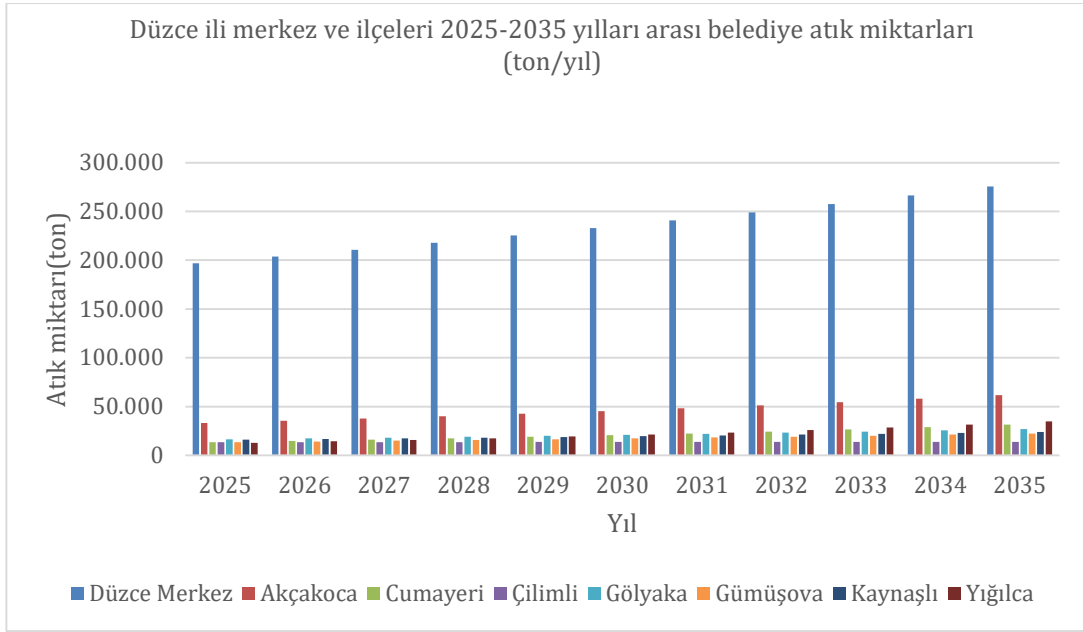
Tablo 4. Düzce ilinin 2025-2035 yılları arası kişi başına düşen atık miktarı (Kg/Kişi-Gün).

İl Kodu	İl	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
81	Düzce	2,002	2,063	2,124	2,188	2,254	2,321	2,391	2,463	2,537	2,613	2,691	2,772

2025-2035 yılları arasında oluşması beklenen atık miktarlarına bakıldığında ise en yüksek belediye atığı artışının nüfus artışıyla bağlantılı olarak Yığılca ve Cumayeri ilçelerinde olacağı (2 katından fazla) hesaplanmıştır. Çilimli ilçesinde nüfus artışının olmayacağı öngörüldüğü için belediye atığında da bir artış olmayacağı hesaplanmıştır (Tablo5). Şekil 1'de Düzce ili merkez ve ilçeleri 2025-2035 yılları belediye atık miktarları grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 5. Düzce ili merkez ve ilçeleri 2025-2035 yılları arası belediye atık miktarları (ton/yıl).

İlçe	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Düzce Merkez	190449	196953	203678	210633	217826	225264	232957	240911	249138	257646	266444	275542
Akçakoca	31226	33220	35342	37599	40001	42555	45273	48165	51241	54514	57996	61700
Cumayeri	12420	13509	14695	15984	17386	18911	20570	22374	24337	26472	28794	31320
Çilimli	13561	13570	13580	13589	13599	13608	13618	13628	13637	13647	13656	13666
Gölyaka	15624	16410	17236	18104	19016	19973	20978	22035	23144	24309	25533	26818
Gümüşova	12831	13491	14185	14914	15681	16488	17335	18227	19164	20150	21186	22275
Kaynaşlı	15283	15918	16579	17267	17984	18731	19508	20318	21162	22040	22956	23909
Yığılca	11708	12922	14263	15743	17377	19180	21170	23366	25791	28467	31420	34681



Şekil 1. Düzce ili merkez ve ilçeleri 2025-2035 yılları arası belediye atık miktarları (ton/yıl).

Düzce ilinde 2035 yılında oluşması beklenen toplam belediye atığı miktarı 489911 ton/yıl olarak belirlenmiş olup, biyobozunur atık miktarı ise 170685 ton/yıl olarak oluşacağı hesaplanmıştır (Tablo6).

Tablo 6. Düzce ili 2025-2035 yılları biyobozunur evsel katı atık miktarı.

Yıl	Toplam Atık Miktarı	Biyobozunur Atık Yüzdesi (%)	Biyobozunur Atık (ton/yıl)	Biyobozunur Atık (ton/gün)
2025	315994	34,84%	110092	302
2026	329557	34,84%	114818	315
2027	343834	34,84%	119792	328
2028	358868	34,84%	125030	343
2029	374710	34,84%	130549	358
2030	391410	34,84%	136367	374
2031	409024	34,84%	142504	390
2032	427614	34,84%	148981	408
2033	447244	34,84%	155820	427
2034	467985	34,84%	163046	447
2035	489911	34,84%	170685	468

Tablo 7' de belirtildiği üzere, biyometanizasyon tesisinde geri kazanılma potansiyeli bulunan biyobozunur atık miktarı 2035 yılında 170685 ton/yıl ile maksimum değerine ulaşması beklenmektedir. Biyobozunur atıkların biyometanizasyon tesisinde parçalanması sonucu oluşan biyogazın kojeneratif enerji tesisinde yakılmasıyla elde edilen elektrik enerjisinin 2025 yılında yaklaşık 3,42 MW/saat, 2035 yılında ise yaklaşık 5,3 MW/saat elektrik enerjisi elde edilmesi beklenmektedir. Kojeneratif enerji santralinde oluşacak ısı enerjisinin, düzenli depolama tesisine en yakın uzaklıkta bulunan yerleşim yerinin ısıtılması amacıyla veya seracılıkta kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tablo 7. Biyometanizasyon tesisinde oluşan ürünlerin miktarı.

Yıl	Biyobozunur Atık Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Miktarı (Nm ³ /yıl)	Metan Gazı Miktarı (Nm ³ /yıl)	Metan Gazı Miktarı (Nm ³ /saat)	Toplam enerji (kWh)	Elektrik enerjisi %40 (kWh)	Isı enerjisi %50 (kWh)
2025	110092	15137686	7568843	864	8554	3422	4277
2026	114818	15787447	7893723	901	8921	3568	4460
2027	119792	16471362	8235681	940	9307	3723	4654
2028	125030	17191595	8595797	981	9714	3886	4857
2029	130549	17950466	8975233	1 025	10143	4057	5072
2030	136367	18750475	9375237	1 070	10595	4238	5298
2031	142504	19594307	9797153	1 118	11072	4429	5536
2032	148981	20484855	10242427	1 169	11575	4630	5788
2033	155820	21425235	10712617	1 223	12107	4843	6053
2034	163046	22418805	11209402	1 280	12668	5067	6334
2035	170685	23469186	11734593	1 340	13262	5305	6631

Toplam sera gazı emisyonlarında 2022 yılında CO₂ eşdeğer olarak en büyük payı %71,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %12,8 ile tarım, %12,5 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %2,9 ile atık sektörü takip etti. Enerji sektörü emisyonları 2022 yılında, 1990 yılına göre %179,8 artmakla beraber bir önceki yıla göre %1,4 azalarak 400,6 Mton CO₂ eşdeğer olarak hesaplanmıştır (TUİK, 2024). Enerji sektörü kaynaklı Türkiye ortalaması kişi başı CO₂ eşdeğer oluşum miktarı 4,7 ton CO₂ eşdeğer/kişi olarak belirlenmiştir.

Düzce ilinde biyobozunur atıkların çevre dostu biyolojik proses kullanılarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılması neticesinde 2035 yılında 13262 kWh elektrik enerjisi üretim potansiyeli bulunduğu saptanmıştır. Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonu 0,439 ton CO₂ eşdeğer/kWh (ETKB, 2024) olarak, biyobozunur atıklardan biyolojik yöntem ile elde edilecek olan biyogazın kullanılması durumunda ise 54,6 ton CO₂ eşdeğer/TJ (ÇŞİDB,2017) sera gazı emisyonu oluşmaktadır. Bu durumda 2035 yılı için, 170685 ton/yıl biyobozunur atıktan elde edilecek biyogazın 45835200 kWh/yıl elektrik üretimi için kullanılmasından 0,023 Mton CO₂ eşdeğer sera gazı oluşması beklenirken, şebekeden alınacak aynı miktar elektrik üretimi için hesaplanan sera gazı emisyonu 20,1 Mton CO₂ eşdeğer olarak tespit edilmektedir.

IV. SONUÇLAR

Düzce ili merkez ve 8 ilçeye ait belediyelerin atık projeksiyonu ve atıklarından elektrik enerjisi ve ısı enerjisinin 2025-2035 yılları arasındaki projeksiyon gösterilmiştir. Özellikle ülkemizin enerji üretimi konusunda dışa bağımlılığı azaltma konusunda belediye atıklarının gerek elektrik gerekse enerji ihtiyaçlarının karşılanması konusunda önem arz etmektedir. Bu sebeple belediye atıklarından evsel organik atıklarının ayrıştırılıp enerji ve kompost elde edilmesinde kullanılması, kâğıt ambalaj, plastik, cam ve metallerin ekonomiye kazandırılacak şekilde sıfır atık uygulamasına göre yönetilmesi nihai depolama ve bertaraf maliyetlerini düşürecek olup, döngüsel ekonomi kavramına uygunluk sağlamış olacaktır. Yenilikçi yaklaşım olarak biyobozunur atıkların bir biyogaz tesisi ile biyogaz ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılması durumunda 2025 yılında 3,4 MWh'lık elektrik üretimi gerçekleştirilebilecek olup, bu değer 2035 yılında yaklaşık olarak 1,5 kat artarak 5,3 MW ulaşabilecektir. 2035 yılında Düzce ilinde oluşması beklenen 170685 ton/yıl biyobozunur atıktan elde edilecek biyogazın elektrik enerji üretiminde kullanılması durumunda 20,07 Mton CO₂ eşdeğer sera gazı salımında azalma sağlanabileceği tespit edilmiştir.

BEYANLAR

Teşekkürler: Yazar/Yazarların herhangi bir kişi ve/veya kuruma teşekkürü bulunmamaktadır.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, Ö.D. ve G.E.B.; metodoloji Ö.D. ve G.E.B.; doğrulama, Ö.D. ve G.E.B.; araştırma, Ö.D. ve G.E.B.; kaynaklar, Ö.D. ve G.E.B.; veri düzenleme, Ö.D. ve G.E.B.; yazma-orijinal taslak hazırlama, Ö.D. ve G.E.B.; yazma-inceleme ve düzenleme, Ö.D. ve G.E.B.; denetim, Ö.D. ve G.E.B.. Tüm yazarlar, makalenin yayınlanmış versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Çıkar Çatışması Açıklaması: Yazar/Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Telif Hakkı Beyanı: Yazar/Yazarlar, dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptir ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayınlanmaktadır.

Destekleyen/Destekleyen Kuruluşlar: Bu araştırma herhangi bir dış fon almamıştır.

Etik Onay ve Katılımcı Onayı: Bu makale insan veya hayvan denekleriyle ilgili herhangi bir çalışma içermemektedir. Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulmuş ve yararlanılan tüm çalışmalar kaynakçada verilmiştir.

İntihal Beyanı: Bu makale intihal programıyla taranmıştır. İntihal tespit edilmemiştir.

Veri ve Materyallerin Kullanılabilirliği: Veri paylaşımı geçerli değildir.

YZ Araçlarının Kullanımı: Yazar/Yazarlar, bu makalenin oluşturulmasında Yapay Zeka (YZ) araçlarını kullanmadığını beyan etmektedir.

KAYNAKLAR

- Çelik, S. (2019). Kütahya ili evsel biyobozunur atıkların biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans tezi. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.
- ÇŞİDB, (2017). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İklim Değişikliği Başkanlığı sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ Biyokütle ile İlgili Hususlara İlişkin Rehber
- ETKB, (2024). Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri Bilgi Formu, Etkb-Evçed-Frm-042 Rev.01, 12.03.2024
- Gültekin, U. (2021). Balıkesir büyükşehir belediyesi evsel atıklarının projeksiyonu ve biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.
- Kankılıç, T., ve Topal, H. (2015). Belediye atıklarından düzenli depolama sahalarında biyogaz ve enerji üretimi. *Mühendis ve Makine*, 56(669), 58-69.
- TÜBİTAK MAM (2017). Ö. Doğan, vd. Katı atık planı ve il atık yönetim planlarının hazırlanması 5158801 Düzce ili atık yönetim planı. 20.06.2017 Gebze, Kocaeli.
- TÜİK, (2024). <https://nir.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 06.05.2024)
- TÜİK, (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>, 30 Ocak 2025