



Determination of Waste Potential and Emissions in Crop and Animal Production in Konya Province

Nurettin Kayahan^{1,a,*}, Kazım Çarman^{1,b}

¹Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Selçuk University, Konya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 19-03-2023 Accepted : 11-07-2023</p> <p>Keywords: Waste Management Emission in Animal Production Emission in Crop Production Konya Biomass</p>	<p>Since the by-products of agricultural production are relatively more difficult to measure, the harmful waste they generate has been ignored until recently. Today, it is possible to determine the harmful wastes produced by agricultural production by means of carbon footprint measurements. Recycling of wastes generated as a result of agricultural activities has been an important issue in terms of the sustainability of agricultural production and the environment. In this study, the amounts of greenhouse gases (from fertilizers and enteric fermentation) that occur during animal production activities in Konya province, direct (fuel-based) emission values in plant production, biogas energy potential and biomass energy potentials were calculated. A total of 1,578,108 tons CO₂e.year⁻¹ of greenhouse gases generated during animal production (dairy cattle, sheep) activities were calculated. The CO₂ emission values in crop production (wheat, barley, sunflower, corn, sugar beet) were calculated as 120,564 tons in total under the condition of applying traditional techniques, and as 36,175 tons in total under the condition of applying protective agriculture techniques. When the biogas energy potential is calculated considering the fertilizer collectability rates, it was found that a total of 259,780,000 kWh.(m³)⁻¹.year⁻¹. Biomass energy potentials were found to be 4,508.05 GWh in total.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(7): 1215-1221, 2023

Konya İlinde Bitkisel ve Hayvansal Üretimde Atık Potansiyeli ve Emisyonların Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 19-03-2023 Kabul : 11-07-2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Atık Potansiyeli Hayvansal Üretimde Emisyon Bitkisel Üretimde Emisyon Konya Biyokütle</p>	<p>Tarımsal üretim faaliyetleri ile ortaya çıkan yan ürünler nispeten daha zor ölçülebilir oldukları için oluşturdukları zararlı atıklar yakın zamana kadar göz ardı edilmiştir. Günümüzde artık karbon ayak izi ölçümlenmeleri ile tarımsal üretim ile açığa çıkan zararlı atıkların belirlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların geri kazandırılması, tarımsal üretimin ve çevrenin sürdürülebilirliği açısından üzerinde önemle durulan bir konu olmuştur. Bu çalışmada Konya ilinde hayvansal üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan sera gazı (gübre ve enterik fermantasyon kaynaklı) miktarları, bitkisel üretimde doğrudan (yakıt esaslı) emisyon değerleri, biyogaz enerjisi potansiyeli, biyokütle enerji potansiyelleri hesaplanmıştır. Hayvansal üretim (süt sığırtı, koyun) faaliyetleri sırasında ortaya çıkan sera gazı miktarları toplam 1,578,108 ton CO₂e.yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bitkisel üretimde (buğday, arpa, ayçiçeği, mısır, şeker pancarı) CO₂ emisyonu değerleri geleneksel tekniklerinin uygulanması koşulunda toplam 120,564 ton, koruyucu tarım tekniklerinin uygulanmasında ise toplam 36,175 ton olarak hesaplanmıştır. Biyogaz enerjisi potansiyeli, gübre toplanabilirlik oranları dikkate alınarak hesaplandığında toplam 259,780,000 kWh.(m³)⁻¹.yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Biyokütle enerji potansiyelleri ise toplam 4,508.05 GWh olarak bulunmuştur.</p>

^a nkayahan@selcuk.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-9031-0699>

^c karman@selcuk.edu.tr

^d <https://orcid.org/0000-0002-9860-7403>



Giriş

Dünyamızda enerji, gıda ve üretime dayalı sektörlerde talep her geçen gün artmaktadır. Bu durum daha fazla kapasiteli imalat sistemlerinin ortaya çıkışını ve entegre üretim sistemlerine yönelimi artırmaktadır. Son zamanlarda özellikle yenilenebilir enerji sektöründeki teşviklerin çoğalmas ve tüm dünyada yenilenebilir enerjiye olan ilginin gelişmesine bağlı olarak; enerji üretiminden kaynaklanan yan ürünler ve zararlı maddeler azalmaya başlamış ve bununla ilgili bir farkındalık ortaya çıkmıştır. Benzer olarak endüstriyel tabanlı imalat sistemleri de genellikle sınıflandırılabilir ve ölçülebilir miktarlarda yan ürünler ve atıklar ortaya çıkarmaktadır. Ancak tarımsal üretimin yan ürünlerinin ölçülmesi daha zor olduğu için ortaya çıkardıkları zararlı atıklar uzun süre göz ardı edilmiş ve takibi yapılmamıştır. Bu aşamada karbon ayak izi ölçümleri yardımıyla tarımsal üretim sonucunda oluşan zararlı atıkların ölçülmesi, diğer sektörlerle kıyasla oluşturdukları atık miktarının tespit edilmesi ve bunun önlenmesi için aksiyon alınması mümkündür (Şahin ve Avcıoğlu, 2016).

Kyoto Protokolünde baz alınan gazlar; Perfloro Karbonlar (PFCs), Nitroksit (N_2O), Karbondioksit (CO_2), Hidrofloro Karbonlar (HFCs), Metan (CH_4), ve Sülfür Heksaflorit (SF_6)'dir. Atmosferde ısı tutma özelliğine sahip ve bu tür gazlardan meydana gelen bileşikler sera gazları olarak isimlendirilir. Dünya'da temel olarak sera etkisine yol açan gazlar %36-70 su buharı, %9-26 karbondioksit, %4-9 metan ve %3-7 ile ozondan oluşmaktadır. Sera gazlarının bir bölümü doğal olarak ortaya çıkarken, bir bölümü de insan eliyle üretilmektedir. Bu gazlar içerisinde en az tehlikelisi karbondioksit, en tehlikelisi ise Sülfür Heksaflorit gazıdır. Fakat atmosferdeki oranı bakımından CO_2 , diğer gazlara kıyasla çok yüksek miktarda olduğu için doğaya olan zararından ötürü en tehlikeli gazdır (Bekiroğlu, 2011).

Toplam sera gazı salınımı 2019 yılında geçmiş yıla kıyasla %3,1 düşerek 506,1 milyon ton (Mt) CO_2 eşdeğeri olarak sera gazı envanteri sonuçlarına göre belirlenmiştir. Kişi başına düşen toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO_2 eşdeğeri, 2018 yılında 6,4 ton CO_2 eşdeğeri ve 2019 yılında 6,1 ton CO_2 eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Toplam sera gazı emisyonlarında 2019 yılında CO_2 eşdeğeri olarak en yüksek değeri %72 ile enerji kaynaklı emisyonlar gösterirken bunu sırasıyla %13,4 ile tarımsal üretim, %11,2 ile endüstriyel uygulamalar ve üründen yararlanma ve %3,4 ile atıklar izlemiştir. Tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan emisyonlar 2019 yılında, 1990 yılına kıyasla %47,7, geçmiş yıla kıyasla %4,1 yükselerek 68 Mt CO_2 eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Atık kaynaklı emisyonları ise 1990 yılına kıyasla %55,7 yükselirken, geçmiş yıla kıyasla %5 düşerek 17.2 Mt CO_2 eşdeğeri olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2021).

Sera gazı (N_2O , CH_4), NH_3 ve öteki emisyonların düşürülmesi amacıyla; sürdürülebilir ve uygun bir gübre yönetim sisteminin belirlenmesi önem arz etmektedir. Gübre yönetimi, hayvanların gübre oluşturmasından başlayan ve depo edilmesi, işlenmesi ve sonrasında tarlada uygulanmasıyla son bulan bir süreç olarak ifade edilmektedir. Bu süreçte, gübre yönetimi; gübrenin tarlaya

direkt verilmesi, ya da daha genel bir tarla işlemi öncesinde bir yöntemle depo edilmesi olarak iki yönden değerlendirilebilir. Taze gübre direkt olarak tarlaya veriliyorsa, CH_4 ortaya çıkışı bilhassa gübre depo edilmesine nazaran göz ardı edilebilir, ancak N_2O emisyonu olabildiğince etkilidir (Topp ve ark., 2013).

Tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların geri kazandırılması, üzerinde önemle durulan bir konu olmuştur. Tarımda üretimden olduğu kadar, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıklardan ve onların yönetilmesi de oldukça önemlidir.

Tarımsal üretim sonucu ile ortaya çıkan atıkların dışında; hem kentsel hem de kırsal alanlarda yetişen bitkilerin ve ağaçların dalları, yaprakları, meyveleri ve kabukları vb. atıklar, Tarıma dayalı işletmelerde oluşan atıklar, hayvansal üretimi değerlendirme sürecinde oluşan atıklar, önemli tarımsal üretim kaynaklı atıklar olarak belirtilebilir ve kategorize edilebilir.

Ülkemizde son yıllarda tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi (Atalay ve ark., 2020; Bayram, 2017; Bekar, 2016; Boyacı ve Kartal, 2019; Çerçioğlu, 2019; Çolakoğlu, 2018; Eskicioğlu, 2013; Karaman, 2005; Karaman, 2006; Kalaycı ve ark., 2019; Kocaman ve ark., 2015; Koçer ve Ünlü, 2007; Külcü, 2016; Özdemir ve Sezer, 2013; Saraçoğlu, 2003; Sümer ve ark., 2016; Parlakay ve ark., 2015; Türkten ve ark., 2016; Yaman, 2012) ve emisyonların belirlenmesi (Baran ve ark., 2019; Dellal ve ark., 2020; Gökdoğan ve Erdoğan, 2021; Gönen, 2019; Güneş, 2020; Kılıç ve ark., 2018; Sağlam ve Çetin, 2018; Özçağ ve ark., 2017; Polat ve Manavbaşı, 2012; Şahin ve Avcıoğlu, 2016; Şahin ve Külekçi, 2022) üzerine bir çok çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde tarımsal mahsule ait atıklar, hasat edildikten sonra arazide ya çürümeye terk edilmekte ya da yakılarak imha edilmektedir. Atıkların yakılarak imha edilmesi, topraktaki yararlı mikroorganizma ve hayvanların imha edilmesine ve toprağın üst katmanını yakarak kimi fiziksel ve kimyasal değişikliklere de yol açmaktadır. Bu atıklar, ayrıca tarımsal üretimde yapılan mekanizasyon işlemlerine de engel olabilmektedir. Çiftçilerimizi anız yakma uygulamasından caydırma sebeplerinden biri de tarımsal üretimde ortaya çıkan atıkların ekonomik olarak geri dönüşümünü sağlayabilmektir. Bu ise tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan atıkların değerlendirilerek enerji elde edilmesi ile gerçekleşir (Polat, 2020a). Bitkisel üretimde kullanılan kimyasallar çevre kirliliğine yol açabilmekte, bununla birlikte hayvansal üretim sonucu ortaya çıkan atıklar (gübre, gaz, koku, silo suyu vs.) çevreye zarar verebilmektedir (Parlakay ve ark., 2015). 2021 yılı tarımsal üretim verileri incelendiğinde Konya ilinin tahıl üretiminde 3,714,750 ton ile, toplam üretimde 15,640,175 ton ile birinci sırada, hayvancılık verilerine göre 957,748 adet büyükbaş hayvan sayısı ile birinci sırada olduğu görülmektedir (TÜİK, 2021). Bu çalışmanın amacı Konya ilinde canlı hayvan üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan sera gazı miktarları, bitkisel üretimde doğrudan emisyon değerleri, biyogaz enerjisi potansiyeli ve biyokütle enerji potansiyellerinin belirlenerek değerlendirilmesidir.

Materyal ve Yöntem

Canlı hayvan üretim faaliyetleri sırasında önemli miktarda CO₂, CH₄ ve N₂O meydana getirir. Canlı hayvan üretim faaliyetleri ile direkt olarak ortaya çıkan emisyonlar, büyükbaş hayvanlarda ortaya çıkan enterik fermantasyon (bağırsak fermantasyonu) ve gübre yönetimi ile oluşmaktadır. Konya iline ait 2020 hayvan popülasyonu verileri dikkate alınarak Sera gazı emisyonları IPCC 2006 kılavuzu Tier 1 tekniğine göre belirlenmiştir. Tier 1 tekniği sera gazı hesabında ülkeler için varsayılan değerlerden yararlanılan bir tekniktir (IPCC, 2006).

$$\text{Emisyonlar} = \text{EF}_{(T)} \times \left(\frac{N_T}{10^6} \right)$$

Emisyonlar = Enterik Fermantasyon sonucu oluşan Metan (CH₄) emisyonları (10³ ton CH₄.yıl⁻¹)

EF_(T) = Hayvan türüne göre tespit edilen emisyon faktörü (kg CH₄.baş⁻¹.yıl⁻¹)(süt sığırı için 99, koyun için 8'dir)

T = Hayvan türü/kategorisi

N = Hayvan sayısı

Gübre yönetimi sonucu oluşan CH₄ emisyonu belirlenmesinde Tier 1 tekniğine göre emisyon faktörü, gübrelerin depolandığı alanın fiziksel özelliği (açık ya da kapalı) ve sıcaklığına bağlı olarak değişir. Ülkemizdeki hayvan gübrelerinin muhafaza tipi göz önüne alındığında ve ülkemizin gübre yönetiminde gelişmiş ülkelere kıyasla henüz gelişen ülkeler içerisinde bulunmasından dolayı gübre yönetimi sonucu ortaya çıkan CH₄ emisyonun belirlenmesi Türkiye'nin IPCC 2006 kılavuzuna bağlı olarak;

$$\text{CH}_{4\text{Gübre}} = \sum_T \frac{(\text{EF}_T \cdot N_T)}{10^6}$$

CH₄Gübre = Gübre yönetimi sonucu oluşan Metan emisyonları (10³ ton CH₄.yıl⁻¹)

EF_(T) = Emisyon Faktörü (kg CH₄.baş⁻¹.yıl⁻¹)(15°C - 25°C'de süt sığırı için 2, koyun için 0.15)

N_(T) = Türe göre hayvan adedi

T = Hayvan türü / kategorisi

Bitkisel üretimde toplam yakıt tüketiminin yaklaşık %60'ı toprak işleme sırasında gerçekleşmektedir. Bu nedenle bitkisel üretimde sadece toprak işlemeye ait doğrudan emisyon (yakıt esaslı) değerleri dikkate alınmıştır. 1 litre motorin yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ (eşdeğer) emisyonu 2.688 kg olarak alınmıştır (Talantimur, 2014). Ayrıca bu çalışma kapsamında geleneksel tarımla koruyucu tarım (doğrudan ekim) uygulamalarından kaynaklı emisyon değerleri arasındaki farklılık ta ortaya konmuştur.

Konya ilinin biyogaz enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında 2 senaryo dikkate alınmış olup ilk senaryoya göre gübre toplanabilirlik oranı 100% kabul edilmiş ve bunun sonucunda Konya ilinin hayvansal gübre kökenli teorik biyogaz enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. İkinci senaryoya göre her hayvan çeşidi için farklı olan

gübre toplanabilirlik yüzdeleri hesaba katılarak uygulanabilir biyogaz enerjisi potansiyeli de belirlenmiştir.

Bu hesaplamalarda kullanılan parametreler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Biyogazın özellikleri (Ersoy, 2017)

Table 1. Properties of biogas

1 m ³ Biyogazdaki CH ₄ İçeriği	% 60
1 m ³ CH ₄ Isıl Değeri	35800 kJ/m ³
1 m ³ Biyogaz içindeki CH ₄ Isıl Değeri	21480 kJ/m ³
Biyometana ait Elektrik Verimliliği	% 35
1 m ³ Biyometana ait Elektrik Potansiyeli	2,09 kWh

Çizelge 2. Biyogaz enerjisi hesaplamalarında kullanılmış olan hayvan gübresine ait özellikler (Ersoy, 2017)

Table 2. Properties of animal manure used in biogas energy calculations

	Süt Sığırı	Koyun
Hayvan Ağırlığı (kg)	550	48,5
Gübre Miktarı kg.baş.gün ⁻¹	47,30	1,94
Gübredeki Katı	%	14,0
İçeriği	kg.baş.gün ⁻¹	6,60
Gübredeki Uçucu	%	83,3
Katı İçeriği	kg.baş.gün ⁻¹	5,50
Gübrenin Biyogaz Verimliliği	m ³ .kg ⁻¹	0,30
Toplanabilir Hayvan Gübresi Oranları (%)	50	13

Mahsul verimi ile tarımsal üretimle oluşan atık miktarı arasında, bundan dolayı da hasat indeksi ile mahsul miktarı arasında bir bağıntı bulunmaktadır. Literatürde tarımsal üretim ile ortaya çıkan atıkların belirlenmesine yönelik çeşitli teknikler bulunmakla birlikte, bu çalışmada hasat indeksine dayalı hesaplama yönteminden yararlanılmıştır (Mardikis, 2004). Hasat indeksi ile atık miktarı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikteki gibi sunulabilir:

$$H_i = \frac{H_u}{H_a + H_u}$$

$$M_a = M_u \times \left(\frac{1}{H_i} - 1 \right)$$

Burada, M_a; atık miktarı (ton),

M_u; ürün miktarı (ton),

H_i; hasat indeksidir.

Atığın kuru madde içeriği ile sahip olduğu nem içeriği altında ise;

$$M_k = M_a (1 - MC)$$

Burada; M_k; atığın kuru madde içeriği (ton),

MC; nem içeriğidir (%).

Tarımsal mahsullerden alınan atıkların hepsinden yararlanılması olanaklı olmamaktadır. Bundan dolayı her atığın sahip olduğu kullanılabilirlik oranı veya indeksi yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Kullanılabilir toplam kuru kütle miktarı:

$$M_{kk} = M_k \times K_a$$

Bu eşitlikte; K_a ; atığın kullanılabilirlik yüzdesini (%) ifade etmektedir. Elde edilebilecek ısı miktarı ise;

$$H_b = M_{kk} \times H_u$$

Bu eşitlikte; H_b ; atığa ait toplam biyokütle ısı miktarı (MJ), H_u ; atığa ait alt ısı değeri [$MJ\ kg^{-1}$ (kuru madde)] göstermektedir. Elde edilebilecek olan toplam enerji miktarı;

$$E_b = \frac{H_b}{3600}$$

Bu eşitlikte; E_b ; biyokütle enerji miktarını (kWh), göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda hasat indeksleri; arpa için 0,34 (Deniz, 2010), buğday için 0,37 (Önder, 2007; Deniz, 2010), ayçiçeği için 0,35-0,42 (Polat, 2020a), mısır için 0,42 (Taner ve ark., 2004) ve şekerpancarı için ise 0,90 (Polat, 2020b) olarak kullanılmıştır.

Nem yüzdeleri; mısır için %47, buğday ve arpa için %15, ayçiçeği için %15 ve şekerpancarı için ise %30 olarak alınmıştır (Keener ve ark., 1993; Başçetinçelik, 2007). Kullanılabilirlik oranları ise; buğday için %14, arpa için %15, ayçiçeği ve mısır için %60 ve şekerpancarı için ise %55 olarak alınmıştır (Mardikis, 2004; Başçetinçelik, 2007).

Tarımsal üretim ile oluşan atıkların maksimum biyokütle ısı enerji miktarları kuru madde olmak üzere; arpa için $17,5\ MJ\ kg^{-1}$, buğday için $17,9\ MJ\ kg^{-1}$, ayçiçeği için $14,2\ MJ\ kg^{-1}$ mısır için $18,4\ MJ\ kg^{-1}$ ve şekerpancarı için $14,6\ MJ\ kg^{-1}$ olarak alınmıştır (Keener ve ark., 1993; Matsumura, 2004; Mardikis, 2004).

Bulgular ve Tartışma

Hayvansal Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Konya ilinin 2020 yılı (süt sığırı: 537.785 koyun: 2.556.610 adet) hayvansal üretim faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının toplam miktarı 1.578 milyon ton CO_2 eşdeğeri/yıl olarak belirlenmiştir. Konya ili Türkiye de, en yüksek büyükbaş hayvan varlığına sahip

olması nedeniyle 75.148 bin ton/yıl ile en çok hayvansal üretim faaliyetlerinden kaynaklanan metan emisyonunun ortaya çıktığı ildir. Konya hayvansal üretim faaliyetlerinden kaynaklanan metan gazı emisyonlarında enterik fermantasyon ile oluşan metan gazının (73.690 ton) gübre yönetim uygulamaları ile açığa çıkan metan gazı emisyonuna (1.458 ton) oranla yüksek düzeyde mühim bir emisyon sebebi olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Bunun en önemli sebebi olarak ülkemizdeki hayvanların özelliklerinin (beslenme, ağırlık, süt üretimi) ileri olmasına karşın Türkiye’de henüz uygun bir hayvansal gübre yönetiminin yapılamaması gösterilebilir.

Bitkisel Üretimde Emisyon Değerleri

Tarımsal üretimde koruyucu tarım tekniklerinin sahada uygulanmasıyla yakıttan sağlanacak tasarruf ile egzoz kaynaklı direk emisyon değerlerinde önemli azalmalar sağlanabilecektir. Örneğin Konya bölgesinde hububat tarımında uygulanabilecek doğrudan ekim tekniğiyle ve endüstri bitkileri üretiminde uygulanabilecek şeritvari toprak işleme ekim kombinasyonu uygulamasıyla direk CO_2 emisyonunda sağlanabilecek azalma Çizelge 4’ te hesaplanmıştır. Konya ilinde geleneksel tarımsal üretimde yakıt tüketimine bağlı olarak direk emisyon (toprak işleme+ekim) 120.564 ton iken, koruyucu tarım tekniklerinin uygulanması koşulunda bu değer 36.175 ton olarak hesaplanmıştır. Konya ilinde tarımsal üretimde koruyucu tarım teknolojilerinin uygulanması koşulunda direk emisyon değerlerinde %70’lik azalma sağlanabilecektir.

Biyogaz Üretim Potansiyeli

Birinci senaryo sonuçlarına göre, Konya ilinin toplam (süt sığırı ve koyun varlığı dikkate alındığında) biyogaz potansiyeli 2020 yılı için yaklaşık $487,56$ milyon $m^3\ yıl^{-1}$, biyogaz içerisindeki %60’lık metan oranı ile biyometan potansiyeli ise yaklaşık 292.14 milyon $m^3\ yıl^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Mevcut biyogazdan üretilecek elektrik enerjisi ($606,41$ milyon kWh), Konya ilinin toplam tüketiminin %13,3’ünü karşılamaktadır.

Çizelge 3. Konya ili 2020 yılı hesaplanan toplam sera gazı emisyonu.

Table 3. Calculated Total greenhouse gas emissions in Konya province in 2020.

	CH ₄ Emisyon Miktarı				CO ₂ Eşdeğeri
	Enterik Fermantasyon 10 ³ .ton CH ₄ .yıl ⁻¹	Gübre Yönetimi 10 ³ Ton CH ₄ .yıl ⁻¹	Toplam CH ₄		10 ³ .ton CO ₂ e.yıl ⁻¹
			10 ³ .ton CH ₄ .yıl ⁻¹	10 ³ .kg CH ₄ .gün	
Süt sığırı	53,24	1,075	54,315	148,800	1,140,615
Koyun	20,45	0,383	20,833	50,076	437,493

Çizelge 4. Bitkisel üretimde geleneksel ve koruyucu tarım tekniklerinin uygulanması koşulunda ortaya çıkacak doğrudan CO_2 emisyonu değerleri.

Table 4. Direct CO₂ emission values that will emerge under the condition of applying traditional and conservative farming techniques in crop production.

	Geleneksel uygulama			Koruyucu tarım uygulaması		
	Ekim alanı (milyon da)	Yakıt tüketimi (1 da ⁻¹)	CO ₂ emisyonu* (ton)	Ekim alanı (milyon da)	Yakıt tüketimi (1 da ⁻¹)	CO ₂ emisyonu* (ton)
Hububat	9,34	4,2	105,444	9,34	1,2	30,127
Endüstri bitkisi (Ş.Pancarı, Mısır, Ayçiçeği)	1,25	4,5	15,120	1,25	1,8	6,048
Toplam		120,564			36,175	

Çizelge 5. Konya ilinin 2020 yılı hayvan gübresi kökenli hesaplanan biyogaz enerjisi teorik potansiyeli miktarları (Senaryo-1)

Table 5. Biogas energy theoretical potential amounts of Konya province for 2020 based on animal manure (Scenario-1)

	Biyogaz 10 ⁶ .m ³ .yıl ⁻¹	CH ₄ 10 ⁶ .m ³ .yıl ⁻¹	Isıl Değer 10 ⁶ .MJ.(m ³) ⁻¹ .yıl ⁻¹	Elektrik 10 ⁶ .kWh.(m ³) ⁻¹ .yıl ⁻¹	Nüfus 10 ⁶ .kişi	KBDEP	TTO
Süt sığırtı	388,65	232,80	8,334,24	486,55	Toplam	2,250	13,3
Koyun	98,91	59,34	2,124,37	119,86	606,41	269,51	

*Konya ili toplam elektrik tüketimi 4,528,707 MWh; KPDEP: Kişi Başına Düşen Elektrik Potansiyeli kWh.kişi⁻¹.yıl⁻¹; TTO: Toplam Tüketime Oran (%)

Çizelge 6. Konya ilinin 2020 yılı hayvan gübresi kökenli hesaplanan biyogaz enerjisi uygulanabilir potansiyeli miktarları (Senaryo-2)

Table 6. Biogas energy applicable potential amounts of Konya province for 2020 based on animal manure (Scenario-2)

Biyogaz 10 ⁶ .m ³ .yıl ⁻¹	CH ₄ 10 ⁶ .m ³ .yıl ⁻¹	Isıl Değer 10 ⁶ .MJ.(m ³) ⁻¹ .yıl ⁻¹	Elektrik 10 ⁶ .kWh.(m ³) ⁻¹ .yıl ⁻¹	Nüfus 10 ⁶ .kişi	KBDEP	TTO
207,17	124,30	4,449,940	259,78	2,250	115,45	5,73

DEP: Kişi Başına Düşen Elektrik Potansiyeli kWh.kişi⁻¹.yıl⁻¹; TTO: Toplam Tüketime Oranı

Çizelge 7. Konya ilinde tarımsal kökenli atıkların sahip olduğu tahmini biyokütle enerji potansiyeli (2020)

Table 7. Estimated biomass energy potential of agricultural wastes in Konya province (2020)

Atık Çeşidi	M _a (ton)	Hİ	M _a (ton)	K _a (%)	MC (%)	M _{kk} (ton)	H _a (MJ.kg ⁻¹)	E _b (GWh)
Buğday	1,570,660	0,37	2,674,367,03	14	15	318,249,67	17,9	1,584,69
Arpa	706,837	0,34	1,372,095,36	15	15	174,942,15	17,5	851,64
Ayçiçeği	214,970	0,37	322,462,50	60	15	164,455,62	14,2	649,62
Mısır	312,059	0,42	430,938,6	60	47	137,038,25	18,4	701,43
Ş.pancarı	4,148,028	0,90	460,892,01	50	30	177,443,34	14,6	720,67
							Toplam	4,508,05

Gübre toplanabilirlik oranlarının dikkate alındığı ikinci senaryoya göre, Konya ilinin toplam biyogaz enerjisi potansiyeli 2020 yılı için yaklaşık 207,17 milyon m³ yıl⁻¹, biyogaz içerisindeki %60'lık metan oranı ile biyometan potansiyeli ise yaklaşık 124.30 milyon m³ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6). Bu durumda, birinci senaryo ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında biyoenerji potansiyelinde yaklaşık olarak %42,5'lik bir azalma ortaya çıkmıştır. İkinci senaryo sonuçları uygulanabilirlik yönünden daha gerçekçi sonuçlar göstermektedir. Bunun sebebi; birinci senaryoya göre elde edilen teorik potansiyelin, belirli bir alan içerisindeki tüm biyokütleden sağlanabilecek biyoenerji potansiyelini ifade ederken, ikinci senaryoya göre her hayvan türü için belirlenen toplanabilir gübre oranları dâhil edilerek elde edilen uygulanabilir biyogaz enerjisi potansiyelinin ise biyoenerjinin beklenen mevcut potansiyelini ifade etmesidir (Ersoy, 2017).

Tarımsal Kaynaklı Atıkların Sahip Olduğu Tahmini Biyokütle Enerji Potansiyeli

Konya ilinde 2020 yılında 1.570.660 ton buğday, 706,837 ton arpa, 312,059 ton mısır, 214,970 ton ayçiçeği ve 4.148.028 tonda şekerpancarı ürün üretilmiştir (TÜİK, 2020). Bu veriler ışığında, 2020 yılına ait atık miktarları sırasıyla: buğday; 2.674.367.03 ton, arpa; 1.372.095.36 ton, tane mısır; 430.938.6 ton, ayçiçeği; 322.462.50 ton ve şekerpancarı için; 460.892.01 ton olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Toplam enerji miktarları ise; buğday; 1.584.69 GWh, arpa; 851,64 GWh, mısır; 701,43 GWh, ayçiçeği; 649,62 GWh ve şekerpancarı için 720,67 GWh olarak

hesaplanmıştır. Elde edilen toplam 4.508.05 GWh enerjinin petrol eşdeğerliği ise 390.347.5 TEP (Ton Eşdeğer Petrol)' dir. Türkiye'nin 2018 yılı toplam enerji üretimi miktarı 305.000 GWh olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2020). Bu nedenle ilgili 5 ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı 2020 yılı için yaklaşık %1,47 olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bitkisel ve hayvansal üretimde ortaya çıkan emisyonlar ve atık potansiyeli için yapılan benzer çalışmalar ile (Başçetinçelik ve ark., 2007; Bayram, 2017; Çerçioğlu, 2019; Çolakoğlu, 2018; Karaman, 2005; Kalaycı ve ark., 2019; Kerimak, 2019; Kocaman ve ark., 2015; Parlakay ve ark., 2015; Şahin ve Avcioglu, 2016) paralel veriler elde edildiği görülmektedir.

Sonuç

Özellikle süt ve besi sığırtı çiftlik işletmelerinde mevcut olan canlı hayvanlar beslenme şekillerine bağlı olarak daha çok ya da düşük miktarlarda sera gazı salınımı gerçekleştirmektedir. Hayvancılıkta rasyonun, metan üretimini düşürücü olarak belirlenmesi gerçekleştirilebilecek tekniklerdendir. Gübrenin kontrolsüz olarak biriktirilmesi özellikle metan emisyonlarını ortaya çıkarmaktadır. Hayvansal kökenli metan gazı oluşumunun bir diğer sebebi olan hayvan gübrelere ise özellikle biyogaz imalatı için oldukça elverişli hammaddelerdir.

Hayvancılıkta önemli bir yere sahip olan Konya ilinde yaklaşık 1.578.108 ton CO₂e.yıl⁻¹ hayvansal üretim kaynaklı emisyon açığa çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca

hayvan gübresi kaynaklı hesaplanan biyogaz enerjisi potansiyeli gübre toplanabilirlik oranlarının hesaba katıldığında teorik olarak 259.780.000 kWh. (m³)⁻¹. yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Konya ili tarımsal üretim kaynaklı atık bakımından yüksek bir potansiyele sahip olduğu için, bu atıkların bitki besleme materyali ve enerji kaynağı olarak kullanılması önemlidir. Ayrıca, bölgede tarımsal atık toplama ve kompost elde etme mekanizasyonu ile alakalı çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Konya ilinde en çok yetiştirilen 5 ürün için tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan atıklara ait tahmini biyokütle enerji potansiyelinin, Türkiye’de üretilen toplam enerjinin %1,47’sine tekabül ettiği saptanmıştır. Ayrıca, bitkisel üretimde koruyucu tarımın tercih edilmesi ile tarımsal üretimde emisyonlarda %70’e varan azalma olacağı görülmektedir.

Kaynaklar

- Atalay P, Perendeci NA, & Göksungur, MY. 2020. Bira atıkları ve değerlendirme yöntemleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(7), 1257-1266. Doi: 10.5505/pajes.2019.80850
- Baran MF, Karaağaç, HA, Mart D, Bolat A, Eren Ö. 2019. Nohut Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği ve Sera Gazı (GHG) Emisyonunun Belirlenmesi (Adana ili örneği) . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi , (16) , 41-50. DOI: 10.31590/ejosat.523080
- Başçetinçelik A, Karaca C, Öztürk HH, Kacira M, Ekinci K. 2007. Türkiye’de tarımsal biyokütleden enerji üretimi olanakları. IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. Bildiriler Kitabı, pp.101-109, Kayseri.
- Bayram SE. 2017. Katı atıkların geriye kazanımı ve tarımsal kullanım olanakları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 10(2), 62-65.
- Bekar T. 2016. Bağcılıkta atık teknolojisi. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(1): 17-24.
- Bekiroğlu O. 2011. Tarımda Karbon Ayak İzi Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. Web sitesi: https://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf (Erişim tarihi: 06.12.2022).
- Boyacı S, Kartal S. 2019. Sera işletmelerinde ortaya çıkan tarımsal atıkların neden olacağı çevre sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 51-60.
- Çerçioğlu M. 2019. Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1), 167-178.
- Çolakoğlu B. 2018. Tarımsal atıkların alternatif kullanım alanları konusunda üretici eğilimleri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Dellal İ, Ünüvar İ, Bolat M, Polat K. 2020. İklim Değişikliği ve Tarım: Ekonomik Etkisi Uyum ve Azaltım Politikaları. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 37-46.
- Deniz İ, Tutuş A, Ateş S, Okan OT. 2010. The harvest index and soda-oxygen-ıq pulping of wheat straw. 3th National Black Sea Forestry Congress. Proceedings, pp. 2050- 2060, Trabzon, Turkey.
- Ersoy AE. 2017. Türkiye’nin Hayvansal Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu ve Biyogaz Enerjisi Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Eskicioğlu AV. 2013. Bitkisel atıklardan kompost gübre üretim sisteminin tasarımı. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

- Gökdoğan O, Erdoğan O. 2021. Zeytin Yetiştiriciliğinde Enerji Kullanım Etkinliğinin ve Sera Gazı (GHG) Emisyonunun Belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (23), 717-724.
- Gönen Ç. 2019. Kırsal Bölgelerde Tarımsal Atıkların Kontrolü ve Yenilenebilir Biyokütle Enerji Teknolojileri İle Sera Gazı Emisyonlarının Azaltım Potansiyelinin İncelenmesi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi, 7(1), 142 - 147. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i1.142-147.2330>.
- Güneş NÇ. 2020. Yaşam Döngüsü Analizi ile Konsantr Şeftali Püresinin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. Akademik Gıda, 18(3), 247-255.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 10: Emissions from livestock and manure management. Invergov. Panel Clim. Change, Geneva.
- Karaman S. 2005. Tokat yöresinde hayvan barmaklarından kaynaklanan çevre kirliliği ve çözüm olanakları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005(2), 57-65.
- Karaman S. 2006. Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), 133-139.
- Kalaycı E, Türker G, Çağlar E. 2019. Kırklareli ilinin hayvansal atık potansiyelinin biyogaz üretimi çerçevesinde değerlendirilmesi ve güncel yapının yorumlanması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(4), 1489-1497. Doi: <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.593791>
- Keener HM, Marugg C, Hansen RC, Hoitnik HAJ. 1993. Optimizing the efficiency of the composting process. Science and Engineering of Composting Design (pp. 59-94). Columbus, Ohio: Renaissance Publications.
- Kerimak Öner MN. 2019. Tarım Atıklarının Geri Dönüştürülmesi: Yalova İli Tarımsal Atık Yönetimi. Mühendislikte Yeni Yaklaşımlar, 97.
- Kılıç İ, Yaylı, B, Elekberov A. 2018. Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Adet Broyler İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4(2), 224-230.
- Kocaman İ, İstanbulluoğlu A, Kurç HC, Öztürk, G. 2015. Edirne-Uzunköprü yöresindeki tarımsal işletmelerde ortaya çıkan hayvansal atıkların oluşturduğu çevresel sorunların belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Koçer N, Ünlü A. 2007. Doğu anadolu bölgesinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 5(2), 175-181.
- Külcü R. 2016. Afyonkarahisar ilinin tarımsal biyokütle potansiyelinin incelenmesi. Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 1(2), 1-9.
- Mardikis M, Nikolaou A, Djouras N, Panoutsou C. 2004. Agricultural biomass in Greece: Current and future trends. Biomass and Agriculture, OECD report, pp. 363-376.
- Matsumura Y. 2004. The possibility of agricultural biomass utilisation in Japan. Biomass and Agriculture, OECD report, pp. 129-3137.
- Önder O. 2007. A research on tillering dynamics of some bread wheat varieties grown in Central Anatolian dry conditions. Osman Gazi University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Field Crops. Master Thesis, Eskisehir.
- Özçağ M, Yılmaz B, Sofuoğlu E. 2017. Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazı Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayırıştırma Analizi. Uluslararası İlişkiler Dergisi, Özel Sayı: Paris İklim Zirvesi ve Yansımaları, 175-195. DOI: 10.33458/uidergisi.513242
- Özdemir S, Sezer B. 2013. Kümes atıklarının organik gübre ve biyoyakıt olarak değerlendirilmesi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10, 20-24.
- Parlakay O, Çelik A, Kızıltuğ T. 2015. Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2), 17-26.

- Polat HE, Manavbaşı İD. 2012. Arazi toplulaştırmasının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkisinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 157-165.
- Polat M. 2020a. Türkiye'nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelindeki Değişim. *Toprak Su Dergisi*, 19-24. Doi: <https://doi.org/10.21657/topraksu.692275>.
- Polat M. 2020b. Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Görev Alanı Dahilinde Bulunan İllerin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B-Teorik Bilimler*, 8(1), 133-142. Doi: <https://doi.org/10.20290/estubtdb.630772>.
- Sağlam C, Çetin N. 2018. Organik Tarım ve Geleneksel Tarım Sistemlerinde Sera Gazı Emisyonu. *International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018)*, November 22-23, Ankara, Turkey, 1987-1997.
- Saraçoğlu N. 2003. Biyokütlenin Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. *Türkiye IV. Enerji Sempozyumu*, 10(12), 501-507.
- Sümer SK, Kavdır Y, Çiçek G. 2016. Türkiye'de tarımsal ve hayvansal atıklardan biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 379-387.
- Şahin G, Avcıoğlu AO. 2016. Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3), 157-162.
- Şahin K, Külekçi M. 2022. Örtü Altı Domates Üretiminde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Girdi Optimizasyonu Yaklaşımı ile Azaltılması: Antalya İli Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(3), 1808-1819.
- Taner F, Ardıç I, Halisdemir B, Pehlivan E. 2004. Biomass use and potential in Turkey. *and Agriculture*, 439.
- Talantimur V. 2014. Alternatif toprak işleme uygulamalarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri. *Selçuk Üniversitesi, FBE, Tarım Mak. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Topp CFE, Wang W, Cloy JM, Rees RM, Hughes G. 2013. Information properties of boundary line models for N₂O emissions from agricultural soils. *Entropy*, 15(3), 972-987. Doi: <https://doi.org/10.3390/e15030972>
- TÜİK. 2021. Türkiye İstatistik Kurumu www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi: 07.08.2022.
- Türkten H, Yıldırım Ç, Gündüz O, Ceyhan V. 2016. Samsun ilinde sığır besiciliği faaliyetlerinden ortaya çıkan atık ve yan ürünlerin değerlendirilmesi ve yönetimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 353-359. Doi: <https://doi.org/10.7161/omuanajas.269988>
- Yaman K. 2012. Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(2), 339-348.