

Türkiye'de Kimyasal Gübre İkamesinde Biyogübre Kullanımının Tahmini Kazanımları

Mehmet Emin BİLGİLİ^{1*}, Hatice HIZLI²

^{1,2} Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 01170, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-4191-0540>

²<https://orcid.org/0000-0002-5451-1397>

*Sorumlu yazar: eminbilgili@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 05.08.2021

Kabul tarihi: 06.12.2021

Online Yayınlanma: 08.03.2022

Anahtar Kelimeler:

Biyogübre

Kimyasal gübre

Yenilenebilir enerji

Veri analizi

Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye'de 2002-2020 yılları arasında nüfus durumu, tarım alanları, tüketilen kimyasal gübre miktarı verileri ve sığır sayıları kullanılarak; sığır gübresinin biyogazda kullanılmasıyla elde edilebilecek elektrik enerjisi ve kimyasal gübre ikamesinde biyogübre kazanımları tartışılmıştır. Çalışmada Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu, Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası verileri ve literatürden yararlanılmıştır. Tarım arazilerinin yıllara göre ortalama ve standart sapma cinsinden dağılımı ($24\,490\,105 \pm 1\,203\,002$) ha, tüketilen kimyasal gübre ($5\,352\,716 \pm 600\,762$) ton ve Azot ile Fosfor içeren biyogübre toplamı ($434\,826 \pm 90\,520$) ton olarak hesaplanmış ve değişim ilişkisi regresyon denklemleri ve R^2 değerleri gösterilmiştir. Ayrıca kimyasal gübrenin %40'ının ithal edildiği ve bu miktarın %20'sinin biyogübre ikamesi ile karşılanabileceği tahmin edilmiştir. Türkiye'deki uzun yıllık ortalamalara göre biyogazdan üretilebilen elektrik enerjisinin %6 kayıp miktarına rağmen ülkedeki elektrik enerjisi tüketiminin %5'ini karşılama potansiyeline sahip olduğu hesaplanmıştır. Biyogübre, tarımsal ürün artışına faydaları yanında toprakta organik madde katkısı da sağlayabilmektedir. Biyogazdan biyogübre elde etme miktarı tesisten tarım alanına kadarki süreçte %1 katkı miktarı kaybı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Kırsal alanlardaki, çevresel kirlilik sorunu biyogübre üretimi ile çözülebilir. Ekonomik anlamda faydaları ise yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütleden (hayvansal atıklar) biyogübre ve enerji kazanımı şeklinde sıralanabilir. Bu bağlamda, konu çalışanlarına ve karar vericilere veri tabanı olarak sunulabilir. Sonuç olarak biyogübrenin ithal kimyasal gübre ikamesi ile enerji, ekonomi ve ekoloji açısından kazanımlarının tahminleri istatistiksel olarak gösterilmiştir.

Estimated on Gains by the Use of Bio-fertilizers Instead of Chemical Fertilizer in Turkey

Research Article

Article History:

Received: 05.08.2021

Accepted: 06.12.2021

Published online: 08.03.2022

Keywords:

Biofertilizer

Chemical fertilizer

Renewable energy

Data analysis

Turkey

ABSTRACT

In this study, using the population status, agricultural areas, consumed chemical fertilizer data and the number of cattle, between the years 2002-2020 in Turkey; The electrical energy that can be obtained by using of cattle manure in biogas and the biofertilizer gains in chemical fertilizer substitution are discussed. In the study, data from the Ministry of Agriculture and Forestry, Turkish Statistical Institute, Biomass Energy Potential Atlas and literature were used. The distribution of agricultural lands in terms of average and standard deviation over the years was calculated as ($24\,490\,105 \pm 1\,203\,002$) ha, chemical fertilizer consumed ($5\,352\,716 \pm 600\,762$) tons, and the sum of nitrogen and phosphorus-containing biofertilizers ($434\,826 \pm 90\,520$) tons. and the change relationship regression equations and R^2 values are shown. It has also been estimated that 40% of the chemical fertilizer is imported and 20% of this amount can be met by biofertilizer substitution. According to long annual averages in Turkey, it has been calculated that the electrical energy that can be

produced from biogas has the potential to meet 5% of the electrical energy consumption in the country, despite the 6% loss amount. In addition to the benefits of biofertilizer to increase agricultural products, it can contribute to organic matter in the soil. The amount of biofertilizer obtained from biogas was calculated by taking into account the 1% solid amount loss in the process from the plant to the agricultural field. In rural areas, the problem can be solved with biofertilizer production in terms of environmental pollution. In economic terms, benefits such as biofertilizer and energy recovery from biomass, which is one of the renewable energy sources (animal waste), can be listed. In this context, the subject can be presented to employees and decision makers as a database. As a result, the estimations of the gains in terms of energy, economy and ecology with imported chemical fertilizer substitution of biofertilizer were shown statistically.

To Cite: Bilgili E., Hızlı H. Türkiye'de Kimyasal Gübre İkamesinde Biyogübre Kullanımının Tahmini Kazanımları. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(1):92-102.

Giriş

Türkiye'de nüfus artış hızının aksine daralan tarım alanlarından beslenme ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla, kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Bu gübrelerin üretim sürecindeki enerji tüketimleri, CO₂ emisyonları, ithalat ve finansal kısıtlar alternatif gübre kullanımı ile ilgili birçok araştırmaya neden olmaktadır. Küresel enerji talebi, ekonomik büyüme nedeniyle teknoloji ve demografik gelişmelerden dolayı globalde olduğu gibi Türkiye'de de artmaktadır (Yüksel, 2010; Karayılmazlar ve ark., 2011; Yılmaz 2012; Koç, 2013). Türkiye kullandığı enerjinin 3/4'lük bölümünü ithal etmektedir. Bu nedenle, yakın gelecek için oluşturulmuş enerji üretim ve tüketim planlamalarına göre, gelecekteki on yıla kadar üretimde ve tüketimde hızlı bir artış beklenmektedir (Aybek ve ark., 2015).

Biyokütleden odun briketi ve başka yakıt türleri, biyogaz, bioetanol ve biyodizel elde edilmektedir (Kapluhan, 2014). Biyokütle kaynaklarından biyogaz üretmek, direkt yakma dışında en basit ve etkili yöntem olarak birçok ülkede uygulanmaktadır. Tarımsal faaliyetler sonucunda atık olarak geriye kalan bitkiler, insanların evsel organik atıkları, hayvan gübreleri, gıda sanayisinden elde edilen melas ve meyve posaları, arıtma artıkları, kâğıt sanayisi atıkları ve mezbahane atıkları ile organik maddelerin (OM), havasız bir ortamda biyokimyasal dönüşümler neticesinde bakteriler tarafından parçalanmasıyla, bileşiminde metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S), amonyak (NH₃), azot (N), hidrojen (H₂) ve su buharı bulunan biyogaz elde edilir (Akova, 2008). Biyogaz, anaerobic madde bozunmasının bir ürünü olarak oluşur ve içeriğinde, OM'ye bağlı olarak, %60-75 CH₄, %23-38 CO₂, %2 H₂ ve %2 H₂S bulunan bir gaz karışımıdır. Optimal koşulların oluşumu, OM fermantasyonunun gelişimine sebep olan mikroorganizmaları meydana getirir. Fermantasyon iki evrede gelişir. Birincisi, Clostridium sp. aktivitesi tarafından uçucu yağ asitlerinin nitelendirilmesi, ikinci evre ise Methanobacterium sp. ve Methanosarcina sp. aktivitesi tarafından CH₄'ın yıkılmasıdır. Etkenler anaerobic fermantasyonun normal akışından sorumludur ve biyogaz oluşum süreci, pH düzeyi, OM, uçucu yağ asitlerinin oranı, sıcaklık, alkalilik, besleyici ve zararlı maddelerini izlemektedir (Bukvic ve ark., 2002). Biyogazdan elde edilebilen biyogübrenin birçok zararlı faktörden arındırıldığı bilinmektedir. Ancak, yine de tarımsal aktivitelerde analizler sonrası güvenle kullanılabilir.

Biyogübre, tarımsal üretim artışına faydalarının yanısıra toprakta organik madde katkısı sağlamaktadır. Biyogazdan biyogübre elde etme miktarı hesaplanırken tesisten tarım alanına kadarki süreçte %1 katı miktar kaybı dikkate alınmaktadır. Kırsal alanlardaki çevresel kirlilik sorunu biyogübre üretimi ile çözülebilir. Ekonomik anlamda faydaları ise yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütleden (hayvansal atıklar) biyogübre ve enerji kazanımı şeklinde sıralanabilir. Bu bağlamda, konu çalışanlarına ve karar vericilere veri tabanı olarak sunulabilir.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) ve önceki çalışmalar birincil veriler olarak kullanılmış olup ikincil veriler olarak da teknik hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, uzun dönemde (2002-2020) tahminleme yapabilmek için konu ile ilgili son 19 yıllık veriler materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışmada, Tablo 1'deki verilerden faydalanılmıştır. Değerlendirmeler üç aşamada yapılmıştır. İlk aşamada, uzun dönemde kullanılan tarım alanları (ha/yıl), tarım alanlarına uygulanan kimyevi gübre miktarı (ton/yıl), ithal edilen gübre miktarı (ton/yıl) ve ortalama yıllık tüketilen elektrik enerjisi miktarı (MWh/yıl) ilgili kurumların verilerinden derlenmiştir. İkinci aşamada, büyükbaş hayvanların (sığır)'dan elde edilebilecek gübre miktarı (ton/yıl) teknik potansiyel olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Türkiye'de biyogübrede kimyevi gübre ikamesi ve enerji kazanımları (2002-2020)

Yıllar	Nüfus x10 ³	Tarım Alanları (ha) x10 ³	Kimyevi Gübre Tüketim (ton/yıl) x10 ³	%40 İthal Kimyevi Gübre (ton/yıl) x10 ³	Sığır Sayısı (Adet) x10 ³	Biyogazdan Biyogübre Eldesi (ton/yıl)	İthalata İkame Gübre Kazancı (%)	Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl) x10 ⁶	Enerji Karşılama (MWh) (%)
2002	66 402	26 579	4 529	1 812	9 803	327 692	18	1 747	3,6
2003	67 187	26 027	5 094	2 037	9 788	327 180	16	1 744	3,6
2004	68 010	26 593	5 175	2 070	10 069	336 578	16	1 794	3,7
2005	68 861	26 606	5 199	2 080	10 526	351 857	17	1 876	3,8
2006	69 730	25 876	5 367	2 147	10 871	363 386	17	1 937	4,0
2007	70 586	24 887	5 148	2 059	11 037	368 915	18	1 967	4,0
2008	71 517	24 505	4 129	1 652	10 860	363 004	22	1 935	4,0
2009	72 561	24 295	5 276	2 110	10 724	358 459	17	1 911	3,9
2010	73 723	24 394	4 968	1 987	11 370	380 047	19	2 026	4,1
2011	74 724	23 614	4 766	1 907	12 386	414 026	22	2 207	4,5
2012	75 627	23 782	5 340	2 136	13 915	465 120	22	2 480	5,1
2013	76 668	23 806	5 814	2 325	14 415	481 844	21	2 569	5,3
2014	77 696	23 941	5 472	2 189	14 223	475 422	22	2 535	5,2
2015	78 741	23 934	5 508	2 203	13 994	467 766	21	2 494	5,1
2016	79 815	23 711	6 732	2 693	14 080	470 643	17	2 509	5,1
2017	80 811	23 347	6 333	2 533	15 944	532 930	21	2 841	5,8
2018	82 004	23 180	5 412	2 165	17 043	569 663	26	3 037	6,2
2019	83 155	23 099	6 088	2 435	17 688	591 244	24	3 152	6,5
2020	83 614	23 136	7 143	2 857	18 426	615 915	22	3 284	6,7

Son aşamada ise sığır gübresinden elde edilebilecek teknik biyogaz miktarı (m³/yıl), biyogazdan elde edilebilecek kimyevi gübre ikamesi olarak, biyogübre miktarı (ton/yıl), biyogübrenin kimyevi gübre

ithalatının % olarak karşılama oranı hesaplanmıştır. Son olarak da Türkiye'nin uzun yıllık elektrik enerji tüketiminin aritmetik ortalamasına göre biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı oransal olarak hesaplanmıştır.

Biyogaz potansiyelini ve diğer çıktıları hesaplamak için 2.1-2.7 nolu eşitlikler kullanılmıştır. Ayrıca ikame biyogübre, ikame enerji miktarı ve diğer kazanımların belirlenmesi bu kapsamdaki yöntemlerle hesaplanmıştır. Hayvanlardan yıllık olarak elde edilebilecek toplam yaş gübre miktarı Eşitlik 2.1 ile hesaplanmıştır.

$$YGM = HGM.HS.360 \quad (2.1)$$

Burada, YGM, bir yılda hayvanlar tarafından üretilebilecek toplam gübre miktar (kg/yıl), HGM, bir hayvanın bir yılda üretebileceği gübre miktarı (kg/yıl-hayvan) ve HS ise hayvan sayısıdır. Buradaki, 360 ise bir yılın gün katsayısıdır. Yıllık toplam faydalanılabilir yaş gübre miktarı ise hayvanların barınakta kalma süreleri göz önüne alınarak, Eşitlik 2.2 ile hesaplanmıştır.

$$FYGM = YGM.TO \quad (2.2)$$

Burada, FYGM, hayvanlar tarafından üretilebilen yıllık toplanabilir faydalı toplam yaş gübre miktarı (kg/yıl) ve TO, toplanabilir faydalı gübre oranı (%)'dir.

Üretilen yaş gübre içerisindeki katı madde miktarı 2.3 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$KMM = FYGM.KM \quad (2.3)$$

Burada, KMM, hayvanlar tarafından üretilen yıllık toplanabilir faydalı gübre içerisindeki toplam katı madde miktarı (kg/yıl), KM ise yaş gübre içerisindeki katı madde oranı (%)'dir. Katı madde içerisindeki uçucu katı madde miktarı Eşitlik 2.4 ile hesaplanmıştır.

$$UKMM = KMM.UKMO \quad (2.4)$$

Burada, UKMM, hayvanlar tarafından üretilen yaş gübre içerisindeki yıllık toplam uçucu katı madde miktarı (kg/yıl), UKMO ise katı madde miktarı içerisindeki uçucu katı madde oranı (%)'dir. Metan miktarının yıllık toplamı Eşitlik 2,5 ile hesaplanmıştır.

$$GMETAN = UKMM.MO \quad (2.5)$$

GMETAN, materyal olarak toplanabilir potansiyel gübreden elde edilebilecek toplam yıllık metan miktarı ($m^3 CH_4/yıl$), MO 1 kg UKMO'den üretilen metan miktarıdır. %60 metan içeren biyogazın enerji değeri $22,7 MJ/Nm^3$ ve bu bağlamda metan gazının enerji denkliği $36 MJ/Nm^3$ olarak alınarak hayvanlardan üretilen yıllık toplam biyogazın enerji potansiyeli hesaplanabilmektedir (Görmüş 2018). Metan gazından üretilebilecek enerji miktarı Eşitlik 2.6 ile hesaplanmıştır.

$$Q_e = GMETAN.METAN_{ısı} \quad (2.6)$$

Burada, Q_e , yıllık üretilecek metanın enerji denkliği (MJ/yıl) ve METAN_ııl metan gazının ısı içeriği olup 36 MJ/m^3 olarak alınmıştır. Metan gazı bir kojenerasyon tip kombine ısı ve güç üretimi (Combined Heat and Power (CHP)) motorunda yakılması sonucu elektrik üretilmesi ile elde edilecek elektrik enerjisi miktarı Eşitlik 2.7 ile belirlenmiştir.

$$E_e = G_{\text{METAN}} \cdot \eta_e \cdot W \quad (2.7)$$

Burada, E_e CHP motorunun yıllık elektrik üretimi (MWh/yıl), η_e CHP motorunun elektriksel verimi (%35 alınarak) ve W Metan gazının kWh olarak enerji denkliği olup 10 kWh/m^3 olarak hesaplamalarda kullanılmıştır (Yağlı ve ark., 2019).

Büyükbaş hayvanlar için gübre miktarı olarak Tablo 2'deki veriler derlenmiştir. Ortalama 15 kg/gün -hayvan olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Hayvansal gübrelerin fiziksel özellikleri (Avcıoğlu ve ark., 2012; Bilgili 2020)

Hayvan türü	Vücut ağırlığı (kg)	Yaş atık miktarı			
		Ağırlık		Katkı içerik (%)	Atık verisi (kg/gün)
		Katkı içerik (%)	Katkı içerik (kg/gün)		
Sığır	135-800	5-6	10-30	5-25	15

Biyogazdan elde edilebilecek kimyevi gübre ikamesi olarak, biyogübre miktarı (ton/yıl), sığır gübresindeki makro elementlerden N miktarının 4.56 (kg/ton) ve 1.63 kg/ton P değerleri dikkate alınarak (Brady, 1990; Sefeepari ve ark., 2020), yapılan hesaplamada Eşitlik 2.8-2.10 ile kimyevi gübre ikamesi biyogübre miktarı belirlenmiştir.

$$\dot{I}BGM_N = KMM \cdot 4,56 \quad (2.8)$$

$$\dot{I}BGM_P = KMM \cdot 1,63 \quad (2.9)$$

$$\dot{I}BGM_T = \dot{I}BGM_N + \dot{I}BGM_P \quad (2.10)$$

Burada, $\dot{I}BGM_N$, ikame biyogübre N miktarı (kg) $\dot{I}BGM_P$, ikame biyogübre P miktarı (kg) ve $\dot{I}BGM_T$, toplam ikame biyogübre miktarı (kg)'dir.

Biyogübrenin kimyevi gübre ithalatının yıllık % olarak karşılama oranın belirlenmesi amacıyla ithal edilen kimyevi gübre ile $\dot{I}BGM_T$ değeri oranlanarak sonuç elde edilmiştir.

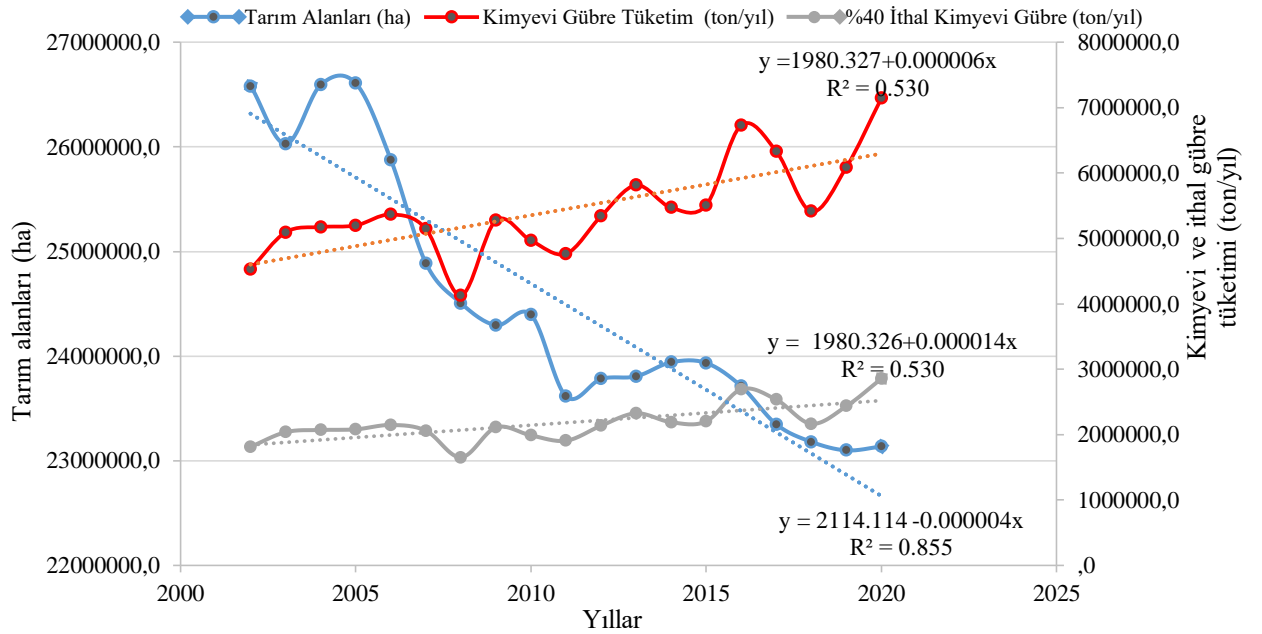
Bir ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m^3 biyogaz elde edilebileceği belirtilmiştir (EİE 2019; Yetiş ve ark., 2019). Biyogazın elektrik enerjisi olarak eşdeğerinin kabulü ise; (Akbulut ve Dikici, 2004; EİE, 2019)'ye göre " 1 m^3 biyogazın elektrik eşdeğeri 4.70 kWh 'dir" (Akbulut ve Dikici, 2004). Türkiye'nin 2019 yılında faturalandırılan elektrik enerjisi tüketimi $229 \ 597 \ 914 \text{ MWh/yıl}$ olarak belirlenmiştir (EPDK, 2019). Türkiye'nin uzun yıllık elektrik enerji tüketiminin aritmetik ortalamasına göre biyogazdan kayıplardan sonra elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı oransal olarak

hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, uzun yıllara göre istatistiksel olarak yorumlanarak tahmin edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Türkiye’de son 19 yıl içinde artan nüfusu beslemek ve azalan tarım alanlarından ihtiyaç duyulan ürünü elde etmek amacıyla büyükbaş hayvan gübresini etkin bir şekilde yönetmenin sonucunda tarımsal-kırsal alanlara, çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabilir (Tablo 1). Bu bağlamda, biyoenerji üretimi sonucunda, elektrik, ısı ve biyogübre üreterek bir gübre yönetimi olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, politika yapıcılarını bir bölgeye biyogübre dağıtımının gerçekleştirilmesi, yenilenebilir enerji seçeneklerinin araştırılması ve planlanmasını destekleyebilirler. Covid-19 krizi zamanında, hayvancılık sektörünün önemli rol oynadığı bağışıklık sisteminde, güçlü ve dayanıklı gıda sağlayan sektörler için yapısal kararların alınması kritik önem taşımaktadır.

Türkiye’de son 19 yıl içinde yıllara bağlı olarak; mevcut tarım alanlarının giderek daraldığı ($y = 2114.114 - 0.000004x$ ve $R^2 = 0.855$) ve bu alanlara uygulanan kimyevi gübre ($y = 1980.327 + 0.000006x$ ve $R^2 = 0.530$) ile ithal edilen kimyevi gübre ($y = 1980.326 + 0.000014x$ ve $R^2 = 0.530$) miktarlarında ise artış olduğu yapılan regresyon analizi ile tahmin edilmiş ve değişim Şekil 1’deki grafik ile verilmiştir.



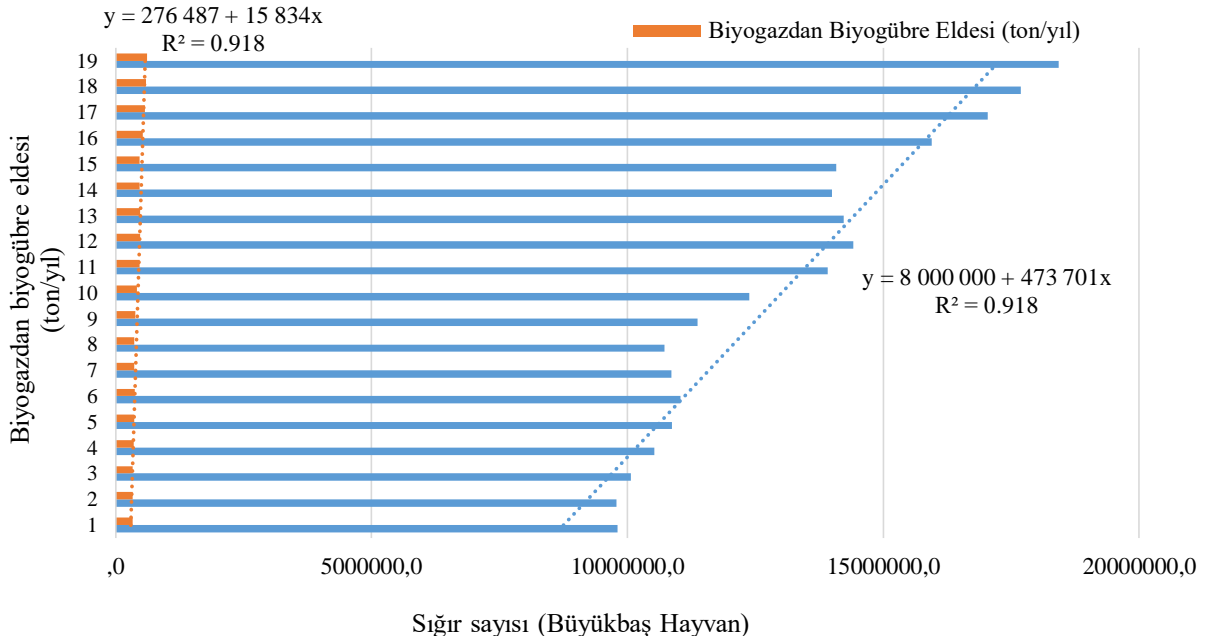
Şekil 1. Türkiye’de tarım alanları ile kullanılan kimyevi gübre ve ithal gübre (2002-2020) durumu

Türkiye’de, sığırlardan elde edilebilen gübre, 19 yılın ortalamasına göre yıllık 70 Tg (teragram) üretilmektedir. Hayvanların beslenme durumları, ahır gübresinin bileşimini etkileyen bir etkidir. Genellikle, hayvan beslemede verilen yemlerdeki organik maddenin ve azotun %50’si, fosforun %60’ı, potasyumun %70’i dışarı atılmaktadır (Zabunoğlu ve Karaçal, 1986). Topraklarda, yüksek oranda N uygulanan alanlarda, azaltma çözümleri aranmalıdır. Aksi durumda, çevre sorunları

oluşabilir. Ahır gübresindeki azotun bitkilerce alınabilir kısmının tamamına yakını topraktan 1 yıl sonra, fosfor için 10 yıl ve potasyum için 5 yıl civarındadır (Tisdale ve ark., 1995).

Gübreinin biyoenerji üretimi yoluyla geri dönüşümü sürecinde, yüksek gübre üretimine sahip bölgelerde, katı ve sıvı fraksiyonlara ayrılmasıyla birlikte güçlendirilmeli, bunun üzerine sızıntı veya gaz emisyonları yoluyla hiçbir besin kaybı olmamalıdır. Çevresel problemler, emisyonlar ve önlenen maliyetler aracılığıyla biyoenerji üretiminin çevresel ve ekonomik katma değeri için büyük bir potansiyel göstermektedir (Sabuncu, 2010).

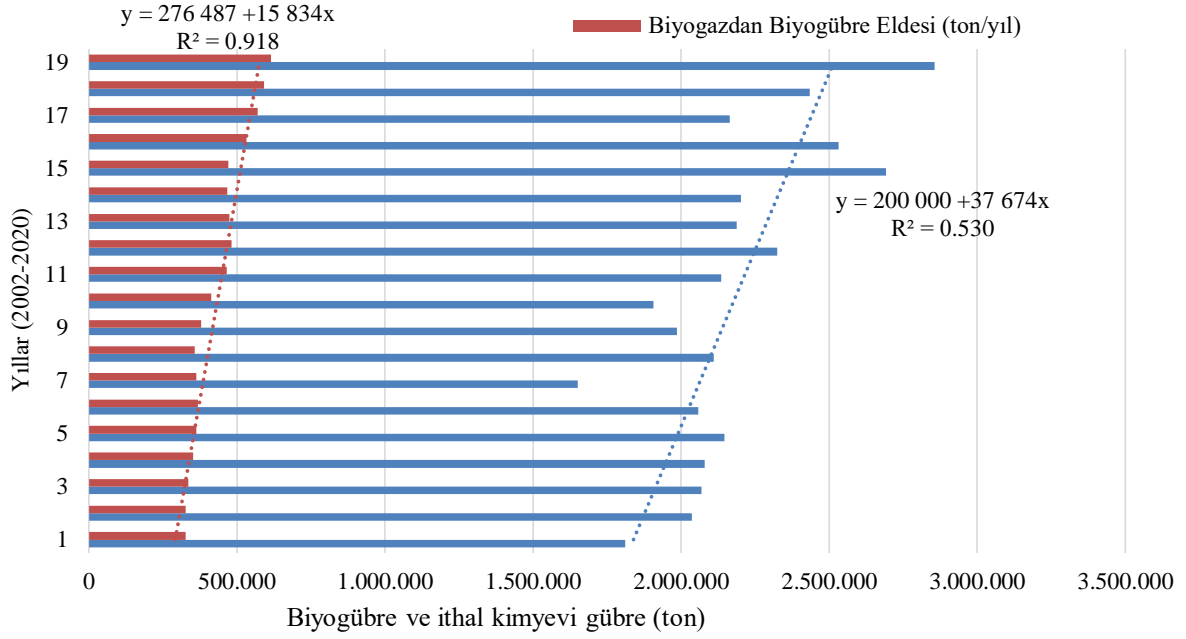
TÜİK, 2002-2020 arası verilerine göre sığır sayılarının 2 katı arttığı ($y = 8\,000\,000 + 473\,701x$ ve $R^2 = 0.918$) ve bu potansiyelden elde edilebilecek biyogaz amaçlı gübre miktarlarında da artış olduğu ($y = 276\,487 + 15\,834x$ ve $R^2 = 0.918$) Şekil 2'deki grafik ile verilmiştir.



Şekil 2. Sığır sayısına bağlı olarak biyogazdan biyogübre elde edilmesi (2002-2020) durumu

Türkiye genelinde toprakların verim kapasitelerinin bazı parametrelere bağlı olarak zayıf olduğu görülmektedir. Buna sebep olarak toprakların, organik maddesinin ve havalanmasının yetersiz, azot ve fosfor içeriğinin düşük, su tutma kapasitesinin az ve ağır bünyeli olması gösterilebilir. Bu nedenle, Türkiye topraklarında başarılı bir organik bitkisel üretim yapabilmek için 2-3 ton/da ahır gübresinin uygulanması verimi yüksek ve kaliteli bitkisel üretim için büyük faydalar sağlayabilecektir (Kızılgöz, 2012). Çalışmada yapılan tahminlere göre Türkiye'deki tüm tarım alanlarına 290 kg/da-yıl biyogübre uygulanabilir.

Türkiye'de 2002-2020 yılları içinde biyogazdan elde edilebilecek biyogübre miktarı ($y = 276\,487 + 15\,834x$ ve $R^2 = 0.918$) ile ithal edilen kimyevi gübre miktarlarındaki değişimler ($y = 200\,000 + 37\,674x$ ve $R^2 = 0.530$) Şekil 3'teki grafik ile verilmiştir.

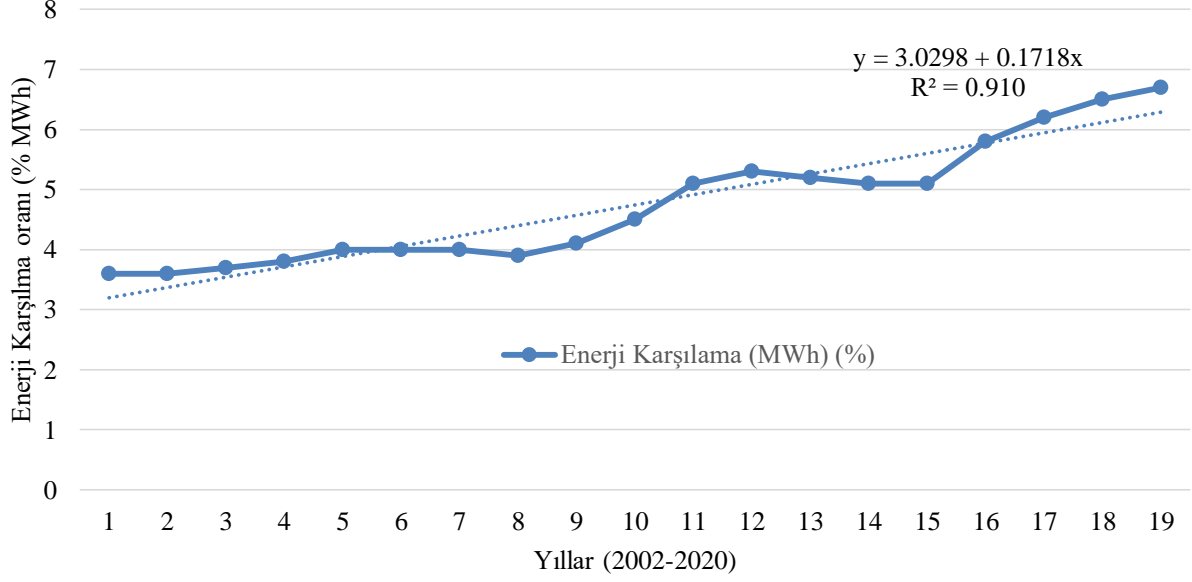


Şekil 3. Türkiye’de 2002-2020 yılları arası ithal kimyevi gübre ile biyogazdan ikame biyogübre durumu

Biyogaz tesisinde üretilen toplam biyogazın %6.3’ü kayıp ve kaçak miktarı olarak kabul edilmiştir (Murphy ve ark., 2004; Murphy ve ark., 2009).

Çevresel fayda bakımından, biyokütle atıklardan oluşan CH₄’ün yakılmaması durumunda 1 m³ depo gazı atmosfere yayıldığında, 9.19 kgCO₂/m³ oluşması beklenmektedir. 1 m³ biyogaz yakıldığında ise 1.96 kgCO₂/m³ oluşur (Sabuncu, 2010).

Biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisinin sığır sayısına bağlı olarak 19 yıl içinde yaklaşık %100 artış gösterdiği, yıllara bağlı olarak enerji karşılama oranı modeli $y = 3.0298 + 0.1718x$ ve $R^2 = 0.910$ olarak tahminlenmiştir. Türkiye’de son 19 yıl içinde biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisinin ülke elektrik enerjisi karşılama oranı (%) Şekil 4’deki grafik ile verilmiştir (Aybek ve ark., 2015; Dağtekin ve ark., 2019).



Şekil 4. Türkiye’de 2002-2020 yılları Biyogazdan elektrik enerjisi karşılama durumu (% MWh)

Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’de son 19 yılın Tarım ve Orman Bakanlığı, TÜİK, BEPA 2020 ve literatür verileri kullanılmıştır. Türkiye nüfusu, tarımsal alanlar ve kimyasal gübre verilerinden yararlanılarak, sığır gübresinin biyogazda kullanılmasıyla elde edilebilecek biyogübrenin kimyasal gübre yerine ikamesi ve diğer kazanımlar tartışılmıştır. Sonuç olarak, biyogübrenin ithal kimyasal gübre ikamesi ile enerji, ekonomi ve ekoloji açısından elde edilen kazanım tahminleri istatistiksel olarak değerlendirilmiş olup; yıllar itibarıyla artan nüfusun aksine daralan tarım alanları tespit edilmiş olup tarım arazilerinin değişimi ortalama ve standart sapma açısından ($24\ 490\ 105 \pm 1\ 203\ 002$) ha, tüketilen kimyasal gübre ($5\ 352\ 716 \pm 600\ 762$) ton ve N ile P içeren toplam biyo-gübre ($434\ 826 \pm 90\ 520$) ton tahmin edilmiştir. Ayrıca kimyasal gübrenin %40’ının ithal edildiği ve bu miktarın ortalama %20’sinin biyogübre ikamesi ile karşılanabileceği tahmin edilmektedir. Biyogazın Türkiye’deki uzun yıllık ortalama verilerine göre elektrik enerjisi tüketiminin %5’ini ikamesinde kullanma potansiyeline sahip olduğu hesaplanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye %50 oranında katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Not: Bu çalışmanın bir kısmı, 20-21/05/2021’de 3rd Bioenergy Studies symposium’da sunulmuştur.

Kaynakça

- Akbulut A., Dikici A. Elazığ ili'nin biyogaz potansiyeli ve maliyet analizi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi 2004; 2(2): 36-41.
- Akova İ. Yenilenebilir enerji kaynakları. Ankara: Nobel; 2008. Yayın No: 1294, 224s.
- Avcıoğlu AO., Türker U. Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. Renew. Sust. Energ. Rev; 2012; 16: 1557-1561.
- Aybek A., Üçok S., İspir MA., Bilgili ME. Türkiye'de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. NKÜ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2015; 12(3): 109-120.
- Aybek A., Üçok S., Bilgili ME., İspir MA. Kahramanmaraş ilinde bazı tarımsal atıkların biyogaz enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2015; 29(2): 25-37.
- Bilgili ME. Adana ilindeki biyokütle potansiyelinin elektrik enerjisi ikamesinde kullanım durumu. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2020; 3(1): 41-47.
- Brady NC. The nature and properties of soil. (10. Ed.) Newyork. MacMillan Publishing Co. Inc. 1990. ISBN: 0-02-313361-9.
- Bukvic Z., Kralik D., Tolisic Z. Biomass methane. Energy efficiency and agricultural engineering. Conference proceedings, 2002; I: 264-270. Rousse, Bulgaria.
- Dağtekin M., Aybek A., Bilgili ME. Adana ve Mersin'de bulunan etlik piliç kümeslerinde oluşan gübrenin biyogaz ve elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2019; 34(2): 9-22.
- EİE Elektrik İşleri. Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. 2019. Ankara.
- EPDK. Elektrik piyasası genel görünümü 2019 Yılı. 2019. Erişim tarihi ve adresi: 06/04/2021. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=GQ2DP33Goq4=>
- Görmüş C. Türkiye'deki hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 78. Tekirdağ. Türkiye, 2018.
- Kapluhan E. Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: Biyokütle enerjisinin dünyadaki ve Türkiye'deki kullanım durumu. Marmara Coğrafya Dergisi 2014; 30: 97-125.
- Karayılmazlar S., Saraçoğlu N., Çabuk Y., Kurt R. Biyokütlenin Türkiye'de enerji üretiminde değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2011; 13(19): 63-75.
- Kızılgöz İ. Organik bitkisel üretimin vazgeçilmez girdisi: Ahır gübresi. Ziraat Mühendisliği Dergisi 2012; 358: 14-17.
- Koç E., Şenel MC. Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu genel değerlendirme. Mühendis ve Makina Dergisi 2013; 54(639): 32-44.
- Murphy JD., McKeogh E., Kiely G. Technical/economic/environmental analysis of biogas utilisation. Applied Energy 2004; 77(4): 407-427.
- Murphy JD., Power N. Technical and economic analysis of biogas production in Ireland utilising three

- different crop rotations. *Applied Energy* 2009; 86(1): 25-36.
- Sabuncu ÖC. Biyogaz üretiminin teknik, ekonomik ve çevresel analizi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara. 2010.
- Sefeodpari P., Pudalko R., Jędrejek A., Kozak M., Borzęcka M. To what extent is manure produced, distributed, and potentially available for bioenergy a step toward stimulating circular bio-economy in Poland. *Energies* 2020; 13(23): 6266.
- Tisdale SL., Nelson WL., Beaton JD., Havlin JL. Soil fertility and fertilizers. 5th (ed) MacMillan Publishing Company. New York. USA. 1995. 684p. ISBN: 0-02-420835-3
- Yağlı H., Koç Y. Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Adana ili örnek hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2019; 34(3): 35-48.
- Yetiş AD., Gazigil L., Yetiş R. Çelikezen B. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli: Bitlis örneği. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 2019; 7(1): 74-78.
- Yılmaz M. Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 2012; 4(2): 33-54.
- Yüksel I. Energy production and sustainable energy policies in Turkey. *Renewable Energy* 2010; 35: 1469-1476.
- Zabunoğlu S., Karaçal İ. Gübreler ve gübreleme. Ankara Üni. Zir. Fak. Yay., Ders Kitabı, 293.329 s. 1986. Ankara.