



Makale / Research Paper

Burdur İlinin Hayvansal ve Bazı Tarımsal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Sertaç GÖRGÜLÜ*

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Burdur/TÜRKİYE

sgorgulu@mehmetakif.edu.tr

Received/Geliş: 22.04.2019

Accepted/Kabul: 18.06.2019

Öz: Dünya çapındaki nüfus artışı ve insanlığın gelişimiyle artan sanayileşme nedeni ile enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde, enerji üretiminde büyük ölçüde çevreye zararlı olan ve tükenme problemi bulunan geleneksel enerji kaynakları kullanılmaktadır. Ülkeler; hem enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmak hem de kullanılan kaynakların çevreye olan etkilerini azaltmak için çevreci olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogazın Burdur ilindeki hayvansal ve bazı tarımsal atıklardan elde edilebilecek potansiyelini araştırmaktır. 2018 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılan bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında hayvan sayısına göre elde edilebilir hayvansal atık miktarı ve biyogaz potansiyelinin hesaplanması yapılarak enerji potansiyel hesabı yapılmıştır. İkinci aşamada ise bazı tarımsal ürünlerin üretim miktarına ve yapılan kabullere göre tarımsal atıklardan elde edilebilir teorik biyokütle potansiyeli bulunarak enerji potansiyeli hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre en fazla potansiyelin merkez ilçede olduğu Burdur ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilir enerji potansiyeli 447733.2 GJ (10693.92 TEP) olarak belirlenmiştir. Bazı tarımsal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyelinin 10296237.93 GJ (245921.42 TEP) olduğu ve en fazla potansiyelin Gölhisar ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Burdur; biyogaz üretimi; hayvansal atıklar; bazı tarımsal atıklar; enerji potansiyeli.

Determination of Biogas Potential from Animal and Some Agricultural Wastes in Burdur Province

Abstract: The demand for energy increases continuously due to the global population increase and the growing industrialization with the advancement of humanity. Today, energy is produced through conventional energy sources, which are environmentally hazardous and bound to exhaust eventually. Therefore, countries have turned to environmentally friendly renewable energy sources to reduce the foreign-source dependency as well as diminishing the effects of the sources used on the environment. This study investigates the potential of biogas, which is one of the renewable energy sources, in Burdur. By using 2018 data of the Turkish Statistical Institute, the research had two steps. In the first part of the research, potential energy calculation was made by calculating the amount of producible renewable animal waste and biogas potential. In the second part, energy potential was calculated by determining theoretical biomass potential that is producible from agricultural waste, which was determined by the production quantities of some agricultural products and admissions made. According to the calculations, the most potential is found to be in the central district of Burdur and renewable energy potential from animal waste is determined to be 447733.2 GJ (10693.92 TOE). The renewable energy potential from some agricultural waste is found to be 10296237.93 GJ (245921.42 TOE), for which the most potential is in Gölhisar.

Keywords: Burdur; biogas production; animal wastes; agricultural wastes; energy potential.

Bu makaleye atıf yapmak için

Görgülü, S., "Burdur İlinin Hayvansal ve Bazı Tarımsal Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(3);543-557.

How to cite this article

Görgülü, S., "Determination of Biogas Potential from Animal and Some Agricultural Wastes in Burdur Province" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2019, 6(3); 543-557.

1. Giriş

Enerji konusu ekonomi ile birlikte ülkelerin gündemini meşgul eden konuların başında gelmektedir. Artan nüfus, kentsel gelişim, yaşam standartlarındaki iyileşme, teknolojik gelişmeler ve sanayileşmeye paralel olarak dünya enerji tüketimi giderek artmaktadır [1, 2].

Fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kaynakları bilinen enerji kaynakları olarak sıralanabilir [3]. Enerji tüketimi günden güne artarken enerji üretiminde ağırlıklı olarak kullanılan fosil yakıt kaynakları ise tükenmektedir [4, 5]. Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) oluşturduğu çeşitli senaryolara göre 2040 yılına kadar dünya birincil enerji kaynaklarının %82'sini oluşturan fosil yakıt kaynaklarının payları nispeten azalmasına rağmen yine de hâkim kaynaklar olmaya devam edeceği öngörülmektedir [6]. Fosil yakıt kaynaklarının tükeniyor olması ve bu yakıtların hava kirliliği, küresel ısınma gibi çevreye olumsuz etkilerinden dolayı küresel ölçekte fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımına alternatifler aranmıştır [7, 8]. Bu arayışın sonucu olarak ülkeler temiz enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimine yönelmiş ve bu alandaki çalışmalar teşvik edilmiştir. Ayrıca enerjide dışa bağımlı ülkeler enerji güvenliğini sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmayı bir devlet politikası haline getirmişlerdir [9]. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen enerjinin kullanımının artmasıyla fosil yakıt kaynaklı çevre sorunları azaltılırken, ülkelerin enerji konusundaki dışa bağımlılıklarını azaltmaya yardımcı olacaktır. [10].

Artan nüfusla beraber büyüyen tarım ve hayvancılık sektöründe ortaya çıkan yüksek miktarlardaki atıklar ve şehirleşme ile beraber düzenli olarak toplanan evsel atıklar, çevre için tehlike oluşturmaktadır [11, 12]. Bahsedilen atıkların bertaraf edilerek enerjiye dönüştürülmesi; bu atıklardan üretilen ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz ile olmaktadır [13]. Yenilenebilir enerji üretiminde kullanılmakta olan biyogaz teknolojisi; çevre ve sağlık sorunlarına yol açtığı bilinen organik atıkların zararsız hale getirilerek enerjiye dönüştürülmesini sağlayan bir teknolojidir [5].

Biyogaz gibi bölgesel biokütle kaynaklarına dayalı yenilenebilir enerji sistemleri ulusal enerji arz güvenliğini artırmaya ve dışa bağımlılığı azaltmaya yardımcı olmaktadır. Biyogaz bir yandan ülkelerin enerji dengesini iyileştirirken diğer yandan doğal kaynakların ve çevrenin korunmasına önemli katkılar sağlamaktadır [5]. Küresel ısınmanın en büyük aktörlerinden biri olan CO₂ salınımı biyogazın yakılmasıyla 1 kWh elektrik üretimi için ortalama 26 g olurken, toz kömür için bu değer ortalama 710 g'dır [14]. Bu salınım değerlerine göre biyogazın küresel ısınma konusunda önemli avantaja sahip olduğu açıktır.

Ülkemiz hayvansal ve tarımsal üretim açısından yüksek bir potansiyele sahiptir ancak bu ürünlerden ortaya çıkan atıklar yeterince değerlendirilmemektedir [3]. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansının raporuna göre Burdur ilinin de içinde bulunduğu Batı Akdeniz bölgesindeki seralarda tarımsal faaliyetlerden ortaya çıkan atıkların büyük bir kısmı biyogaz üretiminde değerlendirilmemekte, ya dere yataklarına atılarak ya da doğrudan yakılarak imha edilmektedir. Her iki durum da çevreye önemli ölçüde zarar vermektedir [15].

Hayvan ve bitki atıklarının biyogaz enerji potansiyelleri konusunda, çok fazla çalışma yapılmaktadır. Literatürdeki daha önce yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak il bazında hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli incelenmiştir [3, 5, 7, 8, 11, 16–22]. Aynı şekilde sadece bitkisel atıkların potansiyelini inceleyen çalışmalar olduğu gibi [4, 23–25], hem hayvansal hem de bitkisel atıkların biyogaz potansiyelini inceleyen çalışmalar da mevcuttur [12, 26, 27].

Gerçekleştirilen bu çalışmada Burdur ilinin biyogaz ve enerji potansiyeli iki aşamada belirlenmeye çalışılmıştır. İlk aşamada il genelinde bulunan hayvan sayısına bağlı olarak hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz ve enerji potansiyeli belirlenmemiştir. İkinci aşamada ise mahsul çeşidine göre bazı tarımsal ürünlerin hasat sonrası ve budama ile elde edilen kullanılmayan kısımlarını içeren ve ürün miktarına göre atık oranını belirten atık/ürün oranı kullanılarak biyogaz enerji potansiyeli belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Burdur ili; Güneybatı Anadolu'da, Göller Bölgesi olarak da adlandırılan Batı Akdeniz Bölgesinde; Akdeniz Bölgesinden Ege ve Orta Anadolu Bölgelerine geçiş alanında, 29°-24' ve 30°-53' Doğu Boylamları ve 36°-53' ve 37°-50' Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır [28].



Şekil 1. Burdur il ve ilçeleri

Yüzölçümü 7175 km² [29] olup, ülke topraklarının yaklaşık yüzde 0,92'ini kaplamaktadır. Ortalama yüksekliği 1000 m olan Burdur, doğu ve güneyinde Antalya, batısında Denizli, güneybatısında Muğla, kuzeyinde Afyon ve Isparta illeri tarafından çevrelenmiştir. Burdur ili merkez ilçe ile birlikte 11 ilçeye sahiptir [30]. Burdur, Akdeniz Bölgesinde yer almasına rağmen kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir iklime sahiptir. İl arazisinin %60.6'sı dağlık, %2.7'si yayla, %19'u ova %17.6'sı engebeldir. Topraklar genel olarak killi ve kireçli bir yapıya sahiptir [28]. Burdur nüfusunun en az üçte ikisi tarım ve hayvancılıkla uğraşmaktadır [31].

Şekil 1'de Burdur ilinin konumu görülmektedir. Tablo 1'de ise Burdur ilçelerinin yüzölçümleri ve il merkezine olan uzaklıkları görülmektedir.

2.2. Yöntem

Bu bölümde Türkiye İstatistik Kurumunun (TUIK) veri tabanlarından alınan 2018 yılı verilerine ve daha önce yapılmış olan çalışmalardan alınan kabullere göre çalışmanın ilk aşamasında hayvan

sayısına göre elde edilebilir hayvansal atık miktarı ve biyogaz potansiyelinin hesaplaması yapılmış ve enerji potansiyel hesabı gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise bazı tarımsal ürünlerin üretim miktarına ve yapılan kabullere göre tarımsal atıklardan elde edilebilir biyokütle ve enerji potansiyelleri hesaplanmıştır.

Tablo 1. Burdur il merkezi ve ilçelerinin yüzölçümleri ve merkeze olan uzaklıkları

İl/İlçe	Alan (km²)	Merkeze olan uzaklık (km)
Merkez	1567	-
Ağlasun	305	32
Altınyayla	221	118
Bucak	1511	45
Çavdır	482	90
Çeltikçi	161	32
Göhlisar	494	107
Karamanlı	372	60
Kemer	373	57
Tefenni	582	70
Yeşilova	1108	60
BURDUR	7175	-

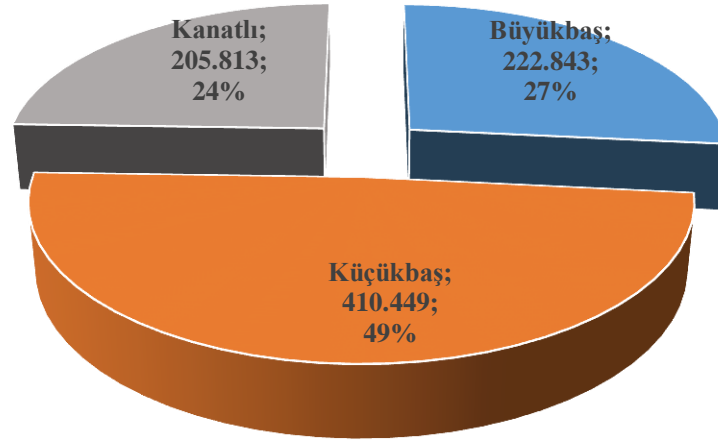
Alınan verilere göre Burdur ilinde büyükbaş olarak; inek, düve, boğa, tosun, küçükbaş olarak; koyun ve keçi, kanatlı hayvan olarak da yumurta tavuğu, hindi, kaz, ördek ve beç tavuğu yetiştirilmektedir. İl genelinde yaşayan hayvan sayısı ile ilgili 2018 yılı verileri Tablo 2’de verilmiştir [32].

Tablo 2. 2018 yılı itibariyle Burdur il genelinde bulunan hayvan sayıları

	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Merkez	75599	105844	78220
Ağlasun	7000	23913	5786
Altınyayla	2750	15187	6925
Bucak	38000	61250	64050
Çavdır	12000	43000	2169
Çeltikçi	7480	17585	1205
Göhlisar	17033	21150	3500
Karamanlı	14500	16473	7377
Kemer	11575	15187	746
Tefenni	10806	32000	30120
Yeşilova	26100	58860	5715
TOPLAM	222843	410449	205813

Tablo 2’deki verilere göre il genelinde bulunan hayvanların yarıya yakını küçükbaş hayvanlar oluştururken, kanatlı hayvanların oranı %24, büyükbaş hayvanların oranı ise %27’dir. Şekil 2’de Burdur il genelinde bulunan toplam hayvan sayılarının oranları görülmektedir.

Elde edilebilir atık miktarının ve elde edilebilir biyogaz potansiyeli hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır [3, 16, 17, 33]. Elde edilebilir atık miktarı (EAM) için;



Şekil 2. İl genelindeki toplam hayvan sayılarının dağılımı

$$EAM = HS \times YYGM \times EE \quad (1)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada HS; hayvan sayısını, YYGM; hayvan başına yıllık yaş gübre miktarını, EE; elde edilebilirlik oranını göstermektedir.

Elde edilebilir biyogaz potansiyeli (EBGP) için;

$$EBGP = EAM \times YB \quad (2)$$

eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitlikte; EAM; 1. eşitlikle bulunan elde edilebilir atık miktarını, YB; 1 ton yaş gübreden elde edildiği kabul edilen biyogaz miktarını göstermektedir.

Tablo 3. Burdur il genelindeki ekili alanlar (dekar)

	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri	Sebzeler	Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler	Nadas alanı
Merkez	16415	19851	250626	4500
Ağlasun	5752	586	38141	2700
Altınyayla	250	237	3688	5250
Bucak	20742	8468	174808	25805
Çavdır	10271	11200	76772	6000
Çeltikçi	2333	3601	29351	3250
Göhlisar	3555	11010	149822	800
Karamanlı	20989	1880	128173	25000
Kemer	1613	140	71203	18837
Tefenni	28117	1900	121124	3000
Yeşilova	42727	5749	196976	3800
TOPLAM	152764	64622	1240684	98942

2018 yılı TUIK verilerine göre Burdur il genelinde yaklaşık olarak 155701 hektar ekilebilen arazi vardır. Bu arazilerin yaklaşık %19'u Burdur il merkezinde bulunmaktadır. İl merkezinden sonra en çok ekilebilen araziler sırasıyla Yeşilova (%16) ve Bucak (%15) ilçelerindedir. Burdur ilindeki ekili alanların %80'ine tahıllar (buğday, arpa, çavdar, mısır, vb.) ve diğer bitkisel ürünler (fasulye, nohut, mercimek, yonca, vb.) ekili iken, %10'unda meyveler, içecek ve baharat bitkileri ekilidir. Sebze

ekili alan ise Burdur ilindeki ekilebilir alanın %4'ünü oluşturmaktadır. Burdur il genelindeki ekilebilir alanlar ile ilgili ayrıntılar Tablo 3'de görülmektedir [32].

2018 yılı TÜİK verilerine göre çalışmanın gerçekleştirildiği Burdur il merkezi ve ilçelerinde alınan 1468603 ton tarla mahsulünün yaklaşık %35'ini mısır oluşturmaktadır. Bunu şeker pancarı, yonca ve buğday takip etmektedir. Bu 4 mahsul tüm mahsulün yaklaşık %65'ine karşılık gelmektedir. Üretilen 46414 ton bahçe mahsulünün %27'sini elma üretimi almaktadır. Bu ürünü armut, üzüm ve kiraz takip etmektedir. Bu ürünler toplam mahsulün yaklaşık %57'sini oluşturmaktadır. Burdur ilindeki seçilen tarla ve bahçe mahsulleri üretim miktarlarının ilçelere göre dağılımları sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir [32]. Üretim miktarları 250 tonun altında olan ürünler gösterilmemiştir.

Tablo 4. İlçelere göre seçilen tarla mahsulleri üretimi miktarları (ton)

	Buğday	Arpa	Mısır	Çavdar	Yulaf	Fasulye	Şeker pancarı	Nohut	Patates	Lahana	Domates
Merkez	22654	26668	75707	3575	6126	21264	34527	221	3236	400	11034
Ağlasun	3229	517	2848	4	1180	159	13	267	-	-	980
Altınyayla	299	14	1000	34	48	9	-	6	12	-	2475
Çavdır	11138	3629	31500	34	503	1512	53788	144	640	-	68321
Çeltikçi	3116	2085	1791	78	1637	1053	-	34	-	177	3355
Bucak	22794	21581	35061	-	6717	189	9789	130	23	120	9293
Göhlisar	25318	8485	81876	4698	2369	657	38189	106	1212	-	33806
Karamanlı	10736	15766	64542	2026	2666	88	13691	507	-	-	2514
Kemer	9375	6331	28787	921	1252	22	836	43	4	-	208
Tefenni	16460	9291	71669	261	2541	36	32366	964	195	-	9505
Yeşilova	24626	13306	41448	3174	8045	241	15647	650	-	86	5407
TOPLAM	149745	107673	436229	14805	33084	25230	198846	3072	5322	783	146898

Tablo 5. İlçelere göre seçilen bahçe mahsulleri üretimi miktarları (ton)

	Üzüm	Elma	Zeytin	Kayısı	Şeftali	Kiraz	Armut	İncir	Badem	Ceviz
Merkez	2473	1950	-	341	1450	1342	1835	2	274	1191
Ağlasun	49	430	17		41	776	3	-	19	295
Altınyayla	-	38	-	7	11	29	14	-	10	73
Çavdır	9	227	-	4	39	52	53	-	25	10
Çeltikçi	82	317	15		98	320	169	-	-	247
Bucak	146	2701	218	20	424	437	2079	393	74	324
Göhlisar	26	493	-	13	60	248	102	-	4	31
Karamanlı	93	216	-	21	27	85	46	-	14	49
Kemer	48	265	-	15	11	49	32	-	4	36
Tefenni	92	3237	-	87	81	957	644	-	39	288
Yeşilova	2134	2570	-		60	508	283	-	96	146
TOPLAM	5152	12444	250	508	2302	4803	5260	395	559	2690

Elde edilen bu verilere göre tarımsal ürün atıklarından teorik biyokütle potansiyeli (TBP) ve elde edilebilir enerji potansiyeli (EEP) hesabı için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır [34].

$$TBP = UM \times AO \times \left(\frac{100-N}{100} \right) \quad (3)$$

Teorik biyokütle potansiyelini hesaplamak için kullanılan Eşitlik 3’de UM; ton olarak yıllık üretilen ürün miktarını, AO; atık/ürün oranını (tarımsal ürünlerin kullanılmayan kısımlarının ürün miktarına oranı) ve N; ürünün ortalama nemini göstermektedir.

$$EEP = TBP \times AID \times EE \quad (4)$$

Elde edilebilir enerji potansiyelini hesaplamak için kullanılan 4. Eşitlikte TBP; 3. Eşitlikle hesaplanan teorik biyokütle potansiyelini, AID; ortalama alt ısı değeri (MJ/kg) ve EE; ortalama elde edilebilirlik yüzdesini göstermektedir.

2.3. Yapılan kabuller

Çalışmada Burdur ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelini belirlemek için Tokat ve Adıyaman illerindeki biyogaz potansiyelini belirlemek için yapılan çalışmalardaki hayvansal atıklar ile ilgili yapılan kabuller kullanılmıştır [16,17]. Hayvan atıklarına erişim oranları için ise Başçetinçelik ve diğ. [33] tarafından yapılan çalışmadaki oranlar alınmıştır. Burdur ilindeki tarımsal atıkların biyogaz potansiyelini belirlemek için literatürde daha önce yapılan çalışmalardaki veriler kullanılmıştır [33–39].

Hayvansal atıklar ile ilgili kabuller

Büyükbaş hayvandan yılda 3.6 ton yaş gübre elde edilirken, küçükbaş hayvandan yılda 0.7 ton yaş gübre edildiği ve bir kanatlı hayvandan ise yılda 0.022 ton yaş gübre elde edildiği kabul edilmiştir [16, 17]. Elde edilebilen büyükbaş hayvan gübrelerinin % 65, küçükbaş gübrelerinin % 13 ve kümes hayvanları gübrelerinin % 99 olduğu geri kalan kısmın meralarda kaybolduğu kabul edilmiştir [33]. Ayrıca, 1 ton yaş sığır gübresinden yılda 33 m³ biyogaz, 1 ton yaş kümes hayvanı gübresinden yılda 78 m³ biyogaz, 1 ton koyun gübresinden ise yılda 58 m³ biyogaz elde edileceği kabul edilmiştir [16, 17]. Hayvansal atıkların ısı değeri 22.7 MJ/m³ olarak alınmıştır [33].

Seçilen tarla mahsullerinin ürün bilgisi, atık tipi, nem bilgisi, atık/ürün oranı, alt ısı değeri ve elde edilebilirliği ile ilgili kabuller Tablo 6’da verilmiştir [33–39].

Tablo 6. Seçilen tarla mahsullerinin atık tipi, nem bilgisi, atık/ürün oranı, alt ısı değeri ve elde edilebilirliği

Ürünler	Atık tipi	Nem (%)	Atık/ürün oranı	Alt ısı değeri (MJ/kg)	Elde edilebilirlik (%)
Buğday	Saman	13	1.13	16.7	15
Arpa	Saman	13	1.22	18.5	15
Çavdar	Saman	15	0.99	17.4	15
Yulaf	Saman	12	0.37	18.5	15
Fasulyeler	Kök ve yaprak	5	1.45	14.7	15
Şeker pancarı	Yaprak	75	0.13	16.6	15
Mısır	Sap	16	1.88	17	60
	Koçan	8	0.57	15.5	60
Nohut	Kök ve yaprak	15	1.3	15.6	90
Patates	Kök ve yaprak	60	0.45	13.6	95
Lahana	Kök ve yaprak	85	2.5	12.4	95
Domates	Kök ve yaprak	85	0.3	19.5	95

Seçilen bahçe mahsullerinin ürün bilgisi, atık tipi, nem bilgisi, atık/ürün oranı, alt ısıl değeri ve elde edilebilirliği ile ilgili kabuller ise Tablo 7’de verilmiştir [34–36].

Tablo 7. Seçilen bahçe mahsullerinin atık tipi, nem bilgisi, atık/ürün oranı, alt ısıl değeri ve elde edilebilirliği

Ürünler	Atık tipi	Nem (%)	Atık/ürün oranı	Alt ısıl değer (MJ/kg)	Elde edilebilirlik (%)
Üzüm	Budama	45	0.42	18	80
Elma	Budama	40	0.19	17.8	80
Kayısı	Budama	40	0.19	20	80
Şeftali	Budama	40	0.4	18.2	80
Kiraz	Budama	40	0.19	21.7	80
Armut	Budama	38	0.22	18.2	80
İncir	Budama	55	0.21	18.2	80
Badem	Budama	38	0.61	18.2	80
Ceviz	Budama	38	0.44	19	50
Zeytin	Budama	40	1.2	18.5	50

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde nüfusunun geneli tarım ve hayvancılıkla uğraşan Burdur ilinin sırasıyla hayvansal ve bazı tarımsal atıkların biyogaz ve enerji potansiyelleri hesaplanarak sunulmuştur.

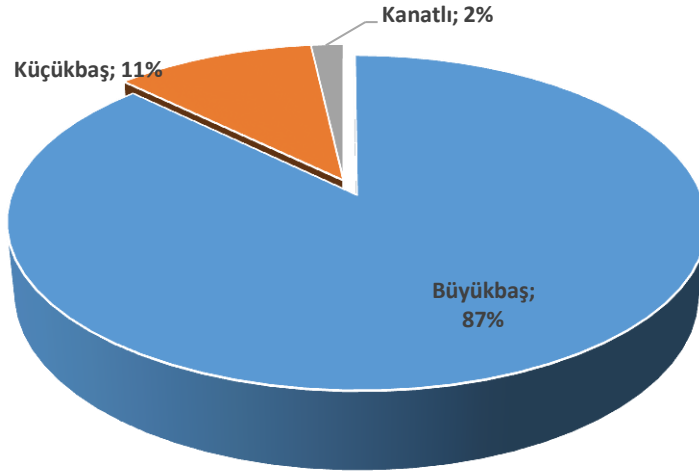
3.1. Hayvansal atıkların potansiyeli

Burdur ilinde toplam 839105 adet hayvan bulunmaktadır [32]. Hayvan sayısına ve 2. Bölümde sunulan kabul ve formüllere göre Burdur il merkezi ve ilçelerinde yılda elde edilebilir atık miktarı hesaplanarak Tablo 8’de sunulmuştur. Bu tabloya göre Burdur ilindeki elde edilebilir yıllık atık miktarı 563286.1 tondur ve bu miktarın 1/3’ü merkez ilçeden sağlanmaktadır. Merkez ilçeyi Bucak ve Yeşilova ilçeleri takip etmektedir.

Tablo 8. Hayvan sayısına göre elde edilebilir atık miktarları

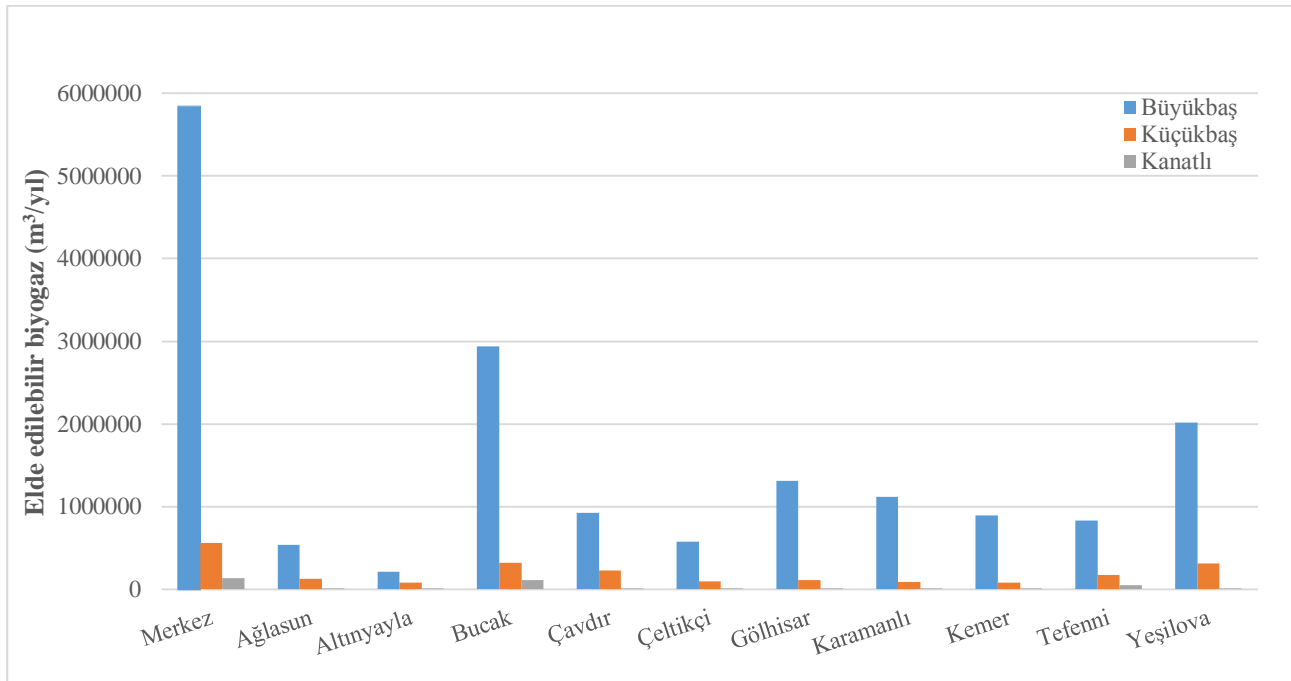
	Büyükbaş		Küçükbaş		Kanath		Toplam atık miktarı (ton/yıl)
	Hayvan sayısı (adet)	Atık miktarı (ton/yıl)	Hayvan sayısı (adet)	Atık miktarı (ton/yıl)	Hayvan sayısı (adet)	Atık miktarı (ton/yıl)	
Merkez	75599	176901.66	105844	9631.80	78220	1703.63	188237.10
Ağlasun	7000	16380	23913	2176.08	5786	126.02	18682.10
Altınyayla	2750	6435	15187	1382.02	6925	150.83	7967.84
Bucak	38000	88920	61250	5573.75	64050	1395.01	95888.76
Çavdır	12000	28080	43000	3913	2169	47.24	32040.24
Çeltikçi	7480	17503.20	17585	1600.24	1205	26.24	19129.68
Göhlisar	17033	39857.22	21150	1924.65	3500	76.23	41858.10
Karamanlı	14500	33930	16473	1499.04	7377	160.67	35589.71
Kemer	11575	27085.50	15187	1382.02	746	16.25	28483.76
Tefenni	10806	25286.04	32000	2912	30120	656.01	28854.05
Yeşilova	26100	61074	58860	5356.26	5715	124.47	66554.73
TOPLAM	222843	521452.62	410449	37350.86	205813	4482.61	563286.09

Hayvan türüne göre elde edilebilir biyogaz miktarı ile ilgili grafik Şekil 3’de verilmiştir. Buna göre Burdur il merkezi ve ilçelerinden elde edilebilir biyogaz potansiyelinin %87’si büyükbaş hayvanlardan, %11’i küçükbaş hayvanlardan, kalan %2’si ise kanatlı hayvanlardan oluşmaktadır.



Şekil 3. Hayvan atıklarından elde edilebilir biyogaz potansiyeli

Yıllık elde edilebilir biyogaz potansiyeli ilçe detayında değerlendirildiğinde büyükbaş hayvandan elde edilen potansiyelin en fazla olduğu ilçe 5837754.78 m³/yıl ile merkez ilçe, en az olduğu ilçe ise 212355 m³/yıl ile Altınyayla’dır. Küçükbaş hayvandan elde edilen potansiyelin en fazla olduğu ilçe 558644.63 m³/yıl yine merkez ilçe iken, en az olduğu ilçeler 80157 m³/yıl ile Altınyayla ve Kemer’dir. Kanatlı hayvandan elde edilen potansiyel diğer hayvanlara göre nispeten düşük olmakla birlikte en fazla 132883.26 m³/yıl ile yine merkez ilçede, en az ise 1267.33 m³/yıl ile Kemer ilçesindedir. Bu durumu gösteren grafik Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. İlçelere ve hayvan türlerine göre elde edilebilir biyogaz potansiyeli

Burdur il genelindeki hayvansal atıklarından elde edilebilecek olan biyogaz miktarı ve enerji potansiyeli Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Toplam elde edilebilir biyogaz miktarı ve enerji potansiyeli

Hayvan Türü	Elde edilebilir toplam biyogaz miktarı (m ³ /yıl)	Elde edilebilir enerji potansiyeli (GJ/yıl)
Büyükbaş	17207936.46	390620.16
Küçükbaş	2166349.82	49176.14
Kanatlı	349643.36	7936.90
TOPLAM	19723929.64	447733.20

3.2. Tarımsal atıkların potansiyeli

2018 yılı TUIK verilerine göre Burdur il genelinde yaklaşık olarak 1515 bin ton tarımsal ürün elde edilmiştir. Çalışma için seçilen tarımsal ürünlerin 2018 yılındaki üretim miktarı ise 1156 bin tondur [32]. Seçilen tarla mahsullerinin ilçelere göre elde edilebilir biyokütle potansiyeli Tablo 10'da verilmiştir. Bu tabloya göre; tarla mahsullerinden elde edilebilir en yüksek biyokütle potansiyeli 77579.15 ton ile Gölhisar ilçesinin mısır sapı üretiminden, en düşük biyokütle potansiyeli ise 0.06 ton ile Ağlasun ilçesinin şeker pancarı üretiminden elde edilmektedir. İkinci en yüksek ve en düşük potansiyele bakıldığında ise bunlar sırasıyla; 71733.90 ton ile merkez ilçenin mısır üretiminden ve 0.5 ton ile Ağlasun ilçesinin çavdar üretiminden elde edilmektedir.

İl genelindeki seçilen tarla mahsullerinin toplam biyokütle potansiyeline bakıldığında en yüksek iki potansiyelin mısır üretiminden, en düşük iki potansiyelin ise lahana ve patates üretiminden elde edildiği görülmektedir.

Tablo 10. İlçelere göre seçilen tarla mahsullerinin biyokütle potansiyeli (ton)

	Buğday	Arpa	Mısır (sap)	Mısır (koçan)	Çavdar	Yulaf	Fasulye	Şeker pancarı
Merkez	3340.67	4245.81	71733.90	23820.45	451.25	299.19	4393.67	168.32
Ağlasun	476.16	82.31	2698.54	896.09	0.50	57.63	32.85	0.06
Altınyayla	44.09	2.23	947.52	314.64	4.29	2.34	1.86	-
Çavdır	1642.47	577.77	29846.88	9911.16	4.29	24.57	312.42	262.22
Çeltikçi	459.50	331.95	1697.01	563.52	9.85	79.95	217.58	-
Bucak	3361.32	3435.91	33221	11031.59	-	328.06	39.05	47.72
Gölhisar	3733.52	1350.90	77579.15	25761.46	593.01	115.70	135.75	186.17
Karamanlı	1583.18	2510.10	61154.84	20307.49	255.73	130.21	18.18	66.74
Kemer	1382.48	1007.96	27276.26	9057.54	116.25	61.15	4.55	4.08
Tefenni	2427.27	1479.22	67907.81	22549.93	32.94	124.10	7.44	157.78
Yeşilova	3631.47	2118.45	39272.81	13041.20	400.64	392.92	49.80	76.28
TOPLAM	22082.15	17142.62	413335.70	137255.09	1868.76	1615.82	5213.15	969.37

Tablo 10. (devamı)

	Nohut	Patates	Lahana	Domates
Merkez	383.78	553.36	142.50	471.70
Ağlasun	463.66	-	-	41.90
Altınyayla	10.42	2.05	-	105.81
Çavdır	250.06	109.44	-	2920.72
Çeltikçi	59.04	-	63.06	143.43
Bucak	225.75	3.93	42.75	397.28
Gölhisar	184.07	207.25	-	1445.21

Karamanlı	880.43	-	-	107.47
Kemer	74.67	0.68	-	8.89
Tefenni	1674.03	33.35	-	406.34
Yeşilova	1128.76	-	30.64	231.15
TOPLAM	5334.68	910.06	278.94	6279.89

Seçilen bahçe mahsullerinin ilçelere göre elde edilebilir biyokütle potansiyeli Tablo 11’de verilmiştir. Bu tabloya göre; bahçe mahsullerinden elde edilebilir en yüksek biyokütle potansiyeli 457.01 ton ile merkez ilçenin üzüm üretiminden, en düşük biyokütle potansiyeli ise 0.15 ton ile yine merkez ilçenin incir üretiminden elde edilmektedir. İkinci en yüksek ve en düşük potansiyele bakıldığında ise bunlar; 394.36 ton ile Yeşilova ilçesinin üzüm üretiminden ve 0.33 ton ile Ağlasun ilçesinin armut üretiminden elde edilmektedir.

İl genelindeki seçilen bahçe mahsullerinin toplam biyokütle potansiyeline bakıldığında en yüksek iki potansiyelin elma ve üzüm üretiminden, en düşük iki potansiyelin ise incir ve kayısı üretiminden elde edildiği görülmektedir.

Tablo 11. İlçelere göre seçilen bahçe mahsullerinin biyokütle potansiyeli (ton)

	Üzüm	Elma	Zeytin	Kayısı	Şeftali	Kiraz	Armut	İncir	Badem	Ceviz
Merkez	457.01	177.84	-	31.10	278.40	122.39	200.24	0.15	82.90	162.45
Ağlasun	9.06	39.22	9.79	-	7.87	70.77	0.33	-	5.75	40.24
Altınyayla	-	3.47	-	0.64	2.11	2.64	1.53	-	3.03	9.96
Çavdır	1.66	20.70	-	0.36	7.49	4.74	5.78	-	7.56	1.36
Çeltikçi	15.15	28.91	8.64	-	18.82	29.18	18.44	-	-	33.69
Bucak	26.98	246.33	125.57	1.82	81.41	39.85	226.86	29.71	22.39	44.19
Göhlisar	4.80	44.96	-	1.19	11.52	22.62	11.13	-	1.21	4.23
Karamanlı	17.19	19.70	-	1.92	5.18	7.75	5.02	-	4.24	6.68
Kemer	8.87	24.17	-	1.37	2.11	4.47	3.49	-	1.21	4.91
Tefenni	17.00	295.21	-	7.93	15.55	87.28	70.27	-	11.80	39.28
Yeşilova	394.36	234.38	-	-	11.52	46.33	30.88	-	29.05	19.91
TOPLAM	952.09	1134.89	144	46.33	441.98	438.03	573.97	29.86	169.13	366.92

İl genelindeki tarla mahsullerinin enerji potansiyeline bakıldığında en yüksek enerji potansiyelinin mısırdan elde edildiği görülmektedir.

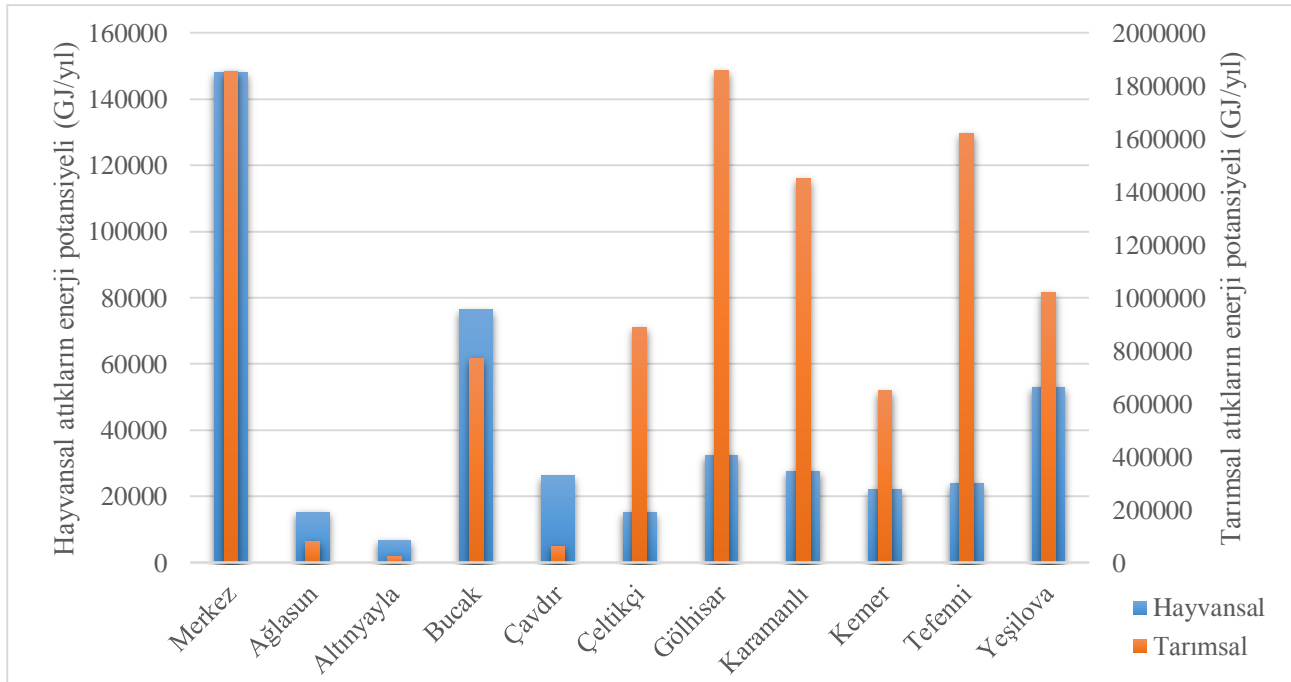
Tablo 12. İl genelindeki tarla mahsullerinden elde edilebilir enerji potansiyeli

Ürün	Elde edilebilir enerji potansiyeli (GJ/yıl)
Buğday	368771.85
Arpa	317138.44
Mısır	9154160.87
Çavdar	32516.44
Yulaf	29892.72
Fasulye	76633.29
Şeker pancarı	16091.61
Nohut	83221.03
Patates	12376.84
Lahana	3458.90
Domates	122457.85
TOPLAM	10216719.84

Mısırdan elde edilebilir enerji potansiyeli tüm ürünlerden elde edilebilir potansiyelin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Burdur ilinin tarla mahsullerinden elde edilebilir enerji potansiyeli Tablo 12'de verilmiştir. İl genelindeki bahçe mahsullerinin enerji potansiyeline bakıldığında en yüksek enerji potansiyelinin elmadan elde edildiği görülmektedir. Tüm bahçe mahsullerinden elde edilebilir enerji potansiyelinin yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'ü elma üretiminden oluşmaktadır. Bahçe mahsullerinden elde edilebilir enerji potansiyeli Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. İl genelindeki bahçe mahsullerinden elde edilebilir enerji potansiyeli

Ürün	Elde edilebilir enerji potansiyeli (GJ/yıl)
Üzüm	17137.61
Elma	20201.09
Zeytin	2664
Kayısı	926.59
Şeftali	8044.11
Kiraz	9505.33
Armut	10446.28
İncir	543.49
Badem	3078.18
Ceviz	6971.40
TOPLAM	79518.09



Şekil 5. İlçelere göre atıkların enerji potansiyelleri

İlçelere göre atıkların enerji potansiyelleri Şekil 5'de görülmektedir. Grafiğe göre tarımsal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçeler il merkezi ve Gölhisar ilçesidir. Hayvansal atık potansiyelinin en yüksek olduğu ilçeler arasında yine merkez ilçe ilk sırada gelirken, Bucak ilçesi ikinci sıradadır. Her iki atık potansiyelinin en düşük olduğu ilçe Altınyayla ilçesidir.

4. Sonuçlar

Çalışmanın gerçekleştirildiği Burdur ili, hem tarım hem de hayvancılık potansiyeli olan bir ildir. 2018 yılı TÜİK verileri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda il genelinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek potansiyelin yıllık 447733.2 GJ (10693.92 TEP), bazı tarımsal atıklardan elde edilebilecek potansiyelin yıllık 10296237.93 GJ (245921.42 TEP) olduğu bulunmuştur. İlin değerlendirilmeyi bekleyen yaklaşık 257 kTEP'lik bir enerji potansiyeli mevcuttur. Ancak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlasına göre Burdur ilinde biyokütle kaynaklı lisanslı veya lisanssız elektrik üretim santrali bulunmamaktadır [40].

Türkiye; iklimsel özellikleri nedeniyle tarım ve hayvancılık ürünleri açısından oldukça büyük çeşitliliğe sahiptir. Aynı zamanda ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında bulunmakta ve enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Enerji ithal eden ülkeler açısından enerji güvenliğini sağlamak için yerli kaynakların kullanımı oldukça önemlidir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisinin kullanımına yönelik özellikle hayvansal atıkların potansiyeli ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Ancak tarımsal atık kaynaklı potansiyel yeteri kadar değerlendirilmemektedir. Ağırlıklı olarak üretimi yapılan tarımsal ürün atıklarının enerjiye dönüştürülmesi hem ekonomik yönden hem de enerji güvenliği yönünden önem arz etmektedir.

Sonuç olarak ilde özellikle tarımsal atık kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi hem ekonomiye hem de enerji güvenliğine büyük katkı sağlayacaktır. İlde bulunan Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nin Bölgesel Kalkınma Amaçlı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması programı kapsamında hayvancılık alanında pilot üniversite seçilmesinin mevcut potansiyelin artmasına ve değerlendirilmesine olumlu katkı sağlayacağı açıktır.

Kaynaklar

- [1]. Kılıç A.M., “Turkey’s main energy sources and importance of usage in energy sector”, *Energy Exploration & Exploitation*, 2016, 24 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1260/014459806779388001>.
- [2]. Akyürek Z., “Potential of biogas energy from animal waste in the Mediterranean Region of Turkey”, *Journal of Energy Systems*, 2018, 2 (4): 160–167. Doi:10.30521/jes.455325.
- [3]. Demir Yetiş A., Gazigil L., Yetiş R., Çelikezen B., “Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli: Bitlis örneği”, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2019, 7 (1): 74–78. Doi: 10.21541/apjes.405308.
- [4]. Kuş E., Yıldırım Y., Çokgez Kuş A., Demir B., “Iğdır ili tarımsal biyokütle potansiyeli ve enerji eşdeğeri”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2016, 6 (1): 65–73.
- [5]. Karaca C., “Hatay ilinin hayvansal gübre kaynağından üretilebilir biyogaz potansiyelinin belirlenmesi”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2017, 22 (1): 34–39.
- [6]. 1 Ocak 2017 itibarıyla Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. [http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi 15/Sayi 15.html](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi%2015/Sayi%2015.html). (Erişim zamanı; Şubat, 11, 2019).
- [7]. Kurnuç Seyhan A., Badem A., “Erzincan ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin araştırılması”, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2018, 6 (1): 25–35.
- [8]. Salihoğlu N.K., Teksoy A., Altan K., “Büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Balıkesir ili örneği”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019, 8 (1): 31–47. Doi: 10.28948/ngumuh.516798.
- [9]. Bulut U., Muratoğlu G., “Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus”, *Energy Policy*, 2018, 123: 240–50. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.057>.

- [10]. Casanova-Pelaez P., Palomar-Carnicero J., Manzano-Agugliaro F., Cruz-Peragon F., “Olive cake improvement for bioenergy: the drying kinetics”, *Int J Green Energy*, 2015, 12 (6): 559–569. <http://dx.doi.org/10.1080/15435075.2014.880347>.
- [11]. Nacar Koçer N., Kurt G., “Malatya’da hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi”, *Sakarya University Journal of Science*, 2013, 17 (1): 1–8.
- [12]. Tunçez F.D., “Ereğli ilçesinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2018, 1 (1): 1–7.
- [13]. Tınmaz Köse E., “Trakya bölgesinde hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sayısal haritaların oluşturulması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2017, 23 (6): 762–772. Doi: 10.5505/pajes.2016.33600.
- [14]. Melikoğlu M., “Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey’s renewable energy projection”, *Renewable Energy*, 2013, 50: 570 – 755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.07.032>
- [15]. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, *Biyokütle sektör raporu*, Eylül 2012. <https://www.baka.org.tr/uploads/1349952570BiYOKUTLE-SEKTOR-RAPORU-11EYLUL.pdf> (Erişim zamanı; Ocak, 15, 2019).
- [16]. Bayrak Işık E.H., Polat F., “The biogas potential that can be obtained from the animal wastes of Tokat province”, *Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research*, 2018, 7 (3): 93–100
- [17]. Baran M.F., Lüle F., Gökdoğan O., “Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli”, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2017, 4 (3): 245–249.
- [18]. Altıkat S., Çelik A., “Iğdır ilinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2012, 2 (1): 61–66.
- [19]. Çağlayan G., Koçer N., “Muş ilinde hayvan potansiyelinin değerlendirilerek biyogaz üretiminin araştırılması”, *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2014, 2 (1): 215–220.
- [20]. Avcıoğlu A.O., Çolak A., Türker U., “Türkiye’nin tavuk atıklarından biyogaz potansiyeli”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2013, 20 (1): 21–28.
- [21]. Taşova M., Ergüneş G., “Determination of biomass potential and energy values of walnut (*Juglans regia* L.) wastes: Case of Tokat province”, *International Scientific and Vocational Journal (ISVOS JOURNAL)*, 2018, 2(2): 67–72.
- [22]. Taşova M., Yazarel S., “Yozgat ili hayvansal kaynaklı atıkların biyogaz ve enerji potansiyellerinin belirlenmesi”, *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2019, 2(1): 16–24.
- [23]. Külcü R., “Afyonkarahisar ilinin tarımsal biyokütle potansiyelinin incelenmesi”, *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2016, 1 (2): 1–9.
- [24]. Nacar Koçer N., Kurt G., “Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2010, 26 (3): 240–247.
- [25]. Aybek A., Üçok S., Bilgili E., İspir M.A., “Kahramanmaraş ilinde bazı tarımsal atıkların biyogaz enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2015, 29 (2): 25 –37.
- [26]. Alibaş İ., Özsoy G., Eliçin A.K., “Diyarbakır ili tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi”, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2015, 11 (1): 75–87.
- [27]. Demir M., “Kars ilinin biyokütle enerji potansiyeli ve kullanılabilirliği”, *Türk Coğrafya Dergisi*, 2017, 68: 31–41.
- [28]. Burdur İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <http://www.burdurkulturturizm.gov.tr/TR-70043/genel-bilgiler.html> (Erişim zamanı; Mart, 20, 2019).
- [29]. Harita Genel Müdürlüğü, il ve ilçe yüzölçümleri. <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri> (Erişim zamanı; Mart, 10, 2019).
- [30]. Burdur ili 2016 yılı çevre durum raporu, Burdur Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2017. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Burdur_icdr2016\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Burdur_icdr2016(1).pdf) (Erişim zamanı; Mart, 20, 2019).

- [31]. Burdur Valiliği. <http://www.burdur.gov.tr/tarim-ve-hayvancilik-sehri-burdur> (Erişim zamanı; Mart, 20, 2019).
- [32]. TÜİK istatistik verileri, 2018. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim zamanı; Mart, 1, 2019).
- [33]. Başçetinçelik ve diğ., “A guide on exploitation of agricultural residues in Turkey, agro-waste - exploitation of agricultural residues in Turkey project”, EU- Life Programme Project, Project No: LIFE03 TCY/TR/000061, (2006).
- [34]. Avcioğlu A.O., Dayioğlu M.A., Türker U., “Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey”, *Renewable Energy*, 2019, 138: 610–619. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.053>.
- [35]. Ünal H., Alibaş K., “Agricultural residues as biomass energy”, *Energy Sources, Part B*, 2007, 2: 123–140. Doi: 10.1080/15567240600629401.
- [36]. Özyuğuran A., Yaman S., Küçükbayrak S., “Prediction of calorific value of biomass based on elemental analysis”, *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 2018, 02 (03): 254–260.
- [37]. Darguža M., Gaile Z., “Productivity of crop rotation measured as energy produced by included plants: A review”, *Agricultural Sciences (Crop Sciences, Animal Sciences), Research for Rural Development*, 2018, 2: 20–27. Doi: 10.22616/rrd.24.2018.046.
- [38]. Khiari B., Moussaoui M., Jeguirim M., “Tomato-Processing By-Product Combustion: Thermal and Kinetic Analyses”, *Materials*, 2019, 12 (4): 553–563. Doi:10.3390/ma12040553
- [39]. Supakata N., Kuwong N., Thaisuwan J., and Papong S., “The application of rice husk and cabbage market waste for fuel briquette production”, *International Journal of Renewable Energy*, 2015, 10 (2): 27–36.
- [40]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası. <http://bepa.yegm.gov.tr/> (Erişim zamanı; Nisan, 15, 2019).