

TRAKYA BÖLGESİNDE TARIMSAL ATIKLARIN BİYOGAZ ENERJİ POTANSİYELİ

Esra TINMAZ KÖSE

Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
Çorlu/Tekirdağ/Türkiye

ÖZET

Fosil kaynakların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması hem kaynakların etkili kullanımını hem de çevresel açıdan büyük öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisi, hem Dünya'da hem de Ülkemizde oluşturulan enerji politikalarında önemle ele alınan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarımsal atıkların biyokütle olarak enerji üretiminde kullanılması hem de atıklardan enerji eldesi hem atık bertarafı konularında etkin bir atık yönetim stratejisidir. Bu çalışma kapsamında, Trakya Bölgesi'ndeki tarım alanlarındaki tarımsal atıklardan oluşan bitkisel biyokütlenin biyogaz potansiyeli ve enerji değeri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin 2017 yılı bitkisel üretim verileri kullanılarak hesaplanmış ve Bölge'de bitkisel biyokütleden elde edilebilecek biyogazın miktarı ve enerji değeri sırasıyla, 20037585.44 m³ 10861.89 TEP/yıl olarak bulunmuştur. Böylelikle bölgenin enerji ihtiyacının karşılanabilmesi adına alternatif bir enerji kaynağının potansiyelini ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Biyogaz, Biyogaz potansiyeli, Biyokütle, Enerji, Tarımsal atık, Trakya Bölgesi*

ABSTRACT

The widespread use of renewable energy sources instead of fossil resources has great importance both for the efficient use of resources and for the environment. Biomass energy, which is one of the renewable energy sources, is an important issue that is dealt with in energy policies created both in the world and in our country. The use of agricultural wastes in energy production as a vegetable biomass is an effective waste management strategy in terms of both waste disposal and energy generation. In this study, the biogas potential and energy value of the vegetable biomass occurring from agricultural areas in the Thrace Region were calculated according to vegetable production data of the years of 2017 obtained from Turkish Statistics Agency (TÜİK) and the amount and energy value of biogas were found 20037585.44 m³ and 10861.89 TEP/year, respectively. Thus, the potential of an alternative energy source has been demonstrated in order to meet the energy needs of the region.

Key words: *Biogas, Biogas potential, Biomass, Energy, Agricultural waste, Thrace Region*

GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi ve gün geçtikçe azalan doğal kaynakların etkin kullanımının sağlanabilmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik politikaların ve stratejilerin belirlenmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmiştir [1]

Enerji üretimi için doğal süreçlerden yararlanılan, kullanılan kaynakların tükenme hızından çok daha hızlı bir sürede kendini yenileyebilen enerji kaynakları olarak tanımlanan yenilenebilir enerji kaynakları, hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan kaynakları ifade eder [2].

Günümüzde, küresel enerjinin yüzde 80'i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmektedir [3]. Ülkemizde ise bu oran %86'dır ve ihtiyaç duyulan enerjinin 73'ü ithal edilmektedir [4]. 2013 yılında, dünyada tüketilen enerjinin %91,1'lik kısmının (11662,6 MTEP) yenilenemez enerji kaynaklarından, %8,9'luk kısmının (1144,6 MTEP) ise

yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı görülmüştür [5]. 2014 verileri incelendiğinde ise tüketilen enerjinin %90,7'sinin (11732,5 MTEP) yenilenemez enerji kaynaklarından, %9,25'inin (1195,9 MTEP) ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığı belirlenmiştir [5]. Dünya genelinde 2020 yılında yenilenebilir kaynaklardan yapılacak üretim 2,3-3,3 MTEP (milyon ton petrol eşdeğeri) sınırlarında bulunacaktır [6]. Türkiye'de 2014 yılı birincil enerji tüketim miktarı değerlendirildiğinde; toplam tüketimin büyük bir kısmının yenilenemez enerji kaynaklarından karşılandığı (%90,5), toplam tüketimin %2,72, yenilenemez enerji tüketiminin %6,7, yenilenebilir enerji tüketim miktarının ise azaldığı (2013 yılı 15,7 MTEP, 2014 yılı 11.9 MTEP) tespit edilmiştir [5]. 2023 yılı için oluşturulan enerji strateji planları kapsamında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının %30'a çıkarılması hedeflenmektedir [3]. Enerji talebinin karşılanmasında konusundaki dışa bağımlılığın ekonomik baskı unsuru olması nedeniyle ülkemizde enerji kanununda çeşitli düzenlemeler yapılmış ve enerji konusunda teşvik uygulamaları gündeme gelmiştir. Bu kapsamda biyokütle ve güneş enerjisine en yüksek teşvikler verilirken, en düşük teşvikler rüzgâr enerjisi ile hidroelektrik enerjisine verilmektedir [7].

Çevre kirliliği yaratmayan ve sürdürülebilirliği yüksek olan enerji kaynakları sıralamasında ilk sıralarda yer alan biyokütle enerjisi, birçok yerde üretilebilme kolaylığı, üretim ve çevrim teknolojileri hakkında sahip olunan bilgi düzeyi, her ölçekte enerji üretimine imkan verebiliyor olması, düşük düzeydeki ışık şiddetlerinin ve 5-35°C arasındaki sıcaklıkların üretim için yeterli olması, depolanabilme özelliği, sosyoekonomik faydaları, atmosferde CO₂ dengesinin sağlanması konusundaki olumlu etkileri, asit yağmurlarına neden olmaması ve diğer enerji kaynaklarına göre daha az sera etkisine neden olması gibi konulardan dolayı çevre dostu enerji kaynağı olması, biyokütle enerjisini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının bir adım önüne çıkarmaktadır [8, 9].

Organik karbon kaynağı olan biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanabilir. Başlıca biyokütle kaynakları Tablo 1'de özetlenmiştir [10].

Tablo 1 Biyokütle Kaynakları

Bitkisel Biyokütle Kaynaklar	Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.) Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.) Protein bitkileri (bezelye, fasulye v.b.) Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı v.b.) Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya v.b.)
Hayvansal Biyokütle Kaynakları	Hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar Mezbahane atıkları, Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları.
Organik çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları	Belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları Endüstriyel ve evsel atık sular, Kağıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, Kanalizasyon ve dip çamurları.
Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları	Odun ve orman atıkları (enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)

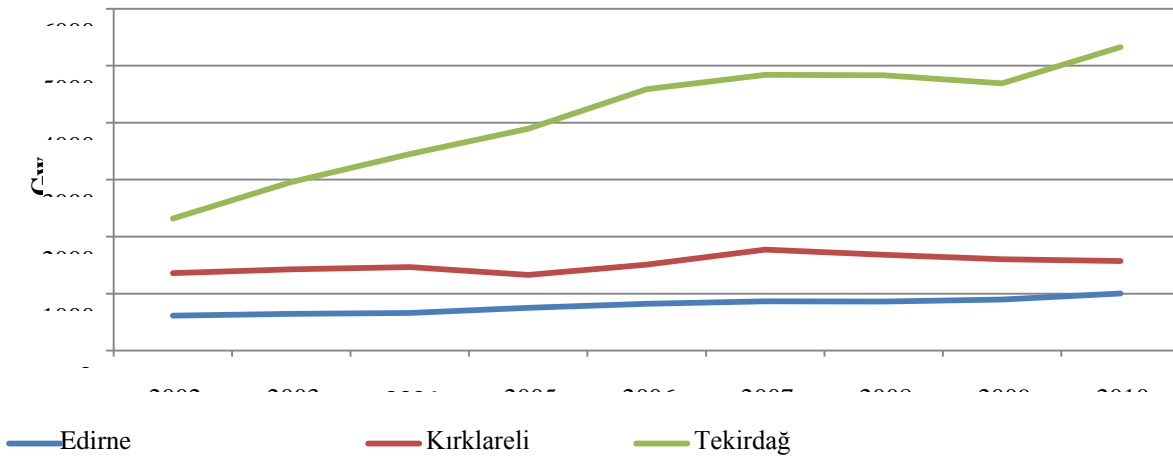
Türkiye'nin atık biyokütle potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. İşletmede bulunan 695 MW'lık toplam kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 Haziran ayı sonu itibarıyla 1.610 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir [10].

Erzincan ilinde, ekimi yapılan tarımsal ürünlerin atıklarının ortalama tarımsal biyokütle enerji potansiyelleri hesaplanmış ve tahıllardan 9.225 MW, yem bitkilerinden 2.524, kuru baklagillerden 876 MW, şeker pancarından 749 MW, sebzelerden 463 MW, meyvelerden 455 MW olmak üzere toplam 14.292 MW enerji elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu değer Türkiye biyokütle enerji potansiyelinin %0,59'una, Doğu Anadolu Bölgesi'nin de %5,76'sına eşit olduğu saptanmıştır [11].

Mersin ilinde tahıllardan 21.717 MW, meyvelerden 14.445 MW, sebzelerden 4.212 MW, kuru baklagillerden 3.246 MW, yağlı tohumlardan 1.608 MW olmak üzere toplam 45.228 MW tarımsal biyokütle enerjisi elde edilebileceği belirlenmiştir. Mersin ili için elde edilen bu değer Türkiye biyokütle enerji potansiyelinin %1,93'üne, Akdeniz Bölgesi'nin de %15,86'sına eşit olduğu ortaya konulmuştur [12].

Bursa'da biyokütleden elde edilebilecek biyogaz miktarı 636.654.505 (m³ /yıl) ve biyogazın enerji eşdeğeri 13.370 (TJ/yıl) [13], Hatay'da yıllık 18 bin ton pirina atığının enerji değeri 320 TJ [14], ve Kahramanmaraş'ta bazı tarımsal atıkların elde edilebilecek yıllık toplam biyogaz enerji potansiyeli yaklaşık 2.177 TJ/yıl [15], ve Diyarbakır'da tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyeli 827,4 GWh/yıl biyogazdan elde edilecek enerji değeri ise 1623,37 GWh/yıl [16] olarak hesaplanmıştır.

Trakya Bölgesi, nüfusun ve sanayileşmenin yüksek bir ivmeyle artış sergilediği bir bölge olmakla birlikte enerji ihtiyacının da yüksek olduğu bir bölgedir. Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerindeki elektrik talep gelişimi Şekil 1'de [17] verilmiştir.



Şekil 1. Trakya Bölgesi Elektrik Talep Gelişimi

Trakya Kalkınma Ajansı'nca hazırlanan Trakya Enerji Raporu'na [17] göre Tekirdağ ili Edirne ve Kırklareli illerinin toplamından daha fazla enerji tüketmektedir ve aynı zamanda enerji tüketim artış oranında da diğer illere göre ön sıradadır. 2002-2010 yılları arasında Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinin elektrik tüketimleri yıllık ortalama sırasıyla %11, %6 ve %2 olarak gerçekleşmiştir.

Bölge genelinde tarım faaliyetlerinin yoğun olarak sürdürülüyor olması ve tarımsal ürünlerin buğday, ayçiçeği ve çeltik gibi enerji potansiyeli yüksek ürünler olması, biyokütle enerjisini öne çıkarmaktadır.

Bölge genelinde tarım ürünlerinin hasadından sonra tarlada kalan sap, saman vb. atıkların yakılması veya hayvancılıkta yem olarak kullanılması sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Sapların yakılması, toprağın verimsizleşmesine ve sera gazı emisyonlarında artışa neden olmaktadır.

Küresel iklim gündemini desteklemek üzere AB, 2020 yılı için bağlayıcı iklim ve enerji hedefleri benimsemiş, 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %80-95 oranında indirme ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş için genel girişimlerinin bir parçası olarak 2030 yılına kadar bazı hedefler teklif etmiştir. 2020 yılı için ilk olarak iklim ve enerji hedefleri kapsamında sera gazı emisyonlarının %20 indirilmesi (1990 düzeylerine kıyasla), enerji tüketiminin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması ve enerji verimliliğinde %20 iyileştirmeye ulaşılması yer almaktadır [18].

Ayrıca, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik [19]. , yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 5 yıl içerisinde depolanacak olan biyobozunur atık miktarının, 2005 yılında üretilen toplam biyobozunur atık miktarının ağırlıkça %75' ine, 8 yıl içinde % 50' sine ve 15 yıl içinde ise %35'ine düşürülmesini öngörmektedir

Bu çalışma kapsamında, Trakya Bölgesi sınırlarındaki Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ İlleri ve bunlara bağlı olan toplam 28 ilçedeki tarım alanlarındaki tarımsal atıklardan oluşan bitkisel biyokütlenin biyogaz potansiyeli ve enerji değeri incelenmiş, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve enerji ihtiyacının karşılanabilmesi adına alternatif bir enerji kaynağının potansiyelini ortaya konulmuştur. Bölge'nin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verilmesi, geleneksel elektrik enerjisi üretim sistemlerine olan ihtiyacın azalması, doğal kaynakların ve çevrenin korunması açılarından olumlu kazanımlar sağlayabilecektir. Tarlada kalan bitkisel biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımı hem sera gazı emisyonlarının, hem de depolanacak biyobozunur atık miktarının azaltılması konularındaki hedeflere ulaşılması anlamında etkili olacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) [20] Trakya Bölgesi sınırlarındaki Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ İlleri ve bunlara bağlı olan toplam 28 ilçeye ait 2017 yılı bitkisel üretim istatistik verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda, ekilen alan ve hasat edilen alan verileri çalışma alanında öncelikli bitkisel ürünlere bağlı olarak belirlenmiştir.

2017 verilerine göre, Türkiye'deki toplam tarım alanı 233.850.926,5 dekar ekilen alan ise 155.363.201 dekadır (toplam alanın %66'sı) (Tablo 2). Türkiye'deki toplam tarım alanlarının %4,05'i, ekilen alanların ise %5,88'i Trakya Bölgesi'ndedir (Tablo 3) . Trakya Bölgesi'nde yer alan İller bazında, İllerin toplam tarım alanlarının ve ekilen alanlarının Trakya Bölgesi'ndeki toplam alan ve ekili alanlara oranları, sırasıyla, Tekirdağ için %41,93 ve %41,73; Edirne için %33,20 ve %33,16 ve Kırklareli için %24,87 ve %25,11'dir (Tablo 4).

Tablo 2. Türkiye’de Tarımsal Alanlar (dekar)

	Toplam alan	Ekilen alan	Nadas	Sebze bahçeleri alanı	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı	Süs bitkileri alanı
Türkiye	233850926,5	155363201	36974137	7982650	33481004	49934,458
Trakya	9460956,38	9138621	18821	123183	177746	2585,38
Tekirdağ	3966715,38	3813813	0	43682	109135	85,38
Edirne	3140980	3030472	6548	57444	44016	2500
Kırklareli	2353261	2294336	12273	22057	24595	0

Tablo 3. Trakya’daki Tarımsal Alanların Türkiye’deki Tarımsal Alanlara Göre Oransal Dağılımı, %

	Toplam alan	Ekilen alan	Nadas	Sebze bahçeleri alanı	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı	Süs bitkileri alanı
Trakya	4,05	5,88	0,05	1,54	0,53	5,18
Tekirdağ	1,70	2,45	0,00	0,55	0,33	0,17
Edirne	1,34	1,95	0,02	0,72	0,13	5,01
Kırklareli	1,01	1,48	0,03	0,28	0,07	0,00

Tablo 4. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli’deki Tarımsal Alanların Trakya’daki Tarımsal Alanlara Göre Oransal Dağılımı, %

	Toplam alan	Ekilen alan	Nadas	Sebze Bahçeleri alanı	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı	Süs Bitkileri alanı
Tekirdağ	41,93	41,73	0,00	35,46	61,40	3,30
Edirne	33,20	33,16	34,79	46,63	24,76	96,70
Kırklareli	24,87	25,11	65,21	17,91	13,84	0,00

Bitkisel ürünlerin ekim alanlarının oransal dağılımı Tablo 5’te verilmiştir. Trakya bölgesinde yaygın olarak üretimi yapılan ürünler buğday ve ayçiçeğidir. Bölge genelinde buğday ve ayçiçeği ekilen alanların ortalaması sırasıyla %49,53 ve %32,12’dir (Tablo 5). Buğday ve ayçiçeğinin toplam ekim alanları %81,68’dir. Bu nedenle çalışma kapsamında buğday ve ayçiçeği ele alınmıştır. Edirne’de çeltik üretimi de yapılmakla birlikte oransal olarak buğday ve ayçiçeğine göre çok daha düşük miktardadır. Ayrıca üretilen çeltiği diğer ürünler içindeki oranı Trakya Bölgesi için sadece %5,10’dur. Bölge genelinde üretim oranının düşük olması nedeniyle çeltik üretiminden kalan atıklar çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

Tablo 5. Trakya Bölgesi İllerinde Ekimi Yapılan Tahılların ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Ekim Alanlarının Oransal Dağılımı, %

Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Trakya	Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Trakya
Buğday, Durum Buğdayı Hariç	45,91	49,38	52,59	49,53	Tütün, İşlenmemiş)	0,00	0,01	0,00	0,00
Mısır	0,66	1,11	0,02	0,53	Fiğ (Adi) (Yeşil Ot)	0,00	1,33	0,00	0,38
Arpa (Diğer)	1,62	1,84	3,79	2,54	Fiğ (Macar) (Yeşil Ot)	0,42	2,46	0,65	1,09
Çavdar	0,09	0,13	0,11	0,11	Fiğ (Diğer) (Yeşil Ot)	0,00	0,00	0,00	0,00
Yulaf	0,08	0,97	0,33	0,43	Yonca (Yeşilot)	0,65	0,93	0,43	0,64
Kuş Yemi	0,00	0,00	0,00	0,00	Korunga (Yeşilot)	0,01	0,01	0,00	0,01
Triticale	0,39	1,07	0,09	0,47	Yulaf (Yeşilot)	0,14	4,60	0,37	1,51
Fasulye, Kuru	0,06	1,24	0,03	0,38	Sorgum (Yeşilot)	0,00	0,05	0,00	0,01
Bakla, Kuru (İnsan Tüketimi İçin)	0,00	0,00	0,00	0,00	Triticale (Yeşilot)	0,21	0,16	0,01	0,12
Nohut, Kuru	0,04	0,01	0,04	0,03	Mısır (Hasıl)	0,00	0,00	0,01	0,00
Mercimek, Kuru (Yeşil)	0,00	0,00	0,00	0,00	Mısır (Slaj)	2,97	5,25	1,26	2,95
Börülce, Kuru	0,00	0,00	0,00	0,00	Hayvan Pancarı	0,00	0,01	0,00	0,00
Yerfıstığı, Kabuklu	0,06	0,00	0,00	0,02	Yem Şalgamı	0,01	0,01	0,00	0,01
Kanola Veya Kolza Tohumu	0,48	0,21	2,20	1,08	Buğday (Hasıl/Yeşilot)	0,33	1,20	0,00	0,45
Susam Tohumu	0,01	0,00	0,00	0,00	Arpa (Yeşilot)	0,11	0,00	0,00	0,04
Ayçiçeği Tohumu (Yağlık)	31,07	25,88	37,52	32,12	Çavdar (Yeşilot)	0,03	0,04	0,00	0,02
Aspir Tohumu	0,00	0,05	0,00	0,02	Bezelye (Yemlik)	0,12	0,07	0,30	0,18
Çeltik	14,39	1,49	0,11	5,10	İtalyan Çimi (Yemlik)	0,02	0,00	0,01	0,01
Patates (Tatlı Patates Hariç)	0,01	0,40	0,01	0,12	Adaçayı	0,00	0,00	0,03	0,01
Şeker Pancarı	0,11	0,10	0,08	0,09	Lavanta	0,00	0,00	0,00	0,00

Biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında öncelikli olarak biyogaz üretiminde kullanılacak atık miktarı belirlemiştir. Bu amaçla yaygın olarak üretimi yapılan tarımsal ürünlerin Türkiye İstatistik Kurumu'na belirlenmiş (TUİK) [20] ekim alanı verileri kullanılmıştır. Ekilen alanda hasat sonrasında kalan ve biyogaz üretimi için kullanılabilir atık miktarı her bir ürün için ekilen alana bağlı olarak Tablo 6'daki veriler [15, 21, 22, 23] baz alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Tarla bitkilerinin kullanılabilir atık miktarları (Başçetin vd, 2006; Aybek vd, 2015; Anonim 2011)

Bitki	Buğday	Ayçiçeği
Kullanılabilir atık miktarı (kg/da)	37	248

Hasat sonrası tarlada kalan sap ve samandan elde edilebilecek biyogaz miktarı hesabında, 20 m³ biyogaz/ton atık [15, 22, 23] kabulü yapılmıştır.

Biyogazın %60 metan içeriğine sahip olması durumunda enerji değerinin 22,7 MJ/m³ kabulü ile tarlada kalan atıklardan elde edilecek biyogazın enerji değeri hesaplanmıştır [15, 21, 25, 26].

BULGULAR VE TARTIŞMA

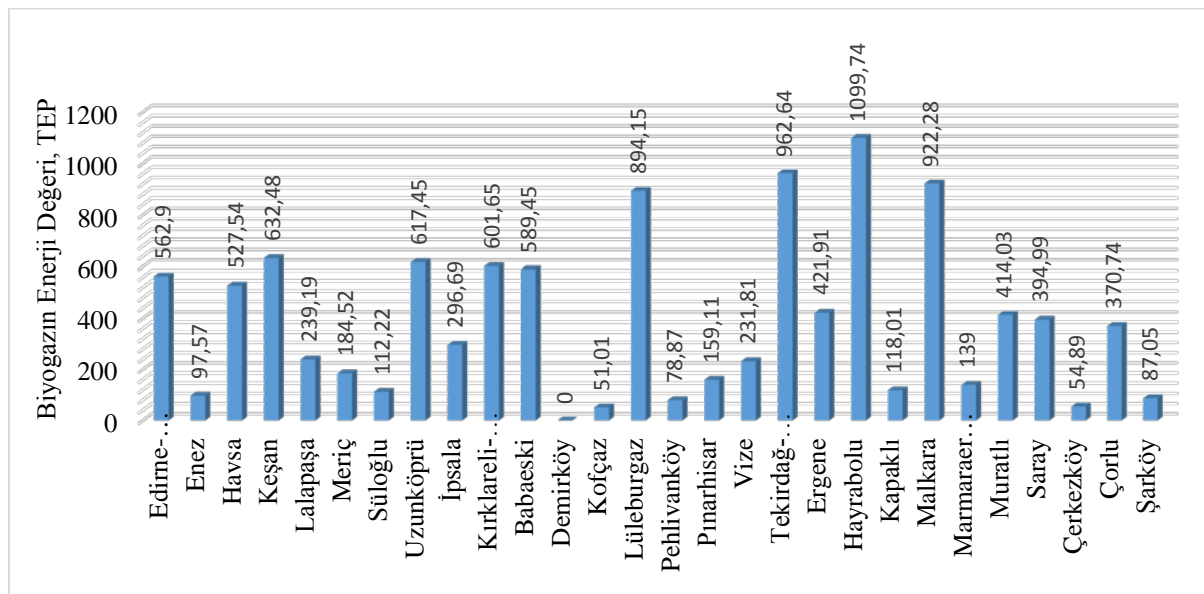
Trakya Bölgesi'nde yer alan iller ve ilçeleri bazında tarım alanlarındaki öncelikli ürünler olan buğday, ayçiçeğinin hasat edilmesi sonucunda tarlada kalan sap, saman ve benzeri atıklardan elde edilebilecek biyogazın miktarı ve enerji değeri hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Edirne'de bitkisel ürünlerin ekim alanlarının % 45,9'unda buğday ve % 31,07'sinde ise ayçiçeğinin ekildiği görülmüştür. Edirne'de buğday ve ayçiçeğinden elde edilebilecek biyogaz miktarı ve biyogazın enerji değeri Tablo 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre Edirne'de buğday atıklarından elde edilebilecek biyogaz miktarı 1.033.173,94 m³/yıl ve biyogazın enerji değeri 23,45 TJ/yıl'dır. Ayçiçeği atıklarından elde edilebilecek biyogaz 5.000.245,44 m³ ve enerji değeri 113,5 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

Kırklareli'de tarımsal alanların % 49,38'inde buğday ve % 25,88'inde ayçiçeği ekilmektedir. Buğday ve ayçiçeğinin biyogaz potansiyeli sırasıyla 935.788,46 m³/yıl ve 3.871.731,36 m³/yıl bulunmuştur. İl sınırları içindeki atıklar elde edilebilecek biyogazın enerji değerleri buğday ve ayçiçeği için sırasıyla 21,25 TJ/yıl ve 87,88 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Kırklareli'ye ait sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tekirdağ'da buğday ve ayçiçeği ekimi yapılan alanların toplam tarımsal alana oranı sırasıyla %52,59 ve %37,52'dir. Buğday ve ayçiçeği atıklarının biyogaz potansiyelleri sırasıyla 1.422.694,4 m³/yıl ve 7.773.951,84 m³/yıl iken biyogazın enerji değeri yine aynı sıra ile 32,3 TJ/yıl ve 176,45 TJ/yıl'dır. Tekirdağ için hesaplanan değerler Tablo 9'da gösterilmiştir.

Bölge geneline bakıldığında buğdaydan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli 3.391.656,8 m³/yıl ve ayçiçeğinden elde edilebilecek biyogaz potansiyeli 16.645.928,64 m³/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 10). Toplam biyogaz potansiyeli 20.037.585,44 m³/yıl'dır ve bu değer yaklaşık % 17'si buğdaydan, % 83'ü ayçiçeğinden elde edilebilecektir. Buğday ve ayçiçeği atıkları için de en yüksek biyogaz potansiyeline sahip il Tekirdağ'dır. Bölgede bitkisel biyokütleden elde edilebilecek enerji değeri 454,83 TJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer 10.861,89 ton petrol eşdeğeridir. Bölge'deki ilçeler bazında elde edilebilecek biyogazın enerji değeri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Trakya Bölgesi'nde İlçeler Bazında Bitkisel Biyokütleden Elde Edilecek Biyogazın Enerji Değeri

Tablo 7. Edirne İli'nde Bitkisel Biyokütleden Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı ve Enerji Değeri

	Enez	Havsa	Keşan	Lalapaşa	Meriç	Merkez	Süloğlu	Uzunköprü	İpsala	TOPLAM
Buğday										
Ekilen alan, daa/yıl	57.560	193.080	249.600	134.800	45.247	232.119	72.455	249.000	162.320	1.396.181
Tarlada kalan, ton	2.129,72	7.143,96	9.235,2	4.987,6	1.674,139	8.588,403	2.680,84	9213	6.005,84	10.303.938,16
Biyogaz, m ³ /yıl	42.594,4	142.879,2	184.704	99.752	33.482,78	171.768,06	53.616,7	184.260	120.116,8	1.033.173,94
Enerji, TJ/yıl	0,97	3,24	4,19	2,26	0,76	3,90	1,22	4,18	2,73	23,45
Enerji, TEP/yıl	23,09	77,45	100,12	54,07	18,15	93,11	29,06	99,88	65,11	560,04
Ayçiçeği										
Ekilen alan, daa/yıl	27.700	167.400	198.000	68.850	61.876	174.728	30.930	192.500	86.130	1.008.114
Tarlada kalan, ton/yılıyl	6.869,6	41.515,2	49.104	17.074,8	15345,248	43.332,544	7.670,64	47.740	21.360,24	58.869.126,48
Biyogaz, m ³ /yıl	137.392	830.304	982.080	341.496	306.904,96	866.650,88	153.412,8	954.800	427.204,8	5.000.245,44
Enerji, TJ/yıl	3,12	18,85	22,29	7,75	6,97	19,67	3,48	21,67	9,70	113,5
Enerji, TEP/yıl	74,48	450,09	532,36	185,12	166,37	469,79	83,16	517,57	231,58	2.710,52
Buğday ve Ayçiçeği Toplamı										
Enerji, TJ/yıl	4,09	22,09	26,48	10,01	7,73	23,57	4,7	25,85	12,43	136,95
Enerji, TEP/yıl	97,57	527,54	632,48	239,19	184,52	562,9	112,22	617,45	296,69	3.270,56

18

Tablo 8. Kırklareli İli'nde Bitkisel Biyokütleden Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı ve Enerji Değeri

	Babaeski	Demirköy	Kofçaz	Lüleburgaz	Merkez	Pehlivanköy	Pınarhisar	Vize	TOPLAM
Buğday									
Ekilen alan, daa/yıl	272670	0	45.869	456.540	189.900	45.600	150.000	104.000	1.264.579
Tarlada kalan, ton/yıl	10.088,79	0	1.697,153	16.891,98	7.026,3	1.687,2	5.550	3.848	1.742.245,27
Biyogaz, m ³ /yıl	201.775,8	0	3.3943,06	337.839,6	140.526	33.744	111.000	76.960	935.788,46
Enerji, TJ/yıl	4,58	0,00	0,77	7,67	3,19	0,77	2,52	1,75	21,25
Enerji, TEP/yıl	109,38	0,00	18,40	183,13	76,18	18,29	60,17	41,72	507,27
Ayçiçeği									
Ekilen alan, daa/yıl	178.550		12.129	264.447	195.435	22.530	36.800	70.700	780.591
Tarlada kalan, ton/yıl	44.280,4	0	3.007,992	65.582,856	48.467,88	5.587,44	9.126,4	17.533,6	6.8715.843,72
Biyogaz, m ³ /yıl	885.608	0	60.159,84	1.311.657,12	969.357,6	111.748,8	182.528	350.672	3.871.731,36
Enerji, TJ/yıl	20,10	0,00	1,37	29,77	22,00	2,54	4,14	7,96	87,88
Enerji, TEP	480,07	0,00	32,61	711,02	525,47	60,58	98,94	190,09	2.098,78
Buğday ve Ayçiçeği Toplamı									

Enerji, TJ/yıl	24,68	0	2,14	37,44	25,19	3,31	6,66	9,71	109,13
Enerji, TEP/yıl	589,45	0	51,01	894,15	601,65	78,87	159,11	231,81	2.606,05

Tablo 9. Tekirdağ İli'nde Bitkisel Biyokütleden Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı ve Enerji Değeri

	Ergene	Hayrabolu	Kapaklı	Malkara	M.Ereğlisi	Muratlı	Saray	Süleymanpaşa	Çerçeköy	Çorlu	Şarköy	TOPLAM
Buğday												
Ekilen alan, daa/yıl	158.315	368.981	64.000	373.150	85.000	163.534	175.000	322.780	30.000	140.000	41.800	1.922.560
Tarlada kalan, ton/yıl	5.857,655	13.652,297	2.368	13.806,55	3.145	6.050,758	6.475	11.942,86	1.110	5180	1546,6	25.606.284,01
Biyogaz, m ³ /yıl	117.153,1	273.045,94	47.360	276.131	62.900	121.015,16	129.500	238.857,2	22.200	103.600	30.932	1.422.694,4
Enerji, TJ/yıl	2,66	6,20	1,08	6,27	1,43	2,75	2,94	5,42	0,50	2,35	0,70	32,3
Enerji, TEP/yıl	63,51	148,01	25,67	149,68	34,10	65,60	70,20	129,48	12,03	56,16	16,77	771,21
Ayçiçeği												
Ekilen alan, daa	133.300	353.974	34.344	287.350	39.015	129.590	120.800	309.875	15.941	117.000	26.140	1.567.329
Tarlada kalan, ton/yıl	33.058,4	87.785,552	8.517,312	71.262,8	9.675,72	32.138,32	29.958,4	76.849	3.953,368	29.016	6.482,72	100.544.673,4
Biyogaz, m ³ /yıl	661.168	1.755.711,04	170.346,24	1.425.256	193.514,4	642.766,4	599.168	1.536.980	79.067,36	58.0320	129.654,4	7.773.951,84
Enerji, TJ/yıl	15,01	39,85	3,87	32,35	4,39	14,59	13,60	34,89	1,79	13,17	2,94	176,45
Enerji, TEP/yıl	358,40	951,73	92,34	772,60	104,90	348,43	324,79	833,16	42,86	314,58	70,28	4.214,07
Buğday ve Ayçiçeği Toplamı												
Enerji, TJ/yıl	17,67	46,05	4,95	38,62	5,82	17,34	16,54	40,31	2,29	15,52	3,64	208,75
Enerji, TEP/yıl	421,91	1.099,74	118,01	922,28	139	414,03	394,99	962,64	54,89	370,74	87,05	4.985,28

Tablo 10. Trakya Bölgesi'nde Bitkisel Biyokütleden Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı ve Enerji Değeri

	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Trakya toplamı
Buğday				
Ekilen alan, daa/yıl	1.396.181	1.264.579	1.922.560	4.583.320
Tarlada kalan, ton/yıl	10.303.938	1.742.245.27	25.606.284	37.652.467.44
Biyogaz, m ³ /yıl	1.033.174	935.788.46	1.422.694	3.391.656.8
Enerji, TJ/yıl	23.45	21.25	32.3	77
Enerji, TEP/yıl	560.04	507.27	771.21	1.838.52
Ayçiçeği				
Ekilen alan, daa/yıl	1.008.114	780.591	1.567.329	3.356.034
Tarlada kalan, ton/yıl	58.869.126	68.715.843.7	100.544.673.4	228.129.643.6
Biyogaz, m ³ /yıl	5.000.245	3.871.731.36	7.773.952	16.645.928.64
Enerji, TJ/yıl	113.5	87.88	176.45	377.83
Enerji, TEP/yıl	2.710.52	2.098.78	4.214.07	9.023.37
Buğday ve Ayçiçeği Toplamı				
Enerji, TJ/yıl	136.95	109.13	208.75	454.83
Enerji, TEP/yıl	3.270.56	2.606.05	4.985.28	10.861.89

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Trakya Bölge'sindeki iller ve ilçeler bazında, TÜİK'in 2017 yılı bitkisel üretim verileri baz alınarak bölge genelinde ağırlıklı olarak ekimi yapılan bitkilerden buğday ve ayçiçeğinin hasat sonrasında tarlada kalan atıklarının biyogaz üretiminde kullanılması durumunda üretilebilecek biyogazın miktarı ve enerji değeri araştırılmıştır. Elde edilebilecek biyogaz miktarı 20.037.585,44 m³/yıl ve biyogazın enerji değeri 10.861,89 TEP olarak hesaplanmıştır.

Trakya Bölgesi'nde ekilen alanların Türkiye'deki ekili alanlara oranını %5.88 olduğu düşünüldüğünde, Ülkemizde bitkisel biyokütle enerjisinin önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olduğu görülmektedir.

Nüfusun ve sanayileşmenin hızla arttığı bölgede enerji ihtiyacı ve çevre sorunları da aynı hızla artmaktadır. Bu nedenle atıkların enerji üretiminde kullanılması hem enerji kaynağı oluşturması hem de atıkların bertarafının sağlanması açısından önemlidir. Tarlada kalan atıkların biyogaz üretiminde kullanılması ile elde edilen fermente ürünün aynı zamanda toprak iyileştirici olarak kullanımı da mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018. 2018 Yılı Performans Programı, Ocak-2018.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi Ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete Tarih: 21 Temmuz 2011, Resmi Gazete Sayı: 28001.
- Doğal Hayatı Koruma Vakfı, 2018. <http://www.wwf.org.tr/> (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- Doğal Hayatı Koruma Vakfı, 2011. “Yenilenebilir Enerji Projesi” Doğal Hayatı Koruma Vakfı –Türkiye.
- Koç E., Kaya, K., 2015. Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makina, 56(668), 36-47.
- Acaroğlu M., 2003. Biyokütle Enerjisinin Global Potansiyeli, Biyoenerji Politikaları, Avrupa Birliği ve Türkiye I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Denizli, Türkiye.
- Çukurova Kalkınma Ajansı,2012. Yenilenebilir Enerji Raporu, Çukurova Kalkınma Ajansı-Türkiye.
- Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA), 2012. Biyokütle Sektör Raporu, [,https://www.Baka.Org.Tr/Uploads/1349952570biyokutlesektor-Raporu-11eylul.Pdf](https://www.Baka.Org.Tr/Uploads/1349952570biyokutlesektor-Raporu-11eylul.Pdf), (Erişim Tarihi: 13.09.2018)
- Saraçoğlu S., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Biyokütle Üretiminin Dünyada ve Türkiye’de Durumu, *Fiscaoeconomia*, 1(3), 126-155.
- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018. [Http://www.Enerji.Gov.Tr/Tr-Tr/Sayfalar/Biyokutle](http://www.Enerji.Gov.Tr/Tr-Tr/Sayfalar/Biyokutle), (Erişim Tarihi: 12.09.2018)
- Demir B., Çetin N., Kuş Z.A., 2016. Erzincan İlinin Tarımsal Kökenli Biyokütle Enerji Eşdeğer Potansiyeli, *International Erzincan Symposium Proceeding Book*, 641-646.
- Demir B, Kuş, Z. , İrik, H, Çetin N., 2018. Mersin İli Tarımsal Biyokütle Enerji Eşdeğer Potansiyeli, *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 29 (2), 12-18.
- Ulusoy Y., Arslan R., Ulukardeşler A., Kaplan C., Kul B., Arslan R., 2016. Bursa İli Tarımsal Organik Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Dizel Motorlarda Yakıt Olarak Kullanımının İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 39-45.
- Karaca C., Bozoğlu B., Polat O., 2016. Hatay İli Pirina Atık Miktarının Ve Enerji Potansiyelinin Haritalanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 55-60.
- Aybek A., Üçok S., Bilgili M., İspir M., 2016. Kahramanmaraş İlinde Bazı Tarımsal Atıkların Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması., *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 25-37.
- Alibaş İ., Özsoy G., Eliçin A.K., 2015. Diyarbakır İli Tarımsal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, *Tarım Makineleri Dergisi*, 11(1), 75-87.
- Trakya Kalkınma Ajansı, 2012. TR21 Trakya Bölgesi Enerji Raporu-2012.
- European Environment Agency, 2018. Sera Gazı Emisyonlarının Azaltımı, [,https://www.EEA.Europa.Eu/Tr/Themes/Climate/Intro](https://www.EEA.Europa.Eu/Tr/Themes/Climate/Intro), (Erişim Tarihi: 15.09.2018).
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 26.03.2010 Resmi Gazete Sayısı: 27533.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://Biruni.Tuik.Gov.Tr/Medias/?Kn=92&Locale=Tr>, (Erişim Tarihi: 10.09.2018).

Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kaçıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M., 2006. A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey, Final Report Annex XIV, Life 03 Tcy/ Tr /000061, Adana, Türkiye.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011. Türkiye'de Biyogaz Yatırımları İçin Geçerli Koşulların ve Potansiyelin Değerlendirilmesi, Türk-Alman Biyogaz Projesi, Ankara, Türkiye.

Öztürk H. H., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Kullanımı, Teknik Yayınevi, Ankara, Türkiye.

Acaroğlu M., 2007. Alternatif Enerji Kaynakları, Nobel Yayın No: 1253, Ankara, Türkiye.

Onurbaş Avcıoğlu A., Eliçin A.K., 2010. Ankara'nın Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyeli Ve Uygun Reaktör Büyüklüğünün Belirlenmesi, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Hatay, Türkiye.