



## Sakarya İlinin Bitkisel Biyokütle Açısından Atık Miktarının ve Enerji Potansiyelinin Araştırılması

Hülya Karabaş<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

E-Posta: hkarabas@sakarya.edu.tr

**Özet:** Tarımsal biyokütle atığı orjinli enerji üretimi, yenilenebilir enerjinin temel odak noktalarından birisidir. Tarımsal üretim sonunda büyük miktarda bitkisel atık açığa çıkmaktadır. Sakarya İli sahip bulunduğu coğrafi konum sebebiyle bitkisel ürün çeşitliliği açısından geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu çalışmada, Sakarya İlinin bitkisel üretimden kaynaklanan kullanılabilir tarımsal atık miktarı ve bu atıkların enerji potansiyeli biyokütle açısından teorik olarak hesaplanmıştır. İlde atık potansiyeli yüksek olan ürünlerin üretimi yoğun olduğu için bitkisel üretim kaynaklı atıkların miktarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Biyokütle bir tarım ülkesi olarak önemli bir varlığımızdır. Sakarya İli için biyokütle ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde, kullanılabilir atık potansiyeli bulunan üretim materyalleri seçilmiş olup hesaplamalarda Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'na ait 2017 yılı bitkisel üretim istatistikleri ile farklı kurum ve araştırmacılar tarafından belirlenmiş olan katsayılar kullanılmıştır. Sakarya da gıda olarak tüketilmek üzere yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan ürünlerin teorik kuru biyokütle miktarı tarla bitkileri için 974 990.8 ton/yıl ve toplam ısı kapasitesi 618 419 362 GJ/yıl, meyve ağaçları için budama atıklarının kuru biyokütle potansiyeli 28 304 823.6 ton/yıl ve toplam ısı kapasitesi 566 096 472 GJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma ile iklim değişikliğinin azaltılması ve enerji sürdürülebilirliği için önemli bir kaynak olan bitkisel biyokütlenin göz ardı edilemeyecek miktarı ve enerji potansiyeli vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle, bitkisel atık, ısı değer, Sakarya İli

### Investigation of Waste Amount and Energy Potential of Sakarya Province by Vegetative Biomass

**Abstract:** Energy production from agricultural biomass waste is one of the main focus of renewable energy. At the end of agricultural production, a large amount of vegetable waste is produced. Sakarya Province has a wide range of crop products due to its geographical location. In this study, the amount of agricultural waste used in Sakarya province due to plant production and the energy potential of these wastes are calculated theoretically in terms of biomass. Since the production of the products with high waste potential in the province is intense, determining the amount of waste originating from plant production is important. Biomass is an important asset as an agricultural country. In the determination of biomass and energy potential for Sakarya province, production materials with usable waste potential were selected. In the calculations, the crop production statistics of TUIK, 2017 and the coefficients determined by different institutions and researchers were used. The amount of theoretical dry biomass of the crops which are densely cultivated to be consumed as food in Sakarya is 974990.8 tons/year for field crops and the total calorific value capacity is 618419362 GJ/year. Dry biomass potential of pruning waste for fruit trees is calculated as 28304823.6 tons/ year and total calorific value capacity is 566096472 GJ/year. This study emphasizes the non-negligible amount and energy potential of vegetative biomass, which is an important source of climate change mitigation and energy sustainability.

**Keywords:** Biomass, vegetative waste, calorific value, Sakarya Province

### GİRİŞ

Tarım ürünleri tüm dünyada insan ve hayvanların gıda ihtiyacının karşılanması yanında sanayi için girdi kaynağı ve önemli bir ihracat unsurudur. Bununla birlikte hızla artan nüfus ve sanayileşme enerji ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Çevresel bir kirliliğe sebep olmadan kesintisiz enerji ihtiyacının sağlanabilmesi için enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması gereklidir. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynaktır ve özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik bir değere sahiptir <sup>[1-3]</sup>.

Yenilenebilir enerji, başta enerji arz güvenliği ve sera gazı emisyonlarının azaltımı olmak üzere çeşitli nedenlerle enerji sektörünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Yüzyıllardır geleneksel ve ağırlıklı olarak evsel ısıtmada kullanılan biyokütle, gelişen enerji teknolojileri sayesinde ulaşımda ve elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmış ve biyokütle yatırımlarına verilen kamu teşvikleri ile de hızlı bir gelişim dönemine girmiştir. Biyokütle bitki ve hayvanların organik madde kitlesi anlamına gelir <sup>[4-6]</sup>. Biyokütle, bitkilerin fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depoladığı güneş enerjisini bünyesinde barındırır. Yani, yüzyıllık periyottan daha kısa sürede kendini yenileyebilen, karada ve suda

yetişen bitkiler, hayvanlara ait atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları kapsayan tüm organik maddeler biyokütle olarak kabul edilir [7-9]. Denizde veya karada bulunan bitkisel ve hayvansal biyokütle kaynakları arasında bitkisel atıklar, odun, yağlı tohum bitkileri, karbonhidrat bitkileri, elyaf bitkileri, hayvansal atıklar ile şehir ve endüstriyel atıklar yer almaktadır [2, 10].

Biyokütle ürünleri genellikle verimi nispeten daha düşük olan, klasik (birinci nesil) biyokütle ve daha yüksek verime sahip, modern (ikinci nesil) biyokütle ürünleri olarak sınıflandırılabilir. Yaygın olarak evsel ısıtmada kullanılan geleneksel biyokütle, gelişen enerji teknolojileri sayesinde artık ikinci nesil biyokütle ürünleri ile hem ulaşım sektörü hem de elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır [11, 12]. Enerji üretiminde kullanılmak için seçilmiş kaynaklar termo-kimyasal veya biyo-kimyasal çevrim yöntemleri sayesinde istenilen teknolojiye uygun olan enerji formuna dönüştürülmektedir.

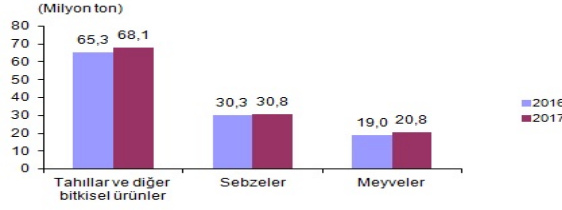
Tarımsal kaynaklı biyokütle iklim koşulları ve artan gıda ihtiyacından doğrudan etkilenmektedir. Biyokütle enerji kaynakları sıralamasında dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. İsviçre enerjisinin % 16'sını, Avusturya % 13'ünü biyokütle den elde etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre 2035 yılına kadar dünyadaki elektrik enerjisi talebinin % 70 artması beklenmektedir [13]. 2030 yılında Çin'in ABD'yi geçerek dünyada en fazla petrol tüketen ülke olacağı öngörülmektedir [10]. Biyokütle den katı, sıvı ve gaz formunda biyoenerji üretilebilir. Bu yakıtlara ait sınıflandırma ISO/TC International Organization for Standardization/Technical Committee (ISO/TC) tarafından yapılmaktadır. Ülkemizde hali hazırda katı formundaki biyoyakıtlar TS EN ISO 17225-1 standartlarına uygun olarak değerlendirilmektedir [11]. Biyokütle kaynaklarının temini fosil kaynak temininden daha maliyetlidir. Fakat biyokütle yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasıyla her geçen gün tükenmekte olan fosil yakıtların yanında özellikle atık materyallerden enerji eldesi ile sürdürülebilir global enerjinin vazgeçilmez bir unsurudur.

Biyokütle enerji yanında, mobilya, kağıt, yalıtım maddesi yapımı gibi pek çok alanda da kullanılabilir. Tablo 1'de biyokütle kaynakları, çevrim yöntemleri ve bunlardan elde edilen biyoyakıtlar ve kullanım alanları yer almaktadır. Biyokütleden enerji üretimi ne dünyada nede Türkiye de olması gereken noktada değildir [10, 14, 15]. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından iyi bir potansiyele sahip olmasına rağmen bu kaynakların enerji üretimindeki payı olması gerekenin çok altındadır.

**Tablo1.** Biyokütle kaynakları, çevrim yöntemleri, biyoyakıtlar ve kullanım alanları

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Kullanım Alanları
Orman Atıkları	Havasız çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, ısınma
Tarım atıkları	Pirroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
Hayvansal Atıklar	Fermantasyon, havasız çürütme	Metan	Ulaşım araçları, ısınma
Çöpler (Organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik yağ	Roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve Hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma, seracılık

Ülkemiz 769 632 kilometrekare yüzölçümüne sahip olup 24 milyon hektarlık tarıma elverişli arazisi ve 1 milyon hektarlık su alanı ile pek çok farklı bitki çeşidinin tarımsal üretimine elverişlidir. Yüzölçümü oranına göre en fazla tarımsal alana sahip dünyadaki 15 ülke arasında 4. sırada yer almaktadır [16, 17]. Ekili alanlar toplam tarımsal alanın % 38.4'ünü oluştururken % 44.1 orman ve % 7.1 meyve ve sebzeler için ekim alanıdır. TÜİK verilerine göre ülkemizde tarım alanlarının % 66.4'ünde tarla bitkileri, % 3.4'ünde sebze ve % 14.3'ünde meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır. Üretimimizin en büyük kısmını tahıllar, yağlı tohum bitkileri ve yumru bitkiler oluşturmaktadır. Tarımsal üretimin büyüklüğü yanında ülkemizde değerlendirilemeyen % 15.8'e ulaşan nadas alanı ve üretimden geriye kalan pek çok tarımsal atık bulunmaktadır [18]. Ülkemiz bitkisel üretim miktarları 2017'de bir önceki yıla göre tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde % 2.4 (68 milyon 61 bin ton), sebzelerde % 1.8 (30 milyon 826 bin ton) ve meyvelerde % 9.7 (20 milyon 809 bin ton) artış göstermiştir. Ülkemizde 2016 ve 2017 yıllarında yapılan üretime ait veriler Şekil 1 de görülmektedir [18].



Şekil 1. Türkiye genelindeki bitkisel üretim değerleri

Tarımsal atıkları bitkisel üretim, hayvansal üretim ve tarımsal ürünlerin işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atıklar olarak üç grupta tasnif etmek mümkündür. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre ülkemizin biyokütle atık potansiyelinin tahmini değeri 8.6 milyon ton eşdeğer petroldür (MTEP) ve biyokütle potansiyelinin 6 MTEP'lik bölümü ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bakanlığa bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün en son verilerine göre Türkiye genelinde bitkisel üretim miktarı 176 313 301 ton/yıl iken bitkisel atık miktarı 96 451 594 ton/yıl ve bu bitkisel atıkların enerji eşdeğeri 39 877 285 TEP/yıl dır [19].

Ülkemizde enerji talebindeki artış karşısında üretim kaynaklarının planlanması yeterince yapılamamıştır. Üretimde karşılanamayan talep bu enerji türlerinin ithalatı yoluyla sağlanmaktadır. Ülkemizi enerji alanında dışa bağımlı hale getiren kaynakların başında petrol ve doğalgaz yer almaktadır. Sonuçta ülkemiz pek çok ülkeye göre yüksek fiyatlardan enerji tüketen bir ülkedir.

Türkiye'de biyokütle kaynaklarına dayalı enerji üretimine yönelik olan araştırmalar 2000'li yıllarda başlayıp 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile özel sektörün de katkıları ile gelişmeye devam etmiştir. Bu kanun ile tanımlanmış teşvikler biyokütle yatırımlarını da kapsamaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Biyokütle Potansiyel Atlası (BEPA) nda en yüksek potansiyele sahip olan kaynak % 78'lik oranla bitkisel atıklardır [www.deloitte.com]. Türkiye'nin 2017 yılında Yenilenebilir + Atık + Atık Isı dan elektrik enerjisi üretimi birincil enerji kaynakları içindeki % 1'lik payı ile 2972.3 GWh' tir. Türkiye Elektrik İletim A.Ş (TEİAŞ) ın 2017 yılı faaliyet raporuna göre bir önceki yıla göre bu oranda % 25.3'lük bir artış sağlanmıştır [20].

Ülkemizde buğday sapı, tahıllara ait tozlar ve fındık kabuğu gibi çeşitli tarımsal atıklar önemli biyokütle enerjisi kaynaklarıdır. Yılda yaklaşık olarak  $2.6 \times 10^7$  ton buğday sapı tarlalarda ya yakılmakta ya da sürüm yapılarak toprağa karıştırılmaktadır. Buğday sapının üst ısıl değeri, yüksek verimli kömürün (28 MJ/kg) ısıl değerinin yarısına eşittir. Bu şartlarda ülkemizin enerji amaçlı olarak değerlendirilmeyen buğday saplarından  $1.3 \times 10^7$  ton kömüre eş değer enerji kaybı olurken üst ısıl değeri 19.2 MJ/kg olan fındık kabuğu içinde benzer bir kayıp yaşanmaktadır [14].

Ülkemizde tahıllardan elde edilen bitkisel biyokütle atıkları büyük ölçüde hayvan beslemek ve hayvanlar için altlık malzemesi olarak kullanılırken, budama atıkları ısınma amaçlı yakma ve toz haline getirilerek altlık malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Sebzelere ait atıklar ise genellikle tarla üzerinde bırakılmakta ve toprağın organik madde ihtiyacını karşılamada, toprakta su tutmayı iyileştirmede ve erozyon kontrolünde kullanılmaktadır. Bitkisel atıkların dağınık halde bulunması da ülkemizde bu atıkların enerji amaçlı kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu çalışmada 2017 yılı tarım istatistikleri baz alınarak Sakarya İli'nin teorik kullanılabilir bitkisel biyokütle potansiyeli ve bu biyokütlenin enerji miktarı teorik olarak hesaplanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

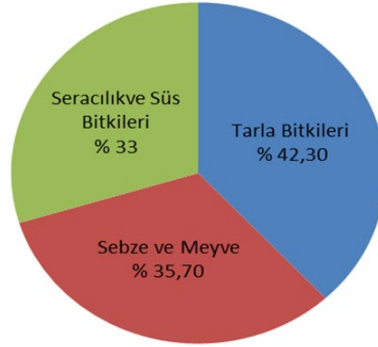
### Sakarya İlinin Bitkisel Üretim Potansiyeli

Sakarya ili Marmara bölgesinin, denizden ortalama 30-60 metre yükseklikte, yıllık ortalama 804.3 mm yağışa, 14.1 °C'lik ortalama sıcaklığa ve % 72'lik nisbi neme sahip mikroklima etkisindeki tek ilidir. 4 817 000 dekar yüzölçümüne sahip olan şehrin 1 807 978 dekarı tarım alanı olarak kullanılmaktadır. İl 13 adet ilçeye sahiptir (Şekil 2) Sakarya ili topraklarının % 34'ü dağlardan, % 44'ü platolardan ve % 22'si verimli ovalardan oluşur. İl de, dağlar gür ormanlarla, platolar makilerle kaplıdır. Ova ve vadiler ise tarım alanlarını oluşturmaktadır [21].



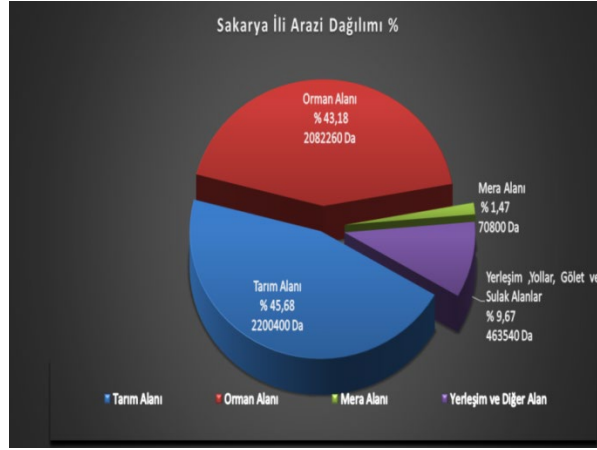
Şekil 2. Sakarya İli coğrafi konumu ve ilçeleri [22]

Aşağı Sakarya Havzası bol miktarda yağmur aldığı için ormanlar bakımından zengindir, bu alanda bol su depolanır ve akarsular buradan düzenli olarak beslenirler. Ortalama su hacmi 4 milyar m<sup>3</sup> tür. [22]. Sakarya ilinin toplam arazi büyüklüğü 245 356 hektardır. Bu arazilerin % 42.3'ünde tarla, % 35.7'inde sebze ve meyve, % 33'ünde ise seracılık ve süs bitkileri yetiştiriciliği yapılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Sakarya İli'nin tarım alanlarının dağılımı

Tarımsal alanlar ilin yüzölçümünün % 45.68'ini oluştururken ova olan kesimlerde sulama ihtiyacı olmadan bazı ürünlerin yetiştiriciliği yapılabilir (Şekil 4) [23]. Bölge sahip olduğu özellikleriyle yılda iki ürün hasadına uygundur. İlde 58170 tarımsal işletme olmasına rağmen bu işletmelerin % 86'sı 50 dekarın altındadır. 100 dekarın üzerindeki işletmelerin oranı % 2.82 dir. İl de ileri tarım teknikleri uygulanmasına rağmen tarımsal üretim yapılan alanların büyük çoğunluğu 20 dekarın altında büyüklüğe sahip olduğu için yani küçük ölçekli tarımsal işletmeler arasında yer almakta ve ailelerin % 93'ü tarımdan yeterli gelir elde edememektedir. Küçük ve parçalı tarım arazileri yüzünden tarımsal üretim pek çok üretici açısından ikincil bir faaliyet alanına dönüşmüştür. İlimizde 2000 yılından sonra yaklaşık 300 000 dekarlık tarım alanının göç, miras, konut yapımı ve sanayi alanı olarak satışı ile tarım toprağı vasfını kaybettiği belirlenmiştir. Bu durum doğrudan bitkisel üretimi azaltmıştır [21].



Şekil 4. Sakarya İlinde arazi dağılımı [23]

Sakarya, tarımsal potansiyeli yüksek olan bir ildir ve ülkenin tarımsal üretimdeki payı % 3 tür. Tarımsal alanların çoğunluğunu tarla arazileri ve fındık ekili alanlar oluşturmaktadır. İlde başta mısır olmak üzere buğday, arpa, şekerpancarı ve ayçiçeği gibi tarla bitkileri yanında lahanaya, marul, domates, biber, kabak, karpuz ve taze fasulye gibi bahçe bitkileri ile fiğ ve yonca gibi yem bitkileri tarımsal üretim içinde ağırlıklı yer almaktadır. Meyvecilikte başta fındık olmak üzere elma, armut, ayva ve kiraz yetiştiriciliği yapılmaktadır. İlde tahıl alanlarında görülen azalmanın aksine meyvecilikte son yıllarda hem alan hem de meyve veren ağaç sayısında sürekli bir artış gözlenmektedir [21]. Tablo 2 de 2017 yılı için Sakarya İlinde tarla bitkilerine ait, Tablo 3 de ise meyvelere ait ekim alanları, ağaç sayıları ve üretim miktarları yer almaktadır [23].

Tablo 2. Tarla bitkileri ekim alanları ve üretim miktarları [23]

Ürünler	2017		
	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
Mısır (İkinci ekilişler dahil)	372916	443383	1.189
Buğday	129389	42153	326
Arpa	38197	10811	283
Şeker pancarı	6518	37814	5.801
Ayçiçeği	38777	9396	242

Tablo 3. Meyve ağacı ekim alanı ve üretim miktarları [23]

Meyveler	2017		
	Alan (da)	Meyve Veren Ağaç Sayısı	Üretim (Ton)
Fındık	730838	360 117 50	90 207
Ayva	26153	991 742	102 475
Elma	10094	303 570	29 77
Şeftali	8048	372 070	17 544
Armut	3995	211 260	2 21
Bağ	47608	-	74 974
Çilek	3088	-	7 052

### Teorik Bitkisel Ürün Atık Miktarı ve Enerji Potansiyeli Hesabı

Teorik bitkisel üretim atıklarının mevcut miktarı, ürünlerin üretim miktarı ile atık ürün oranının çarpımı ile elde edilir (Eşitlik 1). Tablo 4 de ilde yetiştiriciliği yapılan tarla bitkileri için atık ürün oranları ve kullanılabilirlik oranları yer almaktadır. Atık ürün oranları bitkisel atık materyalin kuru bazdaki durumları üzerinden belirlenmiştir [11, 24].

$$TBAM = \dot{U}M \times AK \dots\dots\dots(E\text{şitlik 1})$$

TBAM= Teorik bitkisel ürün atık miktarı (ton/yıl)  
ÜM= Üretim miktarı (ton/yıl)  
AK= Atık katsayısı

Bitkisel üretim atıklarının enerji potansiyeli ise teorik bitkisel üretim atık miktarı ile atık ısı değerinin çarpımı ile elde edilir (Eşitlik 2).

$$AEP = TBAM \times AID \dots\dots\dots(E\text{şitlik 2})$$

AEP= Atık ürün enerji potansiyeli (MJ)  
TBAM= Teorik bitkisel ürün atık miktarı (kg)  
AID= Atık ısı değeri (MJ/kg)

Literatürde yer alan araştırma sonuçları göstermiştir ki bir hektarlık ortalama bir verime sahip araziden yılda ortalama 25-30 ton arasında kuru biyokütle sağlanabilmektedir. İklim koşulları açısından elverişli olan özellikle yarı tropik bölgelerde bu oran 40 tona kadar çıkabilmektedir. Kuru biyokütle den elde edilen ısı değeri 3800-4300 kcal/kg (1 kcal=1.10<sup>-7</sup> ton eşdeğer petrol) değerleri arasında olmaktadır. [2, 25].

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Çalışmada Sakarya İli'nin mevcut bitkisel üretim faaliyetlerine konu olan atık potansiyeli yüksek olan ürünleri kullanılmıştır. Seçilen bu bitkilerin atıkları ticari açıdan önemli bir değere sahip değildir. Sakarya'daki biyokütle kapasitesini değerlendirebilmek için iki kategoride toplam 10 farklı bitki dikkate alınmıştır. Bu bitkiler tarla bitkileri grubunda mısır, buğday, arpa, şekerpancarı ve ayçiçeği iken meyve ağaçları grubunda ise fındık, elma, şeftali, ayva ve armuttur. İlde yetiştiriciliği yapılan ürünlerin atık potansiyelleri belirlenirken bu ürünlerin ekim alanları ve üretim miktarları, 2017 yılı Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri (TÜİK, 2017), Sakarya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve Sakarya Ticaret Borsası 2017 yılı faaliyet raporlarında yer alan verilerden alınmıştır. Daha sonra biyokütle üretimine konu olabilecek atık potansiyeline sahip tarla bitkileri ve meyvelerin kullanılabilir atık miktarları hesaplanmıştır.

Seçili ürünler için tarla bitkilerinin atık miktarlarının belirlenmesinde ürün hasadı yapılan arazilerin büyüklüğü esas alınmıştır. Seçilen ürünlerin atık katsayısı, kullanılabilirlik oranları ve birim ısı değerleri California Energy Commission 2015 (CEC) tarafından belirlenen değerlerden alınmıştır [26]. Sakarya'da 2017 yılındaki bitkisel üretimin % 42.3 ünü oluşturan tarla bitkilerinin atık potansiyeli ve bu atıklara ait ısı değerleri Tablo 4 te verilmiştir. Tabloda yer alan atık miktarları ve toplam ısı kapasiteleri Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Bahçe ziraatında ağaç budama işlemleri de biyokütle üretimine ait atıklar oluşturduğu için söz konusu atıkların belirlenmesinde seçilen meyve türlerine ait ağaçların sayıları göz önünde bulundurulmuştur. Meyve veren ağaç sayıları Sakarya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2017 yılı faaliyet raporundaki veriler esas alınarak belirlenirken budama atık katsayıları, kullanılabilirlik oranları ve birim ısı değerleri CEC, 2015 ten alınmıştır. Tablo 5 te ise Sakarya'da 2017 yılında meyve ağaçlarının budanması sonucu elde edilen atık miktarları ve bunlara ait ısı değerleri yer almaktadır. Tarla bitkileri için seçilen her bir ürünün tarlada bıraktığı yıllık atık miktarı ve seçilmiş meyve ağaçlarının budanması ile bahçede bıraktıkları yıllık atık miktarları hesaplanmıştır. Kullanılabilirlik oranı meyve ağaçları için 0.7 (%70), tarla bitkileri için 0.5 (%50) alınmıştır [26].

**Tablo 4.** Sakarya İlinde tarla bitkileri atıkları ve enerji potansiyeli

Ürün	Atık	Üretim miktarı (ton/yıl)	Atık katsayısı	Atık miktarı (ton/yıl)	Kullanılabilirlik oranı	Kullanılabilir atık miktarı (ton/yıl)	Birim Isıl değer (MJ/kg)	Toplam Isıl kapasite (GJ/yıl)
Mısır	Sap Koçan	443383	4.04	1791267.3	0.5	895633.6	17.65	15807933
Buğday	Saman	42153	1.63	68709.4	0.5	34354.7	17.51	601550797
Arpa	Saman	10811	1.12	12108.3	0.5	6054.1	17.31	104796
Şeker pancarı	Baş Yaprak	37814	2.06	77896.8	0.5	38948.4	18	701071
Ayçiçeği	Sap	38777	0.73	28307.2	0.5	14153.6	18	254765
<b>Toplam</b>					0.5	<b>974 990.8</b>		<b>618 419 362</b>

**Tablo 5.** Sakarya İlinde meyve ağaçları atıkları ve enerji potansiyeli

Ürün	Atık	Meyve veren ağaç sayısı	Atık katsayısı	Atık miktarı (ton/yıl)	Kullanılabilirlik oranı	Kullanılabilir atık (ton/yıl)	Birim Isıl değer (MJ/kg)	Toplam Isıl kapasite (GJ/yıl)
Fındık	Budama	36011750	1.05	37812337.5	0.7	26468636.2	20	529372724
Elma	Budama	303570	1.43	434105.1	0.7	303873.5	20	6077470
Şeftali	Budama	372070	1.30	483691	0.7	338583.7	20	6771674
Ayva	Budama	991742	1.40	1388438.8	0.7	971907.2	20	19438144
Armut	Budama	211260	1.5	316890	0.7	221823	20	4436460
<b>Toplam</b>						<b>28 304 823.6</b>		<b>566 096 472</b>

Bitkilerin biyokütle kalıntılarının özelliklerine ve miktarına (nem içeriği, atık miktarı, atık enerji değeri) bitkilerin bulunduğu coğrafyanın yanısıra, ürünün verim değeri ve hasat yöntemleri de etki eder [27, 28]. Bu yüzden de ülkelere ve bölgelere göre aynı ürün için elde edilen atık miktarları değişim gösterir.

Tablolar incelendiğinde Sakarya ilinde tarla bitkileri atıkları arasında en büyük potansiyele sahip olan ürün mısırdır. 2017 yılında 443 383 ton olarak üretilen mısırdan 1 791 267.3 ton atık elde edilebileceği görülmektedir. İl genelinde tarla bitkilerine ait atıklar hayvan yemi ve hayvanlar için altlık malzemesi olarak değerlendirilmekte veya bir kısım çiftçiler tarafından yakılarak yok edilmektedir. Sakarya ili için seçilen tarla bitkilerine ait atıkların toplam teorik kullanılabilir miktarı 974 990.8 ton/yıl olup bu atıkların toplam teorik ısıl değeri 618 419 362 GJ/yıl olmaktadır. Meyve ağaçları içinde ise en fazla budama atığı 37 812 337.5 ton/yıl ile fındıktan elde edilebilmektedir. İlimizde meyve ağaçlarının budanmasına ait atıkların toplam teorik kullanılabilir miktarı 28 304 823.6 ton/yıl olup budama atıklarının teorik toplam ısıl değeri 566 096 472 GJ/yıl olarak hesaplanmıştır.

## SONUÇ

Enerji politikalarının temel amacı kesintisiz, temiz, güvenilir ve ucuz enerji temini olmalıdır. Bu şartlarda üretilen enerjinin verimli kullanılmasının yanı sıra kaynak çeşitliliğinin de sağlanması önem kazanmaktadır. Günümüzde biyo bozunabilir atıkları hammadde olarak kullanan çevreci enerji kaynağı olan biyokütle önemini giderek artırmaktadır. Geri dönüşümün ve sıfır atık hedefinin önem kazandığı günümüzde, yaşam döngüsünü tamamlamış insan ve hayvanların beslenmesi için gerekli katkıyı sağlamış olan biyokütle potansiyeline sahip bitkilere ait atık kısımların ekonomiye kazandırılması enerji arzı açısından önemlidir.

Sakarya bulunduğu coğrafi bölge ve iklim şartlarının uygunluğu sebebiyle bitkisel ürün çeşitliliği fazla olan bir ildir. Hem tarla bitkileri hem de meyve ağaçlarının budama atıkları açısından önemli bir bitkisel biyokütle potansiyeline sahiptir. Bu çalışma ile Sakarya İl'inde 2017 yılı içinde tarla bitkileri ve meyve ağaçlarının budanması kaynaklı olarak 29 279 814.4 ton atığın oluştuğu teorik olarak hesaplanmıştır. Bu atıkların oluşturduğu ısıl değerlerin toplamı 1 184 515 834 GJ/yıl dır. Bir atık olarak düşünülen bitkisel biyokütleden yararlanmanın mevcut enerji potansiyeline sağlayacağı katkı çok net olarak görülmektedir. Sakarya İlinin de içinde yer aldığı Marmara bölgesi, sanayi kuruluşları açısından ülkemizin en gelişmiş bölgedir. Tarım arazilerinin tarım dışı kullanımının önüne geçilerek ve atıl durumdaki kullanılmayan tarım potansiyeli olan arazilerinde üretime katılmasıyla bitkisel üretim daha da artacak ve bu üretim sonucu açığa çıkan bitkisel biyokütle miktarı da artacaktır. Tarımsal atık yönetimi ülkemiz ve bölgemiz açısından çok önemlidir. Bölgedeki biyokütle potansiyelinin, alternatif

enerji kaynağı olarak temiz enerji eldesinde kullanımı hem ekonomi ve hem de çevre sağlığı açısından katma değer oluşturacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Bilgen, S., Keles, S., Kaygusuz, A., Sarı, A., Kaygusuz, K., 2008, Global warming and renewable energy sources for sustainable development: a case study in Turkey, *Renew. Sustain. Energy Rev*, 12, 372-396.
- [2] Kurt, G. and Koçer, N.N., 2010, Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 240-247.
- [3] Koç, E. and Şenel, M.C., 2013, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makine*, 54( 639), 32-44.
- [4] Acaroğlu, M., Kocar, G., Hepbaslı A., 2005, The potential of biogas energy, *Energy Sources*, 27(3), 251-259.
- [5] Balat, M., Acici, N., Ersoy, G., 2006, Trends in the use of biomass as an energy source, *Energy Source Part B*, 1, 367-378.
- [6] Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D., Güngör, E., 2017, Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 148-160.
- [7] Obernberger, I. and Thek, G., 2004, Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour, *Biomass and Bioenergy*, 27(6), 653-669.
- [8] Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., Stroeve, P., 2009, Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(8), 3713-3729.
- [9] Acaroğlu, M., 2008, Türkiye’de Biyokütle-Biyometanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES’2008), 17-19 Aralık 2008, pp:351-362, İstanbul.
- [10] Kapluhan, E., 2014, Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: Biyokütle enerjisinin dünyadaki ve Türkiye’deki kullanım durumu, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 30, 97-125.
- [11] Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H.H., Kacıra, M., Ekinci, K., 2005, Agricultural Biomass Potential in Turkey, *Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, pp:195-199, Sep.27-29, İzmir, Turkey.
- [12] <https://www2.deloitte.com/tr/tr.html>
- [13] IEA, International Energy Agency, *World Energy Outlook 2014*, OECD/IEA, Paris, 2014.
- [14] Balat, M., 2005, Use of Biomass Sources for Energy in Turkey and a View to Biomass Potential, *Biomass and Bioenergy*, 29, 32-41.
- [15] Toklu, E., 2017, Biomass energy potential and utilization in Turkey, *Renewable Energy*, 107, 235-244.
- [16] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)., 2014, “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı”, [http://www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/ETKB\\_2010\\_2014\\_Stratejik\\_Planı.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Planı.pdf)
- [17] [www.biyoder.org.tr](http://www.biyoder.org.tr), erişim tarihi: 10.03.2019
- [18] TUIK, 2017, Turkish Statistical Institute, *Turkey’s Statistical Yearbook 2017*, Prime Ministry of Turkey, Ankara, Turkey.
- [19] <http://www.enerji.gov.tr>, erişim tarihi: 20.02.2019
- [20] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2017 Faaliyet Raporu
- [21] İnançlı, S., Faydalı, F., Acar, S., 2017, Sakarya’ nın Tarım ve Tarıma Dayalı Sanayi Ürünleri Sektörü Raporu, Sakarya Ticaret Borsası.
- [22] [www.coğrafyaharita.com](http://www.coğrafyaharita.com), erişim tarihi: 15.02.2019
- [23] Sakarya İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2017 Faaliyet Raporu
- [24] Karaca, C., Öztürk, H.H., Ekinci, K., 2016, Aydın İlinde Bitkisel Kökenli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi, 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 27-30 Eylül 2016, Samsun.
- [25] Yorgun, S., Şensöz, S., Şölener, M., 1998, Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Değerlendirme Çalışmaları, *Uzman Enerji*, 8, 44-48.



- [26] CEC, 2015, California Energy Commission, An Assessment of Biomass Resources in California, 2015. University of California, Davis,. Public Interest Energy Research (PIER) Program Interim Project Report. March 2015, CEC-500-11-020.
- [27] Avcıoğlu, A.O., Dayıoğlu, M.A., Türker, U., 2019, Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey, Renewable Energy, 138, 610-619.
- [28] Sümer, S.K., Say, S.M., Çiçek G., 2016, Determining the residue and energy potential of field crops in Çanakkale, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31, 240-247.