



---

DERLEME

---

GEÇİT KUŞAĞI TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ GÖREV ALANI DAHİLİNDE  
BULUNAN İLLERİN TARIMSAL ATIK BİYOKÜTLE ENERJİ POTANSİYELİNİN  
BELİRLENMESİ

Mahmut POLAT\*

\*Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Eskişehir

ÖZET

Genel anlamda biyoküteller, yakıt olarak kullanılabilen organik maddeleri içerir ve kuru ağırlıklarıyla ölçülürler. Biyokütle enerjisi ise, bu maddelerin yakılması neticesinde elde edilen enerjidir. Tarımsal biyokütle'nin hammaddesi tarımsal kökenli atık veya artıklardır. Bu çalışma, Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü görev alanı içerisinde bulunan Afyonkarahisar, Bilecik, Burdur, Bursa, Denizli, Eskişehir, Isparta, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak ve Yalova olmak üzere toplam 12 ili kapsamaktadır. Bölgede en çok tarımı yapılan; buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı olmak üzere toplam 5 ürüne ait, 2018 yılı tarımsal atık biyokütle enerji potansiyeli 6185.33 GWh olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GKTAEM, Biyokütle, Biyoenerji, Tarımsal atıklar, Isıl kapasite

ABSTRACT

DETERMINATION OF AGRICULTURAL RESIDUES BIOMASS ENERGY POTENTIAL  
OF TRANSITIONAL ZONE RESEARCH INSTITUTE RESPONSIBILITY PROVINCES

In general terms, biomass contains organic materials that can be used as fuel and are measured by their dry weight. Biomass energy is the energy obtained as a result of burning these materials. The raw material of agricultural biomass is agricultural wastes or residues. In this study, a total of 12 provinces, including Afyonkarahisar, Bilecik, Burdur, Bursa, Denizli, Eskişehir, Isparta, Kocaeli, Kutahya, Sakarya, Uşak and Yalova, which are of the Transitional Zone Agricultural Research Institute responsibility provinces, were discussed. The agricultural wastes biomass energy potential of most cultivated 5 products in the region, including wheat, barley, corn, sunflower and sugar beet was determined as 6185.33 GWh, for year 2018.

**Keywords:** GKTAEM, Biomass, Bioenergy, Agricultural wastes, Thermal capacity

---

1. GİRİŞ

Fosil kökenli enerji kaynakları sonsuz değildir. Bu nedenle, bu kaynaklara alternatif kaynak arayışları ile ilgili çalışmalar günümüze kadar gelmiş ve özellikle son yıllarda daha da yoğunlaşmıştır. Bu kaynaklardan biriside tarımsal kökenli atık veya artıklardır. Türkiye de birçok tarımsal ürüne ait ve hububat için anız olarak adlandırılan atıklar, hasat sonrası ya tarlada bırakılmakta ya da ikinci ürünün ekilişini kolaylaştırmak amacıyla yakılmaktadır (Şekil 1-6).



Şekil 1. Buğday atıkları



Şekil 2. Arpa atıkları



Şekil 3. Mısır atıkları



Şekil 4. Ayçiçeği atıkları.



Şekil 5. Şekerpancarı atıkları



Şekil 6. Anızların yakılması

Anızların yakılması, toprağın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği gibi, toprakta bulunan faydalı canlıların da yok olmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu atıklar çoğu zaman, tarla ile ilgili yapılan mekanizasyon trafiğine de engel olduğundan; enerji, zaman ve ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Bu noktada, çiftçileri anız yakma alışkanlıklarından vazgeçirmek için, tarımsal atıkların bir ekonomik kaynak olarak değerlendirilmesi önemlidir. Bu ise atıkların değerlendirilme yöntemleri ile ilgili olup, bu yöntemlerden birisi de tarımsal atıkların alternatif enerji

(ısı) kaynağı için hammadde olarak kullanılmasıdır. Dolayısıyla tarımsal biyokütle enerji, tarımsal kökenli atık veya atıkların yakılması neticesinde elde edilen enerjidir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, Türkiye'nin tarımsal biyokütle potansiyeli; toplam kullanılabilir atık miktarı 11766995 ton ve bu kuru madde miktarının bioenerji potansiyeli ise 228,4 PJ (63444,44 GWh) olarak belirlenmiştir [1].

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne bağlı olan Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Afyonkarahisar, Bilecik, Burdur, Bursa, Denizli, Eskişehir, Isparta, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak ve Yalova illerini içeren toplam 12 ilin tarımsal sorunlarına çözümler bulmak amacıyla araştırmalar yürüten Havza Araştırma Enstitüsüdür.

Söz konusu havzada 2018 yılında; 2186593 ton buğday, 1209916 ton arpa, 727882 ton mısır, 138858 ton ayçiçeği ve 3074735 tonda şekerpancarı ürün üretilmiştir. Havza'nın sahip olduğu toplam üretim potansiyelinin Türkiye toplamındaki oranları ise şöyledir; buğday (Türkiye toplamı 20000000 ton) %11, arpa (Türkiye toplamı 7000000 ton) %17.3, mısır (Türkiye toplamı 5700000 ton) %12.8, ayçiçeği (Türkiye toplamı 1949229 ton) %7 ve şekerpancarı (Türkiye toplamı 17436100 ton) %17.63'tür [2].

Bu çalışmanın amacı; Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü görev alanı içerisinde bulunan 12 ilin (en çok tarımı yapılan 5 ürüne ait) tarımsal atık miktarları ve biyokütle enerji potansiyelini belirlemek ve alternatif enerji kaynağı olarak değerlendirilebilmesi için veri elde etmektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Materyal olarak, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü görev alanı içerisinde bulunan; Afyonkarahisar, Bilecik, Burdur, Bursa, Denizli, Eskişehir, Isparta, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak ve Yalova olmak üzere toplam 12 ilde üretimi en çok yapılan; buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı olmak üzere toplam 5 ürünün 2018 yılına ait üretim verileri kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Tarımsal atık miktarı ile verim arasında dolayısıyla hasat indeksi ile ürün miktarı arasında bir ilişki mevcuttur. Literatürde tarımsal atıkların hesaplanması ile ilgili farklı yöntemler mevcut olmakla birlikte, bu çalışmada hasat indeksine dayanan hesaplama yöntemi kullanılmıştır [3, 4, 5].

Hasat indeksi ile atık miktarı arasındaki bağıntı aşağıda verilen denklemde olduğu gibi ifade edilebilir:

$$HI = \frac{M_u}{M_a + M_u} \quad (1)$$

$$M_a = M_u * \left( \frac{1}{HE} - 1 \right) \quad (2)$$

Burada,  $M_a$ ; atık miktarı (ton),  $M_u$ ; ürün miktarı (ton),  $HI$ ; hasat indeksi (-).

Atığın kuru madde miktarı ile sahip olduğu nem miktarı arasında ise;

$$M_k = M_a * (1 - r_n) \quad (3)$$

Şeklinde bir ilişki mevcuttur. Burada;  $M_k$ ; atığın kuru madde miktarı (ton),  $r_n$ ; nem oranı (%).

Tarımsal ürünlerden elde edilen atıkların tamamının kullanılabilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla her atığa ait kullanılabilirlik yüzdesi veya indeksi çalışmalar neticesinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak kullanılabilir toplam kuru kütle miktarı:



$$M_{kk} = M_k * k_a \quad (4)$$

Eşitliği yardımı ile bulunabilir. Bu eşitlikte;  $k_a$ ; atığın kullanılabilirlik yüzdesi (%) dir. Elde edilecek ısı miktarı ise;

$$H_b = M_{kk} * H_u \quad (5)$$

Bu denklemde;  $H_b$ ; atığın toplam biyoyısı miktarı (MJ),  $H_u$  ; atığın alt ısıl değeri (MJ/kg -kuru kütle) ifade etmektedir.

Elde edilecek toplam enerji miktarı ise;

$$E_b = \frac{H_b}{3600} \quad (6)$$

Denklemleri yardımı ile bulunabilir. Bu denklemde;  $E_b$ ; biyoenerji değeri (kWh), ifade etmektedir.

Hesaplamalarda hasat indeksleri; buğday için 0.37 [6,7], arpa için 0.34 [8], mısır için 0.42 [8], ayçiçeği için 0.40 [9] ve şekerpancarı için ise 0.90 olarak, nem oranları ise; buğday ve arpa için %15, mısır için %47, ayçiçeği için %29 ve şekerpancarı için ise %30 olarak alınmıştır [10, 11, 12].

Kullanılabilirlik yüzdeleri ise; buğday için %14, arpa için %15, ayçiçeği ve mısır için % 60 ve şekerpancarı için ise %55 olarak alınmıştır [3, 10].

Isıl kapasiteler; buğday için 17.9 MJ/kg, arpa için 17.5 MJ/kg, mısır için 18.4 MJ/kg, %, ayçiçeği için 14.2 MJ/kg ve şekerpancarı için 14.6 MJ/kg olarak alınmıştır [3, 5, 10].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü görev alanı dahilinde bulunan 12 il’de, 2018 yılında 5 ürünün üretim miktarları yukarıda verilmiştir. Bu veriler ve (1-6) nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanan değerler il ve bölge bazında aşağıda verilmiştir (Tablo 1-13).

**Tablo 1.** Afyonkarahisar İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	$M_u$ (ton)	$H_I$ (-)	$M_a$ (ton)	$k_a$ (%)	$r_n$ (%)	$M_{kk}$ (ton)	$H_u$ (MJ/kg)	$E_b$ (GWh)
Buğday	437185	0,37	744396,10	14	15	88583,13	17,9	441.09
Mısır	790	0,42	1090,95	60	47	346,92	18,4	1.78
Arpa	298479	0,34	579400,42	15	15	73873,56	17,5	359.63
Ayçiçeği	16775	0,40	25162,51	60	29	10719,23	14,2	42.34
Şekerpancarı	796843	0,90	88538,11	55	30	34087,17	14,6	138.44
<b>Toplam</b>	<b>1550072</b>		<b>1438588.07</b>			<b>207610.00</b>		<b>983.28</b>

Tablo 1’de görüldüğü gibi, Afyonkarahisar İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 983.28 GWh olup bölgedeki oranı % 15.90 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Bilecik İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	57543	0,37	97978.62	14	15	11659.46	17,9	58,06
Mısır	2598	0,42	3587.71	60	47	1140.89	18,4	5,84
Arpa	15935	0,34	30932.65	15	15	3943.91	17,5	19,20
Ayçiçeği	5294	0,40	7941	60	29	3382.87	14,2	13,36
Şekerpancarı	4158	0,90	462	55	30	177.87	14,6	0,72
<b>Toplam</b>	<b>85528</b>		<b>140901.98</b>			<b>20305</b>		<b>97.18</b>

Tablo 2’de görüldüğü gibi, Bilecik İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 97.18 GWh olup bölgedeki oranı % 1.57 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 3.** Burdur İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	134127	0,37	228378,41	14	15	27177,03	17,9	135,33
Mısır	9190	0,42	12690,95	60	47	4035,72	18,4	20,66
Arpa	77247	0,34	149950,10	15	15	19118,63	17,5	93,07
Ayçiçeği	144	0,4	216	60	29	92,02	14,2	0,36
Şekerpancarı	131448	0,9	14605,33	55	30	5623,05	14,6	22,84
<b>Toplam</b>	<b>352156</b>		<b>405840.75</b>			<b>56046.45</b>		<b>272.26</b>

Tablo 3’te görüldüğü gibi, Burdur İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 272.26 GWh olup bölgedeki oranı %4.40 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.** Bursa İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	218202	0,37	371533.10	14	15	44212.44	17,9	220.15
Mısır	144372	0,42	199370.92	60	47	63399.93	18,4	324.51
Arpa	26504	0,34	51448.94	15	15	6559.74	17,5	31.93
Ayçiçeği	37098	0,4	55647	60	29	23705.62	14,2	93.64
Şekerpancarı	196739	0,9	21859.89	55	30	8416.06	14,6	34.18
<b>Toplam</b>	<b>622915</b>		<b>699859.82</b>			<b>146293.80</b>		<b>704.42</b>

Tablo 4’te görüldüğü gibi, Bursa İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 704.42 GWh olup bölgedeki oranı % 11.39 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 5.** Denizli İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	208367	0,37	354787.11	14	15	42219.66	17,9	210.23
Mısır	104170	0,42	143853.83	60	47	45745.51	18,4	234.15
Arpa	150443	0,34	292036.42	15	15	37234.64	17,5	181.26
Ayçiçeği	23289	0,40	34933.56	60	29	14881.67	14,2	58.78
Şekerpancarı	142512	0,90	15834.67	55	30	6096.35	14,6	24.76
<b>Toplam</b>	<b>628781</b>		<b>841445.44</b>			<b>146177.83</b>		<b>709.19</b>

Tablo 5’te görüldüğü gibi, Denizli İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 709.19 GWh olup bölgedeki oranı % 11.47 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 6.** Eskişehir İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	531121	0,37	904341.21	14	15	107616.60	17,9	535.87
Mısır	122404	0,42	169034.12	60	47	53752.84	18,4	275.13
Arpa	261005	0,34	506656.80	15	15	64598.74	17,5	314.48
Ayçiçeği	43190	0,40	647853	60	29	27598.41	14,2	109.02
Şekerpancarı	1318583	0,90	146509.22	55	30	56406.05	14,6	229.09
<b>Toplam</b>	<b>2276303</b>		<b>1791326.25</b>			<b>309972.64</b>		<b>1463.58</b>

Tablo 6’da görüldüğü gibi, Eskişehir İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 1463.58 GWh olup bölgedeki oranı %23.66 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 7.** Isparta İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	90149	0,37	153496.95	14	15	18266.14	17,9	90.95
Mısır	8850	0,42	12221.43	60	47	3886.41	18,4	19.89
Arpa	91786	0,34	178172.82	15	15	22717.04	17,5	110.59
Ayçiçeği	36	0,40	54	60	29	23.00	14,2	0.09
Şekerpancarı	117986	0,90	13109.56	55	30	5047.18	14,6	20.50
<b>Toplam</b>	<b>308807</b>		<b>357054.75</b>			<b>49939.77</b>		<b>242.03</b>

Tablo 7’de görüldüğü gibi, Isparta İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 242.03 GWh olup bölgedeki oranı %4 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.** Kocaeli İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	44939	0,37	76517,76	14	15	9105.61	17,9	45.34
Mısır	13180	0,42	18200,95	60	47	5787.90	18,4	29.63
Arpa	19682	0,34	38206,24	15	15	4871.26	17,5	23.71
Ayçiçeği	1268	0,40	1902	60	29	810.25	14,2	3.20
Şekerpancarı	0	0,90	0	55	30	0	14,6	0
<b>Toplam</b>	<b>79069</b>		<b>134826.95</b>			<b>20575.06</b>		<b>101.88</b>

Tablo 8’de görüldüğü gibi, Kocaeli İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 101.88 GWh olup bölgedeki oranı %1.65 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 9.** Kütahya İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	Hİ (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	286146	0,37	487221.61	14	15	57979.37	17,9	288.70
Mısır	5091	0,42	7030.43	60	47	2235.68	18,4	11.44
Arpa	95298	0,34	184990.22	15	15	23586.26	17,5	114.82
Ayçiçeği	1784	0,40	2676	60	29	1139.98	14,2	4.50
Şekerpancarı	266960	0,90	29662.22	55	30	11419.96	14,6	46.38
<b>Toplam</b>	<b>655279</b>		<b>711580.45</b>			<b>96361.23</b>		<b>465.85</b>

Tablo 9’da görüldüğü gibi, Kütahya İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 465.85 GWh olup bölgedeki oranı %7.53 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 10.** Sakarya İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	H <sub>İ</sub> (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	31457	0,37	53561.92	14	15	6373.87	17,9	31.74
Mısır	307446	0,42	424568.31	60	47	135012.72	18,4	691.06
Arpa	9048	0,34	17563.76	15	15	2239.38	17,5	10.90
Ayçiçeği	8403	0,40	12604.52	60	29	5369.52	14,2	21.21
Şekerpancarı	36604	0,90	406711	55	30	156584	14,6	6.36
<b>Toplam</b>	<b>392958</b>		<b>512365.58</b>			<b>150561.31</b>		<b>761.27</b>

Tablo 10’da görüldüğü gibi, Sakarya İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 761.27 GWh olup bölgedeki oranı % 12.31 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 11.** Uşak İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	H <sub>İ</sub> (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	143527	0,37	244383.81	14	15	29081.67	17,9	144.81
Mısır	9791	0,42	13520.91	60	47	4299.65	18,4	22.01
Arpa	161606	0,34	313705.77	15	15	39997.49	17,5	194.71
Ayçiçeği	1157	0,40	1735.50	60	29	739.32	14,2	2.92
Şekerpancarı	62902	0,90	6989.11	55	30	2690.89	14,6	10.93
<b>Toplam</b>	<b>378983</b>		<b>580335.10</b>			<b>76808.94</b>		<b>375.38</b>

Tablo 11’de görüldüğü gibi, Uşak İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 375.38 GWh olup bölgedeki oranı % 6.1 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 12.** Yalova İli tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	H <sub>İ</sub> (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	3830	0,37	6521.35	14	15	776.04	17,9	3.86
Mısır	0	0,42	0	60	47	0	18,4	0
Arpa	2883	0,34	5596.41	15	15	713.54	17,5	3.48
Ayçiçeği	420	0,40	630	60	29	268.38	14,2	1.06
Şekerpancarı	0	0,90	0	55	30	0	14,6	0
<b>Toplam</b>	<b>7133</b>		<b>12747.76</b>			<b>1757.96</b>		<b>8.40</b>

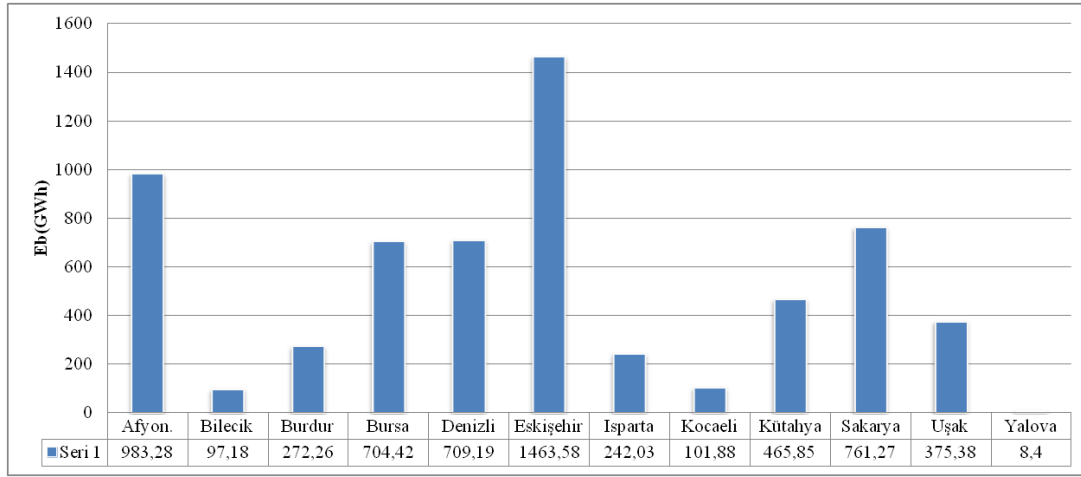
Tablo 12’de görüldüğü gibi, Yalova İli’nin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli; 8.40 GWh olup bölgedeki oranı % 0.14 olarak hesaplanmıştır.

Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü görev alanı içerisinde bulunan havzada (2018 yılı) buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı olmak üzere 5 ürüne ait tarımsal atık kökenli biyokütle potansiyeli il ve ürün bazında aşağıda verilmiştir (Tablo 13, Şekil 7, 8.).

**Tablo 13.** Havza geneli ürün bazında tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli (2018)

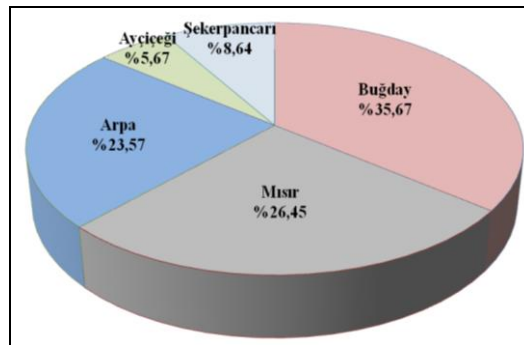
Atık Çeşidi	M <sub>ü</sub> (ton)	H <sub>i</sub> (-)	M <sub>a</sub> (ton)	k <sub>a</sub> (%)	r <sub>n</sub> (%)	M <sub>kk</sub> (ton)	H <sub>u</sub> (MJ/kg)	E <sub>b</sub> (GWh)
Buğday	2186593	0,37	3723117,81	14	15	443051,02	17,9	2206,13
Mısır	727882	0,42	1005170,38	60	47	319644,18	18,4	1636,10
Arpa	1209916	0,34	2348660,47	15	15	299454,21	17,5	1457,79
Ayçiçeği	138858	0,40	208287	60	29	88730,24	14,2	350,48
Şekerpancarı	3074735	0,90	341637,22	55	30	131530,33	14,6	534,20
<b>Toplam</b>	<b>7337984</b>		<b>7626872,88</b>			<b>1282410,00</b>		<b>6185,33</b>

Tablo 13'te görüldüğü gibi, havza'nın (2018 yılı) buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı olmak üzere 5 ürüne ait kullanılabilir toplam kuru madde miktarı; 1282410 ton olup bu kuru maddenin enerji karşılığı ise 6185.33 GWh' dır. Biyokütle enerji potansiyeli yönünden ürün bazında karşılaştırma yapıldığında en büyük potansiyelin %35,67' lik bir payla buğdayda olduğu görülmektedir.



**Şekil 7.** Havzadaki illerin tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli dağılımı (2018)

Şekil 7.'de görüldüğü gibi, en büyük potansiyel Eskişehir İli'nde mevcutken, Bursa, Denizli ve Sakarya illeri'nin miktar yönünden çok yakın olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Burada esas faktör, söz konusu ilin yüzölçümü ve ekilebilir tarım arazisi miktarıdır. Bilecik, Kocaeli ve Yalova illeri bilindiği üzere ormanlık bölgelerdir. Dolayısıyla, hem ormanlık alanlardan, hem de yüzölçümü yönünden küçük olduklarından tarım arazisi miktarları da küçüktür. Bu durum ise, söz konusu illerde biyokütle enerji potansiyelinin de düşük olmasına sebep olmaktadır.



**Şekil 8.** Havza geneli ürün bazında tarımsal atık kökenli biyokütle enerji potansiyeli dağılımı (2018)



Şekil 8.'de, en büyük potansiyel buğdayda mevcutken, arpa ve mısırın miktar yönünden birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Elde edilen sonuç, değerlendirme ve öneriler şöyledir:

1. Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü görev alanı içerisinde yer alan toplam 12 ilin (2018 yılı) buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı olmak üzere 5 ürüne ait tarımsal atık yönünden sahip oldukları biyokütle enerji potansiyeli 6185.33 GWh tir.
2. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre; Türkiye'nin tarımsal biyokütle potansiyeli toplam; kullanılabilir atık miktarı 11766995 ton ve bu kuru madde miktarının bioenerji potansiyeli ise 228,4 PJ (63444,44 GWh) olarak belirlenmiştir [2]. Bu veriler referans olarak alındığında, bölgenin sahip olduğu toplam 6185.33 GWh biyokütle enerji potansiyelinin Türkiye toplamındaki oranı; % 9.75 olarak ortaya çıkmaktadır.
3. Başka bir referansta; Türkiye'nin 2018 yılı tarımsal atık biyokütle enerji potansiyeli 67984 GWh olarak verilmiştir[11]. Bu çalışma sonucuna göre ise oran % 9.25 olarak hesaplanmıştır.
4. Yukarıda izahatı yapılan her iki referansa göre yapılan değerlendirme sonuçları birbirine yakındır.
5. Türkiye'de, 2018 yılında üretilen toplam enerji miktarı 303000 GWh [2]. Aynı şekilde, söz konusu 5 ürünün toplam biyokütle enerji potansiyelinin, Türkiye'de üretilen toplam enerji miktarına oranı yaklaşık %2 olarak hesaplanmıştır.
6. Ürün bazında, biyokütle enerji potansiyeli yönünden karşılaştırma yapıldığında; en büyük potansiyelin buğday, arpa ve mısırdaki olduğu ve buğdayda oranın %35.67 olduğu ortaya çıkmıştır.
7. Bölgede il bazında, biyokütle enerji potansiyeli en yüksek olan il; 1463.58 GWh'lık potansiyel ile (%23.66) ile Eskişehir İli'dir.
8. Aynı şekilde, biyokütle enerji potansiyeli en düşük olan il ise; 8.40 GWh'lık potansiyel (%0.14) ile Yalova'dır.
9. Türkiye, tarımsal kökenli atık yönünden büyük bir potansiyele sahip olduğundan, bu potansiyelin bitki besleme maddesi ve enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi mümkündür.
10. Tarımsal atık toplama mekanizasyonu ile ilgili Ar-Ge çalışmaları yapılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- [1] EİGEM, [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/tur\\_tar\\_biyo\\_pot.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/tur_tar_biyo_pot.aspx), 2019.
- [2] TÜİK. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). 2019.
- [3] Mardikis M, Nikolaou A, Djouras N, Panoutsou C. Agricultural Biomass in Greece: Current and Future Trends. Biomass and Agriculture. OECD Report. 2004. pp. 363–376.
- [4] Polat M. Türkiye'nin Biyokütle Enerji Potansiyeli. 6. Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Menemen, İzmir. 12-14 Kasım, 2019.

- [5] Polat M. Prediction Agricultural Residues Biomass Energy Potential of Eskişehir Region”, 6th International Ege Energy Symposium & Exhibition. June 28-30, 2012, İzmir, Turkey.
- [6] Önder O. Orta Anadolu kuru koşullarında yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin yetiştirme dinamikleri üzerine bir araştırma. Master Tezi, Osman Gazi Üniversitesi, Eskişehir, 2007.
- [7] Deniz İ, Tutuş A, Ateş S, Okan TO. Buğday sapının hasat indeksi ve soda-oksijen-AQ pişirmesi, 3. Karadeniz ulusal Ormancılık Kongresi. Artvin, 2010. V. cilt, s. 2050-2060.
- [8] Taner F, Ardıç İ, Halisdemir B, Pehlivan E. Biomass Use and Potential in Turkey. Biomass and Agriculture. OECD Report. 2004. pp. 439-453.
- [9] Demir Kaya M. Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulamaların ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde verim ve verim öğelerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi. 2006.
- [10] Başçetinçelik A, Öztürk HH, Karaca C. Türkiye’de Tarımsal Biokütleden Enerji Üretimi Olanakları, IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri. 2007.Bildiriler Kitabı, s.101-109.
- [11] Polat M. Tarımsal Kökenli Bazı Kompost Çeşitlerinin Biyotermal Enerji Kapasitelerinin Belirlenmesi. Araştırma Projesi Sonuç Raporu, TAGEM. Proje No: BB-0902010E01. 2014.
- [12] Keener HM, Marugg C, Hansen RC & Hoitnik HAJ. Optimizing the efficiency of the composting process. Science And Engineering of Composting Design Columbus, Ohio: Renaissance Publications. 1993. pp. 59-94.