

**Atıf İçin:** Saka, K. (2025). Bursa İlinin Hayvansal Atık Kütle Merkezinin Belirlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 650-657.

**To Cite:** Saka, K. (2025). Determination of the Animal Waste Mass Center of Bursa Province. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 15(2), 650-657.

## **Bursa İlinin Hayvansal Atık Kütle Merkezinin Belirlenmesi**

Kenan SAKA<sup>1\*</sup>

### **Öne Çıkanlar:**

- Ağırlık merkezi
- Hayvansal atık
- BEPA

### **Anahtar Kelimeler:**

- Biyokütle
- Enlem
- Boylam
- Koordinat
- Bursa

### **ÖZET:**

Hayvansal üretim kaynaklı biyokütle, üretim yapılan çiftliklerin konumuna bağlı olarak şehirlerde dağınık halde bulunur. Bahsedilen dağınıklıkta kaynaklanan dezavantajın önüne geçmek için biyokütlenin en çok üretildiği konuma yakın bir noktaya biyokütle santrallerinin konumlandırılması en uygun olanıdır. Fakat taşıma maliyeti kabul edildiği takdirde alanlarda yayılı olan biyokütlenin bir merkezde toplanarak değerlendirilmesi ikinci bir yaklaşımdır. Bu çalışmada koordinat düzlemine bağlı ağırlık merkezi bulma metodu kullanılarak Bursa iline ait ilçelerde dağınık bir şekilde bulunan büyükbaş hayvanlarına ait atıklarının kütle merkezinin bulunması hedeflenmiştir. Veri kaynağı olarak Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlasından (BEPA) yararlanılmıştır. Bu sayede kurulacak biyokütle santralleri için bir merkezi koordinat tavsiye edilmesi hedeflenmiştir. Bursa ili doğu batı doğrultusunda yaklaşık 195 km ve kuzey güneyde ise yaklaşık 140 km genişliği olan ve 17 ilçeden oluşan geniş alanlı bir şehirdir. Hayvan yetiştiriciliğinin yapıldığı çok sayıda çiftliklere sahip bu şehirdeki hayvansal atıkların kütle merkezinin bulunması için her bir ilçenin biyokütle potansiyeli koordinat düzlemiyle birlikte değerlendirilmiştir. Sonuç olarak şehre ait hayvansal kaynaklı biyokütle merkezi hesaplanmış ve koordinat düzlemi üzerinde gösterilmiştir. Bahsedilen koordinatlar Nilüfer ilçe sınırları içinde Orhaneli sınırına yakın bir bölgeyi göstermektedir.

## **Determination of the Animal Waste Mass Center of Bursa Province**

### **ABSTRACT:**

Biomass from animal production is distributed across cities depending on the location of the farms where production takes place. In order to avoid the negativity caused by the mentioned irregularity, it is best to locate biomass-based power plants close to the location where the most biomass is produced. However, considering the transportation cost, collecting and utilizing the biomass spread in the areas in a center is a secondary approach. In this study, it was aimed to find the center of mass of animal wastes originating from cattle scattered in the districts of Bursa by using the center of gravity finding approach based on the coordinate plane. Biomass Energy Potential Atlas (BEPA) was used as the data source. It is aimed to recommend a possible central coordinate for any biomass power plant to be established. Bursa province is a large city with a width of approximately 195 km in the east-west and approximately 140 km in the north-south direction and consisting of 17 districts. In order to find the center of mass of animal waste in this city, which has hundreds of farms where animal production is carried out, the biomass potential of each district was evaluated with the coordinate plane. As a result, the animal-based biomass center of the city was calculated and showed on the coordinate plane. The coordinates in question show an area close to the Orhaneli border within the borders of Nilüfer district.

### **Highlights:**

- Gravity center
- Animal waste
- BEPA

### **Keywords:**

- Biomass
- Latitude
- Longitude
- Coordinate
- Bursa

<sup>1</sup> Kenan SAKA ([Orcid ID: 0000-0002-2296-894X](https://orcid.org/0000-0002-2296-894X)), Bursa Uludağ Üniversitesi, Yenişehir İbrahim Orhan Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Bursa, Türkiye

**\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Kenan SAKA, e-mail: kenansaka@uludag.edu.tr

## GİRİŞ

Yapılan herhangi bir biyolojik faaliyet sonucu, biyolojik atıklar da ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ve enerji potansiyeli olan bu atık ya da artıklara biyokütle denmektedir. Biyokütleden enerji geri kazanımı dendiğinde akla ilk olarak evsel atık ve çöplerden enerji elde edilmesi gelebilir. Fakat bütün organik bileşiklerin yapısında enerji üretmeye olanak sağlayan karbon atomu bulunduğundan her türlü organik madde ve organik atıktan enerji üretmek mümkündür. Hayvan yetiştiriciliği sonucunda da kayda değer ölçüde biyokütle ortaya çıkmaktadır. Bursa ili hayvansal ve bitkisel üretim açısından zengin bir şehir olduğu için ortaya çıkan biyokütleden enerji elde etmek amacıyla çalışmalar da başlamıştır.

Bursa, Eskişehir ve Bilecik Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanan ön fizibilite raporuna göre bölgeden çıkan biyokütlenin 3 MW kapasiteli bir biyogaz tesisini beslemesi mümkündür. Hazırlanan rapora göre bölgeden günlük 400 ton hayvansal ve 100 ton bitkisel biyokütle toplanabilir (Bepka, 2021).

Benzer bir rapor Bursa'nın ilçeleri arasında yer alan Yenişehir için hazırlanmıştır. Planlanan tesisin elektrik üretme kapasitesi 4.68 MW olarak belirlenmiştir (Özkan, 2022). Saka (2018) tarafından hazırlanan bir çalışmada Bursa'da bulunan hayvansal kaynaklı biyokütle enerji potansiyelinin % 56'sının büyükbaş, % 40'ının kanatlı ve % 4'ün küçükbaş kaynaklı olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca potansiyel biyokütle enerjisi bakımından en zengin ilçelerin Karacabey, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer olduğu bildirilmiştir.

Bir biyogaz tesisi için en uygun lokasyonun belirlenmesi araştırmacıların ilgisini çeken bir konudur. Aksi halde biyokütlenin taşınması için daha fazla miktarda bir işletme gideri ödenmesi söz konusudur. Akgül ve Seçkiner (2022) böyle bir amaç için coğrafi bilgi sisteminin kullanılmasını önermişlerdir. Balcı ve Evren (2015) tarafından Karacabey'in kırsal kalkınması için biyokütle odaklı bir çözüm aranmıştır. Bu soruya cevap bulmak için hazırlanan çalışmada Karacabey'in sahip olduğu biyokütle potansiyeli ortaya konulmuş ve bir yol haritası sunulmuştur.

Tunus (2019) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde, Bursa'da bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı elektrik üretiminin ekonomik analizi yapılmıştır. Tezin sonuç kısmında biyokütle enerji sistemlerinin şehir genelinde az sayıda olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Bursa'nın yüksek biyokütle potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Aşağıda çevrimiçi olarak yayınlanan enerji atlası sayfasında bahsedilen Bursa'da kurulmuş biyokütle kaynaklı enerji santrallerinin listesine kapasiteleriyle birlikte yer verilmiştir.

|                                           |         |
|-------------------------------------------|---------|
| 1. Hamitler Çöplüğü Biyogaz Santrali      | 9800 kW |
| 2. İnegöl Biogaz Santrali                 | 8480 kW |
| 3. Karacabey Biyogaz Tesisi               | 6400 kW |
| 4. Nisa Elektrik Üretim Santrali          | 5480 kW |
| 5. İnegöl Çöp Gaz Elektrik Üretim Tesisi  | 2400 kW |
| 6. Cargill Tarım Bursa Bioenerji Santrali | 120 kW  |

Saka (2018) Bursa'nın yenilenebilir enerji görünümü üzerinde durduğu çalışmasında şehirde bulunan elektrik santrallerinin güç oranlarından bahsederken biyogaz kaynaklı santrallerin payını % 0.77 olarak vermiştir. Saka ve Yılmaz (2016) Marmara bölgesinin hayvansal üretime bağlı biyokütle dağılımı incelenmiştir. Bölgede bulunan 11 il içinde Bursa'da ortaya çıkan yıllık hayvansal atığın 2 milyon tonun üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Ulusoy ve ark. (2015) Bursa'nın tarımsal atığa bağlı biyogaz potansiyeli ile birlikte ve biyogazın dizel motorlarda yakıt olarak kullanımını incelemişlerdir.

Ayhan (2015) Bursa'nın hayvansal atıklardan biyogaz üretim potansiyeli üzerinde durmuş ve 2014 yılı potansiyelini 129 milyon m<sup>3</sup> olarak hesaplamıştır. Saka (2023) 100 kW'lık sabit bir soğutma yükü sağlamak üzere özel olarak tasarlanmış üç etkili absorpsiyonlu soğutma sisteminin biyogaz tüketimine

odaklanmıştır. Buna göre şehirde yer alan büyükbaş hayvan sayısının 284 tane ele alınan biyogaz tesisinden kurmaya yeteceğini bildirmiştir.

Saka ve ark. (2018) sadece kültür sığır yetiştiriciliğine bağlı ortaya çıkan enerji potansiyelinin bütün ülke çapında yetiştiriciliği yapılan toplam potansiyelin % 41'ni oluşturduğu bildirilmiştir. Çalışmada on altı türe bağlı ortaya çıkan biyokütle enerjisi incelenmiştir.

Saka ve ark. (2018) Türkiye'nin hayvan biyokütlesinden kaynaklanan enerji potansiyeli üzerinde durmuşlardır. Buna göre ülkede büyükbaş hayvanlar toplam enerji potansiyelinin %67,1'ine sahip olup, büyükbaş hayvanlar arasında en yüksek enerji potansiyeline %61 ile sığırların sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Yılmaz ve Saka (2018) Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan dokuz ilin kullanılabilir biyokütle potansiyeli araştırmıştır. Analizlerinde hayvansal ve bitkisel kökenli biyokütleler dikkate alınmıştır. Hayvansal kaynaklı biyokütle kümes hayvanları, küçükbaş hayvanlar ve sığırlar olarak ele alınmıştır. Bitkisel kaynaklı biyokütle ise tarla, bahçe ve sebze ürünleri olarak hesaplanmıştır. Çalışmalarında her türün biyokütle enerji potansiyeline katkısı araştırılmıştır.

Bilgili (2022) Akdeniz Bölgesi illerinin kullanılabilir biyokütle potansiyeli üzerinde durmuştur. Akdeniz Bölgesi'nin 2019 yılı istatistik verilerine göre hayvansal ve bitkisel biyokütle atık miktarları ve biyokütle potansiyelinin enerji eşdeğerliğini analiz etmiştir.

Türkiye'de birçok il için biyokütle potansiyeline bağlı çalışmalar da yapılmıştır (Tırınk, 2022). Denizli ili için hazırlanan bir doktora tezinde coğrafi bilgi sistemleri desteği ile hayvansal biyokütle kaynakları potansiyeli araştırılmıştır. Sonuç olarak Denizli haritası üzerinde kurulması planlanan biyokütle tesisi için uygun olarak hesaplanan alanlar yeşil ile gösterilmiştir (Yılmaz, 2023).

Adana ilinde yer alan örtü altı (alçak tünel, yüksek tünel ve plastik sera) alan ve üretim miktarları Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2017-2021 yılı verileri dikkate alınarak Boyacı (2023) tarafından potansiyel biyokütle ve elektrik enerjisi değerlerinin belirlenmesi amacıyla incelenmiştir. Çalışmada atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli 2021 yılı için 155794 MWh olarak rapor edilmiştir.

Güney ve Yıldırım (2024) tarafından Türkiye'de yenilenebilir enerjinin durumu ile ilgili tartışmalar yapılarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücü, iller bazında en fazla kurulu güce sahip olanlar istatistiklerle gösterilerek Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim haritası betimlenmiştir. Çalışmada Bursa'ya ait biyogaz tesislerinin kurulu gücü 32.7 MW olarak rapor edilmiştir.

Badem ve Olgun (2023) saha koşullarında depolanan biyokütle yakıtlarında oluşan kuru madde kayıplarını incelemiştir. Çalışmada; 13 ay boyunca farklı iklim koşullarında 5 farklı biyokütle hammaddesinin (saz kamışı, mısır sapı, çam kapağı, kavak kapağı, ağaç kökü) açık alanda depolanmasının hammadde karakteri, nem içeriği, enerji içeriği, kuru madde kaybı ve kül miktarı değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak toplam kuru madde kaybı içeriğinde, nemden kaynaklı kuru madde kaybı %92 ile en yüksek ağaç kökünde, mikrobiyolojik bozulmadan kaynaklı kuru madde kaybı oranı ise %86 ile en yüksek mısır sapında gerçekleşmiştir.

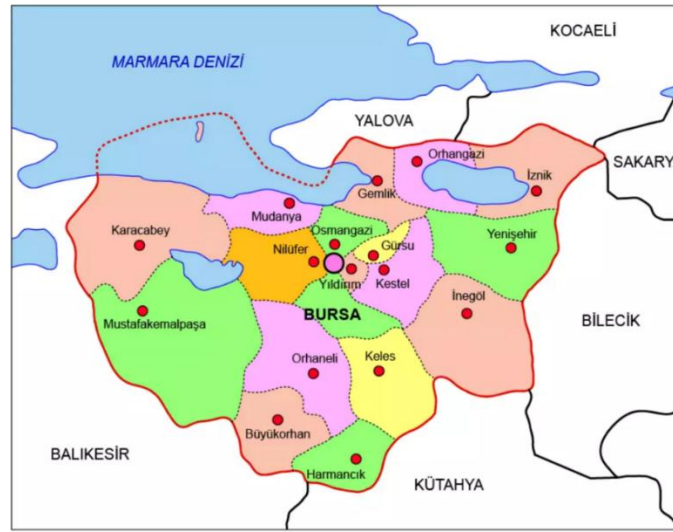
Şanlıurfa ilinde tarımsal atık ve artıkların değerlendirilmesine bağlı yapılan analizde buğday üretiminin %3.57'i, arpa üretiminin %5.1'i, mısır üretiminin %4.26'i, pamuk üretiminin %36.97'u Şanlıurfa'da gerçekleştiği rapor edilmiştir (Al, 2021). Çalışma sonuçlarına göre Şanlıurfa ilinde kullanılması en uygun hammadde oranı %40 buğday, %30 mısır ve pamuk atığıdır. 30 MW'lık biyokütle enerji santrali için gerekli hammadde 83719.26 ton buğday artıkları, 62789.45 ton ise mısır ve pamuk artıkları olarak toplamda yaklaşık 210 bin ton olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada ise Bursa'da sığır üretimine bağlı ortaya çıkan atıkların kütle merkezinin hesaplanması üzerinde durulmuştur. Şehir geneline dağılmış bir halde bulunan hayvansal atıkların

kütlesel açıdan şehrin hangi bölgesinde yoğunlaştığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu sayede hayvansal atıkların toplanmasına bağlı geliştirilebilecek herhangi bir aksiyonda merkez konumun gösterilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca literatürde rapor edilen şehre ait 2018 yılı verileri dikkate alınarak geçen sürede yaşanan değişimler karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Bursa ili genelinde dağılmış olan büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine bağlı biyokütlenin kütle merkezinin bulunması hedeflenmiştir. Bunun için öncelikle şehirde bulunan 17 farklı ilçenin üretim miktarları araştırılmıştır. Aşağıda Şekil 1 üzerinde Bursa ilinde yer alan ilçelerin şehir merkezleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Bursa'da yer alan ilçe merkezlerinin dağılımı

Büyükbaş üretimi üç farklı türe göre gerçekleşmektedir. Bu türler kültür sığır, melez sığır ve yerli sığır olarak sınıflandırılmıştır. Her bir türün biyokütle potansiyeline olan katkısı farklıdır. Bir adet kültür sığırının yıllık biyokütle potansiyeline olan katkısı 9125 kg'dır. Benzer şekilde melez sığır kaynaklı kütleli üretim 6570 kg ve yerli sığır üretimine bağlı oluşan biyokütle hayvan başına yıllık 5475 kg'dır.

Her bir ilçede gerçekleştirilen büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine bağlı hayvan sayılarının tespiti için Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlasından (BEPA) yararlanılmıştır. Buna bağlı olarak her bir ilçede yetiştirilen sığır türlerine bağlı oluşan biyokütle Çizelge 1 üzerinde gösterilmiştir. Hazırlanan çalışma yapılırken bazı kabul ve sınırlamalar dâhilinde hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Aşağıda maddeler halinde bahsedilen kabul ve sınırlamalara değinilmiştir.

### Sınırlamalar ve Kabuller

- Şehirde sığır yetiştiriciliğinden başka manda, at vs. hayvan türleri de vardır. Bu türlere ait sayılar az olduğu için hesaplamalara dâhil edilmemiştir.
- Şehirde küçükbaş hayvan yetiştiriciliği olmasına rağmen genel olarak meralarda bakım yapıldığından ve biyokütlenin toplanması mümkün görülmediğinden hesaplamalara dâhil edilmemiştir.
- Şehirde kanatlı üretimi olmasına rağmen kanatlı üretimi için ayrı bir kapsamlı hesaplama gerekliliğinden dolayı hesaplamalara dâhil edilmemiştir.
- Biyokütle üretimi aslında her bir ilçede yayılı bir halde yapılmasına rağmen ilçeler için yapılacak biyokütle merkezi hesaplamasında her bir ilçe için çiftlik koordinatlarına bağlı yapılması

gerekliliğinden dolayı il için yapılan genel hesaplamalarda her bir ilçe merkezi biyokütlenin de merkezi olarak kabul edilmiştir.

**Çizelge 1.** Bursa'nın ilçelerinde bulunan türlere bağlı biyokütle miktarları

|            | Kültür Sığı (ton) | Yerli Sığır (ton) | Melez Sığır (ton) | Toplam Biyokütle (ton) | Yüzde (%) |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| Büyükorhan | 58390.90          | 1653.50           | 20610.10          | 80654.50               | 4.1       |
| Gemlik     | 8404.10           | 1106.00           | 15051.90          | 24562.00               | 1.3       |
| Gürsu      | 15968.80          | 985.50            | 0                 | 16954.30               | 0.9       |
| Harmancık  | 12930.10          | 208.10            | 5959.00           | 19097.20               | 1.0       |
| İnegöl     | 92308.50          | 6854.70           | 53138.20          | 152301.40              | 7.8       |
| İznik      | 12519.50          | 804.80            | 8133.70           | 21458.00               | 1.1       |
| Karacabey  | 404438.30         | 3816.10           | 10314.90          | 418569.30              | 21.5      |
| Keles      | 33443.10          | 0                 | 2858.00           | 36301.10               | 1.9       |
| Kestel     | 28707.30          | 98.60             | 14815.40          | 43621.30               | 2.2       |
| Mustafa K. | 273366.80         | 9893.30           | 150262.50         | 433522.60              | 22.2      |
| Mudanya    | 47358.80          | 0                 | 7029.90           | 54388.70               | 2.8       |
| Nilüfer    | 66612.50          | 6986.10           | 24335.30          | 97933.90               | 5.0       |
| Orhaneli   | 82991.90          | 4270.50           | 12844.40          | 100106.80              | 5.1       |
| Orhangazi  | 37339.50          | 8962.60           | 22226.30          | 68528.40               | 3.5       |
| Osmangazi  | 32293.40          | 1286.60           | 12371.30          | 45951.30               | 2.4       |
| Yenişehir  | 287528.80         | 487.30            | 33474.20          | 321490.30              | 16.5      |
| Yıldırım   | 8477.10           | 142.40            | 6136.40           | 14755.90               | 0.8       |

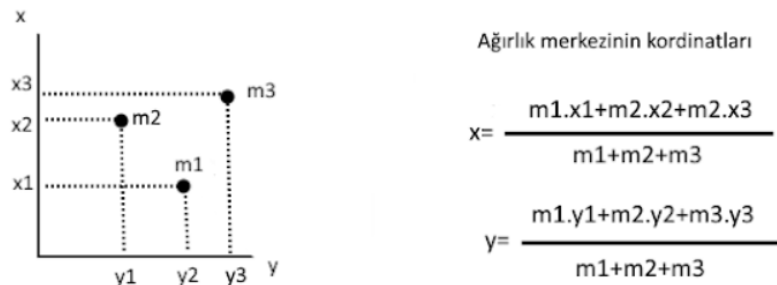
Çizelge 1 üzerinde şehirde yer alan 17 farklı ilçede büyükbaş yetiştiriciliğine bağlı ortaya çıkan yıllık biyokütle miktarları ve bahsedilen biyokütlenin şehirdeki toplam biyokütle içindeki payı gösterilmiştir.

### Koordinat Hesaplaması

Her bir ilçenin şehir merkezinin harita üzerindeki koordinatları bellidir. Bursa'da üretilen toplam biyokütlenin kütle merkezini bulmak için her bir ilçe merkezinin x ve y eksenine olan uzaklıkları şehirde üretilen biyokütle miktarı ile birlikte aşağıda verilen 1'nolu denklem yardımıyla hesaplatılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan yaklaşım fizik konularında ağırlık merkezi bulmak için kullanılan metodun biyokütle merkezi bulmak için uyarlanmış şeklidir.

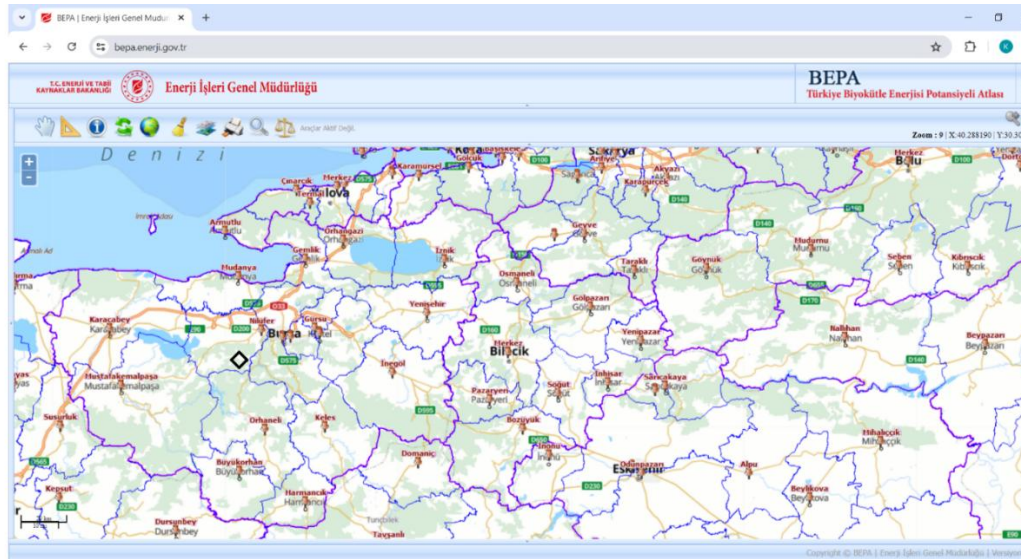
Şekil 2 üzerinde farklı konumda yer alan farklı kütlelerin ağırlık merkezi hesaplama metodu gösterilmiştir. Denklem 1 üzerinde gösterilen m biyokütle miktarını x ve y ise her bir şehir merkezinin x ve y eksenine olan uzaklığını göstermektedir.

$$x_{biyokütle} = \frac{\sum m.x}{\sum m} \quad y_{biyokütle} = \frac{\sum m.y}{\sum m} \quad (1)$$



**Şekil 2.** Farklı kütlerin ağırlık merkezi hesaplama metodu

Çalışma dâhilinde yapılan hesaplamalarda, harita üzerinde y eksenini olarak Manyas'tan geçen bir doğru ve x eksenini olarak da Dursunbey'den geçen bir doğru seçilmiştir.



**Şekil 3.** Biyokütle Potansiyel Atlasının Çevrimiçi Görüntüsü

Şekil 3 üzerinde analizde kullanılan BEPA görüntüsüne yer verilmiş ve analiz sonucu ortaya çıkan şehre ait biyokütle merkezi işaretlenmiştir. Atlas üzerinde herhangi bir noktanın koordinatlarını görmek mümkün olduğu gibi manuel olarak iki nokta arasındaki mesafeyi ölçmekte mümkündür.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada öncelikli olarak tek bir nokta üzerinde durulmuştur. O da şehir genelinde dağınık olarak bulunan biyokütlenin kütle merkezini hesaplamaktır. Bulunması hedeflenen koordinat ile biyokütlenin toplanması odaklı herhangi bir çalışmaya ışık tutulması amaçlanmıştır. Ortaya çıkan bulgular aşağıda açıklanmıştır.

Öncelikle Bursa genelinde sadece sığır yetiştiriciliğine bağlı ortaya çıkan biyokütle potansiyeli yıllık 1.950.197 tondur. Yani yaklaşık 2 milyon tondur.

Diğer bir önemli nokta ise şehirde 17 ilçe bulunmasına rağmen biyokütle potansiyelinin % 43.7 si sadece iki ilçe tarafından üretilmektedir. Karacabey'in yıllık biyokütle potansiyelindeki katkısı %21.5 ve Mustafa Kemalpaşa'nın %22.2'dir. Yan yana bulunan bu şehirler neredeyse Bursa'nın biyokütle potansiyelinin yarısını karşılamaktadır.

Bu verilere göre kütle merkezin bu şehirlere yakın çıkması beklenebilir. Fakat tam olarak öyle değildir. Coğrafi konumları dikkate alındığında bahsedilen iki şehir biyokütle merkezini kendilerine doğru kaydırsa da diğer şehirlerdeki coğrafi dağılım biyokütle merkezini Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Nilüfer ilçesi üzerinde çıkarmıştır. Bu açıdan bakıldığında şehrin diğer yarısında biyokütle açısından dengeli bir dağılım olduğu söylenebilir.

Rakamsal olarak bakıldığında ise Bursa ili doğu batı doğrultusunda yaklaşık 195 km ve kuzey güneyde ise yaklaşık 140 km genişliğe sahiptir. Bursa şehir merkezi 40.19 enlem ve 29.06 boylamda yer almaktadır.

Şehre ait hayvansal kaynaklı biyokütle merkezinin koordinat düzlemi üzerinde;

- 40.1 enlem
- 28.8 boylam olarak hesaplanmıştır.

Bahsedilen koordinatlar Nilüfer ilçe sınırları içinde Orhanlı sınırına yakın bir bölgeyi göstermektedir.

Şehirde biyokütle potansiyelini oluşturan aslında yetiştirilen hayvan sayılarıdır. Çizelge 1 üzerinde şehrin biyokütle merkezi hesabında kullanılmak üzere hesaplanan her bir ilçedeki biyokütle miktarları

verilmişti. Aşağıda verilen Çizelge 2 üzerinde ise şehirde mevcut hayvan sayıları ve 2018 yılında rapor edilen hayvan sayıları ile birlikte verilmiştir.

**Çizelge 2.** Bursa’da yıllara ve türlere göre yetiştirilen sığır sayıları

| Türler           | (Saka, 2018) | 2024    | Değişim % |
|------------------|--------------|---------|-----------|
| Geleneksel sığır | 14.672       | 8686    | -40.8     |
| Kültür sığır     | 14.2917      | 164.721 | 15.3      |
| Melez sığır      | 21.652       | 60.816  | 280.9     |
| Toplam           | 179.241      | 234.223 | 30.7      |

Çizelge 2 üzerinde Bursa’da yıllara göre türlere göre sığır sayılarında yaşanan değişim gösterilmiştir. Geçen altı yıl içinde toplam sığır sayısı 179241 den 234223 e yükselmiştir. Hayvan yetiştiriciliği bakımından bu olumlu bir gelişmedir. Artış oranı yaklaşık %30.7’dir. Yerli sığır sayısında %40.8 oranında bir azalma yaşanmıştır. Kültür sığır sayısında %15.3 oranında bir artış olurken en ilgi çekici artış melez sığır türlerinde yaşanmıştır. Bursa’da altı yıl içinde melez sığır türlerinde yaklaşık 3 kat artış yaşanmıştır.

Çizelge 3 üzerinde Bursa’da yetiştirilen toplam hayvan miktarı ve buna bağlı olarak yıllık hayvansal biyokütle ve potansiyel enerji miktarı gösterilmiştir. Ele alınan hayvan sayıları 16 farklı tür içindir. Özellikle kanatlı türleri içinde yer alan tavuk sayılarının fazla olduğu unutulmamalıdır.

**Çizelge 3.** Bursa hayvansal üretime bağlı biyokütle enerji potansiyeli

|                                             | (Saka, 2018) | 2024       |
|---------------------------------------------|--------------|------------|
| Toplam yetiştirilen hayvan sayısı (Adet)    | 9554.622     | 11799.447  |
| Hayvansal atık (ton/yıl)                    | 2293025.59   | 3004654.10 |
| Hayvansal biyokütle enerji değeri (TEP/yıl) | 24812.49     | 33064.7    |

Çizelge 3 üzerinde verilen bilgiler ışığında geçen altı sene zarfında toplam hayvan sayılarında ve buna bağlı olarak biyokütle potansiyelinde artış olduğu görülmektedir. Fakat hangi türün bahsedilen bu artışta daha fazla payı olduğunu anlaşılmak için daha fazla analize ihtiyaç vardır. Bu çalışma sığır yetiştiriciliği odaklı olduğu için diğer türlere değinilmemiştir.

## SONUÇ

Bursa ilinde son yıllarda yetiştirilen sığır sayısı ve toplam hayvan sayısı artış göstermektedir. Dolayısıyla bölgede ortaya çıkan hayvansal kaynaklı atık kütlelerinde de artış yaşanmaktadır. Bu çalışmada Bursa’da yapılan sığır yetiştiriciliğine bağlı ortaya çıkan biyolojik atıkların kütle merkezinin bulunması hedeflenmiştir. Şehirde bulunan merkez ve taşra ilçelerinin merkezlerinin x ve y koordinat eksenlerine olan uzaklığının kütle potansiyeli ile birlikte değerlendirilmesi sonucu şehrin biyokütle merkezinin koordinatları tespit edilmiştir. Ayrıca maddeler halinde aşağıdaki sonuçlara da ulaşılmıştır.

- Bursa genelinde sadece sığır yetiştiriciliğine bağlı ortaya çıkan biyokütle potansiyeli yıllık 1950197 tondur.
- Biyokütle potansiyelinin % 43.7 si sadece Karacabey ve Mustafa Kemalpaşa tarafından üretilmektedir.
- Biyokütle merkezi koordinat düzlemi üzerinde hesaplanmış ve harita üzerinde gösterilmiştir. Bahsedilen koordinatlar Nilüfer ilçe sınırları içinde Orhaneli sınırına yakın bir bölgeyi göstermektedir.

Öneri olarak Bursa genelinde yapılan bu çalışmanın her bir ilçe içinde yapılması halinde ilçelerde kurulacak biyokütle tesisleri için en uygun noktaların bulunmasına ışık tutulacaktır. Biyokütle potansiyelinin daha fazla değerlendirilmesi için bölgede az olan küçük ölçekli örnek projeler

geliştirilmelidir. Biyokütle kaynaklı tesislerin sayısının artması için yatırımcıları özendirecek politikalar geliştirilmeli ve hayata geçirilmelidir.

### Çıkar Çatışması

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Akgül, A. Seçkiner S. (2022) Determination of Biomass Power Plant Location Using GIS-Based Heuristic Methods: A Case Study in Turkey. *Research Square*
- Al, K. (2021) Biyokütle Enerji Santralleri İçin Tarımsal Atıklar: Şanlıurfa İlinde Tarımsal Atık ve Artıkların Değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2): 67-76.
- Ayhan, A. (2015) Biogas Production Potential from Animal Manure of Bursa Province. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 29(2): 47-53.
- Badem, A., Olgun H. (2023) Saha Koşullarında Depolanan Biyokütle Yakıtlarında Oluşan Kuru Madde Kayıplarının İncelenmesi. *Mühendis ve Makine*, 64, 712: 549-575.
- Balcı, P., Evren, Y. (2015) Biyokütle Enerjisi Karacabey'in Kırsal Kalkınması İçin Bir Potansiyel Olabilir mi? *Planlama*, 25(3): 227-237.
- Bepka (2021) Bursa İli Tarım Ve Hayvancılık Faaliyetlerinden Kaynaklanan Atıklardan Enerji Üretimi Ön Fizibilite Raporu. <https://bepa.enerji.gov.tr/> (Son erişim: 16.07.2024)
- Bilgili, M. E. (2022) Exploitable Potential of Biomass Energy in Electrical Energy Production in the Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*
- Boyacı, S. (2023) Bazı Örtüaltı Bitki Artıklarının Potansiyel Biyokütle Ve Elektrik Enerjisi Değerlerinin Belirlenmesi: Adana İli Örneği. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanlarına Güncel Bakış*, 236-244.
- Günay, E., Yıldırım S. (2024) Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Bakımından Türkiye'nin Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Journal of Economics and Research*, 5(2): 61-72.
- Özkan Şehircilik (2022) Yenişehir Biyokütle Enerji Santrali. <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/> (Son erişim: 16.07.2024)
- Saka, K. (2018) Bursa'nın Hayvansal Biyokütle Enerji Potansiyeli Üzerine Bir İnceleme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18: 1167-1173.
- Saka, K. (2018) Bursa'nın Yenilenebilir Enerji Görünümü. *Mühendislikte Güncel Konular*, 139-149.
- Saka, K. (2023) A Quantitative Examination of the Efficiency of a Biogas-Based Cooling System in Rural Regions. *Processes*, 11, 1983.
- Saka, K., Yamankaradeniz, R. Canbolat A. S. (2018) Türkiye'nin Hayvansal Biyokütle Enerjisinin Alt türlere Göre İncelenmesi. IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu. Edirne.
- Saka, K., Yılmaz İ. H. (2016) Marmara Bölgesinin Hayvansal Biyokütle Dağılımı. 10th International Clean Energy Symposium, İstanbul.
- Saka, K., Yılmaz İ. H., Canbolat A. S., Kaynaklı Ö. (2018) Energy Potential Of Animal Biomass In Turkey. *European Journal of Technic*, 8(2): 160-167.
- Tırnık, S. (2022). Hayvansal atıkların biyogaz üretim potansiyelinin hesaplanması: Iğdır ili örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(1), 152-163.
- Tunus, O. (2019) Bursa'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Elektrik Üretim Potansiyelinin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. 159 sayfa.
- Ulusoy, Y., Arslan R., Ulukardeşler A. H., Kaplan C., Kul, B., Arslan R. (2015) Bursa İli Tarımsal Organik Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Dizel Motorlarda Yakıt Olarak Kullanımının İncelenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 29(2): 39-45.
- Yılmaz, İ. H., Saka K. (2018) Exploitable biomass status and potential of the Southeastern Anatolia Region, Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 13(1): 46-52.
- Yılmaz, P. A. (2023) CBS Desteği İle Hayvansal Biyokütle Kaynakları Potansiyelinin Belirlenmesi: Denizli İli Örneği. Doktora Tezi 125 sayfa.