



HAYVANSAL VE BİTKİSEL ATIKLAR KAYNAKLI BİYOKÖMÜR ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Nesrin DURSUN*

Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ardahan, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Biyokömür,
Hayvansal Atık,
Bitkisel Atık,
Atık Gerikazanımı.*

Öz

Araştırmada, Malatya ilinin hayvansal ve bitkisel atıklar kaynaklı biyokömür dönüşüm potansiyeli belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2019, 2018 ve 2017 yılı Hayvancılık İstatistikleri ve Bitkisel Üretim İstatistikleri kullanılmıştır. Biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesinde hayvan (büyükbaş süt sığırları, küçükbaş süt veren koyun+keçi ve hindi+kaz+ördek+yumurta tavuğu kümes hayvanı) sayıları ve bahçe ürünleri (kayısı, elma, ceviz, armut, badem, kiraz, şeftali+nektarin, vişne, erik) ağaç sayıları dikkate alınarak, ilgili kabullere göre atık miktarları saptanmıştır. Diğer hayvansal ve bitkisel üretim atıkları, genel olarak sürdürülebilir olmadığından biyokömür dönüşüm potansiyelinin belirlenmesinde dikkate alınmamıştır. Toplam biyokömür dönüşüm potansiyeli üç yıl için 132319 ton ve yıl bazında ortalama 44106.3 ton olarak belirlenmiştir. 2019, 2018 ve 2017 yılı için; hayvansal atık kaynaklı biyokömür potansiyeli, toplam potansiyelin % 72.4'ünü ve bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı biyokömür potansiyeli ise toplam potansiyelin % 27.6'sını oluşturmuştur. Bu oranlar, yıl bazında da yaklaşık oranlarda seyretmiştir. Ayrıca, hayvansal atık kaynaklarının % 87'sini büyükbaş hayvan atıkları ve bahçe ürünleri budama atık kaynaklarının % 88'ini ise kayısı ağacı budama atıkları oluşturmuştur.

DETERMINATION OF ANIMAL AND VEGETABLE WASTES-BASED BIOCHAR PRODUCTION POTENTIAL: THE CASE OF MALATYA PROVINCE

Keywords

*Biochar,
Animal Waste,
Vegetable Waste,
Waste Recycling.*

Abstract

In the research, animal and vegetable waste-based biochar transformation potential of Malatya province was determined. Within the scope of the study, Livestock Statistics and Plant Production Statistics of the years 2019, 2018 and 2017 from the Turkish Statistical Institute were used. In the determination of the biochar production potential, the number of animals (dairy cattle, milk giving sheep+goat and turkey+goose+duck+laying hen poultry) and the number of horticultural crop trees (apricot, apple, walnut, pear, almond, cherry, peach+nectarine, sour cherry, plum) were considered and waste amounts were detected according to the relevant acceptances. Other animal and vegetable production wastes were not taken into consideration in determining biochar transformation potential since they are not generally sustainable. Total biochar transformation potential was determined as 132319 tons for three years and 44106.3 tons on the average on a yearly basis. For the years 2019, 2018 and 2017; animal waste-based biochar potential created 72.4% of the total potential and horticultural crop pruning waste-based biochar potential created 27.6% of the total potential. These rates ranged between the approximate rates on a yearly basis. Also, 87% of the animal waste sources consisted of bovine animal wastes and 88% of the horticultural crop pruning waste sources consisted of apricot tree pruning wastes.

Alıntı / Cite

Dursun, N., (2020). Hayvansal ve Bitkisel Atıklar Kaynaklı Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(3), 720-727.

* İlgili yazar / Corresponding author: nesrindursun@ardahan.edu.tr, +90-478-211-7575

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
N. Dursun, 0000-0002-7463-1038	Başvuru Tarihi / Submission Date	13.04.2020
	Revizyon Tarihi / Revision Date	21.06.2020
	Kabul Tarihi / Accepted Date	07.07.2020
	Yayın Tarihi / Published Date	24.09.2020

1. Giriş (Introduction)

Atık, genel olarak meydana getirenin ihtiyacı kalmadığı için attığı veya atması gerektiği maddelerdir. Bu atılan maddelerin geri dönüşüm ve geri kazanımı mümkün olanları ile, hem üretim için yeni ham maddeye daha az ihtiyaç duyulabilir, hem de enerji elde edilebilir. Dünyada birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de, atıkların sürdürülebilir olarak nasıl ele alınabileceğine yönelik, geri dönüşüm, işleme sistemi ve atık azaltma hedefleri belirlenmiştir. Böylece, geri dönüşüm veya geri kazanımı mümkün olan atıklar sayesinde, yenilenebilir enerji kaynakları ayrı bir ivme kazanmıştır. Bu kapsamda, özellikle hayvansal atıklar ve bitkisel atıklar en önemli biyokütle kaynaklarından ikisidir. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) verilerine göre ülkemizin, hayvansal atık miktarının 193 milyon ton/yıl, bitkisel atık miktarının ise 62 milyon ton/yıl yaklaşık değerlerde olduğu tahmin edilmektedir. Hayvansal ürün ya da üretim faaliyetleri ve tarımsal faaliyetler sonucunda çeşitli tipte atıklar oluşarak çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu organik içerikli biyokütle atıkların geri dönüşümü ile biyometan, biyohidrojen, biyodizel, biyokömür gibi yenilenebilir kaynaklar elde edilebilir. Dünyada son zamanlarda üretimi ve kullanımı yaygınlaşan, ülkemizde yeterince tanınmayan biyokömür, sera gazı salımını azaltma ve toprak verimliliğini artırma özellikleriyle araştırmacıların odak noktası haline gelmiştir.

Biyokömür, yavaş piroliz prosesi ile çok az oksijen içeren veya oksijenin olmadığı koşullarda biyokütlenin en az 350 °C sıcaklıkta işlenmesi ile oluşan; sera gazı salımını azaltmak, toprak iyileştirme veya filtrasyonu için kullanılabilen yüksek seviyelerde sabit karbon içeren katı kömüre benzeyen malzemedir (Shackley vd., 2013; Agronomy Fact Sheet, 2010; CEC April, 2019; CEC February, 2019). Biyokömür, karbon esaslı olarak mikrobiyal aktivite veya ortamdaki kimyasal reaksiyon yoluyla zor ayrışabilir, kimyasal olarak ayrışmayan formda depolanan stabilize edilmiş yapıdadır. Bu nedenle karbon, mikroorganizmalar tarafından kullanılmadığından ve atmosfere karbondioksit (CO₂) olarak geri dönmediğinden, biyokömür karbon azaltılmasında önemli derecede etki yapmaktadır (Shackley vd., 2013). Biyokömür, birçok farklı tipte organik atık malzemeden düşük sıcaklıkta piroliz yoluyla üretilebilir. Bu nedenle, kentsel alanlarda ve tarımda organik atıkların yönetimi için yeni bir yol sunmaktadır. Biyokömür üretiminde kanalizasyon çamuru, hayvan gübresi, odun atıkları, tavuk tüyleri, saman, kuruyemiş kabukları ve bahçe atıkları potansiyel hammadde olarak kullanılacak atıklardan bazılarıdır. Ayrıca, organik atığın düşük sıcaklıkta pirolizi ile yenilenebilir biyoyakıt olarak kullanılan biyoyağ ve sentez gazı yan ürünleri üretilebilir (Shackley vd., 2013; Navia ve Crowley, 2010).

Biyokömür üretimi ile ilgili çalışmalarda, piroliz prosesinde çeşitli tipte organik atıklar denenerek farklı sıcaklıklarda üretilen ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin toprağa etkileri araştırılmıştır. Biyokömür teknolojisinin alternatif atık işleme yöntemlerine kıyasla yakın gelecekte karşılaşılabileceği temel zorluk, tam ölçekli birimler için yüksek sermaye maliyetidir. Bu çerçevede, emisyonu azalttığı bilinen biyokömürün farklı tipte organik atıkların değerlendirilmesi ile ucuz elde edilme potansiyeli, piroliz işlemlerinin maliyetini daha uygun hale getirebilir (Navia ve Crowley, 2010). Biyokömürün pH, kütle yoğunluğu, toprak agregasyonu, su tutma kapasitesi, besin kullanılabilirliği ve organik karbon kullanılabilirliği gibi çeşitli toprak özelliklerini değiştirdiği bilinmektedir. Ayrıca, biyokömür partikülleri ve gözenekleri yüzeyinde büyüyen kök, kök tüyleri ve mikorizal iplikcikler onu çevreleyen toprak ortamında çok farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik bir ortama maruz kalabilir (Lehmann vd., 2015). Toprak verimliliği ve bitki büyümesini artırma özelliklerinden dolayı gelecek yıllarda biyokömürün pazar büyümesinin artması öngörülmektedir. Biyokömürün toprağa faydaları; (i) su ve gübre tutma kapasitesini geliştirme, (ii) nem seviyesini koruma, (iii) doğal felaket (sel) olduğunda bitkileri koruma, (iv) topraktaki toksik elementleri ve kum kirleticileri temizleme olarak sıralanabilir. Toprağa kuru uygulanan biyokömür, toprakta suyun tutulmasına yardımcı olarak verimliliği arttırmakta ve toprakta ıslak koşullar olduğunda drenajı destekleyerek, toprak besinlerini tutmaya yardımcı olmaktadır (CEC April, 2019; CEC February, 2019).

Bu araştırmada, araştırmacılar tarafından birçok avantajı olduğu bildirilen, organik atıkların kullanımı ile üretilebilecek biyokömürün Malatya ili için potansiyeli hesaplanmıştır. Bu kapsamda, Malatya ilinde hayvansal ve bitkisel üretim faaliyetleri sonucu elde edilen çeşitli tipte potansiyel atık miktarları saptanmış ve bu atıkların biyokömür dönüşüm potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Malatya ilinde biyokömür üretimine katkı sağlayacak potansiyel atıklar; hayvansal (büyükbaş, küçükbaş, kümes) ve bitkisel (kayısı, elma, ceviz, armut, badem, kiraz, şeftali+nektarin, vişne, erik) üretim atıkları olarak belirlenmiştir. Böylece, Malatya ilinde oluşan potansiyel atıklara göre biyokömür üretim potansiyeli değerlendirilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması (Literature Survey)

Dünyada, yavaş piroliz yöntemi ile organik atıklardan biyokömür üretimi üzerine araştırmalar artmış ve biyokömür kullanımının birçok avantajı olduğu bildirilmiştir. Hossain vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada atıksu çamurundan biyokömür üretimi araştırılmış ve agronomik uygulamalar için gerekli özellikler değerlendirilmiştir. Kentsel bir atık su arıtma tesisinden alınan atık su çamuru, laboratuvar ölçekli bir reaktörde piroliz edilmiştir. Piroliz prosesi ile 300-700 °C sıcaklık aralığında arttırılarak çalışılmış ve biyokömür veriminin azaldığı tespit edilmiştir. Biyokömürün düşük sıcaklıkta üretilenleri asidik, yüksek sıcaklıkta üretilenleri alkali yapıda olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mikroblesinler artan sıcaklıkla birlikte artarken, azot konsantrasyonu azalmıştır. Atık su çamurunda bulunan iz elementlerin konsantrasyonunun sıcaklık ile değiştiği ve biyokömürü zenginleştirdiği tespit edilmiştir. Mitchell vd. (2013), kentsel lignoselülozik atık envanterinin tamamlanmasını takiben üç kategoriye ayrılmış olan toplam on sekiz hammaddeyi kullanarak biyokömür elde etmiştir. Bu kategoriler kurumsal atıklar (kağıt havlu, gazete kağıdı, beyaz kağıt, renkli kağıt, parlak kağıt, kahverengi kağıt torba, kahverengi kağıt zarf, oluklu mukavva, karton kutu, karton kağıt rulosu, karton ambalaj), yıkım atıkları (yonga levha, kontrplak, yıkım ahşabı) ve bahçe atıkları (ladın talaşı, akçağaç dalları, akçağaç yaprakları, çimen) olarak belirlenmiştir. Selüloz, hemiselüloz ve ligninin literatürdeki önceki çalışmalara göre, genellikle 200-500 °C arasında termal olarak bozunduğuna dayanarak en yüksek 480 °C sıcaklıkta çalışılmıştır. Biyokömür örneklerinin nötr ila az alkali pH değerlerinde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, lignoselülozik kentsel atıklardan üretilen biyokömürün potansiyel olarak faydalı özelliklerde olduğu kanısına varılmıştır. Chaiwong vd. (2012), üç tatlı su yosununu (*Spirulina*, *Spirogyra* ve *Cladophora*) kullanarak biyokömür üretim potansiyelini özel olarak tasarlanmış bir reaktörde, yavaş piroliz prosesi ile 550 °C'de araştırmıştır. Kuru alglerin biyokömür verimlerinin % 28-31 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Lee vd. (2013), tarımsal atıkları (şeker kamışı küspesi, kokopit, çeltik samanı, hurma çekirdeği kabuğu, şemsiye ağacı) kullanarak, 500 °C'de yavaş piroliz ile üretilen biyokömürün özelliklerini karşılaştırmıştır. Biyokömür verimleri ağaç kökü, şeker kamışı küspesi ve çeltik samanı organik fraksiyonunda ağırlıkça % 24-28, kokopit için ise ağırlıkça % 46 olarak tespit edilmiştir. Atıklardan biyokömür üretimi ile, karbon içeriğinin ağırlıkça % 84-89 aralığında değiştiği, bu oranın biyokütle içindeki karbonun % 43-63'üne karşılık geldiği belirlenmiştir. Gheorghe vd. (2010), kiraz ağacı talaşından biyokömür üretim verimini araştırmıştır. Çalışmada, 450-800 °C sıcaklık aralığında farklı piroliz sıcaklığı ve bekleme süresi işletme koşullarının, biyokömür verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Colantoni vd. (2016), pelet haline getirilmiş üzüm asması ve ayçiçek kabuğu tarımsal atıklarından üretilen biyokömürü, piroliz ile 400 ve 500 °C'de bir kesikli reaktörde incelemiştir. Piroliz koşullarında biyokütlenin kimyasal ve fiziksel değişimi belirlenerek, oluşan ürünler karakterize edilmiştir. Deneylere göre, artan sıcaklıkla birlikte katı biyokömür veriminde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile, üzüm asması ve ayçiçek kabuğu gibi tarımsal biyokütle atıkların biyokömür üretiminde alternatif olarak kullanılabilmesi kanısına varılmıştır. Llorach-Massana vd. (2017), lignin (% 19.7) içerikli domates bitkisi kalıntısının biyokömür hammaddesi olarak kullanılabilirliğini, yavaş piroliz koşullarında (350-400 °C) araştırmıştır. Araştırma sonucunda, domates biyokütlesi atık kalıntısını, yakma veya kompostlama yapmadan, toprak iyileştirici malzeme olarak kullanılmasının çevreye faydalı olacağı önerilmiştir.

Zornoza vd. (2016), tarafından hazırlanan başka bir çalışma ile domuz gübresi, mahsul atıkları ve kentsel katı atıklar kullanılarak üretilen biyokömürün; hammadde, piroliz sıcaklığı ve bekleme süresinin stabilitesi, besin içeriği ve su geçirmezlik özellikleri incelenmiştir. Biyokömür tipleri 1 saat, 2 saat, 4 saat ve 5 saat için 300 °C, 400 °C, 500 °C ve 700 °C'de hazırlanmıştır. pH ve su geçirmezlik haricinde, tüm özelliklerin hammaddeden etkilendiği tespit edilmiştir. Sıcaklık artışı, kararlılığı arttırmıştır. Düşük sıcaklıkların daha yüksek katyon değişim kapasitesi ve mevcut besinler ile, daha düşük tuzluluk ve alkalilik sağladığı belirlenmiştir. 300 °C'de üretilen biyokömürler, yüksek hidrofobik özellik göstermiştir. Bu yüksek hidrofobik özellik, kararsız alifatik bileşiklerin kaybı nedeniyle 500 °C'nin üzerinde yok olmuştur. Çalışmada, yüksek pH ve karbonat içeriğinde, 500 °C'den yüksek sıcaklıklarda toprak kireçlenmesi ve toprak metallerinin mevcudiyetinin azaltılmasına uygun biyokömür üretildiği tespit edilmiştir. Uzoma vd. (2011), inek gübresinden üretilen biyokömürün fiziko-kimyasal özellikleri ve mısır verimi üzerindeki etkisini belirlemek için, kumlu topraklı bir serada deney yapmıştır. Biyokömür, 500 °C'de pirolize edilmiş kuru inek gübresinden elde edilmiştir. Çalışmada, inek gübresi biyokömürünün mısır mahsulü büyümesini önemli ölçüde etkileyen bazı bitki besinleri içerdiği belirlenmiştir. İnek gübresi biyokömürü, hektar başına 0, 10, 15 ve 20 ton biyokömüre eşdeğer oranda kumlu toprak ile karıştırılmıştır. Mısır verimi ve besin alımı, biyokömür karıştırma oranının artmasıyla önemli ölçüde geliştirilmiştir. Biyokömür uygulaması 15 ve 20 ton/hektar karıştırma oranlarında, kontrol ile karşılaştırıldığında mısır tane verimi sırasıyla % 150 ve % 98 oranlarında artmıştır. Mısırın net su kullanım verimliliği 10, 15 ve 20 ton/hektar karıştırma oranlarında, kontrole kıyasla sırasıyla % 6, 139 ve 91 oranında artış göstermiştir. Buna göre inek gübresi biyokömür uygulamasının, kumlu toprağın doymuş hidrolik iletkenliğini geliştirdiği ve mısırın net su kullanım verimliliğini arttırdığı kanısına varılmıştır. Hasattan sonra toprak analizi yapılmış, sonuçlara göre pH, toplam C, toplam N, değiştirilebilir katyonlar ve katyon değişim kapasitesinde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, inek

gübresi biyokömürünün kumlu toprağa uygulanmasının sadece ürün büyümesi için yararlı olmadığını, aynı zamanda kumlu toprağın fiziko-kimyasal özelliklerini de önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Araştırmada, Malatya ilinin bitkisel ve hayvansal üretim faaliyetleri incelenerek, biyokömür üretimi için potansiyel atık olarak kullanılabilir atık tipleri belirlenmiştir. Bu atık tipleri belirlenirken; hayvancılık faaliyeti yapılan barınaklarda kısa süreli bulunan/bulunabilecek hayvan grupları, ticari değerde olan (tarla ürünleri şeker pancarı, mısır ve yonca gibi atıkların hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı olması) ve sürdürülebilir olmayan (genellikle tek yıllık bitkiler olan) ürünler, değerlendirme dışında tutulmuştur. Bu kapsamda, Malatya ilinde bitkisel ve hayvansal atıklar kaynaklı biyokömür üretim potansiyelini belirlemek için ilin ağaç sayıları ve hayvan sayıları ile ilgili verileri gerekmektedir. Bu verilere Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020) veri tabanında bulunan Hayvancılık İstatistikleri ve Bitkisel Üretim İstatistikleri sekmelerinden ulaşılmıştır. Hayvan verileri; büyükbaş (süt sığırları), küçükbaş (süt veren koyun+keçi) ve kümes (yumurta tavuğu+kümes hayvanları (hindi+kaz+ördek)) hayvan sayısı datalarından oluşmaktadır. Bitkisel veriler ise; bahçe atıkları (kayısı, elma, ceviz, armut, badem, kiraz, şeftali+nektarin, vişne, erik) ağaç sayısı datalarından oluşmaktadır. Biyokömür üretimi için incelenmiş potansiyel atıkların 2019, 2018 ve 2017 yılı kullanılabilir atık miktarları belirlenmiştir.

Hayvansal atıkların biyokömür potansiyelini belirlemek için, hayvan sayıları ile birlikte hayvan başına günlük yaş gübre miktarının (kg) bilinmesi önem arz etmektedir. Hayvan başına günlük kaç kg yaş gübre elde edildiği ile ilgili literatürde çeşitli kabuller bulunmaktadır. Bu araştırmada, LIFE 03 TCY proje sonuç raporundaki kabullere göre biyokömür potansiyeli hesaplanmıştır. Proje sonuç raporuna göre, hayvan başına yaş gübre miktarı; büyükbaş hayvanda 27.2 kg/gün, küçükbaş hayvanda 2.2 kg/gün ve kümes hayvanında 0.08 kg/gün olarak kabul edilmiştir. Hayvansal kuru gübre oranı; büyükbaş hayvanlarda % 12.7, küçükbaş ve kümes hayvanlarında ise % 25 olarak beyan edilmiştir. Kuru gübre miktarının kullanılabilirlik oranı; büyükbaş hayvanlarda % 65, küçükbaş hayvanlarda % 13 ve kümes hayvanlarında % 99 olarak bildirilmiştir (LIFE 03 TCY). Bitkisel atıkların biyokömür potansiyelini belirlemek için ise, Bilandzija vd. (2012) tarafından rapor edilmiş bahçe ürünleri budama katsayısı; kayısı 5.79, elma 2.34, ceviz 3.43, armut 2.45, badem 5.81, kiraz 5.90, şeftali+nektarin 7.23, vişne 5.37 ve erik 7.34 kg/ağaç.yıl olarak kullanılmıştır. Biyokömürle kullanılabilirlik oranı olarak, Sümer vd. (2016) ve Kaygusuz (2001) tarafından yapılmış çalışmada belirtilmiş oran kullanılmıştır. Kaygusuz (2001) tarafından yapılan çalışmada, toplam tahıl ürünleri ve yağlı tohum bitkileri üretim miktarları belirlenerek, toplam biyokütlenin % 70'inin enerji için kullanılabilir olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, kullanılabilir oran % 70 olarak kabul edilmiştir. Biyokömür dönüşüm oranı ise, Tablo 1'de verildiği üzere en yüksek dönüşüm % 35 oran ile yavaş pirolizde olduğu için, bu oran kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

Tablo 1. Farklı piroliz koşullarında elde edilen sıvı, katı ve gaz ürünlerin dönüşüm oranları (Winsley, 2007; IEA, 2006)
(Conversion rates of liquid, solid and gas products obtained under different pyrolysis conditions)

Piroliz Yöntemi	Koşullar	Sıvı (Biyo-yağ)	Katı (Biyokömür)	Gaz (Sentez gazı)
Hızlı	1 saniye boyunca orta sıcaklık (500 °C)	% 75	% 12	% 13
Orta hızda	10-20 saniye boyunca orta sıcaklık (500 °C)	% 50	% 20	% 30
Yavaş (karbonizasyon)	uzun bekleme süresi, düşük sıcaklık (400 °C)	% 30	% 35	% 35
Gazifikasyon	buharda uzun bekleme süresi, yüksek sıcaklık (800 °C)	% 5	% 10	% 85

4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

Ülkemizde, atıklardan sürdürülebilir olarak nasıl fayda sağlanabileceğine yönelik geri dönüşüm, işleme sistemi ve atık azaltma hedefleri belirlenmiştir. Bu hedeflerin hem ekonomik avantajları hem de yürürlükte olan Çevre Kanunu'na uyulması avantajı bulunmaktadır. 2872 numaralı Çevre Kanunu'nun Çevre Korunmasına İlişkin Önlemler ve Yasaklar Bölümü, Kirletme Yasağı maddesinde "Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır. Kirletme ihtimalinin bulunduğu durumlarda ilgililer kirletmeyi önlemekle; kirletmenin meydana geldiği hallerde kirleten, kirletmeyi durdurmak, kirletmenin etkilerini gidermek veya azaltmak için gerekli tedbirleri almakla yükümlüdürler." hükmü bulunmaktadır. Bu kanun kapsamına, araştırma konusu olan çevresel kirleticilerden bitkisel ve hayvansal faaliyetler sonucu oluşan atıklar da girmektedir. Bu atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf ihtiyacı, dolaylı olarak bitkisel ve hayvansal atıklardan enerji eldesi olanaklarını doğurmuştur. Bitkisel ve hayvansal atıklar, son yıllarda yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlayan biyokömür kaynakları olmuştur. Bitkisel atıkların çevreye, hayvansal atıklar kadar önemli boyutlarda zararları olmasa da, sonuç olarak her ikisinde de atık biyokömürle

oluşmakta ve sürdürülebilir bir atık yönetimi gerekmektedir. Bitkisel üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıklara genellikle yakma işlemi uygulanmakta ve zehirli gazlar atmosfere karışarak hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu atıklar, çevre dostu ürünlerden olan biyokömüre dönüştürülebilir. Hayvansal üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıkların kullanımı denilince, akla ilk gelen biyogaz üretimi olmaktadır. Bu atıklar sadece biyogaz üretmek için değil, alternatif olarak biyokömür üretmek için de kullanılabilir. Biyogazın çok fazla avantajları olsa da, bu avantajlar biyogaz üretiminin yapıldığı bölge ile sınırlı kalabilir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, hayvansal atıkların bulunduğu bölgeye biyogaz üretimi için sağladığı avantajlar ile birlikte fazla olan atıklar ya da tercihe göre atıkların tamamı, yavaş piroliz prosesi ile sera gazı salınımını azaltma ve toprak verimliliğini artırma özellikleri olan biyokömüre dönüştürülebilir. Bu nedenlerle çevre dostu özellikleri olan biyokömürün, organik atıklardan enerji eldesine alternatif ve ekonomik avantajları gibi sebeplerden dolayı gelecek yıllarda üretimine önem verileceği öngörülmektedir.

Hayvansal atıklar için Malatya ilinin 2019, 2018 ve 2017 yılı hayvan (büyükbaş süt sığırları, küçükbaş süt veren koyun+keçi ve hindi+kaz+ördek+yumurta tavuğu kümes hayvanı) sayılarına bağlı olarak, atık miktarını temsil eden kuru gübrenin kullanılabilirlik oranına göre, yavaş piroliz yöntemi tercihi kabul edilerek biyokömüre dönüşüm potansiyeli Tablo 2'de verilmiştir. TÜİK 2020 Hayvancılık İstatistikleri'ne göre 2019, 2018 ve 2017 yılının biyokömür dönüşüm potansiyeli ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her üç yılın biyokömür potansiyeli, büyükbaş ve küçükbaş hayvan sınıfına göre hayvan sayılarında önemli farklar olmadığı için, bu hayvan sınıfları arasında potansiyel miktarın birbirine yakın değerlerde olduğu saptanmıştır. Kümes hayvanı sınıfında ise, 2017 yılından 2019 yılına kadar tavuk çiftliği işletme sayılarında artış olduğu için, 2019 yılında 2605 ton/yıl olarak en fazla miktarda biyokömür potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. 2019 yılında, büyükbaş hayvan sınıfında 28286 ton/yıl ve küçükbaş hayvan sınıfında 1919 ton/yıl biyokömür potansiyeli belirlenmiştir. Malatya ilinin 2019, 2018 ve 2017 yılı hayvansal atıklar biyokömür dönüşüm potansiyeli; hayvan sınıflarının toplamına göre 95765 ton/yıl ve yıllık ortalama 31922 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Malatya ilinde 2019, 2018 ve 2017 yılı hayvansal atıkların toplam biyokömür dönüşüm potansiyelinin % 87.2'sini büyükbaş hayvan atıklarının oluşturduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Malatya ili hayvansal atıklar kaynaklı biyokömür dönüşüm potansiyeli (Animal waste-based biochar transformation potential of Malatya province)

Hayvan Sınıfı	Yıl	Hayvan sayısı	Yaş gübre (ton/yıl)	Kuru gübre oranı (%)	Kuru gübre (ton/yıl)	Kullanılabilir oran (%)	Kullanılabilir kuru gübre (ton/yıl)	Biyokömür dönüşüm oranı (%)	Biyokömür potansiyeli (ton/yıl)
Büyükbaş ¹	2019	98609	978990	12.7	124332	65	80816	35	28286
	2018	97234	965339	12.7	122598	65	79689	35	27891
	2017	95466	947786	12.7	120369	65	78240	35	27384
Küçükbaş ²	2019	210125	168730	25	42183	13	5484	35	1919
	2018	204508	164220	25	41055	13	5337	35	1868
	2017	204865	164507	25	41127	13	5347	35	1871
Kümes ³	2019	1029785	30070	25	7518	99	7443	35	2605
	2018	838800	24493	25	6123	99	6062	35	2122
	2017	719247	21002	25	5251	99	5198	35	1819
Toplam		3498639	3465137		510556		273616		95765

¹ Hayvan başına yaş gübre miktarı: 27.2 kg/gün, kuru gübre oranı: % 12.7, kullanılabilirlik oranı: % 65, yavaş piroliz ile biyokömür dönüşüm oranı: % 35

² Hayvan başına yaş gübre miktarı: 2.2 kg/gün, kuru gübre oranı: % 25, kullanılabilirlik oranı: % 13, yavaş piroliz ile biyokömür dönüşüm oranı: % 35

³ Hayvan başına yaş gübre miktarı: 0.08 kg/gün, kuru gübre oranı: % 25, kullanılabilirlik oranı: % 99, yavaş piroliz ile biyokömür dönüşüm oranı: % 35

Bitkisel atıklar için Malatya ilinin 2019, 2018 ve 2017 yılı bahçe ürünleri (kayısı, elma, ceviz, armut, badem, kiraz, şeftali+nektarin, vişne, erik) ağaç sayılarına bağlı olarak, ürüne göre değişiklik gösteren budama atık katsayılarına ve kullanılabilirlik oranına göre, yavaş piroliz yöntemi tercihi kabul edilerek biyokömüre dönüşüm potansiyeli Tablo 3'te verilmiştir.

TÜİK 2020 Bitkisel Üretim İstatistikleri'ne göre 2019, 2018 ve 2017 yılının budama atıklarının biyokömür dönüşüm potansiyeli ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her üç yılın biyokömür potansiyeli, bahçe ürün tipine göre meyve veren ağaç sayılarında (badem ve ceviz haricinde) önemli farklar olmadığı için, bu ürün tipleri arasında potansiyel miktarın birbirine yakın değerlerde olduğu saptanmıştır. Malatya ilinin 2019, 2018 ve 2017 yılı bitkisel atıklar biyokömür dönüşüm potansiyeli; bahçe ürünü toplamına göre 36554 ton/yıl ve yıllık ortalama 12185 ton/yıl

olarak hesaplanmıştır. Araştırmada, üç yılın bitkisel atıklardan oluşan toplam biyokömür dönüşüm potansiyelini, birinci sırada % 89.7 oran ile kayısı ağacı budama atıklarının oluşturduğu belirlenmiştir. Bu oranı ikinci sırada % 3.4 oran ile elma ağacı budama atıkları takip etmiştir. Bahçe ürünleri budama atıklarından en fazla biyokömür dönüşüm potansiyeli olan yıllara göre miktarları; kayısı 2019 yılı 11064 ton/yıl, elma 2018 yılı 415 ton/yıl, badem 2019 yılı 228 ton/yıl, ceviz 2019 yılı 191 ton/yıl, kiraz 2019 yılı 156 ton/yıl, armut 2017 yılı 100 ton/yıl, şeftali+nektarin 2018 yılı 100 ton/yıl, erik 2019 yılı 63 ton/yıl, vişne 2017 ve 2018 yılı 52 ton/yıl olarak saptanmıştır. Bitkisel atık grubunda olan, Malatya ilinde yetiştiriciliği yapılan buğday, mısır ve şeker pancarı tarımsal atıkları, hayvancılıkta önemli yem kaynakları olması dolayısıyla ticari değerleri olduğundan; ve hayvancılık faaliyeti yapılan barınaklarda kısa süreli bulunan/bulunabilecek hayvan grupları; biyokömür potansiyeli kapsamında değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 3. Malatya ili bahçe budama atıkları kaynaklı biyokömür dönüşüm potansiyeli (Garden pruning wastes based biochar transformation potential of Malatya province)

Bahçe Ürünü	Yıl	Meyve veren ağaç sayısı	Budama Katsayısı (kg/ağaç.yıl)	Budama Atığı (ton/yıl)	Kullanılabilir oran ¹ (%)	Kullanılabilir Budama Atığı (ton/yıl)	Biyokömür dönüşüm oranı ² (%)	Biyokömür potansiyeli (ton/yıl)
Kayısı	2019	7799755	5.79	45161	70	31612	35	11064
	2018	7626832	5.79	44159	70	30912	35	10819
	2017	7687200	5.79	44509	70	31156	35	10905
Elma	2019	717618	2.34	1679	70	1175	35	411
	2018	724087	2.34	1694	70	1186	35	415
	2017	721046	2.34	1687	70	1181	35	413
Ceviz	2019	227787	3.43	781	70	547	35	191
	2018	218745	3.43	750	70	525	35	184
	2017	182275	3.43	625	70	438	35	153
Armut	2019	164521	2.45	403	70	282	35	99
	2018	165714	2.45	406	70	284	35	99
	2017	166187	2.45	407	70	285	35	100
Badem	2019	159873	5.81	929	70	650	35	228
	2018	143757	5.81	835	70	585	35	205
	2017	123816	5.81	719	70	504	35	176
Kiraz	2019	107576	5.90	635	70	444	35	156
	2018	106720	5.90	630	70	441	35	154
	2017	105005	5.90	620	70	434	35	152
Şeftali + Nektarin	2019	51408	7.23	372	70	260	35	91
	2018	56280	7.23	407	70	285	35	100
	2017	55855	7.23	404	70	283	35	99
Vişne	2019	38248	5.37	205	70	144	35	50
	2018	39395	5.37	212	70	148	35	52
	2017	39535	5.37	212	70	149	35	52
Erik	2019	34922	7.34	256	70	179	35	63
	2018	34229	7.34	251	70	176	35	62
	2017	33820	7.34	248	70	174	35	61
Toplam		27532206		149196		104439		36554

¹Kullanılabilir oran: % 70

²Yavaş piroliz ile biyokömür dönüşüm oranı: % 35

Çalışma kapsamında, Malatya ili hayvansal ve bitkisel atıklar kaynaklı biyokömür dönüşüm potansiyelinin, 2019 yılında 45163 ton/yıl, 2018 yılında 43971 ton/yıl ve 2017 yılında 43185 ton/yıl olduğu belirlenmiştir. 2019 yılı için hayvansal atık kaynaklı biyokömür potansiyeli, toplam potansiyelin % 72.6'sını ve bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı biyokömür potansiyeli ise toplam potansiyelin % 27.4'ünü oluşturmaktadır. 2018 yılı için hayvansal atık kaynaklı biyokömür potansiyeli, toplam potansiyelin % 72.5'ini ve bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı biyokömür potansiyeli ise toplam potansiyelin % 27.5'ini oluşturmaktadır. 2017 yılı için hayvansal atık kaynaklı biyokömür potansiyeli, toplam potansiyelin % 72'sini ve bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı biyokömür potansiyeli ise toplam potansiyelin % 28'ini oluşturmaktadır.

Başka çalışmalarda, biyokömürün sera gazı emisyonlarını azaltma etkisi araştırılmıştır. Jia vd. (2016) biyokömür ilavesi ve ters yüz etme sıklığının, biyokömür-tavuk gübresi kompostlamasına etkisini incelemiştir. Araştırmada, metan ve karbondioksit emisyonları incelenerek, biyokömür ilavesinin kompostlama sürecini hızlandırmada etkili olduğu tespit edilmiştir. Kompostlama ile pH artmış ve nem içeriği biyokömür değişikliği ile yapılan tüm kompostlama süreci boyunca önemli ölçüde azalmıştır. % 20 biyokömür ilavesinin yapıldığı örnekte, kontrol örneğe kıyasla metan emisyonunda % 54.9'luk bir azalma olmuştur. Ayrıca, kompostu daha sık ters yüz etmenin kompostlama işlemini hızlandırdığı ve metan emisyonunu azalttığı belirlenmiştir. Oomori vd. (2016) Japonya'nın Ehime vilayetinde üç çeltik tarlasına bambu biyokömürü uygulayarak, biyokömürün karbon bütçesi, metan ve azot oksit emisyonları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sahaya bambu biyokömürü uygulayarak, nadas ve pirinç yetiştirme mevsimlerindeki emisyonları takip etmiştir. Çalışma sonucunda, çeltik alanlarındaki bambu biyokömür uygulamasının küresel ısınmayı hafifletmeye yardımcı olabileceği kanısına varılmıştır. Wang vd. (2013) kamış'ı kullanarak ürettiği biyokömürü karakterize etmiş ve N₂O emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Biyokömürün N₂O emisyonuna etkisi piroliz sıcaklığı ile değişkenlik göstermiştir. 300-400 °C sıcaklık aralıklarında üretilen biyokömürde kalan polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH'lar), N₂O emisyonu azaltılmasında önemli rol oynadığı, ancak 500-600 °C yüksek sıcaklık aralıklarında önemli etkileri olmadığı belirlenmiştir. 200-400 °C düşük sıcaklık aralıklarında ise, fenolik bileşiklerin biyokömürden uzaklaştırılması, N₂O emisyonunun azalmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, kamış biyokömürün tarımsal topraklara eklenmesi ile toprakta N₂O emisyonunun azaltılabileceği ve küresel ısınmayı da azaltılabileceği bildirilmiştir. Song ve Guo, (2012) kümes hayvanı atıklarını kullanarak, yavaş piroliz yöntemiyle farklı sıcaklıklarda biyokömür üretimini incelemiştir. Sıcaklık kademeli olarak 300-600 °C sıcaklık aralığında arttığında biyokömür veriminde; toplam N içeriği, organik karbon içeriği ve kation değişim kapasitesi azalmış olup pH, kül içeriği ve organik karbon stabilitesi artmıştır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere, kümes hayvanı atıkları biyokömürü üretilirken 300 °C sıcaklık seçiminin uygun olacağı, karbon tutma ve diğer çevresel uygulamalar için ise 500 °C sıcaklık seçimi önerilmiştir.

5. Sonuçlar (Results)

Fosil yakıtların sürdürülebilir olmadığı ve yakıt kaynaklarının artırılması gerekliliği olan çağımızda, biyokütleden enerji eldesi önem kazanmaya devam etmektedir. Bu kapsamda, atık yönetimi amaçlı, organik içerikli atık biyokütle kullanılan enerji eldesi çalışmaları öncelikli olmuştur. Son yıllarda küresel olarak araştırılan ve ülkemizde de yeteri kadar tanınmayan biyokömür, çevre dostu uygulamalara katkı sağlayabilecek potansiyel ürünlerden biri olmuştur. Biyokömür'ün karbon tutma, sera gazı emisyonlarını azaltma, atık yönetimi, çevresel iyileştirme, yenilenebilir enerji, toprak iyileştirme ve ürün verimliliğini artırma avantajlarının olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Bu nedenlerle, sürdürülebilir olan hayvansal ve bitkisel üretim faaliyetleri atıklarının, biyokömüre dönüşüm potansiyeli araştırma konusu olmuştur.

Çalışmada, birçok avantajı olduğu bildirilen organik atıklar kullanılarak üretilebilecek biyokömür için, Malatya ilinde hayvansal ve bitkisel üretim faaliyetleri sonucunda oluşan kolay temin edilebilir, çeşitli tipte potansiyel atık miktarları saptanmış ve bu atıkların biyokömüre dönüşüm potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 2019, 2018 ve 2017 yılı biyokömür dönüşüm potansiyeli bulgulara göre:

- Toplam biyokömür dönüşüm potansiyeli, üç yıl için 132319 ton ve yıl bazında ortalama 44106.3 ton olarak belirlenmiştir.
- 2019, 2018 ve 2017 yılı için; hayvansal atık kaynaklı biyokömür potansiyeli, toplam potansiyelin % 72.4'ünü ve bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı biyokömür potansiyeli ise toplam potansiyelin % 27.6'sını oluşturmuştur. Bu oranlar, yıl bazında da yaklaşık oranlarda seyretmiştir.
- Hayvansal atıklar kaynaklı toplam biyokömür potansiyelinin, yıl bazında yaklaşık % 87'sini büyükbaş hayvan atıklarının oluşturduğu saptanmıştır.
- Bahçe ürünleri budama atıkları kaynaklı toplam biyokömür potansiyelinin, yıl bazında yaklaşık % 88'ini kayısı ağacı budama atıklarının oluşturduğu tespit edilmiştir.

Biyokömürün önemli avantajlarından dolayı, özellikle tarımsal faaliyetlerde uygulanmasının, dolaylı olarak da sera gazı salınımını azaltmasına yönelik farkındalığın, yakın gelecekte artacağı öngörülmektedir. Organik

atıklardan biyokömür üretimi ile hem ülke ekonomisine katkı sağlanabilir, hem de çevre kirliliği minimum düzeylere indirilebilir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Agronomy Fact Sheet: Biochar, 2010. Garden Gate University.
- Bilandzija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A., Jurisic, V., 2012. Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10 (2), 292-298.
- CEC February, 2019. Modular Biomass Power Systems to Facilitate Forest Fuel Reduction Treatment. Energy Research and Development Division, Final Project Report, CEC-500-2019-019.
- CEC April, 2019. Accelerating Drought Resilience Through Innovative Technologies. Energy Research and Development Division, Final Project Report, CEC-500-2019-037.
- Chaiwong, K., Kiatsiriroat, T., Vorayos, N., Thararax, C., 2012. Biochar production from freshwater algae by slow pyrolysis. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 6 (2), 186-195.
- Colantoni, A., Evic, N., Lord, R., Retschitzegger, S., Proto, A.R., Gallucci, F., Monarca, D., 2016. Characterization of biochars produced from pyrolysis of pelletized agricultural residues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 187-194.
- Çevre Kanunu. Kanun Numarası: 2872. Kabul Tarihi: 09.08.1983. Resmi Gazetede Yayımlanma Tarihi: 11.08.1983. Sayı:18132, Cilt: 22, 5909-5920.
- Gheorghe, C.B., Mărculescu, C., Badea, A., Apostol, T., 2010. Pyrolysis Parameters Influencing the Bio-Char Generation from Wooden Biomass. *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, 72 (1), 29-38.
- Hossain, M.K., Strezov, V., Chan, K.Y., Ziolkowski, A., Nelson, P.F., 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. *Journal of Environmental Management*, 92, 223-228.
- International Energy Agency (IEA) Bioenergy, 2006. Biomass Pyrolysis. Annual Report.
- Jia, X., Wang, M., Yuan, W., Ju, X., Yang, B., 2016. The influence of biochar addition on chicken manure composting and associated methane and carbon dioxide emissions. *BioResources*, 11 (2), 5255-5264.
- Kaygusuz, K., 2001. Hydropower and Biomass as Renewable Energy Sources in Turkey. *Energy Sources*, 23 (9), 775-799.
- Lee, Y., Park, J., Ryu, C., Gang, K.S., Yang, W., Park, Y-K., Jung, J., Hyun, S., 2013. Comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500 °C. *Bioresource Technology*, 148, 196-201.
- Lehmann, J., Kuzyakov, Y., Pan, G., Ok, Y.S., 2015. Biochars and the plant-soil interface. *Plant Soil*, 395, 1-5.
- LIFE 03 TCY/TR/000061. A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. Exploitation of Agricultural Residues in Turkey, EU-Life Programme Project, Final Report ANNEX XIV, 686-761.
- Llorach-Massana, P., Lopez-Capel, E., Peña, J., Rieradevall, J., Montero, J.I., Puy, N., 2017. Technical feasibility and carbon footprint of biochar co-production with tomato plant residue. *Waste Management*, 67, 121-130.
- Mitchell, P.J., Dalley, T.S.L., Helleur, R.J., 2013. Preliminary laboratory production and characterization of biochars from lignocellulosic municipal waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 99, 71-78.
- Navia, R., Crowley, D.E., 2010. Closing the loop on organic waste management: biochar for agricultural land application and climate change mitigation. *Waste Management & Research*, 28 (6), 479-480.
- Oomori, S., Toma, Y., Nagata, O., Ueno, H., 2016. Effects of bamboo biochar application on global warming in paddy fields in Ehime prefecture, Southern Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 62 (5-6), 553-560.
- Shackley, S., Sohi, S., Ibarrola, R., Hammond, J., Mašek, O., Brownsort, P., Cross, A., Prendergast-Miller, M., Haszldine, S., 2013. Biochar, Tool for Climate Change Mitigation and Soil Management. *Geoengineering Response to Climate Change: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, Springer New York, 73-140.
- Song, W., Guo, M., 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94, 138-145.
- Sümer, S.K., Kavdır, Y., Çiçek, G., 2016. Türkiye’de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19 (4), 379-387.
- TÜİK, 2020. Veritabanları, Tarım. <http://www.tuik.gov.tr/PreTabloArama.do>. (Erişim Tarihi:28.02.2020).
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., Nishihara, E., 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27, 205-212.
- Wang, Z., Zheng, H., Luo, Y., Deng, X., Herbert, S., Xing, B., 2013. Characterization and influence of biochars on nitrous oxide emission from agricultural soil. *Environmental Pollution*, 174, 289-296.
- Winsley, P., 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. *New Zealand Science Review*, 64 (1), 5-10.
- Zornoza, R., Moreno-Barriga, F., Acosta, J.A., Munoz, M.A., Faz, A., 2016. Stability, nutrient availability and hydrophobicity of biochars derived from manure, crop residues, and municipal solid waste for their use as soil amendments. *Chemosphere*, 144, 122-130.