



## Panel veri analizi ile döngüsel ekonominin kaynak verimliliğine etkisinin analizi

Abdulkadir Köroğlu<sup>a\*</sup>, Oğuzhan Yavuz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Beşevler, Ankara, 06500 TÜRKİYE. E-posta: [abdulkadir.koroglu@hbv.edu.tr](mailto:abdulkadir.koroglu@hbv.edu.tr). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8497-0810>

<sup>b</sup> Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Beşevler, Ankara, 06500 TÜRKİYE. E-posta: [oguzhan.yavuz@hbv.edu.tr](mailto:oguzhan.yavuz@hbv.edu.tr). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9489-6669>

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş tarihi: 17.02.2023  
Kabul tarihi: 25.02.2023  
Çevrimiçi kullanım tarihi: 23.06.2023  
Makale Türü: Araştırma makalesi

**Anahtar Kelimeler:**  
Sürdürülebilirlik,  
Döngüsel Ekonomi,  
Kaynak Verimliliği,  
Geri Dönüşüm, Atık Yönetimi.

### ÖZ

Avrupa ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında temel uygulama alanlarının başında döngüsel ekonomi kavramı gelmektedir. Geri dönüşüm, tamir edilerek veya yeniden üretim olarak ifade edebileceğimiz döngüsel ekonomi süreci, işletmeler açısından gelecek nesillerin kaynaklarına dokunmadan günümüzün ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla temel anahtar olarak görülmektedir. Dolayısıyla, kaynak verimliliğinin artırılması da ülke ekonomilerinin en temel görevi haline gelmiştir. Çalışmada, döngüsel ekonominin kaynak verimliliği üzerindeki etkisi panel veri analizi ile ölçülmüştür. Seçilmiş Avrupa ülkelerinin 2010 ile 2021 yılları arasındaki verileri kullanılarak atık üretimi, katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşüm faaliyetlerinin kaynak verimliliğinin artırılmasında etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarından, katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşüm faaliyetlerinin kaynak verimliliği üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır.

## Analysis of the effect of circular economy on resource efficiency with panel data analysis

### ARTICLE INFO

Received: 17.02.2023  
Accepted: 25.02.2023  
Available online: 23.06.2023  
Article type: Research article

**Keywords:**  
Sustainability, Circular Economy, Resource Efficiency, Recycling, Waste Management.

### ABSTRACT

The concept of circular economy is at the forefront of the main implementation areas for European countries to achieve their sustainable development goals. The circular economy process (recycling, repairing or remanufacturing) is the basic key for firms to respond to today's needs without using the resources of future generations. Therefore, increasing resource efficiency has become the most fundamental task of national economies. In the study, the effect of the circular economy on resource efficiency was measured by panel data analysis. Using the data of selected European countries between 2010 and 2021, the effect of waste generation, solid waste generation, recycling of biofuel waste and recycling of municipal waste on

\* Sorumlu yazar  
Doi: <https://doi.org/10.30855/gjeb.2023.9.2.007>

---

increasing resource efficiency was examined. From the results of the research, it was concluded that the production of solid waste, recycling of biofuel waste and recycling of municipal waste have an impact on resource efficiency.

---

## 1. Giriş

Günümüzde ülkelerin, toplumun, işletmelerin, akademisyenlerin ve uygulayıcıların üzerinde en fazla durduğu konuların başında sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi kavramları gelmektedir. Birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma hedefleri; yoksulluğa son, açlığa son, sağlık ve kaliteli yaşam, nitelikli eğitim, toplumsal cinsiyet eşitliği, temiz su ve sanitasyon, erişilebilirlik ve temiz enerji, insana yakışır iş ve ekonomik büyüme, sanayi, yenilikçilik ve altyapı, eşitsizliklerin azaltılması, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, sorumlu üretim ve tüketim, iklim eylemi, sudaki yaşam, karasal yaşam, barış, adalet ve güçlü kurumlar ve amaçlar için ortaklıklar başlıkları altında toplanmaktadır. Hedefler içerisinde insana yakışır iş ve ekonomik büyüme hedeflerinden birisi “2030’a kadar tüketim ve üretimdeki küresel kaynak verimliliğinin devamlı bir biçimde artırılması ve gelişmiş ülkeler başı çekmek üzere, Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim İçin 10 Yıllık Çerçeve Programı’na uygun olarak ekonomik büyümenin çevrenin bozulmasından ayrıştırılması için çaba gösterilmesi” oluşturmaktadır (Birleşmiş Milletler Türkiye, 2022). Dolayısıyla, sürdürülebilirlik açısından mutlaka kaynak verimliliğinin artırılması gerekmektedir.

1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporuna göre sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kaynaklarını tüketmeden günümüzdeki ihtiyaçların karşılanması anlamına gelmektedir (WCED, 1987). Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin sosyal ve çevresel ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini engellemeden şimdiki neslin sosyal ve çevresel performansını iyileştirme beklentileri olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilirliği ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerin bir sonucu olarak gören Elkington’a (1997) göre, sürdürülebilir bir toplumun üç koşulu karşılaması gerekir: yenilenebilir kaynakların kullanım oranları, yenilenme oranlarını aşmamalıdır; yenilenemeyen kaynakların kullanım oranları, sürdürülebilir yenilenebilir ikamelerin geliştirilme oranını geçmemelidir ve emisyon kirlilik oranları çevrenin özümleme kapasitesini aşmamalıdır (Elkington, 1997, s. 55). Kaynak kullanımı sürdürülebilirlikle ilgili en temel kavramların ana unsuru olarak değerlendirilirken, mutlaka kaynak kullanımında verimliliğin artırılması gerektiği açıktır.

Günümüzde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından en fazla çalışılan konuların başında döngüsel ekonomi kavramı gelmektedir. Özellikle, kaynak verimliliği açısından döngüsel ekonominin sürdürülebilirliği artırmada önemli bir kavram olduğu açıktır. Geissdoerfer, Savaget, Bocken ve Hultink, (2017), çalışmalarında sürdürülebilirlik ile döngüsel ekonomi kavramlarının benzerliklerini ve farklarını ortaya koymuşlardır. Yazarlar, döngüsel ekonomiyi, malzeme ve enerji döngülerini yavaşlatarak, kapatarak ve daraltarak kaynak girişinin ve atık, emisyon ve enerji sızıntısının en aza indirildiği rejeneratif bir sistem olarak tanımlamaktadırlar ve döngüsel ekonominin; uzun ömürlü tasarım, bakım, onarım, yeniden kullanım, yeniden üretim, yenileme ve geri dönüşüm yoluyla elde edilebileceğini vurgulamaktadırlar.

Literatürde döngüsel ekonomi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmının teorik bazlı olduğu görülmektedir. Teorik bazlı gerçekleştirilen çalışmalarda daha çok kavramın anlamı üzerine odaklanılmakta ve temel ilkelerin ve bileşenlerinin neler olması gerektiği üzerine gerçekleştirildiği görülmektedir. Geisendorf ve Pietrulla (2018), döngüsel ekonomi ile ilişkili diğer kavramlar arasındaki farkları ve benzerlikleri incelemişlerdir. Döngüsel ekonomiyi, beşikten beşiğe, mavi ekonomi, kapalı tedarik zinciri, yeni nesil tasarım, doğal sermaye, endüstriyel ekoloji, performans ekonomisi, biyomimikri ve tersine lojistik kavramlarıyla karşılaştırmıştır. Camacho-Otero, Boks ve Pettersen, (2018), döngüsel ekonomi ve döngüsel çözüm kavramlarını incelemiştir. Döngüsel ekonomiyi tetikleyen unsurları, tüketiciler tarafından kabul edilen tetikleyici unsurları ve döngüsel ekonomide tüketim anlamları gibi konuları açıklamışlardır. Yong (2007), 3R ile döngüsel ekonomi arasındaki ilişki üzerinde durmuştur. Özellikle Çin’de döngüsel ekonomi politikaları geliştirilmesinde yol haritası oluşturmuşlardır. Morsetto (2020), döngüsel ekonominin temel ilkelerini; iyileştirme, geri dönüşüm, yeniden tasarım, yeniden üretim, yenileme, tamir, yeniden kullanım, azaltma, yeniden düşünme ve reddetme olarak on gruba ayırmıştır. Webster (2021), geri dönüşüm kavramını döngüsel ekonomi

açısından incelemiştir. Barreiro-Gen ve Lozano (2020), döngüsel ekonomiyi 4R (reduction, repairing, remanufacturing, recycling) yani azaltma, onarım, yeniden üretim ve geri dönüşüm bakış açısıyla ele almıştır. 256 işletme üzerinde gerçekleştirdiği anket çalışması sonucunda işletmelerin onarım ve yeniden üretimden daha çok azaltma ve geri dönüşüme ve özellikle dahili döngüsel ekonomi çabalarına odaklandığını göstermiştir. Korhonen vd. (2018), döngüsel ekonomiyi sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından değerlendirmişler ve karşılaşılabilecek zorlukları tanımlaya çalışmışlardır.

Döngüsel ekonomi ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların bir kısmının teorik altyapıdan ayrı olarak, uygulamaya dönük, sürdürülebilirliği artırmada çeşitli uygulamalar üzerindeki etkisi açısından değerlendirilmiştir. Özetle, çalışmaların bir kısmı makro açıdan değil, işletmeler özelinde mikro bakış açısıyla ele alınmıştır. Çalışmalarda döngüsel ekonomi ile Endüstri 4.0 (Rajput ve Singh, 2019), büyük veri (Gupta, Chen, Hazen, Kaur ve Gonzalez, 2019), nesnelerin interneti (Nobre ve Tavares, 2017), artırılmış gerçeklik (Katika, Karaseitanidis, Tsiakou, Makropoulos ve Amditis, 2022), eklemeli üretim (Sauerwein, Doubrovski, Balkenende, Bakker, 2019), değer zinciri (Johansen, Christensen, Ramos ve Syberg, 2022) ve tedarik zinciri (Angelis ve Howard, 2018) arasındaki ilişkilerin belirlenmeye çalışıldığı görülmektedir.

Kaynak verimliliği, katma ürün değerinin, üretimde veya bir süreçte kullanılan kaynakların değerine bölünmesiyle elde edilen orandır (Maio, Rem, Balde ve Polder, 2017, s. 163). Kaynak verimliliği ile döngüsel ekonomi arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yönelik çalışmaların daha çok makro düzeyde gerçekleştirildiği ortaya çıkmaktadır. Maio vd. (2017), tedarik zincirindeki aktörlerin performansını kaynak verimliliği ve döngüsel ekonomi açısından değerlendirmek için değere dayalı yeni bir gösterge önermişlerdir. Çalışmada, malzemelerin, parçaların ve bileşenlerin işlevselliklerine ve maliyetlerine göre değiş tokuş edildiği bir serbest piyasa ekonomisinde, bir sürecin kaynak verimliliğinin diğerlerinden ayırt edilmesini sağladığı gösterilmiştir. Tukker (2015), literatür incelemesi sonucunda, ürün hizmet süreçlerinin kaynak verimliliği ve döngüsel ekonomi üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Potansiyel bir ürün hizmet süreci malzeme ihtiyacını azaltabilir, ancak olası bir dezavantajı, daha az dikkatli kullanıma yol açarak daha hızlı aşınma ve yıpranmaya yol açabilmektedir. Domenech ve Walkowiak (2019), çalışmalarında AB'deki ve seçilen üye ülkelerdeki kaynak verimliliği ve döngüsel ekonomi ile ilgili mevzuat ve politika çerçevelerinin kapsamlı bir incelemesini yapmışlardır. Cainelli vd. (2020), inovasyonun firmalar tarafından benimsenmesi ve yayılmasının kaynak verimliliği ve döngüsel bir ekonominin geliştirilmesine etki ettiğini göstermiştir. Çalışmaya göre, kaynak verimliliği odaklı eko-inovasyonların benimsenmesini sürdürmek için çevre politikasının ve yeşil talep etmenlerinin rolüne ilişkin geri dönüşümü teşvik eden, atıkları azaltan ve malzemelerin kullanımı azaltan politikalar geliştirilmelidir.

Literatür incelendiğinde önceki çalışmaların çoğunlukla döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliği üzerine odaklandığı görülmektedir. Ancak, başta 3R olmak üzere döngüsel ekonomiyi oluşturan temel faktörlerin hangisinin kaynak verimliliğinin artırılmasında daha fazla etkiye sahip olduğuna dair çalışmalara pek rastlanılmamaktadır. Bu çalışmada, Avrupa Birliği ülkelerinde kaynak verimliliğine etki eden döngüsel ekonomi faktörleri belirlenmiş ve hangisinin daha fazla etkide bulunduğu önceliklendirilmeye çalışılmıştır. Aşağıdaki araştırma sorusuna yanıt aranmıştır.

Araştırma Sorusu: Döngüsel ekonomiyi oluşturan faktörlerin hangisi, kaynak verimliliğini artırmada ne kadar etkilidir?

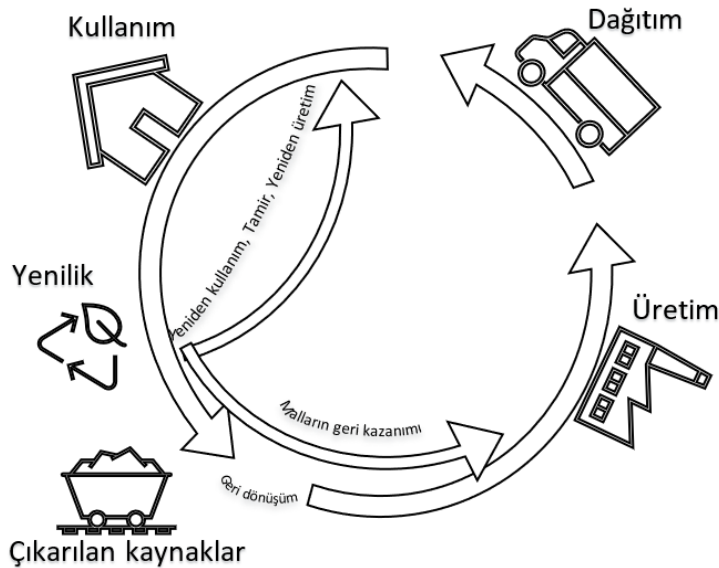
Çalışmada öncelikle döngüsel ekonomi kavramı ele alınmış, daha sonra kullanılan yöntem ve bulgular aktarılmıştır. Son olarak elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. Döngüsel ekonomi

Döngüsel ekonomi son yıllarda en çok çalışılan konuların başında gelmektedir. Sürdürülebilir üretim çerçevesinde doğada bol miktarda bulunan su ve besin gibi atıkların doğada başka canlılar için kaynak olarak kullanıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla, döngüsel ekonomi; "hizmet ömrünün sonuna gelen ürünleri başkaları için kaynaklara dönüştürerek endüstriyel ekosistemlerdeki döngüleri kapatmak ve israfı en aza indirmek" anlamına gelmektedir (Stahel, 2016, s. 435). Döngüsel ekonomi kavramı geleneksel üretim sistemlerinden farklı olarak doğrusal ekonominin alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel üretim sistemlerinde üretim yönetimi, işletmenin bir fonksiyonu olarak

malların ve hizmetlerin üretilmesinde girdilerin çıktılara dönüştürülmesi sürecinde gerekli olan faaliyetlerin yönetilmesi anlamına gelmektedir (Stevenson, 2018). Döngüsel ekonomide, temel tanımlayıcı unsuru kaynakların “onarıcı kullanımı” oluşturmaktadır. Hammaddeler atılan atık haline gelememektedir (Ellen MacArthur Vakfı, 2015). Döngüsel bir ekonomi, üretim ve tüketim sistemlerini kökten dönüştürerek değer yaratmayı atık üretimi ve kaynak kullanımından ayırmayı amaçlar (Camacho-Otero vd., 2018, s. 1).

Döngüsel ekonomi iş modelleri iki gruba ayrılmaktadır: yeniden kullanımı destekleyen ve onarım, yeniden üretim, tamir ve iyileştirmeler yoluyla hizmet ömrünü uzatanlar ve malzemeleri geri dönüştürerek eski malları yeni kaynaklara dönüştürenler. Döngü ekonomi modeli Şekil 1’de gösterildiği gibidir. Şekil 1’de kullanım, malların alıcı-sahibi-tüketicileri veya mülkiyeti elinde tutan ve malları hizmet olarak satan filo yöneticileri tarafından kontrol edilir. Dağıtım, üreticiden tüketiciye mülkiyetin devrini ifade etmektedir. Üretim, kullanılmış ürünlerin yenilenmesi, orijinalleri sıfırdan yapma ihtiyacını azaltmaktadır. Yenilik, kullanılmış malları 'yenilenmiş' hale getirmek ve geri dönüştürmek için araştırmaya ihtiyaç olduğunu ifade etmektedir. Çıkarılan kaynaklar, su, enerji ve doğal kaynakların üretim sürecine katıldığını göstermektedir. Belirtilen döngüde, kullanılan malzemelerin yeniden kullanımı, tamiri veya yeniden üretimi modelin bir parçasını; kullanılan malzemelerin geri dönüşümü ise diğer parçasını oluşturmaktadır (Stahel, 2016, s.436).



Şekil 1. Döngüsel Ekonomi Modeli (Stahel, 2016, s.436).

Döngüsel ekonomi modelinden anlaşılacağı üzere, yaklaşımının özünde 3R (reduce, reuse, recycle) olarak ifade edilen azalt, yeniden kullan ve geri dönüştür gibi öne çıkan ilkeler gösterilmektedir (Ghisellini, Cialani, ve Ulgiati, 2016). İlk R, "azaltma", dolayısıyla üretimde ve tüketimde eko-verimlilik çabasını temsil etmektedir. Eko-verimlilik, “çevresel etkiyi azaltırken değer yaratmayı” hedefleyen bir iş çerçevesi ve aynı zamanda hedef olarak anlaşılmaktadır (Huppel ve Ishikawa, 2005, s. 1). Kaynakları verimli kullanan üretim, kaynakları başka amaçlar için veya gelecek nesillerde kullanmak üzere korumaktadır. Kaynak verimliliği böylece dolaylı olarak sosyal refahı artırmaktadır (Ness, 2008). İkinci R, "yeniden kullanım" aynı zamanda döngüsel bir "sökme ve yeniden kullanma" dizisi için daha iyi ürün ve iş modelleri tasarımı anlamına gelmektedir (Ghisellini vd., 2016, s. 6). Yeniden kullanım ilkesi, yalnızca tüketicilerin yeniden kullanılabilir ve yeniden üretilmiş malları satın almaya istekli olması durumunda başarılı bir şekilde uygulanabilir. Üçüncü R, "geri dönüşüm", "atık malzemelerin orijinal veya başka amaçlar için ürünlere, malzemelere veya maddelere yeniden işlendiği herhangi bir geri kazanım işlemi" anlamına gelmektedir (Geisendorf ve Pietrulla, 2018, s.773).

İşletmelerin döngüsel ekonomiyi uygulayabilmesi için teşvik eden faktörler üzerinde odaklanmak, zorlaştıran faktörleri mümkün olduğunca azaltmak gerekmektedir. Döngüsel ekonominin uygulanmasını kolaylaştıran ve teşvik eden faktörler kendi içerisinde içsel ve dışsal faktörler olarak

ikiye ayrılmaktadır (Tablo 1). Kaynak verimliliği, içsel teşvik edici faktörlerdendir (Agyemang vd., 2019, ss. 979-985).

Tablo 1

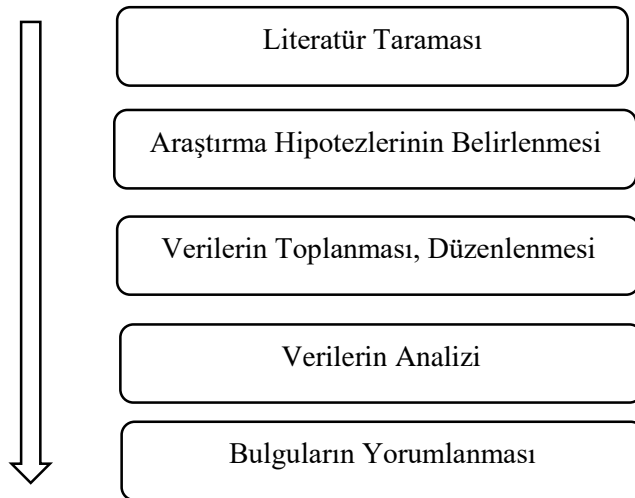
*Döngüsel ekonomiyi teşvik eden ve zorlaştıran faktörler*

<b>Teşvik Eden Unsurlar</b>		<b>Zorlaştıran Unsurlar</b>	
1	Karlılık, Pazar payı	1	Uzman eksikliği
2	Maliyetlerin düşürülmesi	2	Üst yönetimin değişime direnci
3	Yasal düzenlemeler	3	Devlet politikaları
4	Uluslararası rekabet	4	Mali veya finansal kısıtlamalar
5	Kaynak etkinliği, yalın üretim, malzemelerinin geri dönüşümünün tasarımı	5	Teknik ve teknolojik kapasitenin yetersizliği, olası araçların yetersizliği
6	Sosyal sorumluluk	6	Öğrenme süreçlerinin dahil edilmesi, risk
7	Paydaşların baskısı	7	Kaynak yetersizliği
8	İşletmenin prensipleri, çevreye duyarlılık	8	Endüstriyel destek ve çevre
9	Sürdürülebilir işletme ve büyüme	9	Kar ve pazar payı düzeyi
10	Müşteri ilişkileri yönetimi	10	Tedarik zinciri entegrasyonunun yetersizliği, tedarik zincirinin karmaşıklığı
11	Çevresel güvenlik, risk yönetimi	11	Fizibilite, Uygulama
12	Ana işletmenin desteği	12	Bitmiş ürünlerin kalitesi
13	Kaliteli ürünler üretmek	13	Kullanılmamış malzemeler
14	Yenilik, yeni konseptler	14	Geri dönüşümün mümkün olamaması
15	Erişilebilir teknolojiler		
16	İstikrar		

Kaynak: (Agyemang vd., 2019, 979-982).

**3. Yöntem**

Çalışmada döngüsel ekonomi modeli ile kaynak verimliliği arasındaki ilişkiyi ölçmek amacıyla panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Araştırma metodolojisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Öncelikle, literatür taraması sonucunda döngüsel ekonomi açısından önemli olan temel unsurlar belirlenmiştir. Sonrasında, seçilmiş Avrupa ülkelerine ait veriler Eurostat veri bankasından elde edilmiş ve düzenlenmiştir. Çalışmanın en önemli kısıtını verilerin toplanması aşaması oluşturmaktadır.



Şekil 2. Araştırma Metodolojisi

Panel veri analizinde döngüsel ekonomiyi temsil etmesi açısından, atık üretimi (AU), katı atık üretimi (KAU), belediye atıkları geri dönüşümü (BAGD) ve biyolojik atık geri dönüşümü (BGD) değişkenleri araştırmanın temel değişkenlerini oluşturmaktadır. Belirlenen değişkenlerle kaynak verimliliği arasındaki ilişki belirlenmiştir. Dolayısıyla araştırmanın temel hipotezleri aşağıda belirtilmiştir. Araştırmanın analiz edilmesinde Avrupa ülkelerinden Belçika, Bulgaristan, Çekya, Danimarka, Almanya, Estonya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, Hırvatistan, İtalya, Kıbrıs, Litvanya, Letonya, Lüksemburg, Macaristan, Hollanda, Avusturya, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovenya, Slovakya, Finlandiya, İsveç, İzlanda, Norveç, İngiltere ve Türkiye'ye ait veriler kullanılmıştır.

Ho: Atık üretiminin kaynak verimliliği üzerinde etkisi vardır.

Ho: Geri dönüşümün kaynak verimliliği üzerinde etkisi vardır.

#### 4. Araştırma modeli

Panel veri analizinde kullanılan araştırma modeli atık üretimi, belediye atıkları geri dönüşümü, biyoatık geri dönüşümü ve katı atık üretimi ile kaynak verimliliği arasındaki ilişkiyi tespit etmek üzere oluşturulmuştur. Araştırmada üç ayrı model oluşturulmuş ve öncelikle atık üretimi ile kaynak verimliliği, sonrasında geri dönüşüm ile kaynak verimliliği ve son olarak tüm değişkenler ile kaynak verimliliği arasındaki ilişki belirlenmiştir. Oluşturulan matematiksel model aşağıda belirtilmiştir.

$$KV_{i,t} = \beta X_{i,t} + v_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Araştırma modelinde; i, ülkeleri; t, zamanı; KV, kaynak verimliliğini; AU, atık üretimini; KAU, katı atık üretimini; BGD, biyoatık geri dönüşümünü ve BAGD, belediye atıkları geri dönüşümünü ifade etmektedir.  $\beta$  bir parametre vektörü,  $\varepsilon$  hata terimi ve v zamandan bağımsız gözlenmeyen özelliklerdir.

Aşağıda araştırmada kullanılan üç model gösterilmektedir:

$$\text{Model 1: } KV_{i,t} = \alpha + \beta_1 AU_{i,t} + \beta_2 KAU_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\text{Model 2: } KV_{i,t} = \alpha + \beta_1 BGD_{i,t} + \beta_2 BAGD_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\text{Model 3: } KV_{i,t} = \alpha + \beta_1 AU_{i,t} + \beta_2 KAU_{i,t} + \beta_3 BGD_{i,t} + \beta_4 BAGD_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

#### 5. Veri seti

Çalışmada, seçilmiş 30 Avrupa ülkesinin 2010 ile 2021 yılları arasındaki atık üretimi, belediye atıkları geri dönüşümü, biyoatık geri dönüşümü, katı atık üretimi ve kaynak verimliliği ile ilgili verileri kullanılmıştır. Verilerin tamamı Eurostat veri tabanından derlenmiştir. Özet istatistikler aşağıda Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2

#### Özet istatistiksel bilgiler

Temel Göstergeler	LnAU	LnBAGD	LnBGD	LnKAU	LnKV
<b>Ortalama</b>	4,233148	3,331219	3,503412	6,029101	0,406541
<b>Medyan</b>	6,773064	3,556775	3,828641	6,167516	0,374936
<b>Maximum</b>	10,12150	4,264087	5,298317	6,759255	1,771744
<b>Minimum</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	-1,205307
<b>Standart Sapma</b>	4,191828	0,837951	1,221724	0,946023	0,677089
<b>Basıklık</b>	0,021814	-2,491523	-0,702586	-5,742029	-0,275289
<b>Çarpıklık</b>	1,089312	10,17023	2,772586	36,89050	2,437390
<b>Jarque-Bera</b>	54,78950	1143,644	30,40232	19206,76	9,294985
<b>Olasılık</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,009586
<b>Toplam</b>	1523,933	1199,239	1261,228	2170,476	146,3546
<b>Gözlem Sayısı</b>	360	360	360	360	360

Not: LnAU: Atık üretimi, LnBAGD: Belediye atıkları geri dönüşümü, LnBGD: Bioatık geri dönüşümü, LnKAU: Katı atık üretimi, LnKV: Kaynak verimliliği.

Araştırmada kullanılan değişkenlere ilişkin korelasyon matrisi Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3

*Değişkenler arasında korelasyon matrisi*

	<b>LnAU</b>	<b>LnBAGD</b>	<b>LnBGD</b>	<b>LnKAU</b>	<b>LnKV</b>
<b>LnAU</b>	17,52261 1,0000 .....				
<b>LnBAGD</b>	0,256757 0,073301 1,390655 0,1652	0,700212 1,0000 .....			
<b>LnBGD</b>	-0,002847 -0,000558 -0,010549 0,9916	0,614258 0,601682 14,25298 0,0000	1,488464 1,0000 .....		
<b>LnKAU</b>	0,315745 0,079844 1,515550 0,1315	0,529560 0,669890 17,07149 0,000	0,260849 0,226320 4,396244 0,0000	0,892473 1,0000 .....	
<b>LnKV</b>	0,029219 0,010323 0,195338 0,8452	0,225638 0,398800 8,228283 0,0000	0,453250 0,549448 12,44249 0,0000	0,079439 0,124364 2,371439 0,0182	0,457176 1,0000 .....

Not: LnAU: Atık üretimi, LnBAGD: Belediye atıkları geri dönüşümü, LnBGD: Bioatık geri dönüşümü, LnKAU: Katı atık üretimi, LnKV: Kaynak verimliliği.

## 6. Panel birim kök testleri

Panel veri analizlerinde birim kök testleri yapmadan önce yatay kesit bağımlılığı testlerinin yapılması gerekmektedir. Yatay kesit bağımlılığı panel veride ülkelerin veri setlerinin birbiriyle olan ilişkilerini göstermektedir. Eğer veri setinde yatay kesit bağımlılığı yoksa birinci nesil; varsa ikinci nesil birim kök testlerine başvurulur. Çalışmada kullanılan değişkenler açısından yatay kesit bağımlılığının var olduğu, dolayısıyla ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4

*Yatay Kesit Bağımlılığı test sonuçları*

Yatay kesit bağımlılığı	LnKV		LnKAU		LnBGD		LnBAGD		LnAU	
	t ist.	p	t ist.	p	t ist.	p	t ist.	p	t ist.	p
<b>Breusch-Pagan LM</b>	1513,218	*	1502,585	*	1924,729	*	1623,364	*	5468,326	*
<b>Pasaran scaled LM</b>	34,37242	*	34,02375	*	47,86641	*	37,98426	*	164,0655	*
<b>Bias-corrected scaled LM</b>	32,96333	*	32,61466	*	46,457	*	36,5751	*	162,6564	*
<b>Pasaran CD</b>	15,22927	*	5,162771	*	8,427834	*	11,82	*	73,8921	*

\*p<0,05 Ho hipotezi reddedilir. t ist.: t istatistiği, p: olasılık, LnAU: Atık üretimi, LnBAGD: Belediye atıkları geri dönüşümü, LnBGD: Bioatık geri dönüşümü, LnKAU: Katı atık üretimi, LnKV: Kaynak verimliliği.

Çalışmada, ikinci nesil birim kök testlerinden Pasaran CIPS ve CADF (Cross-Section Augmented Dickey-Fuller) testi sonuçları yorumlanmıştır. CIPS testi sonuçlarına göre, kaynak verimliliği, katı atık üretimi, belediye atıkları geri dönüşümü değişkenlerinde Ho hipotezi kabul edilmiştir. Yani birim kök testi sonuçlarına göre, veri seti durağan değildir. Biyoyakıt geri dönüşümü ve atık üretimi değişkenleri ise durağandır (Tablo 5).

Tablo 5

## Birim kök CIPS ve CADF testi sonuçları

	LnKV		LnKAU		LnBGD		LnBAGD		LnAU	
	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık	t istatistiği	Olasılık
<b>CIPS</b>	-1,90176	>=0,10	-1,59843	>=0,10	-1425181	<0,01	-2,025	>=0,10	-3,6895	<0,01
Belçika	0,95	>=0,10	0,21	>=0,10	0,59	>=0,10	-2,31	>=0,10	-38,3	<0,01
Bulgaristan	-2,25	>=0,10	-1,06	>=0,10	-1,85	>=0,10	-1,97	>=0,10	-1,67	>=0,10
Çekya	-1,94	>=0,10	-1,34	>=0,10	-0,7	>=0,10	-2,99	>=0,10	-0,45	>=0,10
Danimarka	-3,95	<0,10	-2,57	>=0,10	-0,12	>=0,10	-0,46	>=0,10	-1,43	>=0,10
Almanya	-3,22	>=0,10	-3,66	>=0,10	-2,6	>=0,10	-1,6	>=0,10	-0,55	>=0,10
Estonya	-4,18	<0,10	-2,12	>=0,10	-7,12	<0,05	-2,69	>=0,10	-0,71	>=0,10
İrlanda	-2,78	>=0,10	-0,8	>=0,10	-2,6	>=0,10	-1,01	>=0,10	-3,64	>=0,10
Yunanistan	-0,4	>=0,10	-3,84	>=0,10	-1,2	>=0,10	-1,24	>=0,10	-0,24	>=0,10
İspanya	-1,16	>=0,10	-0,74	>=0,10	-4,64	<0,10	-2,96	>=0,10	-1,36	>=0,10
Fransa	-2,06	>=0,10	-0,34	>=0,10	-1,97	>=0,10	-1,21	>=0,10	0,05	>=0,10
Hırvatistan	-1,07	>=0,10	-3	>=0,10	-2,6	>=0,10	-6,63	<0,05	-1,93	>=0,10
İtalya	-1,6	>=0,10	-1,27	>=0,10	-1,07	>=0,10	0,34	>=0,10	-1,1	>=0,10
Kıbrıs	-0,53	>=0,10	-0,91	>=0,10	-0,5	>=0,10	-0,42	>=0,10	-3,26	>=0,10
Letonya	-1,36	>=0,10	-3,13	>=0,10	-2,8	>=0,10	-1,86	>=0,10	1,31	>=0,10
<b>CADF</b>										
Litvanya	-0,79	>=0,10	-1,71	>=0,10	-1,36	>=0,10	-0,63	>=0,10	-6,57	<0,05
Lüksemburg	-1,35	>=0,10	-0,67	>=0,10	-1,68	>=0,10	-0,04	>=0,10	-1,68	>=0,10
Macaristan	-4,36	<0,10	0,77	>=0,10	-2,39	>=0,10	0,39	>=0,10	-0,22	>=0,10
Hollanda	-1,2	>=0,10	-0,29	>=0,10	-2,54	>=0,10	-1,46	>=0,10	-2,05	>=0,10
Avusturya	-1,37	>=0,10	0,33	>=0,10	-8,56	<0,01	-0,59	>=0,10	-0,82	>=0,10
Polonya	-1,36	>=0,10	-1,47	>=0,10	-2,83	>=0,10	-2,84	>=0,10	-0,56	>=0,10
Portekiz	-1,39	>=0,10	-4,62	<0,10	-1,8	>=0,10	-2,5	>=0,10	-3,27	>=0,10
Romanya	-3,3	>=0,10	-1,18	>=0,10	-2,48	>=0,10	-3,45	>=0,10	-1,74	>=0,10
Slovenya	-0,96	>=0,10	-5,91	<0,05	-0,06	>=0,10	-2,46	>=0,10	-3,22	>=0,10
Slovakya	-2,2	>=0,10	-1,51	>=0,10	-7,62	<0,01	-1,87	>=0,10	-3,45	>=0,10
Finlandiya	-2,48	>=0,10	0,71	>=0,10	-2,4	>=0,10	-6,57	<0,05	-2,66	>=0,10
İsveç	-3,73	>=0,10	-1,59	>=0,10	-0,99	>=0,10	0,13	>=0,10	-2,99	>=0,10
İzlanda	-1,23	>=0,10	-0,73	>=0,10	-3,24	>=0,10	-2,8	>=0,10	-4,29	<0,10
Norveç	-1,81	>=0,10	-1,32	>=0,10	-0,75	>=0,10	-3,77	>=0,10	1,31	>=0,10
İngiltere	-1,38	>=0,10	-1,51	>=0,10	-3,36	>=0,10	-4,04	<0,10	-25,01	<0,10
Türkiye	-5,68	<0,05	-1,14	>=0,10	-427554	<0,01	-1,29	>=0,10	-0,06	>=0,10

Not: LnAU: Atık üretimi, LnBAGD: Belediye atıkları geri dönüşümü, LnBGD: Bioatık geri dönüşümü, LnKAU: Katı atık üretimi, LnKV: Kaynak verimliliği.

Çalışmada ayrıca eş bütünleşme test sonuçlarına bakılmıştır. Panel veri analizinde, eş bütünleşme teknikleri, zaman serilerindeki (T) ve kesitlerdeki (N) değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığını test etmek için kullanılır. Bu çalışma, Kao (1999) panel eş bütünleşme testi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre olasılık değerleri 0.05'e eşit ya da küçük olduğu için seriler arasında eş bütünleşme ilişkisi bulunmakta olduğu sonucuna varılmıştır.



## 7. Bulgular

Araştırma modelinde açıklandığı gibi, çalışmada üç farklı model panel veri analizi yöntemine göre test edilmiştir (Tablo 6). Birinci modelde, atık üretimi ve katı atık üretiminin kaynak verimliliği üzerindeki etkisi test edilmiştir. Modelde, atık üretimi ile kaynak verimliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmezken ( $p=0,99$ ), katı atık üretimi ile kaynak verimliliği arasında anlamlı bir ilişki olduğu ( $p=0,01$ ) tespit edilmiştir. Katı atık üretiminin kaynak verimliliğindeki artışta % 2,36'lık bir artışla ilişkili olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, kaynak verimliliğini artırırken genel anlamda atık üretiminden daha çok katı atık üretimi üzerine odaklanmanın daha faydalı olacağı sonucuna varılabilir.

Tablo 6

Panel veri modeli tahmin sonuçları (Bağımlı değişken LnKV)

Değişkenler	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
Sabit katsayı	-0,56110 (0,5717)	-6,672398 (0,000)*	-2,601604 (0,0097)*
LNAU	0,007521 (0,9940)		0,110824 (0,9118)
LNBAĞD		1,941231 (0,0530)*	2,664080 (0,0081)*
LNBGD		8,808605 (0,000)*	7,874882 (0,000)*
LNKAU	2,360014 (0,0188)*		-1,835612 (0,0673)*
<b>Temel göstergeler</b>			
R-kare	0,015467	0,309185	0,315688
Düzeltilmiş R-kare	0,009951	0,305315	0,307977
Regresyonun standart hatası	0,673712	0,564339	0,563256
F-istatistik	2,804155	79,89055	40,94231
Olasılık F-istatistik	0,061892	0,000	0,0000
Akaike	2,056270	1,701974	1,703627
Schwarz	2,08865	1,734358	1,757601
Hannan-Quinn	2,069147	1,714851	1,725088
Durbin-Watson	0,035425	0,082018	0,063632

Not: \* $p<0,05$ . LnAU: Atık üretimi, LNBAĞD: Belediye atıkları geri dönüşümü, LNBGD: Bioatık geri dönüşümü, LNKAU: Katı atık üretimi, LnKV: Kaynak verimliliği.

İkinci model, geri dönüşüm ile kaynak verimliliği arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, hem biyoyakıtların geri dönüşümü ( $p=0,00$ ) hem de belediye atıklarının geri dönüşümü ( $p=0,05$ ) ile kaynak verimliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Katı atık üretiminde olduğu gibi, kaynak verimliliğini artırmak isteyen ekonomilerin geri dönüşüm faaliyetlerine odaklanmaları gerektiği sonuçlardan anlaşılmaktadır. Üçüncü modelde, tüm değişkenlerin kaynak verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmış ve önceki modellerle benzer sonuçlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, katı atık üretimi, biyoyakıt geri dönüşümü ve belediye atıkları geri dönüşümü arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

## 8. Sonuç

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri son yıllarda hem akademisyenlerin hem de ülke yönetimlerinin üzerinde durduğu konuların başında gelmektedir. Özellikle Avrupa ülkelerinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek amacıyla pratikte çeşitli uygulamalara başvurulmaktadır. Döngüsel ekonomi uygulamaları da bunlardan bazılarıdır. Özellikle malzemelerin, kullanılan parçaların ve araçların geri dönüşümü, yeniden üretimi veya tamir edilerek tekrardan kazanılması ve üretim süreçlerinde tekrar tekrar kullanılması döngüsel ekonomi faaliyetlerinin özünü oluşturmaktadır. Elbette, döngüsel

ekonominin sağlanabilmesi için kaynak kullanımında etkinliğin artırılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Atık üretim politikalarının geliştirilmesi ve geri dönüşüm faaliyetlerinin yaygınlaştırılması kaçınılmaz bir sonuç olarak görülmektedir. Dolayısıyla, çalışmada atık üretimi, katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşümünün kaynak verimliliğini arttırmada etkisi incelenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, kaynak verimliliğinin artırılmasında katı atık üretimi, biyoyakıt atıklarının geri dönüşümü ve belediye atıklarının geri dönüşümü faaliyetlerinin etkili olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarla tutarlılık göstermektedir (Maio vd., 2017; Tukker, 2015; Domenech ve Walkowiak, 2019). Özellikle, gelişmekte ve gelişmiş ekonomilere sahip olan ülkelerin son yıllarda geri dönüşüm tesisleri yoluyla atıkları tekrardan yeni kaynaklara dönüştürme çabaları da sonuçlarla paralellik göstermektedir. Ayrıca, atık üretiminde gerçekleştirilen politikalardan daha çok katı atıkların geri dönüşümüne yönelik çabaların kaynak verimliliğini arttırmada daha fazla etkili olduğu da elde edilen sonuçlardan birisidir.

Araştırmanın en önemli kısıtlarından birisi, döngüsel ekonomi ile ilgili verilerin geniş kapsamlı olarak elde edilmesindeki zorluklardır. Avrupa ülkelerinin veya diğer ülkelerin tüm döngüsel ekonomi unsurları ile ilgili olarak güncel bilgi paylaşmaması araştırmanın en önemli kısıtını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, çalışmada sadece seçilmiş değişkenler ve seçilmiş ülkeler özelinde bir takım çıkarımlarda bulunulmuştur. Bundan sonraki çalışmalarda, döngüsel ekonominin yerleştirilmesinde ürünlerin, malzemelerin, parçaların vb. üretiminde yeniden üretim veya parçaların tamir edilerek yeniden kazandırılması üzerine çalışmaların yoğunlaştırılması, mikro düzeyde politika geliştiricileri ve işletmeler açısından faydalı olacaktır.

### **Yazar beyanı**

#### **Araştırma ve yayın etiği beyanı**

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

#### **Etik kurul onayı**

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

#### **Yazar katkıları**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuştur.

#### **Çıkar çatışması**

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### **Destek beyanı**

Bu çalışma için herhangi bir destek alınmamıştır.

### **Kaynakça**

- Agyemang, M., Kusi-Sarpong, S., Khan, S. A., Mani, V., Rehman, S. T. ve Kusi-Sarpong, H. (2019). Drivers and barriers to circular economy implementation: An explorative study in Pakistan's automobile industry. *Management Decision*, 57(4), 971-994. Doi: <https://doi.org/10.1108/MD-11-2018-1178>
- Barreiro-Gen, M., ve Lozano, R. (2020). How circular is the circular economy? Analysing the implementation of circular economy in organisations. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3484-3494. Doi: <https://doi.org/10.1002/bse.2590>
- Birleşmiş Milletler Türkiye, (2022, 10 Aralık). *İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme*. Erişim adresi: <https://turkiye.un.org/tr/sdgs/8>.
- Camacho-Otero, J., Boks, C., ve Pettersen, I. N. (2018). Consumption in the circular economy: A literature review. *Sustainability*, 10(8), 2758. Doi: <https://doi.org/10.3390/su10082758>
- Cainelli, G., D'Amato, A., ve Mazzanti, M. (2020). Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU firms. *Research Policy*, 49(1), 103827. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103827>

- De Angelis, R., Howard, M., ve Miemczyk, J. (2018). Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production Planning & Control*, 29(6), 425-437. Doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449244>
- Domenech, T., ve Bahn-Walkowiak, B. (2019). Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states. *Ecological Economics*, 155, 7-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks – Triple bottom line of 21st century business*. Stoney Creek, CT: New Society Publishers
- Ghisellini, P., Cialani, C., ve Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., ve Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geisendorf, S., ve Pietrulla, F. (2018). The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771-782. Doi: <https://doi.org/10.1002/tie.21924>
- Gupta, S., Chen, H., Hazen, B. T., Kaur, S., ve Gonzalez, E. D. S. (2019). Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 466-474. Doi: [10.1016/j.techfore.2018.06.030](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.030)
- Huppes, G., ve Ishikawa, M. (2005). Eco-efficiency and its terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 43–46. Doi: <https://doi.org/10.1162/108819805775247891>
- Johansen, M. R., Christensen, T. B., Ramos, T. M., ve Syberg, K. (2022). A review of the plastic value chain from a circular economy perspective. *Journal of Environmental Management*, 302, 113975. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113975>
- Katika, T., Karaseitanidis, I., Tsiakou, D., Makropoulos, C., ve Amditis, A. (2022). Augmented reality (AR) supporting citizen engagement in circular economy. *Circular Economy and Sustainability*, 2(3), 1077-1104. Doi: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00137-7>
- Korhonen, J., Honkasalo, A. ve Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Di Maio, F., Rem, P. C., Baldé, K., ve Polder, M. (2017). Measuring resource efficiency and circular economy: A market value approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 163-171. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.009>
- Ellen MacArthur Vakfi. (2015). Report. Delivering the circular economy—A toolkit for policymakers. Ellen MacArthur Foundation. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf/](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf/). Erişim Tarihi: 05.12.2022.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- Ness, D. (2008). Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15, 288–301
- Nobre, G. C., ve Tavares, E. (2017). Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. *Scientometrics*, 111, 463-492. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2281-6>
- Rajput, S., ve Singh, S. P. (2019). Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, 49, 98-113. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>
- Sauerwein, M., Doubrovski, E., Balkenende, R., ve Bakker, C. (2019). Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1138-1149. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.108>
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy—a review. *Journal of cleaner production*, 97, 76-91. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>

Webster, K. (2021). A circular economy is about the economy. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 115-126. Doi: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00034-z>

WCED, (1987). *Our Common Future, Brundtland Report*. Brundtland. Doi: <https://doi.org/10.1002/jid.3380010208>

Yong, R. (2007). The circular economy in China. *Journal of Material Cycles And Waste Management*, 9, 121-129. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10163-007-0183-z>