

Sıfır Atık Yönetimi Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi: Büyükşehirler Örneği

Bilal SARAÇ¹, Hakan Gökhan GÜNDOĞDU², Ahmet AYTEKİN³

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Anadolu Üni. İİBF, b_sarac@anadolu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7580-202X

² Dr. Öğr. Üyesi, Anadolu Üni. İİBF, hakangokhangundogdu@anadolu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0656-4152

³ Doç. Dr., Artvin Çoruh Üni. Hopa İİBF, ahmetaytekin@artvin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1536-7097

Öz: Teknolojik gelişmeler, artan refah düzeyi, gittikçe kalabalıklaşan nüfus ve tüketim, çevre üzerinde olumsuz baskılara yol açmaktadır. Bununla birlikte atıkların etkin, sorumlu ve sürdürülebilir biçimde işlenmesi sorunu her zamankinden daha önemlidir. Bu nedenle, kaynakların daha fazla tükenmesini önlemek için sürdürülebilir üretim ve tüketim stratejilerine olan talepler giderek artmaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir çevre politikalarının temel odak noktalarından biri sıfır atık yönetimidir. Sıfır atık yönetimi atık üretimini önlemek ve ortadan kaldırmak, atıktan kaynak ya da enerji geri kazanımı sağlamak, doğayı ve insanı korumak için israfı önlemek biçiminde tanımlanmaktadır. Bu çerçevede ele alınan çalışmada, Türkiye'nin 30 büyükşehirinin sıfır atık yönetim etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Üç girdi ve iki çıktı değişkeni bağlamında Veri Zarflama Analizi (VZA) ile gerçekleştirilen değerlendirmelere göre CCR modelinde 20, BCC modelinde ise 19 büyükşehirin etkin olmadığı bulgularına erişilmiştir. Sonuç olarak, yerel yönetimlerin atık işleme kapasitesinin artırılması, nitelikli uzmanlar istihdam edilmesi, sıfır atık için tüm yerel ve merkezi paydaş yönetim birimleri ile iş birliği yapılması, paydaşların eğitilmesi, mevzuatın etkin bir şekilde uygulanması ve evsel atıkların sınıflandırılması için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sıfır atık yönetimi, Yerel yönetimler, Büyükşehirler, Etkinlik analizi, Veri zarflama analizi

Jel Kodları: H70, Q53, Q58

Evaluation of Zero Waste Management Efficiency Using Data Envelopment Analysis: The Case of Metropolitan Cities

Abstract: Technological developments, increasing welfare levels, an increasingly crowded population and consumption all cause negative pressures on the environment. In addition, the problem of effective, responsible, and sustainable treatment of waste is more important than ever. Therefore, the demands for sustainable production and consumption strategies are increasing to prevent further depletion of resources. In this framework, zero waste management is a major focus point of sustainable environmental policies. Zero waste management is defined as the prevention and elimination of waste production, the extraction and utilization of resources or energy from waste, and the prevention of waste to protect nature and humans. The aim of this study, conducted under this framework, is to investigate the zero-waste management efficiency of Turkey's 30 metropolitan cities. According to the evaluations made with Data Envelopment Analysis (DEA) in the context of three input and two output variables, it was found that 20 metropolitan cities in the CCR model and 19 metropolitan cities in the BCC model were inefficient. As a result, recommendations were made to increase local governments' waste processing capacity, employ qualified experts, collaborate with all local and central stakeholder management units to achieve zero waste, train stakeholders, effectively apply legislation, and classify domestic waste.

Atf: Saraç, B., Gündoğdu, H. G., Aytakin, A. (2023). Sıfır Atık Yönetimi Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile

Değerlendirilmesi: Büyükşehirler Örneği, *Politik Ekonomik Kuram, Özel Sayı*, 238-256.

<https://doi.org/10.30586/1332939>

Geliş Tarihi: 26.07.2023

Kabul Tarihi: 13.09.2023



Telif Hakkı: © 2023. (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: Zero waste management, Local governments, Metropolitan cities, Efficiency analysis, Data envelopment analysis

Jel Codes: H70, Q53, Q58

1. Giriş

Şehirlerde sanayi, teknoloji, tarım ve hizmet sektörlerinin gelişmesi üretim, tüketim ve yaşam koşullarında değişimler meydana getirmiştir. Sanayileşmenin, ekonomik büyümenin ve nüfusun artması çevrenin baskılanmasına ve ekolojik dengenin tahrip olmasına yol açmış, uluslararası düzeyde çevre, sürdürülebilirlik ve atık yönetimi konularının önem kazanmasına sebep olmuştur. Ayrıca, fiziksel, sosyal ve beşerî çevrenin giderek daha fazla tahrip edilmesi, iklim değişikliklerinin yaşanmasını beraberinde getirmiştir. Küresel ısınmaya bağlı olarak canlı türlerinin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması, kaynakların ve her türlü atıkların etkin bir biçimde değerlendirmesini¹ önemli kılmaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğu ekolojik tahribatı önlemek için 1970'li yıllardan itibaren Birleşmiş Milletler (BM) örgütü nezdinde sürdürülebilirlik ilkelerini ve hedeflerini yerine getirebilme taahhüdünde bulunmuşlardır. Bu konuda bir kısım yükümlülüklerin belirlenmesi için çeşitli düzeyde konferans, rapor, protokol ve sözleşme içeren uluslararası organizasyonlar² gerçekleştirilmiştir (Gündoğdu ve AYTEKİN, 2022a). Örneğin, 1992'de Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda 178 hükümet hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde daha sürdürülebilir kentsel katı atık yönetimine ihtiyaç duyulduğu konusunda anlaşmaya varmıştır. Bu bağlamda, Gündem 21'in 21. Bölümü; Çevre ve Kalkınmaya ilişkin Rio Deklarasyonu, çevreye duyarlı atıkların yeniden kullanımı ile geri dönüşümünü maksimize etmeyi içermekte ve katı atıkların çevreye duyarlı yönetiminin ana hatlarını çizmektedir (Troschinetz ve Mihelcic, 2009). Devam eden süreçte BM Binyıl Zirvesi (2000), Rio +20 Konferansı (2012) ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde (2015) de etkin bir atık yönetimi politikasının önemine vurgu yapılmıştır. Özellikle 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20)'nda çevre ve atık yönetimi ile ilgili ortaya konulan vaatleri yerine getirmek için BM Çevre Programına (UNEP)'e öncü rol kazandırılmıştır (UNEP, 2023). Ayrıca, sürdürülebilir çevrenin tesis edilmesi ve yeşil kalkınma hedeflerinin sağlanmasının önemine dikkat çekilmiştir. Dolayısıyla atıkların toplanması, ayrıştırılarak etkin bir biçimde geri kazanımının sağlanması, hatta sıfır atık yönetiminin etkinleştirilmesi gibi çevresel politikalar önemli hale gelmiştir. Bu bağlamda, şehirlerde sıfır atık yönetimi politikalarının ve uygulamalarının yürürlüğe girmesi hız kazanmıştır.

Küresel ekonomik sistemde üretimde yaşanan artış tüketim ile atık oluşumunu da arttırmakta, söz konusu durum çevre üzerinde baskıya neden olmaktadır (Ardoğan, 2012). Dahası, gelişmekte olan ülkelerde kırsal alanlardan şehirlere göçün şehirleşme oranlarını arttıracığı beklenmektedir. BM verilerine göre 2050 yılında dünya nüfusunun yaklaşık 10 milyara ulaşacağı (UNDESA, 2022), dünya genelindeki nüfusun %68'inin, Avrupa'daki nüfusun ise yaklaşık %84'ünün kentlerde³ yaşayacağı öngörülmektedir (UNDESA, 2019). Şehirler, dünyadaki enerjinin üçte ikisini tüketmekte, küresel karbon emisyonlarının %70'ini oluşturmaktadır (UN-Habitat, 2018). Bu veriler ışığında küresel çapta şehirleşme oranlarının giderek artması, kaynakların ve çevrenin sürdürülebilirliği için tehlike arz etmektedir (Gündoğdu ve AYTEKİN, 2022b). Bu nedenle oluşan atıkların

¹ Atıkların yönetiminde esas amaç atığın çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak ve kaynak verimliliğini arttırmaktır. Bu kapsamda, "Atık Hiyerarşisine" göre ilk olarak atığın önlenmesi/azaltılması opsiyonu önceliklidir. Daha sonra geri dönüşüm, geri kazanım (enerji gibi), arıtma (yakma gibi) ve yeniden kullanım olanaklarının sağlanabilmesi ve son olarak düzenli depolama ile atığın bertaraf edilmesi öngörülmektedir (Price ve Joseph, 2000, Wilson, 2007, Wolsink, 2010). Öte yandan, "Atık Hiyerarşisi" yaklaşımı çeşitli gruplar (hükümetler, uzmanlar ve STK'lar gibi) tarafından benimsenmekle birlikte (Seadon, 2006), birtakım çalışmalarda söz konusu hiyerarşinin üretim kararları üzerinde çok az kontrolü olacağından uygulanmasının zor olduğu (Gertsakis ve Lewis, 2003), bilimsel ve teknik temelden yoksun olduğu ile ilgili (McDougall vd., 2001) değerlendirmeler yapılmıştır.

² Çevre ile ilgili öne çıkan uluslararası organizasyonlar sırasıyla; BM İnsan Çevresi Konferansı-Stockholm Konferansı (1972), Brundtland Raporu (1987), BM Çevre ve Kalkınma Konferansı-Rio Konferansı (1992), Kyoto Protokolü (1997), BM Binyıl Zirvesi (2000), Rio +20 Konferansı (2012) ve Paris İklim Anlaşması (2015) olarak ifade edilebilir.

³ Kentleşmenin kendisi mutlaka bir sorun olmasa da gelişigüzel ve plansız büyüme, kamusal alan ve nehir kıyısının işgali, hava ve su kirliliği, katı atık oluşumu gibi birçok çevresel soruna yol açabilme potansiyeline sahiptir (UNEP, 2001b).

sürdürülebilir⁴ ve uygun bir biçimde yönetilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (UNEP, 2001b).

Başlangıçta atıkların yaşam alanlarından uzaklaştırılması yaklaşımı benimsenmiş olsa da artan atık miktarı dahilinde yeni alanlara ihtiyaç duyulmasının sürdürülebilir olmadığı anlaşılmıştır. Atıkların yeni bir kaynak olarak görülmesi anlayışı ile atık yönetimi alanı kökten bir değişikliğe uğramıştır. Sıfır atık yönetimi ile insanoglu ve çevre için maksimum faydayı sağlayacak uygulamalar yürürlüğe konmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, sürdürülebilir atık yönetiminin sağlanmasında üç temel amaç bulunmaktadır. Bunlar; çevresel olarak etkili olma, ekonomik olarak katlanabilir olma ve sosyal olarak kabul edilebilir olma. Özellikle bu amaçların yerine getirilmesinde, atık miktarlarının azaltılması ve buna bağlı olarak entegre atık yönetimi sisteminin geliştirilmesi atık yönetim stratejileri olarak ortaya çıkmaktadır (McDougall vd., 2001; Öztürk, 2010).

Bu çalışma, küresel kaynakların daha fazla tüketilmesini önlemek için sürdürülebilir üretim ve tüketim yaklaşımına vurgu yapmakta, geleneksel atık yönetiminden sıfır atığa geçiş anlayışının önem kazanmasına dikkat çekmektedir. Dolayısıyla çalışma, doğayı sınırsız bir kaynak ve atık deposu olarak görmeyen, sürdürülebilirlik anlayışına dayalı sıfır atık yaklaşımı bağlamında yerel yönetimlerin etkinliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Uluslararası yazında belediyelerdeki atık yönetiminde etkinliğin sağlanmasında birçok etkenin (nüfus yoğunluğu, ekonomik gelişme, rekabet ve eğitim düzeyi, ölçek veya kapsam düzeyi gibi) belirleyiciliği vurgulanmakla birlikte (Agovino vd., 2016; Guerrini vd., 2017, Sarra vd., 2017), ulusal yazında belediye sıfır atık yönetiminde etkinlikle ilgili eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Ulusal yazındaki çalışmalar daha çok üniversite kampüs atıklarının yeniden kullanılabilirliği (Boysan vd., 2016; Hakseverler vd., 2020), kampüste atık madde grubu analizinin yapılması (Gözen ve Salihoğlu, 2022), atık ayrışımındaki başarının ölçülmesi (Hacısalihoğlu, 2021), geri dönüştürülebilir atıklar hakkında bilgi sahibi olunması (Ilgar, 2020) ve sıfır atık yönetim sisteminin uygulanışı (Tüfek, 2022) gibi çeşitli konulara yönelmiştir. Atık yönetimi ile ilgili yapılan etkinlik analizi çalışmalarında, AB ülkelerinin çevre ve atık yönetimi performanslarının değerlendirilmesi (Seyhan, 2023), örneklem dahilindeki belediyelerin katı atık yönetiminin etkinliğinin belirlenmesi (Şaşmaz vd., 2020) ve büyükşehirlerin katı atık yönetimi etkinliğinin analiz edilmesine (Evin ve Özdemir, 2022) yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Sıfır atık yönetiminde etkinlikle ilgili çalışmaların ilkinde sıfır atık uygulamalarında atık toplama tesislerinin performansı değerlendirilmiş (Atçı, 2020), diğer çalışmada ise kompost ve biyogaz tesislerinin etkinliği analiz edilmiştir (Baştan Töke, 2020). Dolayısıyla, ulusal yazında sıfır atık yönetiminde performansına ilişkin analiz ve değerlendirmelerde eksiklikler olduğu, performansın değerlendirilmesine yönelik farklı perspektiflerden incelemelere ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın temel amacı Türkiye'deki büyükşehirlerde sıfır atık yönetiminin etkinliğini VZA kullanılarak analiz etmek, belediyelerde atık yönetimi hizmetinin sağlanmasında etkinlik ile ilgili çıkarımlar sunmak ve literatüre katkıda bulunmaktır. Bu sebeple araştırma sorununun çözümü için sıfır atık ile ilişkili girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir.

Büyükşehirlerde atıkların azaltılmasına ve geri dönüştürülmesine katkı sunma potansiyeli olan üç girdi (sıfır atık eğitimi alanlar, atık hizmeti veren tesisler ve sıfır atık belgesi alan kuruluşlar) ve iki çıktı (kişi başına düşen atık miktarı ve geri kazanımı sağlanan atık miktarı) değişkenleri çalışmaya dahil edilmiştir. Söz konusu değişkenler ile daha önce ulusal yazında herhangi bir etkinlik analizinin yapılmamış olması bu

⁴ Enerji üretimi ile yakma, organik atıkların kompostlaştırılması ve geri dönüşüm yoluyla malzeme geri kazanımı gibi katı atıkları tipik olarak bir depolama sahasına yönlendirmek için çeşitli teknolojik araçlar bulunmaktadır. Bunların tümü, kentlerdeki katı atıkların yönetilmesi için depolama sahasına göre daha sürdürülebilir yöntemler olma potansiyeline sahiptir (Troschinetz ve Mihelcic, 2009).

çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Çalışmada etkinlik analizinin gerçekleştirilmesinde VZA'dan yararlanılacaktır. VZA, birden fazla girdiyi çıktıya dönüştüren eş varlıkların veri odaklı olarak etkinlik performanslarının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. VZA altında çeşitli matematiksel modeller tanımlanmıştır. Bunlardan Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) ölçeğe göre sabit getiri, Banker-Charnes-Cooper (BCC) ise ölçeğe göre değişken getiri varsayımları altında etkinlik analiz gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, söz konusu modeller girdi ve çıktı yönelimli olarak uygulanabilmektedir. Bu kapsamda, mevcut çıktıların en az girdi ile oluşturulması temel alınacak ise girdi yönelimli, mevcut girdilerle en fazla çıktının elde edilmesi amaçlanacak ise çıktı yönelimli model benimsenmektedir (Özden, 2008; Aytekin, 2022).

Girdi yönelimli modellerde çıktı bileşimi kontrol edilememekte, belirli bir çıktı bileşiminin üretilmesi için kullanılacak en uygun girdi bileşiminin elde edilmesine odaklanılmaktadır. Büyükşehirlerin sıfır atık performanslarının incelendiği bu çalışmada, en uygun girdi bileşiminin elde edilmesi hedeflendiğinden girdi yönelimli CCR ve BCC modelleri benimsenmiştir. Bu sayede Büyükşehir belediyesine sahip illerin toplam etkinlik, teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değerleri ayrı ayrı elde edilip, değerlendirilmiştir. Bu çalışma, atıkların kaynak olarak yeniden değerlendirilmesi hem üretim hem de tüketimde çevresel zararın sınırlandırılması konusuna dikkat çekmekte, sürdürülebilirlik yaklaşımı temelinde büyükşehirlerin sıfır atık stratejisine yönelik uygulamaları ile ilgili etkinlikleri değerlendirmektedir. Ayrıca, kaynakların etkin kullanılması için tüm atıkların sistematik ve sıfır atık olarak işlenmesinin önemine ilişkin çıkarımlarda bulunmaktadır.

İzleyen bölümlerde ilk olarak katı atık ve sıfır atık ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar hakkında bilgi verilecek daha sonra veri zarflama analizi ve bu kapsamda kullanılan modeller tanıtılacaktır. Etkinlik analizinin gerçekleşmesi ile elde edilen bulgular, literatür eşliğinde yorumlanarak sonuç ve önerilerde bulunulacaktır.

2. Literatür

Hızlı kentleşme ve sanayileşme, artan nüfus, kırsal alandan kentsel alana göç şehirlerin genişlemesini tetiklemiştir. Yüzölçümü açısından dünyanın yaklaşık %2'sini kaplayan şehirler, dünyanın doğal kaynaklarının %75'inden fazlasını tüketmekte, küresel açıdan oluşan atığın %70'ine sebep olmaktadır (UN-MEA, 2006; Ramsar, 2012).

İnsanoğlu faaliyetlerinin doğal kaynakları tüketmesi sonucu ortaya çıkan atıklar, çevreyi kirletmekte, insan sağlığını tehdit etmekte ve atık yönetimi için ek maliyetler doğurmaktadır. Geleneksel atık yönetim sistemleri için atık, tüketim sürecinin son aşamasında ortaya çıkan "ömrünü tamamlamış" bir ürün olarak kabul edilmektedir (Iresha ve Prasojo, 2018). Sıfır atık yönetim sistemleri için ise atık, atık üretimini önlemek ve ortadan kaldırmak, atıktan kaynak ya da enerji geri kazanımı sağlamak, doğayı ve insanı korumak için israfı önlemek biçiminde tanımlanmaktadır.

İlk atık yönetimi uygulamalarında, halk sağlığını korumak amacıyla atıkların yaşam alanlarından uzaklaştırılması ve bir süre sonra da güvenli bir biçimde depolanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise atıkların bir kaynak olarak düşünülmesi gerektiğinin ve atıklardan enerji üretiminin de sağlanabileceğinin anlaşılmasıyla atık yönetimi rota değiştirmiştir (Shekdar, 2009, s. 1438). Günümüzde ise atığın üretiminin ortadan kaldırılması, atığın yeniden kullanılması, toplumun atık konusunda bilinçlendirilmesi ve israfın önlenmesi amaçlarıyla sıfır atık yönetimi benimsenmiştir. Sonuç olarak atığın yönetilmesi hususunda katı atık yönetimi ve sıfır atık yönetimi gibi farklı yaklaşımların olduğu, literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde atık yönetiminin farklı biçimlerde ele alındığı söylenebilir. Bu nedenle öncelikle katı ve genel atık yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalara yönelik bilgilere, sonrasında ise sıfır atık yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalara, ele alınan problemi daha iyi bir biçimde ortaya koymak amacıyla yer verilmiştir. Bu çerçevede, genel olarak atık

yönetimini veya katı atık yönetimini konu alan çalışmalara ilişkin literatür özeti Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Atık yönetimi ile ilgili literatür özeti

Yazar(lar)	Çalışmanın Kapsamı ve Öne Çıkan Bulgular	Yöntem
Şaşmaz vd. (2020)	İstatistiksel Bölge Birimleri Sınıflaması Düzey 1 bölgelerinin üç girdi ve iki çıktı değişkeni bağlamında katı atık yönetimi etkinlikleri analiz edilmiştir.	VZA- CCR, BCC ve Süper Etkinlik Modelleri
Evin ve Özdemir (2022)	Büyükşehirlerin katı atık yönetimini iki girdi ve iki çıktı değişkeni içeren model ile incelenmiştir. Otuz büyükşehirden yedisinin etkin olduğu ifade edilmiştir.	VZA- Çıktı Yönelimli Model
Gan vd. (2023)	Çin’in önde gelen 18 şehri için endüstriyel atıkları dikkate alarak etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları incelenen şehirlerin tamamının etkin olmadığını ortaya koymuştur.	VZA- Çok Dönemli Dinamik Ağ Modeli
Molinos-Senante vd. (2023)	İstatistiksel çıkarımlara izin veren bir VZA modelinden yararlanarak Şili’deki 298 belediye katı atık hizmeti sağlayıcısının etkinliği analiz edilmiştir. Belediyenin bulunduğu bölge, turizm, nüfus yoğunluğu ve kişi başına atık değişkenlerinin eko-etkinlik üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.	Double-bootstrap VZA
Ren vd. (2022)	Çin’in Yangtze nehri bölgesindeki 18 şehir ve bu bölgenin dışındaki 12 şehir, atık su arıtma etkinliği açısından incelenmiştir. Toplam atık su arıtma etkinliğinin düşük ve kirletici emisyonların yüksek olduğu tespit edilmiştir.	Dinamik VZA
Feng vd. (2022)	Çin’in Sarı Nehir bölgesindeki ve bu bölgenin dışındaki toplam 31 şehir için kirlilik kontrolünün endüstriyel etkinlik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Genel olarak Sarı Nehir havzasındaki şehirlerin etkinliği düşük çıkmıştır.	VZA- DDF Modeli
Yang vd. (2022)	2010-2017 döneminde Yangtze Nehri orta kesimindeki şehirlerin kentsel su kullanımı ve atık su yönetimi çerçevesinde etkinliği analiz edilmiştir. İncelenen dönemde, zaman içinde bölgesel farkların azaldığı ve etkinliğin arttığı belirtilmiştir.	İki Aşamalı Aylak Tabanlı VZA
An vd. (2022)	Yangtze Nehri deltasındaki 27 şehrin katı atık toplama, taşıma ve bertaraf etme ile ekonomik göstergeler çerçevesinde etkinliği incelenmiştir. Sonuç olarak kaynak kullanım etkinliğinin artırılmasının önemi vurgulanmıştır.	VZA- CCR Modeli
Shi vd. (2021)	Çin’in farklı bölgelerindeki 30 şehrinin 2014-2017 döneminde ekonomik üretim, atık su yönetimi ve insan sağlığı bağlamında etkinliği analiz edilmiştir. Bölgeler arasındaki etkinlik farklarının kaynak donanımları, coğrafi çevre, endüstriyel yapı, stratejik uyum gibi faktörler nedeniyle oldukça büyük olduğu belirtilmiştir.	Dinamik VZA
Liu vd. (2020)	Çin’in önemli şehirlerinin azaltım, kaynak kullanımı ve zarar vermeme prensipleri bağlamında etkinlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çin’in doğusundaki şehirlerin batısındakilere oranla katı atık yönetiminde daha etkin olduğu belirtilmiştir.	VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi
Shi vd. (2019)	Atık su üretimi ile birlikte su tüketimi, kanalizasyondaki kirleticiler, yerel tıbbi bakım harcamaları, su kaynakları, enerji ve sağlık ölçümü gibi faktörleri dikkate alarak Çin’in 30 şehrinin etkinliği incelenmiştir. Genel olarak üretim ve sağlık etkinliklerinin son dönemde artış gösterdiği belirtilmiştir.	Dinamik VZA
Liu ve Sun (2019)	Çin’de kömür kaynağına bağımlı 27 şehir için çevre kirliliği, kaynak tüketimi ve ekonomik çıktı değişkenleri bağlamında etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir. Ekonomik etkinliği etkileyen ana faktörlerin katı atık, atık gaz ve kaynak tüketimi olduğu belirtilmiştir.	VZA- CCR ve BCC Modelleri
Yang vd. (2018)	Çin’deki 33 şehrin katı atık yönetim etkinlikleri incelenmiştir. Genel olarak katı atık yönetim etkinliklerinin düşük olduğu ve iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.	VZA-BCC Modeli ve Bulanık k-Ortalama Kümeleme Analizi
Benito-López vd. (2018)	İspanya’daki 1072 belediyenin kamuya açık sokak temizleme ve çöp toplama hizmetlerindeki etkinlikleri incelenmiştir. Belediyelerin turizme önem vermeleri ve değişken ekonomik faaliyetlerin varlığının çevre temizliğinin etkinliğini olumlu etkilediği ifade edilmiştir.	VZA ve Regresyon Analizi
Liang vd. (2004)	Çin’in Anhui bölgesindeki 17 şehrin endüstriyel kirlilik sorununa çözüm yönünden etkinlikleri incelenmiştir. Etkinlik analizi modelinde, endüstriyel atık gaz emisyon hacmi, tahliye edilen endüstriyel atık su hacmi ve tahliye edilen endüstriyel katı atık ürün hacmi çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Güney Anhui’deki endüstriyel kirliliğin Kuzey Anhui’dekinden daha ciddi olduğu ifade edilmiştir.	VZA-MES Modeli
Seyhan (2023)	AB’ye üye ve üye olmaya aday 32 ülkenin 2017, 2018 ve 2019 yıllarındaki atık yönetimi performansları değerlendirilmiştir. 6 girdi ve tek çıktı değişkeni yardımıyla VZA uygulanmıştır. Elde edilen etkinlik skorları yapay sinir ağları modelinde çıktı değişkeni olarak ele alınmış, 2019 yılı için tahmin edilen etkinlik skorlarının gerçek etkinlik skorlarına oldukça yakın değerler aldığı sonucuna ulaşılmıştır.	VZA-Yapay Sinir Ağları Modeli

Tablo 1’de yer alan çalışmaların önemli bir bölümü Çin’deki şehirleri ve özellikle Yangtze Nehri havzasındaki şehirleri incelemektedir. Bu durumun temel nedeni Çin’deki hızlı ekonomik gelişimin kirlilik, çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratmasıdır (Shi vd., 2021). Ayrıca, Yangtze Nehri havzası dünyanın en büyük şehir gruplarından birini bünyesinde barındırmaktadır (An vd., 2022). Genel olarak, teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme, toplumsal refahın artırılması ve korunması hususları çevre üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu çerçevede, küresel ısınma ve doğal felaketlerin yaratacağı olumsuzluklar ile sürdürülebilirlik sorunları da başta atıkların yönetimi olmak üzere birçok problemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Tablo 1’de yer alan çalışmalarda, belirli bölgelerde atık yönetimine büyük ihtiyaç duyulduğu, bu nedenle de bu bölgelerde katı atık yönetiminin etkinlik analizi bağlamında incelendiği söylenebilir.

Sıfır atık yönetiminde, insanoğlunun sürdürülebilir olmayan tüketim eğilimi ve davranışlarından kaynaklanan çevreye yönelik ortaya çıkabilecek tehditleri ortadan kaldırmak amacıyla ürünlerin tekrar tekrar kullanılması amaçlanmaktadır. Sıfır atık yönetimi ile oluşan atıkların çevreye zarar verilmenden geri dönüştürülmesi ve doğal kaynakların optimum biçimde kullanılması hedeflenmektedir (Zaman, 2014). Bu açıdan bakıldığında karar verme birimlerinin sıfır atık yönetiminin görece performansını ölçmek önem kazanmıştır. Tablo 2’de sıfır atık yönetimi kapsamında öne çıkan çalışmaların içerikleri, yöntemleri ve önemli bulguları yer almaktadır.

Tablo 2. Sıfır atık yönetimi ile ilgili literatür özeti

Yazar(lar)	Çalışmanın Kapsamı ve Öne Çıkan Bulgular	Yöntem
Iresha ve Prasojo (2018)	Endonezya’daki bir üniversitenin sıfır atık yönetimi performansı, geri dönüşüm, kompostlaştırma ve depolama ölçütlerine göre değerlendirilmiştir.	Sıfır Atık İndeksi
Zhao, Yang ve Duan (2022)	Çin’in Shanxi eyaletindeki sıfır atık yönetimi performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca, 2010-2020 yılları arasında sıfır atık yönetimi performansının değişimi ve değişimde rol oynayan etkenler belirlenmiştir.	Entropi-MCDM
Romano, Ferreira, Marques ve Carosi (2020)	İtalyanın Toskana bölgesinde atık hizmetlerinin performansı değerlendirilmiştir. Sıfır atık yaklaşımının uygulanması çevresel değişken olarak belirlenmiş ve atık hizmetleri ile dış faktörler arasındaki ilişki incelenmiştir.	Non-parametrik Regresyon Modeli
Zaman (2014)	2003-2010 yıllarında Avustralya’daki Adelaide kentinin atık yönetimi performansı analiz edilmiş ve bu kentin 2015 ve 2020 yıllarındaki atık yönetimi performansı tahmin edilmiştir.	Sıfır Atık İndeksi
Zaman ve Lehmann (2013)	Yüksek oranlarda tüketimin gerçekleştiği Stockholm, San Francisco ve Adelaide kentlerinin sıfır atık sistemlerinin performansı ölçülmüştür. Sıfır atık yönetimi performansının değerlendirilebilmesi için bütünsel bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğu ifade edilmiştir.	Sıfır Atık İndeksi
Romano, Rapposelli ve Marrucci (2019)	İtalya’nın Toskana bölgesindeki belediyelerin, atık üretimi ve geri dönüşüm faaliyetlerinin sıfır atık stratejisinin benimsenmesi ile ilişkili olup olmadığı test edilmiştir. 2012-2015 yılları arasındaki panel veriler kullanılarak gerçekleştirilen çalışma, belediye politikalarının atık yönetimi performansı ile olan ilişkisini göstermektedir.	Panel Regresyon Modeli
Atçı (2020)	Endüstriyel anlamda gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla gündeme gelen sıfır atık yönetimi yaklaşımı, yönetim teorileri kapsamında incelenmiştir. Sıfır atık yönetimi açısından, üretim ve tüketim döngüsünün bir parçası olan atık toplama tesislerinin etkinliğinin önem taşıdığı vurgulanmıştır. Çalışmada 6 tane atık yönetimi tesisinin etkinliği, personel sayısı ve işlenen madde, yıllık gelen atık miktarı kazanılan faydalı atık miktarı değişkenleri ile incelenmiştir.	VZA
Baştan Töke (2020)	Atık maddelerin artışında meydana gelen artışın yeni yaklaşımları beraberinde getirdiğini, bu yaklaşımlardan birinin de sıfır atık yaklaşımı olduğu vurgulanmıştır. Ekonomik anlamda, çevresel olarak ve canlı ekosisteminin korunmasına katkı sağlamak için etkin atık yönetim sistemlerine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. Bu doğrultuda, atıkların değerlendirilmesi ve geri dönüştürülmesi ile sağlanacak faydaları VZA yöntemi ile ortaya koymak, 7 adet biyogaz tesisinin etkinliğini ölçmek amaçlanmıştır.	VZA

Tablo 2’de sıfır atık yönetimi kapsamında ele alınan çalışmalarda genellikle bazı şehirlerin ya da atıkların geri dönüştürülmesinde önemli bir yeri bulunan tesislerin sıfır atık performanslarının incelendiği gözlemlenmektedir. Özellikle şehirlerin sıfır atık yönetimi performanslarının değerlendirilmesinde sıfır atık indeksi yönteminin öne

çıkacağı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte sıfır atık perspektifinde atıkların yeni bir kaynak türü olarak görülmesi ve atıkların geri dönüşümüyle birlikte tekrar tekrar kullanılmasında rol oynayan atık geri dönüşüm tesislerinin performanslarının VZA yardımıyla ölçülmesi hususundaki çalışmaların önem kazanmaya başladığı ifade edilebilir.

Tablo 1 ve Tablo 2'den de gözlemlenebileceği üzere, literatürde katı atık yönetimi etkinliğinin değerlendirildiği birçok çalışmanın bulunduğu, ancak sıfır atık yönetimi etkinliğinin değerlendirildiği çalışmaların ise sayıca kısıtlı kaldığı anlaşılmaktadır. Türkiye özelinde şehirlerin veya yerel yönetimlerin sıfır atık etkinliğini karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışmaya rastlanılmamıştır. Ele alınan çalışma, otuz büyükşehirin sıfır atık etkinliğinin VZA ile incelenmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının hazırlanmış olduğu Çevre Durum Raporlarında yer verilen sıfır atık yönetimi göstergeleri, girdi ve çıktı değişkenleri kapsamında VZA'ya entegre edilmiş, Türkiye'de büyükşehir belediyesine sahip 30 ilin sıfır atık etkinliğinin görece olarak değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Çalışmanın bu yönüyle, yerel ve ulusal yönetim birimleri, politika belirleyicileri ve araştırmacılar için önemli çıkarımlar sağlayacağı düşünülmektedir.

3. Araştırmanın Yöntemi

Çalışmada, sıfır atık etkinlik analizi için VZA'dan yararlanılacağı önceki kısımda bahsedilmiştir. Bu kapsamda, izleyen kısımda VZA ile ilgili açıklayıcı bilgilere yer verilecektir. Ayrıca, göstergelerin belirlenmesi ve veri kaynağı hakkında da açıklamalar sunulacaktır.

3.1. Veri Zarflama Analizi

Karar birimlerinin karşılaştırılmalı etkinlik değerlendirmelerinin yapılabileceği yöntemler, oran (rasyo) analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Karar Verme Birimlerinin (KVB), belirlenen etkinlik sınırına olan uzaklıklarının ölçülmesi bu yöntemlerin temel amacı olarak belirlenmiştir. Parametrik olmayan doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olan VZA, çok sayıda girdi ve çıktı göstergesi yardımıyla, farklı karar birimlerinin etkinliğini sağlıktan eğitime, enerjiden çevreye birçok alanda değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Sueyoshi, Yuan ve Goto, 2017; Emrouznejad ve Yang, 2018; Aytakin vd., 2022).

VZA, görece etkinliğin nicel bir değerini elde etmeye dayanmaktadır. Bu doğrultuda KVB'lerin görece etkinliği, ağırlıklandırılmış toplam çıktıların, ağırlıklandırılmış toplam girdilere oranı yardımıyla hesaplanmaktadır (Ramanathan, 2003, s. 27). VZA'nın güvenilir sonuçlar verebilmesi için KVB'lerinin homojen olması (aynı amaçlara hizmet etmesi ve aynı karakteristik özellikleri bulundurması) gerekmektedir. Ayrıca KVB sayısı, girdi ve çıktı değişkenlerinin toplam sayısına bağlı olarak belirlenmektedir.

Literatürdeki bir görüşe göre KVB sayısı, girdi ve çıktı değişkenlerinin toplamının en az iki katı, başka bir görüşe göre üç katından fazla olmalıdır (Dyson, Allen, Camanho, Podinovski, Sarrico and Shale, 2001; Cooper, Li, Seiford, Tone, Thrall and Zhu 2001). Diğer bir görüşe göre de KVB sayısı girdi ve çıktı değişkenlerinin toplamının bir fazlası kadar olmalıdır (Bussofiane, Dyson and Rhodes 1991). Yapılacak olan araştırmalarda kullanılan girdi ve çıktı sayısının mümkün olduğunca fazla olması, KVB'lerinin birbirinden etkinlik skoru açısından ayrışmasını sağlamakta, sonuçların değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır.

KVB'nin VZA ile görece etkinlikleri CCR ve BCC modelleri yardımıyla değerlendirilebilir. CCR modeli, bir bütün olarak toplam teknik etkinliği ölçerken, BCC modeli ise teknik etkinlik ile ölçek etkinliğini ayrı bir biçimde hesaplamaktadır. Mühendislik ve Fen Bilimlerinde etkinlik mutlak bir biçimde hesaplanabilir iken VZA ile etkinlik ölçümü ise yalnızca belirlenen KVB ve oluşturulan girdi/çıkçı değişkenlerine ait gözlemlerle yapıldığından, çalışmadan çalışmaya farklılık göstermekte, yani görece etkinlik değerlendirilmesi yapılmaktadır (Karahana ve Özgür, 2009, s. 110-111). Ölçek

etkinliği, uygun ölçek düzeyinde gerçekleştirilen üretimin başarı seviyesi olarak tanımlanabilir (Gökgöz, 2009, s. 17). CCR modeli ile hesaplanan görelî toplam etkinlik değeri, BCC modeli ile hesaplanan görelî teknik etkinlik ve görelî ölçek etkinlik değerinin çarpımına eşittir. Bir başka ifade ile ölçek etkinlik değerleri, toplam etkinlik değerlerinin teknik etkinlik değerlerine oranlanması yoluyla elde edilebilir. Dolayısıyla BCC modeli yardımıyla görelî ölçek etkinlik ve teknik etkinlik değerlerinin ayrı ayrı hesaplanması, CCR modeline göre bir KVB'nin neden toplam etkin olmadığını belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Özden, 2008).

Ölçeğe göre getiri, girdi miktarındaki artışın potansiyel üretim kapasitesini etkilemesi biçiminde tanımlanmakta, ölçeğe göre azalan getiri DRS (Decreasing Returns to Scale), ölçeğe göre sabit getiri (CRS: Constant Returns to Scale) ve ölçeğe göre artan getiri IRS (Increasing Returns to Scale) biçiminde üçe ayrılmaktadır (Wang and Cui, 2010, s. 168).

Ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında etkinlik ölçümünün yapıldığı CCR modeli girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere ikiye ayrılabilir. Doğrusal programlama yardımıyla düzenlenmiş olan girdi ve çıktı yönelimli CCR modelinin eşitliklerine Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Girdi ve çıktı yönelimli CCR modelleri

Girdi Yönelimli Model	Çıktı Yönelimli Model
$Enb h_k = \sum_{j=1}^n u_j y_{jk}$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^n u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \geq 0$ $u_j, v_i \geq 0$	$Enk h_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$ $\sum_{j=1}^n u_j y_{jk} = 1$ $-\sum_{j=1}^n u_j y_{jk} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \geq 0$ $u_j, v_i \geq 0$

Ölçeğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale: VRS) varsayımı altında etkinlik ölçümünün yapıldığı BCC modeli, CCR modeline bir kısıt eklenerek oluşturulmuştur. Girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere ikiye ayrılabilen BCC modelinde, etkin durumda bulunmayan bir karar verme birimini etkin hale getirmede oluşturulacak bileşime yönelik bilgiyi sağlayan değer olan λ 'nın değerlerinin toplamının 1'e eşit olması amaçlanmaktadır. Doğrusal programlama yardımıyla düzenlenmiş olan girdi ve çıktı yönelimli BCC modelinin eşitliklerine Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4. Girdi ve çıktı yönelimli BCC modelleri

Girdi Yönelimli Model	Çıktı Yönelimli Model
$h_k x_{ik} - \sum_{l=1}^r \lambda_{lk} x_{il} \geq 0$ $\sum_{l=1}^r \lambda_{lk} y_{jl} \geq y_{jk}$ $\sum_{l=1}^r \lambda_{lk} = 1$ $\lambda_{lk} \geq 0$	$h_k y_{jk} - \sum_{l=1}^r \mu_{lk} y_{jl} \leq 0$ $\sum_{l=1}^r \mu_{lk} x_{il} \leq x_{ik}$ $\sum_{l=1}^r \mu_{lk} = 1$ $\mu_{lk} \geq 0$

Girdi yönelimli CCR ve BCC modellerinde, belirli bir çıktı bileşimini üretebilmek için kullanılacak en uygun girdi bileşiminin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çıktı

yönelimli CCR ve BCC modellerinde ise girdiler sabit tutularak çıktıların ne oranda artırılması gerektiği incelenmektedir (Okursoy ve Tezsürücü, 2014, s. 8).

Bu çalışmada VZA ile büyükşehir belediyesine sahip olan illerin sıfır atık yönetimi etkinlikleri girdi yönelimli CCR ve BCC yöntemi ile incelenecektir. CCR yöntemi ile illerin ölçeğe göre sabit getiriye sahip oldukları varsayımı altında toplam etkinlik değerleri belirlenecektir. BCC yöntemi ile illerin ölçeğe göre değişken getiriye sahip oldukları varsayımı altında teknik etkinlik değerleri hesaplanacak ve ölçeğe göre getirinin yönü belirlenecektir. Diğer bir ifadeyle, büyükşehir belediyesi bulunan 30 ilin sıfır atık yönetiminin iyileştirilmesinde, *1/kişi başına düşen atık miktarı ile geri kazanımı sağlanan atık miktarı oranının oluşmasını değerlendirmek amacıyla; sıfır atık eğitimi verilen kişi sayısının il nüfusuna oranı, atık hizmeti verilen tesis sayısının il nüfusuna oranı ve sıfır atık belgesi alan ve sisteme geçen kuruluş sayısının il nüfusuna oranı* değişkenlerinin hangi oranlara sahip olması gerektiği incelenecektir. Analize dahil edilen illerin etkinlik değerleri ve ölçeğe göre getirinin yönleri DEA Solver PRO (Data Envelopment Analysis Solver PRO) yazılımı yardımıyla bulunmuştur.

3.2. Göstergelerin Belirlenmesi

Ekonomik ve sosyal gelişmelerin beraberinde getirdiği sorunlara karşı çevreyi korumak, ayrıca yapılan faaliyetlerin çevre üzerinde ortaya çıkarabileceği olumsuz etkileri önceden tespit etmek ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İl Müdürlüklerince yıllar bazında Çevre Durum Raporları hazırlanmaktadır. Bu raporlarda sıfır atık yönetimi başlığı altında yer alan eğitimler, atık getirme merkezleri ve sıfır atık belgesi alan ve sisteme geçen kuruluş sayıları kapsamında etkinlik göstergeleri belirlenmiş, büyükşehir belediyesi olan illerin sıfır atık yönetimi etkinlikleri incelenmiştir.

3.3. Girdi değişkenleri

Toplumun atık konusunda bilinçlendirilmesi, atığın toplanması ve değerlendirilmesi sıfır atık yönetimi yaklaşımının özünü oluşturmaktadır. Bu kapsamda büyükşehir belediyesi bulunan illerin sıfır atık yönetimi performansını değerlendirmede *sıfır atık eğitimi verilen kişi sayısının il nüfusuna oranı, atık hizmeti verilen tesis sayısının il nüfusuna oranı, sıfır atık belgesi alan ve sisteme geçen kuruluş sayısının il nüfusuna oranı* değişkenleri girdi değişkenleri olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, literatürde kimi çalışmalar sıfır atık eğitimi ve bilinçlendirme çalışmalarını değişken olarak kullanmış (Veleva vd., 2012; Gaeta vd., 2017; Veleva vd., 2017; Zhang vd., 2019), bazıları ise sıfır atık belgesi alan ve sıfır atık bilgi sistemine geçen kuruluşları veya tesislerin önemine dikkat çekmiştir (Atçı, 2020; Kara, 2021; Pehlivan, 2021). Dolayısıyla, sıfır atık yönetiminde etkinlik çalışması kapsamında ele alınan girdi değişkenleri literatür ile uyumludur.

3.4. Çıktı değişkenleri

Üretim süreçlerinin sonucunda birtakım istenen ve istenmeyen çıktılarla karşılaşabilmektedir. Sanayileşme ile birlikte hızlanan kentleşme, insanoğlunun artan nüfusu, ekonomik refahtaki iyileşmeler ve tüketim ile birlikte ortaya çıkan atık miktarını da artırmıştır. Bu nedenle çalışmada *kişi başına düşen atık miktarı ve geri kazanımı sağlanan atık miktarı* çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. *Kişi başına düşen atık miktarı* değişkeni sıfır atık yönetimi kapsamında istenmeyen çıktı olup, azaltılması gerekmektedir. Ancak çalışmada illerin sıfır atık performansını değerlendirmede kullanılan VZA'da çıktıların azaltılmasına izin verilmemekte, yalnızca girdilerin azalma meydana gelmesine olanak tanınmaktadır. İstenmeyen çıktılar VZA dahil etmek için literatürde çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yaklaşımlar, istenmeyen çıktı değişkenlerinin göz ardı edilmesi, istenmeyen çıktılar VZA'ya girdi değişkeni olarak dahil edilmesi, verilerin monoton azalan biçime dönüştürülmesi (1/istenmeyen çıktı), verilerin lineer monoton azalan

biçime dönüştürülmesi ve lineer olmayan VZA yöntemlerinin uygulanması olarak ifade edilebilir (You and Yan, 2011).

Çalışmada bahsi geçen yaklaşımlardan “verilerin monoton azalan biçime dönüştürülmesi” benimsenmiş, kişi başına düşen atık miktarı, *1/kişi başına düşen atık miktarı* olarak analize dâhil edilmiştir. Bu çalışmada çıktı değişkeni olarak kişi başına düşen atık miktarının belirlenmesinin arka planında birtakım sebepler vardır. Sanayileşme, kentleşme, gelenekler, görenekler, yaşam koşulları, eğitim düzeyi ve alışkanlıkların kişi başına üretilen atık miktarını etkilediği bilinmektedir (Kılınç Şahin ve Bekar, 2018). Ayrıca, sıfır atık yönetimi uygulaması öncesi ve sonrasında kişi başına düşen atık miktarları göz önünde bulundurulmaktadır (Hakseverler vd., 2020). Yine, eğitim seviyesi yükseldikçe (Hanedar vd., 2021), ekonomik büyüme (Apaydin, 2020) ve AR-GE harcamaları arttıkça (Cäutişanu vd., 2018) kişi başına üretilen atık miktarının etkilendiği çalışmaların olduğu da tespit edilmiştir. Dolayısıyla atık yönetimi çalışmalarında, kişi başına düşen atık miktarı önemli bir değişken olarak çalışmalara dahil edilmiştir.

3.5. Veri Kaynağı

Çalışmada belirlenen girdi değişkenlerine yönelik veriler, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023a; <https://ced.csb.gov.tr/il-cevre-durum-raporlari-i-82671>) İl Müdürlüklerince hazırlanan 2021 yılı Çevre Durum Raporlarından, çıktı değişkenlerine yönelik veriler ise 2020 yılına ait olup T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının (2023b; <http://motatkds.cevre.gov.tr/MotatKDS/WebAtikRapor.zul>) Atık Yönetim Uygulamasından elde edilmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Büyükşehir belediyesi bulunan 30 ilin, sıfır atık etkinlik analizinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada yer alan değişkenlere ilişkin özet bilgiler

Değişken Türü	Değişken	Ölçü Birimi	En Büyük Değer	En Küçük Değer	Ortalama	Standart Sapma
Girdi	Sıfır atık eğitimi verilen kişi sayısının il nüfusuna oranı	%	1,371016	0,001463	0,166174	0,239758
Girdi	Atık hizmeti verilen tesis sayısının il nüfusuna oranı	%	0,000390	0	0,000025	0,000069
Girdi	Sıfır Atık Belgesi alan ve sisteme geçen kuruluş sayısının il nüfusuna oranı	%	0,013481	0,000345	0,002176	0,002310
Çıktı	1/kişi başına düşen atık miktarı olarak	%	0,449707	0,000175	0,053238	0,098556
Çıktı	Geri kazanımı sağlanan atık miktarının oranı	%	0,980947	0,018206	0,726742	0,283687

VZA ile büyükşehir belediyesine sahip illerin sıfır atık yönetimi etkinlikleri değerlendirilirken, girdi yönelimli CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Belirli bir çıktı bileşiminin üretilmesi için en uygun girdi bileşiminin elde edilmesi hedeflendiğinden, çalışmada CCR ve BCC modelleri girdi yönelimli olarak uygulanmıştır. Diğer bir ifadeyle, büyükşehir belediyesine sahip illerin sıfır atık yönetimi performanslarının iyileştirilmesi için, sıfır atıkla ilgili sağlanan hizmetlerin (eğitim, atık toplama merkezleri ve Sıfır Atık belgesi alan kuruluşlar bağlamında) ne düzeyde artırılması gerektiğini belirlenmeye çalışılmıştır. Analizde yer alan illerin VZA girdi yönelimli CCR ve BCC modellerine göre hesaplanan toplam etkinlik ve teknik

etkinlik değerleri DEA Solver Pro programı yardımıyla hesaplanmıştır. Etkinlik skorları ise Tablo 6 ve Tablo 7’de yer verilmiştir.

Tablo 6. Girdi yönelimli CCR modeline göre illerin sıfır atık yönetimi toplam etkinlik değerleri

Sıra	İller	Toplam Etkinlik Değeri	Sıra	İller	Toplam Etkinlik Değeri
1	Eskişehir	1	16	Kayseri	0,70081
1	Gaziantep	1	17	İzmir	0,51486
1	Hatay	1	18	Mardin	0,51484
1	Kahramanmaraş	1	19	Adana	0,44456
1	Konya	1	20	Aydın	0,39273
1	Malatya	1	21	Samsun	0,33646
1	Manisa	1	22	Antalya	0,31803
1	Ordu	1	23	Bursa	0,31235
1	Trabzon	1	24	Sakarya	0,31025
1	Van	1	25	Balıkesir	0,26593
11	Diyarbakır	0,9203	26	İstanbul	0,23713
12	Erzurum	0,86396	27	Ankara	0,21076
13	Şanlıurfa	0,7418	28	Mersin	0,0673
14	Kocaeli	0,71077	29	Denizli	0,05175
15	Tekirdağ	0,7009	30	Muğla	0,00407

Tablo 6’dan girdi yönelimli CCR modeline göre büyükşehir belediyesine sahip illerden, “1” etkinlik değerine sahip Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon, Van illerinin sıfır atık yönetimi performanslarının etkin olduğu, bunlar dışındaki illerin ise etkinlik değerlerinin “1”den küçük olması nedeniyle sıfır atık yönetimi performanslarının etkin durumda bulunmadığı saptanmıştır. Muğla, Denizli ve Mersin illerinin sıfır atık yönetimi toplam etkinlik değerlerinin diğer illere göre bir hayli düşük olduğu yine Tablo 6’dan görülebilir.

Tablo 7. Girdi yönelimli BCC modeline göre illerin sıfır atık yönetimi teknik etkinlik değerleri

Sıra	İller	Toplam Etkinlik Değeri	Sıra	İller	Toplam Etkinlik Değeri
1	Ankara	1	16	Tekirdağ	0,87204
1	Eskişehir	1	17	Kocaeli	0,86215
1	Gaziantep	1	18	Mardin	0,60904
1	Hatay	1	19	Mersin	0,54206
1	Kahramanmaraş	1	20	Aydın	0,53676
1	Konya	1	21	İzmir	0,52738
1	Malatya	1	22	Adana	0,45899
1	Manisa	1	23	Antalya	0,42802
1	Ordu	1	24	Balıkesir	0,39136
1	Trabzon	1	25	Samsun	0,38061
1	Van	1	26	İstanbul	0,37581
12	Erzurum	0,9659	27	Bursa	0,37537
13	Kayseri	0,93516	28	Sakarya	0,3696
14	Diyarbakır	0,9231	29	Muğla	0,20981
15	Şanlıurfa	0,89664	30	Denizli	0,07799

Girdi yönelimli BCC modeline ilişkin sonuçların sunulduğu Tablo 7’de görüleceği üzere, “1” etkinlik değerine sahip Ankara, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon, Van illerinin sıfır atık yönetimi performanslarının etkin olduğu, diğer illerin ise etkinlik değerlerinin “1”den küçük olması nedeniyle sıfır atık yönetimi performanslarının etkin durumda bulunmadığı saptanmıştır. Ayrıca, Muğla ve Denizli illerinin sıfır atık yönetimi teknik etkinlik değerlerinin diğer illere göre bir hayli düşük olduğu Tablo 7’de görülebilir. Ankara ili BCC modeline göre teknik etkin olarak bulunmasına rağmen, Tablo 6’dan

görülebileceği üzere toplam etkinlik ölçümünün yapıldığı CCR modeline göre etkin olmayan iller arasındadır.

Çalışmada ölçek etkinlik değerleri, girdi yönelimli CCR modeliyle hesaplanan toplam etkinlik değerlerinin, girdi yönelimli BCC modeliyle hesaplanan teknik etkinlik değerlerine oranlanması ile hesaplanmış, bulunan sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur. Ayrıca BCC modeli, ölçek etkinlik ile teknik etkinlik skorlarının bağımsız bir biçimde ölçülebilmesine imkân sağladığından dolayı Tablo 8’de ölçeğe göre getirinin yönü de belirlenmiştir.

Tablo 8. İllerin ölçek etkinlik değerleri ve ölçeğe göre getirinin yönü

İller	Ölçek Etkinlik Değeri	Ölçeğe Göre Getirinin Yönü	İller	Ölçek Etkinlik Değeri	Ölçeğe Göre Getirinin Yönü
Eskişehir	1	Sabit	Mardin	0,84533	Sabit
Gaziantep	1	Sabit	Sakarya	0,83942	Azalan
Hatay	1	Sabit	Bursa	0,83211	Azalan
Kahramanmaraş	1	Sabit	Şanlıurfa	0,82731	Sabit
Konya	1	Sabit	Kocaeli	0,82442	Sabit
Malatya	1	Sabit	Tekirdağ	0,80375	Artan
Manisa	1	Sabit	Kayseri	0,74940	Azalan
Ordu	1	Sabit	Antalya	0,74303	Azalan
Trabzon	1	Sabit	Aydın	0,73167	Azalan
Van	1	Sabit	Balıkesir	0,67950	Sabit
Diyarbakır	0,99697	Sabit	Denizli	0,66355	Azalan
İzmir	0,97626	Sabit	İstanbul	0,63098	Sabit
Adana	0,96856	Sabit	Ankara	0,21076	Artan
Erzurum	0,89446	Azalan	Mersin	0,12416	Sabit
Samsun	0,88400	Sabit	Muğla	0,01940	Sabit

Tablo 8’den Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon, Van illerinin girdi yönelimli olarak ölçek etkinliğine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Diğer iller ise ölçek etkinliğine sahip değildir. Büyükşehir belediyesine sahip illerden 21 tanesi ölçeğe göre sabit getiriye, 2 tanesi ölçeğe göre artan getiriye ve 7 tanesi de ölçeğe göre azalan getiriye sahiptir. Ölçek etkin olan iller tanım gereği ölçeğe göre sabit getiriye sahip olan illerdir. Ölçeğe göre artan getiriye sahip olan Ankara ve Tekirdağ illerinin ölçek etkin olmamalarının nedeni, bir birim girdi ile bir birimden fazla çıktı üretebilecek durumda olmalarına rağmen, dışsal faktörlerin etkisiyle kapasitelerinin atında çıktı üretmeleridir. Bu illerin ölçek etkin olabilmeleri için çıktılarını artırmaları gerekmektedir. Ölçeğe göre azalan getiriye sahip olan Erzurum, Sakarya, Bursa, Kayseri, Antalya, Aydın ve Denizli illerinin çıktılarında meydana gelen artış, girdilerinde meydana gelen artıştan daha azdır. Bu nedenle bu illerin girdi kaynaklarını yetersiz bir biçimde kullandıkları ifade edilebilir. Bu illerin ölçek etkin olabilmeleri için ise girdilerini artırmaları gerekmektedir.

Tablo 8’de yer alan sonuçlara göre Ankara, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon ve Van görece olarak etkin bulunmuştur. Bu noktada, elde edilen sonuçların analize dahil edilen değişkenlerle sınırlı olduğunu ifade etmek gerekmektedir. Bununla birlikte, sonuçların önemli çıkarımlar sağladığı belirtilebilir. Etkin illerden Ankara’nın performansı büyük ölçüde toplam atık miktarından kaynaklanmaktadır. İncelenen dönemde eğitime katılan kişi sayısı düşük olmasına rağmen, sıfır atık belgesi alan ve sisteme geçen kuruluş sayısındaki görece iyi performansın bu sonuçta etkili olduğu ifade edilebilir.

Etkin olmayan illerden İstanbul, bilindiği üzere Türkiye’nin en yüksek nüfusa sahip ilidir. Ayrıca, İstanbul 2022-2023 turizm istatistiklerine göre Türkiye’de en fazla turist

ağırlayan şehir konumundadır. Etkin olmayan illerden Antalya'da en fazla turist ağırlayan ikinci şehirdir (TCMB EVDS, 2023). Bu durum, sıfır atık hedefine erişilmesi için gerekli süreçlerin etkin biçimde yönetilmesini güçleştirmektedir. İstanbul özelinde yüksek girdi değerleri beklenen ölçüde çıktı performansında olumlu etki yaratmamıştır. Bu çerçevede, İstanbul'daki yerel yönetim birimlerinin sıfır atık politikalarını bütünleşik olarak ele almaları ve ortak politika üzerinde çalışmaları gerekmektedir. Esas itibarıyla bu çıkarım, tüm yerel yönetimler için geçerlidir. Çünkü, yerel ve merkezi yönetim kuruluşları ile diğer paydaşların ortak amaç üzerinde uzlaşması ve çalışması etkinliği artıracaktır.

Ulusal yazında sıfır atık ile ilgili yapılan bir çalışmada (Atçı, 2020) sıfır atık tesisleri bakımından İstanbul ve Sakarya etkin bulunmuş, Konya, Kocaeli ve Ankara ise etkin olmayan iller olarak belirlenmiştir. Öncelikle bu çalışmadaki girdi ve çıktılarının benzer olmaması yani değişken farklılığı ile personel sayısı, nüfus ve kapasite ayrımı gibi sebeplerden dolayı sonuçlar örtüşmemektedir. Öte yandan, Evin ve Özdemir (2022)'nin ortaya koyduğu sonuçlar ile örtüşecek biçimde, ele alınan çalışmada sıfır atık yönetiminde Gaziantep ve Kahramanmaraş'ı etkin bulunmuştur. Etkin olmayan illerden İstanbul, İzmir, Aydın, Mersin ve özellikle Antalya ile Muğla turistik açıdan çekici şehirlerdir. Özellikle bu şehirlere gelen yerli ve yabancı ziyaretçiler, atık üretiminin artmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte, diğer etkin olmayan illerden Adana, Bursa, Kocaeli ve Kayseri'de sanayi kuruluşları bakımından önde gelen büyükşehirlerdir. Dolayısıyla, etkin olmayan bu illerde sistematik bir sıfır atık yönetim anlayışının geliştirilmesinin önemli olduğu vurgulanabilir.

Tablo 8'de elde edilen bulgularda ise Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon ve Van sıfır atık yönetimi çalışmalarında etkin olan illerdir. Söz konusu büyükşehirlerden Hatay, Kahramanmaraş, Malatya, Manisa, Ordu, Trabzon ve Van 2012 yılında 6360 sayılı yasanın yürürlüğe girmesi sonrasında büyükşehir belediye statüsüne kavuşmuşlardır. Söz konusu iller, İstanbul, Ankara ve İzmir gibi nüfus yoğunluklu iller olmayıp görece daha az nüfusa sahiptirler. Dolayısıyla, bu çalışmada büyükşehir nüfusunun yoğunluk düzeyi ile sıfır atık yönetimi etkinliği arasında pozitif bir ilişki yoktur. Diğer bir ifadeyle bu çalışmanın ampirik sonuçları, nüfus yoğunluğunun yıllık kişi başına atık üretimi ile anlamlı bir şekilde ilişkili olmadığını bulan önceki çalışmalarla (Kinnaman ve Fullerton, 2002; Callan ve Thomas, 2006; Guerrini vd., 2017; Romano vd., 2019) ile tutarlıdır. Dolayısıyla, nüfus yoğunluğu atık geri dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Bu sonuç, önceki bazı çalışmaların (Abbott vd., 2011; Lakhan, 2014) sonuçlarıyla çelişmektedir. Bununla birlikte, daha az nüfuslu alanlarda, atık yönetiminde etkinliğin sağlanmasına yönelik operasyonel düzenlemeler ve organizasyonel özellikler daha elverişli olma imkanı sahiptir.

Atık yönetimi ile ilgili geri dönüşüm ve atık konusunda hane halkının farkındalığının artırılması (Buenrostro ve Bocco, 2003), karakterizasyon ve ayrıştırma da dahil olmak üzere atık işleme ve bertaraf operasyonlarının iyileştirilmesi (UNEP, 2001a), atık ile ilgili kapsayıcı politika girişimlerinin geliştirilmesi (Buenrostro ve Bocco, 2003), entegre ve sürdürülebilir atık yönetimi planlarının oluşturulmasının (UNEP, 2001c) önemi vurgulanmıştır. Türkiye özelinde atıkların ayrıştırılması, geri dönüşüm tesisleri ve kurumlar arası iş birliği ve mevzuat konusunda eksikliklerin devam ettiği gözlemlenmektedir.

Türkiye'deki sıfır atık yönetiminde yetersiz yaptırımların ve para cezalarının sıfır atık elde etmenin önünde düşük bir etkiye sahip olduğu literatürdeki çalışmada belirlenmiş öte yandan çevreye ilişkin farkındalık eksikliğinin ise genel olarak sıfır atık yönetim sistemini etkileyen kritik engellerden biri olduğu vurgulanmıştır (Ayçin ve Kayapınar Kaya, 2021). Bu noktada, yasa koyucuların, denetleyicilerin, kolluk kuvvetlerinin ve yurttaşların çevre ile ilgili eğitimlere önem vermesi ile mevzuata uygun davranışları benimsemesi hususu öne çıkmaktadır (Bek, 2019). Sıfır atık hedeflerinin

sağlanması için tüm paydaşların eğitilmiş, bilinçli ve sorumlu davranması gerekmektedir.

Her ülkenin kendine özgü koşulları, fırsatları ve kısıtları nedeniyle atık yönetimi politikaları ülkeler arasında farklılıklar gösterebilmektedir. Bununla birlikte, atık azaltma ve kaynak geri kazanımında ve küresel atık yönetiminin temelinde “azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme” politikaları yer almaktadır (Gertsakis ve Lewis, 2003; Sakai vd., 2011). Esas itibarıyla atık önleme, kaçınma ve azaltma konusunda daha istekli ve bilinçli olan vatandaşlar sıfır atık yönetimine daha fazla katkı sunarlar. Dolayısıyla, çevre bilinci veya çevre yanlısı davranışları geliştirmenin atık yönetim performansını olumlu biçimde etkileyebilmektedir. Özellikle, bu çalışmanın girdilerin biri olan sıfır atık eğitimi verilen kişi sayısının fazla sayıda olması toplumda çevre bilincinin artmasına imkân verebilir. Diğer bir ifade ile sıfır atık eğitimi alan kişi sayısının fazla olmasının çevre yanlısı davranışları teşvik etmesi beklenmektedir (Gaeta vd., 2017). Bununla birlikte, çevre bilincinin yaygınlaştırılmasında eğitim ve öğretimin tüm kademelerinde çevreyi ve doğayı korumanın neden önemli olduğunun vurgulanması, bu konudaki bilgilendirmelere önem verilmesi gereklidir. Özellikle atıkların geri dönüşüm açısından değerlendirilmesi, önleme, kaçınma ve azaltmaya önem verilmesi ve sürdürülebilir bir yeşil çevrenin oluşması için vatandaşların çevre bilinci ile doğaya özen göstermesinin önemi büyüktür. Bu bağlamda kamu, özel sektör ve vatandaşlar dahil olmak üzere tüm paydaşların çevreyi koruma ve geliştirme anlayışını benimsemesi çevre bilincinin kalıcı hale gelmesine katkı sunabilir. Ayrıca, atık yönetimi konusunda çevre bilincinin geliştirilmesi için tüm paydaşların iş birliği ve koordinasyonu ile çevre dostu projelerin desteklenmesinde fayda vardır.

5. Sonuç ve Öneriler

Küresel iklim değişikliğinin yol açtığı olumsuzluklar, insan ve canlı yaşamını olumsuz etkilemekte ve sürdürülebilir topluma geçişi zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, sınırlı küresel kaynakların tükeniyor olması da kaynak ve ürün yönetiminde etkinliği sağlamanın önemini arttırmaktadır. Sıfır atık yönetimi anlayışının gelişmesine bağlı olarak atıklar, ülkeler için maddi bir kayıp olmaktan çıkıp, ekonomik bir getiri kaynağı haline gelmiştir. Bu nedenle sıfır atık yönetimi, atıkları ve kaynakları sürdürülebilir bir bakış açısıyla önleme ve yönetmeye yönelik bütüncül bir anlayışı ortaya koymakta, atık miktarının önlenmesi, en aza indirilmesi, hammadde ve enerjinin geri kazanılması yoluyla kaynakları verimli bir şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle sıfır atık yönetimi, en az kaynak tüketimini ve çevreye en az zararı sağlamak için aktif ve sürekli gelişen bir yönetim stratejisi sunmaktadır. Bu stratejinin hayata geçirilmesi ile atıklar kaynağında en aza indirilmekte ve ayrı toplanmaktadır. Ardından, atıklar geri kazanım sürecine dahil edilmektedir.

Türkiye’de sıfır atık yönetimi ile ilgili mevzuat son beş yıl içinde önemli gelişmeler göstermiştir. Bu konudaki yönetmelik ve yasal mevzuat ile sıfır atık yönetim sistemi konusunda özellikle uygulama sürecinde belediyelere önemli görevler verilmiştir. 2019 yılında yürürlüğe giren “Sıfır Atık Yönetmeliği” ile belediyelerin sıfır atığa yönelik uygulamalarında artış meydana gelmiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, büyükşehir illerindeki sıfır atık yönetimi ile ilgili veriler üzerinden etkinlik değerlendirmesi yapmaktır.

Çalışma büyükşehir belediyelerinin sıfır atık performansına ilişkin değerlendirmeler sunarak sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte, Türkiye’de atık yönetimi ile ilgili mevcut kurumsal yapılanmada, belediyelerin önemli rolleri bulunmaktadır. Özellikle atık yönetimi hizmetlerinde belediyeler, uygulayıcı kurumlardır. Belediyeler bünyesinde atık yönetim birlikleri, atık ana planları ve teşkilat yapıları içerisinde atık ile ilgili birimler bulunmaktadır. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile belediyeler arasında etkin ve koordineli bir atık yönetimi politikasının ve uygulamasının sağlanmasının önemi büyüktür.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak belediyelerin etkin atık yönetimini sağlamaları için kurumsal kapasite ve nitelikli uzman sorununun çözümüne yönelik adımlar atılması önerilmektedir. Ayrıca, merkezi ve yerel yürütme organlarının konu ile ilgili politikaları, atık yönetimi kapsamında finansmanın oluşturulması, atık karakterizasyonunun hedeflenmesi, atık toplama ve ayırmanın etkinleştirilmesi, hane halkında ve toplumda çevre bilincine yönelik eğitim faaliyetlerine önem verilmesi de gerekmektedir. Bununla birlikte, vatandaşların evsel atık ayırma işlemine katılımı, atık yönetiminde etkinliğin sağlanması ve geri dönüştürülebilir atığın daha fazla kullanılması için oldukça önemlidir. Bu nedenle, büyükşehir belediye yönetimlerinin sıfır atık yaklaşımı kapsamında atıkları azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme faaliyetlerini ön planda tutması elzemdir.

Sıfır atık yönetim yaklaşımının çevre bilinci kapsamında benimsenmesi için tüm paydaşların belli sorumluluklar içinde hareket etmesinde fayda vardır. Özellikle, gerekli değilse tüketme, daha az tüket, yeniden kullan, farklı amaç için kullan, dönüştür ve doğaya yeniden kazandır gibi anlayışlar ile vatandaşların ve ilgili paydaşların çevre bilincine göre tüketim kalıplarını değiştirmeleri önerilmektedir. Ayrıca, Türkiye'de sıfır atık yönetiminde başarıya ulaşmak için toplumun her kesiminde çevre bilincinin oluşturulması gereklidir. Sıfır atık yönetimi ile ilgili gelecekte yapılması muhtemel çalışmalar, büyükşehirlerdeki atık yönetimi performansı ile diğer il belediyelerin atık yönetim performansları karşılaştırılabilir. Daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için belediye sıfır atık performansını etkileyen diğer faktörlerle yapılacak analizlere dahil edilebilir. Sıfır atık yönetimi konusunda farklı paydaş türleri arasındaki ilişkiler analiz edilerek özel sektör ve diğer paydaşların performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilir. Farklı etkinlik analizi yöntemleri ile yapılacak değerlendirmeler de araştırmalara yeni boyutlar kazandırabilir. Son olarak gelecekteki araştırmalarda, bu çalışmada yer verilen değişken kümesi genişletilebilir.

Kaynakça

- Abbott, A., Nandeibam, S., & O'Shea, L. (2011). Explaining the variation in household recycling rates across the UK. *Ecological Economics*, 70(11), 2214-2223.
- Agovino, M., Garofalo, A., & Mariani, A. (2016). Effects of environmental regulation on separate waste collection dynamics: empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 124, 30-40.
- Apaydin, Ş. (2020). OECD Ülkelerinde atık yönetimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Bir panel kantil regresyon yaklaşımı. *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 300-312.
- Ardoğan, R. (2012). Tüketim, nüfus ve çevre sorunları: Orantısız denklem. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 81-106.
- Atçı F. (2020). *Çevre ve atık yönetiminde sıfır atık uygulamaları kapsamında atık toplama tesislerinin veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Ayçin, E., & Kayapınar Kaya, S. (2021). Towards the circular economy: Analysis of barriers to implementation of Turkey's zero waste management using the fuzzy DEMATEL method. *Waste Management & Research*, 39(8), 1078-1089.
- Aytekin, A. (2022). *Çok kriterli karar analizi*. Ankara: Nobel Bilimsel.
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S., & Karamaşa, Ç. (2022). Global innovation efficiency assessment of EU member and candidate countries via DEA-EATWIOS multi-criteria methodology. *Technology in Society*, 68, 101896.
- Baştan Töke, L. (2020). *Kompost ve biyogaz tesislerinde veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Bek, N. (2019). Çevresel performans endeksi ve sürdürülebilir yönetim göstergeleri kapsamında ülke karşılaştırması: Türkiye ve İsviçre örneği. *Uluslararası Sosyal Bilimlerde Yenilikçi Yaklaşımlar Dergisi*, 3(2), 36-45.
- Benito-López, B., del Rocio Moreno-Enguix, M., & Solana-Ibañez, J. (2011). Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services. *Waste Management*, 31(6), 1099-1108.
- Boysan, F., Özer, Ç., Has, M., Murat, M. (2015). Project on solid waste recycling plant in Sakarya university campus. *Procedia Earth and Planetary Science*, 15, 590-595.

- Buenrostro, O., & Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 251-263.
- Bousofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Callan, S. J., & Thomas, J. M. (2006). Analyzing demand for disposal and recycling services: a systems approach. *Eastern Economic Journal*, 32(2), 221-240.
- Căuțișanu, C., Asandului, L., Borza, M., & Turturean, C. (2018). Quantitative approach to circular economy in the OECD countries. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 262-277.
- Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2001). Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. *Journal of Productivity Analysis*, 15, 217-246.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Evin, H. & Özdemir, A. (2022). Büyükşehirlerin katı atık yönetimi etkinliğinin veri zarflama analizi kullanılarak ölçülmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 42, 422-454.
- Feng, Y., Yang, C. Y., Lu, C. C., & Tang, P. Y. (2022). Measuring pollution control and environmentally sustainable development in China based on parallel DEA method. *Energies*, 15(15), 5697.
- Gan, L., Wan, X., Ma, Y., & Lev, B. (2023). Efficiency evaluation for urban industrial metabolism through the methodologies of energy analysis and dynamic network stochastic block model. *Sustainable Cities and Society*, 90, 104396.
- Gaeta, G. L., Ghinoi, S., & Silvestri, F. (2017). Municipal performance in waste recycling: An empirical analysis based on data from the Lombardy region (Italy). *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 10, 337-352.
- Gertsakis, J., & Lewis, H. (2003). *Sustainability and the waste management hierarchy*. A discussion paper for EcoRecycle Victoria, Melbourne: RMIT University.
- Gözen, E., Salihoğlu, N., K., (2022). Bursa Uludağ Üniversitesi'nde katı atık karakterizasyonu ve geri dönüşüm potansiyelinin belirlenmesi. *Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar*, 4(1), 110-127.
- Guerrini, A., Carvalho, P., Romano, G., Marques, R. C., & Leardini, C. (2017). Assessing efficiency drivers in municipal solid waste collection services through a non-parametric method. *Journal of Cleaner Production*, 147, 431-441.
- Gündoğdu, H. G., & Aytakin, A. (2022a). The effects of sustainable governance to sustainable development. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(2), 117-151.
- Gündoğdu, H. G. & Aytakin, A. (2022b). İklim değişikliği, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar bağlamında çok kriterli bir değerlendirme. *İnsan ve İnsan*, 9(33), 33-52.
- Hacısalıhoğlu, S. (2021). Okullarda atık yönetimi yaklaşımı: Balıkesir ili örneği, *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 2(1),70-85.
- Haksevenler, B., H., G., Kavak, F., F., Akpınar, A., (2020). Sıfır atık yönetimi, Marmara Üniversitesi Anadoluhisarı Kampüsü örneği. *Kent Akademisi*, 13(4), 722-735.
- Hanedar, A., Gül, B., Güneş, E., Kaykioğlu, G. ve Güneş, Y., (2021). Waste management and zero waste practices in educational institutions, *Environmental Research & Technology*, 4(2), 126-133.
- Ilgar, R., (2020). Geri Dönüşüm olgusu ve 5., 6., 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin geri dönüşüme yönelik duyarlılıkları, Çanakkale ili örneği. *Turkish Academic Research Review*, 5(4), 493-510.
- Iresha, F. M., & Prasojo, S. A. (2018). Evaluation of solid waste management at campus using the "Zero Waste Index": The case on campus of Islamic University of Indonesia. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 154, p. 02004). EDP Sciences.
- Kara, Ü. (2021). *Türkiye'de sıfır atık projesi uygulaması: Safranbolu örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Karahan, A., & Özgür, E. (2009). *Hastanelerde performans yönetim sistemi ve veri zarflama analizi*. İstanbul: Nobel Yayınevi.
- Kılınc Şahin, S., Bekar, A. (2018). Küresel bir sorun "gıda atıkları": Otel işletmelerindeki boyutları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4), 1039-1061.

- Kinnaman, T. C., & Fullerton, D. (2002). Garbage and recycling with endogenous local policy. In D. Fullerton (Ed.), *The Economics of Household Garbage and Recycling Behavior* (s. 120-143), Edward Elgar Publishing.
- Lakhan, C. (2014). Exploring the relationship between municipal promotion and education investments and recycling rate performance in Ontario. *Resources, Conservation and Recycling*, 92, 222-229.
- Liang, L., Wu, D., & Hua, Z. (2004). MES-DEA modelling for analyzing anti-industrial pollution efficiency and its application in Anhui province of China. *International Journal of Global Energy Issues*, 22(2-4), 88-98.
- Liu, L., & Sun, Q. (2019). Empirical research on ecological efficiency of coal resource-dependent cities in China. *Journal of Environmental Engineering*, 145(9), 04019047.
- Liu, W., Xiao, L., Lin, J., & Guo, Q. (2020). Ling-Xinga Evaluation on the efficiency of municipal solid waste management in cities of China based on DEA-Malmquist. *Zhongguo Huanjing Kexue/ China Environmental Science*, 40(7), 3196 – 3203.
- McDougall, F. R., White, P., Franke, M., & Hindle, P. (2001). *Integrated solid waste management: A life cycle inventory* (2. Ed.). Oxford, UK: Blackwell Science.
- Molinos-Senante, M., Maziotis, A., Sala-Garrido, R., & Mocholí-Arce, M. (2023). Factors influencing eco-efficiency of municipal solid waste management in Chile: A double-bootstrap approach. *Waste Management & Research*, 41(2), 457-466.
- Okursoy, A., & Tezsürücü, D. (2014). Veri zarflama analizi ile göreceli etkinliklerin karşılaştırılması: Türkiye'deki illerin kültürel göstergelerine ilişkin bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2), 1-18.
- Özden, Ü. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.
- Öztürk, İ. (2010). *Katı atık yönetimi ve AB uyumlu uygulamaları*, İstanbul: İSTAC A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 2.
- Pehlivan, S. (2021). *Kamu kurumlarında sıfır atık yönetimi: Bursa ilinde bir kamu kuruluşu olarak ilbank bursa bölge müdürlüğü örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Price, J. L., & Joseph, J. B. (2000). Demand management—a basis for waste policy: a critical review of the applicability of the waste hierarchy in terms of achieving sustainable waste management. *Sustainable Development*, 8(2), 96-105.
- Ramanathan, R. (2003). *An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement*. New Delhi: Sage Publications.
- Ramsar, (2012). *The Ramsar Convention on Wetlands. Background and context to the development of principles and guidance for the planning and management of urban and peri-urban wetlands* (COP11 DR11), Retrieved from: <http://www.ramsar.org/pdf/cop11/doc/cop11-doc23-e-urban.pdf>.
- Ren, F., Sun, Y., Liu, J., Chen, K., & Shi, N. (2022). A modified dynamic DEA model to assess the wastewater treatment efficiency: perspective from Yangtze River and Non-Yangtze River Basin. *Scientific Reports*, 12(1), 9931.
- Romano, G., Rapposelli, A., & Marrucci, L. (2019). Improving waste production and recycling through zero-waste strategy and privatization: An empirical investigation. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 256-263.
- Romano, G., Ferreira, D. C., Marques, R. C., & Carosi, L. (2020). Waste services' performance assessment: The case of Tuscany, Italy. *Waste Management*, 118, 573-584.
- Sakai, S., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., ... Chi, N.K. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles Waste Management*, 13(2), 86-102.
- Sarra, A., Mazzocchitti, M., & Rapposelli, A. (2017). Evaluating joint environmental and cost performance in municipal waste management systems through data envelopment analysis: Scale effects and policy implications. *Ecological Indicators*, 73, 756-771.
- Seadon, J. K. (2006). Integrated waste management—Looking beyond the solid waste horizon. *Waste Management*, 26(12), 1327-1336.
- Seyhan, N. (2023). AB ülkelerinin çevre ve atık yönetimi performanslarının değerlendirilmesi: Veri zarflama analizi ve yapay sinir ağlarının birlikte uygulanması. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 343-355.
- Shekdar, A. V. (2009). Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management*, 29(4), 1438-1448.
- Shi, Z., Huang, H., Chiu, Y. H., Zhang, B., & Zhang, C. (2021). Linkage analysis of water resources, wastewater pollution, and health for regional sustainable development—using undesirable three-stage dynamic data envelopment analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19325-19350.
- Shi, Z., Wu, F., Huang, H., Sun, X., & Zhang, L. (2019). Comparing economics, environmental pollution, and health efficiency in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 27-48.

- Sueyoshi, T., Yuan, Y., & Goto, M. (2017). A literature study for DEA applied to energy and environment. *Energy Economics*, 62, 104-124.
- Şaşmaz, E., Avcı, S., & Aladağ, Z. (2020). Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflamasına Göre 1. Düzey 'de yer alan belediyelerin katı atık yönetiminin değerlendirilmesi. *Veri Bilimi*, 3(1), 33-40.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023a). Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, İl Çevre Durum Raporları. Erişim Adresi: <https://ced.csb.gov.tr/2021-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-104268>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023b). Atık Yönetim Uygulaması, Atık Raporlama Ekranı". Erişim Adresi: <http://motatkds.cevre.gov.tr/MotatKDS/WebAtikRapor.zul>.
- TCMB EVDS (2023). Türkiye'ye gelen yabancı ziyaretçilerin sınır kapılarının bağlı olduğu illere göre dağılımı. Erişim Adresi: <https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?evds/dashboard/1317>.
- Troschinetz, A. M. & Mihelcic, J. R. (2009). Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Management*, 29(2), 915-923.
- Tüfek, B. (2022). *Sıfır atık yönetimi sisteminin atık yönetimi sürecine etkileri: Balıkesir ili örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bandırma On yedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- UNDESA (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. Retrieved from: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf.
- UNDESA (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Retrieved from: https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf (Erişim Tarihi: 14.04.2023).
- UN-Habitat (2018). "Developing Public Space and Land Values in Cities and Neighbourhoods", Discussion Paper, 23 July 2018.
- UNEP, (2001a). India: State of the Environment 2001, United Nations Environment Programme, Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/29566>.
- UNEP, (2001b). Solid Waste Management, Nepal: State of the Environment 2001, United Nations Environment Programme, Retrieved from: <http://www.sacep.org/pdf/Reports-Technical/2001-State-of-Environment-Report-Nepal.pdf>.
- UNEP, (2001c). Waste Disposal, Sri Lanka: State of the Environment 2001, United Nations Environment Programme, Retrieved from: <http://www.sacep.org/pdf/Reports-Technical/2001-State-of-Environment-Report-Sri-Lanka.pdf>.
- UNEP, (2023). "About UN Environment Programme". Retrieved from: <https://www.unep.org/about-un-environment>.
- The UN Millennium Ecosystem Assessment Report* [Online]. Retrieved from: <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200607/cmselect/cmenvaud/77/77.pdf>.
- Wilson, D. C. (2007). Development drivers for waste management. *Waste Management & Research*, 25(3), 198-207.
- Wolsink, M. (2010). Contested environmental policy infrastructure: Socio-political acceptance of renewable energy, water, and waste facilities. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(5), 302-311.
- Veleva, V., Parker, S., Lee, A., & Pinney, C. (2012). Measuring the business impacts of community involvement: The case of employee volunteering at UL. *Business and Society Review*, 117(1), 123-142.
- Veleva, V., Bodkin, G., & Todorova, S. (2017). The need for better measurement and employee engagement to advance a circular economy: Lessons from Biogen's "zero waste" journey. *Journal of Cleaner Production*, 154, 517-529.
- Yang, Q., Fu, L., Liu, X., & Cheng, M. (2018). Evaluating the efficiency of municipal solid waste management in China. *International journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 24-48.
- Yang, Z., Xia, J., Zou, L., Qiao, Y., Xiao, S., Dong, Y., & Liu, C. (2022). Efficiency and driving force assessment of an integrated urban water use and wastewater treatment system: Evidence from spatial panel data of the urban agglomeration on the middle reaches of the Yangtze River. *Science of the Total Environment*, 805, 150232.
- You, S., & Yan, H. (2011). A new approach in modelling undesirable output in DEA model. *Journal of the Operational Research Society*, 62, 2146-2156.
- Zaman, A. U. (2014). Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 66, 407-419.
- Zaman, A. U., & Lehmann, S. (2013). The zero-waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. *Journal of Cleaner Production*, 50, 123-132.

Zhang, A., Venkatesh, V. G., Liu, Y., Wan, M., Qu, T., & Huisingh, D. (2019). Barriers to smart waste management for a circular economy in China. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118198.

Zhao, W., Yang, D., & Duan, Y. (2022). Measuring Zero-Waste City Performance of a Coal Resource-Based Area in China with MCDM Approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-10, 8479760.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Yazarlar çalışmaya eşit derecede katkı sunmuşlardır.

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: The authors contributed equally to the study.
