



Kamu kurumlarında sıfır atık yönetim sisteminin uygulanması: Su ve kanalizasyon idareleri üzerine bir inceleme

Implementation of zero waste management system in public institutions: A study on water and sewerage administrations

Zehra Özger Koçak¹ , Hüseyin Güven^{2,*} 

^{1,2} İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, Sarıyer, İstanbul Türkiye

Öz

Su ve kanalizasyon idareleri sadece su temini ve atıksu uzaklaştırma değil; aynı zamanda bu amaçla yapılan alt yapı çalışmaları ile bu çalışmalarda oluşan atıkların yönetimini ele alacak bütüncül bir yapıda olmalıdır. Bu çalışmada, sıfır atık yaklaşımı ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuat gözden geçirilmiş ve sıfır atık sisteminin bir su ve kanalizasyon idaresinde uygulanması değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'nin atık yönetim sistemi incelenmiş, oluşan atık türleri örnekleriyle verilmiştir. Atık yönetimine ilişkin veriler, İSKİ Atık Yönetimi Birimi tarafından tutulan kayıtlardan elde edilmiştir. 2019 - 2023 yılları arasında kurumda oluşan atık miktarının azalma eğilimi göstermesi ve yeniden kullanım oranının artması söz konusu dönemde İSKİ'de etkin bir atık yönetimi yürütüldüğünü göstermesi açısından önemlidir. Bu durum, kuruma ait sıfır atık yönetim sistemi performansında gelişme kaydedildiğini ortaya koymasından da önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan beş yıllık dönem için mevsimlere göre atık miktarları incelenmiş, beş yıllık toplam atık miktarının %17'sinin kış mevsiminde, %33'ünün ise sonbahar mevsiminde olduğu hesaplanmıştır. 2020 yılında ise ağırlıklı olarak Covid-19 salgını nedeniyle oluşan atık miktarı 2019 yılına göre yaklaşık %43 azalmıştır. Yapılan çalışmada ayrıca farklı idari birimlerde oluşan atıkların, geçici depolama alanına taşınma maliyeti hesaplanmıştır. Önemli miktarda atığın İstanbul'un Avrupa Yakası'ndan şehrin Anadolu Yakası'na taşınması sebebiyle Avrupa Yakası'nda yeni bir depolama alanı kurulması önerilmiştir. Bu önerinin uygulanması durumunda atık taşıma maliyetinin %68 düşeceği belirlenmiştir. Sıfır atık yönetim sisteminde hedeflenen verimli kaynak kullanımı açısından bu önerinin başarılı bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Altyapı çalışmaları, Atık azaltımı, Atık taşıma maliyeti, Kurumsal atık, Sıfır atık

1 Giriş

Dünya genelindeki nüfus artışı, ekonomik büyüme ve tüketim alışkanlıklarındaki değişimler kaynak tüketiminin

Abstract

Water and sewerage administrations should not only manage water supply and wastewater disposal but also handle the management of waste generated by the infrastructure works carried out for this purpose in an integrated manner. In this study, national and international legislation related to the zero waste approach was reviewed and the implementation of the zero waste system in a water and sewerage administration was evaluated. In this context, the waste management system of Istanbul Water and Sewerage Administration (ISKI) was analyzed, with examples provided for the types of waste generated. Data on waste management were obtained from the records maintained by the ISKI Waste Management Unit. The decreasing trend in the amount of waste generated by the institution and the increase in the reuse ratio between 2019 and 2023 are important indicators of the effective implementation of a waste management system at ISKI during this period. This also holds significance in demonstrating improvements in the performance of the institution's zero-waste management system. Waste amounts were analyzed seasonally over the five-year period covered in the study, showing that 17% of the total waste was generated in winter and 33% in autumn. In 2020, the amount of waste generated decreased by approximately 43% compared to 2019, primarily due to the Covid-19 pandemic. In the study, the transportation cost of waste generated in different administrative units to the temporary storage area was also calculated. Since a significant amount of waste was transported from the European Side of Istanbul to the Anatolian Side of the city, it was proposed to establish a new storage area on the European Side. It was determined that implementing this recommendation would reduce the waste transportation cost by 68%. It is thought that this recommendation will be a successful application for achieving efficient resource use, as targeted in the zero waste management system.

Keywords: Infrastructure works, Waste reduction, Waste transportation cost, Institutional waste, Zero waste

dolayısıyla atık miktarının her geçen gün artmasına neden olmaktadır [1]. Atık miktarındaki artışın iyi yönetilememesi hammadde kaynaklarında kayıplara ve çevresel sorunlara

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: guvenhu@itu.edu.tr (H. Güven)

Geliş / Received: 16.06.2024 Kabul / Accepted: 21.10.2024 Yayımlanma / Published: xx.xx.20xx

doi: 10.28948/ngumuh.1502066

yol açabilir. Bu durum sürdürülebilir tüketim anlayışı ve etkin bir atık yönetim sisteminin gerekliliğini ortaya koymaktadır [2]. Etkili atık yönetim sistemleri, sürdürülebilirliğe katkıda bulunmanın yanı sıra döngüsel ekonomi ilkelerine uyumlu şekilde uygulandığında, atık miktarını ve atıkların çevresel, sosyal ve ekonomik zararlarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır [3,4].

Kurumsal atıklar, ticari işletmeler, okullar, hastaneler veya kamu kurumları gibi çeşitli kuruluşların faaliyetleri sonucu oluşan atıklardır [5]. Bunlar arasında tehlikeli, tehlikesiz ve biyolojik olarak parçalanabilen atıklar bulunur. Kurumsal atık yönetimi; oluşan atıkların etkin bir şekilde toplanması, ayrıştırılması, geri dönüştürülmesi veya güvenli şekilde bertaraf edilmesi için işletme ölçeğinde yapılan planlama ve uygulamaları içerir. Kurumsal atıkların yönetiminde, kurumlarda oluşan atıkların heterojen yapısı, pek çok kurumda atıkların uygun şekilde ayrıştırma, toplama ve bertaraf yöntemlerine yönelik uygulamaya eksiklikleri, sınırlı mali kaynaklar ve özellikle kamu kurumlarında uygulanacak projelerde devlet desteği ihtiyacı gibi çok yönlü zorluklar bulunmaktadır. Bununla birlikte, kurumların kendi içinde atık yönetim stratejilerini belirleyerek uygulamaya koymaları ile beraber katı atık yönetimine kurumsal düzeyde odaklanmanın avantajlı olduğu belirtilmektedir.

Kentsel altyapı, bir şehir veya yerleşim yerindeki su temini, kanalizasyon, elektrik, doğalgaz, ulaşım ve telekomünikasyon sistemlerinin tümünü kapsamaktadır. Çeşitli kurumlar kentsel altyapı çalışmalarından sorumludur ve bu alanda yapılan inşaat, yenileme ve bakım çalışmaları atık oluşumuna neden olmaktadır. Hem su ve kanalizasyon altyapısı inşaatı ile mevcut altyapının yenilenmesi hem de günlük işletme ve bakım faaliyetleri nedeniyle katı atık oluşturan kurumlar arasında su ve kanalizasyon idareleri de bulunmaktadır. Su ve kanalizasyon idareleri içme suyu temini, atıksu ve yağmur suyu uzaklaştırma hizmetlerini yürütmekle görevli olan kurumlardır. Bir su ve kanalizasyon idaresinde atık oluşumuna neden olan çeşitli faaliyetler bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin en başında su ve atıksu arıtma işlemleri, kanalizasyon hizmetleri ve su temini altyapısı çalışmaları gelmektedir. Arıtma tesislerinde gerçekleştirilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma süreçleri, kirletici maddeleri uzaklaştırarak çamur oluşumuna neden olur [6]. Diğer yandan altyapı çalışmaları, su ve kanalizasyon hatlarındaki onarımlar veya hat genişletme projeleri sırasında da hasarlı borular, hat üzerinde ekonomik ömrünü tamamlamış donanım ekipmanları gibi atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar, su ve kanalizasyon sistemlerinin bakımı ve yenilenmesi sürecinde önemli miktarda ve genellikle metal bileşenlerden oluşan geri dönüştürülebilir atık sınıfındadır. Bunların dışında ofisler, atölyeler, laboratuvar, revir ve yemekhanelerden kaynaklanan çeşitli atıklar da oluşmaktadır. Bunlara örnek olarak kağıt, plastik, elektrikli ve elektronik ekipman atıkları, tıbbi atıklar, organik atıklar, bitkisel ve madeni atık yağlar verilebilir. Bir atık üreticisi olarak, su ve kanalizasyon idareleri Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtildiği üzere, oluşturduğu tüm atıkları

çevreye zarar vermeden ve yönetmelik hükümlerine uygun şekilde yönetmekle yükümlüdür [7].

Sıfır atık anlayışı, israfı önleyerek kaynakların etkili ve verimli şekilde kullanılmasını hedeflemektedir. Bu yaklaşım atık oluşumunun önlenmesi, azaltılması, atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesi gibi kavramları içeren sürdürülebilir bir atık yönetimi anlayışına dayanır [8]. Geleneksel atık yönetimi modelinde, ürünlerin satın alındığı, kullanıldığı ve atık olarak uzaklaştırıldığı doğrusal bir ekonomi yaklaşımı bulunmaktadır [9]. Ancak sıfır atık sistemi tarafından desteklenen döngüsel ekonomi anlayışı, bu yaklaşımı değiştirerek atıkları ekonomik sistem içinde tekrar kullanılabilir kaynaklara dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Bu anlayışla, atıklar artık sadece çevresel bir yük değil, aynı zamanda ekonomik bir değere sahip olan yeni bir ürün olarak ele alınmaktadır. Döngüsel ekonomiye geçiş kaynakların etkin bir şekilde kullanılarak israfın ve kaynak kullanımının en aza indirilmesine yönelik stratejileri içerir [10].

Atık yönetimi ve döngüsel ekonomiye geçiş süreçlerinde dünya genelinde çeşitli ulusal ve uluslararası politikalar geliştirilmektedir. Avrupa Birliği (AB), 2018 yılında kabul edilen döngüsel ekonomi paketi ile atık yönetimi mevzuatını revize ederek sıfır atık yaklaşımına yönelik yeni hedefler belirlemiştir. Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan Düzenli Depolama Direktifi'nde; 2035 yılı itibarıyla oluşan toplam atık miktarının en fazla %10'unun düzenli depolama tesislerine gönderilebileceği belirtilmektedir [11]. Atık Çerçeve Direktifinin revizyonu ile belediye katı atıklarının yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesi için 2025'e kadar %55, 2030'a kadar %60 ve 2035'e kadar %65'lik hedefler belirlenmiştir [12]. Avrupa Komisyonu; Avrupa'nın döngüsel ekonomiye geçişini teşvik etmek, küresel rekabet gücünü arttırmak ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi desteklemek amacıyla 2015 yılında ilk Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nı kabul etmiştir [13]. Çeşitli revizyonların ardından, 2020 yılının Mart ayında 'Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı' yayımlanmıştır. Bu, Avrupa'nın sürdürülebilir büyümeye yönelik yeni gündemi olan Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın yapı taşlarından biridir [14]. Avrupa Yeşil Mutabakatı, sıfır atık yaklaşımını destekleyen ve 2050 yılına kadar karbon nötr hedefine ulaşmayı amaçlayan bir politika girişimleri paketidir. AB üye devletleri bunu kabul ederek AB'deki net sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla en az %55 oranında azaltmayı taahhüt etmişlerdir [15].

Kentsel katı atık yönetimi ile ilgili hedeflerin yanı sıra bazı ülkelerde kamu sektöründe altyapı işlerinden kaynaklı atıkların azaltılması için de çeşitli hedefler belirlenmiştir. Örneğin; Atık ve Kaynaklar Eylem Programı tarafından yayımlanan kamu hizmeti yüklenici sözleşmesinde İngiltere ve Galler'e yönelik hedefler arasında 2012 yılı itibarıyla düzenli depolama tesislerine gönderilen inşaat, yıkıntı ve hafriyat atıklarının 2005 yılına kıyasla %50 oranında azalması, 2015 yılı itibarıyla inşaat alanlarında atık oluşumunun önlenmesi ve 2020 yılı itibarıyla depolama tesislerine atık gönderilmemesi bulunmaktadır. Bu hedeflerin yanı sıra Kuzey İrlanda için 2020 yılına kadar

inşaat, yıkıntı ve hafriyat atıklarının %75'inin yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi, İskoçya için ise; inşaat ve yıkıntı atıkları da dahil olmak üzere iş atıklarının yılda 200 000 ton azaltılması hedeflenmiştir [16]. Tayvan'da ise sıfır atık hedefine ulaşmak amacıyla hem belediye katı atıkları hem de endüstriyel atıklar için 2005, 2007, 2011 ve 2020 yılları için aşamalı hedefler belirlenmiştir. Nihai hedef; 2020 yılına kadar belediye atıklarında %70 oranında, endüstriyel atıklarda ise %85 oranında atık azaltımı yapılarak geri dönüşüme katkı sağlanmasıdır [17].

Türkiye'de; atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanması ile atık oluşumunun ve doğal kaynak kullanımının azaltılması amacıyla 2015 yılında 'Atık Yönetimi Yönetmeliği' yayımlanmıştır. 2019 yılında ise sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda atık yönetimi süreçlerinde çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunması amacıyla 'Sıfır Atık Yönetmeliği' yayımlanmıştır. Bu yönetmelik kapsamında mahalli idareler ile bina ve yerleşkelerin sıfır atık sistemine geçmeleri gereken son tarihler verilmiştir. 2024 yılının Nisan ayında yayımlanan 'Sıfır Atık' konulu Cumhurbaşkanlığı Genelgesi'nde; sıfır atık yönetimine geçilen bina, yerleşke ve mahalli idarelerde, sistemle ilgili eksikliklerin takibinin yapılarak hızla giderilmesi gerektiği ve yükümlülüklerini yerine getirmeyenlere idari yaptırım uygulanacağı belirtilmektedir [18]. Bahse konu idari yaptırım 2020 yılında Çevre Kanunu'nda yapılan değişiklik ile mevzuatta yerini almıştır. Buna göre; sıfır atık yönetim sistemini kurmayan ve/veya kurduğunu belgeleyemeyenlere 20 000 Türk lirası (TL) idari para cezası uygulanacağı bildirilmiştir. 2024 yılı için aynı tutar 96 226 TL olarak güncellenmiştir [19].

Yapılan çalışmada konu edilen su ve kanal idarelerini de içeren kamu kurum ve kuruluşlarının, sıfır atık yönetim sistemine geçişi için son tarih 1 Haziran 2020 olarak belirlenmiştir [20]. Belirlenen tarihe kadar Yönetmeliğin Ek-1 listesinde yer alan bina ve yerleşkelerin, Sıfır Atık Yönetim Sistemi'ni kurarak uygulamaya geçmek, faaliyetlerine ilişkin bilgi ve belgeleri Sıfır Atık Bilgi Sistemi'ne kaydetmek ve Temel Seviye Sıfır Atık Belgesi almakla yükümlü olduğu bildirilmiştir [21].

2560 sayılı İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Kanunu ile 1981 yılında kurulan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi; 24 adet içme suyu arıtma tesisi, 90 adet atıksu arıtma tesisi ile 15 655 000 kişiye hizmet vermektedir [22,23]. Kurumda istihdam edilen toplam personel sayısı ise 9 161'dir [22]. Kurum içinde oluşan tüm atıkların ilgili mevzuat hükümlerine uygun olarak yönetilmesi ile atık yönetimi uygulamalarına ilişkin diğer hususları tespit etmek amacıyla İSKİ Atık Yönetimi Yönergesi 27.11.2018 tarihinde yürürlüğe konulmuştur. Ayrıca İSKİ'nin 2023 – 2026 yıllarını kapsayacak şekilde üç yıllık 'Endüstriyel Atık Yönetim Planı' hazırlanmıştır.

2017 yılında "Sıfır Atık Projesi"nin ilan edilmesiyle birlikte; kurum içinde sıfır atık yönetim sistemi kurma çalışmaları başlamıştır. Sıfır Atık Yönetim Sistemi'ne

ilişkin ilke ve esasların belirlendiği Sıfır Atık Yönetmeliği'nin 12 Temmuz 2019 yılında yayımlanmasıyla; atığın kaynağında ayrıştırılması ve 'Sıfır Atık Projesi' farkındalığının oluşumu için geri dönüşüm ünite ve kutuları ile plastik, polietilen atık toplama kapları temin edilerek kurum içinde tüm birimlere dağıtılmıştır. İSKİ Atık Yönetimi Yönergesi gereği ve Sıfır Atık Projesi kapsamında, atık değerlendirme kültürünün kurumda yaygınlaştırılması amacıyla, tüm personele her yıl 'Atık Yönetimi ve Sıfır Atık' konulu eğitim verilmektedir. İSKİ'nin orta ve uzun vadeli amaçlarını ve geleceğe yönelik hedeflerini içeren 2021 – 2025 Stratejik Planı'nda; 7 adet Stratejik Amaç, 28 adet Stratejik Hedef, 128 adet faaliyet ve 97 adet Performans Göstergesi belirlenmiştir [24]. Belirlenen stratejik amaçlardan biri de iklim değişikliği etkilerini dikkate alarak çevreye sürdürülebilir katkı sağlamaktır. Bu amaçla hedeflenen; kurum içinde atık yönetim sistemini etkinleştirmek ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Bu kapsamda 2024 ve 2025 yılları için atıkların geri kazanım oranı ve sıfır atık sistemi kurulmasının kurum içindeki iş planına uyum oranı performans göstergeleri olarak seçilmiştir. Stratejik Plan kapsamındaki veriler üçer aylık dönemlerde izlenerek sonuçlar takip edilmektedir. Kurumun stratejik planı doğrultusunda belirlenen performans hedef ve göstergelerinin ölçülmesini sağlayan ve idare bütçesi ile faaliyet raporunun hazırlanmasına dayanak oluşturan 2024 yılı Performans Programı oluşturulmuştur. Bu kapsamda; 2024 yılı için atık geri kazanım oranı hedefi %95, sıfır atık sistemi kurulmasının iş planına uyum oranı hedefi %100 olarak belirlenmiştir [25].

Bu çalışmanın temel amacı, kurumsal atık yönetimi kapsamında sıfır atık yönetim sisteminin bir kamu kurumunda uygulanmasının etkilerini incelemektir. Bu amaçla, kamu kurumlarından olan su ve kanalizasyon idarelerindeki atık yönetimi değerlendirilmiş ve İSKİ'de 2019 - 2023 yılları arasında oluşan atık türleri, atık miktarları ve bu miktarların yıllara göre değişimini etkileyen unsurlar sıfır atık stratejisi kapsamında incelenmiştir. Çalışma kapsamına; yeterli veri olmaması sebebiyle ofis atıkları ile arıtma çamurlarının ilgili mevzuatta belirtilen şartlarda muhafaza edilmesi, geri kazanımı ve bertarafı ile ilgili tüm işlemlerin çamuru üreten birim tarafından yapılması ve olduğu yerde yönetilmesinin daha ekonomik olması nedeniyle arıtma çamurları dahil edilmemiştir. Atık oluşumunun yanı sıra, tehlikeli ve tehlikesiz atıkların ayrı olarak depolandığı geçici depolama alanı hakkında bilgiler verilerek atıkların olduğu yerden geçici depolama alanına taşınmasına ait maliyet hesaplaması yapılmıştır. Taşıma maliyetlerinin gelecek yıllarda enflasyon etkisiyle artacağı göz önünde bulundurularak sıfır atık yaklaşımı doğrultusunda çözüm önerileri geliştirilmiştir. Yapılan çalışma, değerlendirilen su ve kanalizasyon idaresinde etkin bir atık yönetim sistemi kurulması ile kurum içinde oluşan atık miktarının azaltılması, yeniden kullanım oranının artması ve atık taşıma maliyetlerinin azaltılması açısından önemlidir. Ayrıca bu çalışmanın, hem kamu kurumu olarak su ve kanalizasyon idarelerine odaklanması hem de altyapı

çalışmalarından kaynaklanan atıkların yönetimini ele alması yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2 Materyal ve metot

2.1 Çalışma kapsamında ele alınan kurumdaki atık yönetimi

İSKİ dahilinde çeşitli faaliyetler sonucu oluşan ve geçici depolama alanına sevk edilen atıkların izledikleri yolu gösteren atık akım şeması Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. İSKİ dahilinde oluşan atıkların yönetimine ait akım şeması

MKE: Makine ve Kimya Endüstrisi Anonim Şirketi

Kurum içinde temiz su ile atıksu şebekelerinde, atölyelerde ve İSKİ'ye ait arıtma tesisleri, sosyal tesisler ve şube müdürlüklerinde yapılan tamirat ve yenileme işlemleri sonucunda çeşitli türde atıklar oluşmaktadır. Bu atıklar kayıt altına alınıp kuruma ait araçlarla geçici depolama alanına sevk edilerek tehlike durumlarına göre depolanmaktadır. Son aşamada Atık Yönetimi Birimi tarafından tehlikesiz atıkların MKE tehlikesiz atık toplama ayırma merkezine, tehlikeli atıkların ise MKE yerinde satış ihalesiyle çevre izin/lisanslı firmalara sevk edilmesi sağlanmaktadır.

2.1.1 Atık oluşumu

İSKİ farklı türde atıkların oluştuğu çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. Oluşan atıkların büyük bölümü su temini ve kanalizasyon hizmetleri esnasındaki hat yenileme, genişletme ve deplase çalışmalarından kaynaklanmaktadır. Bu atıklar, büyük oranda tehlikesiz atık niteliğindedir. Kurum içinde atık oluşumuna neden olabilecek faaliyet alanları ve çeşitleri atık örnekleri ile birlikte Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmektedir.

Malzemelerin kullanım ömrünün tamamlandığına ve atık haline geldiğine, atık üreten birim tarafından karar verilir ve bu karara ilişkin onay evrakları atık oluşturan birimin harcama yetkilisi ve/veya ilgili Genel Müdür Yardımcısı tarafından imza altına alınır. Atıkların oluşumundan ve yönetiminden sorumlu olan birimler, atıkların ayrılması, toplanması, taşınması, geri kazanılması ve bertarafı sırasında; çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek usul ve işlemleri uygulamaktadırlar. Kurum

çinde atık oluşturan birimlerde; oluşan atıklardan sorumlu olmak üzere, her bir Müdürlük ve/veya birim için en az bir asıl ve bir yedek olmak üzere birim atık sorumluları belirlenmiştir. Birim atık sorumluları, birimlerinde oluşan atıkların sızdırmaz ve emniyetli konteyner, bidon ve benzeri kaplar içerisinde veya geçirimsizliği sağlanmış tesis içi biriktirme alanlarında birbirlerinden ayrı olarak toplanması, muhafaza edilmesi, tasnif edilmesi işlemlerinin yapılmasını sağlar. Kurum bünyesinde oluşan tüm atıkların, birim atık sorumluları tarafından

Tablo 1. İSKİ'nin tehlikesiz atık oluşumuna sebep olan başlıca faaliyetleri

| Faaliyet Alanları | Faaliyet/İşlem | Tehlikesiz Atıklar |
|-----------------------------|---|--|
| İdari Büro/Ofisler | Koltuk, masa ve dolapların kullanım dışı kalması | Ahşap, demir, plastik masa-dolap-koltuk-sandalye, karışık ambalaj atıkları |
| Atölyeler | Kesme, yüzey pürüzsüzleştirme işlemi | Metal hurdalar/metal tozu, karışık cinsten ahşap, demir çelik, plastik, alüminyum malzemeler, kablolar |
| Kanal hizmetleri | Kanal bakım ve onarım işlemleri | Demir-çelik boru ve bağlantılar |
| Tesislerin bakım ve onarımı | Binalarda kapı/pencere değişimleri, tadilat işlemleri | Metal hurdalar/metal tozu, karışık cinsten ahşap, demir çelik, plastik, alüminyum malzemeler, kablolar |
| Saha çalışmaları | Bakım, yenileme ve onarım işlemleri | Eski borular, metal parçalar, bakır, bronz, pirinç malzemeler, kurşun, alüminyum vb. |

Tablo 2. İSKİ'nin tehlikeli atık oluşumuna sebep olan başlıca faaliyetleri

| Faaliyet Alanları | Faaliyet/İşlem | Tehlikeli Atıklar |
|---------------------------------------|---|---|
| İdari Büro/Ofisler | Fotokopi, faks, yazıcı kullanılmasıyla oluşan atıklar, aydınlatmadan kaynaklı atıklar, pilli cihazların kullanımı | Toner-kartuş atıkları, atık floresan, nikel kadmiyum piller, elektrikli ve elektronik ekipman atıkları |
| Atölyeler | İmalat, bakım onarım işleri | Kontamine atık (bez, üstübü, eldiven, iş elbisesi), kontamine ambalaj, atık boya, kontamine metal, atık tüpler, organik çözücüler |
| Laboratuvar | Laboratuvar analiz işlemleri | Kontamine olmuş analiz kapları, tarihi geçmiş kimyasallar |
| Sağlık ünitesi | Sağlık hizmetleri | Tıbbi atıklar, tarihi geçmiş ilaç ve kimyasallar |
| Saha ve tesislerde yapılan çalışmalar | Bakım, yenileme ve tamir işlemleri | Trafo, pompa, yağlı ve elektrikli malzemeler, organik çözücüler |
| Yemekhane | Kızartma, pişirme işlemleri | Bitkisel atık yağlar |
| Araç tamir/bakım | Tamir ve bakım işleri | Atık akümülatör, madeni atık yağlar |

Atık Yönetim ve Takip Sistemi'ne atık kodları kullanılarak girişi yapılmaktadır. Atık Yönetim ve Takip Sistemi, depolama alanına nakledilecek atıkların türlerini, miktarlarını ve hangi faaliyet sonucu olduklarını kayıt altına almayı sağlamaktadır. Kayıt altına alınmamış hiçbir atık, geçici depolama alanına kabul edilmemektedir. Geçici Depolama Alanına Atık Teslim Formu ile atıkların geçici depolama alanına kabulü yapılmaktadır.

2.1.2 Atıkların geçici depolama alanına transferi

Kurum bünyesinde oluşan atıkların büyük çoğunluğu tehlikesiz atık niteliğindedir. Tehlikesiz atıklar büyük oranda boru, pompa, vana vb. hacimli malzemeler olması sebebiyle oluştuğu alanda geçici olarak depolanması mümkün değildir. Bu malzemeler kuruma ait araçlarla Paşaköy Tehlikesiz Atık Geçici Depolama Alanı'na nakledilmekte ve burada zemini geçirimsiz hale getirilmiş alanlarda geçici süreyle depolanmaktadır. 20.03.1971 tarih ve 7/2156 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 19.03.2001 tarihli B.02.0.PPG.0.12.320-4421 sayı, 2001/15 sıra numaralı Başbakanlık Genelgesi gereğince, İSKİ'de oluşan tehlikesiz atıkların satışı MKE A.Ş.'ye yapılmaktadır [26, 27]. Tehlikeli atıklar ise; atıkların oluştuğu tesislerin sınırları içerisinde uygun bir yer bulunmadığı için kapalı ve zemini geçirimsiz hale getirilerek bu atıkların güvenli bir şekilde geçici olarak depolanmasına uygun hale getirilen Paşaköy Tehlikeli Atık Geçici Depolama Alanı'nda depolanmaktadır. Tehlikeli atıkların, MKE A.Ş. tarafından yerinde satış ihalesi yöntemiyle çevre izin/lisanslı firmalara satışı yapılmaktadır.

2.1.3 Paşaköy atık geçici depolama alanı

Paşaköy İstanbul'un Sancaktepe ilçesine bağlı bir mahalledir. Depolama alanı İSKİ Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi ile aynı saha içinde yer almaktadır. Geçici depolama alanında tehlikeli atıklar için kapalı, tehlikesiz atıklar için açık depolama alanı bulunmaktadır. Tehlikeli atıklar 2 500 m²'lik kapalı alan içinde atık türüne uygun olarak tasarlanmış ayrı bölmelerde, uluslararası standartlara uygun toplama kaplarında depolanmaktadır. Depolama alanında olası sızma veya dökülmelere karşı absorban malzeme bulundurulmaktadır. Tehlikeli atık depolama alanında meydana gelebilecek dökülmelere karşı kör kanal ve kör kuyu bulunmaktadır. Tehlikesiz atıklar ise 5 500 m²'lik açık alanda depolanmaktadır. Geçici depolama alanının etrafı olası sızma ve dökülmelere karşı izgarayla çevrelenmiş olup; izgarada biriken sıvılar toplanarak uygun yöntemle geri kazanımı sağlanmakta veya arıtıldıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. Yangın gibi her türlü acil duruma karşı güvenlik tedbirleri alınmıştır. Depolama alanında atıkların tehlikelilik özelliklerine göre uygun bölümlendirme yapılmış olup atık kodlarına uygun şartlarda ayrı şekilde depolanmaktadır. Ayrıca geçici depolama alanından sorumlu bir personel belirlenmiş olup alana izinsiz giriş ve çıkışlara müsaade edilmemektedir. Açık ve kapalı depolama alanına ait uydu görüntüsü Şekil 2'de kırmızı çizgiler ile çevrelenmiş olarak verilmektedir



Şekil 2. Paşaköy Atık Geçici Depolama Alanı (kırmızıyla çevrili) uydu görüntüsü (beyaz bölge tehlikeli atık, diğer bölge tehlikesiz atık depolama alanına göstermektedir).

Geçici depolama alanında kullanım dışı kalmış malzemelerin/atıkların tekrar kullanıma kazandırılması için Gri Bölge adı verilen alan oluşturulmuştur. Tekrar kullanılabilme imkanı olan malzeme/atık bu alana alınmaktadır. Vakum ve basınç pompası, ahşap masa, sandalye ve dolap gibi yeniden kullanılabilir durumda olan malzemeler ihtiyaca göre İSKİ bünyesindeki birimlere veya çeşitli kamu kurumlarına (okul, belediye vb.) verilerek sıfır atık yönetim sistemi kapsamında yeniden kullanıma kazandırılmaktadır. Depolama alanından çıkışı yapılacak ve tekrar kullanılabilir malzemeler için Geçici Depolama Alanından Atık Çıkış Formu oluşturularak kurum içine, çeşitli kamu kurumlarına veya çevre izin/lisanslı tesislere malzemelerin gönderilmesi sağlanmaktadır.

2.2 İSKİ'de oluşan atık türleri ve miktarları

2.2.1 Atık türleri

Kurum içinde oluşan atıklar; Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek - 4 listesinde yayımlanan atık kodu ve tanımlarına uygun şekilde, İSKİ Atık Yönetimi Birimi tarafından yıl boyunca kayıt altına alınmaktadır. İSKİ bünyesinde oluşan ve bu çalışma kapsamına giren atık türlerinin tamamı Tablo 3'te verilmektedir.

Kurum içinde oluşan bitkisel ve madeni atık yağların ihale yoluyla lisanslı firmalara satışı yapılmaktadır. Lisanslı firmalar oluştuğu yerden bu yağları teslim almaktadır. Kurum bünyesinde çeşitli ilçelerde personele yönelik sağlık hizmeti verilmektedir. Bu hizmetler sonucu oluşan tıbbi atıklar, Bakanlık sistemi üzerinden çevrimiçi talep yapılarak Büyükşehir Belediyesi'nin toplama araçlarına iletilmektedir.

Tablo 3. İSKİ’de oluşan atık türleri

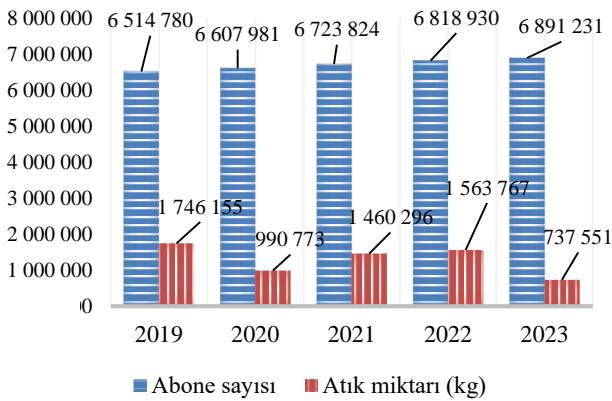
| Bölüm Kodu | Atık Kodu | Atık Kodu Tanımı | Açıklama |
|------------|---|---|------------------|
| 08 | | Astarlar (Boyalarda, Vernikler ve Vitriyfe Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar | |
| 08 01 | | Boya ve Verniğin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) ve Sökülmesinden Kaynaklanan Atıklar | |
| 08 03 | 08 01 11* | Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler | M |
| | 08 03 17* | Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri | M |
| 10 | | Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar | |
| 10 11 | 10 11 03 | Cam ve Cam Ürünleri Üretim Atıkları Cam elyaf atıkları | |
| 13 | | Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç) | |
| 13 02 | 13 02 08* | Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları | A |
| 15 | | Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler | |
| 15 01 | 15 01 11* | Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil) Boş basınçlı konteynerler dahil olmak üzere tehlikeli gözenekli katı yapı (örneğin; asbest) içeren metalik ambalajlar | A |
| 16 | | Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar | |
| 16 01 | 16 01 03 | Çeşitli Taşıma Türlerindeki (İş Makineleri Dahil) Ömrünü Tamamlamış Araçlar ve Ömrünü Tamamlamış Araçların Sökülmesi ile Araç Bakımından (13, 14, 16 06 ve 16 08 hariç) Kaynaklanan Atıklar Ömrünü tamamlamış lastikler | |
| 16 02 | 16 02 15* | Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları İskarta ekipmanlardan çıkartılmış tehlikeli parçalar | A |
| 16 06 | 16 06 01* | Piller ve Akümülatörler Kuruşunlu piller ve akümülatörler | A |
| 17 | | İnşaat ve Yıkım Atıkları (Kirlenmiş Alanlardan Çıkarılan Hafriyat Dahil) | |
| 17 01 | 17 01 01 | Beton, Tuğla, Kiremit ve Seramik Beton | |
| 17 02 | 17 02 01 17 02 03 | Ahşap, Cam ve Plastik Ahşap Plastik | |
| 17 04 | 17 04 01 17 04 02 17 04 03 17 04 05 17 04 09* 17 04 11 | Metaller (Alaşımaları Dahil) Bakır, bronz, pirinç Alüminyum Kurşun Demir ve çelik Tehlikeli maddelerle kontamine olmuş metal atıkları 17 04 10 dışındaki kablolar | M |
| 18 | | İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç) | |
| 18 01 | 18 01 03* 18 01 08* | İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar Sitotoksik ve sitostatik ilaçlar | A A |
| 20 | | Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evlerden Kaynaklanan ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar) | |
| 20 01 | 20 01 11 20 01 21* 20 01 26* 20 01 33* 20 01 35* | Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç) Tekstil ürünleri Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar 20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar 16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03 'ün altında geçen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler 20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ve iskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar | A A A A |
| 20 02 | 20 02 01 | Bahçe ve Park Atıkları (Mezarlık Atıkları Dahil) Biyolojik olarak bozunabilir atıklar | |
| 20 03 | 20 03 07 | Diğer Belediye Atıkları Hacimli atıklar | |

Atık kodunun yanında bulunan yıldız (*) işareti atığın tehlikeli olduğunu ifade etmektedir. “Açıklama” sütununda yer alan (A) işareti atığın kesin tehlikeli; (M) işareti atığın muhtemel tehlikeli olduğunu belirtir.

Çeşitli analizlerin yapıldığı temiz su ve atıksu laboratuvarlarından kaynaklanan tehlikeli atıklar, yapılan sözleşme ile Bakanlık sistemi üzerinden çevrimiçi talep yapılarak İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İSTAÇ)'ye verilmektedir. Atık piller her birim bünyesinde bulunan pil kutularında diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmekte ve yetkilendirilmiş kuruluş olan Taşınabilir Pil Üreticileri ve İthalatçıları Derneği (TAP)'ne teslim edilmektedir. Yemekhanelerde oluşan biyobozunur atıklar ise İSTAÇ'a teslim edilerek kompostlaştırılması sağlanmaktadır. Dolayısıyla kurum içinde oluşan ve bu atıklar dışında kalan tüm atıklar, geçici depolama alanına nakledilerek burada geçici olarak depolanmaktadır.

2.2.2 Atık oluşum miktarları

Atık Yönetimi Birimi tarafından her yıl için, depolama alanına giriş yapan atıkların; atık kodunu, miktarını, depolama alanına getirildiği tarihi, taşıma sırasında kullanılan kamyon sayılarını ve atığı oluşturan birim adını içeren tablolar halinde kayıt tutulmaktadır. 2019 – 2023 yılları arasında İSKİ'nin hizmet verdiği abone sayısı ve İSKİ'de oluşan yıllık atık miktarı Şekil 3'te gösterilmektedir. Bahse konu miktarlar, kurum içinde oluşan atık türlerinin tamamı dahil edilerek hesaplanmıştır. Abone sayısına göre yıllar içinde oluşan atık miktarı değişimini incelemek amacıyla kg cinsinden atık oluşum miktarları abone sayısına bölünmüş ve bu değerler performans göstergesi (indikatörü) olarak değerlendirilebileceği öngörülmüştür. Hesaplanan değerler; 2019 yılında 0.27 kg/abone, 2020 yılında 0.15 kg/abone, 2021 yılında 0.22 kg/abone, 2022 yılında 0.23 kg/abone ve 2023 yılında 0.11 kg/abone olarak bulunmuştur.



Şekil 3. İSKİ abone sayısı ve atık miktarı değişimi

2019- 2023 yılları arasında İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından sunulan su ve atıksu hizmetlerinden abonelik sözleşmesi çerçevesinde faydalanan abone sayısı düzenli bir şekilde artış göstermiştir. Buna karşın oluşan atık miktarında dalgalanmalar söz konusudur. Abone başına hesaplanmış olan değerler de bu dalgalanmayı göstermektedir. Bu durumun sebebi; kullanılan farklı türde malzemelerin ekonomik ömrünün atık haline gelmeden önce kullanıldıkları yere, maruz kaldığı koşullara ve bakım

süreçlerine göre değişiklik göstermesi olarak verilebilir. Bununla birlikte, 2019 senesi ile mukayese edildiğinde zaman zaman artış göstermesine rağmen abone başına oluşan atık miktarlarının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

2.2.3 Atık taşıma maliyeti

İSKİ'de oluşan atıkların büyük bir çoğunluğu olduğu yerden Paşaköy Atık Geçi Depolama Alanı'na taşınmaktadır. Bu taşımanın İSKİ'ye maliyetini hesaplamak amacıyla 2019-2023 yılları arasında geçici depolama alanına atık getiren birimlerin yıl bazında incelemesi yapılmıştır. Atık getiren her birime ait atık taşıyan kamyon sayısı, atıkların olduğu yerden geçici depolama alanına taşıma mesafesi, harcanan akaryakıt ve köprü/otoyol ücretleri hesaba katılarak atık getiren kamyonlar için toplam taşıma maliyeti hesaplanmıştır. Atık taşıyan kamyonlar dışında, atık oluşturan birime ait birim atık sorumlusunun da depolama alanında bulunarak oluşturduğu atıklara nezaret etmesi ve teslim ettiği atıklara ait evrakları imzalaması gerekmektedir. Bu sebeple birim atık sorumlusunun depolama alanına gelirken kullandığı araçların ulaşımı için de benzer parametreler hesaba katılarak maliyet hesaplanmıştır. Son olarak Genel Müdürlükte bulunan Atık Yönetimi Birimi'nin geçici depolama alanına ulaşımı için de maliyet hesaplanarak 2019 ve 2023 yılları için toplam maliyet belirlenmiştir. Birim atık sorumluları ile Atık Yönetimi Birimi'ndeki personelin ulaşımının binek araçlarla gerçekleştirildiği dikkate alınmıştır.

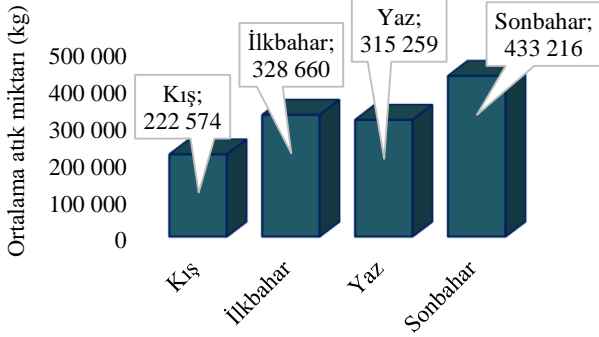
3 Bulgular ve tartışma

3.1 Atık oluşumuna etki eden unsurlar ve sıfır atık sisteminin atık oluşumuna etkisi

Yapılan çalışma kapsamında 2019 – 2023 yılları arasında kurum içinde oluşan atık miktarları incelenmiş ve oluşan atık miktarlarındaki değişime etki eden unsurlar ele alınmıştır. 2020 yılında İSKİ'de oluşan atık miktarı, 2019 yılında oluşan atık miktarına göre yaklaşık %43 oranında azalmıştır. Bu durumun, Covid-19 salgını nedeniyle dönüşümlü ve esnek çalışma uygulamaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Fan vd.'nin [28] yaptığı çalışmada; Covid-19'un atık yönetimi üzerindeki etkisi araştırılmış, Çekya'da kurumsal ve endüstriyel atık oluşum miktarında %40 düşüş gözlemlenmiştir. Sharma vd. [29] tarafından yapılan başka bir çalışmada, Covid-19 küresel salgını sırasında ekonomik faaliyetlerin geçici olarak durması nedeniyle ticari ve endüstriyel sektörlerdeki atık oluşumunda azalma gözlemlendiği ve New York şehrinde bu sektörlerdeki atık oluşum miktarında %50'ye kadar bir düşüş görüldüğü belirtilmiştir. Jayasinghe vd.'nin [30] çalışmasında ise; Tokyo'da Covid-19 salgını sırasında işyerlerinin kapanması ve sokağa çıkma kısıtlamaları nedeniyle endüstriyel, ticari ve kurumsal atık oluşumunda %57'lik bir düşüş gözlemlendiği belirtilmiştir.

2019 – 2023 yılları arasında İSKİ'de mevsimlere göre atık oluşumunun dağılımı incelenmiştir (Şekil 4). Buna göre oluşan atık miktarının kış mevsiminde en az, sonbaharda ise en fazla olduğu görülmektedir. Kış mevsimi için son beş

yılda oluşan atık miktarları toplandığında toplam atık miktarının %17'si olduğu görülmüştür. Sonbahar mevsimi için aynı değerin toplam atık miktarının %33'ünü oluşturduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4. 2019-2023 yılı toplam atık miktarlarının mevsimlere göre dağılımı

Kış aylarında mevsim şartlarından ötürü saha çalışmaları yürütmenin zor olmasının, atık miktarının bu mevsimde en az oranda çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Yapılması planlanan çalışmaların sonbahar mevsimi içinde tamamlanarak kış mevsimi başlamadan bitirilmesi saha çalışmaları açısından kolaylık sağlamaktadır. Bu anlayışın, su ve kanalizasyon altyapısının bakım ve onarımı ile arıtma tesislerindeki çalışmaların sonbahar mevsiminde yoğunlaşmasına ve bu durumun ise sonbaharda daha fazla atık oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

İSKİ tarafından isale hattı inşaatları ilgili altyapı yönetmelikleri çerçevesinde İstanbul'daki don derinliği dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Fakat altyapıda toprak koşulları, yeraltı engelleri ve çevresel faktörler gibi zorluklar nedeniyle gerekli yönetmelik şartlarını sağlamak her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durum altyapı bileşenlerini hava koşulları etkisine daha açık hale getirmektedir. İstanbul'da içme suyu temininde kullanılan çelik borularda mevsim geçişlerinde boruların genleşmesi veya büzülmesi kaynak noktalarda nadir de olsa çatlaklara sebebiyet vermektedir. Çatlamış boruya ilk müdahale onarımının yapılmasıdır. Fakat zamanla başka koşulların da etkisiyle işlevini yitiren boruların yeni borular ile değiştirilmesi gerekebilir. Bu durumun da atık oluşumu üzerinde bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Literatürde konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; Piegoń vd. [31] tarafından Polonya'da yapılan çalışmada, Rzeszów şehrinde su şebekesindeki arıza oranlarının mevsimlere göre değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak, arıza sayılarında sonbahar ve kış aylarında yüksek değerler; ilkbahar ve yaz aylarında daha düşük değerler gözlemlenmiştir. Młyński vd.'nin [32] yaptığı çalışmada; Polonya'nın Nowy Sącz şehrinde bulunan bir su şebekesinde arızalara neden olan faktörler arasında yıl içinde değişen hava koşulları gösterilmiş ve şebekede 2007 – 2017 yılları arasında meydana gelen arıza sayıları mevsimsellik açısından istatistiksel yaklaşımlarla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yılın belirli bir

döneminin su hatlarında arıza meydana gelmesi üzerindeki etkisini net bir şekilde belirlemenin zor olduğu ancak ilkbahar ve yaz aylarında sonbahar ve kış aylarına göre daha sorunsuz çalışmasının beklenebileceği ortaya çıkarılmıştır. Rezaei vd. [33] tarafından yapılan çalışmada ise, Birleşik Krallık'ta bir su idaresinde meydana gelen hat arızaları analiz edilmiş ve boru hasarları ile bu hasarlara etki ettiği düşünülen faktörler arasındaki ilişki tartışılmıştır. Gerçekleştirilmiş olan analizlerde 10 yıllık dönem boyunca demir, plastik, beton veya çelik malzemelerden oluşan su borularının patlama sayılarının kayıtları tutulmuş, 78 000 arıza kaydı tespit edilmiştir. Buna göre sonbahar ve kış aylarında patlama sayısının tüm patlama miktarının %60'ını, ilkbahar ve yaz aylarında ise %40'ını oluşturduğu görülmüştür. Bu durum hava sıcaklığının, su şebekesi arızalarında baskın bir faktör olmasa da önemli bir faktör olduğunu göstermiştir.

İSKİ'de son beş yılda abone sayısı her yıl artış göstermesine rağmen oluşan atık miktarlarına bakıldığında azalma eğilimi gösterdiği söylenebilir (Şekil 3). Ele alınan dönemde zaman zaman dalgalanmalar görülmekle beraber, 2023 yılındaki atık oluşumunun, sıfır atık yönetim sisteminin kurum içinde yeni kurulmaya başlandığı 2019 yılına kıyasla yaklaşık %58 oranında azaldığı görülmüştür. Bu azalmada, kurum içinde sıfır atık sisteminin kurulmasının yanı sıra yapılan eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca bu azalma eğilimi, sıfır atık yönetim sistemi performansında gelişme kaydedildiğini göstermesi açısından önemlidir. Su temini ve kanalizasyon hizmetleri yürütülürken kullanılan malzemeler genellikle kullanımları süresince aşınabilmekte ve teknik özelliklerini kaybedebilmektedir. Su dağıtım sistemlerinin işlevini tam olarak yerine getirememesine yol açan çeşitli fiziksel, çevresel ve işletmeye bağlı faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında; boru malzemesi, yaşı, çapı ve uğradığı korozyon ile şebekedeki işletme basıncı, dağıtılan debi, zemin tipi ve bölgedeki sismik aktiviteler sayılabilir [34]. Şebekelerde kullanılan ekipmanların yıpranması, zaman içinde performanslarının düşmesine, arızalara neden olmasına veya enerji verimliliğinin azalmasına yol açabilir [35]. Böyle bir durumda, kurum içinde uygulanan sıfır atık yönetim sistemi doğrultusunda, ilk adım olarak tamir edilebilecek durumda olan ekipmanların tamir edilerek kullanıma devam edilmesi tercih edilmektedir. Tamir edilemeyecek durumda olanların ise; daha modern ve verimli ekipmanlarla değiştirilmeleri ve yeni teknolojilerin kullanılması daha avantajlı hale gelmektedir. Su şebekelerinin kademeli olarak modernize edilmesinin, arıza oranlarını azaltmanın yanı sıra su dağıtımının güvenilirliğini ve dolayısıyla su tüketicilerinin memnuniyetini artırdığı söylenebilir [31]. İşlevselliğini yitiren malzemeler ise, hurda olarak ayrılarak geri dönüşüme katkı sağlanmaktadır.

Literatürde sıfır atık yaklaşımının benimsenmesiyle atık miktarının azalmasına ilişkin çeşitli örnekler bulunmaktadır. Young vd.'nin [17] yaptığı çalışmada, Tayvan'da endüstriyel atıklarda sıfır atık hedefine ulaşmak amacıyla çeşitli stratejiler kabul edilmiş ve gelecek planları gözden geçirilmiştir. Bu stratejiler arasında, atık geri

dönüşüm programının oluşturulması, temiz üretimin teşvik edilmesi, yeşil satın alma programı ve kamuoyu bilincinin oluşturulması sayılabilir. 2000 yılında Tayvan'da üretilen endüstriyel atıkların %59'u geri dönüştürülerek yeniden kullanılmıştır. 2003 yılında sıfır atık politikası uygulamaya konulmuş ve 2006 yılının sonunda endüstriyel atıklarda yaklaşık %76'lık bir azalma sağlanmıştır. Ayrıca çeşitli sanayi sektörlerinden 90'dan fazla ürün 'geri dönüştürülebilir ürün' olarak ilan edilmiş ve endüstrilerde bu ürünlerin kullanımı teşvik edilmiştir. Meng vd. [36] tarafından yapılan çalışmada ise; Çin'de katı atıkların çevresel etkilerini ve katı atık oluşumunu azaltmak amacıyla başlatılan 'Sıfır Atık Şehir' eylem planının pilot bölgelerde incelenmesi konu edilmiştir. 'Sıfır Atık Şehir' hedefine ulaşmak için önerilen yaklaşımlardan biri de endüstriyel katı atıkların azaltılmasıdır. Bu çerçevede, pilot şehirlerden biri olan Xuzhou'da hakim endüstri kollarından olan enerji santralleri ve kömür madenciliğindeki tüm proseslerde atık azaltımına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Buna göre teknolojik açıdan geri kalan madenler kapatılmış geriye kalanlarda ise atık oluşumunu azaltmak amacıyla yeşil madencilik uygulamalarına geçilmiştir. Xuzhou şehrinde endüstriyel katı atıkların yeniden kullanım oranı 2018 ile 2020 arasında %8 artarak %98'e yükselmiştir. İki yıldan fazla süren pilot çalışmanın ardından Xuzhou şehrinde, ekonomiye katılan birim para başına oluşan atık miktarının bir ölçüsü olan endüstriyel katı atık oluşum yoğunluğu takip edilmiş ve bu değer 10 000 Çin Yuanı başına 0.59 tondan 0.53 tona gerileyerek %10.2 oranında azaldığı görülmüştür. Bunun yanı sıra çeşitli katı atıkların tekrar kaynak olarak kullanım oranında önemli bir artış sağlanmıştır.

2019 yılında Sıfır Atık Yönetmeliği'nin yayımlanmasıyla birlikte kurum içinde 2019 yılı öncesi döneme göre yeniden kullanıma yönelik farkındalık artmıştır. Ayrıca kurum içinde uygulanan tasarruf tedbirleri politikasıyla birlikte, tekrar kullanılabilir durumda olan atıklara olan talep yıllar içinde artış göstermiştir [37]. Bu durum, kurumda sıfır atık yönetim sisteminin gelişmesine önemli bir katkı sağlamıştır. 2024 yılının Mayıs ayında yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile kamu kaynaklarının etkili, ekonomik ve verimli kullanımına ilişkin yeni tedbirler belirlenmiştir. Yayımlanan tedbirlerin kurum içinde sıfır atık yönetim sistemine olumlu yönde katkı sağlayacağı öngörülmektedir [38]. Tablo 4'te yeniden kullanım oranının, sıfır atık sisteminin de desteklediği şekilde yıllar içinde artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

2022 yılında İSKİ'de oluşan ve kamu kurumlarında değerlendirilen atık miktarının diğer yıllara göre ciddi bir şekilde fazla çıkmasının nedeni, çeşitli deformasyonlardan ötürü kurum içinde kullanım imkanı bulunmayan plastik ve döküm boruların o yıl içerisinde daha yüksek miktarda oluşması ve sıfır atık kapsamında atık miktarının azaltımı ile yeniden değerlendirilmesi gözetilerek talep eden diğer kamu kurumlarına verilmesidir. Kurum içi ve diğer kamu kurumlarında yeniden kullanılan atıklar incelendiğinde metal bileşenlerin en fazla olduğu ve bunun yanı sıra plastik, ahşap ve elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının bulunduğu görülmektedir. Diğer kamu kurumlarına örnek

olarak, ilçe belediyeleri, kaymakamlıklar ve eğitim kurumları verilebilir. İSKİ'de oluşan ve yeniden kullanımda en çok tercih edilen malzemeler arasında çeşitli ebat ve türdeki borular, basınç pompası, rögar kapağı, hidrant, masa, sandalye ve dolap bulunmaktadır. Literatürde; Lu vd. [39] tarafından Çin'in Shenzhen şehrinde yapılan çalışmada 'şantiye düzeyinde sıfır atık' hedefine ulaşmak amacıyla yapılan vaka analizinde Huangmugang Köprüsü Kavşağı'nın yıkımı sonucunda ortaya çıkan kirli bloklar anayol yapımında; kutu menfez alanı ise belediyeye ait boru hatlarının döşenmesi amacıyla bir boru tüneli inşasında kullanılmıştır. Böylece köprüsü kavşağına ait yıkım atıklarının %5'inin doğrudan yeniden kullanılması sağlanmıştır. Usapein ve Chavalparit [40] tarafından yapılan çalışmada, sürdürülebilir atık yönetimi felsefesi ile depolama alanlarına sıfır atık gönderilmesi hedefiyle atık azaltma, atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü anlayışının Tayland'da bir petrokimya fabrikasında uygulanması amaçlanmıştır. Fabrikada oluşan tehlikeli ve tehlikesiz atık türleri incelenmiş, atık bünyesine dış ortamdan su nüfuz ettiği için vasfını yitirmiş veya yağ ve diğer kimyasal maddelerle kontamine olmuş izolasyon atıklarının, kontamine olmamış atıklarla birlikte depolanmadığı ve kontamine olmuş her türlü konteynerin tehlikeli atık olarak sınıflandırılarak depolama sahasına gönderildiği tespit edilmiştir. Taş yünü, refrakter tuğla, köpük cam ve poliüretan köpük gibi izolasyon atıklarının türlerine göre ayrılarak kontamine olmamış olanların sahada yeniden kullanılması ve yeniden kullanılabilir durumda olan konteynerlerin yeniden kullanılması önerilmiştir. Sonuç olarak fabrikada oluşan izolasyon atıklarının %1'i ve konteyner atıklarının %28'i yeniden kullanılmıştır. Böylece depolama alanına gönderilen atık miktarının azalmasına katkı sağlanmıştır.

3.2 Atık bileşenlerinin dağılımının incelenmesi

2019 – 2023 yıllarında İSKİ'de oluşan atıkların bileşenlere göre dağılımı Şekil 5'te verilmektedir. Bu dağılıma göre; incelenen beş yıl boyunca oluşan atıkların %90'dan fazlasını tehlikesiz atıkların oluşturduğu görülmektedir. Beş yıl boyunca oluşan atık miktarları yıllık olarak incelendiğinde atık demir oranı %48 ile %59 arasında değişmektedir ve tüm yıllarda en büyük paya sahip olan bileşendir. Atık demiri takip eden ve toplam atık içindeki payı %25 ile %32 arasında değişen ikinci bileşen ise atık pik ve sferodur. Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar 2019 – 2023 yılları arasında %2 ile %7 arasında değişirken, atık plastik oranı %1 ile %6 arasında değişim göstermektedir. Diğer atıklar ise; bunların dışında kalan ve kurum içinde oluşan diğer tüm atıkları ifade etmektedir. Bu kapsama giren atıklar, çelik, bakır, alüminyum, pirinç, toner-kartuş, izoleli kablo, ahşap, tüp, akümülatör, ömrünü tamamlamış lastik, bitkisel ve madeni atık yağlar, tıbbi atık, biyobozunur atık, floresan lamba ve pillerdir. Diğer atıkların toplam atık miktarı içindeki değişim oranı %7 ile %18 arasındadır. Öte yandan, Şekil 6'da belirlenen beş farklı atık bileşenine ait miktarların yıllara göre değişimi verilmektedir. Buna göre, demir, pik ve sfero, plastik ve elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının 2019 yılında

diğer yıllara göre daha yüksek miktarda olduğu görülmektedir.

Atık Yönetimi Yönetmeliği ekinde yer alan atık kodu listesine göre 17 04 bölüm koduna sahip atıklar metal olarak tanımlanmaktadır. Oluşan atıklardan metal kapsamına girenler arasında demir, çelik, pik ve sfero, bakır,

alüminyum, pirinç ve izoleli kablo bulunmaktadır. İSKİ'deki son beş yıla ait atık oluşum miktarlarına bakıldığında bu tanımlamaya göre 2022 yılı hariç, her yıl oluşan atıkların %80'den fazlası metal olarak sınıflandırılmaktadır.

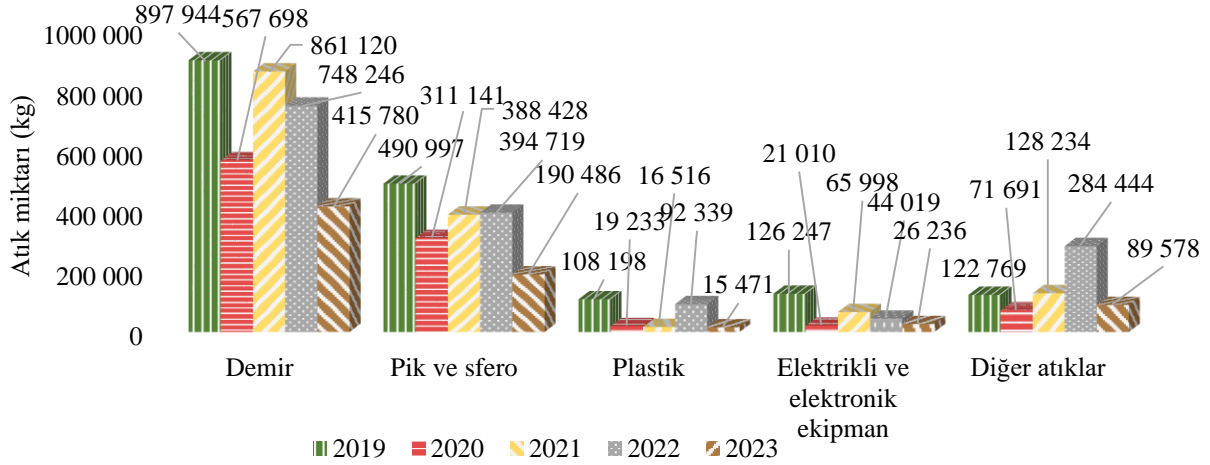
Tablo 4. İSKİ'de oluşan atıkların yıllara göre yeniden kullanım miktarı ve oranları

| Yıl | Toplam atık oluşumu (kg) | Yeniden kullanım | | Toplam miktar (kg) | Yeniden kullanım oranı (%) |
|------|--------------------------|--|--|--------------------|----------------------------|
| | | Kurum içinde değerlendirilen miktar (kg) | Diğer kamu kurumlarında değerlendirilen miktar(kg) | | |
| 2019 | 1 746 155 | 2 320 | 3 240 | 5 560 | 0.3 |
| 2020 | 990 773 | 1 785 | 5 760 | 7 545 | 0.8 |
| 2021 | 1 460 296 | 15 411 | 18 100 | 33 511 | 2.3 |
| 2022 | 1 563 767 | 6 040 | 165 100 | 171 140 | 10.9* |
| 2023 | 737 551 | 4 740 | 15 365 | 20 105 | 2.7 |

* 2022 yılına ait münferit durum dikkate alınmadığında yeniden kullanım oranı %2.0 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Oluşan atık türlerinin yıllara göre dağılımı



Şekil 6. 2019 - 2023 yılları arasında bileşenlere göre atık miktarlarının dağılımı

İstanbul'da içme suyu hatlarında İSKİ tarafından genellikle 2 çeşit boru tipi kullanılmaktadır. Bunlar çelik ve düktil font borulardır. Dere geçişi, köprü geçişi gibi esnek malzeme kullanmayı gerektiren durumlarda ise nadir de olsa yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boru kullanılmaktadır. Kullanılan pompa, vana, vantuz vb. mekanik ekipmanlar ise sfero dökümdür. Demir bileşenlere ise çeşitli borular, İSKİ arıtma tesisleri, şube müdürlükleri ve sosyal tesislerindeki yıkıntı atıkları içindeki demirler örnek olarak verilebilir. Genellikle bu tür malzemelerin kullanılması oluşan atıkların büyük bir bölümünün metal olmasında etkili olmuştur.

Metaller asıl özelliklerini kaybetmeden, kalitelerini ve işlevselliğini koruyarak defalarca geri dönüştürülebilmeleri sebebiyle, döngüsel ekonominin desteklenmesi bağlamında oldukça uygun atık bileşenleridir [41]. Ekonomik ömrünü tamamlayarak atık durumuna gelmiş demir çelik hurdalarının geri dönüştürülmesinin hem enerji tasarrufu hem de çevresel etkiler açısından birçok faydası vardır [42]. Dünyada Amerika Birleşik Devletleri (ABD) en büyük hurda metal üreticisi ve ihracatçısıdır. ABD'de otomobil ve kamyon üretiminde otoyol, köprü ve demiryollarında, konut ve ticari binalarda ayrıca savunma sanayiinde silah üretiminde büyük ölçüde çelik kullanılmaktadır [43].

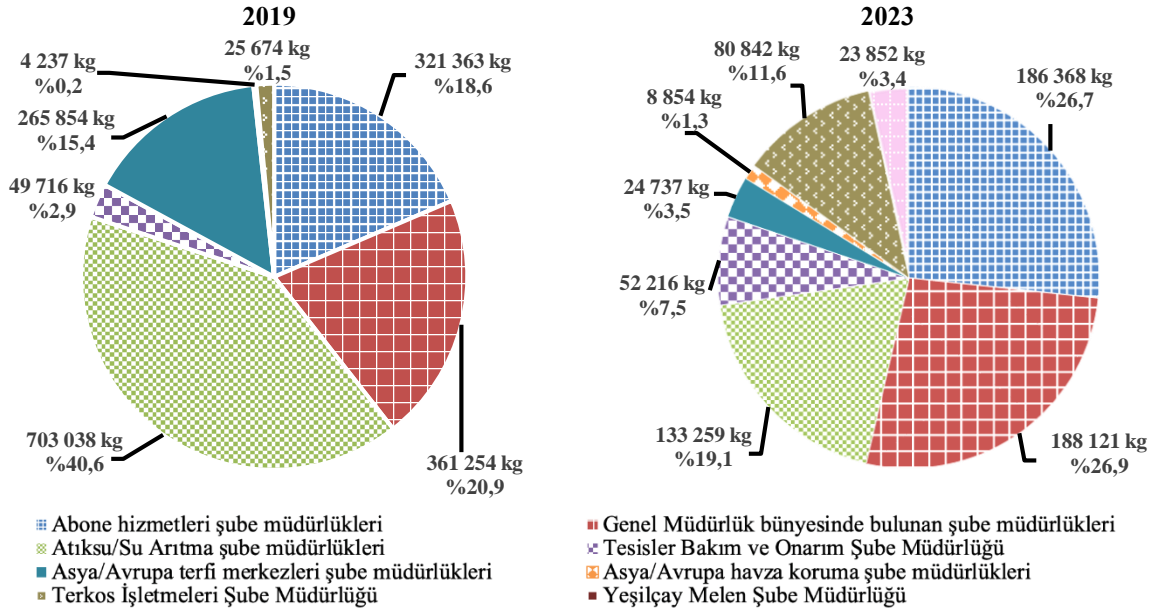
ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) hurda çelikten üretilen her bir ton çelik için 1 115 kg demir cevheri, 625 kg kömür ve 53 kg kireçtaşı tasarrufu sağlandığını, ayrıca metallerin geri dönüştürülmesi ile enerjiden %75, hammaddeden %90 tasarruf sağlandığını, su kullanımının %40 ve maden atıklarının ise %97 oranında azaltıldığını bildirmiştir. Kullanılan kaynak ve enerji miktarının azaltılması, sıfır atık yaklaşımı açısından da önemli bir katkı sağlamaktadır.

3.3 Atık taşıma maliyetlerinin değerlendirilmesi

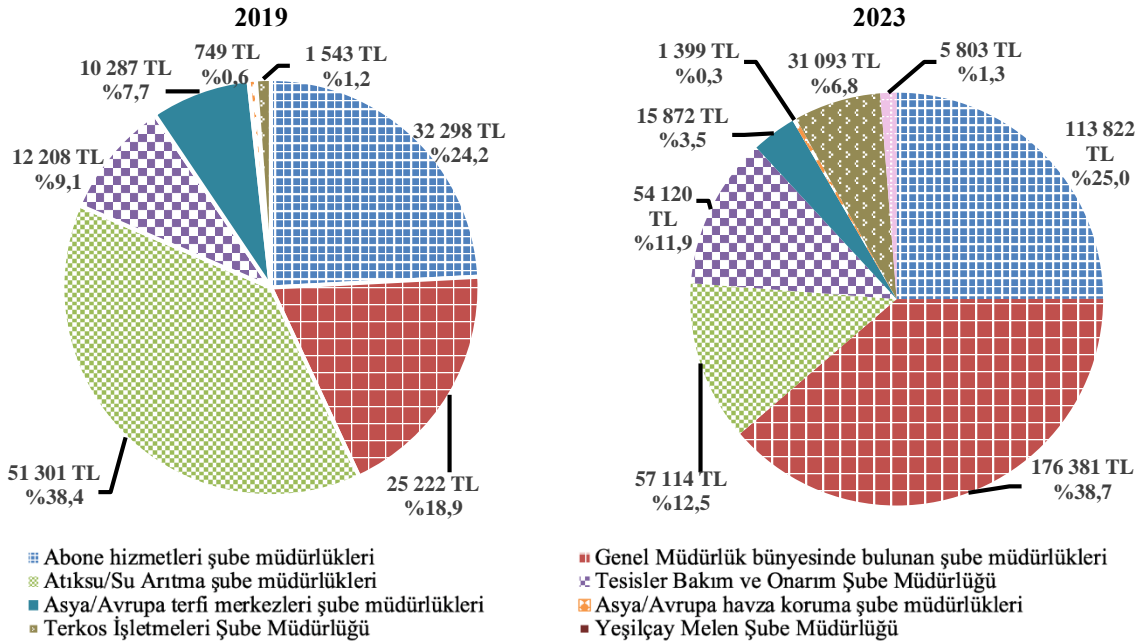
3.3.1 Farklı idari birimlerdeki atık oluşumunun incelenmesi

İSKİ'de atık oluşturan birimler, yapılan çalışma kapsamında daha anlaşılır bir karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla kendi içinde gruplandırılarak 8 idari birime ayrılmıştır. Bu idari birimler; farklı ilçelerde bulunan ve abone hizmetlerini yürüten 32 adet şube müdürlüğü, arıtımlardan sorumlu atıksu/su arıtma şube müdürlükleri, Asya/Avrupa terfi merkezleri şube müdürlükleri, Terkos İşletmeleri Şube Müdürlüğü, Genel Müdürlük yerleşkesinde bulunan şube müdürlükleri, İSKİ'ye ait tüm binaların, arıtma tesislerinin ve sosyal tesislerin bakım ve onarımından sorumlu Tesisler Bakım ve Onarım Şube Müdürlüğü, Asya/Avrupa havza koruma şube müdürlükleri ve Yeşilçay Melen Şube Müdürlüğü'nden oluşmaktadır. Şekil 7'de 2019 ve 2023 yıllarında oluşan atık miktarlarının idari birimlere göre dağılımı verilmektedir.

En yüksek paya sahip idari birimler incelendiğinde toplam atık oluşumunun 2019 yılında %40.6'sı Atıksu/su arıtma şube müdürlüklerinde, 2023 yılında ise %26.9'u Genel Müdürlük bünyesinde bulunan şube müdürlüklerinde gerçekleşmiştir. 2019 ve 2023 yılları için idari birimlere ait taşıma maliyetinin dağılımı ise Şekil 8'de gösterilmektedir. 2019 ve 2023 yıllarındaki atık taşıma maliyetinin oluşum yerlerine göre dağılımı incelendiğinde 2019 yılında en büyük payın 51 301 TL (7 957 EUR (2019'daki ortalama döviz kuruna göre)) ile atık su/su arıtma şube müdürlüklerine ait olduğu görülmüştür. Bu durum, 2019 yılında Anadolu Yakası'ndaki bir su arıtma tesisinde gerçekleştirilen yenileme çalışmalarıyla açıklanabilir. İlgili arıtma tesisinde bulunan çöktürme havuzlarındaki poliüretan lamellerin kullanım ömrünün dolması sonucu yenilenmesi bu oranın yüksek olmasında büyük rol oynamıştır. 2023 yılında ise en büyük paya sahip olan idari birim 176 179 TL (6 204 EUR (2023'teki ortalama döviz kuruna göre)) ile Genel Müdürlük bünyesinde bulunan şube müdürlükleridir. Bu durumun en önemli sebebi ise İSKİ Silivri Eğitim ve Dinlenme Tesisleri'nde yapılan tadilat ve yenilemeler sonucu Silivri'den Paşaköy Atık Geçici Depolama Alanı'na taşınan atıklardır.



Şekil 7. İSKİ'de 2019 ve 2023 yıllarında oluşan atık miktarlarının idari birimlere göre dağılımı



Şekil 8. İSKİ'de 2019 ve 2023 yıllarında atık taşıma maliyetlerinin idari birimlere göre dağılımı

2019 yılında Anadolu Yakası'ndaki birimlerden 227, Avrupa Yakası'ndaki birimlerden ise 286 kamyon atık (toplam 513 adet) Paşaköy'de bulunan depolama alanına taşınmıştır. 2023 yılında ise; Anadolu Yakası'ndaki birimlerden 98, Avrupa Yakası'ndaki birimlerden 178 kamyon atık (toplam 276 adet), depolama alanına taşınmıştır. Bu taşımının maliyeti 2019 yılında 133 607 TL (20 724 EUR (2019'daki ortalama döviz kuruna göre)) iken 2023 yılında 455 603 TL (16 045 EUR (2023'teki ortalama döviz kuruna göre)) olarak hesaplanmıştır. Her iki yıl için de Anadolu Yakası'ndan depolama alanına atık taşıma maliyeti toplam maliyetin yaklaşık %15'ini oluştururken

Avrupa Yakası'ndan depolama alanına atık taşıma maliyeti toplam maliyetin yaklaşık %85'lik kısmını oluşturmaktadır. Avrupa Yakası'nda Anadolu Yakası'na göre daha fazla birim bulunması ve daha fazla atık oluşması sebebiyle ele alınan dönem boyunca atık taşıyan kamyon sayısı ve dolayısıyla atık taşıma maliyeti daha fazla olmuştur. 2023 yılında 2019 yılına göre oluşan ve depolama alanına taşınan atık miktarı, buna bağlı olarak da kamyon sayısı daha az olmasına rağmen atık taşıma maliyeti TL bazında daha fazla hesaplanmıştır. Bunun sebebi ise 2019 – 2023 dönemindeki enflasyonun köprü/otoyol ve yakıt ücretleri üzerindeki etkisi olmuştur. Bununla birlikte, taşınan atık miktarındaki

azalmanın, atık taşıma maliyetinin EUR bazında azalmasına sebep olduğu görülmektedir.

2019 ve 2023 yıllarında atık oluşumu farkının atık taşıma maliyetine etkisini incelemek amacıyla enflasyon etkisi ortadan kaldırılarak hesaplama yapılmıştır. 2019 yılındaki atık taşıma maliyetini 2023 yılına taşıyarak aynı birim maliyetler üzerinden karşılaştırma yapılarak taşıma maliyetleri arasındaki fark incelenmiştir. Bu amaçla, 2019 yılına ait hesaplamaların 2023 birim maliyetlerine göre tekrar yapılması durumunda; 2023 yılındaki toplam taşıma maliyeti 455 603 TL iken 2019 yılındaki yeni maliyet 655 254 TL olarak hesaplanmıştır. Sıfır atık sisteminin kurulmasıyla birlikte, aynı birim maliyetler kullanılarak 2019 yılından 2023 yılına atık taşıma maliyetinin yaklaşık %30 oranında azalmış olduğu görülmüştür. Sıfır atık yaklaşımında ana hedeflerden biri de kaynakların verimli kullanılmasıdır. Bu çerçevede atık taşıma maliyetinin azalması, kurumda Atık Yönetimi Birimi tarafından atık getirecek olan birimlere haftanın aynı gününe randevu verilmesinin de etkisi bulunmaktadır. Böylece Genel Müdürlükte bulunan Atık Yönetimi Birimi'ne ait aracın depolama alanına gidiş sayısı azaltılmış olmaktadır. Bu uygulama, 2019 yılında İSKİ'de sıfır atık yönetim sisteminin kurulması ile başlatılmış olmasına rağmen 2021 yılında yayımlanan ve kamu kurumlarında uygulanacak tasarruf tedbirlerini içeren Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile etkin şekilde uygulanmaya başlamıştır [27].

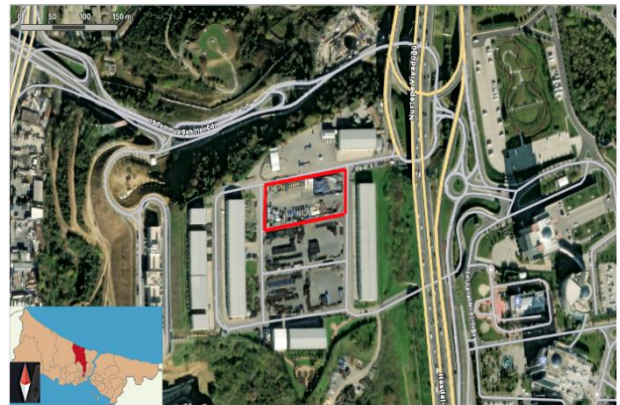
Kurniawan vd. [44] tarafından yapılan çalışmada kentsel katı atık miktarındaki artış nedeniyle çevresel sorunlarla karşı karşıya kalan Endonezya'da sıfır atık sisteminin nasıl uygulanacağına dair araştırma yapılmıştır. Endonezya'daki birçok şehir için atık yönetiminin; kamu hizmeti olarak yürütüldüğü ve yalnızca toplama maliyetlerinin katı atık yönetim bütçesinin %80'i ile %90'ı arasında değiştiği belirtilmiştir. Çalışma kapsamında Endonezya'nın Sukunan Köyü'nde belediye katı atıklarının oluşumunu kontrol etmek amacıyla yerel toplumu atık ayrımı ve atık geri dönüşümü için harekete geçiren toplum temelli bir katı atık yönetimi benimsenmiştir. Köy halkının gerçekleştirdiği geri dönüşüm faaliyetleri sonucunda üretilen atıkların %30 oranında azaldığı görülmüş ve bu durumun atık toplama, taşıma ve bertaraf konusunda kamu bütçesinden tasarruf edilmesini ve atık depolama sahalarının kullanım süresinin uzamasını sağladığı belirtilmiştir.

3.3.2 Avrupa Yakası'nda atık depolama alanı oluşturulmasının değerlendirilmesi

İSKİ'de atıkların %65'ten fazlası Avrupa Yakası'ndaki birimlerde oluşmaktadır. Bu yakadan Paşaköy Atık Geçici Depolama Alanı'na yapılan taşıma, tehlikeli atıkların uzun mesafeler boyunca taşınması sırasında oluşabilecek mahzurlara, yüksek miktarda nakliye maliyetlerine ve trafikte geçen uzun süre sebebiyle zaman kaybına neden olmaktadır. Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin 5'inci maddesinin (i) bendinde ifade edilen 'Atıkların üretildikleri/buldukları yere en yakın ve en uygun tesise en hızlı şekilde ulaştırılarak, uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak işlenmesi esastır.' hükmü ve sıfır atık yaklaşımında, kaynakların verimli kullanılması hedefi

gereğince Avrupa Yakası'nda bir atık geçici depolama alanı kurulmasının hem meydana gelebilecek tehlikelerin önlenmesi hem de maliyet ve zaman tasarrufu açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir. Buna göre; çalışma kapsamında Avrupa Yakası'nda bir atık geçici depolama alanı kurulması durumunda atık taşıma maliyetindeki değişimi değerlendirmek amacıyla bir senaryo oluşturulmuştur. Senaryoda, Atık Yönetimi Birimi'nin de yer aldığı İSKİ Genel Müdürlüğü yerleşkesinde bulunan ambar bölgesine Avrupa Yakası'nda bulunan birimlerden gelen atıklar için yaklaşık 4 500 m²'lik alana sahip atık geçici depolama alanı oluşturulması planlanmıştır. Bu alan Şekil 9'daki uydu görüntüsünde kırmızı çizgiler ile işaretlenmiştir. Ele alınan senaryoda, Avrupa Yakası'nda bulunan şube müdürlüklerinin oluşturulacak yeni atık geçici depolama alanını kullanacağı, Anadolu Yakası'nda bulunan şube müdürlüklerinin ise Paşaköy Atık Geçici Depolama Alanı'nı kullanmaya devam edecekleri öngörülmüştür.

2024 – 2028 yılları için sadece Paşaköy Atık Geçici Depolama Alanı'nın kullanımının devam etmesi durumunda (Senaryo 1) ve Avrupa Yakası'ndaki birimlerin bu yakada oluşturulacak yeni geçici depolama alanını kullanmaya başlaması durumundaki (Senaryo 2) atık taşıma maliyetleri için hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için geçmiş beş yılda atık getiren birimler ve atıkların taşındığı kamyon sayıları, ayrıca köprü/otoyol ücretleri ile akaryakıt fiyatlarının değişimi incelenmiştir. Atık kamyon sayılarının belirlenebilmesi amacıyla son beş yıl içinde her birime ait atık miktarları, atık kamyon sayıları ve diğer araç sayıları değerlendirilmiş, atık miktarlarında yıldan yıla görülen dalgalanmalar sebebiyle sonraki beş yıl için bu verilerin ortalaması alınarak her birime ait araç sayısı sabit tutulmuştur. 2024 yılı için belirlenmiş olan köprü/otoyol ücretleri ile akaryakıt fiyatları hesaplamalarda kullanılmış, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın önümüzdeki beş yıllık enflasyon tahminleri dikkate alınarak 2028'e kadar söz konusu maliyetlerin her yıl için ortalama %15 oranında artacağı kabul edilmiştir [45].



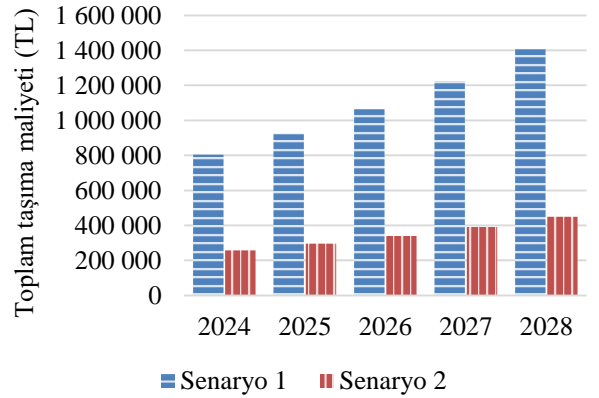
Şekil 9. Senaryo 2 kapsamında Avrupa Yakası'nda kurulması öngörülen depolama alanına ait uydu görüntüsü

Tablo 5. Senaryo 1 ve 2'ye ait ayrıntılı maliyet incelemesi

| Yıl | Atık taşıma maliyeti (TL) | Birim Atık Sorumlusu aracının ulaşım maliyeti (TL) | Atık Yönetimi Birimi aracının ulaşım maliyeti (TL) | Taşıma maliyeti toplamı (TL) |
|------------------|---------------------------|--|--|------------------------------|
| Senaryo 1 | | | | |
| 2024 | 701 722 | 49 040 | 53 625 | 804 387 |
| 2025 | 806 980 | 56 318 | 61 593 | 924 891 |
| 2026 | 927 387 | 64 759 | 70 826 | 1 062 972 |
| 2027 | 1 067 553 | 74 541 | 81 510 | 1 223 604 |
| 2028 | 1 227 903 | 85 730 | 93 748 | 1 407 380 |
| Senaryo 2 | | | | |
| 2024 | 218 662 | 18 765 | 19 705 | 257 132 |
| 2025 | 251 456 | 21 542 | 22 632 | 295 630 |
| 2026 | 288 945 | 24 770 | 26 025 | 339 739 |
| 2027 | 332 676 | 28 523 | 29 952 | 391 150 |
| 2028 | 382 656 | 32 801 | 34 448 | 449 905 |

Tablo 5'te gelecek beş yılda Senaryo 1 ve Senaryo 2 için hesaplanan taşıma maliyetleri birlikte verilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre her iki senaryoda da atık taşıma maliyetinin diğer maliyet kalemlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Geçici depolama alanına atık taşıyan kamyon sayısı, birim atık sorumlularının kullandığı araç sayısı ve Atık Yönetim Birimi'nin ulaşımında kullanılan araç sayısı sabit tutulmasına rağmen gerçekleşen enflasyon etkisiyle taşıma maliyetleri yıllar içinde artış eğilimindedir. Şekil 10'da 2024 – 2028 yılları arasında Senaryo 1 ve 2 için toplam taşıma maliyetindeki değişime ait grafik verilmektedir. 2024-2028 arasında tüm yıllarda Senaryo 1 için toplam taşıma maliyeti Senaryo 2'den fazla hesaplanmıştır. Senaryo 2'nin uygulanması durumunda Senaryo 1'e göre ele alınan dönemdeki her yıl için taşıma maliyetinin %68 daha düşük olduğu görülmüştür. Başka bir ifade ile Avrupa Yakası'nda Anadolu Yakası'nda bulunan geçici depolama alanına ilave olarak yeni bir geçici depolama alanı oluşturulmasının kuruma %68 oranında maliyet tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir.

Maliyetlerin azalmasındaki en önemli gerekçenin, Avrupa Yakası'ndaki birimlerde oluşan atıkların yeni oluşturulan depolama alanına transferi sırasında kullanılan kamyon ve diğer araçların katedeceği ortalama mesafenin mevcut depolama alanına göre kısılması ve atık taşıyan kamyonların Avrupa Yakası'ndan Anadolu Yakası'na geçişte kullandıkları köprü kullanımının sona ermesidir. Senaryo 2'nin uygulamaya konması kurum içinde kaynakların verimli kullanımı açısından önemlidir. Bu uygulamanın, kurumdaki sıfır atık yönetim sisteminin gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 10. Senaryo 1 ve 2 için atık taşıma maliyetlerinin karşılaştırması

4 Sonuçlar

Sıfır atık yaklaşımı atık azaltımı, atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü gibi stratejilerle katı atık yönetimi ile ilgili sorunların çözümünde etkili bir yol olarak görülmektedir. Kurumlar, oluşturdukları atıkları sıfır atık sistemine uyumlu şekilde yöneterek atık yönetiminin çevresel etkilerini en aza indirebilir, atık yönetimi maliyetlerini azaltabilir ve daha sürdürülebilir bir sisteme geçiş yapabilirler. Kurumsal atık oluşumunun gerçekleştiği su ve kanalizasyon idarelerinden biri olan İSKİ'de 2019 – 2023 yılları arasında oluşan atık türleri, miktarları ve atık yönetimi süreçleri incelenmiştir. 2019 yılında 'Sıfır Atık Yönetmeliği'nin yayımlanmasıyla kurum içinde sıfır atık yönetim sistemine geçiş süreci başlamıştır. İSKİ'de beş yıllık dönem incelendiğinde hizmet verilen nüfusun sürekli arttığı, buna karşın atık oluşum miktarlarının azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durumun, kurum içi

sıfır atık sistemi performansında gelişme kaydedildiğini göstermesi açısından önemli olduğu belirtilebilir.

İSKİ tarafından yapılan hat yenileme çalışmaları sırasında devreden çıkarılan hatlara ait elemanların (boru, vana vb.) yerinden kaldırılması ve taşınmasındaki yüksek maliyet ile yoğun trafik hareketliliği nedeniyle söz konusu malzemelerin bulunduğu yerde bırakılması ihtimali bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, devreden çıkarılan hatlara ait boru parçaları ve diğer elemanların atık haline geldikten sonraki sürecin sağlıklı bir şekilde kadar takip edilememesi sonucunda geçici depolama alanına kabulünün sağlanamaması ve başka mevkilere götürülmesi de (izinsiz geri dönüşüm, kaçak döküm vb. amacıyla) imkan dahilindedir. Bu ihtimaller nedeniyle, fiili durumda oluşan toplam atık miktarının, İSKİ Atık Yönetimi Birimi'ne ait kayıtlarda verilen miktarlara göre nispeten yüksek olması düşünülmektedir. Atık haline gelen malzemelerin takibinin dikkatle yapılarak sürecin kontrollü bir şekilde yönetilmesi, kaynak yönetiminin iyileştirilmesi ile atıkların yeniden kullanım oranının artırılmasını sağlamak açısından önemlidir.

Atık yönetim sürecinin daha kontrollü yürütülmesi ve atık envanterinin eksiksiz tutulabilmesi için atılması gereken önemli bir adım, geçici depolama alanına alınmadan doğrudan bertaraf veya geri kazanım tesislerine yönlendirilen atık miktarlarının kayıt altına alınmasıdır. Bu sayede, kurum sınırları içinde oluşan tüm atık bileşenlerinin miktarları belirlenerek, hem sıfır atık sisteminin performansı daha sağlıklı izlenebilir hem de daha kurumsal bir atık yönetim sistemi oluşturulabilir.

İSKİ'de oluşan atıkların kurum içinde ve diğer kamu kurumlarında yeniden kullanım oranında ise sıfır atık hedeflerine uyumlu şekilde artış eğilimi gözlemlenmiştir. Bu duruma kamu kurumlarında uygulanan tasarruf tedbirleri politikasının da etkisi bulunmaktadır. Depolama alanına gönderilen atıklar içinde yeniden kullanılabilir durumda olan malzemeler bulunmakta ve bunların ihtiyaç duyan birimlere verilmesi konusunda gerekli bilgilendirmelerde eksiklikler yaşanmaktadır. Bu durumun önlenmesi amacıyla, tehlikesiz atıkların geçici depolama alanında en fazla bir yıl süreyle depolanabileceği göz önünde bulundurularak yıl içinde belirli periyotlarla envanter çalışmaları yapılarak malzeme ihtiyaçlarının öncelikli olarak depolama alanında bulunan malzemelerden sağlanmasının isabetli olacağı düşünülmektedir. Konu ile ilgili sorumlu personeller belirlenerek ihtiyaç duyan birimlerle koordinasyonun sağlanması halinde hem yeniden kullanım oranında artış, hem de satın alınacak yeni malzeme maliyetlerinden tasarruf sağlanacağı öngörülmektedir. Bu uygulama, atık yönetiminde sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi prensipleri ile uyumlu olmasının yanı sıra sıfır atık hedeflerine yönelik önemli bir adım olma potansiyeline sahiptir.

Çalışma kapsamında oluşan atıkların geçici depolama alanına taşınması maliyetlerine yönelik analizler yapılmıştır. 2019 yılında hesaplanan atık taşıma maliyetleri 2023 yılı verileri kullanılarak tekrar hesaplandığında, 2023 yılındaki taşıma maliyetlerinin sıfır atık sisteminin kurulmasının etkisiyle %30 oranında azaldığı görülmüştür.

Atık oluşum miktarı azalma eğiliminde olmasına rağmen hem akaryakıt, otoyol ve köprü ücretlerinin artışı hem de Avrupa Yakası'ndan Anadolu Yakası'na atıkların taşınması sebebiyle mevcut taşıma maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Avrupa Yakası'ndaki birimlerde Anadolu Yakası'na göre daha fazla atık oluştuğu göz önünde bulundurularak taşıma maliyetlerini azaltmak amacıyla Avrupa Yakası'nda İSKİ Genel Müdürlüğü yerleşkesinde bulunan ambar bölgesinde yeni bir atık depolama alanı kurulması önerilmektedir. Bu önerinin uygulamaya geçmesi halinde kuruma beş yıllık süreç boyunca yıllık %68 oranında maliyet tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir. Bu durumun, kurum içi sıfır atık yönetim sisteminde hedeflenen verimli kaynak kullanımını açısından faydalı bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen ve bir su ve kanalizasyon idaresi olan İSKİ'deki atık oluşumunun en önemli nedeninin altyapı çalışmalarındaki inşaat, tadilat, bakım ve onarım işlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Altyapı çalışmalarından kaynaklanan atık miktarları göz önüne alınarak bu atıkların, sıfır atık yönetimi kapsamında ne şekilde daha iyi değerlendirilebileceği konusunda literatürde yeterli sayıda çalışma bulunmaması sebebiyle bu konuda daha fazla araştırma yapılması büyük önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında hesaplanan yıllara bağlı atık miktarı (kg)/ abone oranı performans göstergesi olarak belirlenerek başka su ve kanalizasyon idarelerinde yapılacak çalışmalarda karşılaştırma amacıyla kullanılabilir. Bu sayede, farklı su ve kanalizasyon idarelerinin atık yönetimi açısından performanslarının mukayeseli olarak değerlendirilmesi sağlanabilir. Gelecek çalışmalarda, farklı coğrafi şartlara ve iklim koşullarına sahip yerleşim yerlerinde bulunan su ve kanalizasyon idarelerinin yanı sıra hizmet verdiği nüfus bakımından İSKİ'ye göre farklılık arz eden su ve kanalizasyon idarelerinde sıfır atık yönetim sisteminin incelenmesi ile yapılan çalışmanın kapsamının genişletilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan bilgilerin temini ve verilerin kullanılması ile ilgili verdiği izin için İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne teşekkür etmektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %7

Kaynaklar

- [1] J. Singh, R. Laurenti, R. Sinha and B. Frostell, Progress and challenges to the global waste management system. Waste Management and Research, 32(9), 800-812, 2014. <https://doi.org/10.1177/0734242X14537868>.
- [2] Q. Song, J. Li and X. Zeng, Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. Journal of Cleaner Production, 104, 199-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>.

- [3] M. Kurdve, S. Shahbazi, M. Wendin, C. Bengtsson and M. Wiktorsson, Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: A case study approach. *Journal of Cleaner Production*, 98, 304-315, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.076>.
- [4] S.D. Mancini, G. A. de Medeiros, M. X. Paes, B. O. S. de Oliveira, M. L. P. Antunes, R. G. de Souza, J. L. Ferraz, A. P. Bortoleto and J. A. P. de Oliveira, Circular Economy and Solid Waste Management: Challenges and Opportunities in Brazil. *Circular Economy and Sustainability C. 1*, Sayı 1, ss. 261-282, 2021. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-2>.
- [5] S. Kumar, A. D. Chintagunta, K. C. Sherpa and R. Banerjee, Institutional waste management. *Advances in Solid and Hazardous Waste Management* ss. 49-63, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57076-1_3.
- [6] A. Demirbas, G. Edris, and W. M. Alalayah, Sludge production from municipal wastewater treatment in sewage treatment plant. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects C.* 39, Sayı 10, ss. 999-1006, 2017. <https://doi.org/10.1080/15567036.2017.1283551>.
- [7] Atık Yönetimi Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, 29314, 2015. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>.
- [8] A. U. Zaman, and S. Lehmann, The zero waste index: A performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city”. *Journal of Cleaner Production*, 50, 123-132, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.041>.
- [9] O. Romero-Hernández, and S. Romero, Maximizing the value of waste: From waste management to the circular economy. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 757-764, 2018. <https://doi.org/10.1002/tie.21968>.
- [10] J. Malinauskaite, H. Jouhara, D. Czajczyńska, P. Stanchev, E. Katsou, P. Rostkowski, R. J. Thorne, J. Colón, S. Ponsá, F. Al-Mansour, L. Anguilano, R. Krzyżyńska, I. C. López, A. Vlasopoulos and N. Spencer, Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *Energy*, 141, 2013-2044, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>.
- [11] European Commission. Directive (EU) 2018//850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste (Text with EEA relevance), 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32018L0850>
- [12] European Commission. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance), 2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>.
- [13] European Commission. Communication from the commission to the European Parliament, The council The european economic and social committee and the committee of the regions, Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy, 2015. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF
- [14] European Commission, Circular economy action plan, 2020. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en.
- [15] European Commission, The European Green Deal, 2019. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
- [16] WRAP. (Waste & Resources Action Programme). Materials Resource Efficiency in Street Works Utility Industry Agreement, t.y.
- [17] C. Y. Young, S. P.Ni, and K. S. Fan, Working towards a zero waste environment in Taiwan. *Waste Management and Research (C. 28*, Sayı 3, ss. 236-244), 2010. <https://doi.org/10.1177/0734242X09337659>.
- [18] Sıfır Atık Konulu Genelge 2024/24, T.C. Resmi Gazete, 32508, 2024.
- [19] Çevre Kanunu (Ek:24/12/2020-7261/17 md.), T.C. Resmi Gazete, 2872, 1983.
- [20] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Sıfır Atık Yönetim Sistemi Uygulama Kılavuzu – Kurum ve Kuruluş, 2020. <https://cevresehiriklimkutuphanesi.csb.gov.tr/ShowPDF/Oeda1d0f-6fdd-4eac-a9a3-936dd7606225>.
- [21] Sıfır Atık Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 30829, 2019. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm>.
- [22] İSKİ, Rakamlarla İstanbul'da Su Yönetimi. <https://iski.istanbul>, Erişim tarihi: 29 Nisan 2024.
- [23] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, T.C. Resmi Gazete, 17523, 1981. <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/17523.pdf>.
- [24] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi 2021 – 2025 Stratejik Planı, 2020. https://cdn.iski.istanbul/uploads/Stratejik_Plan_2021_2025_1_e103e82664.pdf?_gl=1*5dgi5a*_ga*MTk0NzE5NzMwLjE3MTM3MDMzNDc.*_ga_RDP0Z933YX*MTcxNDQxNDUyMy4zLjEuMTcxNDQxNTI2NS4wLjAuMA.
- [25] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi 2024 Performans Programı, 2024. https://cdn.iski.istanbul/uploads/2024_PERFORMANS_PROGRAMI_82da4531bf.pdf?_gl=1*6kc94n*_ga*MTk0NzE5NzMwLjE3MTM3MDMzNDc.*_ga_RDP0Z933YX*MTcxNDQxNDUyMy4zLjEuMTcxNDQxNTI2NS4wLjAuMA.
- [26] 7/2156 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı, T.C. Resmi Gazete, 13801, 1971.
- [27] 19/3/2001 tarih ve B.02.0.PPG.0.12-320-4421 sayılı Genelge, T.C. Başbakanlık Personel ve Prensipier Genel Müdürlüğü, 2001.
- [28] Y. Van Fan, P. Jiang, M. Hemzal, and J. J. Klemeš, An update of COVID-19 influence on waste management. *Science of the Total Environment*, 754, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142014>.

- [29] H. B. Sharma, K. R. Vanapalli, V. S. Cheela, V. P. Ranjan, A. K. Jaglan, B. Dubey, S. Goel, and J. Bhattacharya, Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>.
- [30] P. A. Jayasinghe, H. Jalilzadeh, and P. Hettiaratchi, The Impact of COVID-19 on Waste Infrastructure: Lessons Learned and Opportunities for a Sustainable Future. *International Journal of Environmental Research and Public Health C*. 20, Sayı 5, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054310>.
- [31] I. Piegdoń, and B. Tchórzewska-Cieślak, Seasonality of water supply network failure in the aspect of water supply safety. *E3S Web of Conferences*, 44, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400140>.
- [32] D. Młyński, T. Bergel, A. Młyńska and K. Kudlik, A study of the water supply system failure in terms of the seasonality: Analysis by statistical approaches. *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 70(3), 289-302, 2021. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.151>
- [33] H. Rezaei, B. Ryan and I. Stoianov, Pipe failure analysis and impact of dynamic hydraulic conditions in water supply networks. *Procedia Engineering*, 119(1), 253-262, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.883>.
- [34] Federation of Canadian Municipalities and National Research Council, Deterioration and inspection of water distribution systems a best practice by the national guide to sustainable municipal infrastructure, 2003.
- [35] R. K. Mazumder, A. M. Salman, Y. Li and X. Yu, Performance Evaluation of Water Distribution Systems and Asset Management. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(3), 2018. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000426](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000426).
- [36] M. Meng, Z. Wen, W. Luo, and S. Wang, Approaches and policies to promote zero-waste city construction: China's practices and lessons. *Sustainability* (Switzerland), 13(24), 2021. <https://doi.org/10.3390/su132413537>.
- [37] Tasarruf Tedbirleri konulu Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, T.C. Resmi Gazete, 31527, 2021.
- [38] Tasarruf Tedbirleri konulu Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, T.C. Resmi Gazete, 32549, 2024.
- [39] W. Lu, Z. Bao, W. M. W. Lee, B. Chi, and J. Wang, An analytical framework of "zero waste construction site": Two case studies of Shenzhen, China. *Waste Management*, 121, 343-353, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.029>.
- [40] P. Usapein and O. Chavalparit, Development of sustainable waste management toward zero landfill waste for the petrochemical industry in Thailand using a comprehensive 3R methodology: A case study. *Waste Management and Research*, 32(6), 509-518, 2014. <https://doi.org/10.1177/0734242X14533604>.
- [41] EuRIC AISBL – Recycling: Bridging Circular Economy & Climate Policy, Metal Recycling Factsheet, Belçika, 2 Şubat 2020.
- [42] M. K. Şeşen, G. Başman ve N. Ünlü, Metal hurdalarının geri kazanılması. 1. Demir-çelik Sempozyum Bildirileri/115 sayfa 1019-1024, 2000.
- [43] Institute of Scrap Recycling Industries, 2023 ISRI Recycled Materials Industry Yearbook, p.25, Washington, ABD, 2023.
- [44] T. A. Kurniawan, R. Avtar, D. Singh, W. Xue, M. H. D. Othman, G. H. Hwang, I. Iswanto, A. B. Albadarin and A. O. Kern, Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. *Journal of Cleaner Production C*. 284, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124775>.
- [45] F. Karahan, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Enflasyon Raporu Bilgilendirme Toplantısı 2024-1. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Başkanına ait Konuşma, Ankara, 8 Şubat 2024.

