

KATI ATIĞIN METABOLİK DÖNGÜSÜ: TÜRKİYE ANALİZİ¹



Kafkas Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi
KAÜİBFD
Cilt, 13, Sayı 26, 2022
ISSN: 1309 – 4289
E – ISSN: 2149-9136

Makale Gönderim Tarihi: 22.07.2022 Yayına Kabul Tarihi: 01.12.2022

İsmet AKBAŞ
Dr. Öğr. Üyesi
Çankırı Karatekin Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Çankırı, Türkiye
iakbas@karatekin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-9809-1964

ÖZ | Materyal akış analizi kentsel sistem içinde kaynakların akış süreçleriyle ilgili bilgi edinmek için etkili bir analiz sürecidir. Bu sayede materyal akış analizi, üretim ve tüketim süreçlerinde çevresel kaynakların kullanılmasıyla birlikte ortaya çıkan, atıkların yönetilmesini sağlamaktadır. Kentsel alanlarda metabolik döngüdeki atık akışlarının izlenmesi, sürdürülebilir bir çevre için önemlidir. Bu çalışma, Türkiye’de üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan katı atığın akış süreçlerinin takip edilmesi ve metabolik döngü açısından başarı düzeyini belirleme amacını taşımaktadır. Bu amaçla Türkiye’de üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan katı atığın materyal akış analizi yöntemiyle metabolik akış süreçleri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, Türkiye’de tüketim ve üretim aşamalarında ortaya çıkan katı atığın metabolik döngüsünün zayıf olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık yönetimi, katı atık, metabolik döngü, geri dönüşüm

JEL Kodları: Q52, Q56, S53

Alan: Siyaset bilimi ve kamu yönetimi

Türü: Araştırma

DOI: 10.36543/kauibfd.2022.048

Atıfta bulunmak için: Akbaş, İ. (2022). Katı atığın metabolik döngüsü: Türkiye analizi. *KAÜİBFD*, 13(26), 1188-1213.

¹ İlgili çalışmanın etik kurallara uygunluğu beyan edilmiştir.

METABOLIC CYCLE OF SOLID WASTE: ANALYSIS OF TURKEY



Kafkas University
Economics and Administrative
Sciences Faculty
KAUJEASF
Vol. 13, Issue 26, 2022
ISSN: 1309 – 4289
E – ISSN: 2149-9136

Article Submission Date: 22.07.2022

Accepted Date: 01.12.2022

İsmet AKBAŞ

Asst. Prof. Dr.

Çankırı Karatekin University

Faculty of Economics and

Administrative Sciences,

Çankırı, Türkiye

iakbas@karatekin.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-9809-1964

ABSTRACT

Material flow analysis is an effective analysis process to obtain information about the flow processes of resources within the urban system. In this way, material flow analysis ensures the management of wastes that arise with the use of environmental resources in production and consumption processes. Monitoring waste flows in the metabolic cycle in urban areas is important for a sustainable environment. This study aims to monitor the flow processes of solid waste that occurs in production and consumption processes in Turkey and to determine the level of success in terms of metabolic cycle. For this purpose, the metabolic flow processes of the solid waste generated in the production and consumption processes in Turkey were evaluated by the material flow analysis method. As a result of the analysis, it is seen that the metabolic cycle of the solid waste generated during the consumption and production stages is weak in Turkey.

Keywords: Waste management, solid waste, metabolic cycle, recycling

JEL Codes: Q52, Q56, S53

Scope: Political science and public administration

Type: Research

1. GİRİŞ

İkinci dünya savaşı sonrasında tüm dünyada ortaya çıkan refah devleti anlayışının da etkisiyle birlikte hızlı bir kentleşme süreci başlamıştır. Günümüzde kentsel alanların sahip olduğu yüksek nüfus beraberinde metabolik döngü içinde kaynakların sürdürülemez bir biçimde tüketilmesine yol açmaktadır. Üretim ve tüketim süreçlerinin verimsiz metabolik akışı hem insanlar hem de çevre üzerinde olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir (Kennedy vd., 2007, ss. 50-51; Castán vd., 2012, s. 860). Hızlı sanayileşme ve kentleşme çevresel kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bu durum çevresel sürdürülebilirliği de olumsuz yönde etkilemektedir. Kentsel metabolizma kavramı üretim ve tüketim süreçlerinde kullanılan kaynakların çıktılarını olarak atıkların yönetilme süreçlerini de içine alan kentsel alanlardaki tüm sosyo-ekonomik faaliyetleri birlikte ele alan bir kavram olarak değerlendirilmektedir (Codoban & Kennedy, 2008, ss. 29-30; Broto vd., 2012, ss. 857-858). Kentsel alanlarda üretim ve tüketim faaliyetleri için gerekli madde ve enerji akışlarıyla kentsel sistemin sürdürülebilirliğinin materyal akış analizi ile incelenmesi bu açıdan önemlidir. Bu bağlamda kentsel alanlarda hızla artan nüfusla birlikte kentlerin üretim ve tüketim merkezlerine dönüşmesi, artan ihtiyaçları sürekli olarak karşılamak için daha fazla su, yiyecek, enerji talebini beraberinde getirmiştir. Artan ihtiyaçlarla birlikte artan üretim ve tüketim süreçleri sonucunda atıklarda da hızlı bir artış olmuştur. Bu nedenle kamu sağlığı açısından kentsel alanların yaşanabilir mekânlara dönüştürülmesi ve çevresel sürdürülebilirliği açısından kaynak akışlarının takip edilmesi için materyal akış analiziyle metabolik döngünün değerlendirilmesi gereklidir. Metabolik akışın takip edilmesi kaynak verimliliği ve atık yönetimi konusunda uygulanan ya da uygulanacak politikaların değerlendirilmesini de kolaylaştıracaktır (Newman, 1999, ss. 223-224; Moffatt, 2000, ss. 361-363).

Bu çalışmada Türkiye’de üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan metabolik döngü içinde atık akışları değerlendirilmektedir. Türkiye’de hızlı sanayileşme ve kentleşmenin beraberinde getirdiği yoğun kaynak kullanımını sonucu ortaya çıkan atığın bertaraf ve geri dönüşümle ne düzeyde kaynak olarak tekrar sisteme dâhil edildiği incelenmektedir. Bu amaçla TÜİK verilerinin işlenmesinde ve metabolik akışların değerlendirilmesinde, üretim ve tüketim süreçlerinde kullanılan kaynakların akışını sistematik biçimde ortaya konulması için Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis) kullanılmıştır. TÜİK katı atık verileri, Materyal Akış Analizi kullanılarak yazar tarafından yeniden sayısal verilere dönüştürülmüş ve elde edilen sayısal veriler şekillere dönüştürülerek Türkiye’de katı atığın materyal akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan akademik çalışmalarda TÜİK verileri kullanılarak, atık yönetim

süreçleri değerlendirilmiştir. Ancak bu çalışmada materyal akış analiziyle Türkiye’de üretim ve tüketim sürecinde ortaya çıkan katı atığın çevre üzerinde yarattığı baskının ortaya konulması ve atık yönetim süreçlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu neden bu çalışmada katı atık yönetimi biçimleri ve politika önerileri yerine katı atık yönetim sürecinin metabolik akışına odaklanılmıştır. Bu yönüyle daha önce yapılan akademik çalışmalarda materyal akış analiziyle, katı atığın metabolik döngüsünün incelenmemiş olması ve bu açıdan ilk olması çalışmayı farklı kılmakta ve önemini arttırmaktadır. Söz konusu analiz çerçevesinde elde edilen sayısal verilerle, Türkiye’de katı atık yönetimi konusunda objektif bir fotoğraf çekilmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın, atık yönetimi konusunda gelecekte yapılacak akademik çalışmalara önemli sayısal veriler sağlayacağı düşünülmektedir.

2. ATIK YÖNETİMİ AÇISINDAN KENTSEL METABOLİZMA KAVRAMI

Sanayileşme süreciyle birlikte ortaya çıkan hızlı kentleşme ve nüfus artışının beraberinde getirdiği yoğun üretim ve tüketim süreçlerini, ekoloji insan ilişkisi bağlamında kent metabolizması kavramıyla ilk olarak değerlendiren Karl Marx olmuştur (Barles, 2009, s. 898; Hoornweg & Kennedy, 2012, ss. 782-783). Ancak kent içinde kaynakların ve atıkların akışlarını doğrusal bir düzlemde ele alarak yeniden gündeme getiren Wolman olmuştur. Özellikle ABD’de yaşanan hızlı sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte artan nüfusun yarattığı yoğun üretim ve tüketimin beraberinde getirdiği çevresel kirliliğe çözüm bulma sürecinde önemli bir kavram haline gelmiştir (Wolman, 1965, ss. 181-182). Wolman, kentsel metabolik yaklaşımıyla örnek olarak seçtiği bir Amerikan kentinde muhasebe temelli bir analiz yöntemiyle kent sistemi için gerekli olan kaynakların giriş ve çıkış süreçlerini değerlendirmiştir (Wolman, 1965, s. 180). Böylelikle kent sisteminin yarattığı çevre ve insan için zararlı olan atık su, katı atık ve hava kirleticilerinin ulusal verilerini kullanarak atıkların kent içindeki akışlarının kolaylıkla takip edilmesini sağlamıştır. Bu sayede kent sistemi için gerekli kaynak miktarıyla birlikte atık su, katı atık ve hava kirliliği gibi kentsel yaşamı olumsuz etkileyen çevresel sorunların ne düzeyde olduğu da değerlendirilmiştir (Wolman, 1965, ss. 180-186).



Şekil 1: Wolman'ın Doğrusal Kentsel Metabolik Akışı

Kaynak: Şekil Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

Gelişmekte olan ülkelerde, sahte ve hızlı kentleşme ile karşı karşıya kalan kentsel alanlar, çevresel kaynaklar üzerinde yoğun bir baskıya yol açmıştır. Gelişmekte olan ülkelerdeki, kentleşme sürecinde kent nüfusundaki artış, ekonomik büyümeden daha büyük olmaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerde, kentleşme süreci işlevsel değişime, toplumsal ve kültürel değişime yol açmayan kentleşme, sahte kentleşme olarak değerlendirilmektedir (Keleş, 2015, s. 64-75, Tekeli, 2005, s. 87-88). Örneğin TÜİK verilerine göre 1927 yılında Türkiye nüfusunun %75,8'i köylerde, %24,2'si il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktayken, 2021 yılında Türkiye nüfusunun %93,2'si il ve ilçe merkezlerinde yaşarken, %6,8'i köylerde yaşamaktadır (TÜİK). Kentsel nüfusun hızla artmasıyla birlikte artan ihtiyaçları karşılamada kaynakların yetersiz olması ve verimsiz işleyen doğrusal akış, kentlerin yaşanabilirliğini de olumsuz şekilde etkilemektedir (Huang & Chen, 2009, s. 89-90). Bu nedenle kent sistemi içinde üretim ve tüketim süreçlerinin yarattığı kaynak ihtiyacıyla birlikte, atıkların bertaraf ve geri dönüşümüne ihtiyaç duyulan teknik, sosyal ve ekonomik bileşenlerin toplamı olan kentsel metabolizma kavramı ön plana çıkmıştır (Codoban & Kennedy, 2008, s. 29-30; Collins & Flynn, 2007, s. 298-299, Han vd., 2018, s. 885). Özellikle son dönemde gündemde olan sürdürülebilir çevre ve kalkınma yaklaşımları açısından, ekonomi ve çevre dengesinin kurulabilmesine dönük yaklaşımlar kentsel metabolizma kavramının önemini arttırmaktadır. Kent sistemleri, varlıklarını sürdürebilmek için sürekli bir kaynak girişine ihtiyaç duymaktadır. Kentleşme hızının yüksek olması ihtiyaç duyduğu kaynak girişinin yüksek olmasının yanında atık miktarında da hızlı bir artışa sebep olmaktadır (Carreón & Worrell, 2018, s. 263; Barrera vd., 2018, s. 235-236). Çevresel kaynakların sınırlı olması ve hızla artan çevresel sorunların çözülebilmesi için atıkların çevre üzerinde en az etkiyi yaratacak şekilde bertaraf edilmesi ve geri dönüştürülerek kaynak sürdürülebilirliğinin

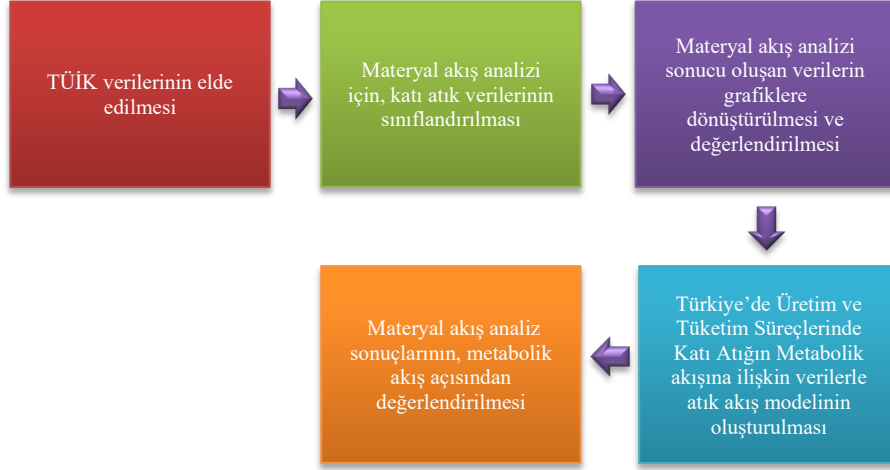
sağlanması önemli hale gelmiştir (Li & Kwan, 2018, ss. 238-239). Bu nedenle ilk aşamada doğrusal şekilde incelenen kentsel metabolizma kavramı günümüzde döngüsel bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Kentsel alanlarda yaşayan insanların sınırsız ihtiyaçlarını karşılamada kent ekosistemiyle birlikte doğal ekosistemin çalışabilmesi için kaynakların tüketilmesinden kaynaklanan atıkların zarar vermesini önlemek ve yeniden kullanılması için ekosisteme yeniden dahil edilmesi gerekmektedir (Codoban & Kennedy, 2008, s. 28; Alberti, 1999, ss. 616-618; Hoornweg & Kennedy, 2012, ss. 785-786).

Yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde kentsel alanlarda üretim ve tüketim süreçlerinde metabolik döngüyü ortaya koyabilmek için sanayi metabolizması ve hane metabolizması gibi farklı düzeylerde enerjinin, suyun ve atığın metabolik akışlarının incelendiği görülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda metabolik döngü incelenirken akışların karmaşıklığı nedeniyle su, enerji, atık gibi tek bir alandaki metabolik akışlara odaklanılmıştır. Örneğin Boyden ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Hong Kong'da barınma, nüfus, hava kirliliği, ölüm gibi bileşenler doğrultusunda insan ve kentsel hayatın gelişim süreci tanımlanmaya çalışılmıştır (Boyden vd., 1981, s.51). Enerji metabolizması konusunda çalışmalarıyla öncülük eden Haberl ise, enerji akışlarının, kentsel metabolizma araştırmalarında aynı oranda ve yoğunlukta çalışılması gerektiğini ortaya koymuştur (Haberl, 2001, ss.12-14). Benzer şekilde kentsel alanlarda arazi kullanımı ve nüfusun mekânsal dağılımı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için de kentsel metabolizmanın arazi kullanımı üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır (Krausmann vd., 2003, ss. 20-21). Kentsel metabolizma yaklaşımı çevrenin ve kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması ve yeniden kullanım süreçlerinin takip edilebilmesi için çevre-kent ilişkisini açıklayabilmek amacıyla tüm atık akışlarını sistematik olarak kayıt altına almaktadır. Bu bağlamda kentsel metabolizma kavramı, kentsel mekânların nasıl yaşanabilir ve sürdürülebilir hale getirilebileceği konusunda yeni politika ve yöntemlerin gelişmesine katkı sağlamaktadır (Newman, 1999, ss. 225; Alberti, 1999, s. 621). Bu nedenle, kentsel metabolizma çalışmalarında kaynakların sistem içindeki döngülerine, atıkların bertaraf ve geri dönüşümüne odaklanılmaktadır. Kentsel ekosistemin çevresel kaynaklara bağlı olmasının yanında üretim ve tüketim süreçlerinin yarattığı çevresel kirlilik kent sistemini ve halk sağlığını tehdit etmektedir (Grimm vd., 2008, ss. 758-760). Bu nedenle kentsel metabolizmayla kaynak ve atık akışlarının muhasebeleştirilmesi, kentsel metabolik süreçlerin planlanması ve kentsel planlamada politikaların geliştirilmesi açısından objektif veriler sağlamaktadır.

3. TÜRKİYE'DE KATI ATIĞIN METABOLİK DÖNGÜSÜ

3.1. Yöntem

Artan üretim ve tüketim süreçlerinin sonucu olan kentsel mekânlardaki hızlı büyüme beraberinde kentsel atıkların ortadan kaldırılması ve geri dönüştürülmesini sağlayacak teknik ve sosyo-ekonomik bir yöntem olarak materyal akış analizini ön plana çıkarmıştır. Materyal Akış Analizi (Material Flow Analysis), kentsel metabolizma çalışmalarında kent ekosisteminin işleyişini açıklamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda materyal akış analizi, belli bir coğrafi alan içinde kent sistemi tarafından üretilen atık miktarı, bertaraf edilen ve geri dönüştürülen atık miktarı istatistikleri kullanılarak muhasebeleştirilmektedir (Brunner, 2007, ss. 12-15). Materyal akışı analizi (MFA), üretim, tüketim, geri dönüşüm ve atıkların bertarafını içeren zincirleme süreçlerin çıktısının analizini ifade etmektedir. İlgili zincirleme süreçlerin girdi ve çıktılarını ölçen, fiziksel mekânlardaki hesaplara dayanır (Allesch ve Brunner, 2015, ss. 754-755). MFA, stratejik ve öncelik odaklı alanlarını desteklemek için birbiriyle bağlantılı çeşitli süreçlerin ve akışların sistemli-analitik bir görünümünü sunmaktadır. MFA, insan aktivitesinin biyo-fiziksel yönlerini farklı uzamsal ve zamansal ölçeklerde incelemek için önemli bir araçtır. Bu nedenle MFA, endüstriyel ekolojinin veya antropojenik, kentsel, sosyal ve endüstriyel metabolizmanın temel yöntemi olarak kabul edilmektedir. Materyal akış analizi malzeme ve enerji akışlarını dengeleme yaklaşımı üzerine inşa edilmiş bir analizdir (Ayres & Kneese, 1969, ss. 290-293). Analiz sürecinde disiplinler arası bir anlayışla ekoloji ve toplum bilimini birbiriyle ilişkilendirerek çevre merkezli bir yaklaşımla sürdürülebilirliği desteklemeyi amaçlamaktadır (Fischer-Kowalski, & Walter, 1997, ss. 108-110). Özetle çevresel sürdürülebilirlik için gerekli politikaların geliştirilmesi ve uygulanan politikaların değerlendirilmesi için bir araç olarak kullanılmaktadır (Bringezu, 1997, ss. 173-175). Üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan atığın ve çevrenin yönetilmesini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş önemli bir analiz yöntemidir. Atıkların akışlarının izlenmesi, çevre üzerinde yaratılan baskının ortaya konulmasını ve uygulamada yeni yöntemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır.



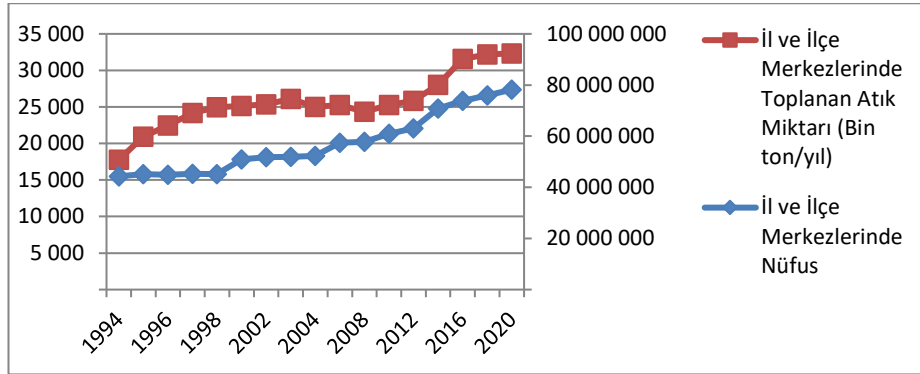
Şekil 2: Katı Atığın Metabolik Döngüsünün Materyal Akış Analiz Süreci

Kaynak: Şekil Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

MFA verileri, çevresel etki değerlendirmeleri, tehlikeli maddeler için çevre politikasının geliştirilmesi, su havzalarında gıda yönetimi, atık yönetimi ve altyapı planlamalarında kullanılabilir. Söz konusu modellemede üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan katı atığın 2020 sayısal verileri dikkate alınmıştır. Bu amaçla Türkiye’de üretim ve tüketim süreçleri sonucunda ortaya çıkan katı atığın metabolik döngüsünü analiz edebilmek için TÜİK’den elde edilen sayısal veriler materyal akış analiziyle analiz edilmiştir. TÜİK verileri kullanılarak elde edilen sayısal veriler doğrultusunda oluşturulan metabolik döngü doğrultusunda katı atık verileri tablolara ve grafiklere dönüştürülerek aktarılmaktadır. Son aşamada analiz verileriyle oluşturulan katı atığın metabolik döngüsüne ait modellemede atığın döngüsel düzeyi ve sonuçları değerlendirilmiştir. Söz konusu analiz sürecinde üretim ve tüketim süreçleri sonucunda ortaya çıkan atığın türü, atığın toplam miktarı, atık türüne göre dağılımı, üretim ve tüketim alanlarına göre atıkların dağılımı, bertaraf ve geri dönüşüm miktarları ve atıkların türlerine göre geri dönüştürülme oranları dikkate alınmıştır.

3.2. Bulgular

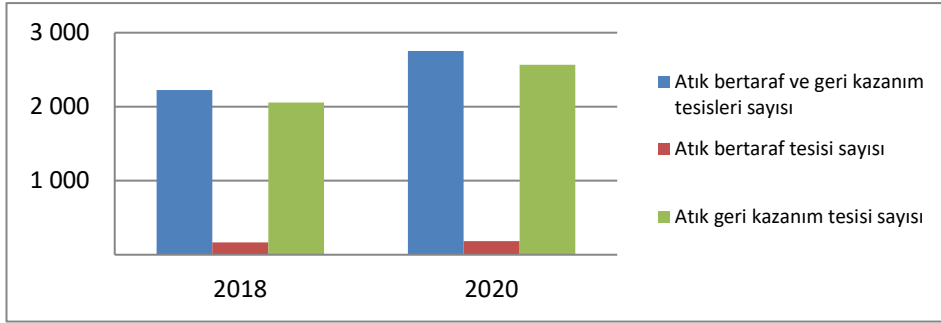
Şekil 3’de görüldüğü üzere Türkiye’de hızlı kentleşmeyle birlikte artan kentsel nüfus, kentsel alanlarda üretim ve tüketimdeki artış toplam atık miktarında da sürekli bir artışa neden olmuştur. Bu bağlamda Türkiye’deki hızlı ve aşırı kentleşmenin çevresel kaynaklar üzerinde yarattığı baskı, çevresel sürdürülebilirliği de olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 3: İl ve İlçe Merkezlerinde Yıllara Göre Nüfus ve Atık Miktarındaki Değişim

Kaynak: TÜİK, www.tuik.gov.tr, Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

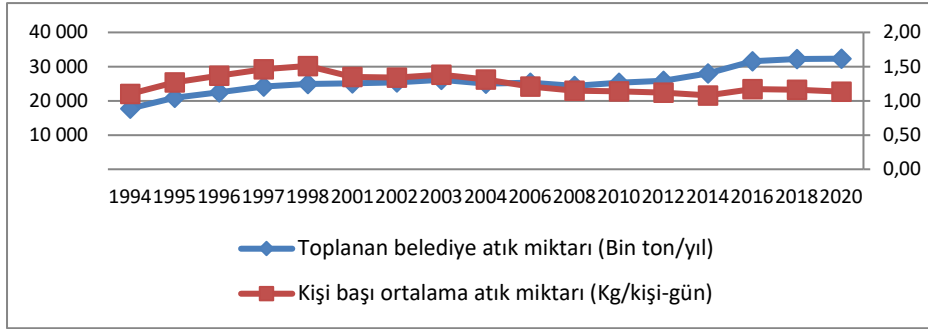
2020 verilerine göre Türkiye genelinde kentsel alanlarda toplanan toplam atığın %69,43’ü düzenli depolama alanlarına, %16,99’u belediye çöplüğüne, %13,19’u geri kazanım tesislerine ve %0,38’i açıkta yakarak, gömerek, dereye ve araziye dökülerek bertaraf edilmektedir. Türkiye’de 2020 verileri incelendiğinde atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinin %6,69’u atık bertaraf tesisleri ve %93,31’i atık geri kazanım tesisleridir. Atık bertaraf tesislerinin %95,57’si düzenli depolama ve %5,43’ü yakma tesislerinden oluşmaktadır. Düzenli depolama tesislerinin kapasiteleri 2018 ile 2020 döneminde %33,88 oranında arttırılmıştır. Düzenli depolama tesislerindeki toplam depolama kapasitenin %45,28’i kullanılmaktadır. Düzenli depolanan toplam atık miktarı 2018-2020 döneminde %28,14 artış göstermiştir. Düzenli depolanan toplam atığın %41’i düzenli depolanan tehlikeli atıklardan, %59’u düzenli depolanan tehlikesiz atıklardan oluşmaktadır. Yakma tesislerinin kapasiteleri ise 2018-2020 döneminde %10,12 oranında artış göstermiştir. 2020 yılı verilerine göre yakma tesislerinin toplam kapasitesinin %32,21’i kullanılmıştır. Söz konusu yakma işleminden enerji edilmemektedir. Atıkların yakılarak bertaraf edilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4: Yıllara Göre Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri Sayılarını Dağılımları

Kaynak: TÜİK, www.tuik.gov.tr, Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

Şekil 4’de görüldüğü gibi 2020 verilerine göre Türkiye’de toplamda 2568 atık geri kazanım tesisi bulunmaktadır. Atık geri kazanım tesislerinin kendi içindeki dağılımı incelendiğinde %97,7’si geri kazanım tesislerinden, %1,95’i kompost tesislerinden ve %0,35’i beraber yakma tesislerinden oluşmaktadır. 2018-2020 döneminde kompostlama tesislerinin toplam kapasitesi %25,84 oranında artış göstermiştir. Kompostlama tesislerinin toplam kapasitesinin %19,51’i kullanılırken, %80,49’unun kullanılmadığı görülmektedir. Kompost tesislerinde kompostlama işlemiyle değerlendirilen toplam 127.046 ton atığın %27,42’si komposta dönüştürülmüştür. Beraber yakma tesislerinde ise yakma işlemi ile atıklardan enerji elde edilmektedir. Enerji kazanımla yakılan toplam atık miktarı 2018-2020 döneminde %17,65 oranında artış göstermiştir. 2020 verilerine göre enerji kazanımlı yakılan tehlikeli atık miktarı %3,8, enerji kazanımlı yakılan tehlikesiz atık miktarı ise %27,58 oranında artmıştır. Enerji kazanımlı yakılan toplam atık miktarındaki dağılım incelendiğinde %41,75’i yakılan tehlikeli atıklardan, %58,25’i yakılan tehlikesiz atıklardan oluşmaktadır. 2020 yılı verilerine göre geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıkların dağılımları incelendiğinde, geri kazanılan toplam atık miktarı 2018-2020 döneminde %1,62 oranında artış göstermiştir. Geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıkların %96,2’si tehlikesiz atıklardan, %3,8’i tehlikeli atıklardan oluşmaktadır. Geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıklar, geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerine gönderilen atıklardan oluşmaktadır.

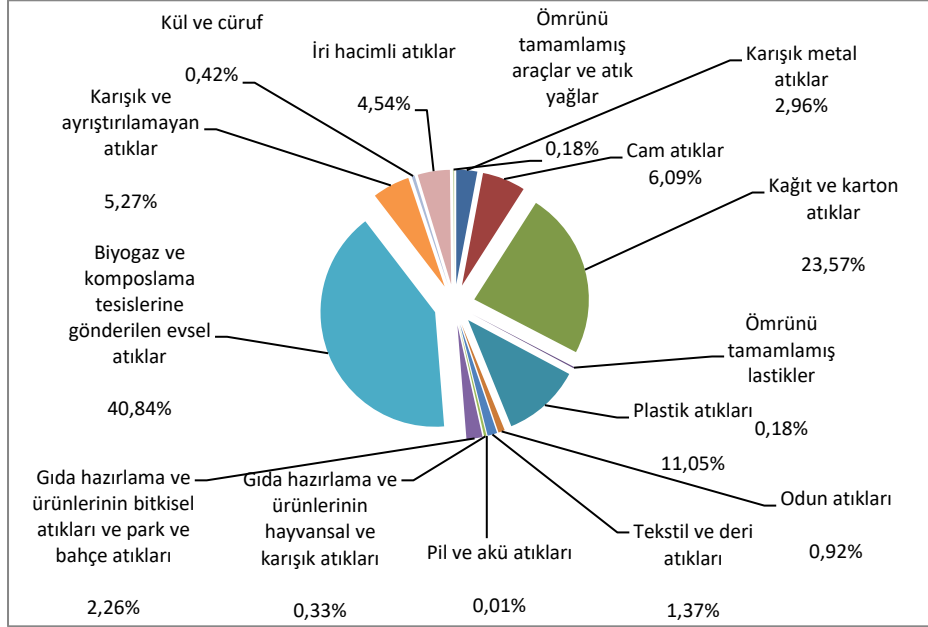


Şekil 5: Belediyelerde Toplanan Atık Miktarının ve Kişi Başına Ortalama Atık Miktarının Yıllara Göre Değişimi (1994-2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Verilerle Oluşturulmuştur.

2020 yılı verileri çerçevesinde yapılan değerlendirmeye göre bertaraf ve geri kazanım yöntemlerine göre belediyelerde atık miktarının dağılımı incelendiğinde, atıkların %69,43'ü düzenli depolama tesislerine gönderilmektedir. Belediyelerin çöp alanlarına gönderilen atık oranı %11,27, büyükşehir belediyelerinin çöp toplama alanlarına gönderilen atık miktarı %5,55'dir. Belediyeler tarafından ayrı toplanarak geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerine gönderilen diğer atıkların oranı ise %12,83'dür. Belediye sınırları içinde ortaya çıkan atıklardan, açıkta yakarak, dereye veya göle dökerek, gömerek, araziye dökülerek ve kompost tesisine gönderilerek bertaraf edilen atıkların oranı ise %0,91'dir. 2016-2020 döneminde belediyeler tarafından, geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerine gönderilen atık miktarı %28,95 oranında artış göstermiştir. Aynı dönemde düzenli depolama tesislerine gönderilen toplam atık miktarı %13,84 artarken, büyükşehir belediye çöplüğüne gönderilen atık miktarı %21,41 oranında ve belediye çöplüğüne gönderilen toplam atık miktarı da %68,23 oranında azalmıştır. Bu veriler çerçevesinde değerlendirildiğinde kentsel metabolik döngü içinde atıkların büyük bir kısmının geri dönüşüm tesislerine ve düzenli depolama alanlarına gönderildiği görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde 1994-2020 döneminde belediyelerin topladığı toplam atık miktarında sürekli bir artış olduğu görülmektedir. Ancak kişi başına düşen atık miktarında artışın yatay olduğu hatta kişi başı ortalama atık miktarının azaldığı görülmektedir. Hızlı ve aşırı kentleşme, kentsel alanlarda artan nüfusla birlikte toplam atık miktarında da artışa neden olmuştur. Ancak yıllar içinde üretim ve tüketim alışkanlıklarında değişmelere bağlı olarak kişi başına ortalama atık miktarında

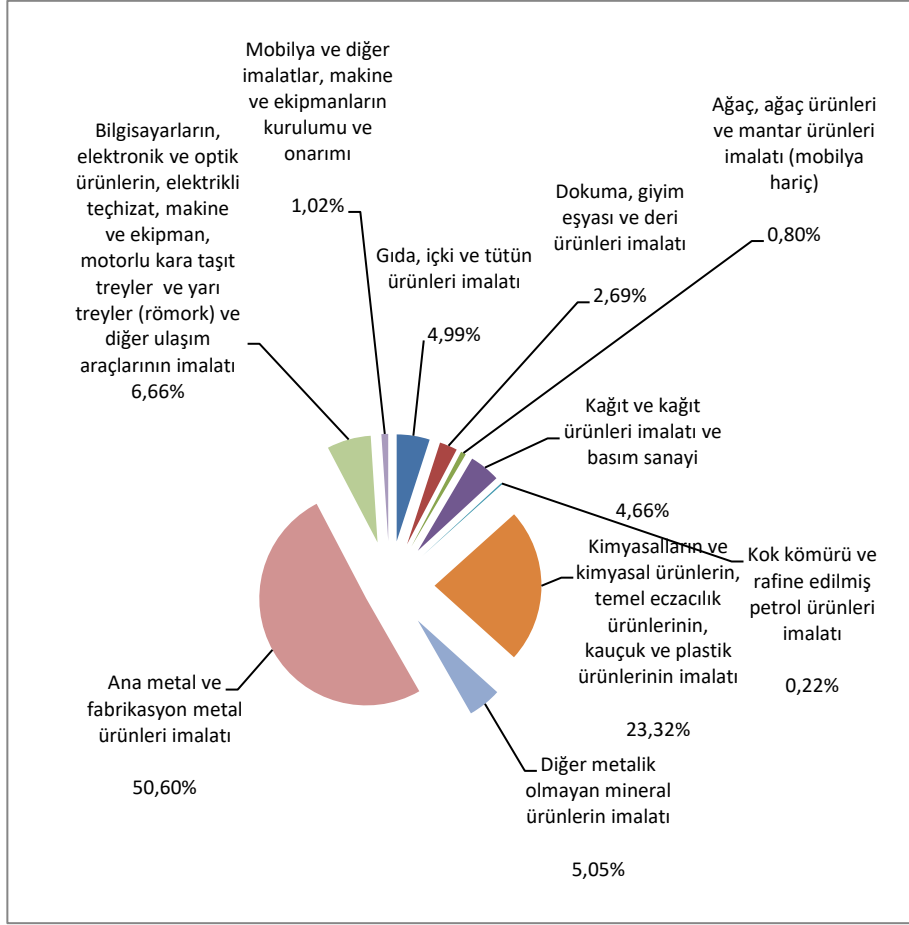
sınırlı bir değişim yaşandığı görülmektedir. Bu nedenle belediyelerin topladığı toplam atık miktarıyla, kişi başına ortalama atık miktarındaki değişimler birbirinden ayrılmaktadır.



Şekil 6: Atık Tipine Göre Geri Kazanım Tesislerine Gönderilen Belediye Atık Miktarı (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

Şekil 6'da 2020 yılı verilerine göre, belediyeler tarafından, geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerine gönderilen atıkların tiplerine göre dağılımları yer almaktadır. Şekil incelendiğinde kentsel alanlarda evsel atıklardan oluşan ve geri dönüşüm tesislerine biyogaz ve kompostlama tesislerine gönderilen atıkların toplam atık içindeki oranı %40,84'tür. Belediyeler tarafından toplanan atıkların geri dönüşüm için en fazla gönderilen atık tipleri sırasıyla kâğıt ve karton atıkları (%23,57), plastik atıklar (%11,05), cam ve metal atıklar (%9,05), karışık ve ayrıştırılmayan atıklar (%5,27), iri hacimli atıklardan (%4,54) oluşmaktadır.

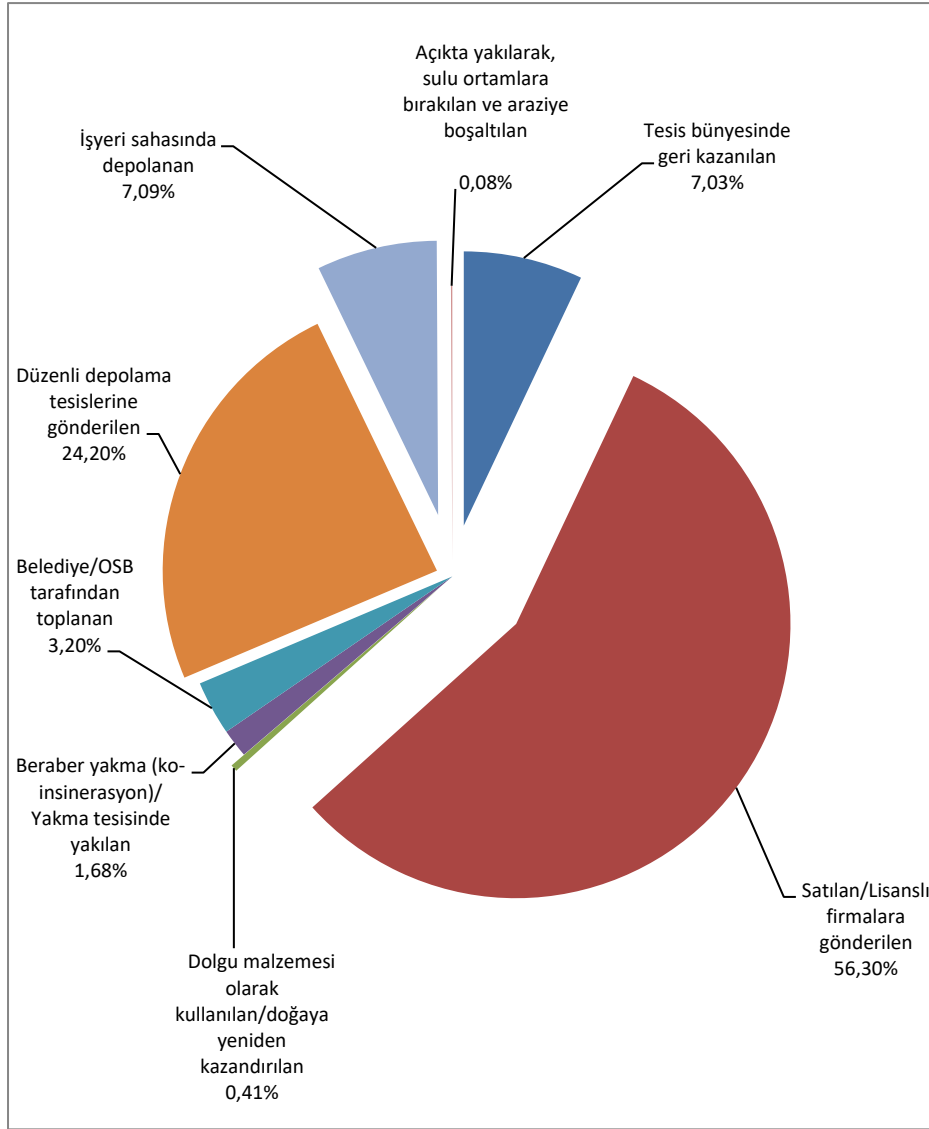


Şekil 7: İmalat Sanayinde Alt Sektörlere Göre Atık Dağılımı (%) (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

Türkiye’de imalat sanayinde 2018-2020 döneminde ortaya çıkan toplam atık miktarında %4,13 oranında artış olmuştur. Aynı dönemde Türkiye’de imalat sanayinde ortaya çıkan toplam atık içindeki tehlikeli atık miktarındaki artış oranı %20,01 olmuştur. Tehlikeli olmayan atık miktarındaki artış oranı ise %0,35 oranında sınırlı bir düzeyde gerçekleşmiştir. İmalat sanayisinde ortaya çıkan atıkların sektörlere göre dağılımları incelendiğinde en fazla atığın %50,60 oranında ana metal ve fabrikasyon metal ürünleri sektöründe ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte kimyasal ürünlerin, eczacılık, kauçuk ve plastik ürünlerin

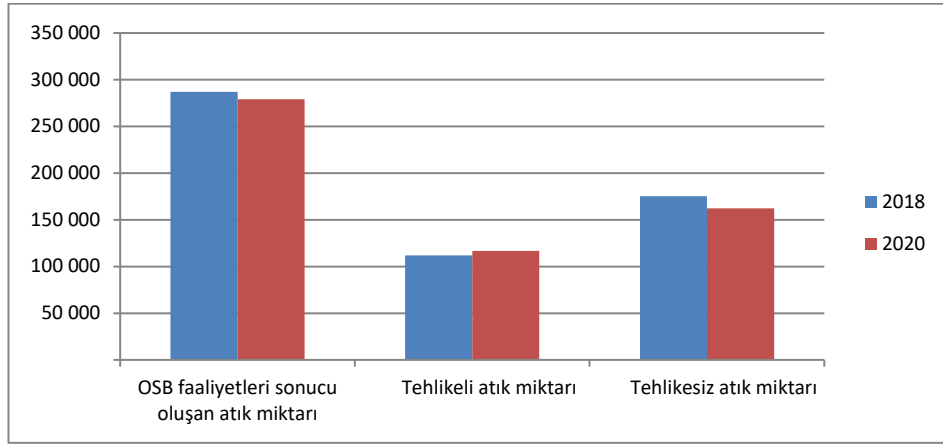
imalat sektöründe ortaya çıkan atığın toplam atık içindeki oranı %23,32'dir. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin, elektrikli teçhizat, makine ve ekipman, motorlu kara taşıt treyler ve yarı treyler (römork) ve diğer ulaşım araçlarının imalat sanayisinde ortaya çıkan atık toplam atığın %6,6'sıdır. Gıda, içki ve tütün ürünleri imalatında toplam atık içindeki oranı %4,99 iken kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı ve basım sanayinde %4,66'dır. 2018-2020 döneminde imalat sanayisi içinde toplam atık içindeki oranı en fazla düşüş gösteren sektör % 139 oran ile ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalat (mobilya hariç) sanayi olmuştur. Aynı dönemde imalat sanayinde toplam atık miktarı içinde en fazla artış gösteren sektörler sırasıyla mobilya ve diğer imalatlar, makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı (%38,7), kâğıt ve kâğıt ürünleri imalatı ve basım sanayi (%27,52) ve kimyasalların ve kimyasal ürünlerin, temel eczacılık ürünlerinin, kauçuk ve plastik ürünlerinin imalat (%17,49) sanayi olmuştur.



Şekil 8: İmalat Sanayinde Atıkların Bertaraf/Geri Kazanım Yöntemleri (%) (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

2020 verileri çerçevesinde değerlendirildiğinde atıkların bertaraf/geri kazanım yöntemlerine göre atık miktarları değerlendirildiğinde atıkların satılması ve lisanslı atık firmalarına gönderilerek bertaraf edilmesi yöntemiyle atıkların %56,3'ü bertaraf edilmiş ve geri kazanılmıştır. Tesis bünyesinde geri kazanılan atık oranı %7,03 iken, düzenli depolama tesislerine gönderilen %24,2 ve işyeri sahalarında depolanan atık oranı %7,09'dur. Belediyeler tarafından toplanan, yakma tesislerine gönderilen, suya veya araziye bırakılan ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilen atıkların oranı %5,37'dir. Bu veriler çerçevesinde değerlendirildiğinde imalat sanayinde ortaya çıkan atıkların sürdürülebilirlik bağlamında çevreye en az zarar verecek ve üretimde devamlılığı sağlayacak şekilde yönetilmeye çalışıldığını söylemek yanlış olmayacaktır.

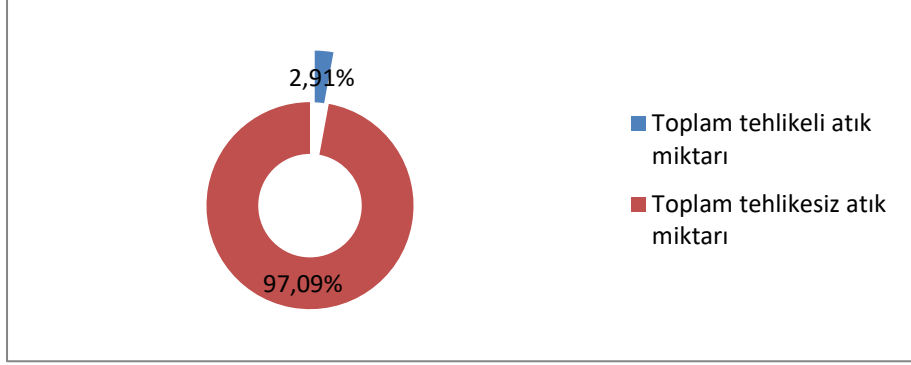


Şekil 9: Organize Sanayi Bölgelerinde Ortaya Çıkan Atık Miktarı (Ton)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

Türkiye’de 2018-2020 döneminde organize sanayi bölgelerinde ortaya çıkan atık miktarındaki değişim incelendiğinde toplam atık miktarında %2,79 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Bu düşüşün nedeni olarak son 20 yıl içinde OSB’lerdeki geri kazanım alt yapısının geliştirilmesi olarak değerlendirilebilir. Organize sanayi bölgelerinde ortaya çıkan tehlikeli atık miktarı %4,27 artarken, tehlikeli olmayan atık miktarında %7,86 düşüş gerçekleşmiştir. Organize sanayi bölgelerinde üretim süreçlerinde ortaya çıkan atıkların, bertaraf ve geri kazanım yöntemlerine göre atık miktarı incelendiğinde atıkların %60,3’ü OSB dışında geri kazanma tesislerinde, geri dönüştürülerek değerlendirilmektedir. Bununla

birlikte OSB’de ortaya çıkan atıkların %19,05’i OSB bünyesinde veya OSB dışında bertaraf edilirken, %11,31’i düzenli depolama tesislerine, %7,74’ü belediye ve OSB çöplüğüne, %1,61’i OSB bünyesinde geri kazanılan veya geçici depolama alanlarına gönderilmektedir. Bu veriler etrafında OSB’lerde üretim sürecinde ortaya çıkan atıkların, üretim sürecindeki metabolik döngüyü önemli düzeyde sağladığı görülmektedir.

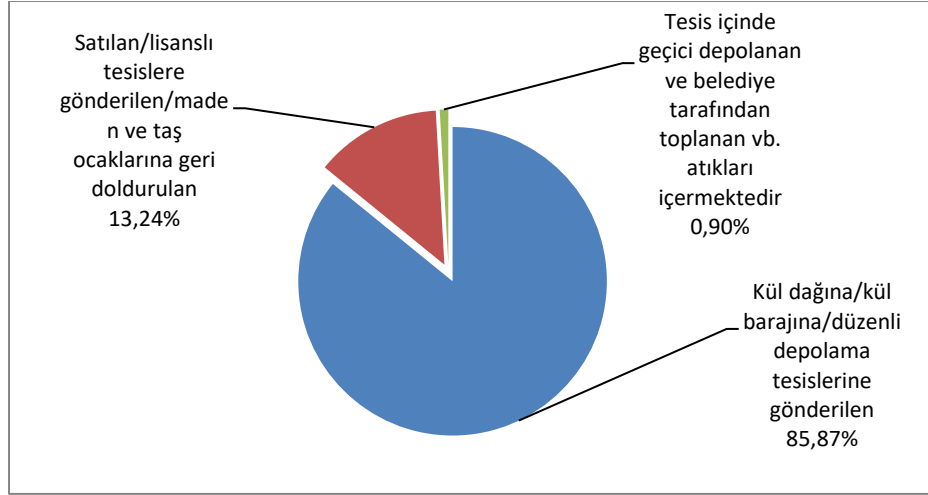


Şekil 10: Maden İşletmeleri Atık Göstergeleri (%) (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

2018-2020 verileri etrafında maden işletmeleri atık göstergeleri değerlendirildiğinde atık miktarında toplamda %9,41 oranında artış olmuştur. Maden işletmeleri atıklarının aynı dönemde tehlikeli atık miktarında %57,09 oranında artış olurken, tehlikesiz atık miktarında %7,98 oranında bir artış gerçekleşmiştir. 2020 verileri çerçevesinde maden işletmeleri atık göstergelerine göre atıkların %97,09’u tehlikesiz, %2,91’i tehlikeli atıklardan oluşmaktadır. Maden işletmelerinde ortaya çıkan atığın, bertaraf ve geri kazanım yöntemlerine göre atık miktarının dağılımı değerlendirildiğinde ortaya çıkan atığın %71,3’ü pasasahası, atık barajı veya düzenli depolama sahasına gönderilmektedir. Bunun dışında maden işletmelerinde ortaya çıkan atığın %26,41’i maden ocaklarına geri dökülmektedir. Maden işletmelerinden çıkan atığın sadece %1,9’u tekrar doğaya kazandırılmak üzere tekrar kullanılmaktadır. Maden işletmelerinde ortaya çıkan atığın, bertaraf ve geri kazanım yöntemlerinden tesis bünyesinde geri kazanılan, lisanslı tesislere gönderilen, yakma tesisine gönderilen, boş araziye atılan, belediyenin gösterdiği alanda depolanan, işyerinde belirli bir yerde geçici depolanan toplam atığın oranı %0,39’dur. Maden işletmelerinde atığın bertaraf ve geri kazanım yöntemlerinde toplam miktar olarak 2018-2020 döneminde en fazla artış %14,93 oranla maden sahalarının doğaya yeniden kazandırılması amacıyla tekrar kullanılması,

%10,29'u ocak içine dökülmesi ve %9,55 ile pasa sahası, atık barajı veya düzenli depolama sahasına dökülme yöntemlerinde gerçekleşmiştir. 2018-2020 döneminde toplam miktar olarak sırasıyla belediyenin gösterdiği alanda depolama, işyerinde belirli bir yerde geçici depolama, belediye çöplüğünde depolamada %173,99, tesis bünyesinde geri kazanılmasında %125,43 ve satılan veya lisanslı tesislere gönderilen atık miktarında %114,03 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

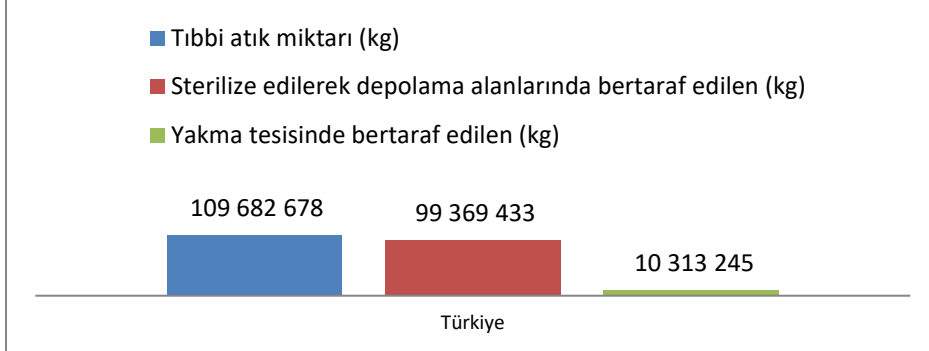


Şekil 11: Termik Santrallerde Atıkların Bertaraf veya Geri Kazanım Yöntemlerine Göre Atık Miktar Oranları (%) (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

2018-2020 döneminde termik santrallerde ortaya çıkan toplam atığın %7,19 azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda termik santrallerde ortaya çıkan atığın %82,96'sı tehlikesiz nitelikte iken %17,04'ü tehlikeli atık niteliğine sahip atıklardır. 2018-2020 döneminde termik santrallerde ortaya çıkan tehlikeli atık %37,88 oranında azalırken, tehlikesiz atık ise, %7,17 oranında azalma göstermiştir. Termik santrallerde ortaya çıkan tehlikesiz toplam atıkların %79,47'si kül ve cüruf atıklarından ve %20,53'ü atık su arıtım çamurlarından oluşmaktadır. Termik santrallerde atıkların bertaraf veya geri kazanım yöntemlerine göre dağılımı incelendiğinde, atıkların %85,87'si kül barajı veya düzenli depolama tesislerine gönderilen atıklardan oluşmaktadır. Bununla birlikte termik santrallerde ortaya çıkan katı atığın %13,24'ü lisanslı atık

depolama tesislerinde, %0,9'u termik santral veya belediye tarafından depolanmaktadır.



Şekil 12: Türkiye’de Sağlık Kuruluşlarında Ortaya Çıkan Toplam Atık Miktarı ve Bertaraf/Geri Kazanım Yöntemlerine Göre Dağılımı (2020)

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Hesaplamalarla Elde Edilen Sayısal Verilerle Oluşturulmuştur.

Sağlık kuruluşlarında verilen sağlık hizmeti sonucunda ortaya çıkan toplam atığın miktarı Şekil 12’de görülmektedir. Ortaya çıkan toplam atığın %90,6’sı sterilize edilerek depolama alanlarında bertaraf edilirken, atığın %9,4’ünün yakma tesislerinde yakılarak bertaraf edildiği görülmektedir. Sağlık tesislerinde ortaya çıkan toplam tıbbi atığın sadece bu iki yöntemle bertaraf edildiği görülmektedir.



Şekil 13: 2020 Verilerine Göre Türkiye’de Üretim ve Tüketim Süreçlerinde Katı Atığın Metabolik Akışı

Kaynak: Şekil TÜİK Verileri Kullanılarak Yazar Tarafından Yapılan Materyal Akış Analiziyle Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

2020 verileri çerçevesinde Türkiye genelinde üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan katı atığın metabolik döngüsü Şekil 13’de ortaya konulmaktadır. Türkiye’de 2018-2020 döneminde ortaya çıkan atığın dağılımı incelendiğinde toplam atığın %30,21 oranla belediye alanlarında ortaya çıktığı görülmektedir. TÜİK verilerine göre 1927 yılında Türkiye nüfusunun %75,8’i köylerde, %24,2’si il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktayken, 2021 yılında

Türkiye nüfusunun, %93,2'si il ve ilçe merkezlerinde yaşarken, %6,8'i köylerde yaşamaktadır (TÜİK). Bu bağlamda Türkiye'de nüfus artışıyla birlikte kırdan kopuşun hızlanmasıyla aşırı ve kontrolsüz kentleşme ile birlikte kentlerin üretim ve tüketim merkezlerine dönüşmesinin bir sonucu olduğu değerlendirilebilir. Bu nedenle Türkiye'de artan üretim ve tüketim sonucu toplam atığın, %22,3'ü imalat sanayisinde ortaya çıkmaktadır. Yoğun ve hızlı kentleşmeyle birlikte kentsel alanlarda yaşanan nüfus yoğunluğuyla artan üretim ve tüketimle birlikte imalat sanayinde artan üretim süreçleri, enerjiye olan talebi de aynı oranda arttırmıştır. Bu bağlamda termik santrallerin 2018-2020 döneminde toplam atık içindeki oranı %22,78'dir. Maden işletmelerindeki atık oranı, hem enerji hem de üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan çevresel kaynaklara olan talebin yüksek olması nedeniyle toplam atık içindeki oranı %24,34 ile belediyelerden sonra en fazla atığı üreten alan olmuştur. OSB'lerin kendi içinde atıkların geri dönüşümünü yapabilecek alt yapıya sahip olması nedeniyle atık miktarı diğer alanlara göre sınırlı kalmıştır.

2018-2020 döneminde ortaya çıkan toplam atığın metabolik döngüsü değerlendirildiğinde atığın %69,43'ü düzenli depolama alanlarına, %16,99'u belediye çöplüğüne, %13,19'u geri kazanım tesislerine ve %0,38'i açıkta yakarak, gömerek, dereye ve araziye dökerek bertaraf edilmekte veya geri dönüştürülmektedir. Toplam atık içinde atığın geri dönüştürülme ve yeniden kaynak olarak metabolik döngüye dâhil edilme oranının düşük olduğu görülmektedir. Atıkların büyük kısmı düzenli depolama alanlarına ve belediye çöplüğüne gönderilmektedir. 2020 yılı verilerine göre geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıkların dağılımları incelendiğinde, geri kazanılan toplam atık miktarı 2018-2020 döneminde %1,62 oranında artış göstermiştir. Geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıkların %96,2'si tehlikesiz atıklardan, %3,8'i tehlikeli atıklardan oluşmaktadır. Geri kazanım tesislerinde değerlendirilen atıklar, geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerine gönderilen atıklardan oluşmaktadır. Atık geri dönüşümüne gönderilen atıkların %96,07'si geri kazanım tesislerine gönderilen cam, metal, kâğıt, plastik vb. atıklar ile biyogaz tesislerinde, %2,65'i enerji kazanımlı yakma tesislerinde ve %0,26'sı kompostlama tesislerinde geri kazanılarak tekrar metabolik döngüye dâhil edilmiştir.

Kentsel metabolik akış açısından belediye verileri incelendiğinde belediyeler tarafından kentsel alanlarda toplanan atığın %69,43'ü klasik atık bertaraf yöntemlerinden olan kent çöp alanlarında depolanmaktadır. Bununla birlikte belediyeler tarafından toplanan atığın %16,99'unun düzenli depolama alanlarında, %13,19'unun geri dönüşüm tesislerinde ve %0,38'inin ise açıkta yakarak, gömerek, dereye ve araziye dökerek bertaraf edildiği görülmektedir.

Bu veriler etrafında kentsel metabolik döngü içinde atıkların sürdürülebilir bir atık yönetimiyle tam anlamıyla yönetilemediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Kentsel alanlarda belediyeler tarafından toplanan ve geri dönüşüm için tesislere gönderilen atıkların geri dönüşüm içindeki dağılımlarına göre biyogaz ve kompostlama tesislerine gönderilen atıkların toplam atık içindeki oranı %40,84'tür. Belediyeler tarafından geri dönüşüm tesislerine gönderilen atıkların atık tipleri sırasıyla kâğıt ve karton atıklar (%23,57), plastik atıklar (%11,05), cam ve metal atıklar (%9,05), karışık ve ayrıştırılamayan atıklar (%5,27), iri hacimli atıklardan (%4,54) oluşmaktadır. Bu bağlamda hanelerde en fazla ortaya çıkan organik atıkların çoğunlukla ayrıştırılarak biyogaz ve kompost elde etmek amacıyla değerlendirildiği görülmektedir. Aynı zamanda kâğıt, plastik, cam ve metallerin de çevresel kaynak sürdürülebilirliği açısından geri dönüştürülmesi önemlidir. İmalat sanayi, termik santraller, maden işletmeleri, organize sanayi bölgelerinde üretim süreçlerinde ortaya çıkan toplam atığın %27,22'si geri dönüştürülerek çevre üzerinde en az etkiyi yaratacak şekilde bertaraf edilmektedir. Buna karşın üretim süreçlerinde ortaya çıkan toplam atığın %72,98'inin düzenli depolama alanlarında, üretim alanlarındaki depolama alanlarında ve yakma tesislerinde yakılarak bertaraf edildiği görülmektedir. Bu veriler çerçevesinde değerlendirildiğinde üretim sürecindeki atığın metabolik döngüsünün kentsel alanlarda toplanan atığın metabolik döngüsüne oranla daha düşük kaldığı görülmektedir. Bu yüzden özellikle üretim süreçlerinde ortaya çıkan atığın çevre üzerinde ekolojik sürdürülebilirlik açısından daha fazla olumsuzluğa yol açmaktadır. Bu nedenle üretim süreci tüketim sürecine oranla çevre üzerinde daha fazla olumsuz etkiye yol açmaktadır.

4. SONUÇ

1950'li yıllardan itibaren Türkiye'de yaşanan hızlı nüfus artışına bağlı olarak kontrolsüz ve düzensiz kentleşme, kentsel alanları üretim ve tüketim alanlarına dönüştürmüştür (Keleş, 2015, ss. 61-79). Görece artan refah düzeyi ve bununla birlikte kentsel yoğunluk çevresel kaynakların hızla tükenmesine yol açmış ve kentsel alanların yaşanabilirliğini olumsuz yönde etkilemiştir (Tekeli, 2005, ss. 86-89). 2021 yılı itibarıyla Türkiye'de toplam nüfusun kentsel alanlarda yaşayan %93,2'si kentsel alanlarda yaşarken, %6,8'i köylerde yaşamaktadır (TÜİK, 2022). Bu bağlamda artan kentsel nüfusla birlikte kentsel alanlarda üretim ve tüketim süreçlerindeki atık oranları da her geçen yıl artış göstermiştir. Nüfusla birlikte doğru orantılı şekilde hızla artış gösteren atık miktarı atığın yönetilmesi, depolanması, kamu sağlığının sağlanması ve ekolojik kaynak sürdürülebilirliğini sağlama konusunda bir dizi sorunu da beraberinde

getirmiştir. Dünyadaki gelişmelere paralel şekilde ülkemizde de artan nüfusa bağlı olarak artan ihtiyaçları karşılayabilmek, kaynak sürdürülebilirliğini sağlamak ve yaşanabilir bir kentsel alan oluşturabilmek için atık yönetimi ve geri dönüşümü konusunda önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Katı atıkların yönetilmesi, depolanması ve geri dönüştürülmesi süreçlerinde kullanılan yöntemler dünyada olduğu gibi ülkemizde de teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişim göstermiştir. Zaman içinde insanların tüketim alışkanlıkları ve ihtiyaçlarındaki farklılaşmalar, atığın türü ve niteliğinde değişimlere yol açmaktadır. Bu çalışmada yapılan analiz sonucunda, üretim ve tüketim sonucu ortaya çıkan atığın türlerine göre dağılımı incelendiğinde kâğıt ve karton atıklar, plastik atıklar, cam ve metal atıkların yoğunlukta olduğu görülmektedir. Hane halkının tüketim sürecinde ortaya çıkan atığının çoğunluğunu organik atıklar oluşturmaktadır. Bu tür atıklar kompostlama yöntemleri uygulanarak, biyogaz ve kompost elde ederek bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle atıkların bertaraf ve geri dönüşümünde, çevre üzerinde en az etkiyi yaratacak ve atık geri dönüşümünde geri kazanım oranı yüksek olacak, metabolik yöntemler daha fazla tercih edilmektedir.

Türkiye’de katı atığın yönetimi konusunda toplam atığın %69,43’ü düzenli depolama alanlarına, %16,9’u belediye çöplüğüne, %13,19’u geri kazanım tesislerine ve %0,38’i ise açıkta yakarak, gömerek, dereye ve araziye dökerek bertaraf edilmektedir. Geri kazanım ve dönüşüm için tesislere gönderilen atığın %96,07’si atık geri kazanım tesislerinde değerlendirilmektedir. Geri kazanım ve dönüşüm için tesislere gönderilen atığın %3,93’ü enerji kazanımlı yakma tesislerinde ve kompostlama tesislerinde değerlendirilmektedir. Bu veriler etrafında metabolik akış değerlendirildiğinde, toplam katı atığın büyük bir kısmı geri dönüştürülerek tekrar metabolik döngüye dâhil edilememektedir. Bununla birlikte geri dönüşüm tesislerine gönderilen atıkların önemli bir kısmının üretimde tekrar hammadde olarak kullanılması amacıyla geri kazanım tesislerinde değerlendirildiği görülmektedir. Kentsel alanlarda tüketim sonucu ortaya çıkan ve belediyeler tarafından toplanan katı atığın büyük bir kısmı metabolik döngüye dâhil edilemeden belediye çöplüğünde (%69,43) depolanmaktadır. Belediyelerin topladığı toplam atığın %13,19’u geri dönüştürülmek ve yeniden metabolik döngüye dâhil edilmek için geri dönüşüm tesislerine gönderilmektedir. Üretim sürecinde ortaya çıkan toplam atık değerlendirildiğinde imalat sanayi, termik santraller, maden işletmeleri ve organize sanayi bölgelerinde ortaya çıkan toplam atığın %27,22’si geri dönüştürülüp tekrar metabolik döngüye dâhil edilmektedir. Bununla birlikte üretim süreçlerinde ortaya çıkan toplam atığın %72,98’inin düzenli depolama alanlarında ve yakma tesislerinde yakılarak bertaraf edildiği görülmektedir. Bu

veriler çerçevesinde Türkiye’de tüketim ve üretim aşamalarında ortaya çıkan katı atığın materyal akış süreçleri incelendiğinde metabolik döngünün zayıf olduğu değerlendirilebilir.

Türkiye’de atıkların metabolik döngüsünün düzenli takip edilmesi ve atık yönetiminin başarılı olabilmesi için yerel yönetimler, özel sektör ve kamu kurumları dâhil ilgili tüm aktörlerin metabolik döngülerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda materyal akış analizlerinin, sıfır atık politikaları doğrultusunda özelden genele doğru değerlendirilmesi daha etkin atık yönetimi açısından önemli olacaktır. Türkiye’de enerji, su ve atık gibi alanlarda kaynak verimliliğinin sağlanması için metabolik akışların takip edilebilmesi gerekmektedir. Ancak hem akademik açıdan hem de ilgili aktörler tarafından metabolik döngülerin takip edilememesi kaynak yönetimi açısından çevresel sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca materyal akış analizlerinin daha kısa vadede ve etkili şekilde yapılabilmesi için söz konusu alanlarda TÜİK tarafından yayınlanan istatistikî verilerin, altı aylık veya yıllık dönemler halinde yayınlanması, metabolik akışların takip edilmesini kolaylaştıracaktır.

5. ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

6. MADDİ DESTEK

Bu çalışmada herhangi bir fon veya destekten yararlanılmamıştır.

7. YAZAR KATKILARI

İA: Fikir;

İA: Tasarım;

İA: Kaynakların toplanması ve/veya işlemesi;

İA: Literatür taraması;

İA: Analiz ve/veya yorum;

İA: Çalışmayı yazan;

İA: Eleştirel inceleme

8. ETİK KURUL BEYANI VE FİKRİ MÜLKİYET TELİF HAKLARI

Çalışmada etik kurul ilkelerine uyulmuştur ve fikri mülkiyet ve telif hakları ilkesine uygun olarak gerekli izinler alınmıştır. Çalışma içerik bakımından etik kurul izni alınması gerekmemektedir.

9. KAYNAKÇA

- Alberti, M. (1999). Modeling the urban ecosystem: A conceptual framework. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(4), 605-630.
- Allesch, A. & Brunner, P. H. (2015). Material flow analysis as a decision support tool for waste management: A literature review. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 753-764.
- Ayres, R. U. & Kneese, A.V. (1969), Production, consumption, and externalities. *The American Economic Review*, 59(3), 282-297.
- Barles, S. (2009). Urban metabolism of Paris and its region. *Journal of Industrial Ecology*, 13, 898-913.
- Barrera, P., Carreón, R. & Hugo J. de Boer (2018). A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective, resources. *Conservation and Recycling*, 132, 230–238.
- Boyden, S., Millar, S., Newcombe, K. & O'Neill-Canberra, B. (1981). *The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*. Canberra: Australian National University Press.
- Bringezu, S. (1997). *Material Flow Indicators*. In: Moldan, B.; Billharz, S.; Matravets, R. (Eds.): Sustainability Indicators. Report of the Project on Indicators of Sustainability. Series: SCOPE, No. 58: 170-180.
- Brunner, H. P. (2007). Reshaping urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 11-13.
- Carréon, J. R., and Worrell, E. (2018). Urban energy systems within the transition to sustainable development: a research agenda for urban metabolism, resources. *Conservation and Recycling*, 132, 258–266.
- Castán Broto, V., Allen, A. & Rapoport, E. (2012). Interdisciplinary perspectives on urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 16(6), 851–861.
- Codoban, N. & Kennedy, C.A. (2008). The metabolism of neighbourhoods, ASCE. *Journal of Urban Planning and Development*, 134(1), 21-31.
- Collins, A. & Flynn, A. (2007). Engaging with the ecological footprint as a decision-making tool: process and responses. *Local Environment*, 12(3), 295–312.
- Fischer-Kowalski, M. & Huttler, W. (1997). Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis part II, 1970–1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 107–136.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. & Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities, *Science*, 3 (58), 756–760.
- Haberl, H. (2001). The energetic metabolism of societies: part I: accounting concepts. *Journal of Industrial Ecology*, 5, 11-33.

- Hoornweg, D. & Kennedy, C. (2012). Mainstreaming urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 16, 780-782.
- Huan, L. & Kwan, M. (2018). Advancing analytical methods for urban metabolism studies. *Resources, Conservation & Recycling*, 132, 239–245.
- Huang, S. L. & Chen, C.W. (2009). Urbanization and socioeconomic metabolism in Taipei. *Journal of Industrial Ecology*, 13, 75-93.
- Keleş, R. (2015). *Kentleşme politikası*. Ankara: İmge Kitabevi.
- Kennedy, C., Cuddihy, J. & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities, *Journal of Industrial Ecology*, 11, 43-59.
- Krausmann, F., Haberl, H., Schulz, N.B., Erb, K.H., Darge, E. & Gaube, V. (2003). Land-use change and socio-economic metabolism in Austria, part I: driving forces of land-use change 1950-1995. *Land Use Policy*, 20, 1-20.
- Moffatt, I. (2000). Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics*, 32, 359-362.
- Newman, P. (1999). Sustainability and cities: extending the metabolism model. *in Landscape and Urban Planning*, 44, 219–226.
- Tekeli, İ. (2005). Türkiye’de nüfusun mekansal dağılımında yaşanan gelişmeler (1935-2000). *ODTÜ MFD*, 22(1), 85-102.
- TÜİK, İstatistik Veri Portalı, <https://data.tuik.gov.tr/>, 25.10.2022 tarihinde erişildi.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific America*, 213(3), 179-190.