

İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARININ DÖNGÜSEL EKONOMİ MODELİNE GÖRE YÖNETİMİ

Yayına Geliş Tarihi: 17.07.2023
Yayınlanma Tarihi: 12.09.2023

Zeynep Eren¹ Büşra Nazlı Şen

Özet

Bu çalışmada hafriyat toprağı (HT) ve inşaat yıkıntı atıklarının (İYA) türlerinin geri dönüşümü ve döngüsel ekonomi modeline göre yönetimi literatürdeki örnek çalışmalar üzerinden incelenmiştir. HT, İYA'nın geri dönüştürülerek birçok alanda kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Bu atıklardan elde edilen geri dönüştürülmüş agrega, plastik, fayans, seramik, tuğla-kiremit, demir, cam, asfalt, ahşap, kâğıt ve alüminyum gibi malzemeler geri dönüştürülerek ülke ekonomisine olumlu yönde katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Hafriyat toprağı, inşaat yıkıntı atıkları, karayolu, geri dönüşüm, döngüsel ekonomi modeli

Management Construction and Demolition Wastes According to Circular Economy Model

Abstract

In this study, the recycling of excavated soil and construction and demolition waste types and their management according to the circular economy model were examined through case studies in the literature. It has been determined that excavated soil and construction and demolition wastes can be recycled and used in many areas. Materials such as recycled aggregate, plastic, tiles, ceramics, bricks-tiles, iron, glass, asphalt, wood, paper and aluminum obtained from these wastes contribute positively to the country's economy.

Keywords: Excavated soil, construction and demolition waste, highway, recycling, circular economy model

Giriş

Ekonomik faaliyetlerin önde gelen alanlarından biri olan inşaat sektörünün 2021 yılında GSYH içindeki payı %5-6 arasında olup (ÇŞB 2023) küresel ekonomideki ortalama payı olan %10-12'nin altındadır. Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde inşaat sektörünün büyüme oranları, ekonomik aktivitedeki canlılık ve yüksek yatırım potansiyeli doğrultusunda gelişmiş ülke ortalamalarının üzerinde seyretmektedir. Bu nedenle, 2025 yılı itibarı ile sektörün ekonomideki payının gelişmiş ülkelerde %10 seviyesinde ve gelişmekte olan ülkelerde de %16-17 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir (Sezgin ve Aşarkaya 2017)

Sektördeki bu büyüme öncelikle hammadde ihtiyacını gündeme getirmektedir. Beton, inşaat sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesidir. Güvenli, ekonomik ve dayanıklı olması sebebiyle özellikle konut tipi yapıların %99'dan fazlasının inşasında tercih edilmektedir. Agregaya ise betonun %55-80'ini oluşturmaktadır. Günümüzde beton sektörü sürekli olarak doğal agrega tüketimine yönelmektedir. Agregaya karşı alternatif bir çözüm bulunamadığı sürece doğal agrega tüketimine devam edilecektir. Dünya maden üretiminin yaklaşık %58'ini oluşturan agreganın kişi başına tüketimi, Avrupa'da yılda ortalama 7 ton ve ülkemizde yaklaşık 4 ton gibi önemli miktarlara ulaşmış durumda, bu da sürdürülebilir doğal kaynak kullanımı açısından bir tehdit oluşturmaktadır. (Köken vd 2008).

ÇŞB resmi verilerine göre ülkemizde yaklaşık 19 milyon konut bulunmaktadır. Bu konutlar içerisinde, 2000 yılından sonra inşa edilen 5 milyon konut dışında kalan 14 milyon konut, afet riski açısından incelenmelidir. Ayrıca, ülke genelindeki yapı stokunun yaklaşık %40'ı, yani yaklaşık 6-7 milyon konut, yenilenmesi veya güçlendirilmesi gerekmektedir (ÇŞB

¹ 1 Sorumlu Yazar, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye.
zeren@atauni.edu.tr

2018). Bu kentsel dönüşüm faaliyetleri sonucunda, yaklaşık olarak iki milyar ton inşaat ve yıkım atığı (İYA) ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir (Yürek 2013). İYA'nın bertarafı her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır, çünkü bu atık grubunun geri dönüşüm potansiyeli yüksektir. Yapılan araştırmalar, her bir metreküp İYA'nın %60'ının geri dönüştürülebileceğini göstermektedir (Anonim 2021). Beton binaların ortalama ömrünün en fazla 50 yıl olduğu göz önünde bulundurulduğunda, kentsel dönüşüm projelerinin sürekli bir gereksinim oluşturacağı ve inşaat atıklarının her zaman önemli bir sorun olarak kalacağı açıktır (Hozatlı ve Günerhan, 2014). İYA'nın plansız bir şekilde çevreye atılması, arazi kullanımını kısıtlar, toprak ve su kaynaklarını kirletir, doğal yaşamı bozar ve toprak kirliliğine neden olur. Ayrıca, İYA'nın plansızca atıldığı bölgelerin gelecekte yeşil alan olarak kullanılması zorlaşır, çünkü yeşil alanlara dönüştürülmek istenen bölgelerde sadece bitkisel toprak kullanılması gerekmektedir. Tüm bu çevresel sorunlar, inşaat atıklarının (İYA) ve hafriyat toprağının ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesinin önemli ve zorunlu bir eylem alanı haline gelmesine neden olmaktadır.. İYA'nın geri dönüşümü ile elde edilen malzemeler, başta agrega olmak üzere diğer geri dönüştürülmüş malzemeler, hammaddenin korunması ve çeşitli çevre sorunlarının azaltılması veya ortadan kaldırılmasına katkı sağlayacak ve aynı zamanda agrega üretimi sürecinde enerji tüketimini azaltarak iklim değişikliği ile mücadeleye yardımcı olacaktır (Çakır ve Tüfekçi 2011).

1. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Tanımı

Binaların yapımı, onarımı ve yıkımı gibi inşaat faaliyetleri sonucunda birçok farklı malzeme içeren atıklar meydana gelmektedir. Bu atıklar genel olarak inşaat atıkları olarak adlandırılmaktadır ve temelde HT ve İYA olarak ikiye ayrılmaktadır. HT, inşaat

öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucu oluşan toprağı ifade etmektedir. Kazının 0,10-0,80 m arasındaki kısmı, bitkisel toprak olarak adlandırılmakta ve bitki gelişimi için hava ve su sağlayan organik ve inorganik madde içeren toprağı ifade etmektedir. İnşaat atıkları; konut, bina, yol, köprü gibi alt ve üst yapıların inşası sırasında ortaya çıkan ve inşaat alanında kullanılan malzemelerin oluşturduğu atıkları ifade ederken; yıkıntı atıkları ise bina, konut, yol, köprü ve benzeri alt ve üst yapıların tamirâtı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan ve genel olarak beton, moloz ve çelik gibi malzemelerden oluşan atıkları ifade etmektedir. Literatürde İYA inert malzemeler (yani kum, tuğla ve beton) ve inert olmayan malzemeler (plastik, kağıt, cam, ahşap, bitki örtüsü ve diğer organik malzemeler) olarak da sınıflandırılmaktadır (Ulubeyli et al. 2017).

İYA inşaatın tekniğine, inşaatla kullanılan malzemelerin türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, genel olarak betonarme, beton, briket, tuğla, tahta, sıva, cam, metal malzemeler (alüminyum, çelik, bakır, pirinç), alçı, kiremit, kartonpiyer, plastik, borular, elektrik malzemeleri ve asfalt gibi malzemelerden meydana gelmektedir. Yönetmelikte asfalt atıkları ayrı olarak sınıflandırılmıştır. Asfalt atıkları; yol, havaalanı pisti ve benzeri yapıların tamirâtı, tadilatı, yenilenmesi ve yıkımı sırasında ortaya çıkan ve bileşiminde asfalt, zift, doğal polimer ve benzeri malzemeleri bulunduran atıkları ifade etmektedir. Asfalt atıklarının geri kazanılması esas olduğu için bu atıklar diğer İYA'dan ayrı olarak toplanır ve taşınır.

2. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kaynakları ve Özellikleri

İYA'nın geri dönüşümünü en yüksek oranda sağlamak için, yıkım öncesinde ve esnasında tehlikeli atıkların ayıklanması ve diğer malzemenin tekrar kullanılabilmesi ve geri dönüşümünün sağlanması için malzemenin niteliğine göre kontrollü yıkım ve söküm

işlemi (seçici yıkım) yapılmalıdır (ÇŞB 2004). Yönetmelikte yer alan HT ve İYA kaynakları ve bileşenleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Kazı esnasında oluşan toprak, kum, çakıl, kaya parçaları, kil ve kazıdan çıkan ve kazının yapıldığı yerin doğal yapısına bağlı olarak bileşimi değişen malzemeler ile arazi temizleme atıkları HT olarak değerlendirilir. Bu tür atıklar inşaat faaliyetlerinin yanında taşkın, heyelan gibi doğal afetler sonucunda da oluşmaktadır. Toplam inşaat atıklarının önemli bir kısmını oluşturan arazi temizleme atıkları ise ticari amaçlı kullanılmayan kereste parçaları, çalı, ağaç yaprakları veya dalları, küçük taş parçaları ve topraktan meydana gelmekte ve bu atıklar da dolgu malzemesi olarak tekrar kullanılabilir.

Tablo 1. HT, İYA Kaynakları ve Bileşenleri (ÇŞB 2004)

HAFRİYAT TOPRAĞI ve İNŞAAT/YIKINTI ATIKLARI			
HAFRİYAT TOPRAĞI	YOL YIKINTI ATIKLARI	YIKINTI ATIKLARI	KARIŞIK YIKINTI ATIKLARI
KAYNAKLARI Hafriyat Faaliyetleri	KAYNAKLARI Karayolu, demiryolu ve havaalanı pistlerinin yapımı, tamirata, tadilatı ve yıkımı faaliyetleri	KAYNAKLARI Konut okul hastane ve endüstriyel tesisleri gibi yapıların yıkım faaliyetleri	KAYNAKLARI Binaların seçici olmayan yıkımları, tamirata, tadilatı, güçlendirilmesi faaliyetlerindeki yıkımlar
BİLEŞENLERİ Bitkisel Toprak Toprak Kum Çakıl Taş Kil	BİLEŞENLERİ Beton Kıvrılmış Asfalt Yol Kaplama Malzemeleri Kaldırım Taşı Kum Çakıl Demiryolu Traversleri ve Balastları	BİLEŞENLERİ Demir İçeren ve İçermeyen Beton Çatı Konstrüksiyonu ve Örtü Malzemesi (Ahşap, Kiremit, Yalıtım Malzemesi) Duvar Örgü Malzemeleri (Tuğla, Briket, Taş) Sıva, Alçı, Diğer Malzemeler	BİLEŞENLERİ Beton Duvar Örgü Malzemeleri (Tuğla, Briket, Taş) Sıva Kum Çakıl Ahşap Plastikler Seramikler Metaller Kağıt Ve Karton

ve çalışma bölgesi atıkları olarak adlandırılan diğer inşaat atıklarını içermektedir.

3. Ülkemizde Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetimi

Türkiye’de, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’nin "2008/98/EC sayılı atık hakkında direktifi" temel alınarak AB mevzuatına uyum sağlamak amacıyla "Atık Yönetimi Yönetmeliği" hazırlanmış ve bu yönetmelik 02.04.2015 tarihinde 29314 Sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (ÇŞB, 2015). Bu yönetmelik, kontamine olmayan HT ve İYA’nın çevre ve insan sağlığına zarar vermemesi için nasıl yönetilmesi gerektiğini düzenler. Bu düzenlemeler, ülkemizde atık yönetimi ile ilgili olarak ilk olarak yürürlüğe giren "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"ne dayanmaktadır. Bu yönetmelik, 18/3/2004 tarihinde 25406 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004). HT ve İYA yönetimi, atığın öncelikle kaynaktan azaltılması,

Karayolu, demiryolu ve havaalanı pistlerinin yapım, tamirat ve yıkım işlemleri, yol asfaltı yenilenmesi ve yama yapımı, köprü-geçit yapımı, tamirata ve yıkım işlemleri sonucunda veya şehirlerde yer altı suyu, atık su kanalları ve elektrik gibi altyapı sistemlerinin döşenmesi esnasında oluşan atıklar yol yıkıntı atıkları arasında yer almaktadır. Bu atıklar genellikle asfalt, çakıl, kum, metal, beton ve yol kazısından gelen kazı malzemelerinden meydana gelmektedir (ÇŞB 2004).

Yıkıntı atıkları; beton parçaları, toprak, çakıl, kireçli sıva, briket , kum, alçı taşı islenmiş taş ve porselen gibi binaların ve okul, hastane ve endüstriyel tesisler gibi diğer yapıların yıkımı esnasında oluşan heterojen atıklardır.

Karışık yıkıntı atıkları binaların seçici olmayan yıkımı, tadilatı, tamirata ve güçlendirilmesi işlemlerinden meydana gelmektedir. Beton, tuğla, sıva, kum, çakıl, tahta, plastik, seramik, metal, kâğıt ve diğer atıklardan meydana gelen

kaynağında ayrıştırılması, geçici biriktirilmesi, taşınması, tekrar kullanılması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesi gibi teknik ve idari hususları içeren genel kurallara uygun bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Tablo 2. Türkiye’de HT, İYA Yönetimi için Yasal Dayanaklar

4. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Dönüşümü

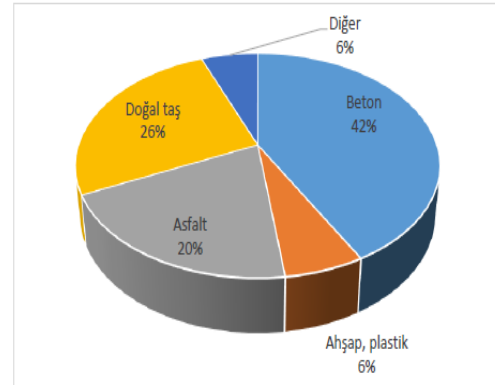
İYA’nın geri dönüşümü beton için kullanılan malzemelerin yetersizliğinden dolayı ilk kez ABD’de ve Avrupa’nın bazı bölgelerinde 1970’lerde uygulanmaya başlamıştır. 1980’lerde ise düzenli depolama alanlarının azlığı, İYA meydana getirdiği çevre kirlilikleri ve hammadde konusunda artan farkındalık nedeniyle çeşitli ayırma ve geri dönüşüm tesisleri faaliyete geçirilmiştir. Günümüzde İYA’nın yönetimi için en çok tercih edilen bertaraf yöntemi geri dönüşüm, ardından sırasıyla yakma ve düzenli depolama işlemleridir. AB ülkelerinde ise İYA’nın geri dönüşümü ancak 1990’larda başlamış ve Türkiye’de ise bu atıklar için ilk geri dönüşüm tesisi 2006 yılında kurulmuştur (Ulubeyli et al. 2017).

Geri dönüştürülmüş ürünler, ilgili standartlara uygun olarak işlemden geçtikten sonra orijinal malzemelerle birlikte veya ayrı olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım alanları arasında yeni beton üretimi, yol yapımı, kaldırım inşaatı, otopark yapımı, yürüyüş yolları düzenlemeleri, kanalizasyon boruları döşenmesi, drenaj çalışmaları, kablo döşemeleri, alt ve üst yapı projeleri, spor ve oyun alanı inşaatları, rekreasyon çalışmaları gibi birçok farklı alan bulunmaktadır (ÇŞB 2004). İYA’nın geri dönüştürülmesinin hem çevresel hem de ekonomik olarak önemli katkıları vardır. İYA’nın geri dönüştürülmesi ile elde edilmiş malzemelerin ikincil hammadde olarak kullanımı ile öncelikle bu tür atıkların çevre ve insan sağlığına etkisi

önlenecek, hızla azalmakta olan doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı sağlanacak ve doğal kaynaklar korunacaktır. Böylelikle; bu kaynakların çıkartılması esnasında ortaya çıkan çevre kirliliklerinin, kaynakların genellikle şehir merkezlerinden uzakta olmasından dolayı ortaya çıkan nakliye

YIL	YASAL DAYANAK
1983	Çevre Kanunu
2004	Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
2010	Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
2015	Atık Yönetimi Yönetmeliği
2017	Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği
2017	Yıkım İşlemleri ile Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği Taslağı

maliyetlerinin ve nakliye sebebiyle ortaya çıkan sera gazı salımlarının azaltılması da sağlanmış olacaktır. Bileşenleri Şekil 1’de gösterilmiştir (Aktaş 2015). Buna göre İYA’nın en büyük kısmını beton malzemelerden oluştuğu için önemli bir kısmı geri dönüştürülebilir niteliktedir.



Şekil 1. İnşaat ve yıkıntı atıklarının dağılımı (Aktaş 2015)

4.1. Beton malzemelerin geri dönüşümü

Betonun toplam hacminin yaklaşık %75’i, mineral kökenli ve farklı tane büyüklüklerine sahip olan çeşitli kırılmış veya kırılmamış malzemelerden oluşan agregalar tarafından oluşturulmaktadır. Dünya genelinde maden üretiminin tamamına kıyasla, agrega üretimi

%58'lik bir paya sahiptir. Yıllık olarak dünya genelinde yaklaşık 8-12 milyar ton doğal agrega kullanılmaktadır. Bu nedenle, cevherin madencilik ve işlenmesinin çevresel etkileri oldukça büyüktür. Ülkemizde, hazır beton üretimi için yıllık olarak yaklaşık 200 milyon ton agrega gerekmektedir. Bu miktarın, Ordu-Giresun Havalimanı'nda yapılan deniz dolgusunun 6 katından fazla olduğunu düşünürsek, agrega üretiminin ülkemiz ekonomisi ve çevresi üzerinde büyük bir etkisi olduğunu anlayabiliriz. (Aktaş, 2015).

4.2. Plastik malzemelerin geri dönüşümü

İnşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan plastikler maliyetlerinin düşük olması, enerji tasarrufu sağlamaları ve yüksek yalıtım kapasitelerine sahip olmalarından dolayı tercih edilmektedir. Plastiğin inşaat sektöründe kullanıldığı alanlar kapı, tesisat armatürleri, duvar elemanları, duvar plakaları, çatı ve zemin kaplamaları, su deposu, doğramalar, kablolar, pencere ve boru malzemeleridir. İnşaat sektöründe en çok kullanılan plastikler PVC, poliklorit vinil, poliüretan, polietilen ve polisiterindir. İYA'ndan ayrıştırılan plastik malzemeler gruplandırılıp küçük parçalara ayrılarak artık maddelerin uzaklaştırılması için yıkanıp kurutulurlar. Elde edilen plastik malzeme geri dönüşüm için tek başına eritileceği gibi daha kaliteli bir malzeme elde etme amacıyla geri dönüştürülmemiş orijinal bir hammadde ile karıştırılıp eritilerek daha kaliteli bir ürün elde edilebilmektedir. Bina yapım esnasında kullanılan İYA'ndaki plastiklerin büyük bir kısmını oluşturan özellikle kablo gibi plastik malzemeler geri dönüştürülmüş malzemelerden elde edildiği için ticari değeri az olan bir hammadde elde edilmektedir. Plastik malzemeler geri dönüştürülerek; yağmur suyu ve atık su boruları, çeşitli plastik dolgu malzemeleri, plastik oyuncaklar, araba yedek parça yapımında pis su borusu, sera örtüsü vb. şekilde değerlendirilmektedir (Dubois 2019). Günümüzde 370 milyon ton/yıl olan dünya plastik tüketiminin, 2050'de bir milyar tonu

geçmesi beklenmekte; küresel geri dönüşüm sektörünün ise 2050'deki bu talebin yaklaşık %60'ını karşılayacağı öngörülmektedir. Türkiye'de ise plastiklerin geri dönüşümü ile 2030'da plastik hammadde ithalatından kaynaklı cari açığımızın %35,1 azaltılması beklenmektedir (Akın 2018; PAGDER 2019).

4.3. Fayans ve seramik malzemelerin geri dönüşümü

İYA'ndan elde edilen fayans ve seramik atıkları beton ve tuğla ile karışık olarak makinelerde parçalandıktan sonra mıknaşlar aracılığıyla demir gibi maddelerden arındırılarak ve çeşitli katkıları yapılması sonucu yoğurularak geri dönüştürülebilmektedir. Geri dönüştürülen bu atıklar beton agregası, yol altyapı malzemesi, parke taşı ve peyzaj elemanlarının yapımında kullanılabilir. Ayrıca atık fayans ve seramik parçaları kırılıp cam malzemeyle birlikte geri dönüştürüldüğünde tezgâh üretiminde değerlendirilebilmektedir (Akın 2018).

4.4. Tuğla ve kiremit malzemelerinin geri dönüşümü

İYA arasında, tuğla ve kiremit atıkları da önemli bir paya sahiptir. Tuğla, yapı malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle, tuğlaların özellikleri, dışarıdan nemin içeri girmesini engelleme, ısı izolasyonu sağlama, dayanıklılık, ekonomiklik ve uzun ömür gibi özelliklerle donatılmıştır. Tuğlalar, düşük bakım maliyetleri sayesinde 120 yıl veya daha uzun bir süre boyunca hizmet verebilmektedir. Bu uzun ömür, tuğlaların bir binanın ömrü sona erdiğinde yeniden kullanılabilmesini veya geri dönüştürülebilmesini mümkün kılar. İnşaat atıklarından elde edilen tuğla malzemeleri, özellikle beton harcı ve kalıpların yanı sıra yeni tuğla üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, bu malzemeler spor sahalarında, tenis kortlarında, peyzaj düzenlemelerinde, çatı drenajında, yol zemininin alt katmanında ve drenaj

kanallarında stabilize ve dolgu malzemesi olarak yeniden kullanılmaktadır (Çağrıç 2016).

Kiremit, mimari yapıların çatı kaplamalarında kullanılan pişmiş toprak bir malzemedir. Ülkemizde her yıl neredeyse 250.000 ton kiremit atığı oluşmaktadır. Bu kiremit atıklarının büyük bir bölümü geri dönüşüme kazandırılarak yeniden kullanılmaktadır. Geri dönüşüm sonucu elde edilen malzemenin ana kullanım alanları şunlardır: yarı hafif beton üretiminde agrega yerine kullanılabilir, renkli harç üretiminde kumun yerine kullanılabilir, bağlayıcı olarak çimento yerine tercih edilebilir, tuğla üretiminde kullanılabilir, peyzaj ürünleri imalatında kullanılır, tenis kortu döşemelerinde, yol zemininin alt katmanında ve drenaj malzemesi üretiminde kullanılabilir. Bu sayede kiremit atıkları çevreye faydalı bir şekilde geri dönüştürülerek atık yönetimi konusunda olumlu bir katkı sağlar.

4.5. Demir malzemelerin geri dönüşümü

Demir malzemeler İYA'dan kaynaklanan atıklar içerisinde geri dönüştürülebilen en değerli atıklardan arasında yer almaktadır. Yapı malzemeleri arasında betondan sonra en çok kullanılan malzeme demir ve metal yapı elemanlarıdır. Dolayısı ile İYA'nın da en büyük ikinci kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle geri dönüşümleri de oldukça önemlidir. İYA'nın içindeki metal kısım genellikle elektromanyetik mıknatıslar ile ayrıştırılarak doğrudan eritilmek suretiyle ikincil bir hammadde haline dönüştürülür. Betonların içinden makineler olmadan insan gücüne dayalı olarak kırılıp çıkartılan metal atıklar ekonomik ve uygulanabilir olmamakla beraber çalışanın sağlığını ve güvenliğini de tehdit etmektedir (Akin 2018).

4.6. Cam malzemelerin geri dönüşümü

Cam inşaat sektöründe çok çeşitli alternatifleri ile farklı amaçlarla kullanılan bir malzemedir. Bu nedenle cam sektöründe üretilen ürünlerin

en çok kullanıldığı alan inşaat sektörüdür. Dolayısı ile İYA önemli miktarda atık cam içermektedir. Atık camlar biyolojik olarak parçalanamadıklarından katı atık depolama alanlarına gönderilememekte, "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"ne göre geri dönüşümlerinin yapılması yasal olarak zorunludur (ÇŞB 2017). Atık camlar beton ve tuğla parçaları ile karıştırılarak bina panellerinin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca düz cam kırıkları binalarda cam mozaik halinde dış yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılırken, iç mekânlarda ise dekorasyon amaçlı kullanılabilir. Atık cam malzemeler, trafik işaretlerinin, şeritlerin ve yol kaplamalarının yapımında kullanılan boyalara eklenerek bu işaretlerin gece görünürlüğünü artırmak ve ışığı yansıtarak gece daha belirgin hale getirmek için kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar atık cam malzemelerin asfalt beton kaplama karışımlarında da dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Savcı ve Dikmen, 2015; Akin 2018).

4.7. Asfalt malzemelerin geri dönüşümü

Asfalt İYA içerisinde en yüksek geri dönüşüm oranına sahip malzemelerden biridir. Bozulmuş veya ömrünü tamamlamış asfalt kaplamalar kot yükselmesinin de önüne geçmek için kazanmakta ve yeni yapılacak sıcak asfalt karışımlarında geri dönüştürülerek kullanılmaktadır. Yol, havaalanı pisti ve benzeri yapıların tamirâtı, tadilatı ve yıkımı esnasında oluşan asfalt atıkları, diğer İYA'dan ayrı olarak toplanıp taşınarak geri kazanım tesislerine götürülür. Asfalt atıkları geri kazanım tesislerinde ikincil ürün haline getirilerek düşük trafik yoğunluklu yollarda dolgu malzemesi olarak veya asfalt üretim tesislerinde öncelikli olarak kullanılabilir (ÇŞB 2004). Petrol fiyatlarındaki artış ve doğal asfalt agregasının kolay temin edilememesi asfalt malzemelerin geri dönüşümünün önemini artırmaktadır. Ayrıca, eski asfalt kaplama tabakalarının kazılması sırasında elde edilen ve ekonomik

değeri yüksek olan bitüm ve agreganın tekrar yol yapımında kullanılması, maliyetleri önemli ölçüde azaltırken aynı zamanda çevre kirliliğini de azaltmış olacaktır Dünya genelinde her yıl yaklaşık olarak 1.425 milyar ton agrega ve 75 milyon ton bitüm, asfalt yapımı için kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, ekonomik ve çevresel nedenlerle önemli ölçüde asfalt malzemeleri geri dönüştürülürken, ülkemizde bu malzemeler ya atılmakta ya da değeri çok düşük bir şekilde köy yollarında stabilize malzemesi olarak kullanılmaktadır (Oruç vd. 2018).

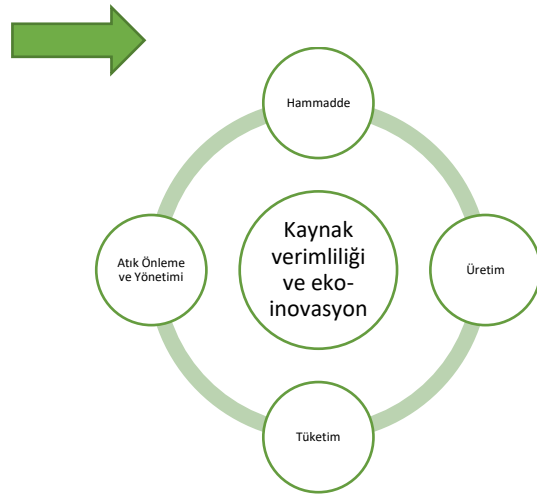
4.8. Diğer inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşümü

İYA'nın önemli bir kısmını oluşturan doğal taşlar sınıflandırılarak geri dönüştürülmekte ve duvarlarda, döşemelerde, kaldırım yapımında, dekoratif ürünlerde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Doğal taş sınıfında kabul edilen mermer malzemeler ise toz haline getirilerek asfalt yapımında, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmelerde katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Mermer parçaları agrega yapımı başta olmak üzere, suni mermer plakları ve süsleme sanatında yeniden kullanılabilir. İYA kapsamında ortaya çıkan ahşap atıkların geri dönüşüm sürecinde, ahşabın türü, üzerindeki kimyasal maddeler ve diğer atıklar oldukça önemlidir. Ahşabın yapısı bozulmamışsa, benzer bir malzemenin üretiminde kullanılabilir veya ahşabın türüne bağlı olarak kâğıda dönüştürülebilir. Ancak tekrar kullanılmayacak durumda olan ahşap atıklar, yakılarak geri kazanım sağlanır (Kılıç 2012).

5. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Döngüsel Ekonomi Modeline Göre Yönetimi

Katı atık yönetim hiyerarşisinin temelinde çevre ve insan sağlığını koruma amacı taşıyan iki ana prensip bulunmaktadır. İlk prensip, atık oluşumunu ve yönetiminden kaynaklanan olumsuz etkileri en aza indirmek ve önlemek üzerine kuruludur. İkinci prensip ise kaynak

verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir kaynak kullanımını teşvik etmektir. Döngüsel ekonomi modeline göre, atık yönetimi hiyerarşisini güçlendirmenin en önemli yollarından biri geri dönüşümü artırmak ve düzenli depolama alanlarını azaltmaktır. Avrupa Birliği (AB) atık yönetim mevzuatına göre, geri dönüşüm oranlarının artırılması gereken kritik alanlardan biri inşaat sektörünün ürettiği atıklardır. Döngüsel ekonomi modeli içinde atık yönetimi, Şekil 2'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



Şekil 2. Döngüsel ekonomi modeli içerisinde atık yönetimi (EC 2020)

İYA öncelikli atık akışları arasında yer aldığı için bu tip atıkların döngüsel ekonomi modeli içinde yönetimi oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak İYA'nın döngüsel ekonomi modeli içinde kantitatif olarak artırım hedefleri yanında; geri dönüştürülen malzemelerin mümkün olduğu kadar uzun süre ekonomide tutulması, içsel değerinin/kalitesinin olabildiğince artırılması ve bu malzemeler içindeki tehlikeli maddelerin ise azami ölçüde azaltılması gibi hedefleri de önem taşımaktadır (EEA 2020).

Döngüsel ekonomi, yaygın olarak kullanılan doğrusal tüketim modelini dönüştürerek malzeme tasarruflarıyla ekonomik sürdürülebilirliği sağlayan ve yenilikçi yöntemler öneren bir ekonomik modeldir. Bu

model, "al-yap-tüket-at" prensibi yerine malzemelerin tekrar kullanılmasını ve dönüştürülmesini vurgulayan bir döngüsel yaklaşımı benimser. Çünkü doğrusal model, doğal kaynakların mevcut, bol ve kolay ulaşılabilir varsayımına dayanmaktadır. Ancak hızla tükenen doğal kaynaklar doğrusal ekonomi modelinin sürdürülebilir olmadığı en açık göstergesidir. Döngüsel ekonomik modelin, mevcut işletmelerin karlarını artırmak, rekabet avantajı kazanmak ve yeni gelir kaynaklarına ulaşmanın yanı sıra çevre dostu ve yeşil ürünler üretmek, enerji ve doğal kaynakları korumak ile kirlilik oluşumunu azaltmak gibi birçok önemli ekonomik ve çevresel avantajı bulunmaktadır. Döngüsel ekonomi modeli, ürünlerin, bileşenlerin ve malzemelerin kullanım ömrünü maksimize etmeyi ve aynı zamanda ekonomik değerlerini sürdürülebilir bir şekilde korumayı amaçlayan bir ekonomik modeldir. Bu yaklaşım, hammadde ve enerji tüketimini minimize ederken, doğal kaynakların çıkarılması, emisyonlar ve atık yönetimi gibi çevresel riskleri azaltır. Ayrıca, kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasını teşvik eder ve israfı en aza indirir, böylece doğal kaynakların yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlar (Gedik 2020; EEA 2020).

İnşaat sektörü, atık üretimi açısından oldukça döngüsel bir yaklaşım sergilerken, inşaat ve yıkıntı atıklarının yönetim uygulamaları incelendiğinde, geri kazanımın genellikle düşük dereceli geri dönüşüm yöntemlerine dayandığı görülmektedir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi, genellikle geri doldurma işlemleri ve yol alt tabanlarında geri dönüştürülmüş agregaların kullanılması gibi düşük seviyeli geri kazanım pratiklerine odaklanır.

Ancak, İYA'nın döngüsel ekonomi modeline daha fazla uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu yönetim yaklaşımı, atık üretiminin önlenmesi ve atıkların içerdiği tehlikeli maddelerin azaltılması gibi hedefleri

içermelidir. Ayrıca, geri dönüşüm miktarını ve kalitesini artırmak da öncelikli amaçlar arasında yer almalıdır. Ayrıca; İYA'nın mümkün olduğu kadar uzun sürede ekonomide tutulması, içsel değerinin veya kalitesinin olabildiğince artırılması ve atıklardaki tehlikeli malzemelerin azaltılması gibi amaçlara da odaklanmaktadır. İYA yönetiminin iyileştirilmesi için inşaat sektöründe uygulanabilecek döngüsel eylem örnekleri aşağıda sıralanmıştır (EEA, 2020):

1. Hammadde: Yüksek geri dönüşüm içeriğine sahip yüksek dayanıklılığa sahip malzemeler, yapının ömrünü uzatır, böylece atık oluşumunun azalmasına katkı sağlar, kapalı döngülerde geri dönüştürülmüş malzeme talebi yaratır ve geri dönüşümün kalitesini artırır. Ancak ham maddeler için düşük ücrete karşı geri dönüşüm sürecinin yüksek maliyetli olması, geri dönüşüm kalitesine olan şüphe ve standartların eksikliği gibi dezavantajları bulunmaktadır

2. Yapım ve Tasarım: Yeniden kullanılabilen, yeniden kurulabilen, yeniden yapılandırılabilen, geri dönüştürülebilir malzemelere sahip kolay ayrışabilir ve sökülebilir yapı ürünlerinin tasarımı, atık azaltımının bir parçasıdır. Yapı bileşenlerinin kolay ayrışabilirliği geri dönüşümü kolaylaştırır. Ancak yüksek karmaşıklığa sahip sökme işlemleri, enerji verimi yönetmeliği gibi diğer yasalarla çatışma olasılığı, tecrübe ve bilgi eksikliği ile uygulama ve sonuç arasında geçen çok uzun süre gibi dezavantajlara sahiptir.

3. İnşaat Hizmet Ömrünün Uzatılması: Yenileme, bakım, iyileştirme, tamir gibi uygulamalar atık önleme, yeni inşaatların ve buna bağlı olarak çevresel etkilerin oluşmasını engelleme gibi avantajları yanında ömrü uzatılan enerji verimi olmayan binalar; düşük kaliteli malzemelerin varlığından kaynaklanan risk ve yapı elemanlarında bozulma, yüksek işgücü maliyeti ve mimari tercihlerde değişimler gibi dezavantajlara sahiptir.

4. *Bina Kimlikleri:* Yapı ürünlerindeki malzeme ve bileşenlerin özelliklerini tanımlayan veri setleri ömrünü tamamlayan malzemelerinin kaynaktan ayrılmasını kolaylaştırır, geri dönüşüm kalitesini artırır ve kapalı döngü oluşturur. Ancak uzun zaman dilimlerine sahip bilgi ve veri yönetimi ile bilgi toplama ve depolama maliyeti gerektirir.

5. *Seçici Yıkım:* Ömrünü tamamlayan yapılarda tehlikeli malzemelerin uzaklaştırılmasını ve yüksek kaliteli, saf malzeme parçalarının kaynaktan ayrılmasını sağlar, geri dönüşüm miktarını ve kalitesini artırır ancak daha çok zaman alan ve muhtemelen daha pahalı, takip edilebilirliği zayıf (atık maddenin kökeni ve kaynağı hakkında sınırlı bilgi) ve bina ve inşaat malzemelerinin karmaşık olması gibi dezavantajları taşıyan bir yıkım işlemidir.

Tanımlanan bu döngüsel eylem örneklerinin ortak engellerinin olduğu ve bu engellerin İYA'nın döngüsel yönetimini zorlaştırdığı görülmektedir. Yeni politika hedefleri ile bu engellerin kaldırılması, atık yönetimi hedeflerinin gerçekleştirilmesinde ve sektör tarafından döngüsel ekonomi düşüncesinin benimsenmesinde doğrudan bir etkiye sahip olacaktır. Bu hedefleri şu şekilde örneklendirmek mümkündür: Rekabetçi bir ikincil malzeme pazarı, ikincil hammaddelerin hem miktarı hem de kalitesi için talep yaratarak döngüsellik artırır, ikincil hammaddeler için standartların geliştirilmesi ise malzemenin özelliklerine ve kalitesine olan güveni artırır. Ayrıca tehlikeli maddelerin verimli bir şekilde uzaklaştırılması için teknoloji geliştirilmesi ve yeni yapılarda tehlikeli malzemelerin kullanımının ortadan kaldırılması, mevcut bina stokundaki malzemelerin türünü ve hacmini kayıt altına alan malzeme kimliklerinin oluşturulması ve yıkım öncesi denetimler İYA'nın tehlikeli içeriğinin yönetim engellerini ortadan kaldırmaya yardımcı politik eylemler olarak sıralanmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada belediye atıklarının genellikle %25-30'u gibi büyük bir yüzdesini oluşturan inşaat atıklarının geri dönüşümünü ve döngüsel ekonomi modeline göre yönetimi incelenmiştir. Gerek klasik atık yönetim hiyerarşisinde gerekse de döngüsel ekonomi modeli içerisinde İYA'nın en yüksek geri dönüşüm potansiyeline sahip kısmı beton agregası olarak bilinmektedir. Küresel madencilik faaliyetlerinin yarıdan fazlasının beton agregası üretmek için yapıldığı bilindiğinden, İYA'nın beton kısmının geri dönüşümü büyük önem kazanmaktadır.

İnşaat sektöründe İYA yönetiminin geliştirilmesi için uygulanabilecek döngüsel eylem örnekleri; hammadde kullanımı, bina yapım ve tasarım süreçleri, inşaatın hizmet ömrünün uzatılması, bina kimlikleri ve seçici yıkım süreçleri gibi çeşitli alanları içermektedir. Ayrıca, İYA için rekabetçi bir ikincil malzeme pazarı, ikincil hammaddeler için standartların geliştirilmesi, tehlikeli madde içeriklerinin verimli bir şekilde uzaklaştırılması için teknoloji geliştirilmesi ve yeni yapılarda tehlikeli malzemelerin kullanımının ortadan kaldırılması gibi yardımcı politik eylemler de döngüsel ekonomi modelinin başarısı için önerilmektedir.

HT ve İYA'nın döngüsel ekonomi modeli içinde sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi için projelere ihtiyaç olduğu açıktır. Özellikle kentsel dönüşüm projelerinin yoğun olduğu bir şehirde, inşaat atıklarının artma potansiyeli vardır ve bu da depolama sahasının ömrünün hızla dolmasına neden olabilir. Mevcut literatür incelendiğinde, HT ve İYA'nın geri dönüştürülerek birçok farklı alanda kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu atıklardan elde edilen geri dönüştürülmüş agrega, plastik, fayans, seramik, tuğla-kiremit, demir, cam, asfalt, ahşap, kağıt ve alüminyum gibi malzemeler geri dönüştürülerek ülke ekonomisine olumlu yönde katkı sağlamaktadır.

Bu sayede, hammadde ve enerji ihtiyacı minimize edilirken, doğal kaynakların çıkarılması, emisyonlar ve atık yönetimi gibi çevresel tehditler azaltılır; israf önlenir ve doğal kaynaklar yaşam döngülerinin tamamında etkili ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilir hale gelmektedir.

KAYNAKLAR

Akın, A. Ç., 2018. Türkiye’de Kentsel Dönüşüm Uygulamalarında Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarından Meydana Gelen Tehlikesi Atıkların Geri Dönüşümü ve Uygulama Alanları. Yüksek Lisans Tezi, Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.

Aktaş, Z., 2015. Bina Yıkım Atıklarının Altyapı Projelerinde Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.

Çağrı, A., 2016. İnşaat ve Yıkıntı Atıklarından Elde Edilen Geri Dönüşüm Malzemelerinin Karayolu Üstyapısında Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çakır Ö. ve Tüfekçi M. M., 2011. Geri Kazanılmış Agregaların Beton Üretiminde Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması". 8. Ulusal Beton Kongresi, İzmir.

ÇŞB 2023. Çevresel Göstergeler: Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın Sektörel Dağılımı, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/> (07.07.2023).

ÇŞB, 2004. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004, Hafriyat Toprağı, İnşaat Ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 25406 Sayılı Resmi Gazete.

ÇŞB, 2005. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2005. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 25755 Sayılı Resmi Gazete.

ÇŞB, 2017. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 30283 Sayılı Resmi Gazete.

ÇŞB, 2018. Kentsel Dönüşümde 50 Soru 50 Cevap, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <https://kastamonu.csb.gov.tr/kentsel-donusumde-50-soru-50-cevap-i-5086>

Daşkiran, F. ve Ak D., 2015. 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Kentsel Dönüşüm. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 13 (3), 264-288.

EC, 2020. Green growth and circular economy. Environment, European Comission https://ec.europa.eu/environment/green-growth/index_en.htm

EEA, 2020. Construction and Demolition Waste: Challenges and Opportunities in a Circular Economy, <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/construction-and-demolition-waste-challenges>

EU, 2017. Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Improving management of construction and demolition waste Final Report, Avrupa Komisyonu, https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/CDW_Final_Report.pdf

Gedik Y., 2020. Döngüsel Ekonomiye Anlamak. Turkish Business Journal, 1(2), 13-40.

Hozatlı, B., Günerhan, H. 2015. Muğla İli Koşullarında Betonarme ve Ahşap İskeletli Binalara Ait Yaşam Döngüsü Analizi, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 660, s. 52-60.

Kılıç, N.,2012. Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı, İzmir Ticaret Odası Ar&Ge Bülteni, <http://www.izto.org.tr/portals/0/argebulten/6kentseldonusumatagi.pdf>

Köken, A., Köroğlu M. A., Yonar F., 2008. Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Selçuk-Teknik Dergisi, 7 (1), 86-97.

Savcı S. ve Dikmen Ç. B., 2015. İnşaat Sektöründe Geri Dönüşüm Kaynağı Olarak Cam Malzemelerin Yeniden Kullanımı. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara.

Sezgin, A. G. Ş. ve Aşarkaya A., 2017. İnşaat Sektörü, İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü,
https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/sr201702_insaatsektoru.pdf
(04.01.2021).

Ulubeyli, S., Kazaz A., Arslan V., 2017. Construction And Demolition Waste Recycling Plants Revisited: Management Issues. Procedia Engineering, 2017 (172), 1190-1197.

Yürek, C.S., 2013. Kentsel Dönüşüm Uygulamaları - Hukuki, İdari ve Teknik Altyapısı. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 58/2013-4 (478), 28-38.