

Deprem Sonrası Atık Yönetimi: Atık Betonun Geri Dönüşümü ve Mimaride Kullanımı için Öneriler

Esra KAPLAN ^{1*} , Asena SOYLUK ² 

ORCID 1: 0009-0007-7857-4396 ORCID 2: 0000-0002-6905-4774

¹⁻² Gazi University, Architecture Faculty, Department of Architecture, 06570, Ankara, Türkiye

* e-mail: esrkpln8@gmail.com

Öz

Depremler fiziksel çevreyi etkileyen fazla miktarda atık üretir. Depremler sonucunda oluşan afet atıklarının; denetimsizce doğaya bırakılması çevresel problemlere, etkin geri dönüşüm tesislerinin ve mevzuatlarının oluşturulmaması ekonomik kayıpların artmasına, yol açmaktadır. Deprem sonrası oluşan atıklarının toplanması, ayrıştırılması, tesislere götürülmesi, geri dönüşüm teknikleri ve oluşan malzemenin potansiyeli gibi konular, bütün olarak değerlendirilmelidir. Bu konuların başarıyla yönetilebilmesi için idarecilerin deprem sonrası atık yönetimini iyi planlaması gerekmektedir. 6-7 Şubat 2023 tarihinde, 7.7 ve 7.5 şiddetindeki ve sonrasındaki artçı depremler, Türkiye’de 11 ilde yıkımlara sebep olmuştur. Bu çalışmada, 6 -7 Şubat 2023 depremleri sonucunda oluşan atıkların yönetimi için; farklı vaka çalışması örneklerini değerlendirerek, öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Deprem atıklarının geri dönüşümüne bir örnek olarak; beton malzemesinin, geri kazanım yöntemleri ve kullanım potansiyeli ile mimarlık disiplininin yapı sektörüne kazandırılması incelenmiştir. Bu çalışmada, afet atık yönetiminde mevzuatların düzenlenmesi ile beraber mimarların, yapıları ekolojik bir çözüm olarak geri dönüştürülmüş malzemeler ile birlikte düşünüp tasarlamasının, sürdürülebilir atık yönetimindeki gerekliliği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem sonrası atık yönetimi, geri dönüşüm, sürdürülebilirlik, yapı sektörü.

Post-Earthquake Waste Management: Recycling of Waste Concrete and Suggestions for Use in Architecture

Abstract

Earthquakes generate substantial waste, impacting the physical environment. Uncontrolled release of earthquake-induced disaster waste into nature poses environmental issues, while the absence of efficient recycling facilities and legislation contributes to heightened economic losses. Comprehensive evaluation of post-earthquake waste management, encompassing collection, sorting, transportation, recycling techniques, and material potential, is essential. Successful management requires administrators to meticulously plan post-earthquake waste strategies. On February 6-7, 2023, earthquakes with magnitudes of 7.7 and 7.5 caused destruction in 11 Turkish provinces. This study offers suggestions for managing waste resulting from the February 6-7, 2023 earthquakes by examining various case studies. It explores concrete recycling as an example, investigating methods and potential applications in architecture and the construction sector. The study underscores the necessity for architects to design with recycled materials as an ecological solution, emphasizing the importance of regulated legislation in disaster waste management for sustainable practices.

Keywords: Post-earthquake waste management, recycling, sustainability, construction industry.

Citation: Kaplan, E. & Soyuk, A. (2024). Post-earthquake waste management: Recycling of waste concrete and suggestions for use in architecture. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 9 (Special Issue), 140-162.

DOI: <https://doi.org/10.30785/mbud.1317425>



1. Giriş

Ülkemizde meydana gelen afetlerin sonuçlarına bakıldığında en yıkıcı olanlardan biri, depremlerdir. Jeolojik özellikleri nedeniyle Türkiye bir deprem ülkesidir (Gündüz ve diğerleri, 2013).

Türkiye’de deprem öncesi depreme hazırlıklı olmak, deprem sonrasında oluşan karmaşayı iyi yönetebilmek, toplumsal ve çevresel problemlerin birçoğunun önüne geçebilir. Devletlerin politikalarından afet yönetiminin iyi oluşturulması, altyapıların buna uygun hale getirilmesi ve bunun için afete karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Deprem öncesi ve sonrası yönetimi sağlarken dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri fiziksel çevreye zararı en aza indirmektir. Depremler hali hazırda büyük bir felaket olduğundan, ortaya çıkan enkazı mümkün olan en uygun şekilde değerlendirmek; ülke ekonomisine ikincil hammadde sağlayacağı gibi, karbon emisyonunun artmasının önüne geçilmesi, zararlı yapısal atıkların doğaya zarar vermesinin önlenmesi gibi birçok çevresel fayda sağlayabilir.

Günümüzde inşaat sektörü, kaynağının yarısını doğadan almaktadır (Oikonomou, 2005). Aynı zamanda Avrupa Birliği’nin açıklamalarına göre İnşaat ve Yıkım Atıkları tüm atıkların %31’ini oluşturmaktadır (Fischer ve Werge, 2009). Kaynakların tükenmemesi için, atıkların geri dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Meydana gelen büyük depremler sonucunda binlerce ton atık oluşmaktadır.

6-7 Şubat 2023 depremlerinin halen devam etmekte olan enkaz kaldırma çalışmaları sonucunda, İTÜ 2023 raporuna göre Türkiye’de, tahmini 138 milyon ton moloz ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Bu çalışmanın amacı, afet atığının geri dönüşümünün nasıl yönetileceği konusunun, benzer vaka çalışmalarından oluşan örneklerden yola çıkarak, özellikle yıkım atıklarında en büyük pay sahibi olan beton malzemesinin geri dönüşümünün sağlanabilmesi için gerekli yönetim mekanizmasının nasıl işlemesi gerektiğini, ulusal mevzuatlardan ve yasal zorunluluklardan elde edilen verilerle önerilerde bulunmaktır.

Türkiye’de her yıl ortalama 125 milyon ton inşaat hafriyatı çıkarılmaktadır, kentsel dönüşümle bu miktar her geçen yıl artmaktadır (İpekçi ve diğerleri, 2017). Mevcut, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı Murat Kurum’un 11 Mart 2023 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı resmî sitesinden yaptığı açıklamalarına göre, 13 ilde toplam 229.000 konutun yıkıldığını veya ağır hasarlı olduğu için yıkılacağını belirtmiştir. Araştırmanın yapıldığı tarihte hala enkaz kaldırma çalışmalarının ve hasar tespit çalışmalarının devam ettiğini ve bu sayının artacağı tahmin edilmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi’nin 6-7 Şubat 2023 tarihli Nihai Raporu’nda (2023), depremlerin toplamda oluşturduğu atık tahminine göre 13 ilin toplamının en fazla 138 milyon tonu bulacağı tahmin edilmektedir. Bu rakam Türkiye’nin 1 yıllık inşaat hafriyatından çok daha fazladır. Atık tahminleri, birçok kaynakta farklı formüller ile hesaplandığından ve bu çalışmanın yapıldığı tarihte henüz verilerin aktarımı devam etmesinden dolayı net değildir, fakat araştırmalardan elde edilen rakamlar 138 milyon ton – 900 milyon ton arasında değişmektedir (Xiao ve diğerleri, 2023; İTÜ, 2023).

İstanbul Teknik Üniversitesi Nihai Raporu verileri kullanılması bu çalışma kapsamında uygun görülmüştür ve hesaplamalar bu veriler üzerinden sağlanmıştır. Tüm dünyada afetlerden arta kalan yapısal atıkların yönetimi ve işlenmesi önemli bir konudur. Yakın geçmişte meydana gelen büyük depremlerin ve 6-7 Şubat depremlerinin verilerinin kıyaslaması Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge.1 Depremler ve moloz miktarları (Brown ve diğerleri, 2011)

DEPREMLER	MOLOZ MİKTARLARI
2023 6-7 Şubat Depremleri (Maraş, Hatay)	138 milyon ton
2017 Mexico City Depremi	1840 ton
2010 Haiti Depremi	23-60 milyon ton
2009 İtalya L'agulia Depremi	1.5-3 milyon ton
2009 Çin-Sichuan Depremi	20 milyon ton
2005 ABD-Hurricane kasırgası	76 milyon m3
2004 ABD/Florida, Frances ve Jeanne kasırgası	3 milyon m3
2004 Hint okyanusu Tsunami	10 milyon m3
2004 ABD-Charley kasırgası	2 milyon m3
1999 Türkiye-Marmara depremi	13 milyon ton
1995 Japonya-Kobe, Büyük HansinAwaji depremi	15 milyon ton

Bu çizelgeye göre 6-7 Şubat depremlerinin, son 30 yılın en fazla atık üreten depremi olduğu yorumu çıkarılmaktadır. Bu atıkların ayrıştırılabilmesi için içeriklerinin ne olduğu konusu çok önemlidir. Afet atıklarının içerikleri hakkında birçok araştırma ve kaynak vardır, fakat genel hatlarıyla Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)'nin 1999 raporlarına göre yıkım atık içeriği geri dönüştürülebilir, geri dönüştürülemeyen ve tehlikeli malzemeler olarak 3 grupta sıralanmıştır (Baycan ve Petersen, 2002). 1999 Marmara depremini inceleyen, Çevre Mühendisi Filiz Baycan'ın (2004) araştırmasından alınan verilere göre, moloz atığı kompozisyonun içeriğinin yüzdesi Maraş depremi verileri eklenerek Çizelge 2'de oluşturulmuştur. 1 metreküp yapısal atıktan 0,6 metreküp geri dönüştürülmektedir (Kılıç, 2012). Bu çizelgeye göre 6-7 Şubat depremlerinin tüm enkaz çalışmaları bittikten sonra tahmini 138 milyon ton molozun, afet atık içeriği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Afet atıkları içerik yüzdesi (Baycan, 2004)

Kategori	Toplam	Maraş Depremi Moloz Miktarı (138 milyon ton)	
Geri Dönüştürülebilir	Beton	%60	82,8 milyon ton
	Duvarcılık	%25	34,5 milyon ton
	Toprak ve Kazı Mat.	%5	6,9 milyon ton
	Metaller (Demir Çubuklar Dahil)	%5	6,9 milyon ton
Geri Dönüştürülemez (Ahşap, Plastik, Kağıt, Organik Malzeme)	%4	5,3 milyon ton	
Tehlikeli	%1'den az	Maks. 1,3 milyon ton	

Düzenlenen çizelgelere ve elde edilen verilere göre, çalışma yönteminin birinci kısmında; 6-7 Şubat 2023 depremlerinin yapısal atıklarını, yönetmek ve tekrar kazandırabilmek için, geçmişte meydana gelmiş depremlerin sonuçları ve çalışmaları incelenmiştir. Bu çalışmaların, Maraş depremleriyle kıyaslanmasıyla çıkarımlarda bulunulmuş ve gelecekteki depremlerin atık yönetimi çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülen afet atık içeriklerinin, afet meydana gelmesinden, geri dönüştürülme sürecine kadarki yönetimine önermelerde bulunulmuştur. İkinci kısmında ise yaklaşık 82,8 milyon tonluk atık betonun geri dönüşümünün, uluslararası mevzuatlardan referanslarla, sürdürülebilir bir çevrede sorumluluk üstelenen mimarlık disiplini açısından önemi incelenmiş ve afet atıklarının geri dönüşümünden meydana gelen ikincil ürünün yapı sektörüne dahil olması gerektiği örneklerle belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada iki farklı araştırma yöntemi kullanılmıştır. Birincisi, afet yönetiminin uygun bir şekilde yapılması ve süreci daha iyi anlayabilmek için yakın geçmişte meydana gelmiş depremlerin vaka çalışmaları derlenmiştir. Bu vaka çalışmalarından elde edilen verilere göre, 6-7 Şubat 2023

Depremlerinin Afet ve Atık Yönetimine uygun bir çerçevede öneri sunmaktadır. Bu çalışmalar sırasıyla 1999 Marmara Depremi, 2009 İtalya L'Aquila ve 2016 İtalya Amatrice Depremleri, 2011 Büyük Doğu Japonya Depremi, 2017 Meksika Depremleridir (Baycan, 2004; Karunasena, 2011; Asari ve diğerleri, 2013; Habib ve Sarkar, 2017; Hernández-Padilla ve Anglés, 2017). Bu depremlerin seçilmesinin amacı, her bir çalışmanın afet ve atık yönetimine ilişkin daha önce yapılmış hatalardan, farklı konu başlıkları ile bahsedilmiş ve nasıl yönetilmesi konusunda önermelerde bulunulmuştur. Bu çalışmalardaki önermelerin, Maraş Depremi özelinde benzerliklerinden dolayı örnek teşkil edeceği düşünüldüğünden, bu araştırma kapsamında irdelenmiştir.

İkinci araştırma yöntemi ise depremden sonra oluşan yıkım atıklarında büyük pay sahibi olan betonun geri dönüşümü ve ikincil hammadde olarak kullanım alanlarından örnekler vererek geri dönüşümün inşaat sektöründeki önemi ve gerekliliğinin açıklanmasıdır. Kurumsal çerçevenin, mimarların, yapı sektörünün, afet atık yönetiminden itibaren geri dönüştürülmüş hammaddenin işlenmesine kadar oluşan süreçteki sorumlulukları belirtilmiştir. Böylelikle, inşaat sektörünün afet sonrası yönetimiyle oluşan geri dönüşüm planlaması ile olan ilişkisinin ana hatlarıyla belirlenmesi, bu araştırmanın amaçlarından biri olmuştur. Şekil 1'de bu çalışmanın yöntem planı belirtilmiştir.



Şekil 1. Yöntem planı

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma ile öncelikle Türkiye'de meydana gelebilecek depremlerin, Afet ve Atık Yönetiminin, ülkenin ekonomisine, fiziksel çevreye ve sosyal yapısına doğrudan etki ettiğinin önemi vurgulanmıştır. Afet yönetiminin depremler yaşanmadan oluşturulması, afet sonrasında oluşacak ekonomik, çevresel ve toplumsal kayıpların büyük ölçüde ve uzun vadede tekrar kazanılabileceği, vaka çalışmaları ve geri dönüşüm için gereksinimleri çeşitli mevzuatlardan yararlanarak ortaya konmuştur. İnşaat ve yapı sektörünün afet sonrasında bölgenin kalkınması amacıyla alması gereken sorumluluğu anlayabilmek için, afet yönetiminin nasıl olması gerektiği açıklanarak başlanmış ve geri dönüştürülmüş malzemelerin inşaat sektörüne dâhil edilmesiyle elde edilecek kazanımların önemi belirlenmiştir.

3.1. Deprem Sonrası Afet ve Atık Yönetimi Vaka Çalışmaları Analizi

Bu bölümde değerlendirilen vaka çalışmalarında afet atık yönetimi için konu edilen; idari çerçevenin depremden önce kurulması, geçici bertaraf ve moloz ayrıştırma tesislerinin kurulması ve bu tesislerin konumlarının kriterleri, tesislerin geri dönüşüm tekniklerinin çevreci bir şekilde gerçekleşmesi, atık yönetimin gerçekleştirilmesi için gerekli birimlerin ve iş gücünün varlığı, yönetimin sürdürülebilir olması için gerekli fonların ayrılması, geri dönüşüm kapasitesinin hesaplanması gibi konulara değinilmiştir. Bu vaka çalışmalarının, 6-7 Şubat 2023 depremlerindeki afet atık yönetimi ile karşılaştırılması yapılarak çıkarımlarda ve önerilerde bulunulmuştur. Bu bulguların gelecek depremlerin afet atık yönetiminde etkili olması için getirilebilecek yasal zorunluluklar; inşaat ve yapı sektöründeki hammadde kullanımını azaltabileceği, böylelikle daha temiz bir fiziksel çevre yapı sektöründe, sorumlu mimar, mühendis, işveren gibi paydaşların bu kurumsal çerçevenin içindeki sorumlulukları belirlenmiştir.

3.1.1. 1999 Marmara depremi çalışması analizi

17 Ağustos 1999 yılında 7,8 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş, yaklaşık 110 bin bina hasar görmüştür. Kocaeli, Sakarya, Yalova ve Bolu illerinde hasar gören ve yıkılan binalardan 13 milyon ton moloz çıkmıştır. Çıkan molozlar bölgedeki 17 farklı çöp döküm sahasına götürülmüştür. Molozların geri dönüşümü için kurulan geri dönüşüm tesisleri çeşitli sebeplerle işlevini yerine getirememiş ve molozların büyük çoğunluğu bertaraf edilmiştir. Çöp sahalarına götürülen molozların ise denize, akarsuya, nehre vb. tehlike teşkil edecek alanlara dökülmesi Katı Atık Yönetimi Yönetmeliği tarafından engellenmiştir (Baycan, 2004).

1999 Marmara Depreminde, bölgede yaşanan geçici denetim eksikliği, acil durumlarda kullanılan yolların molozlar sebebiyle kapanıp ulaşımın aksamasına, dolayısıyla molozların ayrıştırılmadan direk çöp sahalarına taşınmasına ve geri dönüşümün genel hatlarıyla sağlanamamasına neden olmuştur (Akıncıtürk, 2003). Ayrıca atıklardan sorumlu olan yerel yönetim birimlerinin karar mekanizması eksikliğinden dolayı yasadışı çöp sahalarına molozların dökülmesi kontrol edilebilirliği zorlaştırmıştır. Molozlar kontrolsüz bir şekilde çöp sahalarına döküldüğünden dolayı, geri dönüşüm için toplanacak molozun iki kez ayrıştırılmasına ve hem maliyet hem zaman kaybına sebep olmuştur (Baycan, 2004).

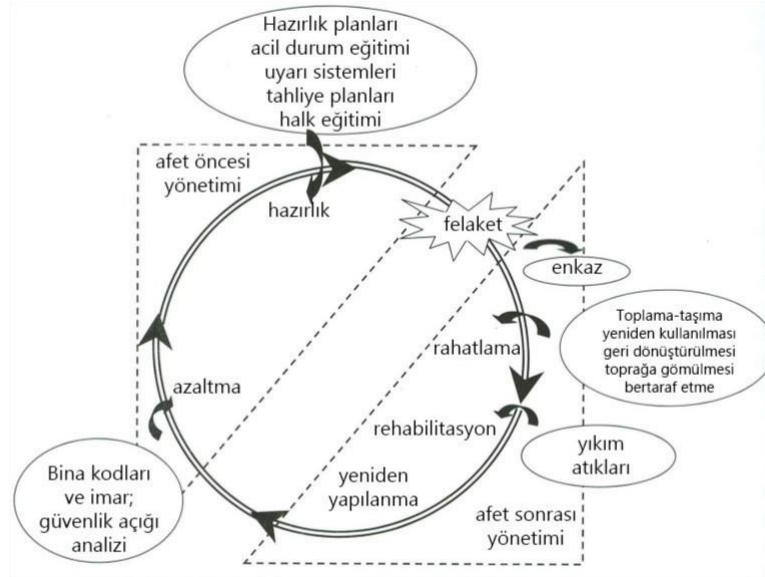
1999 Marmara depreminde yapılan çalışmalar gösteriyor ki;

- Molozların kontrol altına alınabilmesi için miktarını ve taşıyıcı şirket ya da kuruluşları belirlemek,
- Yıkım şirketleriyle organizasyon yapıp gerekli bölgelere görevlendirme yapmak,
- Molozların geri dönüşüme tabii olması için geçici enkaz toplama alanlarının kapasitesini belirlemek ve ulaşım için lojistik destek sağlamak,
- Molozların döküleceği depolama alanlarının hem ulaşımı aksatmayan hem de çevresel açıdan tehlike yaratabilecek alanlardan uzakta olabilecek kriterlere uygun seçmek,
- Molozların geri dönüşümü için ayrıştırıcı tesisler ve malzemelerin geri dönüşümüne gerekli makine ve olanakların sağlandığı, geri dönüşüm tesisleri kurmak gerekmektedir.

1999 Marmara depremi için araştırmalardan elde edilen çıkarımlar doğrultusunda henüz paylaşılan verilere göre 2023 Maraş depreminde benzer koordinasyon eksikliği olduğu gözlemlenmektedir. 6-7 Şubat depremleri afet atıkları, yerel yönetimler ve özel kuruluşlar tarafından çevreye ve topluma zarar teşkil etmeyecek şehirden uzak belirli alanlara dökülmüştür (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Fakat geri dönüşümü için toplanıp ayrıştırma yapmak, tesislere nakil sürecinin oluşup oluşmayacağı enkaz kaldırma çalışmaları bittikten sonra belirleneceği düşünülmektedir.

3.1.2. 2009 İtalya L'aquila ve 2016 İtalya Amatrice depremleri vaka çalışması analizi

6 Nisan 2009'da İtalya'nın L'aquila şehrinde 6,3 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. Depremde, yığma ve betonarme binaların yoğunlukta olduğu yıkımlardan 1,5-3 milyon ton moloz oluşmuştur. Yapılan araştırmalar enkazın %70-80 arasında beton ve dolgu malzemesi olduğu tahmin edilmektedir (Brown ve diğerleri, 2011). Karunasena (2011)'de yapmış olduğu araştırmada inşaat enkazının afet sonrası yönetimle ilişkisini ortaya koyan bir şema hazırlamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Afet atıklarının afet sonrası yönetimle ilişkisi (Karunasena, 2011)

L'Aquila depremi vaka analizinde, atıkların toplanıp geri dönüşüme kazandırılması, karmaşık yasal süreçler ve kurumsal çerçevenin yönetim problemleri sebebiyle gerçekleşmemiştir. Afet planlaması yönetiminde özellikle sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri sebebiyle birçok problemin kurumsal çerçevenin tam olarak oluşmadığından etkin bir şekilde yönetilemediği sonucuna varılmıştır. Afet atığı yönetimi, afet kurtarma yönetimi kadar önemli bir çerçevedir ve birbirinden ayrı düşünülmemelidir.

Kurumsal çerçevenin varlığının önemi, 2016 yılında meydana gelen ve yaklaşık 2,4 milyon ton afet atığına yol açan Amatrice depreminde de görülmektedir. 2016 yılında İtalya'nın orta kesimlerinde yer alan, Accumoli, Amatrice, Arquato del Tronto kasabalarında, bina stoğunun yarısının ağır hasar görmesine veya yıkılmasına sebep olan en büyüğü 5.9 büyüklüğünde olan bir deprem dizilimi meydana gelmiştir. Depremin şiddetinden dolayı kurumsal çerçevenin, bu büyüklükteki felakete hazırlıklı olmadığı fakat müdahalenin kısa bir süre içerisinde gerçekleşmesinden dolayı atık yönetiminin kısmen de olsa gerçekleşmesi mümkün olmuştur. 24 Ağustos 2016 tarihinde gerçekleşen depreme, 1 Eylül 2016 tarihli 391 sayılı yönetmelikle; afet atıklarının toplama ve geçici depolama alanlarına taşınımı, atıkların sınıflandırılıp kodlanması gibi bir dizi hükmün yer aldığı bir kararname ile afet atık yönetimine kısa süre içerisinde müdahale edilmiştir (IFRC, 2022). Kurumsal çerçevenin, depremin büyüklüğüne rağmen kısa sürede aldığı kararlarla her bölgede olmasa da belirli bölgelerde atık yönetiminin hızlıca uygulanması, sosyo-ekonomik iyileşmeyi hızlandırdığı gözlemlenmiştir.

Çalışmanın analizinden, Maraş Depremi afet yönetimi için çıkarılacak sonuç; şehirlerin zaman içinde demografik düzen, sosyal ve çevresel düzeni değişse de sürdürülebilir bir afet yönetimi her daim bulunmalıdır. Afet büyüklüğü ve etkileri bilinmez olsa da planlama yaparken bu öngörülemezlik hesaba katılmalı ve esnek olunmalıdır. Kurumsal çerçeve afet öncesinde kurulmalı ve tahmin edilen afet atık miktarına uygun yönetim kararları belirli ve kesin olmalıdır. Tahmin edilen afet boyutlarını en aza indirmek için önlem alınmalıdır. Sosyal ve çevresel etki, özellikle atık yönetimi kararları için gerekli tüm hesaplamaları yapılmalıdır. Afetin toplumsal zararları çok fazla olsa dahi, afet sonrası yaşam için çevresel sürdürülebilirlik göz ardı edilmemelidir. Afet öncesinde önlemler almak bu sorunun önüne geçebileceği gibi daha sağlam ve sürdürülebilir bir çevreye de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3.1.3. 2011 Büyük Doğu Japonya depremi vaka çalışması analizi

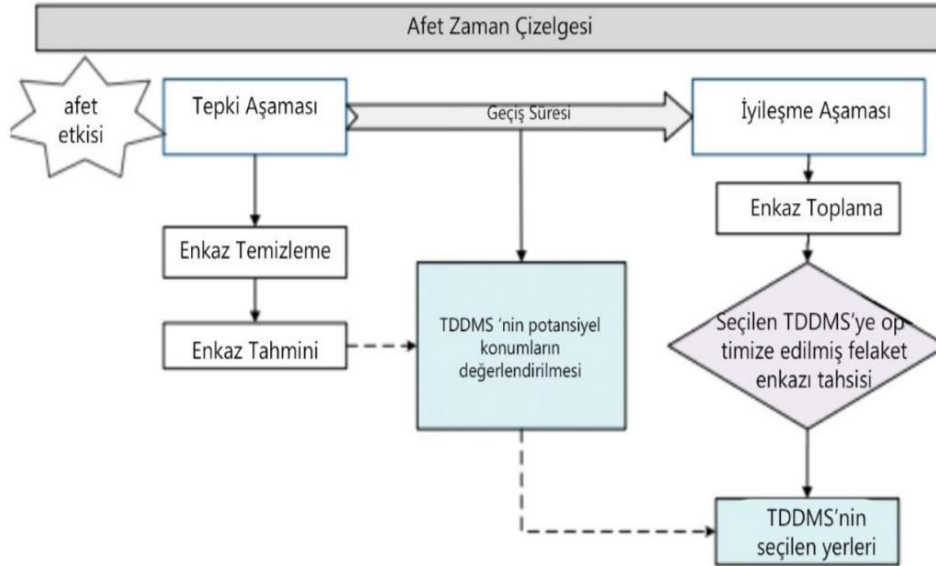
11 Mart 2011 tarihinde, Japonya'da meydana gelen 9,0 büyüklüğündeki Büyük Doğu Japonya Depremi ve ardından oluşan tsunami Japonya'da büyük yıkımlara sebep olmuş ve 28 bin ton moloz oluşmuştur (Sasao, 2016). Japonya hükümeti afet sonrası atık yönetimi için "Tohoku-Pasifik Okyanusu Depremi Sonrası Hasarlı Evlerin ve Yapıların Kaldırılmasına İlişkin Kılavuz İlkeleri" ve çeşitli bildirimler yayınlamış, atık yönetiminin aktörleri olan valilik ve belediyelerin görevlerini belirtmiştir. Bu bildirimlerde hükümet, yerel sorumlu yöneticilerden, molozların öncelikle bulunduğu yerde olabildiğince

ayrıştırılması ve daha sonra geçici depolama sahalarına gönderilmesi ve yüksek kapasitede geri dönüştürülmesi gerektiğini belirtmiştir. Afet alanlarında ayrıştırmanın yapılması için toplam 22 kırma ayıklama tesisi ve 31 geçici yakma tesislerinin kurulduğunu ve geri dönüşüm için tesislere gönderilmiştir (*Ministry of the Environment Disaster Waste Management Information Site Guidelines for Disaster Waste Management after the Great East Japan Earthquake, 2023*).

Son yıllarda artan afetler binlerce ton atık üretir ve molozlardan çıkan malzemelerin geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılması sürdürülebilir çevre ve ekonomi açısından önemlidir. Brown ve Milke'e (2016) göre, herhangi bir felaketten sonra, aşağıdaki yedi faktör bir geri dönüşüm yönetiminin ön değerlendirme sürecini belirler:

- Atık hacmi,
- Mevcut afetle ilgili düzenlemeler,
- Çevre ve sağlık tehlikeleri,
- Atığın alansal boyutu,
- Atıkların karışma derecesi,
- Fonların mevcudiyeti
- Topluluğun öncelikleri (Brown ve Milke, 2016).

Moloz atıkların sağlıklı bir şekilde geri dönüştürülebilmesi için; geri dönüştürülebilir olup olmayacağını kararının verileceği bir süreçten geçmektedir. Habib ve Sarkar (2017), tarafından yapılan çalışma, geri dönüşüm kararının verileceği alan; Geçici Afet Enkaz Sahası (*Temporary Disaster Debris Management Site*) olarak adlandırmaktadır. Molozların geri dönüşüm tesislerine gitmeden önce bu sahada ayrışması, sahanın etkin bir şekilde işlevini yerine getirebilmesi için yönetmeliklerce yasal mevzuatlarda karşılık bulması gerekmektedir. Ayrıca maliyet ve zaman tasarrufu açısından afet alanına yakın ve çevresel şartların uygun olduğu bir mesafeye yerleştirilmesi gibi çeşitli kriterler de bulunmaktadır. Afetten sonra Geçici Afet Enkaz Sahası'nın rolü ve bu alanların belirlenmesine yönelik kriterler, Habib ve Sarkar (2017) yapmış olduğu çalışmalardan alınan, Şekil 3 ve Çizelge.3 'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Afet zaman çizelgesi (Habib ve Sarkar, 2017)

Çizelge 3. Geçici afet enkaz sahası ve kriterleri (Habib ve Sarkar, 2017)

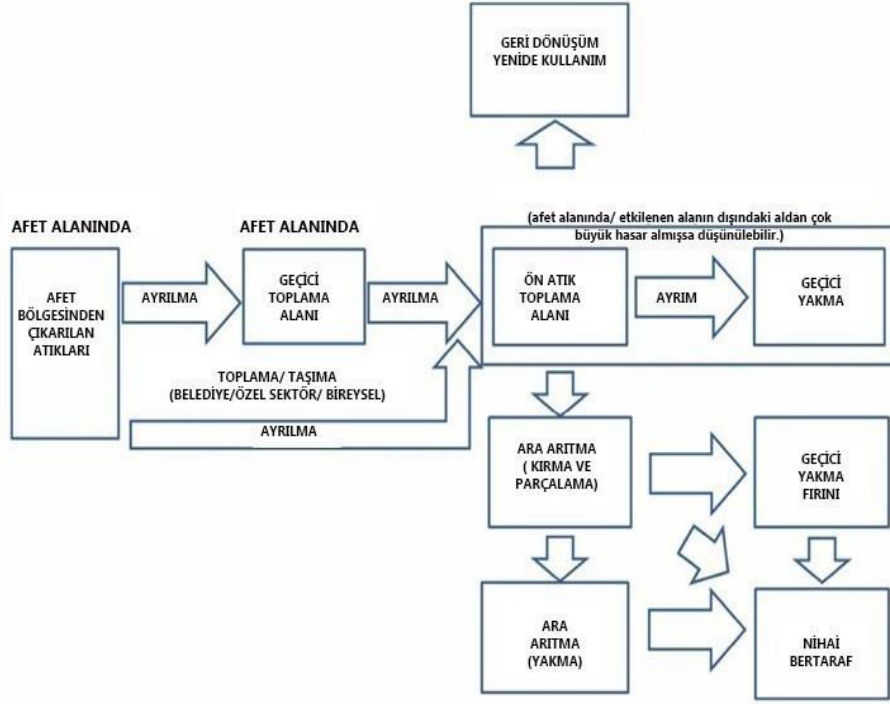
KRİTERLER		DETAYLAR
Hidroloji	TDDMS uzak olmalı	nehirler, akarsular, göller
		Kamu içme suyu kaynakları
		Geçici kuyu havzası
Meskenlere Uzaklık	TDDMS uzak olmalı	Konutlar, hizmet binaları, okul, hastahane, ibadet yerleri, kütüphane
		Trafik akışını engellemeyen, yerel iş gücünü kesintiye uğraymamalı
Ulaşım	TDDMS olabilir	Afet Bölgesinden çok uzakta olmamalı
		Ana ulaşım Yollarına Yakın olması
		Nesli tükenmekte olan türlerin yaşam alanları
Flora Ve Fauna	TDDMS uzak olmalı	Sulak alanlar
		Taşkın alanlar, sele eğimli alanlar
		Korunan doğal flora alanları
		Kıyı Bölgesi
Topografya ve- Topraklar	TDDMS olabilir	Kapalı bir depolama sahası olması
		Nispeten düz olmalı
		tarım arazisi olmamalı
		sismik bir bölgede veya jeolojik olarak kararsız olan bir bölge olmamalı
Arazi Maaliyetleri		arazi maaliyetleri minimum olmalı, yer belediye ya da hükümete ait olmalı
Alan Kapasitesi		Sahanın alanı, büyük miktarda afet atığını kabul edecek kadar geniş olmalı

6-7 Şubat depremlerinin geçici depolama alanlarının, Mavroulis ve diğerlerinin (2023), yaptığı çalışmada, Samandağ, Antakya, Karaburçlu, Gölbaşı, Adıyaman, Kahramanmaraş gibi alanlarda kurulduğu belirtilmiş fakat alanların, nüfusu yoğun olan, sulak bölgelere yakın olması, halk sağlığı ve fiziksel çevreye zararından ötürü, Çizelge.3'te ki kriterlere uygun olmadığı görülmektedir (Mavroulis S. ve diğ., 2023). Ayrıca, İTÜ Nihai Maraş Depremleri Raporuna göre, deprem atıklarının geçici ve nihai depolama alanı ihtiyacı olduğu belirtilmiş ve yıkımı diğer illere göre atık miktarı bakımından fazla olan Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman ve Gaziantep illerindeki sahalardan kapasitelerinin yeterliliğinin kontrol edilmesi gerektiği, yetersiz bulunma durumunda Kilis, Kayseri, Niğde gibi illere nakledilmesi gerektiği belirtilmiştir (İTÜ, 2023).

3.1.4. Japonya Depremi (2011) afet atıkları kılavuzu çalışması analizi

11 Mart 2011 tarihli Japonya'da gerçekleşen depremin ardından kurulan Japonya Malzeme Döngüleri ve Atık Yönetimi Topluluğu-(JSMCWM), afet atıklarının ayrıştırılması ve arıtılması görevini üstlenmişler ve stratejileri belirleyecek bir el kitabı çalışması yapmışlardır. Asari ve diğerleri (2013) tarafından hazırlanan el kitabı her afetten sonra afet yönetiminde belirli bir ayırma ve bertaraf işlemini yönetilmesi için standartları oluşturmaktadır. Bu süreç özeti felaketten felakete değişiklik göstereceği gibi, belediyeden belediye de değişiklik gösterebilir. Fakat genel olarak ana hatlarını belirlemek gelecek felaketlerin sonucunda meydana gelen moloz ya da afet atıklarını değerlendirme sürecinde etkili olabilir. Bu kılavuz kapsamında hazırlanan ve Japonya'da uygulanan, afet atıklarının ayrıştırılması ve bertaraf etme süreçleri Şekil.4 'te gösterilmektedir. Aşağıda gösterilen şema afet atıklarını ayırmak ve bertaraf etme süreçlerini özetlemektedir. Kılavuza göre belediyeler belirli konu başlıklarına bir strateji belirlemek zorundadırlar ve bunlar;

- Yeniden kullanım ve geri dönüşümün öncelikli hedef haline gelmesi,
- Fiziksel çevreyi koruma,
- İyileştirme ve yeniden yapılandırma,
- Ayrıştırma tesisleri ve maliyet (Asari ve diğerleri, 2013).

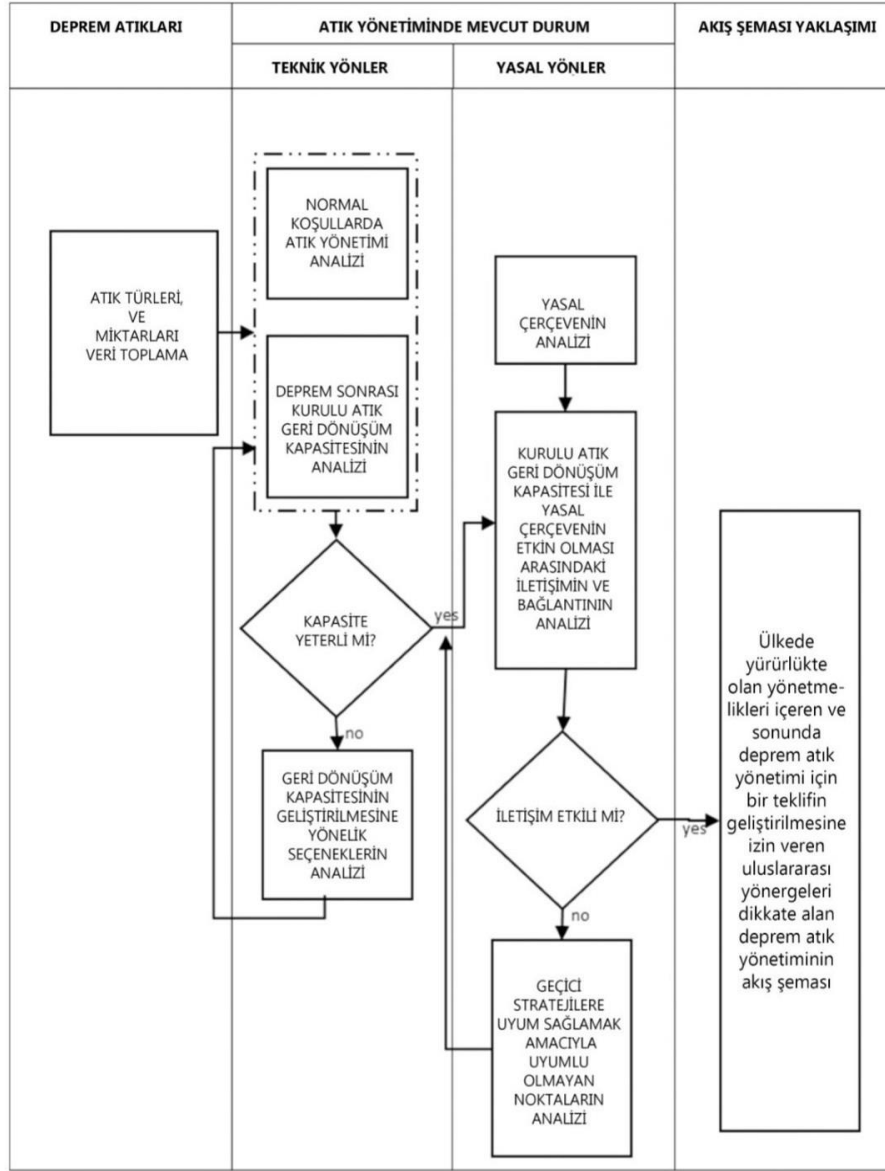


Şekil 4. Afet atıklarının ayrıştırılması ve bertaraf etme süreçleri (Asari ve diğerleri, 2013)

Bu çalışmanın, ayrıştırma ve bertaraf etme süreçleri Maraş depremi özelinde incelendiğinde belirli oranlarda yapıldığı fakat kontrolün sağlanabilmesi için çalışmaların bittikten sonra analiz edilmesi gerekmektedir. Japonya gibi, Türkiye de depremlerin fazla yaşandığı bir ülke olduğundan; atık ayrıştırma ve bertaraf süreçlerinden oluşan gerekli standartların oluşması adına benzer süreçlerden bahsedilen bir şema oluşturulması gerektiği gözlemlenmiştir. Bu şemada ise; afet bölgesinden çıkarılan atıkların, tıpkı bir önceki vaka çalışmasında Habib ve Sarkar (2017) hazırlamış olduğu geçici toplama alanı kriterlerine dikkat ederek, belirlenmiş geçici toplama alanına götürülmesi ve ayrıştırılmanın belli bir ölçüde yapılması gerekmektedir. Daha sonra ayrıştırılan atıkların içeriklerine göre bölümlere ayrılıp ara arıtma aşamalarından geçtikten sonra geri dönüşüm için tesislere götürülmesi ve geri dönüştürülemeyen atıkların ise bertaraf edilmesi için uygun prosedürlere dayalı aşamalardan geçmesi gerekir. Fakat bu süreçlerin takip edilmesi ve organize edilebilmesi için yasal çerçevenin etkin ve kararlı bir şekilde yönetmesi gerekmektedir. Bir sonraki vaka çalışmasında atık yönetiminin, yasal süreç ile uyumluluğunu dikkate alan bir vaka çalışması analizi yapılmıştır.

3.1.5. 2017 Mexico City Depremi

10 Eylül 2017 tarihinde, Mexico City’de 7,1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Çok sayıda insanın ölmesine ve 7021 adet konutun ya çökmesine ya da ağır hasardan dolayı oturulamaz hale gelmesine neden olmuştur. 2021 yılında yayımlanan Hernández-Padilla ve Anglés’in bu çalışması, gelişmekte olan ülkeler için, depremden sonra meydana gelen atıkların geri dönüşümünün yönetimini ve yasal mevzuatlarla uyumluluğuna bir öneri getirmektedir.



Şekil 5. Afet atık yönetimi ve kurumsal çerçeve ilişkisi (Hernández-Padilla ve Anglés, 2017)

Şekil 5 'de deprem atık yönetimi için; Hernández-Padilla ve Anglés (2017)'nin önerdiği, uluslararası kılavuzlara göre düzenlenmiş, gelişmekte olan ülkelerin mevcut koşullarının atık yönetimi ve mevzuatları dikkate alınarak oluşturulmuş bir çerçeveyi göstermektedir. Bu kurumsal çerçevenin, Maraş Depremi özelinde karşılaştırılması yapıldığında, henüz paylaşılan verilere göre hesaplamaların yapılmaması sebebiyle afet yönetimi ve atık yönetimi ilişkisi oluşturulamamıştır. Ancak, idareciler tarafından mevcut yasal çerçevenin yeterli olup olmadığı değerlendirilmesi sürecinde; şekil incelendiğinde öncelikle, atık miktarı ve türlerinin belirlenmesi gerektiği, sonrasında ise geri dönüşüm için kapasitenin varlığı, eğer varsa yeterliliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Kapasite eğer yeterli ise halihazır geri dönüşüm kapasitesinin ve yasal çerçevenin arasındaki bağlantı süreci analiz edilmeli ve eğer bağlantı uygun görülürse uyumlu olmayan noktaların düzeltilmek üzere tekrar analiz edilmesi gerekir, eğer bağlantı uygun değil veya etkin değilse ise deprem atık yönetim şemasının uygulanabilir bir şekilde tekrardan düzenlenmesi gerekmektedir.

3.2. Geri Dönüşüm Teknikleri ve Bir Deprem Atığı Betonun Geri Dönüşüm Süreçleri

Deprem sonrası oluşan molozların; uygun bir teknik ve sistemle ayrışması gerektiğini, geçici depolama alanlarının belirlenmesini, yasal çerçeve ile ilişkisini ve süreçlerinin detaylarını birkaç vaka çalışması ile bir önceki bölümde incelenmiştir. Bu bölümde ise ayrıştırılan molozların geri dönüşüm teknikleri ve kullanım alanları incelenmiştir. Geri dönüştürme işleminin sağlıklı bir şekilde yapılması için ayrıştırma işleminin çevreci olması gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi tamamlandıktan sonra geri

dönüşüm tesislerine ayrıştırılan malzemenin götürülüp işleme tabii olması ve ikincil bir hammaddeye dönüş sürecini takip eder. Ülkelerde yapı sektöründeki geri dönüşüm teknikleri, genellikle Yapım ve Yıkım Yönetmeliği (C&D) başlığı altında mevzuatlara dayalı kurallara göre uygulanmaktadır. Genel olarak, çalışmalar incelendiğinde geri dönüşüm teknikleri ana hatlarıyla benzerdir, bu teknikler derlenmiş olarak Çizelge.4 'de gösterilmektedir.

Çizelge 4. Afet atıkları geri dönüşüm teknikleri ve geri dönüştürülmüş malzeme (Elgizawy ve diğ., 2016; El-Haggar,2010; Aydın,2017; Tam ve Tam, 2006)

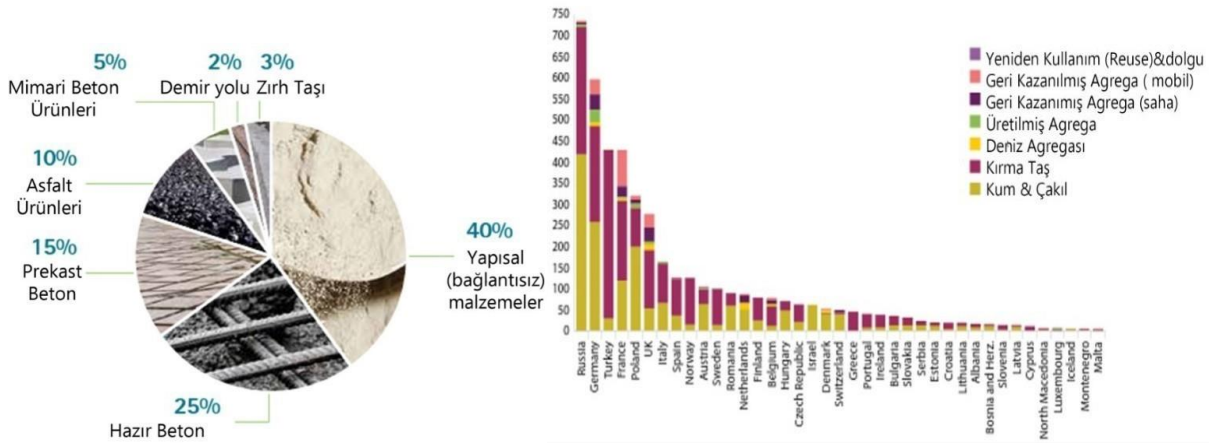
Malzeme	Geri Dönüşüm Tekniği	Geri Dönüştürülmüş Malzeme
<i>Beton</i>	-Beton atıkları kırma ve demirli materyalle elle veya özel makaslarla ayrılmalıdır. -Daha sonra, kalite kontrol spesifikasyonlarını karşılamak üzere farklı boyutları ayırmak ve boyutlandırma için eleme yapılmalıdır.	- Dolgu malzemesi -İkincil agrega malzemesi -Asfalt -parke taşı gibi alanlarda kullanılabilir
<i>Ahşap</i>	-Ahşap öğütücüler, kompakt ahşapları parçalamalıdır. -Metal içeren ahşap parçaları manyetik olarak ayrılmalıdır. -Kullanım alanlarına göre boyutlarına ayrılmak için elekten geçirilmelidir. Ahşap atıkları ayrıca liflere kadar indirgenebilir ve yeniden yapılanmış levhaları oluşturabilir.	-Yeniden yapılandırılmış levhalar -Peyzaj düzenlemesi -Mobilya mutfak elemanları -Yalıtım malzemesi -Dolgu malzemesi -Kağıt -Enerji kaynağı (yakma)
<i>Tuğla, Kiremit Mermer</i>	-Harç atıkları temizlendikten sonra, kırma ufalama toz haline getirilmelidir.	-Beton ve asfalt uygulamalarında dolgu malzemesi veya agrega -Yeniden kullanılacak tuğla duvar bloğu
<i>Cam</i>	-Doğrudan kullanım, ikincil kalite cam üretimi, öğütme, ezme, eritme gibi teknikler kullanılmaktadır.	-Geri dönüştürülmüş cam -Seramik -Cam lifli yalıtım malzemesi (cam yünü) -Yansıtıcı boya
<i>Metal</i>	-Doğrudan kullanım, eritme teknikleri kullanılır.	-Yeni metal üretimi doğrudan kullanım

Çalışmanın giriş bölümünde bahsedildiği gibi afet atıklarının %60 'ını beton oluşturmaktadır (Baycan, 2004). Beton hacimsel olarak %65-70 oranında agregadan oluşmaktadır (Klee, 2009). Dünya da 2000'li yılların başından itibaren küresel yapı sektöründeki büyüme, betona olan ihtiyacı artırmaktadır ve bu büyüme gelecek yıllarda daha da artacağı düşünülmektedir. Yeni beton üretimi, gücünü doğadan alan kaynakların kullanılmasına ve enerji sarfiyatına neden olmaktadır. Bu nedenle yapısal atıklarda en büyük pay sahibi betonun geri dönüşümünü zorunlu kılmaktadır ve bu çalışma kapsamında geri dönüştürme tekniklerinden beton malzemesi üzerinde durulmuştur (Oikonomou, 2005).

Yıkıntılardan ayrıştırılan betonlar öncelikle, demir donatılardan kesici makaslarla veya elle ayrıştırılırlar. Daha sonra özel kırıcı makinelerde kırılıp, boyutlarına ayrılmak üzere eleklerden geçirilirler ve sınıflandırılırlar (El-Haggar, 2010). Elde edilen beton kırıkları; yol yapım işleminde asfaltlara katılması, dolgu malzemesi olmak üzere harçlara karıştırılması veya agrega olarak yeni beton üretiminde kullanılması gibi birçok işleve sahip olabilir. Türkiye'de beton atıkları, genellikle yol yapım çalışmasında kullanılmaktadır (Ulusal Atık Eylem Planı, 2023). Betonun geri dönüşümünde elde edilen ikincil hammaddenin yani Geri Dönüştürülmüş Agrega (GDA)'nın kullanımı, başlangıçtaki değerinden daha düşük bir işlevde kullanıldığı için aşağı dönüşüm (downcycle) sınıfına girer. Halbuki, GDA'nın yeni beton üretiminde kullanılması maliyeti (LCC) yaklaşık %34-41 oranında ve CO₂ emisyonunu (LCCO₂) yaklaşık %23-28 oranında azaltmaktadır (Sonawane ve Pimplikar, 2013). GDA'nın beton üretiminde kullanılması literatürde bir tartışma konusudur ve halen devam

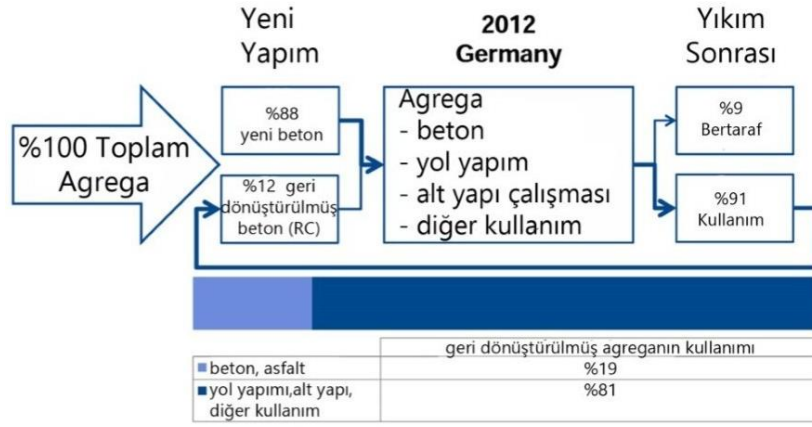
etmektedir. Bu araştırma kapsamında incelenen çalışmaların pek çoğunda basınç dayanımını düşürdüğünden tercih edilmemesi gerektiği belirtilmiştir. Ancak tam aksini belirten çalışmalarda; belli oranda GDA'nın beton üretiminde kullanılmasının basınç dayanımını değiştirmediği aynı zamanda hâlihazırda yapı sektörünün fiziksel çevreye verdiği zararı ve yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımını azaltmaya neden olduğu söylenmektedir (Putri, 2017). Bu çalışma kapsamında incelenen GDA'nın basınç dayanımı ile ilişkisini araştıran deneylerde genel olarak, belirli oranlarda GDA'nın kullanımı; kalite spesifikasyonları için basınç deneylerinden geçerek belirli sınıflandırma ve kullanım alanlarına özel üretilmesi gerektiği düşünülmektedir. İncelenen birçok çalışmada, belirli oranlarda (%5- %100) GDA karıştırılmış beton üretiminde yöntemlere göre dayanımları ve kullanım alanları belirlenmektedir. Hangi oranda GDA kullanılması gerektiği, üretilen betonun hangi bölgede kullanılması gerektiğine bağlı olarak %5-50 oranında değişmektedir (Aytekin ve Mardani, 2022; Tüfekçi, 2011; Karakaş ve diğerleri, 2018; Jin ve Chen, 2019).

Geri dönüştürülmüş yapısal atıkların kullanımının tercih edilmesi, mimarlık disiplininin sorumlu olduğu alanlardan biridir. Gelecek yıllarda doğal kaynak sorunun önüne geçilmesi için, geri dönüştürülmüş yapı malzemesi kullanımı yaygınlaştırılması konusu oldukça önemlidir. Dünyadaki birçok ülkede inşaat atıklarının geri dönüştürülmesini yasa ve mevzuatlarla zorunlu hale getirilmiştir. Şekil 6'da ülkelerin agrega kaynakları ve miktarları belirtilmektedir.



Şekil 6. Geri dönüştürülmüş agrega kullanım oranı ve ülkelerin agrega kaynakları (UEPG, 2019)

Özellikle iklim krizi, Avrupa Komisyonu'nun son yıllarda birçok sempozyum ve toplantılarının ana konusu olmaktadır. Örneğin, AB Atık Çerçeve Direktifi'nin 11. Maddesi, inşaat ve enkaz atıklarının %70 oranında yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi hedeflenmektedir (Atık Çerçeve Direktifi, 2008 (2008/98/EC)). Aynı zamanda LEED yeşil bina sertifikası geri dönüştürülmüş malzeme kullanan projelerde puanlandırma sisteminde kayda geçer etkide bulunmaktadır. Uluslararası İnşaat Malzemeleri Sistemleri Uzmanları Birliği (RILEM), GDA'nın yapılarda kullanımına yönelik birçok konferans düzenlemiş ve bildirimler yayınlamıştır ve Avrupa Birliği ülkeleri belirlenen geri dönüştürülmüş malzemelerin üretimine uygun alanlarda kullanmak amacıyla mevzuatlarda zorunluluk getirmiştir. Bununla birlikte çoğu ülkede Geri Dönüştürülmüş Agregası ile ilgili belirli standartlar ve uygun yasalar konulmuştur. Japonya Yapım ve Yıkım Atıklarının (C&D) yeni yapılarda yan ürün olarak görmüş, 'RA (Recycle Agregası) ve RC (Recycle Concrete) Kullanım Şartnamesi' yayınlamıştır, ayrıca atık betonu işlemek için saatte 100 ton GDA üretebilen birçok fabrika kurmuştur ve yeni inşaatlarda atık betonu kırabilen makineleri bulundurma zorunluluğu getirmiştir. Almanya'da GDA konusunda öncü ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. Sadece Berlin'de atık betonu geri dönüştüren 20 adet tesis bulunmaktadır (Xiao, 2018). Almanya'daki 2012 yılına ait geri dönüştürülmüş agrega kullanımı Şekil 7 'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Almanya'da geri dönüştürülmüş agrega kullanım oranı (European Cement Research Academy, 2015)

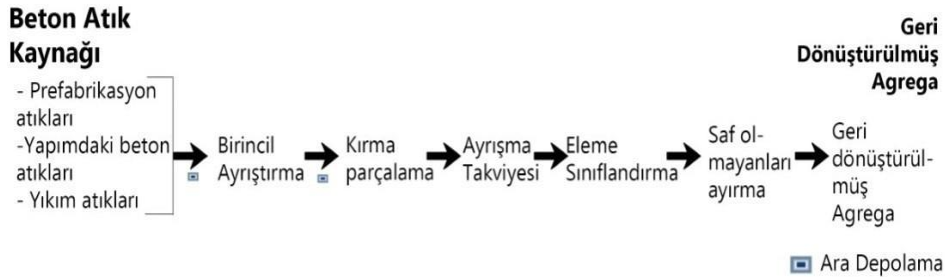
ABD de ise Federal Karayolu İdaresi'nin raporlarına göre GDA'nın temel malzeme olarak kullanılmasına izin verilmektedir. Kore'de ise yeni betonarme yapılarda belirli oranlarda GDA kullanımı zorunlu hale getirilmiştir (Xiao, 2018). Avrupa Komisyonu ile ortak toplantılar yapan ve önerilerde bulunan Avrupa Agregalar Birliği (UEPG)'nin yayınladığı (Nisan, 2022) çalışmalara göre geri dönüştürülmüş agrega standartları ve spesifikasyonları Çizelge.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. GDA standartları ve kullanım alanları (UEPG, 2022)

Ürün	Kullanım	Standart
Kontrolsüz geri dönüştürülmüş agrega	Boru yatağı, drenaj, yol yapım ve mühendislik işleri	EN 13242
Kontrolsüz geri dönüştürülmüş agrega	Taneli dolgu Genel dolgu, yol yapım ve mühendislik işleri	EN 13242
Kontrolsüz geri dönüştürülmüş agrega	Alt temel, yol yapım ve mühendislik işleri	EN 13242
Beton için geri dönüştürülmüş agrega	Beton için agregalar	EN 12620
Asfalt için geri dönüştürülmüş agrega	Yollar, hava alanları ve diğer trafiğe kapalı alanlar için bitümlü karışımlar ve yüzey işlemleri için agregalar	EN 13043
Hidrolik olarak bağlı karışımlar için geri dönüştürülmüş agrega	İnşaat mühendisliği işlerinde ve yol yapımında kullanım için bağlantısız ve hidrolik olarak bağlı malzemeler için agregalar	EN 13242

Bu standartlar; agreganın alındığı orijinal betonun kalitesi başta olmak üzere, üretim aşamasında kadar testlere tabii tutulup geri dönüştürülmüş agreganın basınç dayanımı ve boşluklu yapısı dikkate alınarak kullanım yerleri belirlenmiştir. Bu bilgilere göre, Maraş depreminden bahsedilen ayrıştırma yöntemleri üzerinde devam edilecek yönetim sisteminin yıkılan binaların beton özelliği dikkate alınarak daha detaylı bir ayrıştırma işlemi gerektiğini göstermektedir.

Karışık yıkım atığı veya beton artıkları, Almanya, İtalya, İspanya ve Belçika'da RCA (Recycle Concrete Agregga) geri dönüştürülmüş beton agregası fabrikalarda geri dönüştürülmektedir ve Şekil.8'de gösterilmiştir (Sadagopan ve diğerleri, 2017).



Şekil 8. Beton atığından geri dönüştürülmüş agrega oluşumu (Sadagopan ve diğerleri, 2017)

Türkiye’de ise Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004), inşaat atıkları ve yıkım atıkları olmak üzere iki konuya ayrılmış, kapsamı belirtilmiştir. Betonun geri dönüşümüne ilişkin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 2018 yılında yayımladığı bir çalışmanın Ar-Ge raporunda; kentsel dönüşümde yıkılan binalardan elde edilen 15*15*15 beton numuneleri iri agrega ve ince agrega olmak üzere ikiye ayrılarak bir takım dayanım testlerinden geçirilmiştir. Raporun sonucuna göre Los Angeles Aşınma Deneyinden geçirilen numunelerin TS EN 1097-2 standardına uygun dayanımda olduğu ve yeni beton üretimine kullanılabilmesi görüşü belirtilmiştir. Bu konuda GDA, belirli yönetmeliklere günümüze kadar dâhil edilmemiştir, fakat çalışmaların sürdüğü bilgisi paylaşılmıştır (Yalova Valiliği Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, 2017).

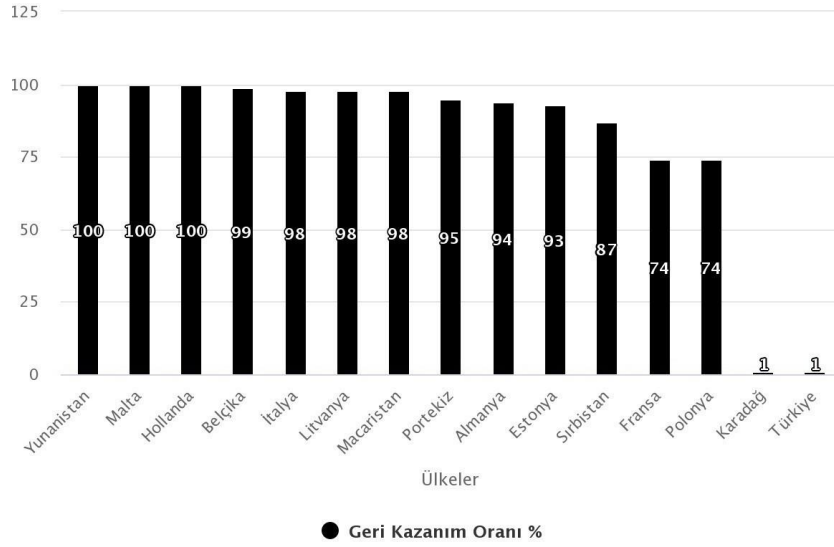
3.2.1. Türkiye’deki afet atık yönetimi için geri dönüşümün uygulanabilirliği

Geri dönüşüm işlemlerinin olabilecek en ekonomik yöntemle yapılması gerekmektedir çünkü ikincil hammaddenin kolay bir şekilde üretilebilmesi harcanacak enerji bakımından çok önemlidir. Yıkım atıklarının; depolanması, ayrıştırılması, tesislere taşınması ve işlenip tekrar kullanılmaya hazır hale getirilmesi sürecinde harcanan enerji, üretilen malzemenin kullanılacağı değerden daha fazla enerji gereksinimi istiyorsa, geri dönüşüm anlamsız olmaktadır. Örnek olarak; çevresel etki bakımından daha az CO₂ salınımı için betonu geri dönüştürmek, geri dönüştürme işlemi sırasında salınan CO₂’i artırıyor, geri dönüşümün bir etkisinin olmadığı anlamına gelir. Bu nedenle, kurumsal çerçevenin varlığı ve belirli bir geri dönüşüm planının olması çok önemlidir. İnşaat Yapım ve Yıkım atıklarının geri dönüştürülmesi belirli proje bazında özel veya bireysel olarak yapılması, Türkiye’de tercih edilmemektedir. Çünkü geri dönüşümüne harcanacak enerji ve maliyet, geri dönüşümün getireceği çevresel katkıların önüne geçmektedir, bu nedenle ülkelerin geri dönüşüm politikaları süreci hem hızlandırır hem de kolaylaştırır. Ülkelerin, geri dönüşüm politikalarını sürdürebilmesi için gerekli tesisleri kurması ve donanımlı makinelerin olması, yeterli uzman desteğinin ve iş gücünün sağlanması, şantiyelerden ya da afet alanlarından atıkların taşınıp tesislere getirilmesini kapsayacak bir lojistik plan, geri dönüşümü teşvik eder.

Türkiye’de, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004) içerisinde afet atık yönetimine ilişkin maddeler vardır. Bu maddelerde; deprem atığı miktarının tahmin edilmesi, atığın kaldırılması, taşınması ve depolanacağı uygun alana temini, yönetmelikler esas alınarak hazırlanması gerektiği belirtilmiştir. Mülki amirlerin bu yönetimden sorumlu olduğunu, geri dönüşüm tesislerinin alanlarının belirlenmesi, inşaat ve yıkıntı atıklarının toplanmasından sorumlu firmaların bilgilerinin halka verilmesini ve geri dönüşümden kazanılan ürünlerin öncelikle yol alt yapı çalışmasında kullanılması gerektiğini belirtmiştir (Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2004). Ayrıca, İnşaat ve yıkım atıkları, yönetmeliklerde, birbirinden ayrı bir şekilde değerlendirilmeyip afet atıklarını kapsama alındığı bir tanımlama kullanılmıştır (Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, 2015). Bu çalışma kapsamında yapım ve yıkım atık yönetiminin, afet atık yönetiminde farklı olarak ele alınması gerektiği, vaka çalışmaları ve inşaat sektörüne kazandırılması araştırmalarıyla ortaya koyulmuştur. Bu çalışma kapsamında, kurumsal çerçevenin afet atık planının genel hatlarıyla belirlenerek oluşturulması, mevzuatlarda detaylı çalışma planına yer verilmesi ve sonrasında belediyelerin yönetimiyle süreci tamamlaması önerilmektedir. Türkiye’deki İnşaat Yapım ve Yıkım Atıkları için, 2023 Ulusal Atık Yönetim Eylem Planında sağlıklı bir geri dönüşüm planı için seçici yıkım yapılması önerilmiştir. Deprem gibi afet atıkları için özel olarak bir konu başlığının incelenmediği gözlenmiş ve çalışmaların sürdüğü belirtilmiştir. UAYP 2014 verilerine göre; Türkiye’deki inşaat ve yıkıntı atıkları çok sınırlı bir veri sağlanmıştır ve 100 milyon ton üzerinde hafriyat ve inşaat yıkıntı atığı geri kazanım tesislerinde işlenmiş veya bertaraf edildiği belirtilmiştir. Geri kazanılmış inşaat yıkıntılarının, yol çalışmalarında kullanıldığı belirtilmiş olup beton, asfalt, hafriyat için ayrı değerlendirilme yapılmamıştır. Deprem öncesinde yayımlanan bu eylem planında 2023 yılında toplam, 300 milyon ton Hafriyat ve İnşaat Yıkıntı Atığı oluşacağını tahmin edilmiştir, fakat deprem ile birlikte ve depremden sonra inşa edilen sosyal konutların hesapları eklenince bu rakamın en az 1,5 katına çıkacağı bu çalışma kapsamında tahmin edilmektedir (Ulusal Atık Eylem Planı, 2023).

Seçili Avrupa ülkelerinin de içinde bulunduğu inşaat ve yıkım atıklarının geri kazanım oranları Şekil.9’de gösterilmiştir (Eurostat, 2013). Aşağıda gösterilen oranlar; Geri dönüşümde kullanılan

(recycle), yeniden kullanım için hazırlanan (reuse), geri doldurma işlemleri de dahil olmak üzere ayrılan atığın, ülkelerdeki tüm inşaat ve hafriyat atığına bölünmesiyle belirlenmiştir.








Şekil 9. İnşaat ve yıkım atıklarının geri kazanım oranları (Eurostat, 2013)

3.2.2. GDA kullanımının mimarlık disiplinince incelenmesi

Depremlerden sonra elde edilen beton atıklarının geri dönüştürülmesi; bu çalışma kapsamındaki bilgilere göre, Türkiye’de sadece asfalt ve yol çalışmalarında değil, aynı zamanda inşaat sektöründeki yeni binalarda kullanılması, çevresel ve ekonomik katkı sağlayacağı görülmüştür. Bir önceki bölümde bahsedilen, örnek gösterilen ülkelerdeki gibi, GDA kullanımı teşvik etmek için gerekli kurumsal çerçeveye büyük sorumluluk düşmektedir. Devlet politikaları ekonomik kalkınma kazanım için; mimarları ve müteahhitleri, GDA kullanımına ilişkin yasal sorumluluklar yüklemeli, ayrıca Almanya, Japonya, Amerika, Kore’deki örnekler gibi beton atığı geri dönüşümü tesisleri kurulmalı, gerekli teknik donanım için yer ve iş bölümü ayrılmalıdır. Sosyal açıdan işgücüne, karbondioksit salınımını ve üretiminde kullanılacak enerjiyi azaltması gibi birçok çevresel etkiye, hâlihazırda bulunan kullanımından dolayı ekonomik katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, deprem sonrası oluşan yapısal atıklar ile mimarlar ve mühendislerin de ilişkilendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Vitruvius’a göre mimari, üç özellik barındırmalıdır; estetik, işlev ve dayanıklılık (Rowland ve Howe, 2001). Bunların en önemlisi dayanıklılıktır, çünkü bir mimari ürün dayanıklı olmaz ise işlev ve estetiğin bir anlamı olmayacaktır (Dallı ve Soyluk, 2022). Dolayısıyla mimarlar depremlerden sonra oluşan yıkımlardan doğrudan sorumlulardır. Mimarların, kurumsal çerçevenin oluşumu tamamlandıktan sonra fiziksel çevreye vereceği hasarı en aza indirmek için tasarladıkları yapıları ekolojik bir çözüm olarak geri dönüştürülmüş malzemeler ile birlikte düşünmesi bir gerekliliktir (Yalçinkaya ve Karadeniz, 2022). Mimarlığın etik kurallarında, çevreye karşı yaşam kalitesini artırmak ve fiziksel çevreyi korumaya yardımcı olmak mimarın sorumluluğu olduğu belirtilmiştir (AIA-NJ, 2017). Yapı sektörünün bir diğer paydaşı olan müteahhitler ile doğrudan iletişim içinde olan mimarların, sürdürülebilir bir çevre için projelerinde geri dönüştürülmüş malzeme kullanması sadece müteahhitleri teşvik etmez aynı zamanda yaygınlaştırılması ve toplumsal bilincin kazandırılması konusunda da sorumluluklarını yerine getirir. Çizelge 6’da dünyadaki geri dönüştürülmüş betonun tasarımlarına aktarılmış örnekleri gösterilmektedir. Bu örneklerde deprem gibi yıkıcı felaketlerden sonra geri dönüştürülen beton atığının günümüzde birçok modern mimari örneğinde kullanılabilir olduğu gösterilmektedir.

Çizelge 6. Beton atığından geri dönüştürülmüş tasarım örnekleri

Proje Künyesi	Geri Dönüştürülmüş Malzeme	Proje Görseli
Lendager Group Upcycle Studios Oerestad, Copenhagen, Denmark 2018 (Bianco, 2023)	850 ton geri dönüştürülmüş beton kullanılmıştır. Metro inşaatından alınan kalaslardan ahşap döşemeler ve pencerelerdeki pvc kaplamaları geri dönüştürülmüş malzemelerdir.	 (Bianco, C., 2023)
Kunsthaus Zurich David Chipperfield Zürich, İsveç 2020 (Bianco, 2023)	Tasarımında %95 oranında geri dönüştürülmüş beton malzeme kullanılmıştır.	 (Bianco, C., 2023)
BCHO Architects Hanil Ziyaretçi Merkezi Konuk Evi Güney Kore 2009 (Saieh, 2010, Archdaily)	Projenin amacı betonun geri dönüşüm potansiyelini göstermek için tasarlanmıştır. Geri dönüştürülmüş beton, gabion duvarlar, dolgu duvarlar gibi birçok işlevde kullanılmıştır	 (Saieh, N., 2010)
SOS Children's Villages Lavezzorio Toplum Merkezi Illinois, Chicago 2008 (Studio Gang, 2023)	Beton cephe, alanın çevresindeki terk edilmiş yapıların kalıntılarını yeniden kullanarak oluşturulmuştur. Yapıdaki kırık cephe çizgileri, topluluk ve bütünlüşme duygusunu anlatmaktadır.	 (Studio Gang, 2023)
New Munch Museum / Estudio Herreros 2021 Oslo/Norveç (Coulleri, 2021)	Bina cephesinde düşük emisyonlu geri dönüştürülmüş beton ve çelik kullanılmış ve binanın minimum karbon ayak izi oluşturmaya yardımcı olmuştur.	 (Coulleri, 2021)

Çizelge 6'da görüldüğü gibi, geri dönüştürülmüş beton ve çelik kullanımı mimari tasarımda hiçbir kısıtlılık yaratmamış olup, aynı zamanda düşük emisyon özelliğiyle çevreye verdiği minimum zararlar mimarlığın en önemli etik ilkelerinden biri olan, sürdürülebilir bir çevreye katkı sağlamaktadır (RIBA, 2021).

4. Sonuç ve Öneriler

Meydana gelen depremler sonucunda yıkımın büyüklüğü tahmin edilemez olsa da deprem sonrası atık yönetimi için ulusal bir program mutlaka hazırlanmalıdır. Bu çalışmadaki araştırmalar gösteriyor ki; afet atık yönetiminin uygun bir şekilde işlenmesinin ardından, felaket sonrası çevresel ve

toplumsal kalkınma için deprem atıklarının yeniden kazandırılması, depremin toplumsal, çevresel, ekonomik, sosyal etkisini azaltabilir. Böylelikle, başlıca yapı sektörünün çevreye zararlarından oluşan; yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenmesi, doğal hammadde ihtiyacının artması, CO₂ salınımının artarak iklim değişikliğinden doğabilecek küresel problemlerin azaltılması sağlanabilir.

Literatür taraması sonucu elde edilen verilere göre, sürdürülebilir bir çevre için afetlerden çıkan atığı verimli bir biçimde geri kazanabilmek, normalleşme sürecinin en önemli aşamalarından biridir. Araştırılan vaka çalışmaları analizlerinde 6-7 Şubat 2023 depremlerinin geride bıraktığı afet atıklarının sağlıklı bir şekilde yönetildiği etkin bir mekanizmanın varlığı ve sürdürülebilirliği, çevrede oluşacak zararı en aza indirir.

İnşaat sektörü, mimarlar, kurumsal çerçeve, yerel yönetimler afet atık yönetiminin birer parçasıdır ve birlikte disiplinler arası bir çalışma içinde atık yönetimine katkıda bulunmakla sorumlulardır. Bu araştırmanın, vaka çalışmalarından oluşan birincil yöntemi; kurumsal çerçevenin deprem sonrası atık yönetiminde büyük rolü olduğunu ve öncelikle kurumsal çerçevenin, mevzuat ve yasal zorunluluklarla potansiyel afetlere uygun bir afet atık yönetimi oluşturulması gerektiğini göstermektedir. Yönetim sürdürülebilir olmalı aynı zamanda, her afette geliştirilerek daha büyük afetler için kapsayıcı olmalıdır. Yönetimin; deprem atıklarının nerede oluşacağını, atık miktarlarının tahminini, toplanması için lojistik planlamasını, geçici afet enkaz sahalarının öncesinde belirlenmesini, ayrıştırılma yöntemlerini, nihai depolama sahalarına taşınmasını ve sahaların kriterlerini, geri dönüşüm tesislerinin kapasitesini ve dağılımını; depremden önce belirleyerek bir planlama yapması depremin oluşturacağı hasara karşı hazırlıklı olması gerekmektedir. Deprem atıklarının geri kazanımı için bu yönetim en uygun ve en çevreci bir şekilde tamamlanmalıdır. Bu araştırmanın ikincil yöntemindeki sonuçlar ise; sürdürülebilir bir çevre için deprem atıklarının işlenmesi ve tekrar kazandırılması gerektiğini göstermektedir. Yapı sektörünün çevreye verdiği zarardan tasarım bağlamında sorumlu olan mimarların deprem atıklarının geri dönüşümünden elde edilen malzemelerin yeni yapılacak tasarımlara aktarılmasında sorumluluk almaları gerekmektedir. Mimarlık disiplini, tasarlanacak yapının işlevine göre, belirli oranlarda yan ürün olarak geri dönüştürülmüş beton kullanımı; bu çalışma kapsamında incelenen literatürdeki verilere göre, sürdürülebilir bir çevre için çevresel ve fiziksel fayda sağladığı görülmektedir.

Bu çalışma; literatürden elde edilen verilerle, Türkiye'deki gelecek depremlerin afet atık yönetiminin nasıl olması gerektiğine, uluslararası referanslarla önerilerde bulunmuştur. Bu çalışmada; kurumsal çerçevenin yapı sektöründeki disiplinlerle beraber uygun kararlar alarak hazırlanmış afet atık yönetimi, geri dönüşüm planlaması ve geri dönüştürülmüş malzemelerin tekrar yapı sektörüne kazandırılması planlamaları ile deprem sonrası hızlı bir iyileşme sağlayarak sürdürülebilir bir kalkınma sağlanabileceği belirlenmiştir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Özel etik kurul iznine gerek duyulmamıştır.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede tüm yazarlar aynı oranda katkıda bulunmuştur. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akıncıtürk, N. (2003). Yapı tasarımında mimarin deprem bilinci. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayını, 8, 189-201.
- Asari, M., Sakai, S., Yoshioka, T., Tojo, Y., Tasaki, T., Takigami, H. ve Watanabe, K. (2013). Strategy for separation and treatment of disaster waste: A manual for earthquake and tsunami disaster waste management in Japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 15. 10.1007/s10163-013-0154-5.
- AIA-NJ (2017). AIA. Erişim Adresi: (9 Haziran 2023) <https://aia-nj.org/code-of-ethics/>
- Atık Çerçeve Direktifi. (2008). (2008/98/EC), Erişim Adresi: (09 Haziran 2021) <https://eur->

lex.europa.eu/oj/direct-access.html

- Aytekin, B. ve Mardani, A. (2022). Sustainable materials: A review of recycled concrete aggregate utilization as pavement material. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. 2676. 468-491. 10.1177/03611981211052026.
- Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü. (2015). Erişim Adresi: (14 Haziran 2023) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm> .
- Baycan, F. (2004). Emergency Planning for Disaster Waste: A Proposal based on the experience of the Marmara Earthquake in Turkey. 2004 International Conference and Student Competition on post-disaster reconstruction "Planning for reconstruction" Coventry, UK, April 22-23, 2004.
- Baycan, F. ve Petersen, M. (2002). Disaster waste management-C&D waste. In Annual conference of the international solid waste association (Vol. 8, p. 12). Turkey: Istanbul.
- Bianco, C. (2023). 10 examples of recycled concrete- RTF: Rethinking the future, RTF | Rethinking The Future. Erişim Adresi: (14 Haziran 2023) <https://www.re-thinkingthefuture.com/materials-construction/a4311-10-examples-of-recycled-concrete/>
- Brown, C., Milke, M. ve Seville, E. (2011). Disaster waste management: A review article, *Waste Management*, 31, 1085–1098.
- Brown, C. ve Milke, M. (2016). Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 21-32.
- Coulleri, A. (2021) *Estudio Herreros*, *ArchDaily*. Available at: <https://www.archdaily.com/971237/new-munch-museum-estudio-herrerros> (Accessed: 09 December 2023).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2023). Bakan Kurum: 11 İlimizde 279 Bin Binanın Acil Yıkılacak, Ağır Hasarlı, Yıkık veya Orta Hasarlı Olduğunun Tespitini Yaptık [Basın Bildirisi]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Resmi Web Sitesi. Erişim Adresi:(7 Temmuz 2023), <https://csb.gov.tr/bakan-kurum-11-ilimizde-279-bin-binanin-acil-yikilacak-agir-hasarli-yikikveya-orta-hasarli-oldugu-nun-tespitini-yaptik-bakanlik-faaliyetleri-38479>.
- Dallı, M. ve Soyluk, A. (2022). Ethical analysis of architecture on structural irregularities in major earthquakes in Turkey. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, (ahead-of-print).
- Elgizawy, S. M., El-Haggar, S. M., & Nassar, K. (2016). Approaching sustainability of construction and demolition waste using zero waste concept. *Low carbon economy*, 7(1), 1-11.
- El-Haggar, S.(2010). Sustainability of Construction and Demolition Waste Management. In *Sustainable Industrial Design and waste management: Cradle-to-cradle for sustainable development* (pp. 284–289) Academic Press.
- Eurostat. (2013). (Erişim Adresi: (14 Haziran 2023). https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/bar?lang=en European Cement Research Academy-(2015).
- Fischer, C. ve Werge, M. (2009). EU as a Recycling Society. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production. Copenhagen K.
- Gündüz, A., Türkmen, S., Eryigit, U., Karaca, Y. ve Aydın, M. (2013). Is Turkey an earthquake country/Türkiye bir deprem ülkesi midir?. *Eurasian Journal of Emergency Medicine*, 12(1), 33.
- Habib, S. ve Sarkar, B. (2017). An integrated location-allocation model for temporary disaster debris management under an uncertain environment. *Sustainability*. 9. 716. 10.3390/su9050716.
- Hernández-Padilla, F. ve Anglés, M. (2017). Earthquake waste management, is it possible in developing countries: Case study: 2017 Mexico City seism. *Sustainability*. 2021; 13(5):2431.

<https://doi.org/10.3390/su13052431>

- İpekçi, C. A., Coşgun, N. ve Tıkansak Karadayı, T. (2017). İnşaat sektöründe geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10 (2) ,43-50. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tubav/issue/27937/31>
- İTÜ. (2023). İstanbul Teknik Üniversitesi 6-7 Şubat 2023 Kahramanmaraş, Hatay Depremleri Nihai Rapor. Erişim Adresi: (18 Haziran 2023) https://haberler.itu.edu.tr/docs/default-source/default-document-library/2023_itu_subat_2023_deprem_son_raporu.pdf?sfvrsn=1583fe76_2
- IFRC. (2022). *Disaster recovery and reconstruction in Italy - a legal and policy survey*, IFRC. Erişim Tarihi: 14 Haziran 2023 Available at: <https://disasterlaw.ifrc.org/media/4140>
- Jin, R. ve Chen, Q. (2019). An overview of concrete recycling legislation and practice in the United States. *Journal of Construction Engineering and Management*. 145. 10.1061/(ASCE)CO.19437862.0001630.
- Karakaş, N., Jeleč, K., Kalman Šipoš, T. ve Miličević, I. (2018). Potential Use of Recycled Aggregate in Structural Concrete Elements. In *9th international congress of Croatian society of mechanics*.
- Karunasena, G. (2011). Sustainable Post-Disaster Waste Management: Construction and Demolition Debris. 10.1002/9781444344943.ch14.
- Kılıç, N. (2012). Kentsel dönüşümde geri dönüşüm atığı. *ARGE Bülten* 2012 Aralık–Sektörel, 12–20.
- Klee, H. (2009). Report on the cement sustainability initiative, Recycling concrete. World Business Council for Sustainable Development. Erişim Adresi: (14 Haziran 2023) <http://ficem.org/CIC-descargas/Suiza/CSI/Recycling-Concrete-full-report-2009.pdf>
- Mavroulis, S., Mavrouli, M., Vassilakis, E., Argyropoulos, I., Carydis, P. ve Lekkas, E. (2023). Debris management in Turkey Provinces affected by the 6 February 2023 Earthquakes: Challenges during recovery and potential health and environmental risks. *Applied Sciences*, 13(15), 8823.
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004). Kurum ve Kuruluş Yönetmeliği (Mevzuat No: 5401) [PDF dosyası]. Erişim Tarihi: (18 Haziran2023), <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5401&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Ministry of the Environment_Disaster Waste Management Information Site_Guidelines (Master Plan) for Disaster Waste Management after the Great East Japan Earthquake. (2023) (Erişim Tarihi:16 Aralık 2023) Available at: http://kouikishori.env.go.jp/en/archive/h23_shinsai/guidelines/
- Oikonomou, N. D. (2005). Recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 27, 315-318. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.02.020>
- Putri, A. D. (2017). Recycled concrete aggregate (RCA) for the use in construction: General review. *Advance Concrete Materials*, School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, 1-14.
- RIBA. (2021). Code of Professional Conduct (Erişim Tarihi: 09.12.2023) *RIBA*. Available at: <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/code-of-professional-conduct>
- Rowland, I. D. ve Howe, T. N. (Eds.). (2001). *Vitruvius: 'Ten books on architecture'*. Cambridge University Press.
- Sadagopan, M. ve Nagy, A. ve Malaga, K. (2017). RE: Concrete- study on recycling of concrete in Sweden. *Nordic concrete research*, 83-99.
- Saieh, N. (2010). Hanil Visitors Center & Guest House / BCHO Architects, ArchDaily. Erişim Adresi: (14 Haziran 2023) <https://www.archdaily.com/72484/hanil-visitors-center-guest-house-bcho-architects>

- Sasao, T. (2016). Cost and efficiency of disaster waste disposal: A case study of the Great East Japan Earthquake. *Waste management, 58*, 3-13.
- Sonawane, T. R. ve Pimplikar, S. S. (2013). Use of recycled aggregate concrete. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 52*(59).
- Studio Gang. (2023). S.O.S. Children's Villages Lavezzorio Community Center. Studio Gang. Erişim Adresi: (09.12.2023) <https://studiogang.com/project/sos-children-s-villages-lavezzorio-community-center>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). SBB. Erişim Adresi: (09 Temmuz 2023). <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaras-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf>
- Tam, V. W. ve Tam, C. M. (2006). A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling, 47*(3), 209-221.
- Tüfekçi, M. Mr. (2011). Geri Kazanılmış Agregalı Beton. *Cementürk. 45-56.*
- UEPG. (2022). (Erişim Adresi: (13 Haziran 2023) Home- UEPG. Available at: [https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_\(03082020\)_spreads.pdf](https://uepg.eu/mediatheque/media/UEPG-AR20192020_V13_(03082020)_spreads.pdf)
- Ulusal Atık Eylem Planı. (2023). [csb.gov.tr.](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at-k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf), Erişim Adresi: (14 Haziran 2023) https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at-k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf
- Xiao, J. (2018). Recycled aggregate concrete structures, *Springer Tracts in Civil Engineering* sf. 52 doi:10.1007/978-3-662-53987-3.
- Xiao, J., Deng, Q., Hou, M., Shen, J. & Gencel, O. (2023). Where are demolition wastes going: reflection and analysis of the February 6, 2023 earthquake disaster in Turkey. *Low-carbon Materials and Green Construction, 1*(1), 17.
- Yalçınkaya, Ş. ve Karadeniz, İ. (2022). Sürdürülebilir Mimari Tasarımda Atık Malzemenin Yeri. *Journal of Architectural Sciences and Applications (JASA), 7*(2), 750-762.
- Yalova Valiliği Çevre ve İklim Değişikliği Müdürlüğü. (2017). [Yalova.csb.gov.tr/](https://yalova.csb.gov.tr/) (no date) Ar-GE 9: Atık Betondan (Yıkıntı Atıklarından) Geri Kazanılan Agregaya ile Taze Beton üretimi, Yalova Valiliği Çevre ve İklim Değişikliği Müdürlüğü. (Erişim Adresi: 14 Haziran 2023). <https://yalova.csb.gov.tr/ar-ge-9-atik-betondan-yikinti-atiklarindan-geri-kazanilan-agrega-ile-taze-beton-uretimi-proje>

Post-Earthquake Waste Management: Recycling of Waste Concrete and Suggestions for Use in Architecture

Summary

1. Introduction

Earthquakes in Turkey pose significant challenges in terms of managing the aftermath and minimizing their environmental and social impact. Proper evaluation and management of debris in an environmentally friendly manner can bring economic benefits and contribute to resource sustainability. The construction industry generates a significant amount of construction and demolition waste, and recycling plays a crucial role in resource management. The study focuses on offering suggestions for managing earthquake debris by examining case studies and international regulations. The research highlights the importance of understanding the composition of disaster waste and categorizes it into recyclables, non-recyclables, and hazardous waste. Recycling can effectively reduce the volume of structural waste generated. The study emphasizes the need for comprehensive management of disaster waste, from generation to recycling, and advocates for integrating recycled materials into the construction industry for a sustainable environment.

2. Material and Method

This study utilized two methods: case studies of past earthquakes and empirical research. The case studies aimed to learn from previous mistakes in disaster and waste management, while the empirical research focused on the recycling and utilization of concrete in post-earthquake debris. The study aimed to outline the relationship between the construction sector and post-disaster management, with a specific focus on recycling planning.

3. Findings and Discussion

This study highlights the impact of earthquakes in Turkey on Disaster and Waste Management. It is stated that earthquakes have direct effects on the economy, physical environment, and social structure of the country. The study emphasizes the importance of being prepared before earthquakes and disaster management. In addition, it is revealed that the economic, environmental, and social losses after the disaster can be recovered and for this, case studies and recycling are important.

3.1. Analysis of Case Studies on Post-Earthquake Disaster and Waste Management

This section examines case studies of five different earthquakes to explore various aspects of disaster waste management. It emphasizes the importance of establishing an administrative framework and setting up temporary disposal and debris separation facilities prior to earthquakes. The criteria for selecting suitable locations for these facilities and environmentally friendly recycling techniques are discussed. The presence of adequate resources and workforce for waste management, allocation of funds for sustainable practices, and assessment of recycling capacity are highlighted as crucial factors. By comparing these case studies with the management of disaster waste in the 6-7 February 2023 earthquakes, the findings provide valuable insights and recommendations for implementing legal requirements in future earthquake scenarios. These measures can reduce the reliance on raw materials in the construction and building sector and contribute to a cleaner physical environment.

3.1.1. Analysis of the 1999 Marmara Earthquake study

According to Baycan's 2004 study, inadequate coordination during emergencies resulted in blocked roads due to debris, causing transportation disruptions. This led to the direct transportation of debris to landfills without sorting, making recycling challenging. The absence of decision-making mechanisms in local government units exacerbated illegal dumping in landfills. To manage debris effectively, the following measures, based on studies after the 1999 Marmara earthquake, should be implemented: quantify debris and identify responsible entities, coordinate with demolition companies, establish temporary collection areas, select suitable storage sites, and set up sorting and

recycling facilities. Implementing these measures improves debris management, ensures effective control, and promotes sustainable recycling practices.

3.1.2. Case study analysis of 2009 Italy L'Aquila and 2016 Italy Amatrice Earthquakes

The analysis of the 2009 Italy L'Aquila earthquake case study provides insights and conclusions that can be applied to disaster management, specifically focusing on waste management. One of the key findings is that sustainable disaster management should remain consistent, even as cities undergo demographic, social, and environmental changes over time. While the magnitude and impact of a disaster may be unpredictable, planning should consider this uncertainty and be flexible. It is essential to establish an institutional framework for disaster management before an event occurs, with clear and definitive management decisions tailored to the estimated amount of waste generated. Precautionary measures should be taken to minimize the anticipated size of the disaster. All necessary calculations, including social and environmental impacts, particularly for waste management decisions, should be conducted. Even in the face of significant societal harm caused by a disaster, environmental sustainability should not be overlooked in post-disaster recovery efforts.

3.1.3. Case Study Analysis of Hurricane Katrina (2005), Haiti Earthquake (2010), and Japanese Tsunami (2011)

In recent years, increasing disasters have generated large amounts of waste, highlighting the need for recycling and reusing debris materials for sustainability. Brown and Milke identified seven factors that determine the pre-assessment process of a recycling management plan after a disaster. The case study of the Maraş earthquake revealed the lack of a Temporary Disaster Debris Site organization, resulting in debris being transported to designated disposal areas without sufficient information on material collection and recycling. The ITU Final Maraş Earthquake Report emphasized the need for storage areas and capacity assessment of existing sites for earthquake debris.

3.1.4. Analysis of the study on disaster waste guidelines in Japan Earthquake (2011)

The study on disaster waste guidelines in the Japan earthquake (2011) analyzed the efforts made by the Japan Society of Material Cycles and Waste Management (JSMCWM) following the earthquake that occurred on March 11, 2011. The study focused on the development of a handbook that establishes standards for the separation and disposal of disaster waste. The guidelines emphasize the prioritization of reuse and recycling, the protection of the physical environment, rehabilitation and reconstruction, and the establishment of separation facilities and cost considerations. The study highlights the importance of having standardized procedures for managing disaster waste, which can vary from one disaster to another and from one municipality to another. The findings suggest that outlining these guidelines can be effective in evaluating and managing disaster waste in future events. It is recommended to apply similar processes and guidelines in Turkey, considering its vulnerability to earthquakes, to ensure effective waste separation and disposal.

3.1.5. 2017 Mexico City earthquake

The 2017 Mexico City earthquake, which occurred on September 10, with a magnitude of 7.1, resulted in a significant loss of life and severe damage to 7,021 residential units, rendering them uninhabitable. Hernández-Padilla F and Anglés M.'s study, published in 2021, proposes a framework for managing post-disaster waste recycling and ensuring compliance with legal regulations, particularly in developing countries. However, when comparing this framework to the specific context of the Maraş Earthquake, it is observed that the relationship between disaster management and waste management could not be established due to the unpredictability of the earthquake's magnitude and potential damage, as well as the limited availability of shared data.

3.2. Recycling techniques and recycling processes of concrete debris

Proper management of debris is crucial after a disaster like an earthquake. This section focuses on the recycling of concrete debris generated during such events. The process involves separating, crushing, and classifying the concrete for various applications, such as road construction and new concrete production. Recycling concrete reduces costs and CO₂ emissions. However, guidelines

specific to concrete recycling are still being developed in Turkey, while other countries like Germany, Japan, and the United States have established regulations promoting the use of recycled construction materials.

3.2.1. Applicability of recycling for disaster waste management in Turkey

In this section, it is emphasized that recycling processes should be carried out in the most economical way possible and should contribute to energy savings. There is no specialized legislation for disaster waste management in Turkey. Having an institutional framework, detailed planning, and infrastructure is crucial for the effectiveness of recycling policies. Recycling processes are not widely preferred in Turkey due to their high costs. Selective demolition and the establishment of recycling facilities are recommended for the recycling of construction and demolition waste. According to the National Waste Management Action Plan, the quantity of construction and demolition waste in Turkey is expected to significantly increase. Recycling rates in Turkey are lower compared to other European countries.

3.2.2. Examining the use of GDA by the architecture discipline

The recycling of concrete waste obtained after earthquakes can contribute to the environmental and economic aspects of Turkey, not only in asphalt and road construction but also in new buildings. Establishing an institutional framework and promoting the use of recycled concrete aggregates (RCA) is crucial. Architects and engineers bear responsibility for incorporating the use of recycled materials to minimize environmental damage. This not only encourages contractors but also raises public awareness. Examples show that recycled concrete can be utilized in modern architectural designs after destructive disasters like earthquakes.

4. Conclusion and Recommendations

This study demonstrates that recycling earthquake debris can contribute to environmental and societal development. The institutional framework, architects, and contractors play significant roles in this process. Recycling earthquake waste and using it in the construction sector is essential for a sustainable environment. This approach can reduce environmental harm and generate economic benefits. A resilient waste management plan and recycling practices are crucial for achieving sustainable development after earthquakes.

