

Sürdürülebilir Mimari Tasarımda Atık Malzemenin Yeri

Şengül YALÇINKAYA^{1*} , İrem KARADENİZ¹ 

ORCID 1: 0000-0003-1629-6443

ORCID 2: 0000-0002-9517-8754

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık, 61080, Trabzon, Türkiye.

*e-mail: sengulyalcinkaya@ktu.edu.tr

Öz

Dünyada yaşanan iklim değişikliği, kirlilik, atık gibi çevre sorunları, kaynakların azalması ve tüketimin artması mimarlık alanında yeni arayışları ortaya çıkarmıştır. Bunlardan biri de atığın yeniden kullanım ve geri dönüşüm yolu ile yapılarda yer almaya başlamasıdır. Bu noktada çalışmada, mimaride atık malzeme kullanımının tasarımsal girdilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bunun için atığın yapı malzemesine dönüştüğü 10 yapı örneği seçilmiştir. Örnekler öncelikle atığın yapı malzemesi olup-olmaması, malzemenin türüne ve edinim yoluna, yeni yapıdaki kullanım yeri ve bulunduğu yer, malzemenin tasarımdaki yeri tespit edilmiştir. Tespitlere bağlı olarak oluşturulan diyagram üzerinden atık malzeme ile ilgili genel çıkarımlara varılmıştır. Sonuçta atık malzemenin yaşamsal döngüsünün sağlanmış olması ile kazanılan avantajların yanında geniş bir yelpazede kullanım olanağı ile tasarımcısına özgün ürünler çıkarma imkânı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atık malzeme, yeniden kullanım, geri dönüşüm, mimari tasarımı, yapı örnekleri

The Role of Waste Material in Sustainable Architecture Design

Abstract

Environmental problems (climate change, pollution, waste, etc.), the depletion of resources, and overconsumption have paved the way for new searches in architecture. One of them is their use of waste in buildings. This study aimed to reveal the design inputs of the use of waste materials in buildings. For this purpose, 10 building examples where waste materials turn into building materials were chosen. In the examples, firstly, whether the waste is a building material or not, the type of material and the way of its acquisition, the place of use in the new building and its area, and the place of the material in the design were determined. Generalizations about the waste material were reached on the diagram created based on the determinations. When we use waste materials in buildings, we are sure of their life cycle and offer designers the opportunity to create unique products.

Keywords: Waste material, reuse, recycling, architectural design, building examples

Citation: Yalçinkaya, Ş. & Karadeniz, İ. (2022). The role of waste material in sustainable architecture design. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7 (2), 750-762.

DOI: <https://doi.org/10.30785/mbud.1168291>



1. Giriş

Endüstri devrimi ile ortaya çıkan teknolojik gelişmeler ve sanayileşme dünyada yeni bir dönemi başlatmıştır. Bilimsel, teknolojik ve endüstri alanlarında önemli gelişmeler yaşanırken, bu dönemde yaşanan hızlı kentleşme, hızlı nüfus artışı ve üretim toplumundan tüketim toplumuna geçiş önemli sorunları doğurmuştur. Bunlardan biri de aşırı kaynak kullanımı ile ortaya çıkan atıktır. Yaşanan gelişmeler kaynağı çıkarma, işleme, kullanma konusunda yeni yöntem ve teknikler getirirken, kaynağın yeniden kullanımı ve ortaya çıkan atığın değerlendirilmesi konusunda sınırlı çözümler üretilmiştir. Kaynakların israfı, verimsiz kullanımı, yaşam döngüsünün düşünülmemiş olması kaynaklara ulaşımı sınırlamakta ve dünya genelinde atık miktarını artırmaktadır. Bu durum iklim değişikliği, hava toprak, su kirliliği, tehlikeli atıklar gibi küresel çevresel sorunların yaşanmasına ve sınırlı doğal kaynakların tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bu noktada birincil kaynak tüketimini en aza indirmek, beraberinde atık oluşumunu azaltmak, atığın geri kazanımını sağlayarak atığı kaynağa dönüştürmek tüm alanlarda yaygınlaşması gereken bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde mimari faaliyetler dünya genelinde yaygınlığı düşünüldüğünde kaynak kullanımı ve atık oluşumu konusunda önemli bir paya sahiptir. Bu durum karşısında mimaride yeni tasarım arayışları ortaya çıkmakta, yeni uygulamalar ve çözümler üretilmektedir. Doğal dengenin korunması ve çevre sorunlarına karşı sürdürülebilir yaklaşımlar izlenmekte ve bu yönde verilen yapı örneklerinin sayısı artmaktadır. Bu noktada çalışmada, atık malzemenin tercih edildiği tasarımlar değerlendirilerek, atık döngüsünün sağlanmasının önemine vurgu yapılarak tasarımda sağladığı olanaklılığa dikkat çekilmek istenmektedir. Uygulamalar ile genel bir soruna çözüm aranmaktadır. Aynı zamanda yapılar, atığa yönelik oluşan olumsuz algının mimari tasarım olgusu ile kırılabileceğinin birer göstergesidir. Mimaride atık malzeme kullanımı ile sürdürülebilir ve çevreye duyarlı yapılar ortaya konulurken aynı zamanda malzeme yeni kullanım alanları ile farklı bir algı ve anlam kazandığı çalışma ile ortaya konulmuştur.

1.1. Atık Malzeme Anlayışı ve Mimarlık

Mimarlık ve malzeme arasındaki ilişki eş zamanlı şekillenmiştir. Malzeme ilk olarak doğada bulunduğu halde kullanılmış ve daha sonra basit araçlar ile şekillendirilmeye başlanmıştır. Endüstri Devrimi'nin sunduğu imkanlar sayesinde ise ham maddeler fiziksel ve kimyasal değişiklikler ile yeni formlara bürünmüştür. Bu sayede mimari malzeme çeşitliliği ve miktarı artmıştır. Fakat bu noktada kaynak tüketiminin artması beraberinde birçok çevre sorunu da getirmiştir. Doğal kaynakların sınırlı olması ve çevresel problemlerin artmasıyla atık malzeme ile yenilikçi mimari çözümler geliştirilmesi gündeme gelmiştir. "Hurda/atık mimarlığı (Junkitecture) diye adlandırılan yeni yapıım şeklinde başlangıçta hurda malzemeler yeniden kullanım sonrası artık faydalı yapı malzemeleri olarak tanımlanmaktadır" (Taşçı ve Tokuç, 2015, s. 28). Bu kapsamda malzeme kullanımına bir alternatif olarak atık-artık-fire malzemelerin mimaride yeniden kullanımı sürdürülebilirlik için önem kazanmıştır. Atık yönetmelikte "Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali" olarak tanımlanmaktadır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Atık kavramı "kullanılmayan, kullanılmak istenmeyen, herhangi bir değeri olmayan madde ve malzemeyi" ifade etmektedir (Şahin ve Hatunoğlu, 2016). Atık, en basit ifade ile çevreye atılan değersiz malzeme ya da ürün olarak tanımlanabilir. Yapıların inşaatı veya inşa edilmiş bir yapının yıkımı esnasında ortaya çıkan istenmeyen malzemelerin tamamına yapısal atık denir. Yapısal atıklar hem kapladıkları alan hem de miktarları bakımından atık türleri içerisinde önemli bir yere sahiptir (Paker ve Taş, 2017). Fire, TDK'de (2019) "bir iş yapılırken çıkan artık parça ve eksik, noksan" şeklinde tanımlanmıştır. Diğer bir deyişle hammadde, yarı madde ve malzemenin mevcut üretim ortamı veya teknolojisi nedeniyle kayba uğramasıdır. Artık malzeme ise ilk madde ve malzemeye göre daha az ekonomik değere sahip olan ve üretim aşamasından arta kalan parçalardır. Fire ve artık malzemeler birlikte ele alındığında ikisinin de malzemenin üretim sürecinde ya da kullanıldıktan sonra geriye kalan parçası olarak tanımlanabilir. Fire ve artık arasındaki farkı ise firenin üretim sürecinin dışında gereğinden fazla stok bulundurma, üretim hatası ya da uygun olmayan depolama koşullarında da ortaya çıkmaktadır (Tüfekçioğlu, 2021).

Günümüzde ülkelerin çevre bilincini oluşturma konusundaki politikaları ve teşvikleri giderek artmaktadır. Bununla birlikte atıkların mimarlık alanında kullanımını teşvik eden çalışmalar giderek daha da önemli bir hale gelmektedir. Bu teşvikler atık malzemelerin yeniden kullanımını ve geri

dönüşümünü olumlu yönde etkilemektedir. Atık, fire ve artık malzemelerin mimaride kullanımı aynı zamanda döngüsel ekonominin bir parçası olarak değerlendirilebilir. Döngüsel ekonomi, ömrünü tamamlamış malzemelerin, ürünlerin farklı kaynaklara dönüştürülerek endüstriyel ekosistemdeki döngünün tamamlanması ve israfın en aza indirilmesidir (Stahel, 2016). Döngüsel ekonomi sistemi 3R kavramı ile tanımlanmaktadır. Bu kavram Recycle, Reuse, Reduce kelimelerinin baş harflerini ifade etmekte ve Türkçe 'ye geri dönüşüm, yeniden kullanım ve azaltma olarak çevrilmektedir (Liu ve diğerleri, 2017:1315). Döngüsel ekonominin prensiplerini oluşturan bu kavramlar atık malzemelerin mimaride kullanım stratejileri olarak da değerlendirilebilir. Geri dönüşüm (Recycle): Atık bileşenlerinin mekanik, fiziksel, kimyasal ya da biyokimyasal yöntemler ile hammaddeye indirgenerek birden fazla kullanılması işlemidir. Böylece atık geri kazanımı sağlanarak atıklar başka uygulamalar için işlenmemiş malzeme gibi kullanılmaktadır (Al-Ansary ve diğerleri, 2004; Palabıyık, 2001; Önder, 2018; Orhon, 2020). Yeniden Kullanım (Reuse): Atıklara malzemelerine ya da yapı bileşenlerine temizleme dışında hiçbir işlem yapılmadan sökülüp farklı bir binada benzer bir işlevde tamamının ya da bir kısmının kullanılmasıdır. Bu yöntem az enerji harcaması ve minimum düzeyde atık üretimine sebep olduğu için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir (Al-Ansary ve diğerleri, 2004; Palabıyık, 2001; Önder, 2018). Azaltma (Reduce): Üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan atıkların ve kirleticilerin azaltılmasını ifade etmektedir. Teknik önlemler alınarak yapısal atığın kaynağında azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem atık oluşumunu ve birçok bertaraf problemini en etkili şekilde çözmektedir (Al-Ansary ve diğerleri, 2004; Palabıyık, 2001; Önder, 2018).

Mimarlıkta yeniden kullanılan atık malzemeler seramik, tuğla gibi inşaat atıkları gibi mevcut yapı elemanları (Taşçı ve Tokuş, 2015) ve plastik, pet şişe, cam şişe, kâğıt bardak, palet, araba lastiği, konteyner gibi yapı dışı elamanlardır. Bu atıkların geri dönüşümü için uygun bir atık yönetimi planlanarak başarılı sonuçlar alınabilir. Günümüzde cam, plastik, ahşap, metal, tuğla ve taş malzemelerin geri dönüşümü üzerinde çalışılmaktadır. Ayrıca mevcut teknolojilerle birçok değişik türde geri dönüştürülmüş malzeme üretilebilmekte yeni malzemelerle rekabet edebilecek nitelikteki geri dönüştürülmüş malzeme üretimi gibi yüksek kaliteli uygulamalar hayata geçirilmektedir. Bu çeşitli atık malzemeler gerek konut gerekse çocuk oyun alanı gibi kamusal mekânların tasarlanmasında kullanılmaktadır. Örneğin Kobe Depremi sonrasında depremedeler için geri dönüştürülmüş kâğıttan geçici barınaklar yapılmıştır (Topal, 2009; Demirarslan ve Demirarslan, 2017; Tandoğan, 2018).




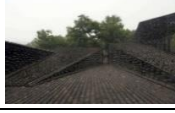




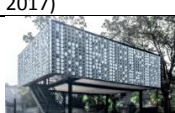

1.2. Atık Malzemenin Uygulamadaki Karşılığı

Çalışmada atık malzeme kavramının çerçevesi yapısal olan veya olmayan, atık, fire veya artık durumda olan malzeme, yapı bileşen veya ögesi olma şeklinde çizilmiştir. Bu malzemelerin aynı şekilde veya dönüştürülerek yeniden kullanılabilme özelliği vardır. Bu malzemeler atık miktarının azaltılması ve kaynak kullanımını minimuma indirilmesine olanak tanıyan alternatif ürünler olarak karşılık görmektedir. Bu noktadan yola çıkılarak dünya genelinde uygulanmış bütünüyle ya da çoğunlukla atık malzeme kullanılarak tasarlanmış ve inşa edilmiş yapı örnekleri üzerinden bir değerlendirme yoluna gidilmiştir. Çalışmada örnekler üzerinden atık malzemenin tasarım sürecindeki olanaklılığına dair bilgiye erişmek amaçlanmıştır. Bunun için literatürde yer bulmuş, atık malzeme kullanılarak tasarlanmış 50 örneğe ulaşılmıştır. Örnekler arasında farklı tasarım yaklaşımına sahip olan, hakkında analiz için gerekli yazılı, çizili ve görsel bilgiye ulaşılabilen ve örneklem grubunu temsil eden 10 örneğe yer verilmiştir. Oluşturulan tablo ile yapıdaki atık malzemeye ait genel bilgi (yapı malzemesi olup-olmaması, malzemenin türüne ve edinip yolu) ve yeni yapıdaki kullanım şekli (kullanım yeri ve yer aldığı parça) bilgisi sunulmuş ve her bir yapı ile ilgili atık malzemenin tasarımdaki yeri irdelenmiştir. Bir sonraki adımda 10 yapıya ait bilgilerin yer aldığı bir diyagram oluşturulup, atık malzemenin tasarım düşüncesi içerisinde üstlendiği görev ile ilgili genel değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu bölümde 10 örneğe ait atık malzeme kullanım yaklaşımına yer verilmiş ve örnekler üzerinden genel bir atık malzeme kullanım değerlendirme yapılmıştır. Her bir örneğe ait veriler ve yapı özelinde alternatif malzeme kullanım şekli aşağıdaki gibidir (Çizelge 1);

Çizelge 1. Binalarda alternatif malzeme kullanımı

I.Manifesto Evi (Mimdap, 2010)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Konteyner, Ahşap palet	Yapı kabuğu x Yapı içi Strüktürel öge x	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
CircularPavy.(Dezeen, 2015)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Taş yünü, ahşap çita, ahşap zemin kaplama pleksiglas, kontrplak levhalar	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge x	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Halk Pavy. (Archdaily, 2013)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Beton, ahşap, cam çatı, plastik karolar	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge x	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. x Yeniden kullanım x
Çin S. A. Müzesi (XXI, 2015)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Kiremit	Yapı kabuğu x Yapı içi Strüktürel öge	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. Yapı olmayan	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Kamikatsu S. Mer.(Ekoyapı, 2022)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Pencere, seramik, cam, plastik kap	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. x Yeniden kullanım x
Ningbo Tar. Müz.(Arkitektuel, 2017)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Tuğla, kiremit	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. Yapı olmayan	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Beehive Ofisi (Arkitera, 2018)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Kiremit	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Villa Welpeloo(Oggusto, 2020)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Çelik, kablo makarası, cam, polistiren	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge x	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Bima M. Küt. (Mimarizm, 2017)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Plastik dondurma kabı	Yapı kabuğu x Yapı içi Strüktürel öge	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. Yeniden kullanım x
Upcycle evi (GÜNEKAB, 2022)	Alternatif mal.	Kullanım yeri	Yapı parçası	Özelliği	Edinim yolu
	Konteyner, cam, kiremit alüminyum soda kutusu tuğla, kâğıt, talaş şişe mantarı	Yapı kabuğu x Yapı içi x Strüktürel öge x	Malzeme Y.elemanı Y.bileşeni	Yapı mal. x Yapı mal. x Yapı olmayan x	Geri dönüş. x Yeniden kullanım x

Infiniski Manifesto Evi (2009, Curacavi, Şili): Konut işlevine sahip yapı, iki katlı olup, 160 m²'dir. Atık olarak nakliye konteyneri ve ahşap palet kullanılmıştır. Yeniden kullanılan üç gemi konteyneri strüktürel öge olarak temel taşıyıcı strüktürü oluşturulmuştur. Yapı kabuğunda ise atık ahşap palet

malzeme kullanılmıştır. Yapıda kullanılan inşaat malzemelerinin yaklaşık %85'ini yeniden kullanılabilir ve geri dönüşümlü malzeme oluşmaktadır (Mimdap, 2010).

Circular Pavyonu (2015, Paris, Fransa): 70 metrekarelik bina, 2016 yılına kadar Hôtel de Vill'de sergi ve toplantı alanı olarak kullanılmıştır. Sürdürülebilir mimari için bir model olarak yapılan yapının inşasında kullanılan malzemelerin %60'ı ikinci defa kullanılmıştır. Cephe tadilat geçirmiş konutlardan alınan kapılar ile tasarlanmıştır. 180 tane kapı cephede balıksırtı deseni oluşturacak şekilde yerleştirilmiş olup, binada zikzaklı bir çatı çizgisi oluşmuştur (Dezeen, 2015). Yapıdaki izolasyon ise daha önce bir süpermarkette kullanılan taş yünü malzemenin yeniden kullanımı ile sağlanmıştır. Yapının strüktürel iskeleti başka bir şantiyeden artık ve fire olmuş ahşaptan yapılırken, zemin ve bölme duvarlar eski sergi duvarlarından elde edilmiş kontrplak levhalar, giriş alanındaki platform ise sahildeki ahşap zemin kaplama olarak kullanılan malzemelerin yeniden kullanımı ile yapılmıştır (Archello, 2020).

Halk Pavyonu (2017, Eindhoven, Hollanda): 250 m² yapı, müzik ve tiyatro etkinliklerinin yapıldığı bir buluşma yeri olarak tasarlanmıştır. Döngüsel ekonomi anlayışı ile tasarlanan yapıda malzemelerin %100'ü dönüştürülmüştür. Yapıdaki beton ve ahşap kirişler, aydınlatma, cephe elemanları, cam çatı, geri dönüştürülmüş plastik kaplama, cam çatı ikinci defa kullanılmıştır. Plastik ev atıkları, yapı kabuğunda farklı renklerde plastik karolara dönüştürülerek kullanılmıştır (Archdaily, 2013). Zemin kattaki cam cephe başka bir yapının yenilenmesinden ortaya çıkan yapı bileşeninin kullanılması ile elde edilmiştir.

Çin Sanat Akademisi Yerel Sanatlar Müzesi (2015, Hangzhou, Çin Halk Cumhuriyeti): 4970 m² alana sahip olunan müzede paralelkenar birimlerden oluşan bir planlamaya gidilmiştir. Yapının duvar yüzeylerinde ve çatısında kullanılan kiremitler bölgedeki evlerden elde edilmiştir. Boyutları birbirinden farklı olan kiremitler yapıya doğal bir etki vermiştir. Müzenin düşey duvarlarında paslanmaz çelik tellere asılan kiremitlerden bir perde dış duvarı oluşturulmuştur (XXI, 2015). Malzeme kullanımında elde edilen estetik ve anlam boyutunun yanında yüzey ile aynı zamanda güneş ışınlarının içeri alınmasını kontrolünü sağlamıştır.

Kamikatsu Sıfır Atık Merkezi (2020, Tokushima, Japonya): 1176 metrekare taban alanına sahip olan yapı otel, toplantı salonu, eğitim ve geri dönüşüm malzeme alanı gibi birimlerden oluşmaktadır. Bina kabuğunda farklı yapılardan elde edilmiş 700 adet pencereye yer verilmiştir. Yerel endüstrinin önemli öğelerinden olan sedir ağacı, yapıda işlenmemiş kereste şeklinde taşıyıcı eleman olarak kullanılmıştır. Dış cephede yer alan sedir ağaçları ise hurmanın özünden elde edilen doğal boya ile boyanmıştır. Zeminde cam ve seramik parçalarından oluşturulmuş terrazzo döşeme kullanılmış, plastik mavi saklama kaplarından ise kitaplık oluşturulmuştur (Ekoyapı, 2022).

Ningbo Tarih Müzesi (2008, Ningbo, Zhejiang, Çin): 30.000 metrekarelik bir alan içerisinde kurulu olan müzenin inşasında geleneksel "wapan" tekniği kullanılmıştır. Farklı boyuttaki elemanların bir araya getirilmesini esas alan bu yöntem yapıda geri dönüşümlü malzeme kullanımına olanak tanımıştır. Böylece geleneksel evlerin yıkılması sonucu ortaya çıkan molozlar aynı alan içerisinde yenir bir mimari kütle içerisinde yaşamına devam etmesi sağlanmıştır. Özellikle yapı kabuğunda tasarımsal bir öğeye dönüştürülen tuğlalardan bazıları bin yıllık bir geçmişe sahiptir (Arkitektuel, 2017) (Şekil1.).



Şekil 1. Ningbo Tarih Müzesi'nde alanda yer alan atığın yerel teknik ile kullanımı (Aliyabadova, 2015)

Beehive Ofisi (2017, SurryHills, Avustralya): Ofis yapısı olarak tasarlanan yapıda amaç, atık malzemeleri yeniden kullanarak bir model oluşturmaktır. Yapının bulunduğu alan içerisinde ana cephe

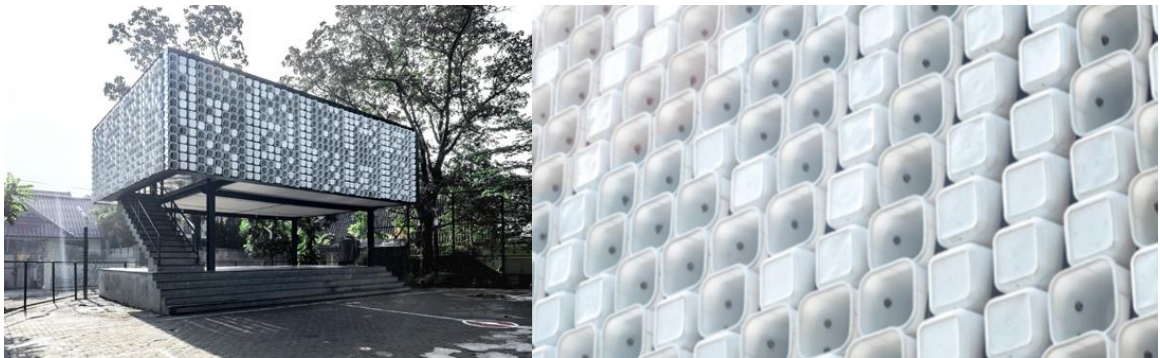
güçlü batı güneşinin etkisine maruz kalmaktadır. Tasarımcı bu nedenle bu etkiyi zayıflatmak için atık malzemeyi de kullanarak etkili bir çözüm üretme yoluna gitmiştir. Bunun için yapıda hem kolaylıkla temin edebilen hem de yeterli düzeyde yeniden kullanım olanağı sunan çatı kiremiti tercih edilmiştir. Kiremitlerle oluşturulan yapı kabuğu ile sert gün ışığını filtrelerken 8 metre genişliğinde olan ana cephenin aldığı ışık düzeyi üst seviyeye çıkartılmıştır (Arkitera, 2018). Ayrıca kitaplık tasarımında da kiremit kullanımı ile yapı genelinde bütüncül bir etki yakalanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Beehive Ofis yapısında atık kiremitin cephede kullanımı (Arkitera, 2018)

Villa Welpeloo (2009, Enschede, Hollanda): Karbon ayak izini en aza indirmenin esas alındığı projede malzemeler inşaat çevresindeki 15 kilometrelik alan içerisinde tedarik edilmiştir. Yapıdaki malzemeler genel olarak yıkım veya imalat atıklarından elde edilmiştir (Şahin, 2021, s.28). Yapının strüktürünü yakın çevredeki fabrikada yer alan tekstil makinesinin kirşerlerinden elde edilen çelik konstrüksiyon oluşturmuştur. Yapı kabuğu ve iç duvarlar ise 1000'e yakın kablo makarasından elde edilen ahşap çitalar ile tasarlanmıştır. Pencerelerin çoğunda yerel bir cam fabrikasından çıkan atıklar kullanılmıştır. Yalıtım için karavan imalatçısından alınan polistiren parçaları kullanılmıştır (Oggusto, 2020).

Bima Mikro Kütüphanesi (2016, Bandung, Endonezya): 160 m² alana sahip olan kütüphane zemin katta yükseltilmiş olup üst katta kapalı bir alan oluşturulmuştur. Zemin kat farklı eylemlere imkân verecek şekilde serbest alan olarak bırakılmıştır. Yapı kabuğu kullanılmış dondurma kovalarının yeniden kullanımı ile oluşturulmuştur. Cephede oluşturulan doku ile "kitaplar dünyaya açılan pencerelerdir" anlamına gelen "bukuadalahjendeladunia" mesajı kutular ile kodlanmıştır. Tropikal iklim bölgesinde yer alan yapının tasarlanmasında temel hedef doğal havalandırılmanın sağlanmasıdır. Bunun için plastik dondurma kaplarının bazılarının alt bölümleri kesilmiştir (Mimarizm, 2017). Böylece hem havalandırma sağlanmış hem de görsel bir etki verilmiştir (Şekil 3).

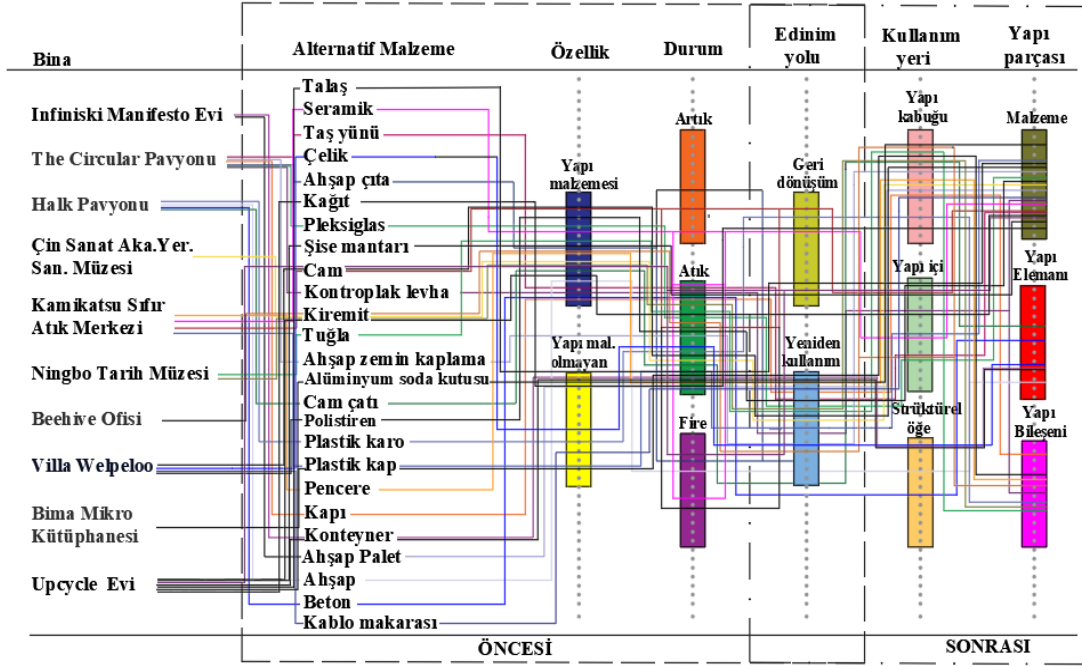


Şekil 3. Bima Mikro Kütüphanesi'nde yapı malzemesi olmayan atık plastik kabin cephede kullanımı (Mimarizm, 2017)

Upcycle Evi (2013, Nyborg, Danimarka): 129 metrekare tek katlı bir ev olarak planlanmıştır. Projede atık ve geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı ile en az karbon ayak izine sahip ev tasarımı hedeflenmiştir. Avrupa limanlarına yığılan ve çok ucuza satın alınabilen iki konteyner ile yapının strüktürü oluşturulmuştur (GÜNEKAB, 2022). Çatı ve cephe kaplaması olarak ise dönüştürülmüş alüminyum soda kutularından yararlanılmıştır. Cephe panelleri, preslenmiş ve ısıl işlem ile geri dönüştürülmüş granül kâğıttan oluşturulmuştur. Mutfak zemini kiremit ve şampanya mantarı artıklarıyla kaplanmış ve banyo karoları geri dönüştürülmüş camdan yapılmıştır. Duvarlar ve zeminler

çeşitli üretim alanlarının yan ürün olan, tutkalsız preslenmiş talaşlardan oluşan OSB panellerle kaplanmıştır (Archdaily, 2013).

Örnek yapılar ile ilgili genel bir değerlendirme yapıldığında ise (Şekil 4);



Şekil 4. Alternatif malzemelerin yapıda kullanımına ait genel yaklaşım

- Circular Pavyonu’nda kapıların ve Bima Mikro Kütüphanesi’nde plastik kapların kullanımında olduğu gibi atık malzemeler mevcut farklı yerlerde ve amaçla kullanımı ile tasarımda özgün bir tavır yakalanmıştır.
- Upcycle Evi ve Kamikatsu Sıfır Atık Merkezinde olduğu gibi birden fazla atık malzemenin bir arada kullanıldığı örneklere rastlamak mümkündür.
- Çin Sanat Akademisi Yerel Sanatlar Müzesi’nde atık malzeme kullanımında seçilen yöntem ve malzemenin bölgedeki anlamı düşünüldüğünde yaratıcı bir yaklaşım olarak referans alınabilecek bir yapı örneğidir.
- Bima Mikro Kütüphanesi, Çin Sanat Akademisi Yerel Sanatlar Müzesi ve Beehive Ofisi yapılarında atık malzeme estetik kullanımın yanında fiziksel konfor koşullarının sağlanması yönünde çözümü içinde barındırmaktadır.
- Villa Welpelo projesinde atık malzeme kullanımında karbon ayak izinin azaltılma adına yakın çevreden malzeme edinimi ilkesi benimsenmiştir.
- Halk Pavyonu ve Bima mikro kütüphanesinde yapı malzemesi-ögesi olmayan bir malzemenin tasarım sürecine dahil edildiği başarılı örneklerdendir.
- İncelenen örneklerde ağırlıklı olarak yapısal atığın yeniden kullanımının tercih edildiği görülmüştür. Atığın geri dönüşüm ile edinim yolu sınırlı kalmıştır. Mevcut hali ile malzemeyi kullanıyor olmak enerji kullanımını azaltacağından olumlu bulunmuştur.
- Yapı kabuğunda ahşap, ahşap kapı, alüminyum soda kutusu, plastik kap, plastik karo, kiremit, tuğla gibi çok farklı türdeki atık malzemelerin kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Atık malzemenin kullanıldığı iyi örneklerin literatürde yer buluyor olması, atık ile ilgili estetik, hijyen ve sağlık gibi kaygılarının giderilmesinde referans oluşturmaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde yaşanan çevre sorunları, enerji ve kaynakların tüketimindeki artışın önüne geçebilme adına mimari faaliyetlerde atık malzeme kullanımının yaygınlaşması bir gerekliliktir. Bugün atık malzemenin tercih edildiği, etkili tasarım yaklaşımına sahip yapı örneklerini görmek mümkün olsa da yeterli yaygınlığa sahip değildir. Bu araştırmada literatürde yer alan atık malzeme kullanılan 10 örneğe yer verilmiştir. Uygulanmış örnekler üzerinden atık malzeme kullanımının tasarımsal girdilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda;

- Atık malzemenin tasarımsal bir araç olarak kullanıldığı yapılarda malzeme ve kullanım şekli yapıya farklı bir algı kazandırmaktadır.
- Yapı kabuğunda çok farklı nitelikte atık malzemelerin kullanımı sonraki projeler için referans olacaktır.
- Atık malzeme kullanılan iyi örneklerin yaygınlığının artmasına ve atık malzemeye karşı var olan olası olumsuz düşüncelerin kırılmasına katkı sağlayacaktır.
- Literatürde var olan geri dönüştürülen veya yeniden kullanılan malzemelerin tasarım sürecini beslediği iyi örnekler tasarımcıya ilham verecek niteliktedir. Tasarımcı için bulunduğu çevrede var olan atıkların sürece dahil edilmesinde referans alabileceği uygulamalar mevcuttur.
- Mimari tasarım sürecinde yapısal atıklar kadar yapısal olmayan diğer atıkların da etkili sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Atık malzemelerin kullanımının yaygınlaşması, denemelerin yapılması tasarım, uygulama ve yıkım sonrasında ortaya çıkan atıklara kaynak gözüyle bakılmasına ve atık yönetiminde daha sistematik bir yol izlenmesinde ön ayak olacaktır.
- Atık malzemenin tasarımda sağladığı olanakların ortaya konulması, konu ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin güncellenmesinin önü açacaktır. Kullanıcısına sunduğu fırsatlar ile atık malzeme konusunda farkındalık oluşturacaktır.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede etik kurul kararı gerektiren anket, görüşme, gözlem vb. uygulama yapılmamıştır. Özel izin gerektiren bir belge kullanılmamıştır.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

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

Kaynaklar

- Al-Ansary M. S, El-Haggar, S. M. ve Taha M. A. (2004). *Sustainable Guidelines For Managing Demolition Waste in Egypt*, Proceedings of the International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures, Barcelona. Erişim adresi (26.07.2022): <http://congress.cimne.upc.es/rilem04/frontal/Papers.htm>
- Aliyaibadova (2015, 10 Nisan). Ningbo Tarih Müzesinde. Erişim adresi (01.07.2022): <https://aliyaibadova.tumblr.com/post/116029509981/wang-shus-ningbo-museum>
- Archdaily (2013, 16 Ekim). Upcycle Evi. Erişim adresi (01.07.2022): <http://archdaily.com/458245/Upcycle-House-Lendager-Arkitekter>
- Archdaily (2019, 29 Nisan). Halk Pavyonu. Erişim adresi (01.07.2022): <http://www.Archdaily.Com/915977/Peoples-Pavilion-Bureau-Sla-Plus-Overtreders-w>
- Archello (2020, 13 Ağustos). The Circular Pavyonu. Erişim adresi (01.07.2022): <https://archello.com/project/circular-pavilion>
- Arkitektuel (2017, 21 Mayıs). Ningbo Tarih Müzesi. Erişim adresi (01.07.2022): <http://Arkitektuel.Com/Ningbo-Tarih-Muzesi/>

- Arkitera (2018, 27 Haziran). Beehive Ofisi. Erişim adresi (01.07.2022): <http://Arkitera.Com/Haber/The-Beehive-Atik-Malzeme-ile-Mimarlik/>
- Atık Yönetimi Yönetmeliği. (2015, 2 Nisan). *Resmi Gazete* (Sayı: 29314). Erişim adresi (25.07.2022): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>
- Coşgun, N. Güler, T. ve Doğan, B. (2009). Yapısal atıkların önlenmesinde/ azaltılmasında tasarımcının rolü. *Mimarlık Dergisi*, Mimarlar Odası Yayınları 2(348). Erişim adresi: <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=362&RecID=2154>
- Demirarslan, D. ve Demirarslan, K. O. (2017). Çevre koruma bilinci bağlamında iç mekânın tasarımında disiplinler arası bir yaklaşım: İç mimarlık ve çevre mühendisliği ilişkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(2), 112-128. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/318892721_Cevre_Koruma_Bilinci_Baglaminda_Ic_Mekalin_Tasariminda_Disiplinler_Arasi_Bir_Yaklasim_Ic_Mimarlik_ve_Cevre_Muhendisligi_Iliskisi
- Dezeen (2015, 18 Aralık). The Circular Pavyonu. Erişim adresi (01.07.2022): <http://Dezeen.Com/2015/12/18/Circular-Pavilion-Encore-Heureux-Paris-France-Recycled-Materials-Doors/>
- Ekoyapı (2022, 24 Ocak). Kamikatsu Sıfır Atık Merkezi. Erişim adresi (01.07.2022): <http://Ekoyapidergisi.Org/Japonya-Da-Cok-Amacli-ifer-Atik-Merkezi>
- GÜNEKAB (2022, 18 Haziran). Upcycle Evi. Erişim adresi (01.07.2022): <https://www.gunekab.gov.tr/atiklardan-ileri-donusturulmus-ev-upcycle-house/>
- Liu L., Liang Y., Song O., Li J. (2017). A Review of waste prevention through 3r under the concept of circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1314-1323. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-017-0606-4>
- Mimarizm (2017, 28 Temmuz). Bima Mikro Kütüphanesi. Erişim adresi (01.07.2022): https://Mimarizm.Com/Haberler/Gundem/Mikro-Kutuphane-Bima_128490
- Mimdap (2010, 18 Ağustos). Infiniski Manifesto Evi. Erişim adresi (01.07.2022): <http://mimdap.org/2010/08/infiniski-manifesto-evi/>
- Oggusto (2020, 15 Mayıs). Villa Welpeloo. Erişim adresi (01.07.2022): <https://www.Oggusto.Com/Surdurulebilir-Yasam/Surdurulebilir-Tasarima-Dunyadan-En-Guzel-Ornekler>
- Orhon, A. V. (2020). Sürdürülebilir Mimarlık Olgusuna Döngüsel Ekonomi Perspektifinden Eytışimsel Bir Bakış. *Ege Mimarlık Dergisi*, Mimarlar Odası İzmir Şubesi, 108, 110-117. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/346596608_Surdurulebilir_Mimarlik_Olgusuna_Dongusel_Ekonomi_Perspektifinden_Eytisimsel_Bir_Bakis_A_Dialectic_View_on_Sustainable_Architecture_through_the_Circular_Economy_Perspective
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: Döngüsel ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 196-204. Erişim adresi: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/525632>
- Paker, B. ve Taş, N. (2017). Sürdürülebilir yapım sürecinde mimarın yapısal atık oluşumuna etkisi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1), 88-98. Erişim adresi: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/376681>
- Palabıyık, H. (2001). *Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği*. (Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=AkBtcNPS-jorc18LA-TTNA&no=4xIEJpV4hBxXfnO1Ec_cOw

- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435-438. Erişim adresi: <https://www.nature.com/articles/531435a>
- Şahin, S. ve Hatunoğlu, Z. (2016). Geri dönüşüm sistemlerine yönelik algı düzeyi, finansman ve muhasebeleştirilmesi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(2), 73-93. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/esad/issue/38969/456209>
- Tandoğan, O. (2016). Atık malzemelerinin mimaride kullanımı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(4), 189-202. Erişim adresi: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/595528>
- Taşçı, B. G. ve Tokuç, A. (2015). Yeniden kullanılabilir malzeme ile mimarlık deneyimi. *Ege Mimarlık Dergisi*, Mimarlar Odası İzmir Şubesi, 89(90), 24-29. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/291337314_YENIDEN_KULLANILABILIR_MALZEME_ILE_MIMARLIK_DENEYIMLERI
- Topal, S. (2009). *Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyellerinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Tüfekçioğlu, D. (2021). *Mekân Tasarımı Sürecinde Atık Malzeme Kullanımı ve Yönetimi-Örnek Yapı Birimi Projesi*. (Sanatta Yeterlilik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara). Erişim adresi: <http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/handle/11655/24608>
- XXI. (2015, 10 Kasım). Çin Sanat Akademisi Yerel Sanatlar Müzesi. Erişim adresi (01.07.2022): <https://xxi.com.tr/i/egim-ritim-ve-kiremit>

The Role of Waste Material in Sustainable Architecture Design

Summary

1. Introduction

Technological developments and industrialization following the Industrial Revolution have paved the way for a new era. However, scientific, technological, and industrial developments have caused severe problems, such as urbanization, rapid population growth, and excessive use of resources. Excessive use of resources has led to rapid depletion and waste. Therefore, all fields, especially architecture, have focused on the conscious use of resources and waste reduction, and recycling.

Architecture has a significant stake in resource use and waste generation. At this point, architecture has started to adopt sustainable approaches to preserve the natural balance. One of those sustainable approaches is the circular economy, which involves recycling end-of-life materials and products into other resources, completing the cycle in the industrial ecosystem, and minimizing waste (Stahel, 2016). The circular economy system is characterized by the 3Rs (recycle, reuse, and reduce) (Liu et al., 2017:1315). These concepts can also be regarded as strategies for using waste materials in architecture.

Recycle: Converting waste into raw materials (through mechanical, physical, chemical, or biochemical methods) and using them more than once. In this way, we can use recycled waste materials as unprocessed materials for different applications (Al-Ansary et al., 2004; Palabiyik, 2001; Önder, 2018; Orhon, 2020).

Reuse: Dismantling waste materials or building components and using all or part of them for similar functions in different buildings without any treatment other than cleaning (Al-Ansary et al., 2004; Palabiyik, 2001; Önder, 2018).

Reduce: It refers to reducing waste materials and pollutants in production and consumption processes. It is defined as reducing structural waste materials and pollutants at the source through technical measures (Al-Ansary et al., 2004; Palabiyik, 2001; Önder, 2018).

2. Materials and Methods

This study had two objectives: evaluating designs with waste materials and exploring the possibilities of the waste cycle in designs. The materials of this study were studies on waste materials and architecture, building images with waste materials, and building explanations. The study had three stages. First, a literature review was conducted on scientific studies on waste materials and architecture. Second, ten buildings with different approaches to waste use were examined. The buildings were assessed (and presented in Tables) according to alternative material type, place of use (building envelope, indoor, structural element), building part (building element or component), building material/non-building material, and acquisition method (recycling, reuse). In addition, the general approach to the use of alternative materials in buildings is shown in a diagram. Third, results were presented.

3. Findings and Discussion

This chapter focused on waste material utilization approaches and provided an overall waste material utilization assessment.

The Infiniti Manifesto House (2009, Curacavi, Chile) is a two-story house with a total floor area of 160 sqm. It is made of shipping containers and wooden pallets. The three reused shipping containers are the main load-bearing structures. The building envelope is made of wooden waste pallets. Approximately 85% of construction materials are reusable and recyclable (Mimdap, 2010).

The Circular Pavilion (2015, Paris, France) is a 70-sqm building used as an exhibition and meeting space at the Hôtel de Vill until 2016. The building is a model for sustainable architecture. Sixty percent of construction materials were used for the second time. The facade was renovated and designed with residential doors. One hundred and eighty doors were placed in a herringbone pattern on the façade,

forming a zigzag roof line (Dezeen, 2015). The rock wool material previously used in a supermarket was reused for insulation. Its structural skeleton is made of leftover and wasted wood supplied from another construction site. The floor and partition walls are made of plywood sheets from old exhibition walls. The platform at the entrance is made of materials used as wooden flooring on the beach (Archello, 2020).

The People's Pavilion (2017, Eindhoven, Netherlands) is a 250-sqm building designed as a meeting place where music and theater events are held. The building adopts a circular economy approach, consisting of 100% recycled materials. The concrete and wooden beams, lighting and facade elements, recycled plastic cladding, and glass roof were used for the second time. Plastic household waste was converted into plastic tiles of different colors for the building envelope (Archdaily, 2013). The glass facade on the ground floor is composed of building components from the renovation of another building.

The China Academy of Art's Folk Art Museum (2015, Hangzhou, People's Republic of China) has a total floor area of 4970 sqm. Planning is based on parallelogram units. The tiles on the wall surfaces and roof were obtained from local houses. The tiles, which vary in size, give the building a natural effect. On the vertical walls of the museum, an outer wall was created by tiles hung up by stainless steel wires (XXI, 2015). The materials are both aesthetically pleasing and meaningful. They also control the volume of sunlight coming into the rooms inside.

The Kamikatsu Zero Waste Center (2020, Tokushima, Japan) has a total floor area of 1,176 sqm. It consists of units, such as a hotel, meeting hall, training, and recycling material area. The building envelope consists of 700 donated windows. Cedarwood, one of the critical elements of the local industry, was used as a load-bearing element in the form of untreated timber. The cedar trees on the exterior were painted with natural paint obtained from the sap of dates. Glass and ceramicware were used as terrazzo aggregate for the finished mortar floor of the reuse shop. A bookshelf was created from plastic blue storage containers (Ekoyapi, 2022).

The Ningbo Museum (2008, Ningbo, Zhejiang, China) has an area of 30,000 sqm. It is designed according to the traditional "*wapan*" technique, which is based on bringing together elements of different sizes. This technique allowed the architect to use recycled materials. The rubble from traditional houses has found the chance to survive in a new architectural mass within the same area. Some bricks, especially those transformed into a design element in the building envelope, are a thousand years old (Arkitektuel, 2017) (Figure 1).

The Beehive (2017, Surry Hills, Australia) is an office building made from recycled materials. Its main façade is exposed to the sun from the west. The designer used waste materials to weaken this effect. To that end, he used roof tiles, which are readily available materials that offer sufficient reuse opportunities. The tiles filter the harsh daylight and maximize the level of light received by the eight-meter-wide main facade (Arkitera, 2018). The bookshelf is also made of tiles to create a holistic effect throughout the building (Figure 2).

The Villa Welpeloo (2009, Enschede, The Netherlands) was designed as an eco-friendly building to reduce the carbon footprint as much as possible. Materials were supplied from within a 15-kilometer radius around the construction. The materials are mostly demolition or manufacturing waste (Şahin, 2021, p.28). Its structure is made of steel from the beams of a textile machine in a nearby factory. The building envelope and interior walls are designed with wooden slats from nearly 1000 cable spools. Most windows are made of waste material from a local glass factory. Pieces of polystyrene from a caravan manufacturer were used for insulation (Oggusto, 2020).

The Microlibrary Bima (2016, Bandung, Indonesia) has a total floor area of 160 sqm. It is raised on the ground floor to create a closed space on the upper floor. The ground floor is left as a free space for activities. The building envelope is made of used ice cream buckets. The buckets encode the message "*buku adalah jendela dunia*," which means "books are windows to the world." The building is located in the tropical climate zone. Therefore, the architect focused on natural ventilation. To that end, the

bottom sections of some of the plastic ice cream buckets were cut off (Mimarizm, 2017), allowing the building to both ventilate and have a visual impact. (Figure 3)

The Upcycle House (2013, Nyborg, Denmark) is a one-story house with a total floor area of 129 sqm. The architect used waste and recycled materials to create a design that produces as little carbon footprint as possible. Its structure consists of two very cheap containers stacked in European ports (GÜNEKAB, 2022). The roof and facade cladding are made of recycled aluminum soda cans. The facade panels are made of pressed and recycled (heat-treated) granulated paper. The kitchen floor is covered with tile and champagne cork scraps. The bathroom tiles are made of recycled glass. The walls and floors are covered with OSB (oriented strand board) panels, a by-product of various production areas. They are made of pressed wood chips without glue (Archdaily, 2013).

A general assessment of the buildings

- Waste materials used in different places and for different purposes give the designs a unique attitude, such as the doors of the Circular Pavilion and the ice cream buckets of the Microlibrary Bima.
- Some buildings are made of different waste materials, such as the Upcycle House and the Kamikatsu Zero Waste Center.
- The China Academy of Art's Folk Art Museum is an exemplary building in terms of the material and method used and the meaning attributed to the material by the local community.
- Some buildings are made of recycled materials that provide aesthetics and physical comforts, such as the Microlibrary Bima, the China Academy of Art's Folk Art Museum, and the Beehive.
- The Villa Welpeloo has adopted the principle of supplying materials from the immediate environment to reduce its carbon footprint.
- The People's Pavilion and the Microlibrary Bima are successful examples because they incorporate a material, which is not usually a building material, into the design process.
- Most buildings reuse construction materials. Recycling is limited. However, using materials in their current form is advantageous as it reduces energy consumption.
- The building envelopes consist of different types of waste materials, such as wood, wooden doors, aluminum soda cans, plastic containers, plastic tiles, tiles, and bricks.
- Designs made with waste materials are a reference for addressing waste-related concerns (aesthetics, hygiene, and durability).

4. Conclusion and Recommendations

We should use more waste materials in architectural structures to solve environmental problems and prevent the depletion of resources. Although there are some effective designs with waste materials, they are not popular enough. This study focused on ten buildings designed with waste materials. The aim was to identify design inputs of waste materials. In conclusion,

- Waste materials give buildings different perceptions.
- Using waste materials of very different qualities in building envelopes will be a reference for future projects.
- If architects design more eco-friendly buildings, people will develop more positive attitudes toward waste materials.
- Designers will be inspired by good examples of designs with recycled or reused materials. Designers can turn to practices in the literature when incorporating waste materials into their designs.
- Both structural and non-structural wastes are effective in the architectural design process.
- If we use more waste materials in architectural designs, we will see waste materials (generated after design, implementation, and demolition) as resources and follow a more systematic way of waste management.
- If we identify the possibilities that waste materials provide for designs, we update laws and regulations and offer different opportunities to users.

