



Erasmus+



KIRIKKALE
ÜNİVERSİTESİ



RECOF BUILDING

Recycling of Building Demolition Wastes

**İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE İSTİHDAM EDİLECEK PERSONELE
YÖNELİK YAPI YIKINTI ATIKLARININ GERİ KAZANIMI**

Türkiye’de İnşaat Sektörü

- İnşaat Faaliyetlerinin Katma Değeri: Türkiye GSYİH'sının **%6,2’si** ^(1,*)
- Dünya inşaat malzemeleri ihracat pazarı: Türkiye **21.158** milyon dolar ile **9.** sırada ⁽¹⁾
- İnşaat malzemeleri toplam satış **500** milyar lira: Türkiye GSYİH'sının **%12’si** ⁽¹⁾
- Sektörün oluşturduğu iş fırsatları: Türkiye'de **1,54** milyon kişiye doğrudan iş ⁽¹⁾
- İnşaat sektörünün faaliyetleri sırasında tüketimi gerçekleştiren kaynaklar;
 - Ham maddenin yüzde **50’si** ⁽²⁾
 - Suyun yüzde **30’u** *(beklenen)*
 - Enerjinin yüzde **35’i** *(beklenen)*
- İnşaat sektörü faaliyetleri sonucu emisyonlar ve atıklar.
 - Sera gazı emisyonlarının yüzde **40’i** *(beklenen)*
 - Türkiye'de üretilen toplam atığın yüzde **40** *(beklenen)*



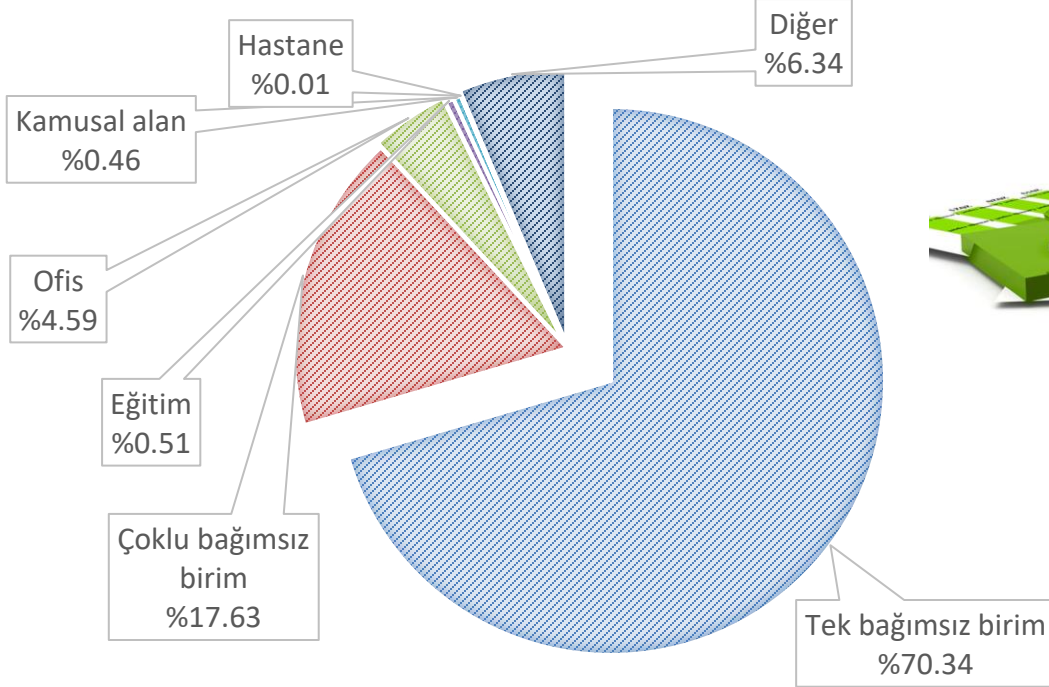
* İnşaat Faaliyeti Katma Değerinin GSYİH İçindeki Payı

⁽¹⁾ İMSAD Yapı Sektörü Raporu, 2020

⁽²⁾ Arka Plan Çalışması, Türkiye SCP Ulusal Eylem Planı ve Yol Haritasının Hazırlanmasında, Nihai Taslak, Nisan 2020
(beklenen) Mevcut verinin bulunmaması sebebi ile, yalnızca mevcut AB metrikleri dikkate alınarak hesaplandı.

Türkiye'nin Mevcut Durumu - Konut Stoku

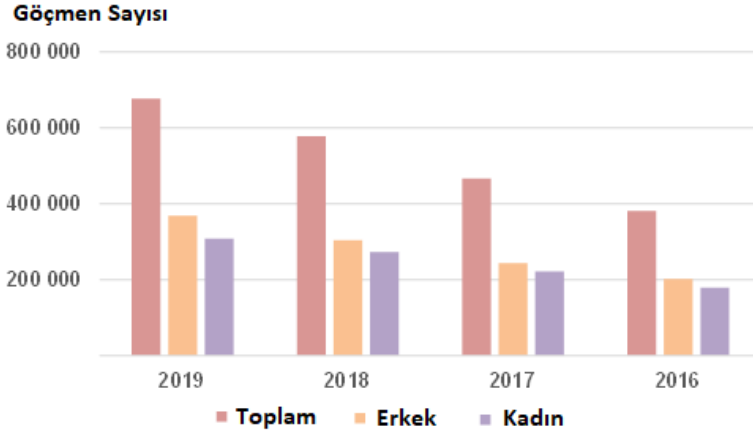
■ Tek bağımsız birim ■ Çoklu bağımsız biri ■ Ofis ■ Eğitim ■ Kamusal alan



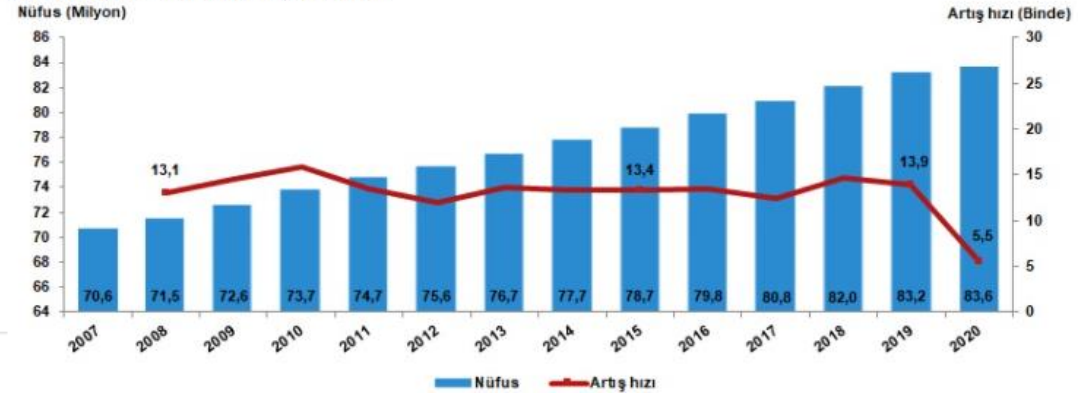
*Yapı Endüstrisi Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası, 2018.
Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği
Bakanlığı (ÇŞB)

Türkiye'nin Mevcut Durumu - Nüfus & Göç

- Hızla artan nüfus
- Mülteciler ve göçmenler



Nüfus ve yıllık nüfus artış hızı, 2007-2020

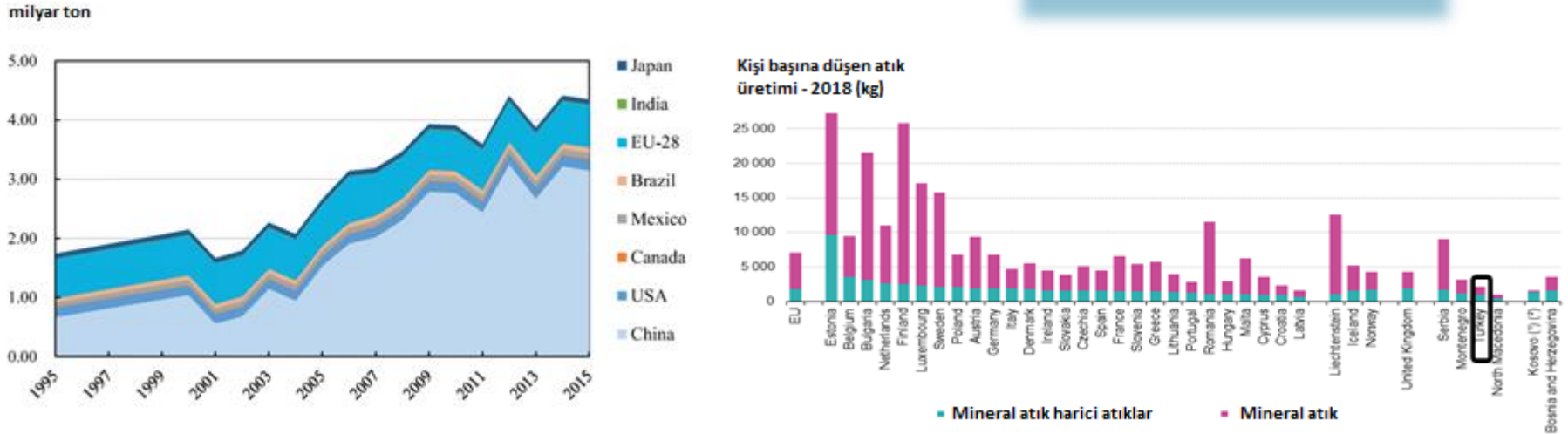
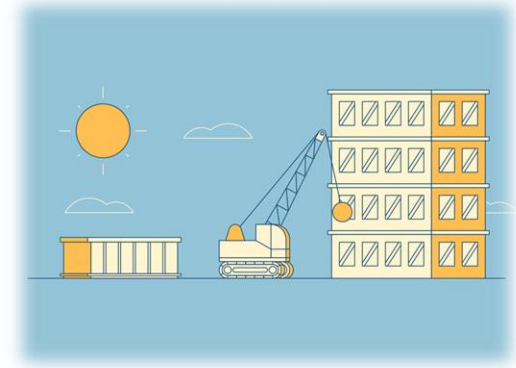


*Türkiye güncel nüfus ve göç verileri, 2019. TÜİK

İnşaat ve Yıkım Atıkları

- Sürekli artan kentsel nüfus ve kentsel dönüşüm,
- Sanayileşmenin sürekli gelişimi,
- Dünyadaki ülkelerin sürekli gelişme ekonomileri,

İnşaat Yıkım Atıkları (İYA) üretimi önemli ölçüde artmıştır.



Kaynak: Waste generation, 2018 (kg per capita) - Eurostat

İnşaat ve Yıkım Atıkları

İYA'nın birden fazla olumsuz etkisi vardır:

- çok büyük temiz arazilerde atıkların depolaması;
- çevre üstünde ciddi seviyede olumsuz etkileri olan tehlikeli atık kirliliği;
- doğal kaynakların israfı.



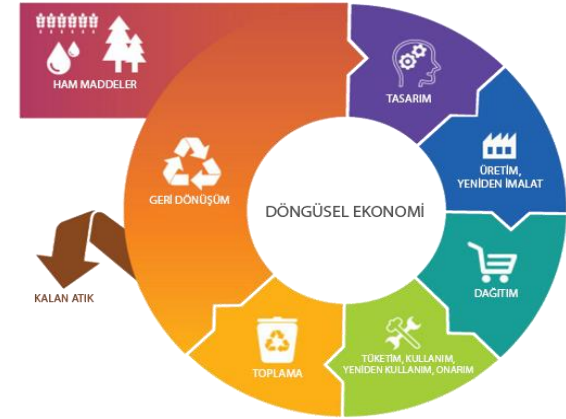
Konut & İnşaatın Çevre Üzerindeki Etkileri



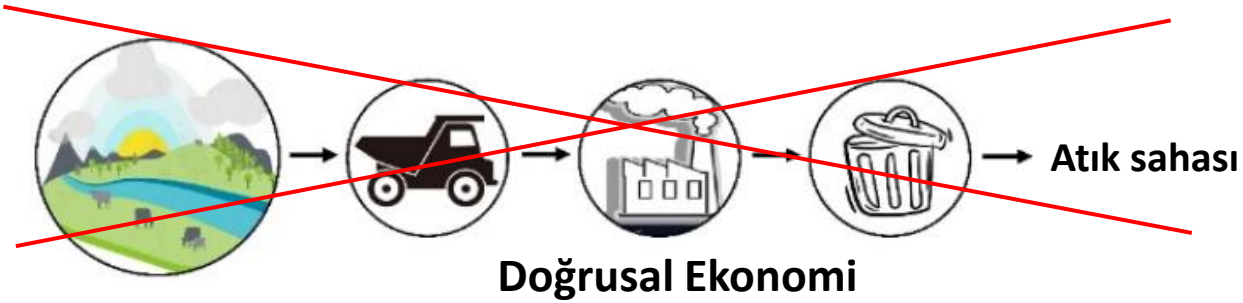
Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi tüm yaşam döngüleri boyunca;

- tüm kaynakların ve ürünlerin verimli kullanımı,
- yenilenebilir kaynakların kullanılması,
- atıkların değerlendirilmesi,
- değer kaybının önlenmesi,
- ürün ve kaynakların sistem içinde mümkün olduğunca uzun süre etkin olarak kalması ve işlevsel olması demektir.



**Beşikten Beşiğe
(Cradle to Cradle)**



Doğrusal Ekonomi

Döngüsel Ekonomiye Yönelik İYA Yönetim Planı

Yapım Öncesi Aşaması

- Politikalar ve stratejik çerçeveler: ekonomik araçlar
- Tasarım
- İYA yönetim planı



- Depolama sahalarına atıkları azaltmak için bir İYA bertaraf ücreti
- İkincil yapı malzemelerine olan talebi teşvik etmek için birincil hammaddeler üzerinde vergilendirme
- İYA yönetim şirketlerinin geri dönüşüm ve geri kazanım işlemlerinin yüksek maliyetlerini düşürmeleri için teşvikler.

İnşaat ve Bina

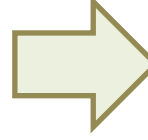
- Şantiye atık yönetim planları



- Atık önlemek için tasarımlar
- Sökülüp takılabilen demonte edilebilir tasarımlar
- Prefabrik elemanların üretimi

Servis Ömrünün Tamamlanması

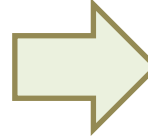
- Yıkım öncesi denetimler
- Yıkım işlemleri



- Atık yönetimi stratejilerinin planlanması
- Malzeme miktar, kalite ve risk analizleri
- Geri dönüşüm verimliliğinde artış
- Seçici yıkım

Toplama ve dağıtım

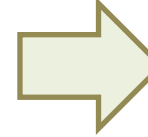
- Toplama ve ayrıştırma teknikleri
- Taşıma işlemleri



- Atıkların toplanması ve ayrıştırılması
- Yerde sınıflandırma
- Optimum yöntemlerde taşıma ve dağıtım

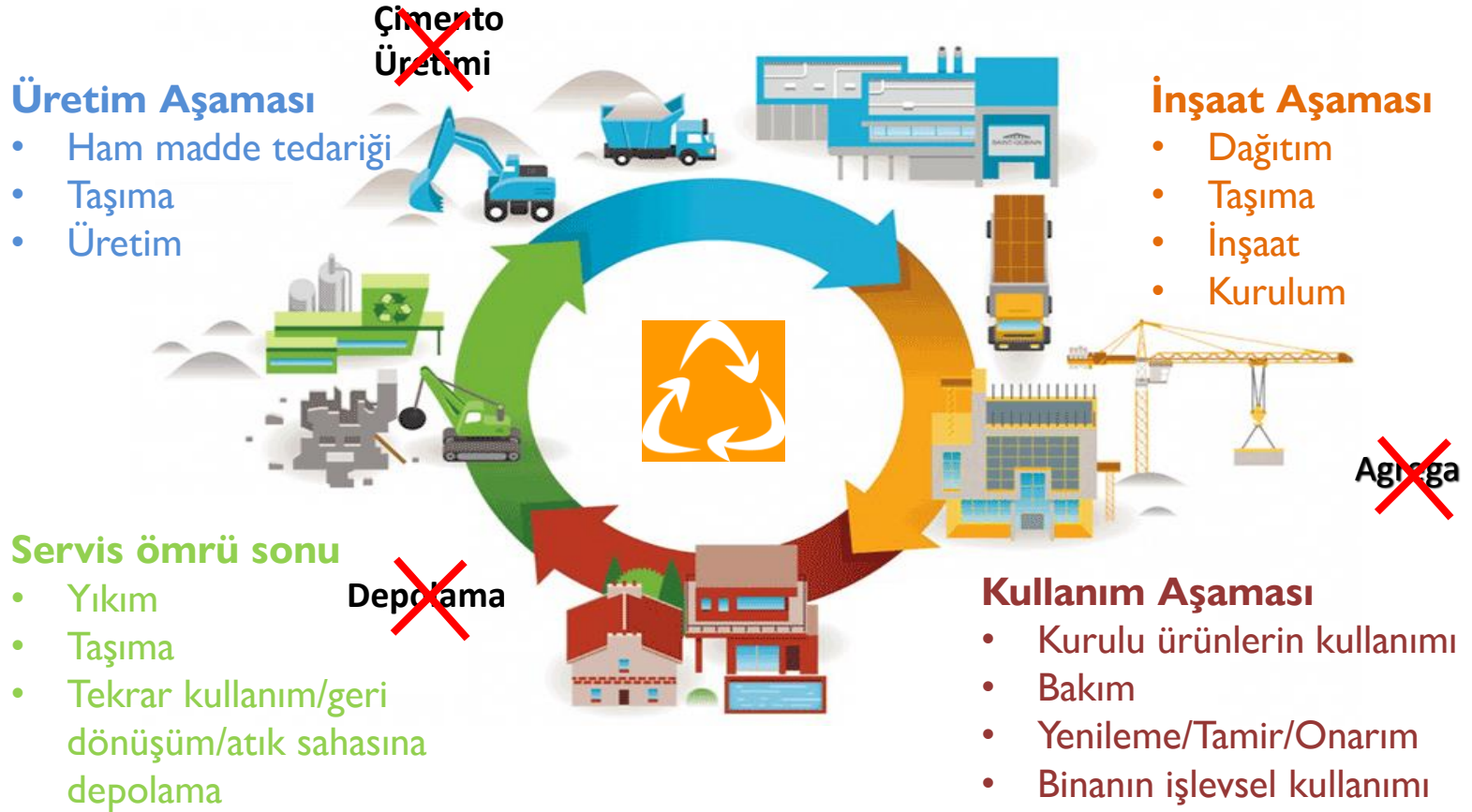
Malzeme geri kazanımı ve üretimi

- Malzeme geri dönüşümü
- Döngüsel ekonomiye adaptasyon
- Sahada depolanması



- Tekrar kullanım
- Geri dönüşüm
- Enerji kazanımı
- Atık sahasına gönderilmesi

Yaşam Döngüsü Analizi



İYA Dönüşümünün Döngüsel Ekonomi'ye Kazandıracakları

Çevresel Kazanımlar

- ✓ Hammadde ve Enerji tüketiminin azalması
- ✓ Atık ve emisyonların azalması
- ✓ Kirliliğin azalması
- ✓ Katı atık maddenin azalması
- ✓ Ürün yaşam döngüsünün uzaması
- ✓ Biyotik malzemelerin kullanımı
- ✓ Temiz saha kullanımının azalması



Sosyal Kazanımlar

- ✓ Sosyal sermayenin gelişimi
- ✓ Paydaş katılımı
- ✓ Topluluk katılımı
- ✓ Kültürel mirasın korunumu
- ✓ Beşeri sermayenin oluşumu
- ✓ Demografik geçiş ve değişim
- ✓ Sosyal uyum



Ekonomik Kazanımlar

- ✓ İstihdam yaratma
- ✓ Ticari etkileşim
- ✓ Değer zinciri üzerinde iş yaratma ve çarpan etkileri
- ✓ Finansal kendi kendine yetebilirlik
- ✓ Bakım maliyetlerinde tasarruf
- ✓ Yüksek atık malzeme değeri



İYA'nın Döngüsel Ekonomiye Uyarlanması ve Önündeki Engeller ve Çözümler

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
1- İYA Kalitesi	Heterojenlik, yüksek oranda safsızlık, tehlikeli maddeler, izlenebilirlik eksikliği, kullanım sırasında malzeme bozulması	Çok bileşenli ürünler – sandviç yapılar.	Daha az karmaşık ürünler. Yıkım öncesi kirleticilerin uzaklaştırılmasına ilişkin takip kontrolleriyle birlikte yıkım öncesi denetimler. İzlenebilirliği güvence altına almak için ürünlerde sensörlerin tanıtılması. Ürün bozulmasını tespit etmek için araçların geliştirilmesi
2- Teknolojik Engeller	İşleme ihtiyaçları, karmaşık ürünler için geri dönüşümden önce birden fazla adım gereksinimi, maliyet artışı	Prefabrik elemanlar, beton atığı (çimento), plastik atık, yalıtım atığı içindeki ince fraksiyonlar.	Yeni teknolojik gelişmeler, yeni iş modelleri geliştirilmesi, demontaj için tasarım (DfD)
3- Ekonomik	Ham maddelerin düşük fiyatı. Daha yoğun çalışma, daha yüksek enerji ihtiyaçları nedeniyle maliyet artışı. Yeni iş modellerinin eksikliği – aparatların, tesislerin vs. paylaşımı.	Beton atığı, ahşap atık	Devlet önlemleri – çöp yasakları, vergiler, geri dönüşümü destekleyen yeşil kamu alımları. İşleme ekipmanlarının paylaşılması
4- İzlenebilirlik	Standartların ve araçların eksikliği. Karmaşık malzemeler için kalite sistemleri.	Beton atığı, tekrar kullanılacak bileşen ve yapılar	Paydaşlar arasında standardizasyon ve taahhütler.
5- Sorumluluk	Farklı aktörlerin rolü net değil. Genişletilmiş üretici sorumluluğu, uzun ömürlü inşaat ürünleri için geçerli değildir.	Çeşitli üreticilerin parçalarını içeren ürünler.	İnşaat aşamasında yapı sahibinin rolü.
6- Teknik gereksinimler	Ham malzemelerin potansiyel aşırı spesifikasyonu, geri dönüştürülebilir maddeler için uygun olmayan standartlar	Metal, ahşap, beton gibi yapısal elemanlar	Yeni standartların geliştirilmesi
7- Yasal sorunlar	Döngüsel ekonomi işaretine ilişkin zorluklar (atıkla ilgili malzemeleri kapsamayan uyumlaştırılmış ürün standartlarının kapsamı) EoW konseptinin uygulanmasına yönelik sistemlerin eksikliği	Metal, ahşap, beton gibi yapısal elemanlar	Standartlaştırma
8- Çevresel hususlar	Çeşitli proseslerden kaynaklanan emisyonlar etkileri artırabilir. Tüm kullanım ömrü boyunca malzeme veya çöp sahası tasarruflarının tahmini için değerlendirme araçlarının eksikliği – esas olarak sera gazı emisyonlarına odaklanır – yerel koşullar, alternatif malzemelerin mevcudiyeti, ulaşım. Tehlikeli maddeler için riskler.	Tüm İYA tipleri	Sadece sera gazlarına odaklanmakla kalmayıp, doğal kaynakların tasarrufu için daha fazla yaşam döngüsü analizi göstergeleri geliştirilmesi, malzemelerin taşınmadığı durumlarda yerel çözümlerin tanıtımı.

Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – Seçici Yıkım

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
1- İYA Kalitesi	Heterojenlik, yüksek oranda safsızlık, tehlikeli maddeler, izlenebilirlik eksikliği, kullanım sırasında malzeme bozulması	Çok bileşenli ürünler – sandviç yapılar.	Daha az karmaşık ürünler. Yıkım öncesi kirleticilerin uzaklaştırılmasına ilişkin takip kontrolleriyle birlikte yıkım öncesi denetimler. İzlenebilirliği güvence altına almak için ürünlerde sensörlerin tanıtılması. Ürün bozulmasını tespit etmek için araçların geliştirilmesi

Seçici yıkım uygulaması ile;

- ✓ İYA'nın temiz depolama sahalarına transferinin azalması ve buna bağlı olarak arazi kullanımının korunması,
- ✓ İkincil hammaddeler olarak atıkların değerlendirilmesi, sonuç olarak birincil hammaddelere olan ihtiyacın azaltılması,
- ✓ Atık depolamayı ve yeni malzemelerin kullanımını azaltarak hem yerel hem de küresel ölçekte geliştirilmiş çevre koruma,
- ✓ Depolama ücreti tasarrufları ve ikincil hammaddelerin satışından elde edilen gelirler yoluyla toplam yıkım maliyetlerinde azalma

SAĞLANABİLMEKTEDİR.

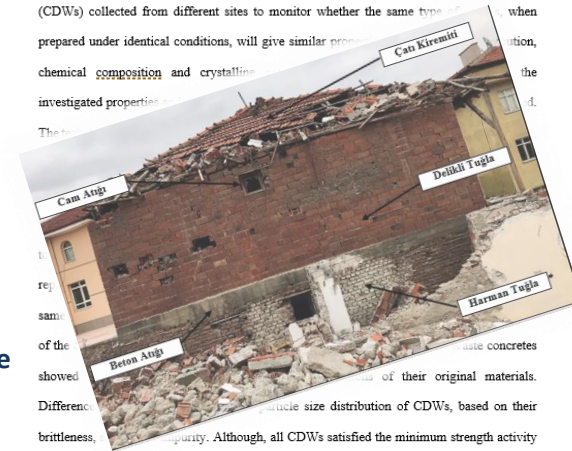


Physical, Chemical and Mineralogical Characterization of Different-origin Construction and Demolition Wastes for Effective Recycling Performance

Emircan Ozcelikci^{1,2*}, Gurkan Yildirim^{2,3}, Hocine Siad⁴, Mohamed Lachemi⁴, Mustafa Sahmaran²

Abstract

This study focuses on the detailed characterization of construction and demolition wastes (CDWs) collected from different sites to monitor whether the same type of wastes, when prepared under identical conditions, will give similar properties. The chemical composition and crystalline structure of the CDWs were investigated. The properties of the CDWs were compared with the properties of the investigated properties of the CDWs.

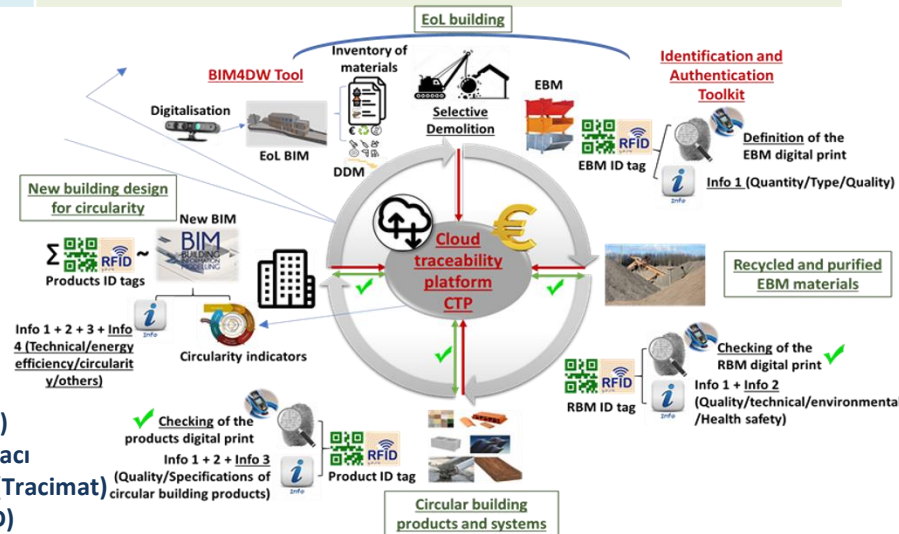


of the concrete samples. The results showed that the concrete samples made with CDWs had a lower compressive strength than those made with natural aggregates. The difference in compressive strength was due to the different particle size distribution of CDWs, based on their brittleness, and the different composition. Although, all CDWs satisfied the minimum strength activity index for supplementary cementitious materials, the level of fineness and $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ contents highly influenced their pozzolanic activity results. This highlights the importance of CDW characterization when using materials of different origins, especially for concrete waste.

Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – Gelişmiş Teknolojiler

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
2- Teknolojik Engeller	İşleme ihtiyaçları, karmaşık ürünler için geri dönüşümden önce birden fazla adım gereksinimi, maliyet artışı	Prefabrik elemanlar, beton atığı (çimento), plastik atık, yalıtım atığı içindeki ince fraksiyonlar.	Yeni teknolojik gelişmeler, yeni iş modelleri geliştirilmesi, demontaj için tasarım (DfD)

Karışık İYA'yı sınıflandırma teknolojisi

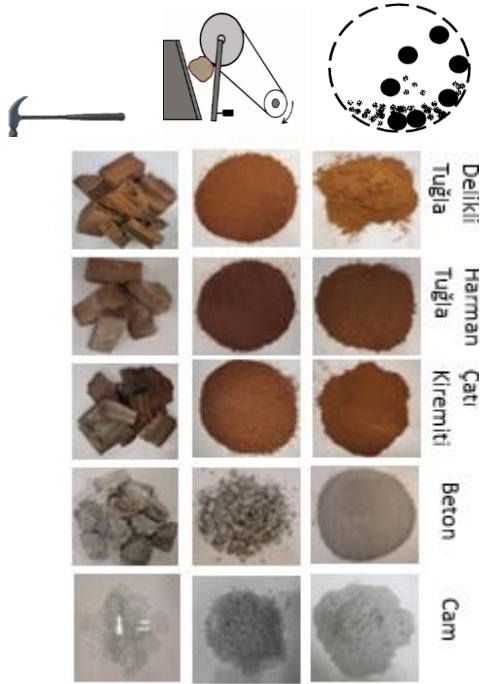


- **Yapı bilgi modellemesi (BIM)**
 - **Yıkım karar verme (DDM) aracı**
 - **İYA izleme ve takip araçları (Tracimat)**
 - **İYA etiketleme araçları (RFID)**
 - **Bulut izlenebilirlik platformu (CTP)**
 - **İYA sınıflandırma verimliliğini arttırmak için Hiperspektral görüntüleme (HSI) sistemleri**
 - **Geri dönüşüm agregaları için Termal Aşındırma Ünitesi**
 - **Lazer Kaynaklı Bozulma Spektroskopisi ile İYA kalitesi değerlendirme sistemi**
 - **Geri dönüşüm agregalarını iyileştirmek için Hızlandırılmış Karbonatlaşma sistemleri**
 - **Yüksek saflıkta ve nano-ölçekte mikro öğütme sistemleri**
 - **Yerçekimi ve hava akışı destekli malzeme sınıflandırma sistemi**

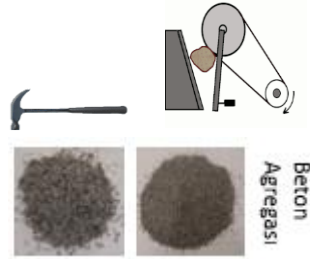
Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – İYA’dan tuğla üretimi ve geri dönüşümlü asfalt uygulamaları

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
3- Ekonomik	Heterojenlik, yüksek oranda safsızlık, tehlikeli maddeler, izlenebilirlik eksikliği, kullanım sırasında malzeme bozulması	Çok bileşenli ürünler – sandviç yapılar.	Daha az karmaşık ürünler. Yıkım öncesi kirleticilerin uzaklaştırılmasına ilişkin takip kontrolleriyle birlikte yıkım öncesi denetimler. İzlenebilirliği güvence altına almak için ürünlerde sensörlerin tanıtılması. Ürün bozulmasını tespit etmek için araçların geliştirilmesi

Kırma & Öğütme



Kırma & Eleme



İYA katkılı alt temel uygulaması
İSTAÇ Bolluca Güzergahı



Tuğla ve kiremit atıkları ile tuğla üretimi

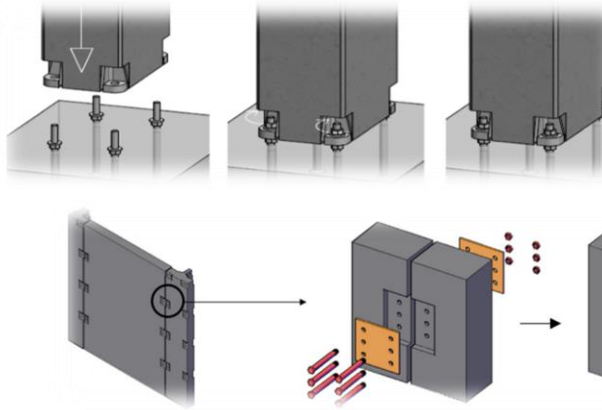
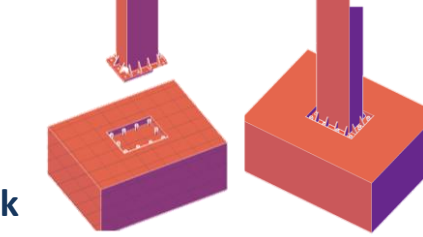
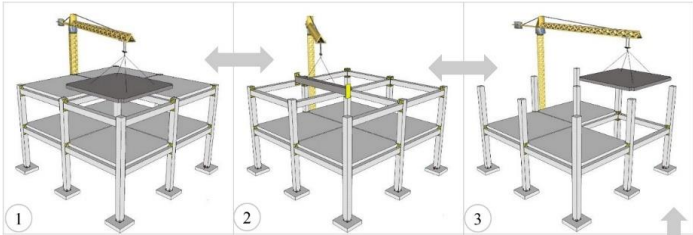


Geri dönüştürülen asfalt kaplama
İSTAÇ Bolluca Güzergahı

Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – Modüler Sistem Tasarımı

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
3- Ekonomik	İşleme ihtiyaçları, karmaşık ürünler için geri dönüşümden önce birden fazla adım gereksinimi, maliyet artışı	Prefabrik elemanlar, beton atığı (çimento), plastik atık, yalıtım atığı içindeki ince fraksiyonlar.	Yeni teknolojik gelişmeler, yeni iş modelleri geliştirilmesi, demontaj için tasarım (DfD)

- ✓ İYA-bazlı malzemeler ile yeni nesil bağlayıcı geliştirilmesi
- ✓ Pratik bir biçimde sökülerek farklı konumlara yeniden inşa edilebilme
- ✓ Yüksek seviyede dayanım ve dayanıklılık
- ✓ İhtiyaç duyulan yere inşasına olanak sağlayan yüksek mobilité

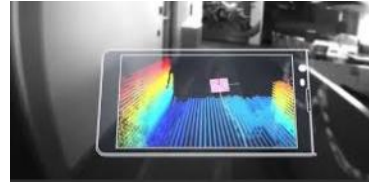
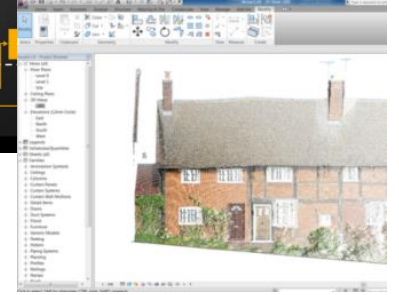
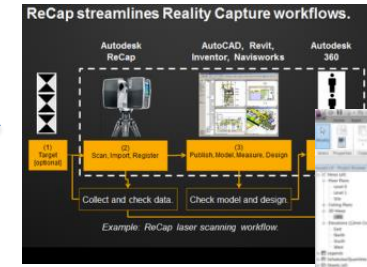
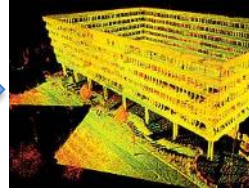


Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – İzlenebilirlik

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
4- İzlenebilirlik	Standartların ve araçların eksikliği. Karmaşık malzemeler için kalite sistemleri.	Beton atığı, tekrar kullanılabilecek bileşen ve yapılar	Paydaşlar arasında standardizasyon ve taahhütler.



Lazer tarama



Mobil cihazlarla tarama (ör. Google Tango)



Mevcut kat planları, çizimlerin dijitalleştirilmesi...

Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – Genişletilmiş ürün sorumluluğu

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
5- Sorumluluk	Farklı aktörlerin rolü net değil. Genişletilmiş ürün sorumluluğu, uzun ömürlü inşaat ürünleri için geçerli değildir.	Çeşitli üreticilerin parçalarını içeren ürünler.	İnşaat aşamasında yapı sahibinin rolü.



Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – 3 Boyutlu Baskılama

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
6- Teknik gereksinimler	Ham malzemelerin potansiyel aşırı spesifikasyonu, geri dönüştürülebilir maddeler için uygun olmayan standartlar	Metal, ahşap, beton gibi yapısal elemanlar	Yeni standartların geliştirilmesi

3D Yazıcının İnşaat Sektörüne entegre edilmesi ile:

- Afet sonrası sığınaklar için bir tasarım repertuarının geliştirilmesi
- Tasarımdan üretime iş akışını otomatikleştirmek için süreç tasarımının geliştirilmesi
- Katmanlı İmalatta (AM) endüstriyel robot kollarının bağlayıcı malzeme ile kullanılabildiği teknik çözümler geliştirmek için bir araç tasarımı
- Çevre dostu, %100 İYA dan hazırlanan yeni nesil baskı alınabilir yapı malzemelerinin geliştirilmesi
- Katmanlı üretim teknikleri ile kalıp gerektirmeden kısa sürede ve ekonomik barınma yapılarının imalatı



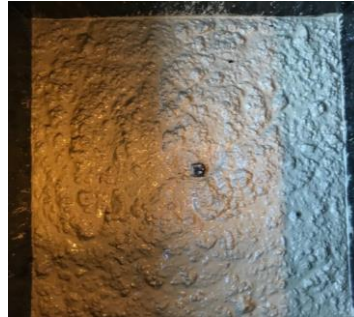
Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – Malzeme Pasaportu

Engel	Tanım	İYA	Potansiyel çözüm
7- Yasal sorunlar	Döngüsel ekonomi işaretine ilişkin zorluklar (atıkla ilgili malzemeleri kapsamayan uyumlaştırılmış ürün standartlarının kapsamı) EoW konseptinin uygulanmasına yönelik sistemlerin eksikliği	Metal, ahşap, beton gibi yapısal elemanlar	Standartlaştırma

ICEBERG Projesi - TUDelft



RFID okuyucu



Beton küpü RFID etiketi



Agregada RFID etiketi



Agregada okunabilirliğin değerlendirilmesi



Betonda okunabilirliğin değerlendirilmesi

Türkiye’de Mevcut Uygulamalar – İYA bazlı yeşil beton üretimi



LCIA Kategorisi	Birimler	Endişeler	CML-1A Metodu		Impact 2002+ Metodu	
			100% İYA Bazlı Beton	Portland Çimentolu Beton	100% İYA Bazlı Beton	Portland Çimentolu Beton
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıllık)	kg CO ₂ eşd.	Atmosfere salınan sera gazı emisyonları	-0.395	311	-4.08165	307.5908
Ozon tabakası tükenme potansiyeli	kg CFC-11 eşd.	İnsan ve hayvan sağlığı, ekosistemler, döngüler ve malzemeler için risk oluşturan UV-B radyasyonu	0.000118	1.2E-05	0.000118	1.24E-05
Asitleşme Potansiyeli	kg SO ₂ eşd.	Asitleşmenin toprak, yüzey suyu, yeraltı suyu, ekosistem organizmaları ve malzemeleri üzerindeki zararlı etkileri	-0.381	0.695	-0.40724	0.76613
Fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli	kg C ₂ H ₄ eşd.	İnsan sağlığı ve ekosistem için risk oluşturan fotooksidanların oluşumu	-0.00889	0.0297	-	-
Karasal zehirlilik potansiyeli	1,4-dichlorobenzene eşdeğeri	Karasal ekosistem üzerindeki zararlı etkiler	0.268	1.88	7774.337 (kg TEG soil)	3544.881 (kg TEG soil)
Arazi Kullanımı	m ² organik ekilebilir arazi	Arazi işgali, organik ekilebilir arazi hasarı	-	-	1.317384	2.91297
Mineral kaynakların tüketimi	MJ fazlası	Mineral kaynak çıkarımı ile sonlu kaynakların tükenmesi sorunu	-	-	-8.80534	4.770854