



Article Info	RESEARCH ARTICLE	ARAŞTIRMA MAKALESİ	
Title of Article	Sustainability of Autoclaved Aerated Concrete in Context of Circular Economy		
Corresponding Author	Nedime Nur KÖSE Gebze Technical University, Institute of Natural and Applied Science, Department of Architecture, n.kose@gtu.edu.tr		
Received Date	12.05.2021		
Accepted Date	23.10.2021		
DOI Number	https://doi.org/10.35674/kent.936338		
Author / Authors	Cahide AYDIN İPEKÇİ Nedime Nur KÖSE	ORCID: 0000-0003-3170-4628 ORCID: 0000-0003-2755-4217	
How to Cite	AYDIN İPEKÇİ, C. and KÖSE, N.N. (2020). Sustainability of Autoclaved Aerated Concrete in Context of Circular Economy, Kent Akademisi, Volume, 14, Issue 4, Pages, 1007-1021		

Döngüsel Ekonomi Bağlamında Gazbetonun Sürdürülebilirliği

Cahide AYDIN İPEKÇİ¹
Nedime Nur KÖSE²

ABSTRACT:

The linear economy model, which is widely used by countries, has been in the act of consuming natural resources and creating waste since the industrial revolution. The circular economy model, which closes the linear economy flow, provides resource efficiency by developing methods to reintroduce waste into the economy. In this context, this study, it is aimed to draw attention to the issue that the large waste rates of autoclaved aerated concrete which have become widespread in Turkey with the effect of increasing construction in the urban transformation process, can be reduced by circular economy. This topic is aimed to examine the studies carried out in aerated concrete production and recycling with the circular economy movement in Germany, one of the leading countries. In this context, as a result of the examining three studies determined by the literature research method, it has been understood that Germany is the leader in the world in terms of recycling rates of autoclaved aerated concrete wastes and general structural wastes thanks to the circular economy practices. In our country where structural wastes are mostly not utilized, the "Zero Waste Project" is an important development that will support the circular economy approach towards the building sector. With this study, it is thought that will raise awareness about determining sustainable production and recycling methods in the context of the circular economy by including autoclaved aerated concrete construction material within the scope of the Zero Waste Project.

KEYWORDS: Circular Economy, Autoclaved Aerated Concrete, Sustainability, Recycling, Zero Waste.

¹ Gebze Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, caipekci@gtu.edu.tr

² Gebze Technical University, Institute of Natural and Applied Science, Department of Architecture, n.kose@gtu.edu.tr

ÖZ:

Ülkelerin yaygın olarak kullandığı doğrusal ekonomi modeli, sanayi devriminden itibaren dünya genelinde sürekli bir şekilde doğal kaynak tüketme ve atık oluşturma eylemi içerisinde olmuştur. Doğrusal ekonomi akışını kapatan döngüsel ekonomi modeli ise atıkları tekrar ekonomiye dâhil etme yöntemleri geliştirilerek kaynak verimliliği sağlamaktadır. Bu bağlamda çalışmada, kentsel dönüşüm sürecinde artan yapılaşmanın da etkisiyle Türkiye’de kullanımı yaygınlaşan gazbetonun ileride oluşturacağı büyük atık oranlarının döngüsel ekonomi ile azaltılabileceği konusuna dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Bu konuda öncül ülkelerden biri olan Almanya özelinde döngüsel ekonomi hareketi ile gazbeton üretimi ve geri dönüşümünde yapılan çalışmaların incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda literatür araştırması yöntemi ile belirlenen üç çalışmanın incelenmesi sonucunda Almanya’nın, döngüsel ekonomi uygulamaları sayesinde genel yapısal atıklar ile gazbeton atıklarının da geri kazanım oranlarında dünyada lider konumda olduğu anlaşılmıştır. Yapısal atıkların çoğunlukla değerlendirilmediği ülkemizde ise “Sıfır Atık Projesi”, yapı sektörüne yönelik döngüsel ekonomi yaklaşımına destek olacak önemli bir gelişmedir. Yapılan bu çalışma ile gazbeton yapı malzemesinin, Sıfır Atık Projesi kapsamına dâhil edilerek, döngüsel ekonomi bağlamında sürdürülebilir üretim ve geri dönüşüm yöntemlerini belirleme konusunda farkındalık oluşturulacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Döngüsel Ekonomi, Gazbeton, Sürdürülebilirlik, Geri Dönüşüm, Sıfır Atık.

“Döngüsel Ekonomi Bağlamında Gazbetonun Sürdürülebilirliği”

GİRİŞ:

Toplumsal, ekonomik ve ekolojik hayatın uyumlu bir şekilde sürdürülebilmesi için atılan adımlarda; doğrudan, doğal, sosyal ve ekonomik yaşama müdahale eden yapı sektörü büyük pay sahibidir. Bunun başlıca nedeni ise dünya genelinde kullanılmaya devam eden ve “üret-kullan-at” sürecine dayanan doğrusal ekonominin yapı alanında uygulanmasıdır.

Doğrusal ekonomi modeli, bir üretimdeki temel yaklaşımı, doğal kaynakları çıkarma, işleyip ürün haline getirme ve atık oluşturma şeklinde olan açık uçlu geleneksel ekonomi modelidir. Dolayısıyla bu ekonomi modeli atık oluşturma üzerine kurulu (Önder, 2018), çevresel olarak verimsiz, kaynak israfı yapan, kısa ya da orta vadeli ekonomik çözümler sunduğu için sürdürülebilir olmayan bir sistemdir (Ogunmakinde, 2019). Bu sistemin neden olduğu ekonomik ve çevresel sorunları çözmek, kaynak tüketimini ve katı atık miktarını azaltmak için, yapı malzemesini geri dönüştürerek yeniden kullanım yoluna gitmek, dünya genelinde önem kazanmaktadır. Özellikle Japonya, Çin, Almaya gibi çevreci farkındalığa sahip gelişmiş devletler, bu alanda stratejiler, yönetmelikler belirleyerek uygulamalar yapmaktadır. Çevreyi bir atık deposu olarak gören mevcut doğrusal ekonomiye alternatif olarak oluşturulan döngüsel ekonomi (Özsoy, 2018) ise bu açıdan geliştirilmiş en önemli stratejilerden biridir. Öyle ki Avrupa Komisyonu tarafından destek verilen Avrupa Yeşil Yaprak Ödülü’nün sürdürülebilir kentsel gelişmenin sağlanması için belirlediği değerlendirme ölçütleri arasında atık ve döngüsel ekonomi de yer almaktadır (Tuğaç, 2018). Ayrıca, Almanya’nın döngüsel ekonomi hareketiyle yapı alanında elde ettiği sürdürülebilir başarılar sayesinde bu sistemin adından günümüzde sıklıkla bahsedilmektedir.

Türkiye’de sanayinin gelişmesiyle birlikte kentlerde artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi adına doğrusal ekonomi sistemiyle yapılan hızlı yapılaşma, çarpık kentleşme, yoğun alt ve üst yapı çalışmaları gibi kontrolsüz yapı faaliyetlerinin çevresel ve toplumsal zararları günümüzde gözlenmektedir. Bu sorunları çözebilmek adına başlatılan kentsel dönüşüm hareketi ile yıllık yaklaşık 4 milyon ton yapısal atık üretiminin iki katına çıkabileceği belirtilmektedir (Kotan, 2016). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı’na (UAYP) göre ise 2023 yılında 300 milyon ton hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atığı oluşması beklenilmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Hafriyat, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004), Ulusal Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015), UAYP (2016) gibi adımlarla bu yapısal atıkların karıştırılmaması, kaynağında en aza düşürülmesi, geri kazanılması yönünde kararlar alınmıştır. Ancak ilgili bu mevzuat her ne kadar Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde hazırlanmış olsa da uygulanması ülke genelinde yaygınlaşmamış, kurumların denetleme ve izlemeleri yetersiz kalmıştır. Yapılan çalışmaların eksikliği nedeniyle yapısal atıkların miktarı, niteliği ve geri dönüşümü hakkında net sayısal veriler bulunmadığı gibi ortaya çıkan bu atıkların büyük kısmının, depolama alanlarında biriktirilmesi yöntemiyle bertaraf edildiği düşünülmektedir (Buzkan ve Erman, 2020). Ayrıca kentlerin bu ve benzeri değişen çevre sorunlarına ilk elden hızla müdahalede bulunabilecek bir konumda olan yerel yönetimlerin, maddi gerekçeler ve inisiyatif alamıyor olmalarından dolayı, müdahale seviyeleri sınırlı kalmakta; sorunlara köklü ve kalıcı çözümler getirilmesi yerine ya

geçici özellikte ya da çevresel sorunu bitirmekten ziyade azaltan çözümler uygulanmaktadır (Çalışkan, 2019) (Güzel, 2001). Etkili cezai yaptırımların bulunmaması ve yapısal atık yönetim faaliyetlerine özel sektörün katılımını mani kılan yasaların mevzuatta yer alması da Türkiye’deki yapısal atık ve diğer çevre sorunlarının sona erdirilmesinin önündeki olumsuzluklardandır (Salgın, 2009).

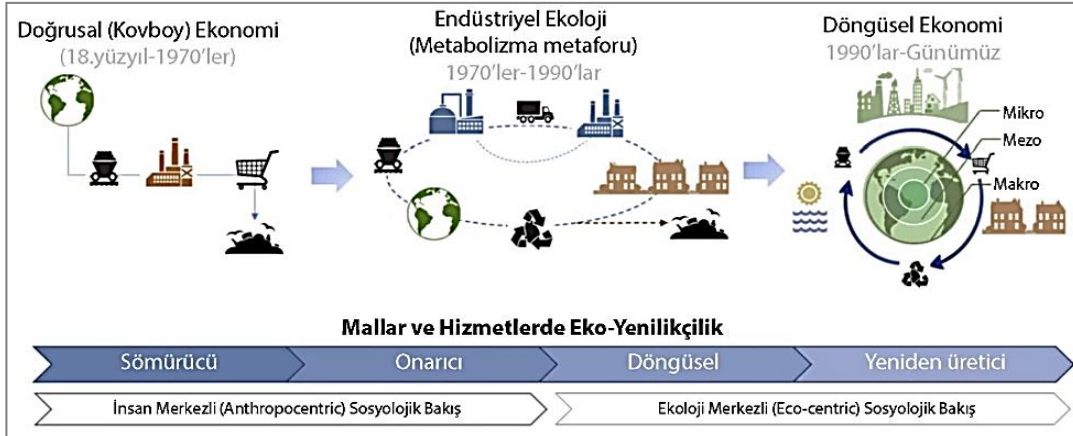
Bununla beraber Türkiye’nin gelişmekte olan bir ülke olması sebebiyle 2050 yılında yaklaşık 93 milyon kişiye ulaşılacağı düşünülen nüfusun %90’ının kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir (Tuğaç, 2018). Sağlıklı kentleri ve kent sağlığını değiştiren en önemli ölçüt olarak bu nüfus artışı göz önüne alındığında (Dede ve Şekeroğlu, 2019), Türkiye’nin kentsel gelişiminin ve büyümesinin devam edeceği anlaşılmakta ve bu gelişmeyi daha sürdürülebilir bir duruma dönüştürme önemli bir konu haline gelmektedir. Bu sürdürülebilir gelişmeyi sağlayabilecek döngüsel ekonomi modelinin uygulamalarında ise ülkemiz, çoğunlukla kabul edilen doğrusal ekonomi düzeni nedeniyle emekleme aşamasındadır (Erten, 2020). Sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirebilmek adına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2017 yılında başlatılan döngüsel ekonomiyle uyumlu ‘Sıfır Atık Projesi’, bireysel, kurumsal ve belediyeler ölçeğinde atık önlemleri alınmasını sağlayarak hızla geliştirilmeye devam ettirilmektedir (URL 1).

Çağdaş yapı malzemelerinden biri olan gazbetonun yapılardaki kullanımı dünya genelinde olduğu gibi, ısı ve ses yalıtımı, yüksek yangın dayanımı, hafiflik gibi olumlu özellikleriyle beraber, yoğun kentsel dönüşüm çalışmalarının etkisiyle Türkiye’de de gittikçe artmaktadır. Gazbeton üretiminin 1965 yılında başladığı Türkiye, 2014 yılı verilerine göre 4,2 milyon m³’lük tüketimle Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır (TGÜB, 2015). 2020 yılında ise gazbeton tüketimi 2019 yılına göre yüzde 21 artarak 2,22 milyon tona yükselirken, gazbeton üretimi yüzde 17 artarak 2,27 milyon tona ulaşmıştır (İMSAD, 2021). 1965’ten bu yana oldukça artış gösteren bu üretim ve tüketim oranlarına bakıldığında, gazbetonun ve/veya bu malzemeyle inşa edilmiş binaların yapısal ve işlevsel ömürlerinin sonunda büyük miktarlarda gazbeton atık yığınları oluşturabileceği öngörülmektedir. Bununla beraber henüz, günümüz çağdaş yapı malzemeleri konumunda olan gazbetonun geri dönüşümü konusundaki araştırmalar ise dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de az sayıdadır. Döngüsel ekonomi uygulamaları sayesinde, gazbetonun üretimi ve geri dönüşümündeki sürdürülebilir yöntemlerin belirlenmesine yönelik çalışmalarıyla Almanya, bu araştırmalara büyük katkı sağlamaktadır (Liesch vd., 2018; Chucholowski, 2018; Kreft, 2016) .

Bu çalışmada özellikle kentsel dönüşüm uygulamalarının da etkisiyle kentlerde kullanımı artmaya devam eden gazbeton yapı malzemesinin gelecekte oluşturacağı atıklarının geri dönüşüm süreçleri döngüsel ekonomi bağlamında ele alınarak çevresel etkisinin azaltılabileceğine dikkat çekmek amaçlanmaktadır. Bu bağlamda Almanya’da çevreyi korumak adına başlatılan döngüsel ekonomi hareketinin, gazbetonun üretimi ve geri dönüşümünde hangi sürdürülebilir uygulamalar ile nasıl sağlanmaya çalışıldığı incelenmektedir.

1. Döngüsel Ekonomi ve Almanya’daki Gelişimi

Döngüsel ekonomi, özellikleri sürdürülebilirlik prensipleriyle ortaya koyulan ve sistemin atık çıktılarını geri dönüşüm yoluyla ham madde olarak tekrar kullanıp doğal kaynakları daha az tüketmeye yarayan bir ekonomi modelidir. Doğrusal ekonomideki “üret→kullan→at” anlayışı süreç içerisinde, endüstriyel ekoloji ile “bir işletmenin atığı→başka işletmelerin girdisi” ve döngüsel ekonomi ile de tüm hayatı kapsayan “üret→kullan→geri dönüştür→üret” anlayışına dönüşmektedir (Özsoy, 2018) (Özkan vd., 2017) (Şekil 1). Döngüsel ekonomi modelinin esas amacı sürdürülebilirliğin üç ana unsuru olan sosyal, ekonomik ve çevresel ilişkileri uyumlu hale getirmektir. Toplumsal olarak çeşitli sektörler arasında güçlü bir iş birliğini sağlamakta, ekonomik olarak büyük iş fırsatları oluşturmada ve ekolojik olarak kaynak talebini azaltıp ekosistemi iyileştirmektedir. Bu nedenle döngüsel ekonominin başarılı bir şekilde uygulanması için politikalar ve düzenlemelerin yanı sıra, tüketiciler ve üreticiler olmak üzere tüm paydaşların işbirliği ve desteği gereklidir (Ogunmakinde, 2019).



Şekil 1. Doğrusal ekonomiden dögüsel ekonomiye geçiş (Özsoy, 2018)

Şekil 1’de de görüldüğü üzere, dögüsel ekonominin uygulanmasıyla beraber kullanılan kaynaklar ve materyaller değerlerini olabildiğince uzun süre koruyacak ve bu kaynaklar olabildiğince sık kullanılarak sonuçta daha az atık ortaya çıkacaktır. Dögüsel ekonominin bu çevreci ve toplumsal faydaları kabul gördüğü halde bu ekonomi modelinin çok az ülke tarafından uygulandığı görülmektedir.

Günümüzde Almanya, Japonya ve Çin, dögüsel ekonomiye geçişte modeli uygulayan önder ülkeler konumundadır (Özsoy, 2018). Bununla beraber dögüsel ekonomiye uyumlu olarak nitelendirilebilecek düzenlemeyi ulusal yasalarında yer veren Almanya modeli uygulayan ülkeler arasında öncül ülke olarak gösterilmektedir (Sapmaz Veral, 2018). Bunun nedenlerinden biri Almanya’nın çevre sorunlarının etkisini önceden hissederek diğer ülkelere göre daha erken adımlar atmış olmasıdır (Tablo 1). 1970’lerde çöp alanlarının yetersiz hale gelmesi üzerine yaşanan sıkıntılar, çevreci farkındalık ve atık yönetim sürecinin başlamasını tetiklemiştir. Çevreyi daha fazla bozulmaya karşı korumak için 1972’de ilk atık yasası kabul edilmiş, 1980’lerin sonunda atık yönetimi duyarlılığına toplama, sınıflandırma ve yeniden kullanım içeriği de eklenerek yeniden düzenleme yapılmıştır. 1994 yılında Alman anayasasına sürdürülebilir kalkınma modelinin dâhil edilmesi ile dögüsel ekonomiye geçiş için bir platform sağlanmıştır. Alman parlamentosunun 1996 yılında kabul ettiği “kreislaufwirtschaft-KrWG” (Kapalı Dögü ve Atık Yönetimi Kanunu) adlı yasa, Avrupa Birliği’nin çevre, iklim ve kaynak koruması üzerine olan ilkelerini de içine alarak 2012 yılında “Dögüsel Ekonomi Hareketi” adıyla daha da geliştirilmiştir (Ogunmakinde, 2019). Tüm bu dögüsel ekonomiye geçiş sürecinde, ambalajlama düzenlemeleri ile beraber farklı atık türlerine göre (atık yağ/piller/araçlar/elektronik aletler/inşaat malzemeleri vs.) kabul edilen düzenlemelerin 2012 yılındaki son dögüsel ekonomi hareketinin uygulanmasında önemli katkılar göstermiştir.

Alman dögüsel ekonomi hareketinde beş aşamalı bir hiyerarşi bulunmaktadır. Bu hiyerarşiye göre aşamalar en çok istenilenden en istenmeyene doğru; atık önleme, yeniden kullanım, geri dönüşüm, başta kurtarma seçenekleri ve atıkların depolama alanlarında biriktirilmesi olarak sıralanmaktadır (Kohlmeyer, 2015). Hiyerarşideki öncelikli amaç hiç atık oluşturmamak ve depolamaya gönderilen atık miktarını olabildiğince en düşük seviyeye ulaştırmaktır. Bu yönde, ilk olarak atıkların üretim sırasında önlenmesi ve atık miktarı ile bu atıkların tehlike oranının azaltılması öncülenmektedir. Daha sonra, kontrol etme, temizleme, tamir etme işlemleriyle yeniden kullanım; ürünün kısmen veya tamamen, aynı veya farklı bir işlevi karşılayacak şekilde yeni bir ürüne dönüştürme uygulamalarıyla geri dönüşüm; yakma, eritme, gazlaştırma işlemlerine tabi tutarak enerji elde etme gibi yöntemlerle de başka kurtarma seçenekleri gelmektedir. Tüm bu aşamalarla en az atık oluşturarak ürünün olabildiğince uzun kullanımı sağlanmaktadır. Ürünün kullanımının hiç olanağı kalmadığı zaman ise en son seçenek olarak atık olarak depolanması tercih edilmektedir (URL 2).

Tablo 1. Almanya'nın döngüsel ekonomi ile ilgili yasa, yönetmelik ve eylemleri (Ogunmakinde, 2019; Heck, 2006)

Yasalar, Politikalar ve Eylemler	YIL
Atık Bertaraf Hareketi (<i>Waste Disposal Act</i>)	1972
Federal Emisyon Kontrol Hareketi (<i>Federal Emission Control Act</i>)	1974
Ambalaj Atıkları İçin Üretici Sorumluluğu (<i>Producer Responsibility for Packaging Waste</i>)	1991
Kapalı Döngü ve Atık Yönetimi Hareketi (<i>Closed Substance Cycle and Waste Management Act</i>)	1996
Akü Yönetmeliği (<i>Battery Ordinance</i>)	1997
Biyo Atık Yönetmeliği (<i>Ordinance on Bio waste</i>)	1998
Ambalaj Yönetmeliği (<i>Packaging Ordinance</i>)	1998
Yenilenebilir Enerji Yasası (<i>Renewable Energy Law</i>) (<i>EEG</i>)	2000
Yerleşim Yeri Atıklarının Çevreye Uyumlu Depolanması Yönetmeliği (<i>Ordinance On Environmentally Compatible Storage Of Waste From Human Settlements</i>)	2002
Ömrünü Tamamlamış Araçlar Hareketi (<i>End-of-Life Vehicles Act</i>)	2002
Atık Ahşap Yönetim Yönetmeliği (<i>Ordinance on the Management of Waste Wood</i>)	2002
Düzenli Depolama Yönetmeliği (<i>Landfill Ordinance</i>)	2002
Ticari Kaynaklı Kentsel Atıkların ve Belirli İnşaat ve Yıkım Atıklarının Yönetimine İlişkin Yönetmelik (<i>Ordinance on the Management of Municipal Waste of Commercial Origin and Certain Construction and Demolition Waste</i>)	2002
İstifleme Yönetmeliği (<i>Stowage Ordinance</i>)	2002
Atık Depolama Yönetmeliği (<i>The Waste Storage Ordinance</i>)	2005
Elektrikli ve Elektronik Eşya Hareketi (<i>Electrical and Electronic Equipment Act</i>)	2006
Döngüsel Ekonomi Hareketi (<i>Circular Economy Act</i>) (" <i>kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG</i> ")	2012
İyileştirilmiş Yenilenebilir Enerji Hareketi (<i>Amended Renewable Energies Act</i>)	2017

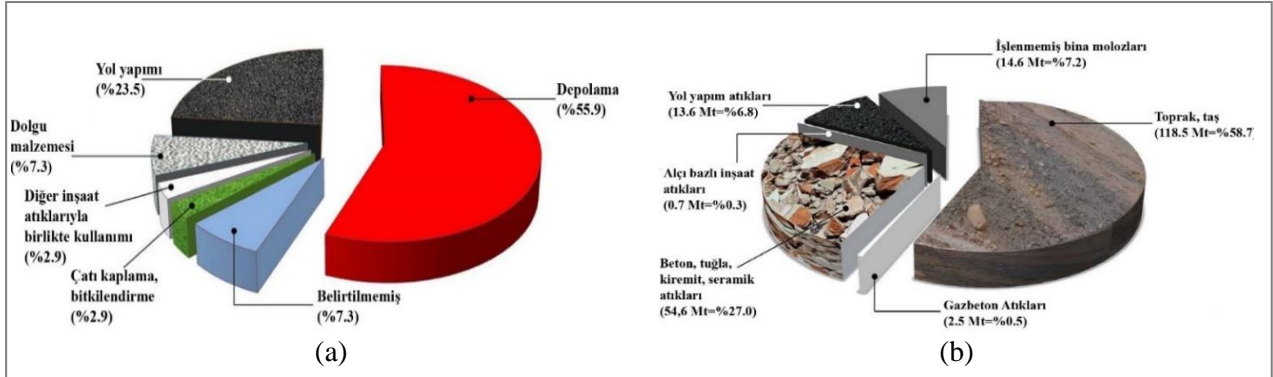
En çok önem verilen ve dolayısıyla da en öncelikli yapılması gereken atık önleme işlemini gerçekleştirebilmek adına 'kirleten öder' politikası üzerinden 'Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu' tesis edilmiştir. Alman döngüsel ekonomi politikasındaki temel unsuru, üreticilere yüklenen bu sorumluluk oluşturmaktadır. Üretici sorumluluğu, imalatçıların ve dağıtıcıların ürettikleri ürünlerin atıklarıyla ilgili de sorumluluk almaları gerektiği anlamına gelmektedir. Ürünlerin bileşimini, bileşenlerini ve etkisini en iyi üreticilerinin bildiği düşünülerek, ürünlerin kullanım aşamasından sonra geri dönüştürülebilir malzemelere ve kirleticilere ayırabilecekleri ve daha sonra da yeniden kullanım, yüksek kaliteli geri dönüşüm veya güvenli bertaraf yöntemlerini de belirleyebilecekleri varsayılmaktadır (URL 3). Bu çerçevede, üreticiler ve ürün dağıtıcıları, hem ürünlerin israfını en aza indirecek tasarımlar yapmak, hem de bu ürünlerin çevreye zarar vermeden geri kazanımı ve bertarafını sağlayacak yöntemler geliştirmek zorundadır.

Atık depolamayı önleyici tedbirlerden bir kaçısı; atık depolama alanlarının kapasitelerinin düşürülmesi, depolama vergilerinin artırılması, işlem görmeyerek temizlenmemiş, sınıflandırılmamış malzemelerin kabul edilmemesi gibi uygulamalar da geri dönüşüm çalışmalarını hızlandırmıştır (Kreft, 2018). Ayrıca Alman Federal Çevre Vakfı (Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt-DBU) (URL 4) veya Bremen Eyaleti (URL 5) gibi kurumlar, çevreyi iyileştiren yenilikçi projelere fon sağlayarak işletmelere, enstitülere araştırma yapmaları için teşvikte bulunmaktadır. Almanya'nın atık geri kazanım oranlarının dünya genelindeki en yüksek oranlara ulaştığı söylenebilir. Elde edilen bu sonuç döngüsel ekonominin ham madde ve birincil enerji tasarrufu yaparak ülkede sürdürülebilir ekonomik üretime nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir. Alman hükümetinin çevresel hedefi, döngüsel ekonomiyi daha da geliştirmek ve ilerleyen yıllarda kapsamlı bir malzeme akışı yönetimine dönüştürmektir. Atık hiyerarşisinin titizlikle uygulanması, özellikle atıkların ayrılması, ön işlemden geçirilmesi, geri dönüştürülmesi ve enerjinin geri kazanılması yoluyla bir yandan kaynak verimliliğini sağlamak hedeflenmekte, diğer yandan ise atıklara bağlı maddeler ve malzemelerden mümkün olduğunca fazla yararlanmak amaçlanmaktadır (URL 6).

2. Almanya'da Gazbetonu Döngüsel Ekonomiye Kazandırma Çalışmaları

Döngüsel ekonomi yaklaşımının benimsenmesi Almanya'nın sürdürülebilir bir topluma geçişindeki en önemli unsurlardandır. Pek çok sektörde eskiden atık olarak adlandırılan malzemelerin artık kaynak olarak kabul edilmesi

sayesinde, ekonomik kalkınmayı kaynak tüketiminden ayırıştırma büyük ölçüde ilerlemeler kaydedilmiştir (Lah, 2016). Almanya’da yapı sektörüne yönelik yapılan tüm dögüsel ekonomi çalışmaları ile Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifi (2008/98/EC)’nin 11. maddesinde yapısal atıkların 2020 yılına kadar ağırlıklı olarak %70 oranında yeniden kullanılması hedefi, bu sektörde de sürdürülebilirlik hareketlerini olumlu etkilemiştir. Kaydedilen verilere göre 2009 yılında gazbeton atıklarının neredeyse yarısı (%55,9) depolama alanlarına gönderilirken, ancak %36,6’sı yeniden değerlendirilebilmiştir (Şekil 2.a). 2014 yılında ise %0,5’ini gazbeton atıklarının oluşturduğu tüm tehlikesiz yapısal atıkların %89,5’i yol inşasında, asfalt ve beton imalatında yeniden kullanılmıştır (Kreft, 2018). Yapı sektörü beton, ahşap, çelik gibi uzun süredir kullanılan çoğu yapı malzemesine göre gazbeton ile çok daha geç tanışmıştır. Bu nedenle tüm dünyada olduğu gibi Almanya’da da gazbetonla inşa edilmiş yapıların, yapı elemanlarının, zamanla kullanım ömürlerinin sona ermesiyle artacağı düşünülen gazbeton atıklarına yönelik, atığın değerini koruyan/artıran geri dönüşüm (recycle) ve ileri dönüşüm (upcycle) yöntemleri henüz gelişme aşamasındadır.



Şekil 2. 2009 yılında gazbeton atıklarının geri dönüşüm oranları (a) ve Almanya’da 2014 yılı yapısal atık oranları (b) (Kreft, 2018)

Almanya’da daha önce gazbeton üretimi doğrusal ekonominin bir sonucu olarak geri dönüşüm göz ardı edilerek yapılırken, dögüsel ekonomi politikaları ve yaptırımları sayesinde gazbeton üretici firmaları, çeşitli araştırma kurumları ve enstitüler gazbetonun sürdürülebilir üretim ve geri dönüşüm yöntemlerini belirleyerek, bu malzemeyi dögüsel ekonomiye kazandırmaya çalışmaktadır. Bu doğrultuda gazbeton üretimi aşamasında gazbeton atıklarının kullanımının yanında çeşitli yapısal atıkların da kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan yenilikçi gazbeton üretim ve geri dönüşüm yöntemlerini belirlemede başarılı bir şekilde sonuçlanan üç örnek aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Örnek 1: Gazbeton Üretici Firmalarına Yüklenen Sorumlulukların Etkisi ile Geliştirilen Çalışma

Dögüsel ekonominin üretici firmalara yükledikleri sorumluluklar sayesinde yapı malzemesi üreten firmalar ürünlerini tasarladıkları gibi ürünlerinin geri dönüşüm süreçlerini de tasarlamaya başlamışlardır. Bu firmalardan dünyanın en büyük gazbeton üreticilerinden Ytong markasının da sahibi Xella Group tarafından yürütülen çalışma, gazbetonun geri dönüşüm süreci ve yöntemlerini tam olarak belirlemek ve dögüsel ekonomi ile bütünleştirebilmek için 2010 yılında başlanmış ve 2018 yılında tamamlanmıştır (Kreft, 2018). Geri dönüşüm konusundaki çalışmalara erken başlanmasında, Almanya’nın 1972’den bu yana kararlı bir şekilde yürüttüğü politikalar oldukça etkilidir.

Bu çerçevede firmanın geleceğe dönük belirlediği ana içerikler ise şu şekildedir:

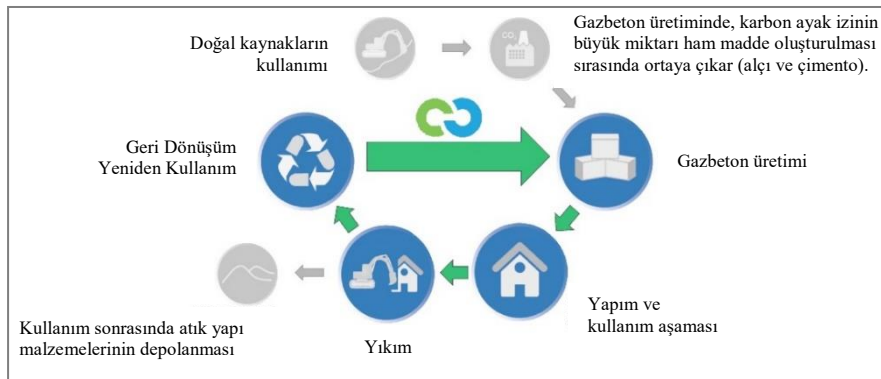
- Binaların yıkılması yerine yapının kontrollü sökülmesini sağlamak: Ekonomik olarak etkili üretim teknolojileriyle birlikte atıklarda mümkün olan en temiz sınıflandırmayı sağlamak.
- Geliştirilmiş geri dönüşüm teknolojisi edinmek: Mevcut teknolojileri teknik ve ekonomik açıdan yeni sistemin gereksinimlerine göre daha da geliştirmek.
- Devam eden yapı malzemelerinin üretim süreçlerini, yeni sistemin gereksinimlerine göre yeniden yapılandırmak. (Kreft, 2018)

2010-2018 yılları arasında yıkılan binalardan ve depolama alanlarından toplanan gazbeton yıkım atıklarından, ilk aşamada PP4-0.55 kalite sınıfına ve DIN EN 772-1 standartlarına uygun özelliklerde yeni gazbeton üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Xella Group tarafından, bu atıklardan alınan 54 farklı numunenin kimyasal analizleri yapılmış ve istenilen değerlendirme ölçütlerini karşıladığı gözlemlenmiştir. Ancak belirlenen kaliteden ödün verilmemesi için gazbeton yıkım atıklarında bulunan alçı, sıva, harç, boya, duvar kağıdı, poliüretan köpük, plastik dübel, ahşap, metal vs. kalıntılarının temizlenmesi gerekmektedir. Bunun için bir atık yönetim şirketi ile anlaşarak gazbeton yıkım atıklarındaki istenmeyen maddeler, çok aşamalı ayrıştırma süreci sonucunda temizlenmiştir (Tablo 2). Ytong'a teslim edilen temiz gazbetonlar, öğütme işlemiyle 0-1 mm'lik toz haline getirilmiştir. Bu atık gazbeton tozu ile PP4-0.55 kalite sınıfındaki yeni gazbetonun test üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir (Kreft, 2018).

Tablo 2. Gazbeton atıklarının ayrıştırma süreci (Kreft, 2019)

Karışık Yıkım Atığı	Yapı Malzemesi Ayrıştırma Süreci	Çeşitli Kalitelere Gazbeton Atıkları
		 <p>Kalite A: Kalıntı hiç yok veya çok az</p>  <p>Kalite B: Düşük veya orta boyutlu kalıntılı</p>  <p>Kalite C: Orta veya kaba boyutlu kalıntılı</p>

Döngüsel ekonomi yaptırımları etkisiyle gazbeton atıklarından da sorumlu tutulan Xella Group'un desteklediği bu çalışma ile yıkım atıkları geri dönüştürülerek malzeme üretim sürecine dâhil etme yöntemi belirlenmiştir. Aynı zamanda firma, üretim teknolojisindeki gereksinimlerinin neler olduğunu belirleyerek, gazbetonun döngüsel ekonomisini oluşturabilmek için başarılı bir adım atmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Gazbeton döngüsel ekonomisi (Kreft, 2016)

Örnek 2: Çeşitli Kurumların Fon ve Destekleri ile Üniversite ve Enstitüler Tarafından Geliştirilen Çalışma

Yıkım sonucu oluşan gazbeton atıklarından yeni yapı malzemelerinin üretim yöntemlerini belirleyebilmek için Hlawatsch ve arkadaşları (2018), Bremen Malzeme Test Enstitüsü (MPA Bremen), Leibniz Malzeme Mühendisliği Enstitüsü (IWT Leibniz), Bremen Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (HSB Bremen) ve Bremen Araştırma Derneği (RWB)'nin de işbirliğiyle bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmaya Almanya'daki döngüsel ekonomi hareketinin etkisiyle çeşitli kurumlar ve yasalarla bir takım sorumlulukların yüklendiği yapı malzemesi üreticileri destek olmuşlardır. Söz konusu çalışma;

- Bremen Eyaleti'nin Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu, ERDF 2007-2013 programı kapsamında "Gazbeton geri dönüşümünün artırılması" programı ile,
- Alman Federal Çevre Vakfı (Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt-DBU), "Gazbeton geri dönüşümü deneme projesi" ile,
- Yapı malzemesi üreticisi iki ayrı firma Stebah GmbH & Co. KG ve Berding Beton GmbH tarafından desteklenmiştir.

Çalışmada Almanya'da yıllık olarak 0,5-1,0 milyon ton oluşan gazbeton yıkım atığının ilerleyen zamanda 2,0 milyon tona ulaşacağı; bununla birlikte yüksek vergi ücretleri nedeniyle, depolarda biriktirilen bu atıkların ne geri dönüşüm şirketlerine ne de üretici firmalara katma değer sağlamadığı; gerçekleştirilen gazbeton geri dönüşüm çalışmalarının çoğunlukla atığın değerini düşüren aşağı dönüşüm (downcycle) uygulamaları olduğu ifade edilmiştir. Bu sorunlara çözüm sağlayabilmek adına çalışmanın ana hedefleri;

- Yeni birincil yapı malzemelerinin üretimi için doğal kaynakları korumak,
 - Ezilmiş gazbeton yıkım atığının ince ve kaba tanelerinden karakteristik özelliklerine göre yüksek değerli ikincil yapı malzemeleri geliştirmek (upcycle),
 - Sürdürülebilir inşaat katkısında bulunmak amacıyla gazbeton yıkım atığının tekrarlayan/döngüsel geri dönüşüm yöntemlerini ayrıntılı bir şekilde hazırlamak,
 - Atık hacmini azaltarak depolama alanlarının doluluk kapasitelerini korumak,
- olarak belirlenmiştir.

Söz konusu çalışmada geri dönüşüm işlemi için belirlenen ilk yöntem atık gazbetonun yüksek su emme ve su tutma kapasitesini kullanmak, ikinci yöntem olarak da atık gazbetonun agrega olarak kullanımı ile hafiflik ve ısı yalıtım özelliklerinden faydalanmaktır. Buna göre farklı boyutta öğütülen (0-8 mm, 8-32mm) gazbeton atıklarından birbirine benzer ancak üç farklı geri dönüşüm yöntemi ile yapı malzemeleri geliştirilmiştir. Bunlardan ilk ikisi ince atık gazbeton tanelerinden (0-8mm) hafif harç ve hafif yığma blok, üçüncüsü ise kaba atık gazbeton tanelerinden (8-32 mm) köpük bağlayıcılı büyük duvar (köpüklü hafif blok) elemanlarıdır.

İnce gazbeton tanelerinden hafif harç ve hafif blok üretimi ilk önce laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Ardından bir geri dönüşüm firması yerine, yapı malzemesi üreten bir firmada standart endüstriyel üretim süreçleri uygulanarak istenen miktarda harç (Şekil 4.a) ve blok üretimi (Şekil 4.b) yapılmıştır. Bu şekilde üretici firmaların geri dönüşüm sistemine nasıl uyum sağlayacağı tecrübe edilmiştir. Kaba atık gazbeton tanelerinden köpük bağlayıcılı büyük duvar elemanları da tane boyutuna göre farklı biçimlerde başarıyla üretilmiştir.



Şekil 4. Geri dönüştürülmüş hafif harç (a) ve hafif blok (b) (Hlawatsch vd., 2018)

Geri dönüştürülmüş gazbetondan elde edilen hafif harç ve bloklar, çalışma koşullarının değerlendirilmesi ve uzun süreçte malzemelerin performanslarının izlenebilmesi için gerçek bir inşaat projesinde uygulanmıştır. Bir kamu binasındaki iki iç bölme duvar yeni üretilen bu malzemelerle inşa edilmiştir (Şekil 5).



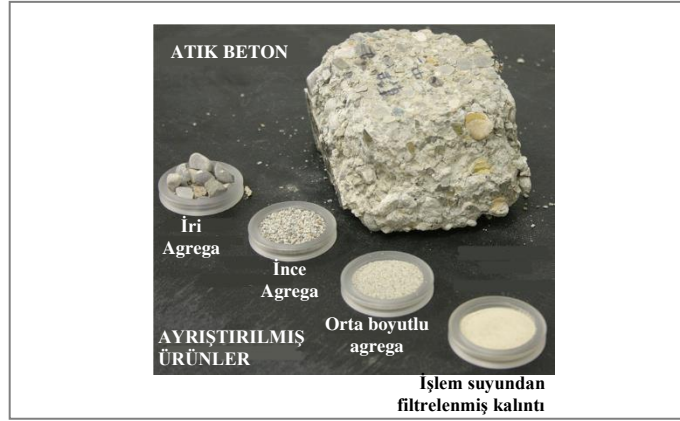
Şekil 5. Geri dönüştürülmüş malzemelerin uygulandığı duvar (Hlawatsch vd., 2018)

Üniversite ve enstitülerin akademik düzeyde yaptığı bu çalışmayla, yapı malzemesi üreten firmaların döngüsel ekonomi hareketine nasıl uyum sağlanacağına ilişkin belirlenen farklı yöntemler, tesislerdeki üretim sürecine kadar ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda yapı malzemeleri endüstrisinde ve yapı sektöründe sürdürülebilirliği artırmak, gazbeton yıkım atığının, atılmasını önlemek için kapsamlı bir kullanım stratejisi sunulmuştur. Ayrıca araştırma kapsamında geliştirilen geri dönüştürülmüş malzemeler için gerekli olan tüm teknik altyapı/tesislerin yapı malzemeleri endüstrisinde mevcut olduğu ve geri dönüşüm için yeterli gazbeton yıkım atığının beklenildiği ifade edilmektedir.

Örnek 3: Araştırma Enstitüleri Tarafından Yenilikçi Geri Dönüşüm Teknolojileri ile Geliştirilen Çalışma

Almanya'da döngüsel ekonomi hareketine, dünyanın önde gelen uygulamalı araştırma kuruluşlarından Fraunhofer Yapı Fiziği Enstitüsü (Fraunhofer Institute for Building Physics-IBP) çalışmalarıyla destek olmaktadır. Enstitü 2018'de yaptığı bir çalışmada Almanya'daki madeni yapı atıklarının yol yapımı, dolgu malzemesi gibi ilk haline oranla daha düşük değere ve işlevselliğe düşüren, aşağı dönüşüm (downcycling) uygulama sorunlarına değinmektedir. Almanya'da, atık betonun büyük kısmı yol yapımında geri dönüştürülürken, çok az bir kısmı ise tekrar betonda agrega olarak kullanılmaktadır. Ancak günümüzde mevcut olan yenilikçi işleme teknolojileri sayesinde atık betonun yapısındaki bileşenleri birbirinden ayırarak daha sürdürülebilir dönüşümler gerçekleştirilebilmektedir. Bu bağlamda Seifert ve arkadaşları tarafından (2018) gazbeton yapı malzemesinin içeriğinde, %50 oranında bulunan kuvars kumunun yerine alternatif ham madde olarak atık betonun ince kısmının ve karışık ince yapısal atığın ne ölçüde kullanılabileceği araştırılmıştır.

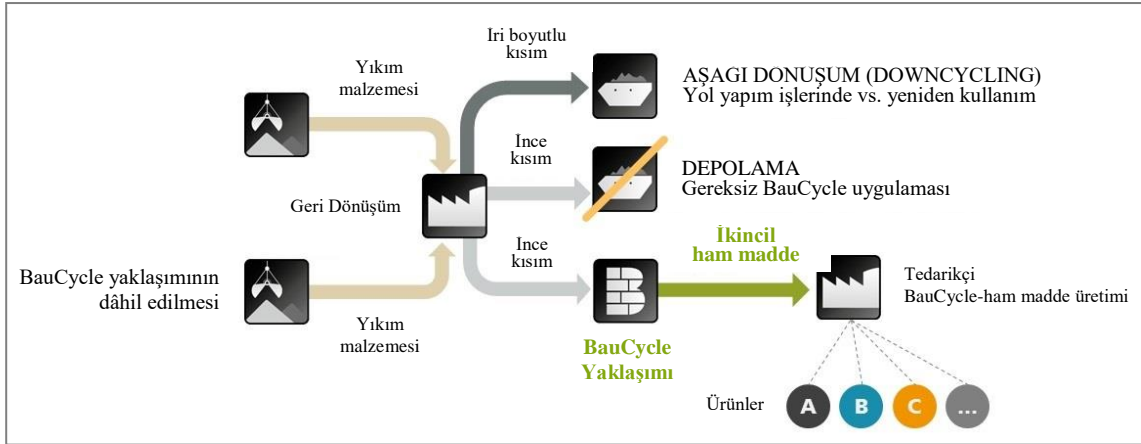
Çalışmada ilk olarak elektrodinamik parçalama ve darbeli güç parçalama yöntemi kullanılarak beton içerisindeki agrega ve çimento ayrı ayrı ayrıştırılmış (Şekil 6) ve ayrılan bu maddelerin kimyasal yapısı incelenmiştir. İkinci olarak karışık halde depolanan yapısal atıkların altında kalan ve dikkate alınmayarak değerlendirilmeyen ince agregalar optik ayrıştırma yöntemi ile ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılmış betondaki 2 mm'den küçük tane boyutlarına sahip ve SiO₂ içeren orta boyutlu agreganın (middlings), gazbeton içerisindeki doğal kuvars kumu yerine kullanılabileceği yönünde yapılan çalışmada sonuç olarak atık betondan geri dönüştürülmüş silis zengini malzemelerle, Alman Standartları Enstitüsü (DIN)'ne uyumlu gazbeton üretiminin mümkün olduğu ispatlanmıştır (Seifert vd., 2018).



Şekil 6. Atık betonun ayrıştırılmadan önceki ve sonraki durumu. (Seifert vd., 2018)

Bu çalışmanın yürütücüsü olan Fraunhofer Yapı Fiziği Enstitüsü tarafından 2016 yılında geliştirilmeye başlanan BauCycle yaklaşımı, bu atıkların ince kısmını değerlendirerek yüksek kaliteli yapı malzemelerinde yeniden kullanan bir konsept sunmaktadır (Şekil 7). Bu bağlamda yaklaşımın temel amacı yapı sektöründe kapalı bir malzeme döngüsü oluşturmaktır.

BauCycle prensiplerine göre, ince malzeme, kum, tuğla, kireç, beton karışımları özel optik ayırma çözümleri kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Daha sonra, ayrıştırılmış ana bileşenlere göre, geri dönüştürülmüş malzemeden yapılabilen yeni yapı ürünleri geliştirilmektedir. BauCycle yaklaşımının bu çalışmada uygulanması adına, ince yapısal atık karışımlarını ve bu karışımların gazbeton üzerindeki etkisini incelemek için laboratuvarında "ideal" bir yapısal atık oluşturulmuştur. Yani özel olarak üretilen beton ve kum-kireç tuğlalar karıştırılmış, öğütülmüş ve elenmiştir. Elde edilen malzeme gazbetondaki kuvars kumu ile yer değiştirilerek gazbeton üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerle üretilen gazbetonda istenen standartlardaki (P4 sınıfı 0.55 yoğunluklu) özelliklere ulaşıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. BauCycle yaklaşımı ile yapısal atıkların geri dönüşüm süreci (Seifert vd., 2018).

Fraunhofer Yapı Fiziği Enstitüsü'nden Seifert ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada, gazbeton üretimi için kullanılan doğal kuvars kaynaklarının ileride tükenebileceği riski üzerinde durulmaktadır. Bu kapsamda atık betonun ve karışık yapısal atıkların ince kısımlarını döngüsel ekonomiye bütünleştirme yöntemi tercih edilmiş ve başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Sonuçta, belirtilen atıkların ilk haline benzer veya daha büyük değere dönüşümlerini mümkün kılan ileri dönüşüm (upcycle) usulleri ortaya konulmuştur. Ayrıca enstitünün, döngüsel ekonomi hareketine katkı sağlamak için geliştirdiği teknoloji sayesinde, gazbeton için gerekli olan doğal kaynak kullanımı ve üretim aşamasındaki çevresel etkisi de azaltılabilmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER:

Döngüsel ekonomi hareketi, çoğu sektörde olduğu gibi yapı endüstrisindeki başarılı sürdürülebilirlik çalışmalarında da oldukça etkili bir model olmaktadır. Diğer ülkelere göre bu ekonomi modelini hayata geçirmede büyük ilerleme kaydeden Almanya’da, yapı alanındaki kaynak verimliliği ve atık geri kazanım oranlarındaki artışlarıyla bu durum gözlemlenebilmektedir. Bu bağlamda Almanya’daki döngüsel ekonomi uygulamalarının etkisiyle gazbeton üzerine geliştirilen üç örnek çalışmaya ait inceleme sonuçlarında da görüldüğü üzere (Tablo 3), atık hiyerarşisine göre daha çok yeniden kullanım ve geri dönüşüm aşamalarına odaklanılarak, gazbetonun üretiminde ve geri dönüşümünde farklı sürdürülebilir yöntemler ve stratejiler belirlenebilmiştir.

Tablo 3. İncelenen örneklere ait bilgiler.

	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	
Çalışmayı Yapan Kurum	Xella Group (Gazbeton Üretici Firma)	- Bremen Malzeme Test Enstitüsü (MPA) - Leibniz Malzeme Mühendisliği Enstitüsü (IWT) - Bremen Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (HSB) - Bremen RWB Araştırma Derneği	Fraunhofer Yapı Fizik Enstitüsü	
Çalışmayı Etkileyen Döngüsel Ekonomi Uygulaması	Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu	- Bremen Eyaleti Ve Alman Federal Çevre Vakfı'nın geri dönüşüm çalışmalarına teşvikleri ve fon destekleri - Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu	Yenilikçi geri dönüşüm uygulamalarının geliştirilmesine yönelik yapılan teşvik ve destekler	
Kullanılan yapı malzemesi	Atık Gazbeton	Atık Gazbeton	Atık Beton	Karışık Yapısal Atıkların İnce Kısmı
Üretilen yapı malzemesi	Gazbeton	Hafif harç Hafif Yığılma Blok Köpüklü Hafif Yığılma Blok	Gazbeton	Gazbeton

Çalışma Süreci	Gazbeton atıklarının toplanması (2010-2018)	Gazbeton atıklarının farklı boyutlarda öğütülmesi	Elektrodinamik parçalama ve darbeli güç parçalama yöntemleri kullanılarak betonun ayrıştırılması	Karışık halde depolanan yapısal atıkların altında biriken ince kısmı ayırtırmaya yönelik BauCycle yaklaşımının geliştirilmesi
	Gazbeton atıklarının yabancı malzemelerden temizlenmesi için bir arıtma firmasına teslimi	Laboratuvar ortamında hafif harç, hafif yığma blok ve köpüklü hafif yığma blok yapı malzemelerinin üretiminin gerçekleştirilmesi	Ayrıştırılmış betondaki SiO ₂ içeren orta boyutlu kısım (middlings) alınması	Laboratuvar ortamında gazbeton içeriğine uygun ideal yapısal atık karışımının oluşturulması
	Çeşitli yöntemlerle gazbeton atıklarının üç farklı kalitede arındırılması	Çalışmaya destek veren yapı malzemesi üretici firmalara gazbeton atıklarının teslim edilmesi	SiO ₂ içeren bu kısımın gazbetonun üretiminde tercih edilen kuvars kumu yerine kullanılması	Elde edilen karışık ince yapısal atıkların, gazbeton içeriğindeki kuvars kumu yerine kullanılması
	Ytong firmasına temiz gazbetonların teslimi	Gazbeton atıklarının, bu firmaların üretim tesislerindeki standart malzeme üretim sürecine dâhil edilmesi	Atık betondan geri dönüştürülmüş silis zengin malzemelerle, Alman Standartları Enstitüsü (DIN)'ne uygun gazbetonun üretiminin onaylanması	Atık malzemelerden PP4-0.55 kalite sınıfındaki gazbeton üretim sonucunun onaylanması
	Arındırılmış gazbetonların öğütülmesi	Fabrika ortamında gazbeton atığından hafif harç ve hafif yığma blok malzemelerinin seri üretiminin gerçekleştirilmesi		
	Öğütülmüş gazbetonların standart gazbeton üretim sürecine tabi tutulması	Gazbeton atığından yeni gazbeton üretiminin gerçekleştirilmesi		
	Gazbeton atığından yeni gazbeton üretiminin gerçekleştirilmesi			
	Atık gazbetondan PP4-0.55 kalite sınıfındaki yeni gazbeton üretim sonucunun onaylanması			

İncelenen üç örnek araştırmada, Almanya'daki döngüsel ekonomi politikasındaki üretici firmalara yüklenen geri dönüşüm sorumluluğunun, döngüsel ekonominin başarılı bir şekilde uygulanmasında kilit rol oynadığını göstermektedir. Üretici firmalar ürünlerinin üretimini ele aldığı ölçüde geri dönüşümünü de ele almaya başlamışlar veya başlamak zorunda kalmışlardır. Bunun yanında çeşitli kurum ve kuruluşların, sürdürülebilir geri dönüşüm çalışmaları için sağladıkları fon ve destekler, enstitülerin ve üretici firmaların bu yönde harekete geçmelerini teşvik etmiştir. Bu teşvikler sayesinde geri dönüşüm konusunda modern, teknolojik çözümler üretilmeye başlanmıştır. Döngüsel ekonomi hareketine uyumlu olarak gerçekleştirilen bu üç araştırmadaki geri dönüşüm uygulamalarında ortak olarak, atık malzemelerin değerini düşüren aşağı dönüşüm (downcycle) yerine, atık malzemelerin değerini arttıran ileri dönüşüm (upcycle) hedeflenmiştir. Bu nedenle atıklardan üretilen yeni yapı malzemelerinin Alman standartlarındaki kalitesinden ödün vermeden üretimi gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, döngüsel ekonomi, yapı malzemelerinin üretiminde ve geri dönüşümünde uzun vadeli sürdürülebilir çözümler sunan günümüz en etkili yöntemlerindedir. Bu konuda öncü ve örnek olan Almanya'nın döngüsel ekonomi hareketindeki başarılı çalışmaları, verimli bir döngüsel ekonomi için politikalar ve düzenlemelerin yanı sıra, üreticilerin, tüketicilerin, kurum/kuruluşların, belediyelerin vs. tüm paydaşların işbirliği ve desteğinin gerekte olduğunu göstermektedir. Türkiye'de ise kentsel dönüşümün de etkisiyle gazbeton üretimi ve kullanımı hızlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. Bu artışlar yakın zamanda diğer yapısal atıklar ile beraber gazbeton atıklarının da hatırı sayılır bir orana ulaşacağını göstermekte, mevcut atık miktarlarına dair ise yeterli veri bulunmamaktadır. Ayrıca,

- Kabul edilen atık ve çevre mevzuatının sahada uygulanması ve denetimindeki eksiklikler,
- Yerel yönetimlerin kısıtlı müdahale düzeyleri,
- Aykırı hareketlerde caydırıcılıktan uzak cezai yaptırımlar,
- Gazbeton üretici firmaların üretim tesisleriyle sınırlanan sorumlulukları,
- Geri dönüşüm konusunda devlet teşviklerinin yetersizliği,

gazbetonun sürdürülebilirliğinin sağlanmasının ve gazbeton atıklarının yeniden değerlendirilmesinin önündeki engellerden olduğu düşünülmektedir.

Bu bağlamda incelenen çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda, Türkiye’de bu konudaki eksikliklerin giderilebilmesine yönelik öneriler;

- Gazbeton ve diğer yapısal atık miktarlarının düzenli olarak kayıt altına alınmasının sağlanması
- Devletin, üniversite, enstitü ve kurumların geri dönüşüm araştırmalarının teşviklerle desteklenmesinin sağlanması
- Üreticilerin, tüketicilerin, kurum/kuruluşların, belediyelerin vb. tüm paydaşların sorumluluk alanları genişletilip netleştirilerek, bilinçlendirilmelerinin sağlanması,
- Üretici firmalara, ürettikleri ürünlerinin tüm yaşam döngüsünü kuşatan geniş sorumluluklar yüklenmesi,
- Atık yönetimi konusunda belirlenen mevzuata uyulmasının sıkı denetlenmesi ve aksi durumlarda caydırıcı cezai yaptırımların uygulanması,

şeklinde sıralanabilir.

Türkiye’de başlatılan Sıfır Atık Projesi’yle birlikte alınacak önlemler, ekonomik verimliliğe ve doğal kaynakların korunumuna da katkı sağlayacaktır. Bu çalışma ile başta gazbeton olmak üzere diğer yapısal atıkların, Sıfır Atık Projesi kapsamına dâhil edilerek, dögüsel ekonomi bağlamında sürdürülebilir üretim ve geri dönüşüm yöntemlerini belirleme konusunda farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

KAYNAKÇA:

- Buzkan, C. ve Erman, O. (2020). Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Sorunu ve Türkiye’deki Durumun Mevzuat Bakımından Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(1), 76-89. DOI: 10.21324/dacd.570141.
- Chucholowski, C., Holger, M. ve Thienel, K. C. (2018). Improving the Recyclability, Environmental Compatibility, and CO₂ Balance of Autoclaved Aerated Concrete by Replacing Sulfate Carrier and Cement With Calcined Clays. *ce/papers journal*, 2(4), 503-512. DOI: 10.1002/cepa.846.
- Çalışkan, S. (2019). Yerel Yönetimlerin Çevre Politikalarının Etkinliği: Ardahan Belediyesi Üzerinden Bir Değerlendirme. *Kent Akademisi*, 12 (1) , 42-55. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/43742/492935>, (Erişim Tarihi: 12.09.2021).
- Dede, O. ve Şekeroğlu, A. (2019). Sağlıklı Kent Kavramı için Nüfus Kriterinin Önemi. *Kent Akademisi*, 12 (4) , 703-713. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/51798/613328>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Erten, D. (2020). Towards Zero Waste in Construction: A Case Study Using Green Building Certification Systems . *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11 (2) , 875-888. DOI: 10.24012/dumf.650228
- Güzel, Alper (2001), Sürdürülebilir Kalkınmada Yerel Yönetimlerin Mali Sorumlulukları, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, TÜBİTAK, Syf: 1-5.
- Heck, P. (2006). *Circular Economy Related International Practices and Policy Trends: Current Situation and Practices on Sustainable Production and Consumption and International Circular Economy Development Policy Summary and Analysis*, Consulting Report for the World Bank Project. Erişim adresi: <https://www.semanticscholar.org/paper/Circular-Economy-related-international-practices-on-Heck/066a2b9c1e972d1abac755d7b02596e618958ebb?sort=relevance&pdf=true>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).

- Hlawatsch, F. Aycil, H. ve Kropp, J. (2018). Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Rubble for New Recycling Building Products: in Dry Premixed Mortars Formasonry, in Masonry Blocks, and in Lightweight Blocks, *ce/papers journal*, 2, 457–464. DOI: 10.1002/cepa.877.
- İMSAD. (2021). Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu 2020. Erişim Adresi: https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Yapi_Sektoru_Raporu_2020.pdf, (Erişim Tarihi: 12.09.2021)
- Kohlmeyer, R. (2015). *German Government Policy of Resource Efficiency (Circular Economy) and Recent Topics Focusing on WEEE in Germany*. Tokyo WEEE Symposium. Erişim adresi: <https://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/weee/session2.pdf>, (Erişim Tarihi: 06.07.2020).
- Kotan, S. (2016). *Yıkım İşlemleri ve Hafriyat Toprağı İle İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği Taslağı*. Yaşanabilir Çevreler ve Marka Şehirler, Hedef 2023, Demolition Conference, İstanbul, Türkiye. Erişim adresi: <https://www.khl-group.com/events/demolition-conference-turkey/assets/suna-kotan.pdf>, (Erişim Tarihi: 23.06.2020).
- Kreft, O. (2019). *REPOST Recycling Cluster Porenbeton*. Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft –Innovative Produktkreisläufe (ReziProK), Xella Technologie. Erişim adresi: https://innovative-produktkreislaeufe.de/Projekte/REPOST/REPOST_Poster_ReziProK_Kick-off.pdf, (Erişim Tarihi: 15.03.2021).
- Kreft, O. (2018). Circular Economy Potential For Autoclaved Aerated Concrete. *ce/papers journal*, 2, 465–470. DOI: 10.1002/cepa.893.
- Kreft, O. (2016). *Closing the Loop of Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Recycling*. Conference of CESB-Central Europe Towards Sustainable Building 2016, Prag. Erişim adresi: https://www.xella.com/de/docs/CESB2016_OKreft_Recycling-of-AAC.pdf, (Erişim Tarihi: 06.07.2020).
- Lah, O. (2016). Circular Economy Policies and Strategies of Germany, Towards a Circular Economy: Corporate Management and Policy Pathways. *ERIA Research Project Report 2014-44*, Jakarta: ERIA, pp.59-74. Erişim adresi: https://www.eria.org/RPR_FY2014_No.44_Chapter_5.pdf, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Liesch, A. L., Thome, V., & Dittrich, S. (2018). *ENSUBA–A New Method for Solving the Gypsum Problem in Waste Autoclaved Aerated Concrete*. *ce/papers journal*, 2(4), 477-481. DOI: 10.1002/cepa.886.
- Ogunmakinde, O. (2019). A Review of Circular Economy Development Models in China, Germany and Japan, *MDPI Recycling Journal*, 4, 27. DOI:10.3390/recycling4030027.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 196-204. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/dpusbe/issue/38899/416907>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., Banar, M. (2018). Sanayide Temiz Üretim Ve Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyoz Yaklaşımı: Bir Değerlendirme. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B - Teorik Bilimler*, 6(1), 84-97. DOI: 10.20290/aubtdb.332377.
- Özsoy, T. (2019). Döngüsel Ekonomi: Almanya'daki Durumun Bir Özeti. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 7 (14), 129-143. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gumusgjebs/issue/42269/473257>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Salgın, B. (2009). Türkiye'de Yapısal Atık Yönetimi ile İlgili Yasal Düzenlemeler ve Yetersizlikler. *TOL*, 7, 89-94.

- Sapmaz Veral, E. (2018). Döngüsel Ekonomiye Geçiş Doğrultusunda Yeni Tedbirler ve AB Üye Ülkelerinin Stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488. DOI: 10.32450/aacd.511998.
- Seifert, S., Lena Liesch, A., Thome, V., Dittrich, S. ve Wolfram, D. (2018). Application of Recycledwaste Material for The Production of Autoclaved Aerated Concrete. *ce/papers journal*, 2, 495-502. DOI:10.1002/cepa.867.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023. Erişim Adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at-k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf, (Erişim Tarihi: 10.09.2021).
- TGÜB, (2015). Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği Kurumsal Bilgi Broşürü. Erişim adresi: [http://tgub.org.tr/SF/608/TG%C3%9CB%20Kurumsal%20Bro%C5%9F%C3%BCr%20\(TR\).pdf](http://tgub.org.tr/SF/608/TG%C3%9CB%20Kurumsal%20Bro%C5%9F%C3%BCr%20(TR).pdf), (Erişim Tarihi: 06.07.2020).
- 2008/98/EC, The European Parliament and the Council of the European Union, Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing certain Directives. Erişim adresi: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:EN:PDF>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- Tuğaç, Ç. (2018). Uluslararası Sürdürülebilir Kent Ölçütleri Bağlamında Türkiye İçin Bir Değerlendirme. *Kent Akademisi*, 11 (4) , 703-740. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/42449/489487>, (Erişim Tarihi: 10.05.2021).
- URL 1, (2020). <https://sifiratik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 22.08.2020).
- URL 2, (2021). Waste Management Hierarchy. <https://baxcompany.com/insights/circularity-of-polymer-composites/waste-management-hierarchy/> (Erişim Tarihi: 11.09.2021).
- URL 3, (2020). Product Responsibility. <https://www.bmu.de/en/topics/water-waste-soil/waste-management/waste-policy/product-responsibility/> (Erişim Tarihi: 06.07.2020).
- URL 4, (2020). Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. <https://www.dbu.de/2415.html> (Erişim Tarihi: 21.07.2020).
- URL 5, (2020). Förderprogramm Angewandte Umweltforschung. https://www.bauumwelt.bremen.de/klimaschutz/wirtschaft/foerderprogramm_angewandte_umweltforschung-49896 (Erişim Tarihi: 21.07.2020).
- URL 6, (2020). Waste Policy. <https://www.bmu.de/en/topics/water-waste-soil/waste-management/waste-policy/> (Erişim Tarihi: 06.07.2020).