



Yapı Malzemesi Özelinde Atık Alçılara Yönelik Bir İnceleme

Zeynep Bedir^{1*}, Cahide Aydın İpekcı²

¹ Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

² Mimarlık Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

E-Posta: zbedir2018@gtu.edu.tr, caipekcı@gtu.edu.tr

Orcid: 0000-0002-1713-350X1, 0000-0003-3170-46282

Gönderim 31.12.2020; Kabul 03.03.2021

Özet: Alçı ülkemiz açısından önemli ham madde kaynaklarından bir tanesidir. En yoğun kullanımı yapı sektöründe olan alçının, üretim ve kullanım miktarının fazlalığı da en çok bu alanda olmaktadır. Alçının sektörde yoğun kullanımıyla, hem var olan ham madde kaynakları azalmakta hem de atık oluşumu gözlenmektedir. Bu sorunların çözümünde atık alçıların yeniden kullanımının yararlı olabileceği düşünülmektedir. Bu anlamda yapılan çalışmayla yerli ve yabancı kaynaklarda yayınlanan makalelerin incelenmesi ve atık alçıların yeniden kullanımını sırasındaki değerlendirilme şekillerinin tespit edilmesi ve bu değerlendirilmelerin hangi alt başlıklara göre yapıldığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın yöntemi literatür tarama, veri toplama ve toplanan verilerin değerlendirilmesi olarak planlanmıştır. Veri toplama sürecinde anahtar kelimeler Scencedirect ve Google Akademik veritabanlarında taranarak konu kapsamında 27 adet makaleye ulaşılmıştır. İncelenen bu makalelerden elde edilen veriler atık türü, malzeme türü ve konu başlığı alt başlıklarıyla değerlendirilmiştir. Makalelerde en çok kullanılan atık türünün atık alçı levha olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Atık oluşum aşaması bulgularına bakıldığında ise inşaat aşamasında oluşan atıkların atık yoğunluğunu oluşturduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm, yapı malzemesi, atık, alçı, alçı levha, atık alçı

An Investigation of Waste Plaster Specific to Building Materials

Received 31.12.2020; Accepted 03.03.2021

Abstract: Gypsum is one of the important raw material resources for our country. The most intensive use of gypsum in the building sector, the excess production and usage amount is mostly in this area. With the intensive use of gypsum in the sector, the existing raw material resources are reduced and waste generation is observed. It is thought that the reuse of waste plaster can be useful in solving these problems. In this sense, it is aimed to examine the articles published in domestic and foreign sources and to determine the evaluation methods during the reuse of waste gypsum and to determine the subtitles under which these evaluations are made. The method of the study was planned as literature review, data collection and evaluation of the collected data. During the data collection process, the keywords were scanned in Scencedirect and Google Academic databases and 27 articles within the scope of the subject were reached. The data obtained from these articles were evaluated under the subtitles of waste type, material type and subject title. It was concluded that the most used waste type in the articles is waste plasterboard. Looking at the waste generation stage findings, it was determined that the waste generated during the construction phase constitutes the majority of the waste.

Key Words: Recycling, building material, waste, gypsum, gypsum board, waste gypsum

GİRİŞ

Alçı eski zamanlardan beri farklı işlev ve amaçlarla birçok alanda tercih edilen bir malzeme olmuştur. Mısırlılar piramitlerin yapımında büyük taşların kaydırılması amacıyla alçıyı kullanmışlardır^[1]. Yunanlılar döneminde ise alçı daha çok heykel ve süsleme gibi alanlarda kendine yer bulmuştur^[2]. Günümüzde ise alçının; tarım, tıp, gıda ve yapı gibi birbirinden bağımsız birçok sektörlerde kullanılması söz konusudur^[3].

Alçının ham maddesi olan alçıtaşının dünyadaki rezervlerine bakıldığında Türkiye'nin en çok rezerve sahip olan 4. ülke konumunda olduğunu söylemek mümkündür^[4]. Dolayısıyla rezerv miktarının fazlalığı alçıyı Türkiye için önemli bir kaynak haline getirmektedir. Öte yandan, alçının rezerv miktarı fazla olsa da yenilenebilen bir kaynak olmaması durumu, var olan alçıtaşı kaynaklarının korunmasını önemli kılmaktadır. Bu nedenle hem hammadde korunumunu sağlamak hem de çevresel dengenin

* İlgili E-posta/Corresponding E-mail: zbedir2018@gtu.edu.tr

Bu makale yazımı devam eden yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

bozulmasını önlemek amaçlarıyla atık alçıların yeniden kullanımı var olan rezervin korunmasına yönelik olarak uygulanabilecek önemli bir gerekliliktir.

Atık alçıların yapı malzemesi üretiminde tekrar kullanılması bu yeniden kullanım yöntemlerinden bir tanesidir. Bu çalışmada da atık alçıların yeniden kullanımı sırasındaki değerlendirme şekillerinin tespiti ve bu değerlendirmelerin hangi alt başlıklara göre yapıldığını belirlemek amacıyla konu ile ilgili yerli ve yabancı kaynaklar üzerinden bir inceleme yapılmıştır.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Atık “*üreticisinin veya sahibinin artık kullanmayacağı ve çevreye atılan veya terk edilen herhangi bir şey*” anlamına gelmektedir [5]. Son yıllarda tüketicinin ihtiyaçlarının artması ve bu ihtiyaçların karşılanmasına yönelik üretim yapılmasıyla, oluşan atık miktarında artış yaşandığı görülmektedir.

Dünyada yemek atığı, sağlık atığı, inşaat ve yıkım atığı gibi farklı değişkenler üzerinden değerlendirilen tüm atıklara ait verilere bakıldığında 2016 yılında 2.01 milyar ton atık oluşurken bu değer 2030 yılında 2.59 milyar ton, 2050 yılında ise 3.40 milyar ton olması beklenmektedir. İnşaat ve yıkım atığı tanımına uyan atık grubunun, toplam atık miktarı içerisinde %38’lik bir orana sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu oran en yüksek atık grubu olan yemek grubundan sonra gelen ikinci gruptur [6]. Bu açıdan büyük bir orana sahip olan inşaat atıklarının yeniden kullanımı ise giderek bozulan çevresel dengenin korunması açısından önem arz etmektedir.

İnşaat ve yıkım atığı (construction & demolition waste) kısaca C&D olarak ifade edilmektedir. Bu atık türünün tanımı “*binaların, yolların ve köprülerin inşaatı, yenilenmesi ve yıkılması sırasında ortaya çıkan dökontüler*” olarak ifade edilmektedir [7].

İnşaat atıkları içerisinde geri dönüştürülebilir potansiyeli en yüksek olan malzemelerden bir tanesi de alçıdır. Alçının hammaddesi olan alçı taşı kullanım oranlarına bakıldığında %5’inin zirai, %15’inin endüstriyel amaçlı, geri kalan kullanımının ise yapı sektörüne ait olduğu görülmektedir. Alçı tıp, gıda, seramik ve tarım gibi farklı sektörler de kullanılsa da en yoğun kullanımını yapı sektöründe olduğunu söylemek mümkündür [8].

Kolay işlenebilirlik, yangına karşı dayanım, bakım gerektirmeme, esnek tasarım imkânı gibi üstün özelliklere sahip olan alçının geri dönüştürülebilir potansiyeli “atık ürünün aynı ürün haline geri dönüşümü” olarak ifade edilen kapalı döngü geri dönüşüm sistemi (close loop recycling) olarak tanımlanmaktadır [5]. Atık alçıların kapalı döngü sistemine sahip olması yani aynı ürün eldesinde kullanılabilmesini sağlayan geri dönüşüm işlemi sırasında kimyasal yapısında bir bozulma olmamasıdır [9].

Alçının yapı sektöründeki kullanımının fazla olması üretim ihtiyacının dolayısıyla üretim sonucunda oluşan atık alçı miktarında da artışa sebep olmaktadır. Bu atıklar üç başlık altında gruplandırılmaktadır:

1. Üretim Atıkları: Malzemenin üretilmesi aşamasında ortaya çıkan atıklar
2. İnşaat Atıkları: Yeni yapı yapımı sırasında şantiyede oluşan atıklar
3. Yıkım Atıkları: Ömrünü veya işlevini tamamlamış yapıların yıkım ya da yenilenme aşamasında ortaya çıkan atıklar [9].

Farklı değişkenler altında sınıflandırılan atık alçıların ortak özelliği bertaraf edilmesi gerekliliğidir. Atıkların bertarafı için kullanılan sistemsel yaklaşım literatürde atık yönetimi (waste management) olarak geçmektedir. Atık yönetimi “*atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren yönetim şekli*” olarak tanımlanmaktadır [5].

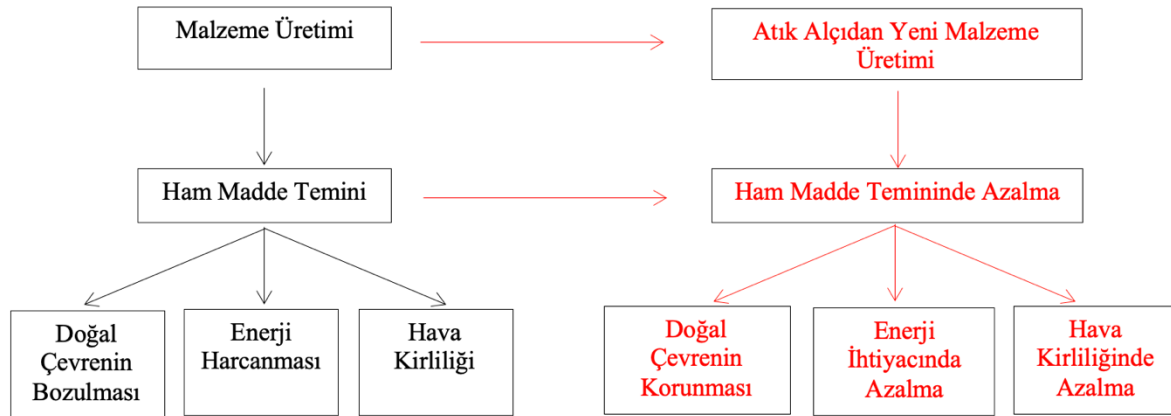
Tanımdan da anlaşıldığı üzere atıkların değerlendirilmesinde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada ise atık alçıların yeniden kullanımında daha çok tercih edilen depolama ve geri dönüşüm başlıkları üzerinde durulmuştur.

Atık alçıların bertaraf edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri olan depolamanın geçici veya düzenli olmak üzere farklı çeşitleri bulunmaktadır. Ancak genel olarak depolama atıklarının, oluştuğu tesis içerisinde herhangi bir işlem görmeden önce bekletilmesi olarak tanımlanabilir [10,11]. Bu yöntemin atık alçıların bertarafı amacıyla uygulanması sonucunda bazı çevresel zararlar oluşabilmektedir.

Atık alçılar normal şartlarda çevreye zararlı olmasa da içinde barındırdığı hidrojen sülfür gazı (H₂S) suya veya toprağa karıştığında canlı yaşamını tehdit edici bir role sahiptir. Bu gazın belli oranlardan daha fazla, suya ve toprağa nüfuz etmesi ölümcül etkilere sebep olmaktadır [12]. Bu nedenle atık alçıları depolamanın uygun olmadığını söylemek mümkündür.

Atık alçıların yeniden kullanımında tercih edilen diğer bir yöntem olan geri dönüşüm “atıkları yeniden kullanılabilir bir malzemeye dönüştürme veya bir malzemeyi döngüsel bir süreçte önceki durumuna geri döndürme işlemi” olarak tanımlanmaktadır [6].

Olumlu ve olumsuz özellikleri üzerinden irdelendiğinde geri dönüşüm yönteminin depolama yöntemine göre atık alçıların yeniden kullanımı için daha uygun olduğu söylenebilir. Atık alçıların malzeme üretiminde yeniden kullanılması ham madde ihtiyacı kısmında sürece dahil olmasıyla mümkün olabilmektedir. Atık alçıların ham madde olarak kullanılması üretim aşamasında oluşan olumsuz etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilir yapı malzemesi üretimine katkı sağlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Alçı atıkları etki değerlendirilmesi

Şekil 1’de ifade edildiği üzere atık alçıların malzeme üretiminde kullanımı ham madde ve enerjinin korunumu, çevresel tahribatın ve hava kirliliğinin önlenmesi gibi olumlu katkılar sağlamaktadır. Buna ek olarak Chandara ve arkadaşları (2009) çimento üretiminde seramik ürünlerin biçimlendirilmesinde kullanılan alçı kalıplardan elde edilen atık alçı ve normal alçının kullanımını karşılaştırdıkları çalışmalarında atık alçıdaki hemihidrat varlığının çimentonun sertleşme süresinde önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşmışlardır [13]. Aynı türde atık kullanılan diğer bir makalede ise Garcia, Rivera ve Gorokhovskiy (2009) çimento esaslı bağlayıcı üretiminde atık alçı kullanımının su direncinde ve mukavemette artışa sebep olduğunu saptamışlardır [14]. Çimento ile ilgili diğer bir makalede Raghavendra ve Udayasankhar (2015) atık alçı levha kullanımı ile su ihtiyacında artış olduğu sonucunu elde etmişlerdir [15]. Alçı kalıp ve alçı levhadan elde edilen iki çeşit atık kullanan Suarez, Roca ve Gasso (2016) çimento üretiminde atık alçı kullanımının çevresel etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak geri dönüştürülmüş ve normal alçı kullanımı arasında çevresel etki anlamında belirgin farklılıklar gözlemlenemediği için inceleme yapılmaya devam edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır [16]. Godinho-Castro ve arkadaşları (2012) ise inşaat sahasından temin edilen atık alçıların seramik blok üretimine optimum olarak %20 ilave edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır [17]. Geri dönüştürülmüş alçı kullanılan başka bir çalışmada sitrik asit ilavesinin alçı sıva üzerindeki etkileri incelenmiş ve sitrik asit katkısının sertleşmiş durumda basınç dayanımını azalttığı sonucuna varılmıştır [18].

İfade edilen bu örneklerde görüldüğü üzere atık alçının malzeme üretiminde yeniden kullanımı ile ilgili literatürde yer alan birçok yayın bulunmaktadır. Varolan bu yayınların belirlenen tespitler üzerinden analizinin yapıldığı bu çalışmada incelenen veriler makale ile sınırlandırılarak tezler dahil edilmemiştir. Ancak ülkemizde bu alanda yapılan araştırmaların genel çerçevesini daha iyi anlamak amacıyla konu ile ilgili literatürde yer alan tezlerden birkaçı örnek olarak aşağıda ifade edilmiştir.

Türkiye’de yapılan tezlere bakıldığında atık alçının bir türü olan endüstriyel atık alçının daha çok incelendiği görülmektedir. Bu atık grubuna giren fosfojipsin çimento üretimindeki ilavesini inceleyen Sağlam (2012) fosfojips eklenmesiyle çimento kıvamını ayarlamak için gereken su ihtiyacının azaldığını tespit etmiştir [19]. Duvar elemanı üretiminde fosfojips ilavesini inceleyen Kartaltepe (2010) yaptığı değerlendirme sonucunda fosfojips ilavesinin mekanik dayanımda düşüşe, birim ağırlıkta azalışa ve su ihtiyacında artışa sebep olduğunu tespit etmiştir [20]. Kimyasal atık sınıfında yer alan fosfojipsin zemin stabilizasyonunda kullanımını araştıran Tülek (2007) %15 fosfojips ilavesinin su ihtiyacı ve basınç dayanımında artışa sebep olduğu sonucuna ulaşmıştır [21]. Bununla birlikte bir yapıım şantiyesinde oluşan

atık alçı levhalarla yapılan yapı elemanı imalatını inceleyen Özdoğan (2020) yaptığı incelemeler sonucunda seçilen şantiyedeki geri dönüşüm potansiyeline sahip %5,4 alçı levha atığı olduğu bilgisine ulaşmıştır [22].

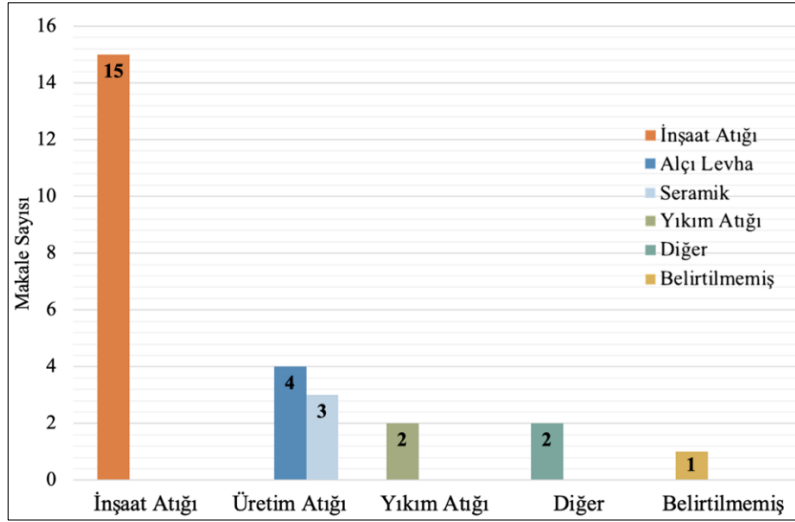
MATERYAL VE METOT

Atık alçıların yeniden kullanımı sırasındaki değerlendirme şekillerinin tespiti ve bu değerlendirmelerin hangi alt başlıklara göre yapıldığını belirlemek amacıyla oluşturulan bu çalışmanın yöntemi literatür taramasıdır. Bu anlamda, Scencedirect ve Google Akademik veri tabanında İngilizce dilinde üretilmiş olan akademik makaleler incelenerek analiz edilmiştir. Çalışmanın sınırları 2000-2020 tarih aralığında yayınlanan yapı malzemesi üretiminde atık alçıların kullanımını konu alan makaleler olarak belirlenmiştir. Yapı malzemesi üretimi dışında kalan konular çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Veri toplama sürecinde “atık alçı-waste gypsum”, “atık alçı sıva-waste gypsum plaster”, “atık alçı levha-waste gypsum board” ve “geri dönüştürülmüş alçı-recycled gypsum” anahtar kelimelerini bir veya birden fazla içeren 27 adet makaleye ulaşılmıştır. Bu makalelerden iki tanesinde atık alçı kullanılmamasına rağmen alçı, geri dönüştürülerek kullanıldığı için çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Zemin iyileştirmeyi konu alan beş makale ise yapı sektörünü ilgilendirdiği için çalışma kapsamında incelenmiştir.

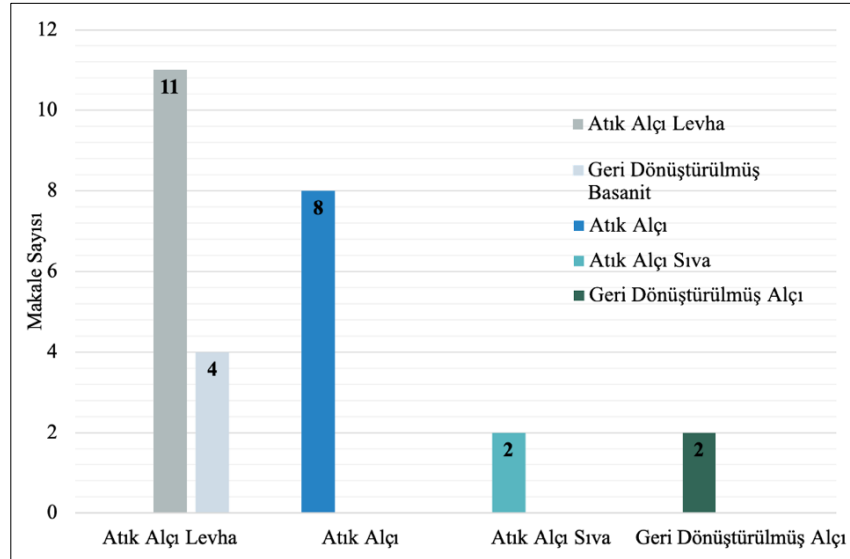
ARAŞTIRMA BULGULARI

Makalelerde üretim, inşaat ve yıkım atığı olmak üzere üç farklı oluşum aşamasından elde edilen atık alçıların kullanıldığı tespit edilmiştir. Buna göre üretim atığı kullanılan yedi, inşaat atığı kullanılan 15, yıkım atığı kullanılan iki, geri dönüştürülmüş alçı kullanılan iki ve atık oluşum aşaması belirtilmeyen bir adet makale olduğu görülmüştür. Üretim aşamasında oluşan atık alçıların yer aldığı makaleler incelendiğinde seramik üretiminde kullanılan atık alçı kalıplar ve alçı levha üretimi sırasında ortaya çıkan alçı levha atıklar olmak üzere iki farklı türde atığın kullanıldığı tespit edilmiştir. Buna göre makalelerden dört tanesinde alçı levha üretimi, üç tanesinde seramik üretimi sonucu oluşan atık alçı kullanıldığı bulgusuna ulaşılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Atık oluşum aşamaları

Tüm makaleler incelendiğinde atık alçı, atık alçı sıva, atık alçı levha ve geri dönüştürülmüş alçı olmak üzere dört farklı türde atık alçının kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bu değerlendirilmede atık alçı kullanılan sekiz, atık alçı levha kullanılan 15, atık alçı sıva kullanılan iki ve geri dönüştürülmüş alçı kullanılan iki makale olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Atık alçı levha türüne göre yapılan incelemede geri dönüştürülmüş basanit kullanılan dört, atık alçı levha kullanılan 11 adet makale olduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Atık alçı türleri

Ulaşılan makalelerin incelenmesinde kullanılan değerlendirme türleri ve değişkenler Tablo 1’de ifade edilmiştir. Makalelerde atık alçı çeşidi kullanımına bakıldığında 26 makalede tek çeşit atık alçı kullanılırken bir makalede iki çeşit atık alçı kullanıldığı tespit edilmiştir. Makaleler konu başlıklarına göre değerlendirildiğinde malzeme özelliği incelemesi yapılan 21, hem malzeme özelliği hem çevresel etki incelemesi yapılan üç, çevresel etki incelemesi yapılan bir ve geri dönüşüm potansiyelinin incelendiği iki makale olduğu tespit edilmiştir. Malzeme türüne göre yapılan değerlendirmede tuğla, alçı levha, seramik, kauçuk için bir, alçı için altı, çimento ve toprak için beş, alçı sıva için üç ve beton için dört makale yapıldığı saptanmıştır. Toprakla ilgili yapılan makaleler yapı sektörünü ilgilendirdiği için çalışma kapsamında ele alınmıştır (Tablo 1) ^[13-18, 23-43].

Tablo 1. Değerlendirme türü ve değişkenler

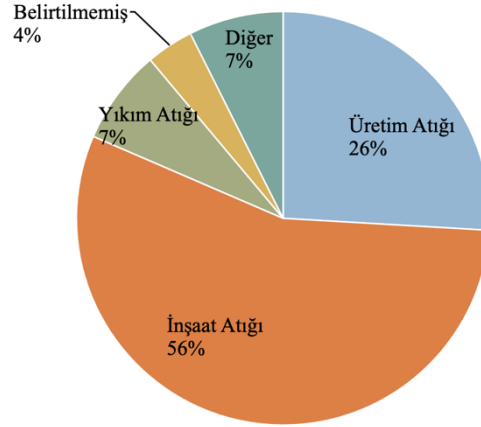
Değerlendirme Türü	Değişkenler	Makale Sayısı (adet)	Yüzde (%)
Atık Çeşidine Göre	Tek Çeşit	26	96
	İki Çeşit	1	4
Konu Başlığına Göre	Malzeme Özelliği	21	78
	Malzeme Özelliği ve Çevresel Etki	2	8
	Çevresel Etki	2	7
	Geri Dönüşüm Potansiyeli	2	7
	Alçı	6	22
Malzeme Türüne Göre	Çimento	5	18
	Toprak	5	18
	Beton	4	15
	Alçı Sıva	3	11
	Alçı Levha	1	4
	Seramik	1	4
	Tuğla	1	4
	Kauçuk	1	4

SONUÇ VE TARTIŞMA

Alçı atıklarının yeniden kullanımı sırasındaki değerlendirme şekillerinin tespiti ve bu değerlendirmelerin hangi alt başlıklara göre yapıldığını belirlemek amacıyla akademik makalelerin

incelendiği bu çalışmada atık alçı türü, malzeme çeşidi, atık sayısı gibi tespitlere ulaşılmıştır. Bu tespitler üzerinden yapılan değerlendirmeden elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

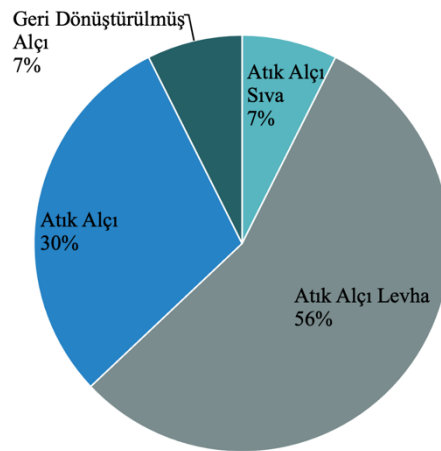
Atık oluşum aşamasına göre yapılan incelemede makalelerde en fazla inşaat sürecinde oluşan atık alçıların (%56) kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4). Bu durumdan hareketle inşaat aşamasında atık alçı oluşumunun daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. İnşaat aşamasında oluşan atıkların işçilik, uygulama, malzemenin boyutlarının analizi gibi çeşitli değişkenlere bağlı olmasının bu sonuca ulaşılmasında etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Atık oluşum aşaması yüzde dağılımları grafiği

Üretim atıklarının yer aldığı makaleler malzeme özelinde incelendiğinde alçı levha üretiminde oluşan atıkların (%57) seramik üretiminde oluşan atıklara göre (%43) daha çok tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda alçı levha üretiminde seramik üretimine göre daha fazla atık oluştuğu çıkarımı yapılabilir. Bu sonuca ulaşılmasında seramik sektöründe kullanılan alçı kalıpların birden çok kez kullanılma imkânının olması ve hemen atık statüsünde değerlendirilmemesi gibi nedenlerin olduğu düşünülmektedir. Diğer bir etken ise seramik sektöründe kullanılan alçı kalıpların sadece üretim aşamasında atık oluşturabilme potansiyeline sahip olmasıdır (Tablo 1).

Atık alçı türüne göre yapılan değerlendirmede atık alçı levhanın (%56) atık alçı (%30) ve atık alçı sıvadan (%7) daha çok yer aldığı görülmüştür (Şekil 5). Alçı levhanın ilk sırada yer almasında inşaat sektörü için önemli bir malzeme olması ve üretim, inşaat ve yıkım gibi farklı aşamalarda atık oluşturabilme potansiyelinin etkili olduğu düşünülmektedir. Atık alçının ikinci sırada yer almasına seramik gibi malzemelerin üretiminde kullanılan alçı kalıpların işlevini tamamladığında atığa dönüşmesi sebep olarak gösterilebilir.



Şekil 5. Atık alçı türü oranları grafiği

Atık alçı levha kullanılan makaleler üzerinden yapılan incelemede %73 oranında alçı levhadan elde edilen atık kullanıldığı saptanmıştır. Diğer makalelerde (%27) ise geri dönüştürülmüş basanit olarak

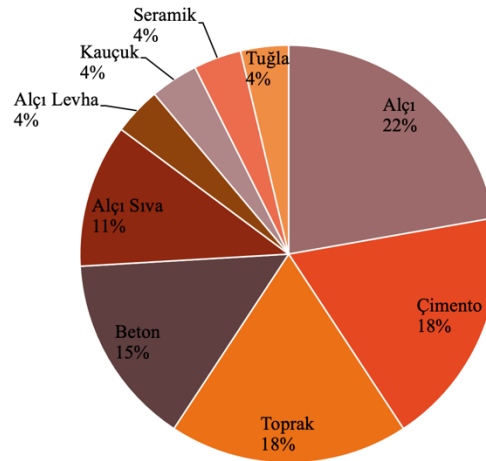
geçen alçı levhadan elde edilen atık kullanıldığı görülmüştür. Geri dönüştürülmüş basanit atık alçı levhaların ısıtılması ile elde edilmektedir. Elde edilme sürecinde gereken ek işlemler geri dönüştürülmüş basanitin daha az tercih edilmesi ile ilişkili olabilir.

Atık çeşidine göre değerlendirme yapıldığında %96 gibi büyük bir oranla tek çeşit atık kullanıldığı görülmektedir (Tablo 1). Atık temini ve atığın kullanılan makale için hazırlanmasında gereken iş gücü ve zamanın tek çeşit atık kullanımına yönelimin sebebi olabilir. İncelenen makalelerde tek çeşit atık kullanımına yönelim olsada, farklı türde atık kullanımını inceleyen araştırmalar yapılarak atık alçıların karşılaştırılması da sağlanabilir. Bu durum yapı malzemesi üretimi açısından en uygun atık alçının belirlenmesinde yarar sağlayacaktır.

Konu başlıklarına göre yapılan değerlendirmede malzeme özelliğinin (%78) en fazla incelendiği onu sırasıyla malzeme özelliği ve çevresel etki (%8), çevresel etki (%7) ve geri dönüşüm potansiyelinin (%7) takip ettiği görülmektedir (Tablo 1). Bu durumda incelenen makalelerin büyük bir çoğunluğunda atık alçının malzeme üzerindeki etkilerinin incelendiği söylenebilir. Atık alçıların değerlendirilmesiyle hava kirliliğini önleme, atık bertarafı, zehirli gaz emisyonunun azaltılması gibi olumlu etkiler gözlenmektedir. Bu durum çevresel etki konu başlığının ikinci sırada yer almasında etkilidir.

Malzeme türü açısından yapılan değerlendirmede alçının %22 ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Alçının kapalı döngü geri dönüşüm sistemine sahip olması bu durumun oluşmasına sebep olarak gösterilebilir. İkinci sırada %18 ile çimento ve toprak gelmektedir. Bu duruma portland çimentosunun ana ham maddelerinden birinin alçı olması sebep olabilir. Toprak başlığı altında yer alan makalelerde zemin iyileştirme konusu incelenmiştir. Zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan çimento katkısıyla iyileştirme, atık alçı kullanımının incelendiği kısımdır. Artan konut ihtiyacı ile birlikte arazinin yeterli gelmemesi sonucu uygun olmayan zeminlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme de toprağın ikinci sırada (%15) yer almasına zemin iyileştirme uygulamalarının fazlalığı sebep olarak gösterilebilir.

%15'lik paya sahip olan beton üçüncü sırada yer almaktadır. Betonun ana ham maddelerinden birinin çimento olmasının bu durumun nedeni olduğu yorumu yapılabilir. Alçı sıvanın %11'lik dilimde kalmasına yönelik olarak atık alçı kullanımının daha fazla incelenmesi gerektiği söylenebilir. %4'lük dilimde kalan seramik, tuğla ve alçı levha ile ilgili araştırmaların artırılması atık alçının değerlendirilme alanlarının genişletilmesine katkı sağlayacaktır.



Şekil 6. Malzeme türüne göre değerlendirme oranları grafiği

Çalışma kapsam ve sınırları dahilinde konu ile ilgili ülkemizde yapılan makaleye ulaşılamaması bu alanda daha çok inceleme yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu alanda yapılacak incelemelerin sayısının artması atık alçının yeniden kullanım yöntemlerinin daha iyi anlaşılmasında katkı sağlayacaktır. Bu durumda Türkiye'nin önemli kaynaklarından biri olan alçının kaynak korunumu sağlanmasıyla aynı zamanda ülke ekonomisine katkıda bulunulacağı düşünülmektedir. Atık alçılar sadece yapı sektöründe oluşmadığı için farklı alanlarda oluşan atık alçıların da malzeme özelinde yeniden kullanılmasının ileride yapılacak çalışmalara konu olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ingham, J.P., 2013, Mortar, plaster and render, *Geomaterials Under the Microscope*, 8, 137-162.
- [2] Pressler, J.W., 1979, Mineral commodity profiles, Bureau of Mines, United States Department of The Interior, Washington D.C.
- [3] Herbold, R.F., 2003, Field guide to appropriate technology: construction, 5, 545-607
- [4] Crangle, R.D., 2020, Mineral commodity summaries, U.S Geological Survey.
- [5] İMSAD, 2019, Sürdürülebilir inşaat malzemeleri terimler sözlüğü (güncellenmiş 2. baskı).
- [6] Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. and Van Woerden, F., 2018, What a waste 2.0. a global snapshot of solid waste management to 2050. Urban Development Series, International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- [7] US EPA, 2020, Sustainable management construction and demolition materials, web sayfası: <https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-construction-and-demolition-materials>, erişim tarihi: 25.12.2020.
- [8] Alçıder, 2020, Alçıyı tanıyalım, web sayfası: <http://www.alcider.org.tr/alciyitaniyalim/>, erişim tarihi: 25.12.2020.
- [9] European Commission, 2013, Gypsum to gypsum (gtog), A circular economy for the construction sector: Layman's report.
- [10] Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Web sayfası: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm>, Erişim tarihi: 27.12.2020.
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Web sayfası: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>, Erişim tarihi: 27.12.2020.
- [12] Asakura, H., 2013, Handbook of recycled concrete and demolition waste: removing gypsum from construction and demolition waste (C&DW), Woodhead Publishing.
- [13] Chandara, C., Azizli, K.A.M., Ahmad, Z.A. and Sakai, E., 2009, Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in portland cement, *Waste Management*, 29(5), 1675-1679.
- [14] Escalante-Garcia, J. I., Magallanes-Rivera, R.X. and Gorokhovskiy, A., 2009, Waste gypsum-blast furnace slag cement in mortars with granulated slag and silica sand as aggregates, *Construction and Building Materials*, 23(8), 2851-2855.
- [15] Raghavendra, T. and Udayashankar, B.C., 2015, Engineering properties of controlled low strength materials using flyash and waste gypsum wall boards, *Construction and Building Materials*, 101, 548-557.
- [16] Suárez, S., Roca, X. and Gasso, S., 2016, Product-Specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary portland cement: application to the Spanish context, *Journal Of Cleaner Production*, 117, 150-159.
- [17] Godinho-Castro, A.P., Testolin, R.C., Janke, L., Corrêa, A.X. and Radetski, C.M., 2012, Incorporation of gypsum waste in ceramic block production: proposal for a minimal battery of tests to evaluate technical and environmental viability of this recycling process, *Waste Management*, 32(1), 153-157.
- [18] Camarini, G., Pinto, M.C.C., de Moura, A.G. and Manzo, N.R., 2016, Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components, *Construction and Building Materials*, 124, 383-390.
- [19] Sağlam, G., 2012, Çimento Üretiminde Atık Mermer Tozu ve Atık Alçının Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [20] Kartaltepe, T., 2010, Atık Malzemeler Kullanılarak Alternatif Duvar Elemanı Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- [21] Tülek, M., 2007, Kimyasal Atık Alçıların Zemin Stabilizasyonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.
- [22] Özdoğan, H.A., 2020, Yapım Şantiyesinde Alçı Levha Kullanımı ve Oluşan Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyelinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- [23] Ahmed, A., Ugai, K. and Kamei, T., 2011, Investigation of recycled gypsum in conjunction with waste plastic trays for ground improvement, *Construction and Building Materials*, 25(1), 208-217.
- [24] Ahmed, A., 2013, Recycled Bassanite for enhancing the stability of poor subgrades clay soil in road construction projects, *Construction and Building Materials*, 48, 151-159.
- [25] Ahmed, A., 2015, Compressive strength and microstructure of soft clay soil stabilized with recycled Bassanite, *Applied Clay Science*, 104, 27-35.

- [26] Ahmed, A., Soliman, A.M., El Naggar, M.H. and Kamei, T., 2015, An assessment of geo-environmental properties for utilization of recycled gypsum in earthwork projects, *Soils and Foundations*, 55(5), 1139-1147.
- [27] Cordon, H.C.F., Cagnoni, F.C. and Ferreira, F.F., 2019, Comparison of physical and mechanical properties of civil construction plaster and recycled waste gypsum from São Paulo, Brazil, *Journal of Building Engineering*, 22, 504-512.
- [28] de Moraes Rossetto, J.R., Santos Correia, L., Henrique Geraldo, R. and Camarini, G., 2016, Gypsum plaster waste recycling: analysis of calcination time, *Key Engineering Materials*, 668, 312-321.
- [29] Erbs, A., Nagalli, A., de Carvalho, K. Q., Mymrin, V., Passig, F. H. and Mazer, W. (2018). Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1314-1322.
- [30] Ganjian, E., Jalull, G. and Sadeghi-Pouya, H., 2015, Using waste materials and by-products to produce concrete paving blocks, *Construction and Building Materials*, 77, 270-275.
- [31] Geraldo, R.H., Pinheiro, S.M., Silva, J.S., Andrade, H.M., Dweck, J., Gonçalves, J.P. and Camarini, G., 2017, Gypsum plaster waste recycling: a potential environmental and industrial solution, *Journal of Cleaner Production*, 164, 288-300.
- [32] Geraldo, R.H., Souza, J.D., Campos, S.C., Fernandes, L.F. and Camarini, G., 2018, Pressured Recycled Gypsum Plaster and Wastes: Characteristics of Eco-Friendly Building Components, *Construction and Building Materials*, 191, 136-144.
- [33] Hansen, S. and Sadeghian, P., 2020, Recycled gypsum powder from waste drywalls combined with fly ash for partial cement replacement in concrete, *Journal of Cleaner Production*, 274, 122785.
- [34] Kamei, T., Ahmed, A. and Ugai, K., 2013, Durability of soft clay soil stabilized with recycled Bassanite and furnace cement mixtures, *Soils and Foundations*, 53(1), 155-165.
- [35] Li, Z., Xu, K., Peng, J., Wang, J., Ma, X. and Niu, J., 2019, Study on hydration and mechanical property of quicklime blended recycled plaster materials, *Construction and Building Materials*, 202, 440-448.
- [36] Medina, N.F., Hernández-Olivares, F., Arroyo, X., Aguilera, A. and Fernandez, F., 2016, Characterization of a more sustainable cement produced with recycled drywall and plasterboards as set retarders, *Construction and Building Materials*, 124, 982-991.
- [37] Ngamsurat, S., Boonkerd, K., Leela-adisorn, U. and Potiyaraj, P., 2011, Curing characteristics of natural rubber filled with gypsum, *Energy Procedia*, 9, 452-458.
- [38] Pedreño-Rojas, M.A., Flores-Colen, I., De Brito, J. and Rodríguez-Liñán, C., 2019, influence of the heating process on the use of gypsum wastes in plasters: mechanical, thermal and environmental analysis, *Journal of Cleaner Production*, 215, 444-457.
- [39] Pedreño-Rojas, M.A., De Brito, J., Flores-Colen, I., Pereira, M. F. C. and Rubio-de-Hita, P., 2020, Influence of gypsum wastes on the workability of plasters: heating process and microstructural analysis, *Journal of Building Engineering*, 29, 101143.
- [40] Raghavendra, T., Siddanagouda, Y.H., Jawad, F., Adarsha, C.Y. and Udayashankar, B.C., 2016, Performance of ternary binder blend containing cement, waste gypsum wall boards and blast furnace slag in clsm, *Procedia Engineering*, 145, 104-111.
- [41] Kojima, Y. and Yasue, T., 2006, Synthesis of large plate-like gypsum dihydrate from waste gypsum board, *Journal of the European Ceramic Society*, 26, 777-783.
- [42] Yamashita, M., Tanaka, H., Sakai, E. and Tsuchiya, K., 2019, Mineralogical study of high SO₃ clinker produced using waste gypsum board in a cement kiln, *Construction and Building Materials*, 217, 507-517.
- [43] Zhu, C., Zhang, J., Yi, W., Cao, W., Peng, J. and Liu, J., 2018, Research on degradation mechanisms of recycled building gypsum, *Construction and Building Materials*, 173, 540-549.