

**BİTKİSEL ATIK KÜLLERİNİN YAPI
MALZEMESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hasan KUMAŞ

Yüksek Lisans

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Esra TINMAZ KÖSE
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aylin AKYILDIZ**

2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİTKİSEL ATIK KÜLLERİNİN YAPI MALZEMESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hasan KUMAŞ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Esra TINMAZ KÖSE

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aylin AKYILDIZ

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır.

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Hasan KUMAŞ

İMZA

Doç. Dr. Esra TINMAZ KÖSE ve Dr. Öğr. Üyesi Aylin AKYILDIZ danışmanlığında, Hasan KUMAŞ tarafından hazırlanan “Bitkisel Atık Küllerinin Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 06/01/2020 tarihinde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. İbrahim DEMİR

İmza:

Üye : Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER

İmza:

Üye : Doç. Dr. Gül KAYKIOĞLU

İmza:

Üye : Doç. Dr. Esra TINMAZ KÖSE

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aylin AKYILDIZ (II. Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİTKİSEL ATIK KÜLLERİNİN YAPI MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hasan KUMAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Esra TINMAZ KÖSE

Bitkisel atıklar; tarımsal faaliyetler sırasında, bitkisel ürünlerin üretilmesi ve işlenmesinden kaynaklanan, büyük miktarı değerlendirilemeden kalan, bir kısmı gübre olarak değerlendirilebilen ve genellikle çeşitli bertaraf yöntemleriyle değerlendirilmesi gereken, ürün olarak kullanılamayan sap, küspe ve kabuk gibi atıklardır. Bitkisel atıkların oluşmasında, üretilen ürünlerin miktarlarının yanında, iklim, coğrafya, eğitim ve sosyoekonomik etkenler de mevcuttur. Nüfusun artmasıyla tarımsal üretim artmakta ve bu durum bitkisel atıkların miktarlarının da artmasına neden olmaktadır. Enerji ve hammadde ihtiyacının artması bitkisel atıkların yenilenebilir enerji veya yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerinde araştırmalar yapılmasına önyak olmuştur. Enerji ihtiyacının artmasıyla, son yıllarda dünyada ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış olup, organik atıkların enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi büyük önem kazanmıştır. Yapı malzemelerinde en önemli maliyetlerden birisi çimentodur. Çimento üretimi için farklı küllerin geri dönüşümü ve atık döngüsünü sağlamak amacıyla dünyada giderek önem kazanmaya başlamıştır. Bu yöntemler, atık depolama alanı ihtiyacını asgari düzeye indirir ve bu alandaki maliyetleri azaltarak çevre dostu ikincil malzemeler üretilmesini sağlayabilmektedir. Bu çalışmada bitkisel atıkların küllerinin harç yapımında kullanılabilirliği üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar neticesinde referans numunesine en yakın değerleri veren harç numunesi F2 kodlu fındikkabuğu külü ilaveli numunelerdir. Eğilme dayanımı 7,62 MPa, basınç dayanımı 31,19 MPa, ultrases geçiş hızı değeri 3,97 km/s ve su emme yüzdesi de %6,49 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Bitkisel atıklar, Çevre dostu malzeme, Fındikkabuğu külü, Mısır koçanı külü, Ayçiçeği sapı külü

2019, 63 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF USABILITY OF VEGETABLE WASTE ASHES AS BUILDING MATERIAL

Hasan KUMAS

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Esra TINMAZ KOSE

Vegetable waste, agricultural residues resulting from the production and processing of vegetable products, the large amount of which remains unassessed, some as fertilizer used and in many cases require the disposal of a variety of methods, such as the product is not described as products, shells, cores, pruning residues such as vegetable residues waste. In addition to the amount of product produced, there are many factors such as climate, geography, education and socioeconomic status. Agricultural production and vegetable wastes increased with the increase in population. The search for new and renewable energy sources in the world and in our country has significantly increased in recent years to meet this increasing energy need. Increasing the energy and raw material needs led to research on the use of agricultural waste as a renewable energy and construction material. One of the most important costs in construction materials is cement. Recycling different types of ashes for cement production has gained increasing attentions worldwide in a bid to close the waste loop. It minimizes waste landfilling and meanwhile produces useful secondary materials with reduced costs. In this study, in order to ensure the recycling of vegetable waste, a comprehensive review of the environmental protection and the applicability of the mortar were investigated. As a result of the studies, the mortar sample which gives the values closest to the reference sample is the samples with the addition of F2 coded nutshell ash. Flexure strength was 7.62 MPa, compressive strength was 31.19 MPa, ultrasonic pulse velocity was 3.97 km / h and water absorption percentage was 6.49%.

Key words: Vegetable wastes, Eco-friendly materials, Nutshell ash, Corncob ash, Sunflower stem ash

2019, 63 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
2.1 Fındık	9
2.1.1 Dünyada Fındık Üretimi	9
2.1.2 Fındık Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri	10
2.1.3 Fındık Kabuğu	10
2.2 Ayçiçeği	11
2.2.1 Dünyada Ayçiçeği Üretimi	12
2.2.2 Ayçiçeği Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri	13
2.2.3 Ayçiçeği Sapı.....	13
2.3 Mısır.....	14
2.3.1 Dünyada Mısır Üretimi.....	14
2.3.2 Mısır Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri	15
2.3.3 Mısır Koçanı	16
2.4 Bitkisel Atıklar.....	16
2.5 Bitkisel Atıkların Puzolanik Özellikleri	18
2.6 Bitkisel Atıkların Alternatif Bertaraf Yöntemleri.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1 Materyal	25
3.1.1 Çimento.....	25
3.1.2 Kum	25
3.1.3 Su	26
3.1.4 Fındık Kabuğu Külü	26
3.1.4 Ayçiçeği Sapı Külü.....	26
3.1.5 Mısır Koçanı Külü	27
3.2 Yöntem.....	27

3.2.1 Harç Karışımlarının Hazırlanması ve Kalıplara Yerleştirilmesi	28
3.3 Dayanım ve Dayanıklılık Deneyleri	30
3.3.1 Eğilme Dayanımı	30
3.3.2 Basınç Dayanımı.....	30
3.3.3 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi.....	31
3.3.4 Su Emme Deneyi	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33
4.1 Eğilme Dayanımı	33
4.2 Basınç Dayanımı.....	35
4.3 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi.....	38
4.4 Su Emme Deneyi	40
4.5 SEM Görüntüleri.....	43
5. SONUÇLAR.....	45
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya fındık üretimi	9
Çizelge 2.2. Türkiye’de fındık üretim alanı ve üretim durumu.....	10
Çizelge 2.3. Fındıkkabuğunun Analiz sonuçları.....	11
Çizelge 2.4. Fındıkkabuğu külü analiz sonuçları.....	11
Çizelge 2.5. Ülkelerin ayçiçeği üretimi.....	12
Çizelge 2.6. Türkiye ayçiçek bitkisi üretimi.....	13
Çizelge 2.7. Ayçiçeği sapı külü kimyasal içeriği.....	14
Çizelge 2.8. Dünya mısır üretimi	14
Çizelge 2.9. Türkiye mısır üretimi.....	15
Çizelge 2.10. Mısır koçanı kimyasal içeriği.....	16
Çizelge 3.1. Portland çimentosu fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	25
Çizelge 3.2. CEN referans kumu tane büyüklüğü dağılımı.....	25
Çizelge 3.3. Fındık kabuklarının kimyasal analiz sonuçları.....	26
Çizelge 3.4. Ayçiçeği sapı külü kimyasal içeriği.....	27
Çizelge 3.5. Mısır koçanı kimyasal içeriği.....	27
Çizelge 3.6. Kül katkılı harç karışım oranları ve numunelerin isimleri.....	28
Çizelge 3.7. Ultrases geçiş hızları ile beton kalitesi arasındaki bağıntı.....	31

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1 Sürdürülebilir yapım kavramsal olarak modellenmesi.....	1
Şekil 1.2 Entegre atık yönetim hiyerarşisi.....	5
Şekil 3.1 Harç üretimi.....	29
Şekil 3.2 Kalıba dökülmüş harç.....	29
Şekil 3.3 Kür havuzundaki numuneler.....	30
Şekil 3.4 Ultrases geçiş hızı deneyi.....	32
Şekil 4.1 Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları.....	33
Şekil 4.2 Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları.....	34
Şekil 4.3 Mısır koçanı külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları.....	35
Şekil 4.4 Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin basınç dayanımları.....	36
Şekil 4.5 Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin basınç dayanımları.....	36
Şekil 4.6 Mısır koçanı külü katkılı numunelerin basınç dayanımları.....	37
Şekil 4.7 Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin ultrases geçiş hızları.....	38
Şekil 4.8 Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin ultrases geçiş hızları.....	39
Şekil 4.9 Mısır koçanı külü katkılı numunelerin ultrases geçiş hızları	39
Şekil 4.10 Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri.....	41
Şekil 4.11 Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri.....	41
Şekil 4.12 Mısır koçanı külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri.....	42
Şekil 4.13 Referans numunesi SEM görüntüleri.....	43
Şekil 4.14 Ayçiçeği sapı külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri.....	43
Şekil 4.15 Fındikkabuğu külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri.....	44
Şekil 4.16 Mısır koçanı külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	: Numunenin basınç yükü uygulanan kesit alanı
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
Am 241	: Radyoaktif ışın
ASTM	: Amerikan test ve malzemeler derneği
AYY	: Atık Yönetimi Yönetmeliği
C	: Karbon
CA	: Sitrik asit
Cal.	: Kalori
CaO	: Kalsiyum oksit
CEM I 42.5 R	: Dayanım sınıfı 42.5 olan yüksek erken dayanımlı portland çimentosu
Cm	: Santimetre
Cm ³	: Santimetreküp
CMC	: Karboksimetil selüloz
Daa	: Dekar
DIN	: Alman Standardizasyon Enstitüsü
EMIM[Ac]	: Etil metilimidazolyum asetat
F	: Uygulanan kuvvet
Fe ₂ O ₃	: Demir 2 oksit
FTIR	: Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
G	: Gram
H	: Hidrojen
Ha	: Hektar
h, b, V	: Numunenin boyutlarını
HTİYAKY	: Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
Kg	: Kilogram
kHz	: Ses frekansı
KJ	: Kilo joule
Km	: Kilometre

K.cal	: Enerji birimi
K ₂ O	: Potasyum oksit
MgO	: Magnezyum oksit
Mm	: Milimetre
MPa	: Basınç dayanımı
N	: Azot
NaMCA	: Sodyum monu klor asetat
NaOH	: Sodyum hidroksit
Na ₂ O	: Sodyum oksit
O	: Oksijen
P	: Basınç
PEG	: Polietilen glikol
pH	: Asitlik değeri
S	: Kükürt
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
SiO	: Silisyum oksit
SiO ₂	: Silisyum dioksit
SO ₃	: Kükürt oksit
t	: Ses Geçiş Süresi
TAKY	: Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
TGA	: Termogravimetrik Analiz
TS EN	: Türk Standartları Enstitüsü
W/mK	: Isı iletkenlik değeri
%	: Yüzde
σ_b	: Basınç dayanımı
σ_c	: Çekme gerilmesi
°C	: Derece

TEŞEKKÜR

Eğitim sürem boyunca yaptığı katkılarından, destek ve emeklerinden dolayı değerli tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Esra Tınmaz KÖSE' ye, eş danışmanım Doç. Dr. Aylin AKYILDIZ'a ve her durumda desteğini esirgemeyen varlığıyla bana güç veren Emine CEVHER'e ve eğitim öğretim hayatımda her zaman yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Aralık, 2019

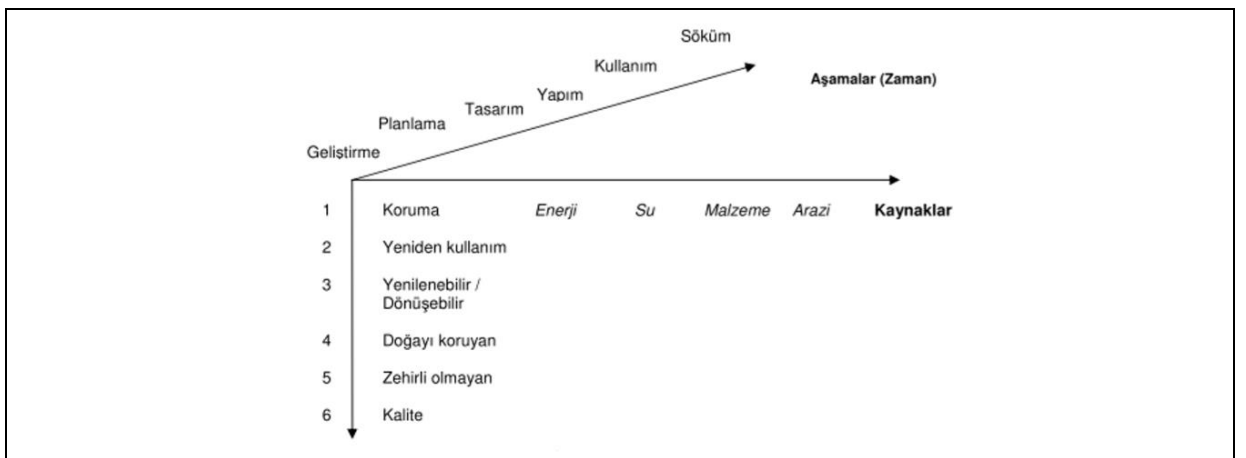
Hasan KUMAŞ

1. GİRİŞ

Tarım, sanayi ve teknolojiadaki hızlı gelişmelerle birlikte artan insan nüfusu ve buna paralel olarak hızla artmakta olan kentleşme sonucunda ekolojik dengede hızlı bir bozulma meydana gelmektedir. Bu bozulmanın sonucunda tüm canlıları etkileyecek boyutlarda toprak, hava ve su kirlilikleri meydana gelmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve insanların refah seviyesinin artmasıyla insanlar, doğaya geri dönüşümü mümkün olmayan zararlar vermektedirler. Bu zararların en başında da doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde tüketilmesi gelmektedir.

Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin gereksinim duyacağı doğal kaynakların varlığı ve niteliğini etkilemeden, hem günümüz hem de gelecek nesillerin ihtiyacı olan bütün çevresel değerlerin her alanda ıslah edilmesi, korunup gelişmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2019). Buradan hareketle sürdürülebilirlik, günümüzdeki doğal kaynakların korunarak gelecek nesillerin de ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde özenli ve dikkatli bir şekilde kullanılmasının sağlanmasıdır.

Sürdürülebilirlik kavramı son zamanlarda inşaat sektöründe de sıkça dile getirilmeye başlanmıştır. İnsanların barınma ve korunma ihtiyacı, insanlık tarihinin başlangıcından günümüze kadar gelişmekte ve bu mirası gelecek nesillere götürme endişesi inşaat sektörünün de en önemli hedeflerinden birisidir. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasında büyük öneme sahip olan inşaat sektörü, içinde bulundurduğu çevresel, ekonomik ve toplumsal etkenler sebebiyle sürdürülebilirlik kavramı açısından önemli bir konumda olduğu görülmektedir (Tekin vd., 2014).



Şekil 1.1. Sürdürülebilir yapım kavramsal olarak modellenmesi (Kibert, 1994)

Şekil 1.1’de belirtildiği gibi insan nüfusunun artması, inşaat yapım çalışmalarını artırmakta, dolayısıyla enerji ihtiyacı ve kaynak kullanımını da artırmaktadır. İnşaat sektörünün gelişmesi ve yapılaşmanın artması sonucu yenilenmesi mümkün olmayan doğal kaynakların tükenmesi, biyolojik canlılığın azalması, ormanlar ve tarım alanlarının yok olması, toprak, hava ve su kirliliği ve küresel ısınma gibi olumsuz çevresel sorunların meydana gelmesine sebep olmuştur (Yılmaz vd., 2011). Bunun yanı sıra yapının ayakta kaldığı süre zarfında ve yıkılması sonucu meydana gelen atıklar, inşaat malzemelerinin üretilmesi sırasında ihtiyaç duyulan fazla enerji, doğal kaynakların tüketilmesi gibi nedenlerden dolayı çevresel problemlerle sürekli etkileşim halindedirler (Tekin, Eşit ve Varınca, 2014).

Çevre kirliliğini uzun vadede azaltmanın en etkili yollarından birisi atık yönetimi politikalarının etkin bir şekilde uygulanmasıdır. Atık; insanların üretim ve kullanım faaliyetleri sonrasında oluşan, insanların ve doğal ortamın sağlığına olumsuz etkiler verebilecek yapıda olan ve doğrudan veya dolaylı yoldan çevreye bırakılması zararlı olan her türlü maddeyi kapsamaktadır. Atıklar kaynağına, özelliğine ve bileşimlerine göre sınıflandırılmaktadırlar (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Atıkları, etkileri ve oluşumlarına göre sınıflandırmak pek mümkün olmadığı için genellikle yapıları bakımından üç farklı gruba ayrılırlar. Bunlar katı, sıvı ve gaz atıklardır. Tezin içeriği olan bitkisel artıklar, katı atık olarak sınıflandırıldığı için bu atık türleri üzerinde diğerlerine göre daha fazla durulmuş olup, sıvı ve gaz atıklar için ise genel bilgiler verilmiştir.

Katı atıklar, üretim kaynaklarına göre yedi bölümde incelenmektedirler. Bu atıklar; evsel nitelikli atıklar, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı atıklar, tehlikeli madde içeren katı atıklar, tıbbi atık, özel atıklar, bahçe ve tarım kaynaklı atıklar, yapı ve yıkıntı atıklarıdır (AYY, 2015).

Atıklar kaynaklarına göre 11 farklı gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar sırasıyla;

a- Evsel Atıklar,

b- İnşaat(Hafriyat) Atıkları

c- Tehlikeli Atıklar

d- Tıbbi Atıklar

e- Ambalaj Atıkları

f- Atık Pil ve Akümülatörler

g- Atık Yağlar

h- Ömrünü Tamamlamış Lastikler

ı- Ömrünü Tamamlamış Araçlar

i- Elektronik Atıklardır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Bunların yanında atıklar üretim aşamaları ve içerik özelliklerine göre 2015 yılında yayımlanıp yürürlüğe giren Atık Yönetimi Yönetmeliği (AYY) Ek inde bulunan Atık Listesi ile atıklar çeşitli kodlarla incelenmektedirler (AYY, 2015).

a) Evsel Atıklar

Evsel atıklar, insanların günlük faaliyetlerini gerçekleştirmesi sırasında ev ortamında oluşturdukları tehlikeli madde özellikleri taşımayan her türlü katı atıkları içermektedir. Belediye hizmetleri aracılığıyla toplaması ve taşınması yapılan, evsel atık depo sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yoluyla geri kazanılması mümkün olan, kompostlama yapılabilen veya yakma işlemine tabii tutulabilen evsel ve endüstriyel nitelikli atıklardır. Mutfak atıkları, ambalaj atıkları, ofis kaynaklı atıklar vb. atıkları kapsamaktadır (Sayar, 2012).

b) Tehlikeli Atıklar

Çevre ve insan sağlığına zarar verecek potansiyeli olan zehirli, yanıcı, yakıcı, aşındırıcı, patlayıcı, kanserojen etkisi olan, enfeksiyon yapıcı etkiye sahip, tahriş edici, toksik ve ekotoksik özellikleri bulunan atıkların tamamı tehlikeli atık olarak değerlendirilmektedir (AYGEY, 2008).

c) Endüstriyel Atıklar

Endüstriyel tesislerin faaliyetleri sırasında meydana gelen atıklardır. Endüstriyel faaliyetler sonrasında meydana gelen atıkların tümünü de içermektedir (Sayar, 2012).

d) Tarım ve Bahçe Atıkları

Bitki veya hayvan kaynaklı ürünlerin üretilmesi ve/veya işlenmesi sırasında meydana gelen atıklardır. Oluşan atık miktarları ve içeriklerinin özelliği, toplulukların sosyoekonomik durumu, beslenme alışkanlığı, kültürü ve coğrafi konumu gibi özelliklere göre değişiklik göstermektedirler (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

Bitkisel atıklar ve bu atıkların yeniden değerlendirilebildiği yöntemler ikinci kısımda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

e) Özel Atıklar

Uzaklaştırma işlemi için birtakım özel çalışmalar gereken atıklardır. Radyoaktif atıklar, sanayi kaynaklı atıklar, atık boyalar, aeroseller, kimyasal atıklar vb. atıklar, artıma çamurları, moloz atıkları vb. atıklar bu atık grubu içinde yer almaktadırlar (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

f) Tıbbi Atıklar

Tıbbi atık; 'Enfeksiyon yapıcı, patolojik ve kesici-delici olan ve tıbbi klinikler ve hastanelerden oluşan atıkları' ifade eder (TAKY, 2017).

g) İnşaat ve Yıkıntı (Moloz) Atıkları

Konut, inşaat, endüstriyel tesis, otoyol vb. yeraltı ve yer üstü bütün yapıların yapımı aşamasında meydana gelen atıklar inşaat atıkları olarak tanımlanmaktadır. İnşaatlarda tamirat, tadilat, yenilenme, yıkımı veya doğal afetler sonrasında ortaya çıkan atıklar ise yıkıntı (moloz) atıklarıdır (HTİYAKY, 2004).

Sıvı atıklar; çoğunluğu evsel veya endüstriyel nitelikteki sulardır. Bunlar evsel, endüstriyel, maden tesisleri ve tarımsal vb. faaliyetler sırasında meydana gelen atık sulardır. (Anonim, 2019a).

Gaz atıklar, nükleer santraller, sanayi tesisleri, araçlardan, çöp depolama sahaları, yangınlar ve fosil yakıtların kullanılması sonucu oluşan gaz formundaki atıklardır (Anonim, 2019a).

Atık Yönetimi; atıkların meydana gelmesinden düzenli bir şekilde bertaraf veya düzenli depolanmasına kadar geçen süreçte, insan ve çevre sağlığına zarar vermeden oluştuğu yerde azaltılması, özelliklerine göre ayrıştırılması, toplanması, geçici alanlarda depolanması, ara depolanması, geri kazanımı, taşınması, bertarafı ve bertarafı sonrası kontrolü işlemlerini de içine alan bir yönetimdir (Gündüzalp ve Güven, 2016).

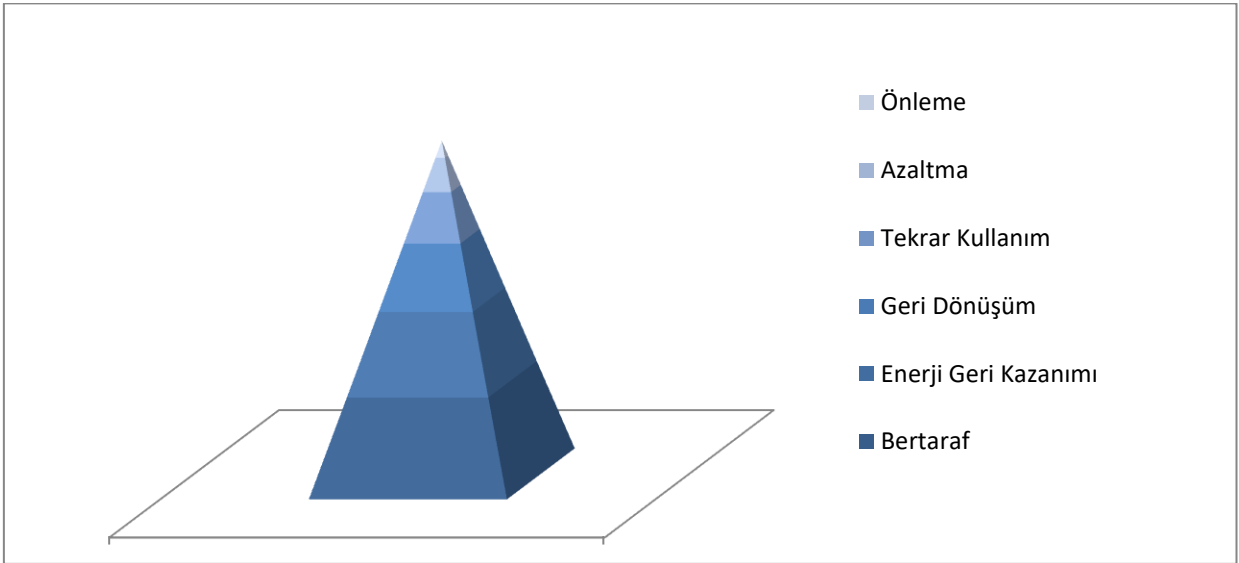
Entegre Atık Yönetimi; atıkların yönetiminin bir bütün olarak değerlendirildiği, bütün elemanlarının ayrı bir şekilde etkinlik ve verimlilik açısından incelendiği, amacı ve hedeflerinin tanımlı olduğu sistemdir. Asıl hedefi, atık yönetim sisteminde meydana gelen bütün atıkların çevre sağlığı ve ülke ekonomisi için olumsuz olan tüm etkilerinin minimum düzeye düşürülmesidir.

Entegre atık yönetiminin kapsamı:

- 1- Atıkların oluşmasının önlenmesini
- 2- Atıkların kaynağında azaltılmasını
- 3- Atıkların yeniden kullanılmasını
- 4- Atıkların geri kazanımın sağlanması
- 5- Geri kazanımı mümkün olmayan atıkların geri dönüşümünün sağlanması
- 6- Atıkların nihai bertaraf edilmesini kapsamaktadır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Entegre atık yönetiminin uygulanabilmesi için, yönetim hedefinin belirlenmesi ve en uygun şekilde planlanması gerekmektedir.

Entegre atık yönetim hiyerarşisi Şekil 1.2’de gösterilmiştir;



Şekil 1.2. Entegre atık yönetim hiyerarşisi (Gündüzalp ve Güven, 2016)

Bitkisel atıkların fiziksel ve kimyasal yapıları farklı olduğu için, yeniden değerlendirilme alanları da farklılık göstermektedir. Ancak, bütün bitkisel atıklar geleneksel biçimde yakıt olarak kullanılabilmekte veya tekrar toprağa kazandırılabilirler. Bitkisel atıkların hasat yapıldıktan sonra yakıt olarak kullanılabilmeleri için tarlalardan toplanması ve taşınması gibi işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu durumlar üreticiler için fazladan maliyet olarak görüldüğü için birçok üretici topladığı bitki artıklarını tarla kenarlarında veya buğday gibi kısa anız oluşturan bitkilerin anızlarını tarlada bulunduğu yerde doğrudan yakmaktadırlar. Bu

durum her yıl hasat dönemlerinde binlerce ton bitki atığından elde edilebilecek olan ısı enerjisinin boş yere tüketilmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, tarladaki anızın yakılması topraktaki biyolojik canlılığın yavaşlamasına hatta neredeyse yok olmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu işlem toprağın organik yapısının bozulması gibi olumsuz sonuçları da doğurmaktadır (Anonim, 2019b).

Anız, bitkisel ürünlerin hasadından sonra tarlada kalan, ticari olarak değer taşımayan bitkisel kalıntıları yok etmek, böcek ve diğer zararlı canlıları ortadan kaldırmak, toprağın daha kolay işlenmesini sağlamak, hastalıkları önlemek, yabancı otları ve tohumlarını yok etmek ve bitkisel artıkları en düşük maliyetle ortadan kaldırmak için çiftçilerin uyguladığı ilkel bir yöntemdir. Geçmiş yıllarda çok yaygın bir şekilde yapılmasına rağmen, son zamanlarda ilgili devlet kuruluşları ve sivil toplum kuruluşlarının insanları yazılı veya görsel olarak bilinçlenmesiyle birlikte günümüzde anız yakılmasıyla eski dönemlere nazaran daha az oranda karşılaşılmaktadır. Günümüz çağında anız yakmanın son derece yanlış bir uygulama olduğu, yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde belirlenmiş olup, anız yakılan yerlerdeki olumsuz etkilerin telafi edilemeyecek boyutlarda olduğunu ortaya koymuştur (Anonim, 2019c). Anız yakmanın zararları şu şekilde sıralanabilir;

- Toprağın verimliliği azalır.
- Toprakta bulunan yararlı canlıların yaşam alanı yok edilir.
- Toprakta bulunan mikroorganizmaların oluşturduğu ekosistem yakma işlemiyle sonlandırılır.
- Toprak rüzgâr etkisiyle taşınmaya uğrar.
- Toprakta erozyon meydana gelir.
- Toprağın yorgunluğu artar.
- Toprağın yağmur sularıyla taşınmasına neden olur.
- Toprağın ekolojik dengesi bozulur.
- Orman yangınlarına neden olur.
- Sadece anız değil çoğu zaman diğer komşu tarla ve bahçeler de yanmaktadır.
- Anız yakma sırasında yerleşim yerlerinde de yangınlar meydana gelmektedir.

- Anız yakılması işleminin diğer tehlikelerinden birisi de elektrik iletim direklerinin yanması ve daha da kötüsü, o bölgeden geçmekte olan arabaların görüş mesafesini azaltarak ölümcül trafik kazalarına sebep olmaktadır (Anonim, 2019c).

Anız yakıldığında toprağın ilk 0-5 cm'lik bölümünde bir süre yüksek sıcaklık (80°C) ve yaklaşık 15000 kJ/kg'lık bir ısı değeri meydana gelmektedir. Bu değer toprak içerisindeki mikroorganizma popülasyonunun yok olmasına dolayısıyla topraktaki biyolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır (Kocabıyık, 2003).

Yapı sektöründeki genel maliyetler incelendiğinde, bunların en büyüklerinden birisinin beton olduğu görülmektedir. Beton incelendiğinde ise en büyük maliyeti çimentonun oluşturduğu bilinmektedir. Kullanılan tüm puzolanik materyallerde çimento miktarının azaltılması amaçlanmaktadır. Bu sayede gerek portland çimentosunun bir kısmını oluşturacak katkı çimento üretimi gerçekleştirilerek beton maliyeti azaltılmış olacaktır. Portland çimentosunun yerine belirli oranlarda organik atık küllerinin kullanılmasıyla çevresel problemlerin de azaltılması sağlanacaktır.

İnşaat sektöründe yaygın şekilde kullanılan harçların uygun olmayan yönlerini giderebilmek, daha kullanışlı ve daha ekonomik harçlar elde etmek, çeşitli harç türleri imal etmek için farklı çalışmalar yapılmıştır. Bunun için özellikle farklı tür ve yapıya sahip agregalar, çimentolar veya farklı harç katkı maddeleri eklenerek, bu maddelerin karışım oranlarında değişiklikler yapılarak ve yapım tekniğinde farklı yöntemler uygulanarak özel amaçlı harçlar üretilmiştir (Balaban ve Şen, 1988).

İnorganik ve organik maddelerin harç içerisinde puzolanik malzeme olarak kullanılması son zamanlarda yaygınlaşmış olan çalışmalardır. Portland çimentosu dünyadaki en önemli inşaat malzemesi olarak kabul edilmektedir (Bentur 2002). Silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi endüstri faaliyetleri sırasında oluşan atıklar, çimento yerine belirli oranlarda kullanılacak ilave malzemelerdir. Bunlara ek olarak, pirinç kabuğu külü, buğday samanı külü, fındikkabuğu ve şeker kamışı külü gibi tarımsal atıklar da puzolanik malzemeler olarak kullanılabilirler (Cook, 1986; Mehta, 1983; Mehta, 1977; Mehta, 1992; Moyad vd., 1984; Mehta, 1975; Smith ve Kamwanga, 1986; Zhang ve Malhotra, 1999; Biricik vd., 1999; Demirbaş ve Asia, 1998). Puzolanik malzemeler çimentoya eklendiğinde, bu malzemelerdeki silika (SiO₂), çimento hidrasyonu sırasında salınan serbest kireçle reaksiyona girer ve beton formülasyonunun mekanik özelliklerini iyileştiren yeni hidrasyon ürünleri olarak ilave kalsiyum silikat hidrat oluştururlar (Boating ve Skeete, 1990). Bitkisel atık maddelerin kontrollü bir

şekilde 700°C yakma sıcaklığında bir saat boyunca yakılmasıyla üretilen kül, külün silis içeriğini amorf faza (rastgele dizilim) dönüştürür (Moyad vd., 1984; James vd., 1986). Amorf silisin reaktivitesi, külün spesifik yüzey alanı ile doğrudan orantılıdır. Bu şekilde üretilen kül, toz haline getirilir veya istenen incelikte öğütülür ve harmanlanmış çimento üretmek için çimento ile karıştırılır. Bu nedenle, tarımsal kül özellikleri yanma süresine, sıcaklığa, soğuma süresine ve öğütme koşullarına da bağlıdır (Cook, 1986; Mehta, 1992; Moyad vd., 1984; Smith ve Kamwanga, 1986).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Fındık

Fındık bitkisi, genellikle ılıman ve nemli iklim bölgelerinde yetişebilen, boyu 2 ila 7 metre arasında değişiklik gösteren bir bitkidir. Fındık ise bu ağacın sert kabuklu yapıya sahip meyvesine verilen isimdir. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi, fındığın ana vatanı olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın en kaliteli fındıkları ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesinde yetiştirilmektedir. Ülkemizde fındık tarımı yapılan başlıca iller; Trabzon, Ordu, Rize, Sakarya ve Giresun'dur (Uncu, 2008).

2.1.1 Dünyada Fındık Üretimi

Fındık, dünya genelinde üretimi en fazla olan sert kabuğa sahip meyvelerden birisidir. Fındığın kültür çeşitleri; özellikle başta Türkiye olma üzere, İtalya, İspanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Gürcistan'da üretilmektedir. Bu ülkelerin yanı sıra Avusturya, Estonya, Romanya gibi Avrupa ülkeleri ile Kamerun gibi orta Afrika ülkelerinde de az miktarda da olsa fındık tarımı yapılmaktadır. Bu ülkelerde fındık üretiminin yaygınlaşmasına yönelik çalışmaların yapıldığı bilinmektedir. Dünyada fındık üretimi, 1960'lı yıllardan sonra artmaya başlamıştır. Bu dönemde üretim yaklaşık 240 bin ton civarlarındayken, son yıllarda 990 bin ton civarına ulaşmıştır (Fındık Raporu, 2018). Çizelge 2.1'de dünya ülkelerinde fındık üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya fındık üretimi (Fındık Raporu, 2018)

Ülkeler	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/2018
Türkiye	549000	412000	646000	420000	675000
İtalya	132000	100000	125000	130000	100000
ABD	35000	36300	43500	32000	34000
Azerbaycan	30000	25000	50000	35000	45000
Gürcistan	35000	35000	40000	40000	60000
İspanya	19500	19500	20000	21000	19000
Diğerleri	25000	25000	45000	42000	44500
TOPLAM	825500	660773	969500	720000	997500

2.1.2 Fındık Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Fındık bitkisinin üretimi ülkemizde ilk olarak yalnızca Giresun ve yöresinde yapılmaya başlanmıştır. Daha sonra halk tarafından tüketimi arttığı ve insanlar tarafından oldukça fazla talep gördüğü için ve gelirinin de iyi olması nedeniyle Trabzon ve Ordu illerinde de fındık tarımı yapılmaya başlanmıştır (Topçuoğlu, 2008). Çizelge 2.2’de Dünyadaki fındık üretim miktarları ve verim oranları verilmiştir.

Çizelge 2.2. Türkiye’de fındık üretim alanı ve üretim durumu (Fındık Raporu, 2018)

Yıllar	Üretim Alanı (Ha)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Ton/Ha)
2010	667865	600000	90
2011	696964	430000	62
2012	701407	660000	94
2013	702144	549000	78
2014	701141	412000	59
2015	702627	646000	92
2016	705445	420000	60
2017	706667	675000	96

2.1.3 Fındık Kabuğu

Türkiye’de fındık kabuğu, özellikle fındık üretiminin yapıldığı yerlerde kalorisi yüksek olan (4100–4400 cal/gr) bir katı yakıt olarak değerlendirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya gibi teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde fındık kabuğundan mobilya sektöründe kontrplak (MDF) üretimi yapılma ve boya sanayiinde boya üretiminde yardımcı malzeme olarak faydalanılmaktadır. Ayrıca, petrokimya sanayisinde, ara ürün olarak kullanılan furfuril ve furfural alkolün elde edildiği pentosan maddesi de fındık kabuğunda %25 gibi yüksek bir oranda bulunmaktadır. Fındık kabuğunun kömürleştirilmesi ile aktif kömür, briket kömür ve sınaî kömürleri üretilmektedir (Topçuoğlu, 2008).

Ülkemizde yıllık olarak hesaplandığında ortalama 600000 ton fındık üretimi yapılmaktadır. Bu fındık miktarının yaklaşık %50’lik kısmının kabuk olduğu varsayılırsa, ülkemizde yıllık olarak yaklaşık 300000 ton fındık kabuğu meydana gelmektedir. Fındık kabuklarının yapısında bulunan lignin ve karbonhidrat bileşimleri, biyorafineri yaklaşımı ile farklı bileşiklerin üretilmesinde hammadde olarak kullanılabilirler (Hoşgün ve Bozan, 2017).

Çizelge 2.3’te fındık kabuğunun analiz sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre fındık kabukları kömüre oranla daha yüksek oranlarda uçucu madde içermektedirler. Buna ek

olarak, lignin, fındıkkabuğunda fazla oranda bulunan bir organik maddedir (Açma ve Yaman, 2010).

Karadeniz bölgesinde üretilen 5675438 ton fındıktan yaklaşık olarak 246932 ton fındıkkabuğu atığı oluşmuştur (Üstün ve Şule, 2016).

Çizelge 2.3. Fındıkkabuğunun analiz sonuçları (Açma ve Yaman, 2010)

Endüstriyel analiz (%, kuru)	Uçucu Sabit Karbon Kül	72 21 7
Elementel Analiz (%, kuru külsüz)	C H N S O	54,8 6,7 1 0,1 37,04
Yapısal Analiz	Çözücüler Lignin Holoselüloz	6,2 51,5 38,6
Kalorifik Analiz	Yüksek Kalorifik Değer (kcal/kg)	4512

Çizelge 2.4. Fındıkkabuğu külü analiz sonuçları

Kimyasal Bileşenler	Bileşenler (%)
SiO ₂	72,76
Al ₂ O ₃	4,34
P ₂ O ₅	3,97
C ₂ O	13,88
Fe ₂ O ₃	0,57
MnO	0,22
TiO ₂	0,27
K ₂ O	2,93
SO ₃	1,06

2.2 Ayçiçeği

Ayçiçeği bitkisi yurdumuzda üretimi en fazla olan ve en fazla ekim alanına sahip olan yağlı tohumlu bir bitkidir. Ekildiği ortama kolayca adapte olabilmesi, kurak ve sulak alanlarda rahatlıkla yetişebilmesi, ekim aşamalarından hasadına kadar mekanizasyona uygun olması, bu tarımın diğer tarımsal faaliyetlerden daha üstün olan özelliklerinden birisidir. Ayrıca tohumunun %40 ila %55 gibi yüksek oranda yağ içermesi, birim alandan üretilen yağ miktarının fazla olmasına, yağ üretim maliyetinin de düşük olmasına neden olmaktadır.

Ayrıca ayçiçeği yağının yemeklerde fazlaca kullanılması, yağ tüketimin artmasına neden olmaktadır. Ülkemizde ayçiçeği üretiminin %67'si kurak diyebileceğimiz alanlarda, %23'ü ise sulak alanlarda yapılmaktadır. Sulak tarımsal alanlarında ayçiçeği tarımının yaygınlaşmaması ve farklı tarımsal ürünlerin kullanılması, ülkemizde ayçiçeği yağı üretimine olumsuz olarak yansımaktadır (Anonim, 2019d).

Ayçiçeği bitkisinden ayrıca hayvan yemi üretiminde de yararlanılmaktadır. Ayçiçeği bitkisi yaklaşık olarak % 40 ile 45 oranında küspe üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen küspenin protein içeriği yaklaşık olarak % 30 ile 40 civarındadır. Bu özelliğinden dolayı çiftçiler tarafından hayvanların beslenmesinde de ayçiçeğinden yararlanılmaktadır. Ayrıca ayçiçeği yağı boya endüstrisi ve sabun endüstrisinde hammadde olarak kullanılabilir. Ayrıca ayçiçeği bitkisinin sapları bazı çiftçiler tarafından genellikle kış aylarında sobalarda yakılarak katı yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca ayçiçeği çerezlik kuruyemiş olarak yetiştirilmektedir. Dünya genelinde üretilen ayçiçeği bitkisinin % 2,6'sı, kuruyemiş sektöründe çerez üretiminde kullanılmaktadır. 2017 yılında ülkemizde üretimi yapılan ayçiçeği bitkisinin % 8,37'si çerezlik olarak üretilmiştir (Anonim, 2019d).

2.2.1 Dünyada Ayçiçeği Üretimi

Dünyada ayçiçeği tarımının en fazla yapıldığı ülke Ukrayna'dır. Bu ülkeyi sırasıyla Rusya ve Arjantin takip etmektedir. 2016 yılında dünyada üretilen ayçiçeğinin % 63,85'ini bu ülkeler üretmişlerdir. Türkiye ise 2016 yılında %3,53'lük bir üretimde bulunmuştur (Anonim, 2019d). Çizelge 2.5'te ülkelerin ayçiçeği üretim miktarları verilmiştir. Önümüzdeki yıllarda oleik içerikli ayçiçeği üretiminde büyük artışlar meydana geleceği düşünülmektedir.

Çizelge 2.5. Ülkelerin ayçiçeği üretimi (Bin ton) (Anonim, 2019d)

Ülkeler	1961	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2016	2016%
Ukrayna	-	-	-	-	3457	6771	11181	13626	28,78
Rusya	-	-	-	-	3918	5344	9280	11010	23,26
Arjantin	585	1140	1650	2900	6069	2232	3158	300	6,34
Çin	61	70	910	1339	1954	2298	2698	2587	5,47
Romanya	481	769	801	556	721	1263	1786	2032	4,29
Bulgaristan	301	407	380	388	425	1536	1699	1874	3,96
Türkiye	98	375	750	860	800	1320	1681	1671	3,53
Macaristan	110	95	456	684	484	970	1557	1534	3,24
ABD	17	86	1697	1032	1608	1241	1326	1204	2,54
Fransa	12	57	245	2430	1833	1641	1187	1189	2,51
Diğer Ülkeler	5152	7046	6768	11516	5279	6836	8816	7614	16,08
TOPLAM	6817	10045	13657	21705	26548	31452	44369	44341	100

2.2.2 Ayçiçeği Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Ayçiçeği bitkisi Türkiye’de ekim alanı ve üretimi en fazla olan yağlı tohumlu bitkidir. Ekildiği ortama kolaylıkla uyum sağlayabilmesi, kurak ve sulak arazilerde kolaylıkla yetişmesi ayçiçeği tarımının diğer tarımsal faaliyetlerden daha üstün özelliklerinden biridir. Ayrıca ayçiçeği bitkisinin hayvan yemi olarak (küspe) kullanılması, bu bitkinin çiftçiler tarafından daha fazla tercih edilme sebeplerinden birisidir (Anonim, 2019d). Çizelge 2.6’da yıllara göre ekilen ayçiçeği alanı ve üretilen ayçiçeği miktarı verilmiştir.

Çizelge 2.6. Türkiye ayçiçek bitkisi üretimi (Anonim, 2019d)

Yıl	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)
2004	5500000	900000
2005	5660000	975000
2007	5546778	854407
2010	6414000	1320000
2015	6853174	1680700
2016	7201081	1670716
2017	7796217	1964385

2.2.3 Ayçiçeği Sapı

Ayçiçeği, ülkemizde TÜİK verilerine göre yaklaşık olarak 779621 ha’lık alanda 1964385 ton yıllık üretim ile önemli bir yere sahiptir. 2006 yılında ayçiçeği tarımı 585400 ha alanda yapılmıştı ve 1118000 ton ayçiçeği üretilmişti. Bu üretim sonucu ise atık olarak 836269 ton ayçiçeği sapı oluşmuştu (Başçetinçelik vd., 2006; Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2017). Tarım ekonomisinde büyük bir potansiyel öneme sahip olan ayçiçeği tarımındaki en önemli problemlerden biri, hasat sonrası oluşan ayçiçeği saplarının tarladan uzaklaştırılması veya çiftçiler tarafından çeşitli yöntemlerle parçalanıp toprağa karıştırılmasıdır. Ayçiçeği saplarının parçalanarak toprağa karıştırılması sonrasında tarım aletlerinde bozulma, ayçiçeği hasadı sonrası ekilen bitkilerin çimlenmesine olumsuz etkiler yapmakta ve bitkisel hastalıklar gibi bir takım sorunlara sebebiyet vermektedir. Çiftçiler bu tür sorunları ortadan kaldırmak için genellikle ayçiçeği saplarını yakmayı tercih etmektedirler. Bu durum da topraktaki yararlı mikroorganizmaların ölmesine ve toprağın üretim veriminin düşmesi gibi olumsuz sorunlara sebebiyet vermektedir. Çizelge 2.7’de Ayçiçeği sapı külünün karakterizasyonu verilmiştir.

Çizelge 2.7. Ayçiçeği sapı külü kimyasal içeriği (Aksoğan vd., 2016)

Kimyasal bileşenler	Bileşenler (g/cm ³)
SiO ₂	26
Al ₂ O ₃	2,23
Fe ₂ O ₃	1,19
CaO	17
MgO	6,65
K ₂ O	17,1
Na ₂ O	0,22
SO ₃	4,63
Yakma sonucu kaybolan (Uçucu)	23,53
Toplam	98,55
Özgül ağırlık	2,91

2.3 Mısır

Mısır bitkisi insanlar için gıda maddesi, hayvanlar için yem ve endüstriyel tesisler için ise ham madde olarak kullanılmaktadır. Sanayinde kağıt üretiminde kullanılmasının yanı sıra mısır bitkisinin yaprak ve gövdesi çiftçiler tarafından hayvan yemi (silaj) üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca mısır bitkisi, bu kullanımların yanında çerezlik kuruyemiş olarak da tüketilmektedir. Son zamanlarda mısır bitkisinin üretim miktarının artmasıyla birlikte farklı sektörlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yem üretimi, yağ üretimi ve tatlandırıcı üretiminde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra biyoyakıt-biyoetanol üretiminde de mısır bitkisi kullanılmaktadır (Anonim, 2019e).

2.3.1 Dünyada Mısır Üretimi

Dünya ülkelerinde mısır üretiminde hızlı artışlar meydana gelmektedir. 2000 yılında dünya ülkelerinde mısır üretimi yaklaşık olarak 590 milyon ton iken son yıllarda bu miktar 1,06 milyar tonu geçmiş bulunmaktadır. Dünya geneline bakıldığında ülkemizin mısır üretimindeki payı yaklaşık %0,4 civarlarındadır. Ülkeler arasında mısır üretim miktarları değerlendirildiğinde en fazla üretimi Amerika Birleşik Devletleri yapmaktadır. Ardından sırasıyla Çin, Brezilya ve Arjantin gibi ülkeler gelmektedir. Çizelge 2.8'de Dünyada mısır üretim miktarları gösterilmiştir (Anonim, 2019e).

Çizelge 2.8. Dünya mısır üretimi (Bin ton) (Anonim, 2019e)

Ülkeler	1961	1970	1980	1990	2000	2015	2016	2016%
ABD	91388	105471	168647	201532	251854	345486	384778	36,30
Çin	18027	33087	62715	97214	106178	224795	231837	21,87
Brezilya	9036	14216	20372	21348	32321	85284	64143	6,05
Arjantin	4850	9360	6400	5400	16780	33818	39793	3,75

Meksika	6246	8879	12374	14635	17557	24694	28251	2,66
Ukrayna	-	-	-	-	2848	23327	28074	2,65
Hindistan	4312	7486	6957	8961	12043	22570	26260	2,48
Endonezya	2283	2825	3991	6734	9677	19612	20369	1,92
Rusya	-	-	-	-	1489	13173	15309	1,44
Kanada	742	2633	5753	7066	6954	13559	12349	1,16
Fransa	2480	7491	9323	9400	16018	13716	12131	1,14
Romanya	5739	6535	10563	6809	4897	9021403	10746	1,01
Diğer Ülkeler	59923	67846	89527	104520	112412	181555	186064	17,55
Genel Toplam	205026	265829	396622	483619	591028	10022992	1060104	100

2.3.2 Mısır Bitkisinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri

1960lı yıllarda ülkemizde mısır üretimi yapılan alan 705 bin hektar iken 1970 yıllarında 646 bin hektarlık alanda ekilmiş olup, 1980 yılında ise bu miktar 583 bin hektara düşmüştür. Sonraki yıllarda ekim alanlarında artışlar meydana gelmiştir. Mısır üretim verimi, modern tarımsal tekniklerin uygulaması, hibrit tohum kullanımının yaygınlaştırılması ve gübre kullanılması gibi etkilerle ile artmıştır.

2018 yılında Ziraat Mühendisleri Odası'nın yaptığı araştırmalar sonucunda mısır bitkisinin ekim alanının 600000- 615000 hektar civarında olduğu tespit edilmiş olup, bu alanlardan elde edilecek mısır üretim miktarının da 5500000-5600000 ton aralığında olacağı tahmin edilmektedir. 2018 yılında mısır bitkisi ekimi yapılan alanlarda 2017 yılına göre yaklaşık olarak % 10'luk bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun en büyük nedenlerinden birisi, üreticinin ekonomik olarak daha kârlı olan bitkilerin üretimine yönelmesidir. 2018 yılında ülkemize yurt dışından yaklaşık olarak 2 milyon ton mısır ithal edilmiştir. Çizelge 2.9'da ülkemizdeki mısır üretiminin yıllık dağılımları gösterilmektedir (Anonim, 2019e).

Çizelge 2.9. Türkiye mısır üretimi (Anonim, 2019e)

Yıl	Ekilen Alan (ha)	Üretim (Ton)	Verim (Ton/ha)
1961	705000	1017000	1,44
1970	646000	1040000	1,61
1980	583000	1240000	2,13
1990	514665	2100000	4,08
2000	552820	2300000	4,16
2005	600000	4200000	7,00
2010	593552	4310000	7,26
2015	686169	6400000	9,33
2017	639084	5900000	9,23
2018	615000	5600000	9,10

2.3.3 Mısır Koçanı

Mısır koçanı, mısırın tanelerinin ve koçan kılıflarının tamamen ayrılmasından sonra arta kalan kısımdır. Ülkemizde genellikle kırsal kesimlerde yetiştirilen mısır bitkisi, çiftçiler tarafından güneş ışığında kurutulduktan sonra tanelerinden ayrıştırılmaktadır. 2017 yılında Türkiye’de mısır bitkisi tarımı 6390844 ha’lık alanda yapılmıştır. Bu alanlardan 5900000 ton mısır üretilmiştir. 2006 yılında yaklaşık olarak 600000 ha’lık alanda üretim yapılmış olup üretim sonrasında oluşan atık miktarı ise 3374366 tondur (Başçetinçelik vd., 2006).

Tanelerinden ayrılan mısırdan arta kalan mısır koçanı, çiftçiler tarafından ısınma amaçlı yakılarak bertaraf edilmektedir. Bilimsel çalışmalar sonucu mısır koçanı külüne ait kimyasal bileşenler içeriği Çizelge 2.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.10. Mısır koçanı külü kimyasal içeriği (Adesanya ve Raheem, 2009)

Kimyasal Bileşenler	Bileşenler (%)			
	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Ortalama
SiO ₂	67,33	65,39	66,41	66,38
Al ₂ O ₃	7,34	9,14	5,97	7,48
Fe ₂ O ₃	3,74	5,61	3,97	4,44
C _a O	10,29	12,86	11,53	11,57
MgO	1,82	2,33	2,02	2,06
SO ₃	1,11	1,10	1,01	1,07
Na ₂ O	0,39	0,48	0,36	0,41
K ₂ O	4,20	4,92	5,64	4,92
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	74,67	74,53	72,38	73,86

2.4 Bitkisel Atıklar

Bitkisel atıklar, meydana gelen diğer atıklara oranla çevreye zararı daha az olan ve ekosistemde dönüşümleri daha kısa süreli olan atıklardır. Bitkisel atıklar insan sağlığı ve çevre sağlığında olumsuz etkiler yaratmadan uygun şekillerde toplanmalı ve farklı alanlarda hammadde olarak değerlendirilmelidir. Bitkisel atıkların değerlendirilmesi bilim ve teknik gelişmeler ışığında uzman kişilerin hazırlayacağı ulusal veya uluslararası çevre ve tarım politikalarına uygun olarak yapılmalıdır. Bitkisel atıkların uygun bir şekilde değerlendirilmesiyle oluşması muhtemel çevresel sorunları azaltacak, hammadde kaynakları korunacak ve ekonomik olarak da bir katkı sağlayacaktır. Bitkisel atıklar çeşitleri ve türlerine göre farklılıklar göstermektedirler. Bundan dolayı bu atıkların değerlendirilmesi atıkların türüne göre farklılıklar gösterecektir (Akırmak, 2010).

Bitkisel atıkların meydana gelme şekli ve miktarlarını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar:

- Üretim yapılan ve yaşamsal faaliyetlerin sürdüğü bölge,
- Bitkisel ürünlerin sanayide hammadde olarak kullanılması,
- Toplumun ekonomik düzeyi,
- Sosyolojik ve kültürel yapısı,
- İnsanların eğitim düzeyi,
- Beslenme ve tüketim alışkanlıkları,
- İklim koşullarıdır (Çolakoğlu, 2018).

Bitkisel atıklar, bir ürün elde etmek için toprağın işlenmeye başlanmasıyla başlayıp, ürünün yetişmesi ve hasat edilmesi işlemi sonunda oluşan atıklardır. Sap, yaprak, koçan, kabuk, koçan vb. atıklar bu atıklara örnek verilebilir (Eskicioğlu, 2013).

Ülkemiz topraklarının yaklaşık olarak %70'i farklı miktarlarda organik madde içermektedir. Toprağın organik madde içeriği zamanla daha da azalmakta, toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Toprağın sahip olduğu organik madde, toprakta önemli etkilere sahiptir (Demirtaş vd., 2005).

Tarlada kalan bitkisel artıkların enerji kazanımı amacıyla kullanılabilmesi için dikdörtgen, yuvarlak balya veya pelet şekline getirilmelidirler. Ancak, bu bitki artıklarından (sap) enerji kaynağı olarak yararlanılmak istenmiyorsa, tarlada bilinçsiz bir şekilde yakılmasının hem enerji kaybına hem de topraktaki canlılık faaliyetlerinin yok olmasına neden olmaktadır. Tüm bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için, nihai artıkların uygun bir şekilde toprağa karıştırılması gerekmektedir.

Organik atıkların değerlendirilme yöntemlerinden birisi de kompostlaştırmadır. Kompostlaştırma, organik maddenin biyolojik olarak ayrışması işlemidir. Kompostlaştırma, uygun ekipman ve doğru yöntemler kullanılarak organik atıkların kontrollü bir şekilde mikroorganizmalar tarafından biyokimyasal yolla parçalanarak (çürütülerek), toprağa faydalı bir madde haline dönüştürülmesi işlemidir. Kompostlaştırmanın faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Organik atıkların geri dönüşüm yöntemiyle tekrardan değerlendirilmesi sağlanmış olur.
- Toprak pH değerinin düzenlenmesine yardımcı olur.
- Toprak yapısının iyileşmesi ve zenginleşmesini sağlar.

- Toprağın yüzeyinde havadar bir katman oluşmasını sağlayarak toprağın havalanmasını sağlar ve böylece bitki köklerinin potasyum alımını kolaylaştırır.
- Yağışın az olduğu dönemlerde toprak nemini korur ve buharlaşmayı azaltır.

Tarımsal atıkların bertaraf alternatiflerinden biri de söz konusu bu atıkları inşaat yapı malzemesi olarak değerlendirilmesidir.

Bir ülkenin biyokütle enerjisi olarak bitkisel atıkları kullanabilmesi için mevcut potansiyelinin yanı sıra, bu kaynaklara erişebilmesi de önemlidir. Bu tür kaynakları daha etkin bir şekilde kullanabilmesi için biyokütle potansiyeli olan atıkları tarım arazisinden toplayabilmesi için gerekli teknik ekipmanın olması ve uygun depolama alanlarına sahip olması gerekir. Bitkisel atıkların daha kolay taşınıp depolanması için balyalama yöntemi çok eski ve kullanışlı bir yöntemdir. Bu yöntemlerin doğru ve kontrollü bir şekilde yapılması bitkisel atıklardan üretilen enerji için ekonomik değerini artıracaktır (Aslantaş, 2018).

Çevre kirliliğinin önüne geçmek ve meydana gelen atıkların tekrardan farklı formlarda kullanılmasıyla, bitkisel artıkların tarımda değerlendirilmesi yaygınlaşmaktadır. Bu atıkların yaygın olarak kompost işleminde değerlendirilmesi ile topraktaki biyolojik aktivitenin arttığı ve toprağın besin elementi yönünden zenginleştiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Özenç, 2004).

Bitkisel atıklar hasat sonrasında genellikle tarım arazisinde veya çevresinde bırakılmaktadırlar. Bunun yerine, kompostlama işlemi yapılarak değerlendirilmesi toprağın besin yönünden zenginleşmesini sağlayacaktır. Bu nedenden dolayı bitkisel atıkların besin içeriğinin bilinmesi çok önemlidir. Bitkisel atıkların ülke ekonomisine katkı sağlayabileceği bir başka yöntem ise bunların yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmasının sağlanmasıdır. Böylece hem enerji üretimi sağlanacak hem de bitkisel atıkların meydana getireceği çevresel etkiler minimuma indirilecektir. Bundan dolayı ülkemizde seracılık veya her türlü meyve ve sebze üretiminden kaynaklanan atıkları değerlendirmek gerekmektedir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

2.5 Bitkisel Atıkların Puzolanik Özellikleri

Bitkiler büyüyüp gelişirken gövdelerine kökleri aracılığıyla topraktan çok çeşitli miktarlarda besin, mineral ve silikat alırlar. Yıllık bitkiler, ağaç türlerine göre bünyelerinde daha fazla silikat bulundururlar. Buğday, mısır ve ayçiçeği gibi yıllık tarım ürünlerinin sap ve

yapraklarında kütikula tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka (kütikula) silis ve silikat yönünden oldukça zengindir (Rydholm, 1965).

Bitkisel atıkların içeriğinde fazlaca miktarda bulunan organik maddelerin yanması olayları dışarıya ısıveren yani ekzotermik tepkimelerdir. Bu tepkimeler sonrasında organik madde ağırlığında büyük miktarda azalmalar meydana gelir ve sonrasında da kül elde edilir. Yakma işleminden sonra organik maddelerin yapılarında bozulmalar meydana gelir. Bu bozulmalar termal dekompozisyonudur (Biricik vd., 1996). Toz hale getirilen küller, inceltilecek kireçle karıştırılmıştır. Bu işlem sonrasında bağlayıcılık özelliği olan yeni bir malzeme üretilmiştir. Bu malzemenin özellikleri yakma işleminin gerçekleştirildiği ortam sıcaklığına, yakma işleminin süresine, yapılan ani soğutmaya ve öğütme işleminin hangi koşullarda yapıldığına bağlı olarak değişkenlikler göstermektedir (Biricik vd., 1996).

Bitkisel ürünlerin hasadı sonrası oluşan pirinç kabuğu ve buğday sapı yüksek oranda amorf silisyum dioksit içermektedir. Kül içinde yüksek oranlarda (% 81 ile %95 arasında) silis ve (% 8 ile %11 arasında) kül vardır. Bitkinin kabuğunun ve sapının esas yapısı selüloz, lignin ve küldür. Kabuk ve sap yakılmadan önce 1-5 mm. boyutuna getirilmelidir. Daha sonra bu hammadde üzerinde yanma işlemi uygulanır. Pirinç kabuğu ve buğday sapı, yaklaşık 575 + 25° C elektrik kül fırınlarında yakılması ile kül elde edilir. Elde edilen küller, bilyeli öğütme değirmenlerinde öğütülür ki puzolanik aktivitesi böylece artar. Kül içindeki silis oranı, yakma sıcaklığı, yakma süresi ve yakma hızına bağlı olarak değişmektedir (Şimşek, 2004).

2.6 Bitkisel Atıkların Alternatif Bertaraf Yöntemleri

Aksoğan vd. (2006), yaptıkları çalışmada mısır sapı, buğday sapı ve çınar yaprağı külü ikameli beton numunelerinin durabilite özelliklerini incelemiştir. Özenle toplanıp yakılarak elde edilen küller %2, %4, %6 oranlarında kullanılarak çimento ve betonda farklı oranlarda katkı maddesi olarak değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan küllerin aktivite deneyleri, betonarme donatı korozyonu, basınç dayanımı, sülfat etkisi ve mikro yapıları incelenmiştir. Mısır sapı külünün aktivitesi en yüksek bulunmuştur. Çınar yaprağı külünün aktivitesi ise en düşüktür. Bunun nedeni küllerin kimyasal içerikleri ile açıklanabilir. Çınar yaprağı külü içerisindeki SiO₂'nin oranı en düşük seviyededir. Ancak bütün küller standartta verilen değerin üstünde bir aktiviteye sahiptir. Donatı korozyonu en yüksek çınar yaprağı külü daha sonra buğday sapı külü ve en düşük mısır sapı külü katkılı örneklerde bulunmuştur. Bunun nedeni küllerin kimyasal içerikleridir. %2 ve %6 oranlarında kül katkıları ile hazırlanan basınç dayanımı örneklerinde en iyi sonuç %2 katkılı örneklerde bulunmuştur.

Bunun nedeni karışımdan ince agreganın yerine kül katılmasıdır, karışımda ince agreganın oranının yüksek olduğundan %6 oranında kül katkısı olumsuz etkiler göstermiştir. Sülfat dayanımı gerek çimento örneklerde olsun gerekse beton örneklerde olsun en iyi sonuçlar yukarıda belirttiğimiz sebeplerden dolayı %2 katkılı örneklerde çıkmıştır. %2 katkılı örnekler içerisinde ise en iyi sonuçlar mısır sapı külü katkılı örneklerde bulunmuştur.

Aprianti vd. (2014), çalışmasında tarımsal atıkların beton içerisinde kullanılarak bu atıkların geri kazanımı üzerinde durmuşlardır. Kentleşme ve sanayileşmedeki büyüme ile beton talebi gün gün artmaktadır. Bu nedenle, hammadde ve doğal kaynaklar; dünya çapındaki beton üretimi için büyük miktarlarda gereklidir. Aynı zamanda, tarımsal atıklar diğer türlere ve çevreye önemli zararlar vererek ciddi çevre sorunları oluşturur. Beton sektörünün olumsuz etkilerini azaltmak için, çimentolu malzemelere ek olarak tarımsal atıkların kullanımı, çevre atıkları için önleyici çözüm oluşturmuştur. Bu çalışma, beton üretiminde çimentoya ek malzeme olarak tarımsal atıkların olası kullanımı gözden geçirilmiştir. Bu; onların mühendislik, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine bu atıkları kullanılması fikrini hedefler. Bu tür beton sektöründe pirinç kabuğu külü, hurma yağı, şeker kamışı küspe külü, ahşap atık külü, bambu yaprak külü ve mısır koçanı külü gibi tarımsal atıkların başarılı kullanımıyla ilgili var olan bilginin bir özetini sunmaktadır.

Memon vd. (2019), mısır koçanı külünün betonda % 0, 5, 10, 15 ve % 20 oranında çimentoya ikame olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Mısır koçanı külünün kimyasal bileşimi ve mısır koçanı külü kompozitinin Termal Gravimetrik Analiz sonuçları, mısır koçanı külünün betonda çimentonun bir kısmı olarak kullanıldığında puzolanik potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Mısır koçanı külünün kullanılması, çevre dostu kül imha sorununa çözüm sunmaktadır. Aynı zamanda inşaat endüstrisi için uygun bir hammadde kaynağı sağlamakta ve böylece doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada, mısır koçanı külünün betonda çimento yerine ikameli olarak kullanılmasının faydaları doğrulanmıştır.

Yin vd. (2018), belediye katı atık yakma uçucu külleri, kömür uçucu külleri, kömür dip külleri, yüksek fırın külleri, biyokütle külleri, yanma külleri ve mısır koçanı küllerinin çimento üretimi sırasında uygulanabilirlikleri üzerinde çalışmışlardır. Kül türüne bağlı olarak bileşimlerinde yüksek oranda dalgalanan ve yerine en fazla %5-10 oranında yer değiştirmeyi sınırlayan puzolanik içeriklerin baskın olduğu ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmada büyük miktarlarda elde edilen tarımsal artık koçanın, tarımsal inşaatta organik materyal olarak kullanımını olanağı incelenmiştir. Bunun için önce, koçan materyalinin agrega olarak kullanımını düşünüldüğünden materyal değirmende öğütülmüştür. Sonra koçana ait % su emme, birim ağırlık ve granülometrik analiz değerleri elde edilmiştir. Bu analizler sonucu somağın %140-166 su emdiği ve birim ağırlığının $0,57 \text{ gr/cm}^3$ olup çok hafif bir materyal olduğu gözlenmiştir. Elek analiz sonucunda ise koçan granülometrik eğrisinin DIN 1045 normunda belirtilen standartlara uymadığı gözlenmiştir. Standartlara uygun bir karışım elde etmek için %40'ı koçan, %60'ı kum olan bir karışım elde edilmiştir. Daha sonra koçanın betonda kullanımını için 4 alternatif (karışım) düşünülmüştür. Bu karışımların hazırlanmasında 1 kısım çimento / 2,5 kısım kum / 3 kısım çakıl / 0,5 kısım su ilkesinde yararlanılmış ve kum ve çakıl koçanla değiştirilmiştir. Elde edilen karışımlar 28 gün suda bekletilmiş ve daha sonra beton numunelerinin basınç dayanımı, ısı iletim katsayısı ve birim ağırlık değerleri bulunmuştur. Ölçmeler sonucu numunelerin basınç dayanımının $1,4-56,25 \text{ Kgf/cm}^2$, ısı iletim katsayısının $0,19-0,35 \text{ K.cal/m.}^\circ \text{ C. h.}$ birim ağırlığının $0,8-1,52 \text{ gr/cm}^3$ sınır değerleri arasında kaldığı gözlenmiştir. Elde edilen karışımların dayanımları düşük olduğundan yapısal amaçla yük taşıyan duvarlardan ziyade, bölme duvarlarında ve dekoratif amaçlarla kullanılmaları daha uygun görülmüştür. Ayrıca ısı iletim katsayısı değerleri oldukça küçük olduğundan ısı yalıtımında kullanılabilir. Böylece elde edilen betonun, tuğla, kerpiç ve hafif betona alternatif olabileceği görülmüştür (Polat, 1995).

Mısır koçanı külünü belli oranlarda çimentoya ilave ederek üretilen numuneler üzerinde işlenebilirlik ve basınç dayanımı deneyleri yapmışlardır (Raheem ve Adesanya, 2009). Yapılan çalışmada mısır koçanı külleri % 0 ila % 25 oranları aralığında çimentoya ilave edilmiş ve numuneler üretmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda mısır koçanı külü ilavesi arttıkça üretilen numunelerin işlenebilirliklerinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde 120. güne kadar kontrol numunesinin altında sonuçlar alınmıştır. 120. gün ve üzerindeki kür sürelerinde, basınç dayanımı değerlerinde artışlar olduğu ve kontrol numunelerine göre daha yüksek değerler aldıklarını gözlemlemişlerdir. Mısır koçanı külünün harç numuneleri içerisine %8 oranına kadar ilave edilmesinin uygun olduğu çalışmalar neticesinde belirlenmiştir.

Yapılmış olan araştırmalarında agrega olarak yer fıstığı kabuğu, bağlayıcı madde olarak ise çimentoyu kullanmışlar ve kompozit numune örnekleri üretmişlerdir. Üretilen kompozit numunelerinin kontrol serilerine göre daha sünek yapıda olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca, yerfıstığı kabuğundan yapılan kompozit malzeme farklı hava koşullarına dayanıklı ve uyumlu

olduğundan bu kompozitlerin binaların dış kısımlarında kaplama malzemesi olarak kullanılmasının uygun olabileceğini tavsiye etmişlerdir (Çelik ve Gürdal, 2005).

Şişman vd. (2011), bağlayıcı malzeme olarak çimento, agrega malzemesi olarak ise pirinç kabuğu kullanarak hafif beton üretimi yapmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde pirinç kabuğu ilavesinin numunelerde su emme oranını artırdığını, ısı iletkenliği ise düşürdüğünü gözlemlenmiştir. Ayrıca bu numunelerin basınç dayanımlarını incelediklerinde 28 günlük basınç dayanımlarının 37,5 MPa'a kadar ulaştığını gözlemlemişlerdir. Bu çalışmalar neticesinde üretilen malzemenin bir veya en fazla iki katlı tarımsal yapılarda yalıtım betonu olarak kullanılabileceğinin uygun olabileceği sonucuna varmışlardır.

Örtlek (2015)'in yaptığı çalışmada, mısır, buğday ve ayçiçeği sapı külü ile barit ve kolemanit içeren harçların dayanım ve dayanıklılığı araştırılmıştır. Betonda ince agrega yerine barit, kolemanit, çimento yerine mısır sapı külü, buğday sapı külü ve ayçiçeği sapı külü farklı yüzdelerde kullanılmıştır. Harç numunelerin 180 gün ve 360 günlük sülfat dayanımları araştırılmıştır. Numunelerin 7 günlük, 28 günlük ve 180 günlük basınç dayanımı, aşınma dayanımı ve donma- çözülme etkisi gibi mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca 12x12x2 cm üretilen harçların radyasyon geçirgenliğinin tespiti için Am 241 gama ışını kaynağı kullanılmıştır. Ayrıca harç ve betonların mikro yapıları incelenmiştir. Yapılan çalışmada küllerin kullanılması ile beton ve harçların birçok mühendislik özelliklerinin iyileştirildiği gözlemlenmiştir. Söz konusu küllerin betonda dolgu etkisi yaptığı ve boşluk miktarını azalttığı görülmüştür. Çalışma, söz konusu atık küller ile kolemanit ve baritin yüksek dayanıklılık özelliklere sahip harç ve beton üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca baritle birlikte buğday mısır ve ayçiçeği sapı küllerinin betonların radyasyon geçirgenliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Bu küller hem beton dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin geliştirilmesinde hem de radyasyon geçirgenliğinin önlenmesinde kullanılabilir.

Çam (2017)'in çalışmasında, fındikkabuğu ile kırmızı çamuru kullanmışlardır. Fındikkabuğu ve kırmızı çamur ilavesi ile tuğla - kil içeren karışımlar mekanik bir karıştırıcıda hazırlanmıştır. Karışımlar preslenmiş, kurutulmuş, pişirilmiş ve böylece gözenekli ve kullanılabilir dayanımda yapılar elde edilmiştir. Ağırlıkça %10 fındikkabuğu ve %30 kırmızı çamur ilavesiyle hazırlanan karışımlardan oldukça yüksek gözenekli seramikler başarıyla üretilmiştir. Örneklerin ısı iletkenlik katsayıları fındikkabuğu ve kırmızı çamur ilavesinin artmasıyla 0,78 W/mK (1,80 g/cm³)'den 0,45 W/mK (1,41 g/cm³)'e düşmüştür. En düşük

basma dayanımı, 9,12 MPa bulunmuş ve bu değer kullanım için uygundur. Bu çalışma, hem atık geri dönüşümü, hem de hafif, ısı yalıtım amaçlı yapı malzemelerinin geliştirilmesine yönelik önemli bir çalışmadır.

Akbaş vd. (2013), polipropilen malzeme ve öğütülmüş fındikkabuğu unlarını farklı oranlarda karıştırarak polimer kompozitler üretmişlerdir. Üretilen kompozitlere; çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe direnç deneyi, kalınlığına şişme ve su emme deneyleri yapılarak sonuçlarını incelemişlerdir. En iyi sonucu %30 oranında fındikkabuğu unu kullanılan kompozit numunelerde tespit etmişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda ülkemizde büyük çoğunluğu yakacak olarak kullanılan fındık kabuklarının polimer kompozit üretiminde kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Bu sayede fındikkabuklarının farklı alanlarda kullanılabileceği, bu durumun da fındık üreticileri için farklı bir gelir kaynağı olabileceği beklenmektedir.

Su yaşam ve ekonomi için vazgeçilmez bir doğal kaynaktır. Gelişen endüstri, tarım ve diğer sektörler ile birlikte insanlar tarafından suyun içme suyu olarak tüketimi, hijyen alanında ve endüstri alanında kullanılması gerekli hale gelmiştir. Gün geçtikte su kirliliği gezegenimiz için en önemli sorunlardan biri haline gelmektedir. Bunun nedeni popülasyonun artması ile birlikte çevre kirleticilerin çeşitliliğinin artması ve içme suyu kaynaklarının yetersiz kalmasıdır. Su kirleticilerden biri de tekstil, kâğıt, plastik, lastik, deri, kozmetik, yiyecek ve ilaç gibi çeşitli ve geniş endüstri alanlarında kullanılan boyar maddelerdir. Boyar maddeler atıksuların boşaltılması çevresel ve toksik olarak çok büyük problemler yaratmaktadır. Boyar maddelerin atıksulardan gideriminde birçok yöntem bulunmaktadır fakat adsorpsiyon bu yöntemlerin arasında en uygun, en esnek, basit tasarımı ve kirleticilere karşı yoğun ve kolay bir giderim sağlamasından dolayı diğer yöntemlere göre üstün gelmektedir. Aktif karbon en çok kullanılan adsorbentler arasındadır fakat bu proses yüksek maliyete neden olmaktadır. Bu yüzden araştırmalar boyar madde gideriminde geleneksel olmayan düşük maliyetli doğal ve tarımsal atık olan kaynaklara yönelimi arttırmıştır. Bu çalışmada Reaktif Mavi 19 boyar maddesinin sulu çözeltilerden gideriminde mısır koçanı ve muz kabuğu kullanılarak atıksu giderimindeki potansiyellerinin incelenmesi amaçlanmıştır. pH, adsorban miktarı ve başlangıç boyar madde konsantrasyonu gibi çeşitli parametrelerle Box-Behnken Deneysel Tasarımı kullanılarak çalışılmış ve adsorpsiyon mekanizmaları belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda mısır koçanı ve muz kabuğunun endüstriyel boyar maddeler tarafından kirlenmiş ortamlarda temizleyici olarak doğa dostu birer biyosorbent olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır (Şanlı, 2017).

Bu çalışma ayçiçeği sapından selüloz ekstraksiyonu, selülozdan karboksimetil selüloz (CMC) sentezi ve filmlerin hazırlanması olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada ayçiçeği sapından alkali varlığında selüloz ekstrakte edilmiştir. Ardından selüloz, alkali varlığında ağırlıkça çeşitli oranlarda sodyum mono klor asetat (NaMCA) ile alkalizasyon ve eterleşme tepkimeleri aracılığıyla CMC'ye dönüştürülmüştür. Tepkime verimleri hesaplandıktan sonra, NaMCA oranı ile sentezlenen CMC'nin suda çözünürlüğünün bir göstergesi olan yer değiştirme derecesi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Son aşamada ise polimer çözeltilerine gliserin, polietilen glikol ve sitrik asit (CA) gibi katkı maddeleri katılarak film çözeltileri hazırlanmıştır. En yüksek termal kararlılığa sahip film çözeltilerine gliserin ve PEG eklenerek ulaşılmıştır. Filmlere ait mekanik testler çekme dayanımı ve kopma anındaki uzama hesaplanarak gerçekleştirilmiştir. Mekanik testler, gliserin katkı maddesinin filmlerin çekme dayanımını arttırdığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, tüm filmlerin suda çözünürlükleri, biyobozunurluk davranışları ve kaplama özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, ham madde olarak organik bir atık olan ayçiçeği sapı kullanılarak alternatif CMC filmler üretilmiştir (Tufan, 2017).

Tarımsal yapıların çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için bu yapılarda birkaç önemli özelliğe dikkat edilmektedir. Bunlar sırasıyla yapının en ucuza mal edilmesi, içerisinde depolanacak mahsullerin veya içerisinde barınacak canlılar için optimum çevre koşullarının oluşturulması ve bu yapıların uzun yıllar boyunca güvenli bir şekilde kullanılabilmesi olarak sıralanabilmektedir. Kullanılacak malzemeler yeterli miktarda dayanım ve dayanıklılığa sahip olmalı, iyi bir ısı yalıtımı ve ses yalıtımı sağlamalı ayrıca bu yapıların hafif olması tercih edilmektedir. Betonun yapı malzemesi olarak kullanımının dünya genelinde yaygınlaşmasıyla birlikte harç üretiminde maliyetlerin azaltılması, birim hacim ağırlığının düşürülmesi, ses ve ısı yalıtımının iyi olması gibi özelliklerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Uygulanabilirliği kolay olduğu için son yıllarda hafif beton üretimi önem kazanmıştır. Hafif betonların yapı malzemesi olarak kullanılmasıyla yapı yükünde azalma olması böylece malzemenin daha ekonomik olması, depreme karşı dayanıklılığın artırılması, ısı ve ses yalıtımında kullanılan malzemelerin kullanımlarının kaldırılması gibi faydalar sağlayabilmektedir. Bu çalışmada beton üretiminde kullanılan agregaya alternatif olarak ayçiçeği sapının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı oranlarda ayçiçeği ikameli agregalar üretilmiştir. Üretilen numunelerin termal özellikleri, mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonunda agrega yerine %20 ila %40 oranları arasında ayçiçeği sapı kullanılabileceği gözlemlenmiştir (Alkaya, 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çimento

Bu çalışmada, Traçim Çimento Fabrikasından temin edilen CEM I 42,5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fabrikadan temin edilen fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Portland çimentosu fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Kompozisyon	Çimento Ağırlıkça (%)	Çimentonun Fiziksel Özellikleri	
SiO ₂	19,68	Özgül ağırlık, (g/cm ³)	3,07
Al ₂ O ₃	5,37	Priz başlangıcı, dk.	156
Fe ₂ O ₃	3,36	Priz sonu, dk.	268
CaO	62,57	Hacim genleşmesi, mm	1,00
MgO	0,96	Blaine özgül yüzey (cm ² /g)	3210
SO ₃	2,70	2. gün basınç dayanımı, MPa	30,8
Kızdırma kaybı	4,14	7. gün basınç dayanımı, MPa	43,1
Toplam SiO ₂	20,22	28. gün basınç dayanımı, MPa	52,2

3.1.2 Kum

Çalışmada harç numuneleri için agrega olarak, standart kum kullanılmıştır. Limak Batı Çimento Fabrikasında üretilen rilem kumu kullanılmıştır. Kum yuvarlak taneli olup, doğal silis kumundan elde edilmektedir. SiO₂ miktarı en az %98 yüzeyindedir. CEN Standart Kumu 1350 ± 5 g’lık paketler hâlinde ambalajlıdır. Paketlerde kullanılan malzeme dayanım deney sonuçlarını etkilemeyecek tipte olup ve her torba içerisindeki kum Çizelge 3.2’de belirtilen tane büyüklüğü dağılımına uygun olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. CEN referans kumu tane büyüklüğü dağılımı

Kare göz açıklığı (mm)	Elekte kalan kümülatif toplam (%)	Analiz sonuçları
2,00	0,00	0,00
1,60	7±5	6,78
1,00	33±5	32,60
0,50	67±5	68,04
0,16	87±5	87,52
0,08	99±1	99,50

3.1.3 Su

Bu çalışmada kullanılan karışım ve kür suyu Tekirdağ/Çorlu şehir şebekesinden alınan içme suyudur. Karışımlarda kullanılan su asidik özellikte olmamalı ($pH > 7$), sülfat etkisi meydana getirmemelidir. Suyun içeriğinde bulunan tuz donatı, harç ve betona zarar vermemelidir.

3.1.4 Fındık Kabuğu Külü

Bu çalışmada, Trabzon ilinin Dernekpazarı ilçesinde yetişen fındikkabukları kullanılmıştır. Fındikkabuğu külleri, kül fırınlarında yakılarak deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan fındikkabuğu küllerinin karakterizasyon çalışması Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Laboratuvarına yaptırılmıştır. Karakterizasyonda Spectro xSort marka, modeli AlloyPlus olan XRF cihazı kullanılmıştır. Kül karakterizasyon metodu olarak ise 'Environmental Method' ile belirlenmiştir. Çizelge 3.3'te fındikkabuğu külü kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.3. Fındikkabuğu külü analiz sonuçları

Kimyasal Bileşenler	Bileşenler (%)
SiO₂	72,76
Al₂O₃	4,34
P₂O₅	3,97
C_aO	13,88
Fe₂O₃	0,57
MnO	0,22
TiO₂	0,27
K₂O	2,93
SO₃	1,06

3.1.4 Ayçiçeği Sapı Külü

Bu çalışmada, Edirne ilinin Uzunköprü ilçesinde yetişen ayçiçeği sapları kullanılmıştır. Ayçiçeği sapı külleri, kül fırınlarında yakılarak deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan ayçiçeği sapı küllerinin karakterizasyon çalışması Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Laboratuvarına yaptırılmıştır. Karakterizasyonda Spectro xSort marka, modeli AlloyPlus olan XRF cihazı kullanılmıştır. Kül karakterizasyon metodu olarak ise 'Environmental Method' ile belirlenmiştir. Çizelge 3.4'te ayçiçeği sapı külü külü kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.4. Ayçiçeği sapı külü kimyasal içeriği

Kimyasal bileşenler	Bileşenler (%)
SiO ₂	24
Al ₂ O ₃	3,02
Fe ₂ O ₃	1,07
C _a O	18
MgO	5,96
K ₂ O	16,2
Na ₂ O	0,35
SO ₃	5,12
Yakma sonucu kaybolan (Uçucu)	24,05
Toplam	97,77
Özgül ağırlık	2,81

3.1.5 Mısır Koçanı Külü

Bu çalışmada, Trabzon ilinin Dernekpazarı ilçesinde yetişen mısırlara ait mısır koçanları kullanılmıştır. Mısır koçanı külleri, kül fırınlarında yakılarak deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan mısır koçanı küllerinin karakterizasyon çalışması Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Laboratuvarına yaptırılmıştır. Karakterizasyonda Spectro xSort marka, modeli AlloyPlus olan XRF cihazı kullanılmıştır. Kül karakterizasyon metdodu olarak ise 'Environmental Method' ile belirlenmiştir. Çizelge 3.5'te mısır koçanı külü kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.5. Mısır koçanı külü kimyasal içeriği

Kimyasal Bileşen	Bileşenler (%)
SiO ₂	65,13
Al ₂ O ₃	8,73
Fe ₂ O ₃	5,02
C _a O	12,73
MgO	2,07
SO ₃	1,06
Na ₂ O	0,37
K ₂ O	4,91

3.2 Yöntem

Bu çalışmada kullanılan kül malzemelerinin farklı oranlarda ikameli olarak harçların özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kül oranlar %2, %4, %6, %8 ve %10 olarak belirlenmiştir. Bu kül oranları, her materyalin külleri için uygulanmıştır.

Çizelge 3.6'da belirtilen kül oranlarını çimento ile ikameli olarak değiştirerek deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde, 16 grup harç numunesi üretilmiştir. Katkısız numune referans numune olarak üretilmiştir. Su, çimento ve kumun karıştırılmasıyla üretilen ilk seri harç örnekleri referans numunesi (R) olarak adlandırılmıştır. Çizelge 3.6'da kül katkılı ve katkısız harç karışım oranları gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Kül katkılı harç karışım oranları ve numunelerin isimleri

Numune Kodu	Materyal	Katkı Oranları %	Çimento Miktarı, g	Kül Miktarı, g	Kum Miktarı, g	Su, g	S/B Oranı
R	Referans	0	450	0	1350	225	0,50
M2	Mısır Koçanı Külü	2	441	9	1350	225	0,50
M4		4	432	18	1350	225	0,50
M6		6	423	27	1350	225	0,50
M8		8	414	36	1350	225	0,50
M10		10	405	45	1350	225	0,50
F2	Fındık-kabuğu Külü	2	441	9	1350	225	0,50
F4		4	432	18	1350	225	0,50
F6		6	423	27	1350	225	0,50
F8		8	414	36	1350	225	0,50
F10		10	405	45	1350	225	0,50
A2	Ayçiçeği Sapı Külü	2	441	9	1350	225	0,50
A4		4	432	18	1350	225	0,50
A6		6	423	27	1350	225	0,50
A8		8	414	36	1350	225	0,50
A10		10	405	45	1350	225	0,50

3.2.1 Harç Karışımlarının Hazırlanması ve Kalıplara Yerleştirilmesi

Deneylerde, kum/çimento oranı 3/1 olacak şekilde harç numuneleri hazırlanmıştır. Tüm harç numunelerinde su/çimento oranı 0,5 olarak belirlenmiştir. Harç karışımları TS EN 196-1 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Harç üretiminde öncelikle çimento, standart kum ve su tartılmıştır. Her bir harç karışımı, mekanik karıştırıcı karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

- Karıştırma kabına öncelikle su ve çimento konulmuştur. Burada su ve çimentoda kayıp olmamasına dikkat edilmiştir.
- Su ve çimento birbiriyle temas ettiği anda mekanik karıştırıcı düşük hızda çalıştırılmış ve bu sırada karıştırma kademelerinin süresi de başlatılmıştır. Karıştırma işlemi 30. saniyeye ulaştığında kumun tamamı, hızlı ve kesintisiz

olarak hemen harç hazırlama kabına ilave edilmiştir. Karıştırıcının hız ayarı yükseltilmiş ve karıştırma işlemine yüksek hızda 30 saniye daha devam edilmiştir.

- 30 saniye yüksek hızda karıştırıldıktan sonra mekanik karıştırıcı durdurularak yaklaşık 1,5 dakika kadar beklenmiştir. Bu sürenin ilk 30 saniyelik kısmında, kabın çeperlerine ve tabanına yapışan harç plastik bir sıyrıcı ile sıyrılıp kabın ortasında toplanmıştır.
- Karıştırma işlemine 1 dakika daha yüksek hızda devam edilmiştir ve harç üretilmiştir (Şekil 3.1).

Harç hazırlama işlemi sonlandıktan hemen sonra harç numuneleri, numune kalıplarına (40×40×160 mm prizma) yerleştirilmiştir. Harç, her bir kalıp bölümüne yaklaşık 300er gram olacak şekilde iki defada doldurulmuştur. İlk seferde harç, karıştırma kabından, uygun bir kepçe kullanılarak bir veya daha fazla kademedeki kalıbın her bölümüne aktararak oluşturulmuştur. Her kademenin doldurulmasının ardından harcın kalıp içine yerleşmesi sağlanmıştır (Şekil 3.2). Harcın numune kalıplarından taşan kısmı, hızlı bir şekilde, düşey olarak ancak sıyırma yönüne doğru hafifçe eğimli olarak bir masterla sıyrılarak alınmıştır. Numuneler laboratuvar ortamında nemli havlu ile örtülüp kapalı olarak 24 saat bekletilmiştir. Laboratuvar koşullarında 24 saat bekletilen numuneler kalıplarından çıkartılarak kür havuzuna konulmuştur (Şekil 3.3). Numuneler 1 gün kaptan kaldıktan sonra kalıptan çıkartılıp su dolu sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olan kür havuzuna konulmuştur. 28 gün boyunca kür havuzunda kaldıktan sonra laboratuvar şartlarında deneylere tabi tutulmuşlardır.



Şekil 3.1. Harç üretimi



Şekil 3.2. Kalıba dökülmüş numuneler



Şekil 3.3. Kür havuzundaki numuneler

3.3 Dayanım ve Dayanıklılık Deneyleri

3.3.1 Eğilme Dayanımı

Bu deney, harç üretildikten sonra 40x40x160 mm boyutlarına sahip prizma şeklindeki numunelere 28 günlük kür süresi sonunda yapılmıştır. Üretilen harç numuneleri 28. günde kür havuzundan çıkarılarak etüvde 24 saat 105 °C’de kurumaya bırakılmışlardır. Prizma şekline sahip numune, cihaza yan yüzeylerinden biri mesnet silindirleri üzerine gelecek şekilde, boyuna eksenini mesnet silindirlerine dik olarak yerleştirilmiştir. Yük, yükleme silindiri vasıtasıyla numunenin mesnetlere oturan yüzünün karşıt yüzüne düşey olarak uygulanmıştır. Eğilme dayanımı TS EN 1015-11 standardına uygun olarak yapılmış olup, aşağıdaki bağıntıdan (3.1) hesaplanmıştır:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{3 \cdot (F \cdot \ell)}{2 \cdot (b \cdot h^2)} \quad (3.1)$$

Bu bağıntılarda kullanılan semboller,

σ_{ζ} : Çekme gerilmesini, N/mm²

F : Uygulanan kuvveti, N

h, b, ℓ : Numunenin boyutlarını, mm

3.3.2 Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı, kür etkisindeki numunelere 28 günlük kür süresi sonunda yapılmıştır. Bu deney 300 ton kapasiteli ELE 1487-1-1001 tipindeki bir hidrolik presle gerçekleştirilmiştir. Eğilme deneyi sonrasında oluşan her yarım prizma üzerine, kırma presi yardımıyla eksenel basınca maruz bırakılmıştır. Numune kırıldığında presin göstergesinden ilgili kırılma yükü ile basınç dayanım değerleri belirlenmiştir. Numunelere ait basınç dayanımı TS EN 196-1 standardına göre yapılmış olup basınç dayanım değerlerinin hesabı aşağıdaki formül yardımıyla (3.2) hesaplanmıştır.

$$\sigma_B = \frac{P}{A_C} \quad (3.2)$$

Formülde;

σ_B : Basınç dayanımı, N/mm²

P: Kırılma anındaki en büyük kuvveti, N

A_c : Numunenin basınç yükü uygulanan kesit alanı, mm^2

3.3.3 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

Ultrases geçiş hızı deneyinde, numunenin içine gönderilen ultrasonik ses dalgaları harcın bir yüzeyinden diğerine geçtiği süre belirlenmekte ve dalga hızları hesaplanmaktadır. Hesaplanan ultrases geçiş hızı değerleri ile numunelerin basınç dayanımları ve diğer özellikleri arasındaki ilişki yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Katı yapıda bir malzemenin içerisinden geçen ultrases geçiş hızı, ses üstü dalgaların içinden geçtiği malzemenin elastiklik modülü ve yoğunluğu ile ilgilidir. Ultrasonik ses geçiş hızı cihazı bu ilişkiden esinlenilerek üretilmiştir.

Ultrases geçiş hızı ile beton kalitesi arasında bir bağıntı vardır ve dayanım kıyaslamasında kullanılabilir (IAEA, 2002). Çizelge 3.7. de ultrases geçiş hızları ile beton kalitesi arasındaki bağıntı gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Ultrases geçiş hızları ile beton kalitesi arasındaki bağıntı (IAEA, 2002)

Boylamsal dalga geçiş hızı, km/s	Beton kalite sınıflandırılması
>4,5	Mükemmel
3,5-4,5	İyi
3,0-3,5	Orta
2,0-3,0	Zayıf
<2,0	Çok kötü

Ultrases geçiş hızı deneyini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar;

- Gönderici başlığın ve alıcı başlığın harç yüzeyiyle teması,
- Gönderici başlık ile alıcı başlık arasındaki mesafe farkı,
- Testin uygulandığı ortam sıcaklığı,
- Harçtaki nem miktarı,
- Harcın içerisindeki demir donatılardır (Anonim 2019f).

Ultrases geçiş hızı sürelerinin belirlenmesinde mala harç numunesi yüzeyinde bulunan pürüzlerin meydana getirdiği boşlukları doldurmak amacıyla numunelerin alt ve üst yüzeylerine vazelin sürülerek 55 kHz'lik ses dalgaları gönderen gönderici ve alan alıcı Şekil 3.5'te görüldüğü gibi numunenin yüzeylerine düzgün olarak yerleştirilerek, direkt iletim yöntemi uygulanarak ultrases geçiş süreleri (t , μs) okunmuştur. Probların yeri değiştirilip ikinci okuma alınmıştır, her bir harç numunesi örneği için bu iki okumanın ortalamaları

alınarak kullanılan bağıntı ile ses geçiş hızı (V,km/sn) hesaplanmıştır. Harç numunelerinde ultrasen geçiş hızları TS EN 14579, 2006 standardına göre Şekil 3.4.'te görüldüğü gibi ölçülmüştür. Ultrasen formülü aşağıdaki bağıntıda (3.3) verilmiştir;

$$V = \ell / t \quad (3.3)$$

V: Ultrasen hızı (m/sn)

ℓ : Ultrasen dalgasının aldığı yol (m)

t: Ses geçiş süresi, μ s



Şekil 3.4. Ultrasen geçiş hızı deneyi

3.3.4 Su Emme Deneyi

Su emme deneyi, harç numunelerinin suya doygun ağırlığı (P_1) ile kuru ağırlığı (P_0) arasındaki farkın kuru ağırlığına oranının yüzde olarak belirlenmesidir. Su emme deneyi 28 gün suda bekleyen harç numuneleri sudan çıkartılarak önce etüvde 24 saat boyunca 105°C 'de bekletilmiştir. 24 saat sonunda numuneler çıkartılarak hassas terazide kuru ağırlıkları (P_0) tartılmıştır. Tartım işlemi bittikten sonra numuneler 24 saat su dolu kür havuzunda bekletilmiştir. 24 saat sonunda numunelerin suya doygun ağırlıkları (P_1) hassas terazide ölçülmüştür. Su emme yüzdesi aşağıdaki formülle (3.4) hesaplanmıştır;

$$W_A(\%) = \frac{P_1 - P_0}{P_0} * 100 \quad (3.4)$$

W_A : Su emme yüzdesi (%)

P_0 : Kuru ağırlık (g)

P_1 : Suyu doygun ağırlık (g)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Mısır koçanı külü, fındikkabuğu külü, ayçiçeği sapı küllerinin çimento ile ikame olarak kullanıldığı harçların dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada, yapılan deneylerden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

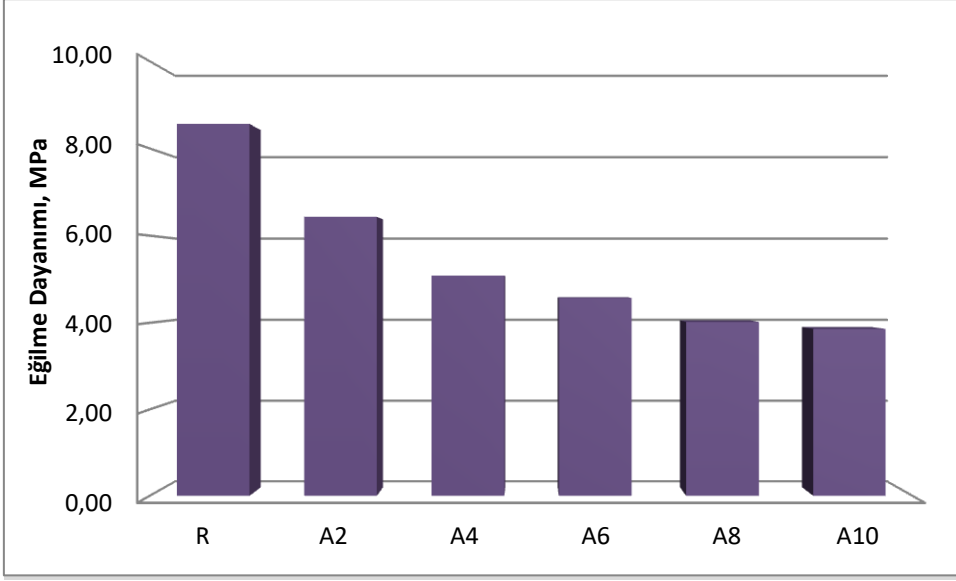
4.1 Eğilme Dayanımı

Harç numunelerinin 28 günlük eğilme dayanım deneyi sonuçları aşağıda sırasıyla Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir.



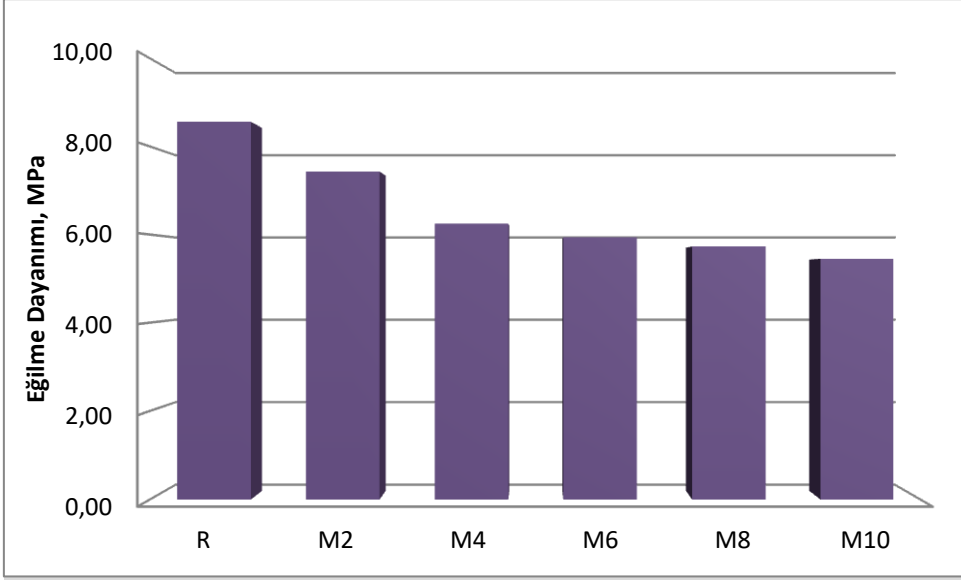
Şekil 4.1. Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları

Fındikkabuğu külü katkılı harç numune örneğine ait eğilme dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 8,56 MPa olarak bulunmuştur. Eğilme dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında fındikkabuğu külü ilaveli olan F2 numunesidir. Bu değer 7,67 MPa olarak bulunmuştur. Referans numunesine göre eğilme dayanımındaki azalma oranları yüzde (%) olarak aşağıda verilmiştir. Bu oranlar F2 numunesi için %10,4 azalma, F4 numunesi için %19,7 azalma, F6 numunesi için %29,2 azalma, F8 numunesi için %35,4 azalma ve F10 numunesi için de %36,2'lik azalma meydana gelmiştir. %2'lik kül ilavesinde, referans numuneye göre eğilme dayanımı %10,4 azalırken, %4'lük kül ilavesinde ise %19,7'lik azalma söz konusudur. Bu sonuçlardan hareketle her kül ilavesinde eğilme dayanımında ortalama %10'luk azalmalar meydana gelmiştir.



Şekil 4.2. Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları

Ayçiçeği sapı külü katkılı harç numune örneğine ait eğilme dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 8,56 MPa olarak bulunmuştur. Eğilme dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında ayçiçeği sapı külü ilaveli olan A2 numunesidir. Bu değer 6,43 MPa olarak bulunmuştur. Referans numunesine göre kül katkılı harç numunelerinin eğilme dayanımlarındaki azalmalar yüzdeler olarak hesaplanmıştır. Bu azalma değerleri A2 numunesi için %24,9, A4 numunesi için %40,6, A6 numunesi için %46,6, A8 numunesi için %53 ve A10 numunesi için de %55’tir. Eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre eğilme dayanımında azalma oranı en düşük olan numune %24,9 ile A2 nolu numune olmuştur. Bütün bu değerler incelendiğinde kül ilavesi arttıkça eğilme dayanımında fazla miktarda azalmalar meydana gelmiştir.

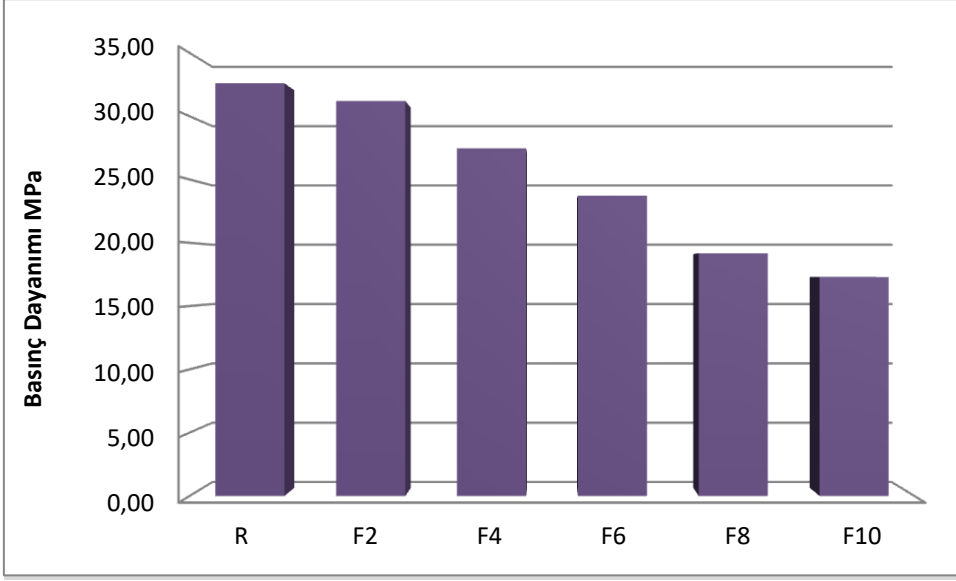


Şekil 4.3. Mısır koçanı külü katkılı numunelerin eğilme dayanımları

Mısır koçanı külü katkılı harç numune örneğine ait eğilme dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük eğilme dayanımı değeri 8,56 MPa olarak bulunmuştur. Eğilme dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında mısır koçanı külü ilaveli olan M2 numunesidir. Bu değer 7,43 MPa olarak okunmuştur. Kül katkılı harç numunelerinin referans numunesine göre eğilme dayanımındaki azalmalar hesaplanmıştır. Bu azalma oranları, M2 numunesi için %13,2 M4 numunesi için %27, M6 numunesi için %30, M8 numunesi için %33 ve M10 numunesi için ise %36'dır. Kül ilavesi arttıkça eğilme dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre eğilme dayanımında azalma oranı en düşük olan numune %13,2 ile M2 nolu numune olmuştur.

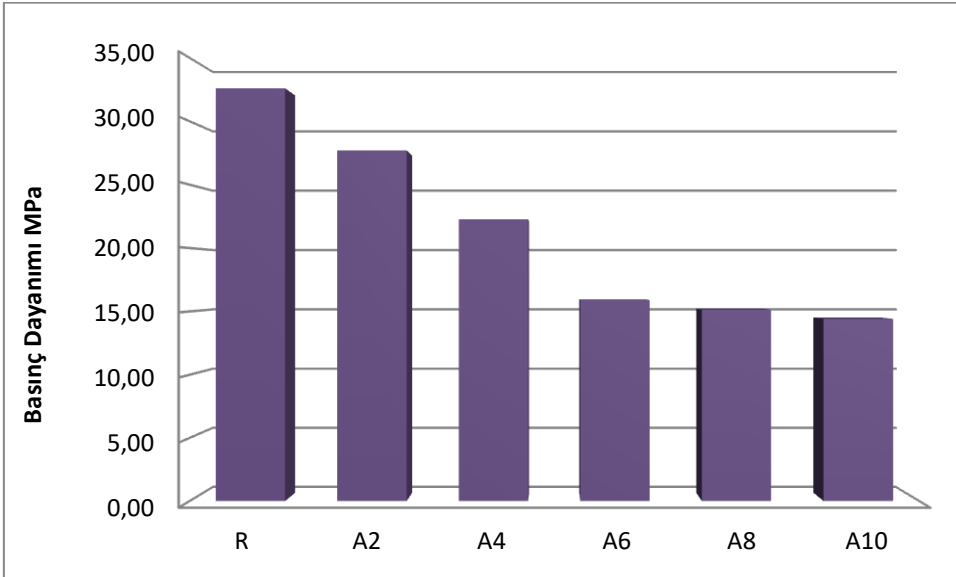
4.2 Basınç Dayanımı

Harç numunelerinin basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen örneklerle araştırılmıştır. Üretilen harç numunelerin 28 günlük basınç dayanımları bulunmuştur. Harç numune örnekleri 28 günlük basınç dayanım deneyi sonuçları Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. Fındıkkabuğu külü katkılı numunelerin basınç dayanımları

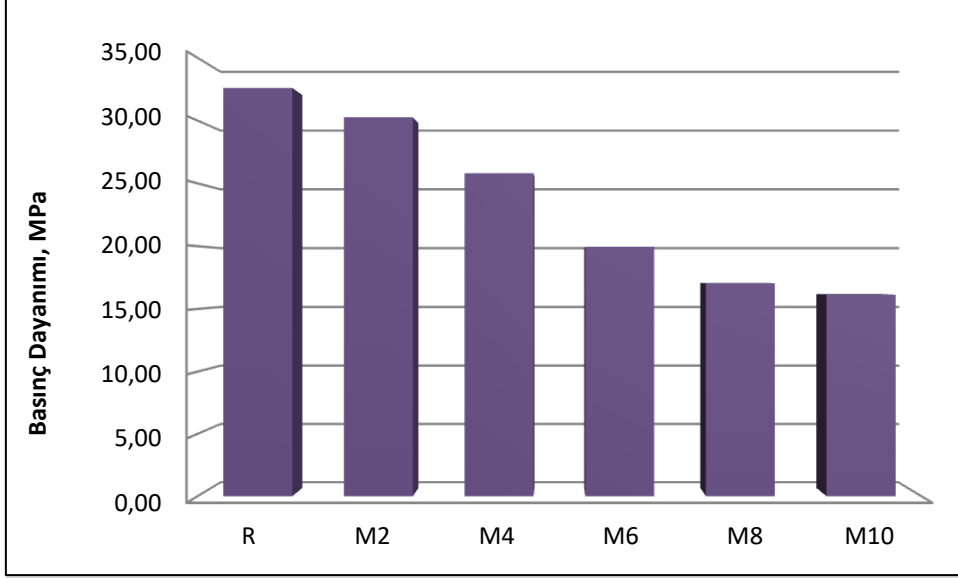
Fındıkkabuğu külü katkılı harç numune örneğine ait basınç dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 32,6 MPa olarak okunmuştur. Basınç dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında fındıkkabuğu külü ilaveli olan numunedir. Bu değer 31,19 MPa olarak okunmuştur. Kül ilavesi arttıkça basınç dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre basınç dayanımında azalma oranı düşük olan numune %4,3 ile F2 nolu %2 oranında fındıkkabuğu külü içeren numune olmuştur.



Şekil 4.5. Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin basınç dayanımları

Ayçiçeği sapı külü katkılı harç numune örneğine ait basınç dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.5'te verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 32,6 MPa

olarak okunmuştur. Basınç dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında ayçiçeği sapı külü ilaveli olan numunedir. Bu değer 27,69 MPa olarak okunmuştur. Kül ilavesi arttıkça basınç dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre basınç dayanımında azalma oranı düşük olan numune %15,06 ile A2 nolu numune olmuştur.



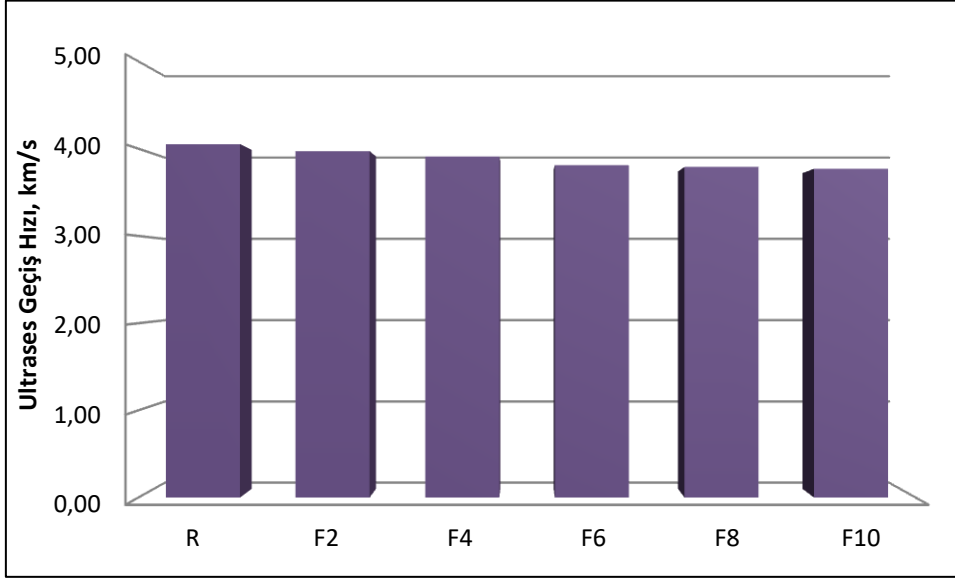
Şekil 4.6. Mısır koçanı külü katkılı numunelerin basınç dayanımları

Mısır koçanı külü katkılı harç numune örneğine ait basınç dayanımı deneyi sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük basınç dayanımı değeri 28,6 MPa olarak okunmuştur. Basınç dayanım değeri en yüksek olan harç numunesi örneği %2 oranında mısır koçanı külü ilaveli olan numunedir. Bu değer 30,26 MPa olarak okunmuştur. Kül ilavesi arttıkça basınç dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre basınç dayanımında azalma oranı düşük olan numune %7,2 ile M2 nolu %2 oranında mısır koçanı külü içeren numune olmuştur.

Kül katkılı harç örneklerinde kül oranı arttırıldıkça basınç dayanımı azalma eğilimi göstermiştir. En yüksek basınç dayanımını veren numuneler sırasıyla %2 fındikkabuğu külü kül içeren F2 örnekleri ve yine %2 oranında Mısır koçanı külü içeren M2 numune örnekleridir. Basınç eğilim deneylerinin düşük sonuçlar vermesi puzolanik aktivite ile açıklanabilir. Bu durum optimum kül oranının %2 oranından daha az olması gerektiğini göstermektedir.

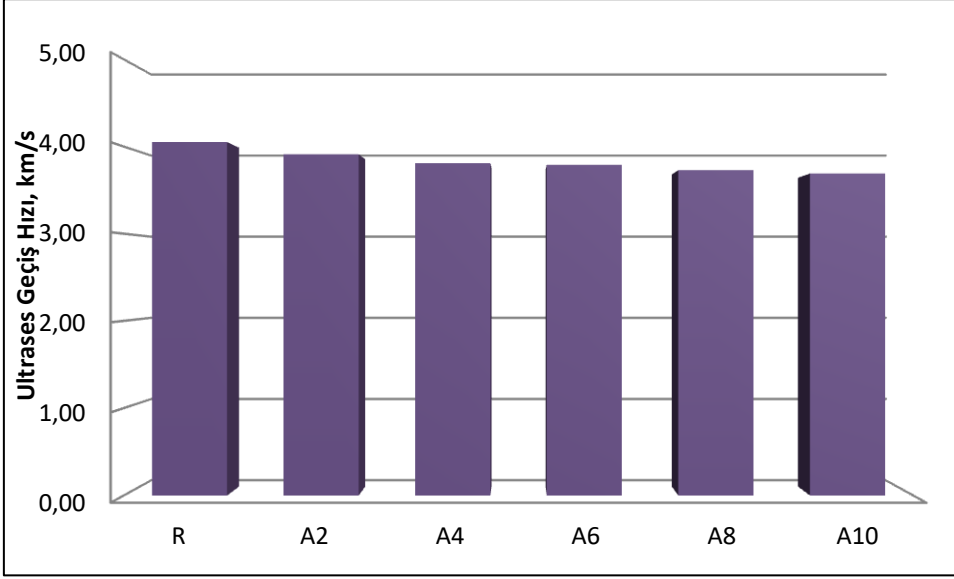
4.3 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

Kül katkılı harç numunelerinin zamana bağılı olarak yapılan ultrases geçiş hızı değerleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



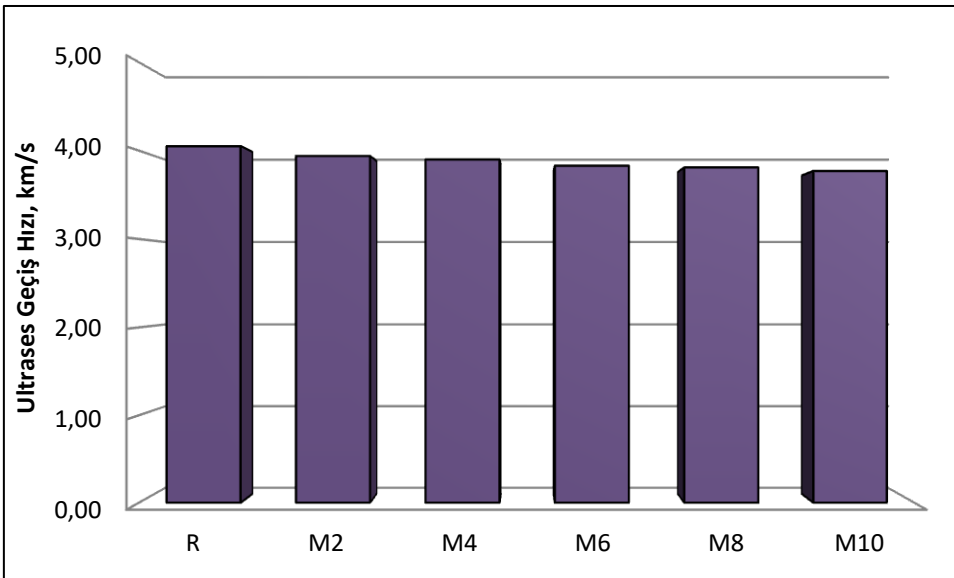
şekil 4.7. Fındıkkabuğu külü katkılı numunelerin ultrases geçiş hızları

Fındıkkabuğu külü katkılı harç numune örneğine ait ultrases geçiş hızı deney sonuçları şekil 4.7’de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük ultrases geçiş hızı değeri 4,05 km/s olarak okunmuştur. Bu sonuçlar incelendiğinde ses geçiş hızı değeri en yüksek olan harç numunesi F2 kodlu numunedir. Bu değer 3,97 olarak okunmuştur. Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre ultrases geçiş hızında azalma oranı düşük olan numune %1,97 ile F2 nolu numune olmuştur. Bütün deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıkça ultrases geçiş hızı değerlerinde azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.8. Ayçiçeği sapı külü külü katkılı numunelerin ultras ses geçiş hızları

Ayçiçeği sapı külü katkılı harç numune örneğine ait ultras ses geçiş hızı deney sonuçları Şekil 4.8’de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük ultras ses geçiş hızı değerı 4,05 km/s olarak okunmuştur. Bu sonuçlar incelendiğinde ses geçiş hızı değerı en yüksek olan harç numunesi A2 kodlu numunedir. Ultras ses geçiş hızı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre ultras ses geçiş hızında azalma oranı düşük olan numune %3,45 ile A2 nolu numune olmuştur. Bütün deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıka ultras ses geçiş hızı değerlerinde azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.9. Mısır koçanı külü külü katkılı numunelerin ultras ses geçiş hızları

Mısır koçanı külü katkılı harç numune örneğine ait ultras ses geçiş hızı deney sonuçları Şekil 4.9’da verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük ultras ses geçiş hızı değerı 4,05 km/s

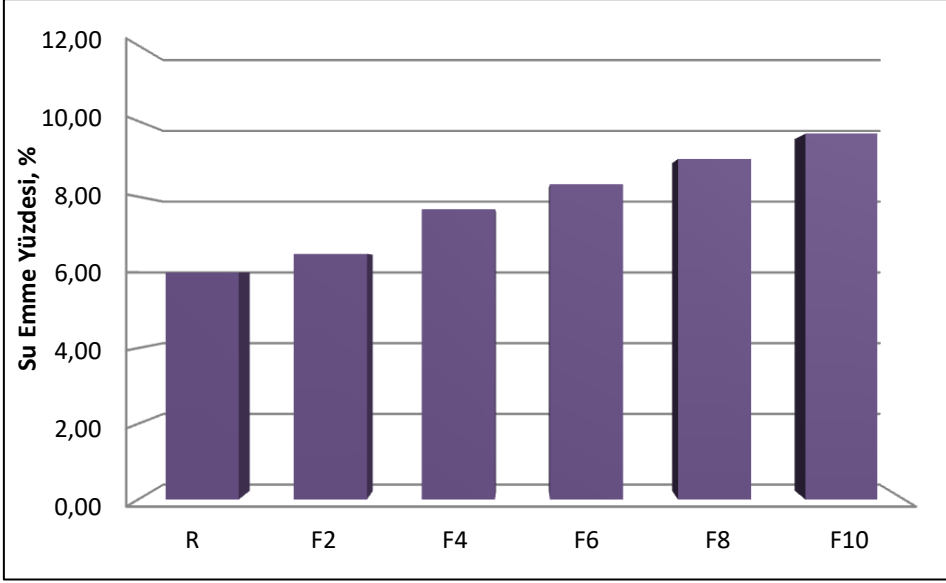
olarak okunmuştur. Bu sonuçlar incelendiğinde ses geçiş hızı değeri en yüksek olan harç numunesi M2 kodlu ve %2 oranında mısır koçanı külü ilavesi olan numunedir. Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, referans numuneye göre ultrases geçiş hızında azalma oranı düşük olan numune %2,72 ile M2 nolu %2 oranında mısır koçanı külü içeren numune olmuştur. Bütün deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıkça ultrases geçiş hızı değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

Harç numunelerinde ölçülen ultrases geçiş hızı gibi sismik dalgaların hızları, o ortam hakkında bilgi verebilirler. Dolayısıyla, ölçümü yapılan ultrases geçiş hızı, numunelerin basınç ve eğilme dayanımları hakkında yeterli ve güvenilir bilgi verdiği bilimsel çalışmalarla ispatlanmıştır (Uyanık, 1999; Uyanık ve Çekmen 2009).

Numunelerde ultrases geçiş hızının yüksek olması numune içerisinde bulunan boşluklu yapının olmadığını veya çok az olduğunu göstermektedir. Ultrases geçiş hızının düşük olması da harç numuneleri içerisindeki boşluk oranlarının fazla olduğunu ifade etmektedir. Ses dalgaları bilindiği üzere boşluklu ortamda daha yavaş hareket ettiklerinden dolayı daha düşük değerler elde edilmektedir. Kül katkılı harç numunelerinde, kül miktarı arttıkça ses geçiş hızları referans harç numunesine göre daha düşük değerler almıştır. Numuneler üzerinde yapılan basınç deneylerine paralel olarak ve yapılan önceki çalışmalar ışığında, basınç dayanımının artan kül oranlarında düşmesiyle, ultrases geçiş hızının buna paralel olarak azalması çalışmaların literatür çalışmalarıyla benzer sonuçları verdiğinin bir göstergesidir.

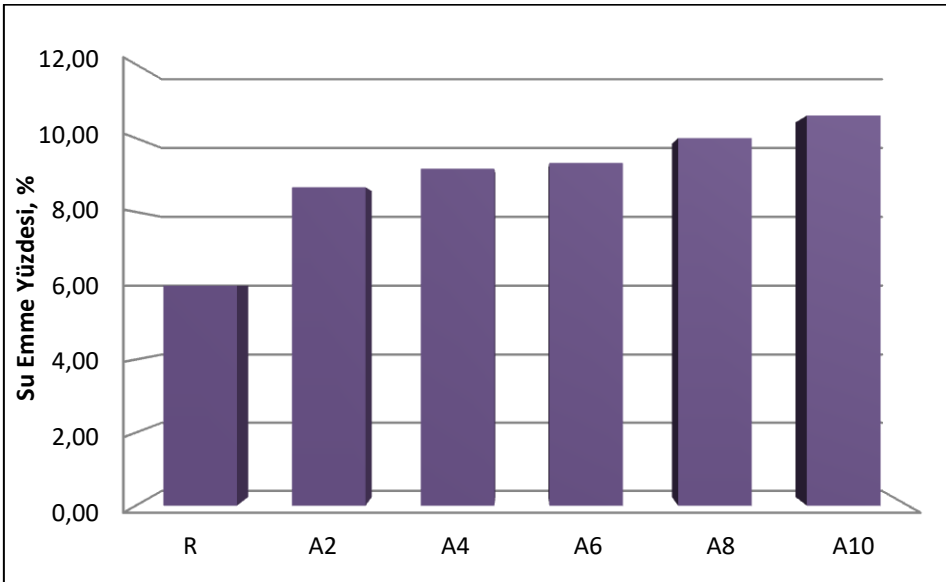
4.4 Su Emme Deneyi

Harç numunelerinin su emme yüzdeleri, kür havuzunda bekletilen örneklerle araştırılmış olup sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.10. Fındikkabuğu külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri

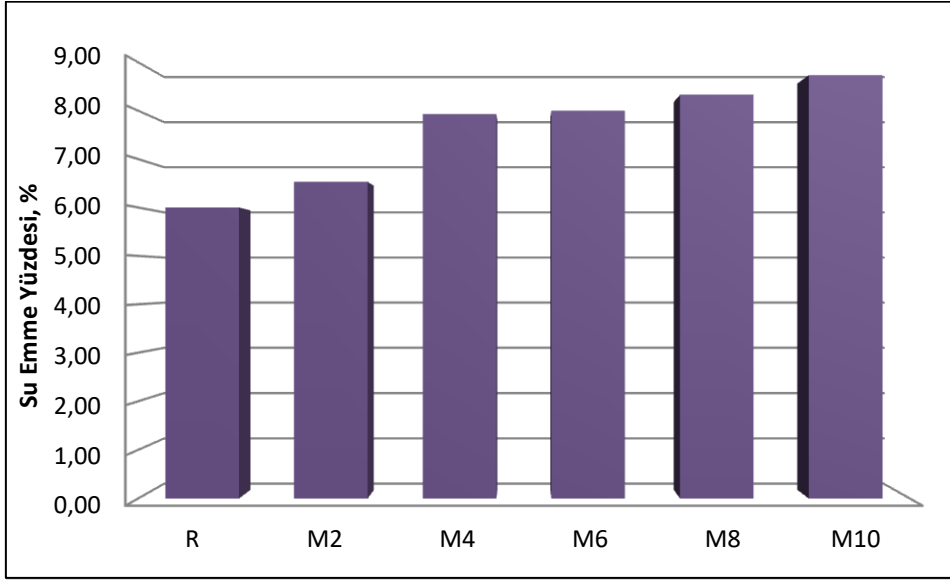
Fındikkabuğu külü katkılı harç numune örneklerinde hesaplanan su emme deneyi sonuçları Şekil 4.10’da verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük Su emme yüzdesi oranı %6 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde su emme yüzdesi değeri en düşük olan harç numunesi F2 kodlu numunedir. Bu oran %6,49 olarak belirlenmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıkça su emme değerlerinde artış meydana gelmektedir. Su emme değerindeki artışın sebebi küllerin harç içerisinde meydana getirdikleri boşluklardan dolayı olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.11. Ayçiçeği sapı külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri

Ayçiçeği sapı külü katkılı harç numune örneklerinde hesaplanan su emme deneyi sonuçları Şekil 4.11’de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük Su emme yüzdesi oranı %6

olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde su emme yüzdesi değeri en düşük olan harç numunesi A2 kodlu ve %2 oranında fındıkkağıtlı kül ilavesi olan numunedir. Deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıkça su emme değerlerinde artış meydana gelmektedir.



Şekil 4.12. Mısırkoçanı külü katkılı numunelerin su emme yüzdeleri

Mısır koçanı külü katkılı harç numune örneklerinde hesaplanan su emme deneyi sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir. Referans numunesine ait 28 günlük Su emme yüzdesi oranı %6 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde su emme yüzdesi değeri en düşük olan harç numunesi M2 kodlu ve %2 oranında mısır koçanı külü ilavesi olan numunedir. Deney sonuçları incelendiğinde kül katkı oranı arttıkça su emme değerlerinde artış meydana gelmektedir.

Harç analizlerinde basınç dayanımlarının biliniyor olması, harcın diğer özellikleriyle ilgili kalitatif bilgiler sağlayabilmektedir. Örneğin harç numunelerinin basınç dayanım değerinin yüksek olması, harçtaki su geçirimsizliğinin düşük olduğunu ve dayanıklılığın yüksek olduğunu işaret etmektedir (Anonim 2019f).

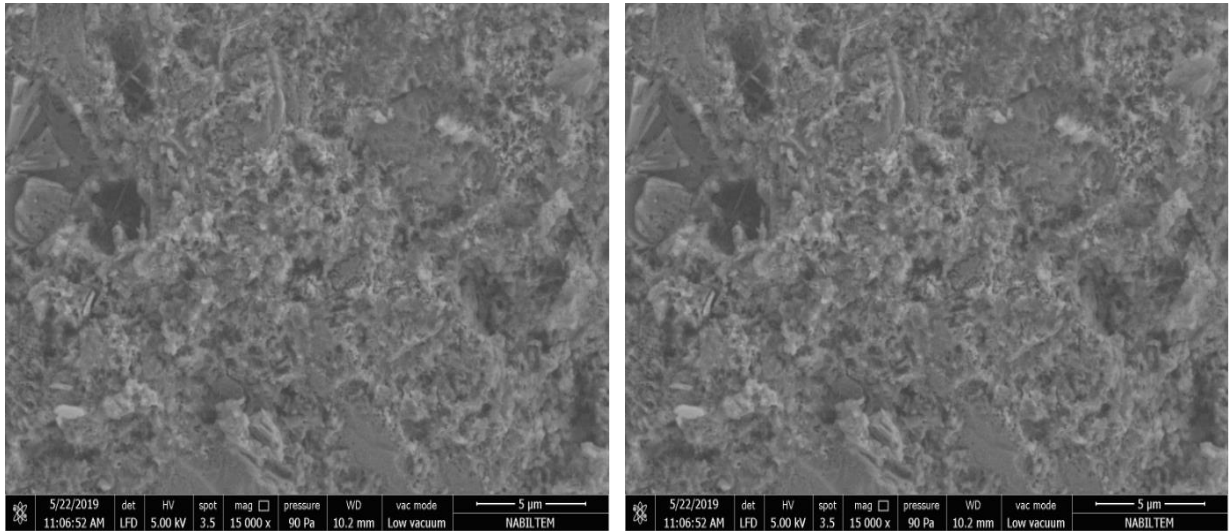
Harç numunelerindeki su emme oranları arttıkça, numunelerin basınç dayanımları ve eğilme dayanımlarında da azalmalar meydana gelmiştir. Bu durumun harç numuneleri arasındaki boşluklu yapıdan kaynaklandığı düşünülebilir.

Bütün harç numune örneklerinde hesaplanan su emme yüzdesi değerleri incelendiğinde referans numunesinin su emme değeri %6 olduğu gözükmektedir. Kül katkılı harç numune örneklerinde ise en düşük su emme yüzdesi değeri F2 kodlu harç numunesidir. Kül ilavesi

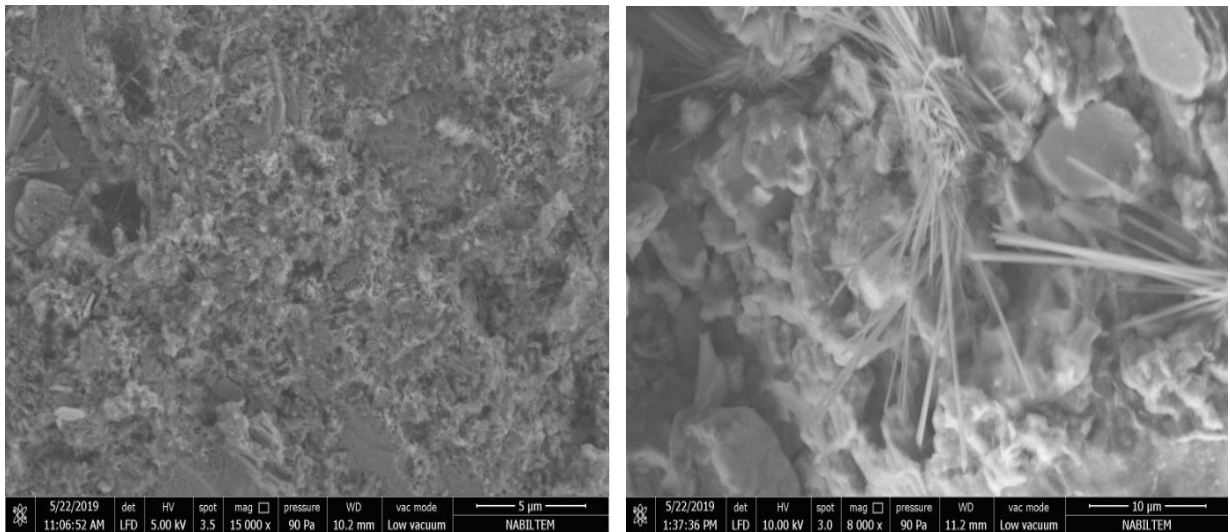
arttıkça su emme oranlarının artmasının sebebi topaklanmaları nedeniyle harç numuneleri içinde meydana gelen boşluklardan dolayı olduğu tahmin edilmektedir. Oluşan bu boşluklar, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı değerlerinin kontrol numunelerine göre daha düşük değerler almasına sebep olmuştur.

4.5 SEM Görüntüleri

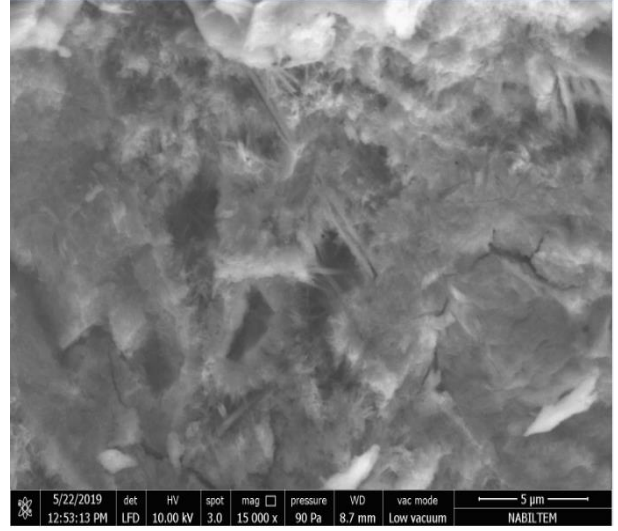
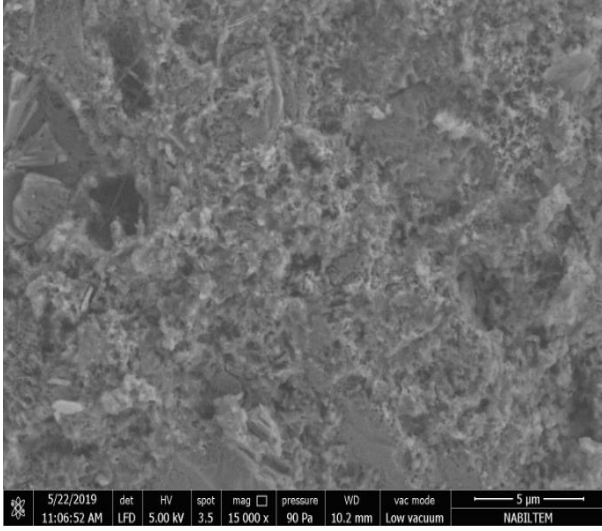
Kül ilavesi sonrası elde edilen harç numunelerinin ve referans numunesinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (NABİLTEM) Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında çekilmiştir. Referans numunesinin SEM görüntüleri Şekil 4.13te, ayçiçeği sapı külü içeren numunelerin SEM görüntüleri Şekil 4.14, fındikkabuğu külü içeren numunelerin SEM görüntüleri Şekil 4.15 ve mısır koçanı külü içeren numunelerin SEM görüntüleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



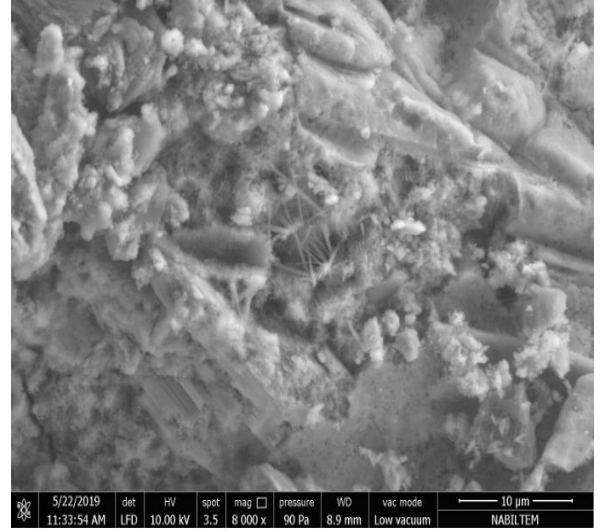
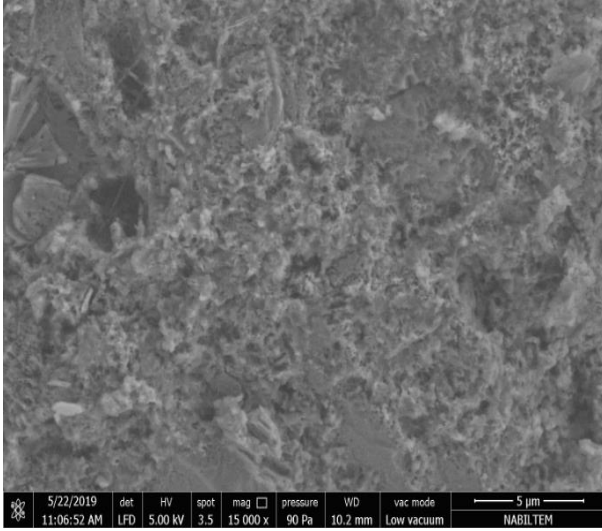
Şekil 4.13. Referans numunesi SEM görüntüleri



Şekil 4.14. Ayçiçeği sapı külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri



Şekil 4.15. Fındıkkabuğu külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri



Şekil 4.16. Mısır koçanı külü içeren (%2) harç numunesi SEM görüntüleri

5. SONUÇLAR

Sanayinin gelişmesi ve insan nüfusunun artmasıyla birlikte insanların barınma ihtiyacı da artmıştır. Bunun yanında üretimin de artmasıyla sanayi kaynaklı atıkların oluşumu artmakta geri dönüşümü yapılamayan atıkların düzenli depolama sahalarında depolandığı da bilinmektedir. Düzenli depolama sahalarının kapasiteleri bilinçsiz atık yönetimi uygulamalarıyla hızla dolmakta ve yeni alanların yapılmasına sebebiyet vermektedir. Bunun yanında tarımsal faaliyetler sonucu oluşan bitkisel atıklar vardır. Bitkisel atıkların uygun şekilde geri dönüşümlerinin sağlanamaması veya bertaraf edilmemeleri çevre ve toprak sağlığı açısından olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Çiftçilerin yaygın olarak kullandığı bitkisel atık bertaraf yöntemi anız yakılmasıdır. Giriş bölümünde de ifade ettiğimiz gibi anız yakılmasının topraktaki canlılık faaliyetini durdurma aşamasına getirdiği ve topraktaki biyolojik aktiviteyi yok ettiği bilinmektedir. Bu olumsuz sebeplerden dolayı çiftçilerin istemediği bitkisel atıkların inşaat yapı malzemesi olarak değerlendirilebileceği üzerine bu tez çalışması hazırlanmıştır. Ayrıca ülkemizde atıkların farklı amaçlarla hem geri dönüşüm açısından hem de hammadde kullanımının azaltılması açısından ekonomiye fayda sağlayacağı bilinmektedir. Bu çalışmalar hem atıkların geri kazanımını sağlayacağı hem de çevresel sorunların önüne geçilebileceğinin bir göstergesidir. Günümüzde yapı malzemesi denildiğinde aklın ilk gelen materyallerden birisi muhakkak ki harçtır. İnşaat sektöründe kullanılan harçlarda aranan en büyük özelliklerden birisi istenilen en iyi dayanım ve dayanıklılığın birlikte sağlanabilmesidir. Harç elemanlarının dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla farklı yapıda bitkisel atık külleri kullanılmıştır. Bitkisel atık külleri çimentoya belirli oranlarda ilave edilerek harç numuneleri üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmalar neticesinde, mısır koçanı külü, fındikkabuğu külü ve ayçiçeği sapı küllerinin yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Belirli oranda bitkisel atık külü katkılı sertleşmiş harç numunelerinin dayanıklılık performansları kontrol numunesi baz alınarak değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalar sonrasında harç numunelerinin mukayese edilmesinde, harç numunelerinin mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Bu özellikler eğilme dayanımı, basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve su emmedir. Bu veriler sonrasında yapılan değerlendirme ile harç numunelerinin tüm özellikleri ikame oranları ile belirgin olarak değiştiği sonucuna varılmıştır. Genel eğilim ikame oranlarının artmasıyla değerlerin azalması şeklindedir. Eğilme dayanımı, basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve su emme değerleri, referans numunesine göre düşük değerler vermiştir.

1. Kül katkılı harç karışımlarının işlenebilirliği;

Bitkisel atık küllerinin ilavesiyle elde edilen harç karışımlarının genel olarak işlenebilirliğinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Harç numunelerinin fındikkabuğu külü ilavesiyle düşük oranlarda işlenebildiği, ayçiçeği sapı külü ve mısır koçanı külleri ilavesiyle işlenebilirliğinin fındikkabuğu külüne oranla daha da azaldığı gözlemlenmiştir.

2. Kül katkılarının basınç ve eğilme dayanımlarına etkileri;

Bitkisel atıkların külleriyle yapılan tekli karışımların basınç dayanımları incelendiğinde referans numuneye en yakın değeri F2 kodlu harç numunesi vermiştir. Durabilitesi yüksek harç üretiminde katkı malzemesi olarak düşük oranlarda fındikkabuğu külü kullanılabilir. Diğer kül türlerine göre fındikkabuğu külü katkılı harç numunelerinin basınç dayanımının yüksek çıkması, külün kimyasal içeriğinde silis oranının fazla olması ve puzolanik aktivitesinin fazla olmasıyla açıklanabilir. Puzolanik katkılar çimentoda bulunan silikat içerikli ana bileşenlerin hidratasyonu sonucu oluşan Ca(OH)_2 ile tepkimeye girerek dayanım artmasına neden olmaktadır. Bu reaksiyon sonrasında C-S-H jellerinin oluşması dayanım artışının oluşması anlamına gelmektedir. Ayrıca küllerin yapısında bulunan SiO_2 ve CaO miktarı da basınç ve eğilme dayanımları üzerinde etkilidir. Bir ortamda SiO_2 ve CaO 'in fazla olması, harç numunelerinin puzolanik aktivitesini artırmaktadır. Fındikkabuğu külü içerisinde yüksek miktarda bulunan SiO_2 ve CaO , diğer numunelere göre basınç ve eğilme dayanımlarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Yapılan deneysel çalışmalarda kül ilavelerinin maksimum %2 oranında olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca F4 ve F6 kodlu numuneler, A2 ve A4 kodlu numuneler ile M2 ve M4 kodlu harç numunelerinin basınç dayanım değerleri 20 MPa değerinden fazla çıkmıştır.

Dayanım ve dayanıklılık deneylerine göre genel bir değerlendirme yapıldığında düşük oranlarda fındikkabuğu külü kullanılması (%2), harç numunelerinin dayanımlarını fazla miktarda azaltmadığı sonucuna varılmıştır. Dayanım ve dayanıklılık deneylerinin sonuçları incelendiğinde ikame oranlarının, üretilen harç numuneleri ile literatürde yapılan çalışmalara benzer sonuçlar elde edildiği gibi dayanıklılık ve dayanım özellikleri üzerinde de etkisi olduğunu göstermiştir.

Eğilme dayanımı deneyleri incelendiğinde fındikkabuğu külü katkılı harç numunelerinden %2'lik kül katkı oranına sahip numune, referans numunesine yakın değerler vermiştir. Basınç dayanımı değerleriyle benzer sonuçlar vermiştir.

3. Kül katkılarının ultrases geçiş hızlarının değerlendirilmesi;

Harç numunelerinde tahribatsız dayanım testi olarak uygulanan ultrases geçiş hızı deneyi, harca gönderilen ultrases dalgaları ile içerisindeki yoğunluğu bulunmuştur. Yoğunluğu düşük olan bir harçta, ultrases dalgalarının bir yüzeyden diğerine ulaşma süresi daha fazladır. Dalga boylarından faydalanarak dayanım hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Ultrases dalgası ölçüm cihazında okunan değerler azaldıkça, harç numunesinin basış ve eğilme değerleri de artmaktadır. Okunan değerler arttıkça basınç ve eğilme değerleri de azalmaktadır. Ultrases geçiş hızı deneylerine göre referans numuneye en yakın değeri %2'lik fındikkabuğu külü içeren harç numune örneği vermiştir. Bu değer 3,97 km/s olarak bulunmuştur. Çalışmada hazırlanan bütün harç numune örnekleri iyi kalite beton özelliği göstermektedir. Üretilen kül katkılı harç numunelerine yapılan deneylerde ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde basınç ve eğilme dayanımları değerleri ile örtüşmektedir.

4.Su emme yüzdelerinin değerlendirilmesi

Harç numunelerinin atmosferik basınç altında su emme oranları incelenmiştir. Su emme oranları açısından değerlendirme yapıldığında, referans numuneye en yakın, su emme değeri en düşük olan harç numune örneği %2'lik fındikkabuğu külü katkılı harç numunesidir. Ayrıca %2 oranında mısır koçanı külü içeren numunelerin de su emme değeri referans numunesine yakın sonuçlar vermiştir. Kül katkısının atmosferik basınç altında su emme oranlarını arttırıcı etkisi olduğunu söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Açma, H., ve Yaman, S. (2010). production of smokeless bio-briquettes from hazelnut shell. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol II WCECS. San Francisco, USA.
- Adesanya, D. A. ve Raheem, A. A. (2009). Development of Corn Cob Ash Blended Cement, Construction and Building Materials, 23, p.347-352.
- Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşçioğlu, C. ve Peker, H. (2013). Fındıkkabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:14, Sayı:1, 50-56.
- Akırmak, E. (2010). “Tarımsal Atık Şeker Pancarı Küspesi İle Sürekli Çalışan Dolgulu Kolonda Tekli Ve İkili Boyarmadde Ve Metal Gideriminin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aksoğan, O., Binici, H. ve Örtlek, E. (2016). Durability of Concrete Made By Partial Replacement of Fine Aggregate By Colemanite And Barite And Cement By Ashes of Corn Stalk, Wheat Straw And Sunflower Stalk Ashes, Construction and Building Materials 106 (2016) 253–263.
- Alkaya, Ş. (2010). Hafif Beton Üretiminde Organik Atıkların (Ayçiçeği Sapı) Kullanılabilme Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Anonim, (2019). Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/tr/23792/Aciklamali-Afet-Yonetimi-Terimleri-Sozlugu?kelime=s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir+%C3%A7evre> [Erişim Tarihi: 04.05.2019]
- Anonim, (2019a). Erişim adresi: <http://insaat.cumhuriyet.edu.tr/wp-content/uploads/1.-SUNUM-ATIKLARIN-OLU%C5%9EUMU.pdf> [Erişim tarihi 01.05.2019]
- Anonim, (2019b). <https://docplayer.biz.tr/5658561-1-1-bitkisel-artiklari-degerlendirme-alanlari.html>. [Erişim tarihi: 05.04.2019]
- Anonim, (2019c). Erişim adresi: <http://tyhm.cu.edu.tr/Tr/detay.aspx?pageId=1495>. [Erişim tarihi: 01.05.2019]

- Anonim, (2019d). Erişim adresi: http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30602&tipi=17&sube=0 [Erişim tarihi: 15.06.2019]
- Anonim, (2019e). Erişim adresi: http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30187&tipi=17&sube0 [Erişim tarihi: 13.08.2019]
- Anonim, (2019f). <https://docplayer.biz.tr/7776618-Betonun-basinc-dayanimi.html> [Erişim tarihi: 04.09.2019]
- Aprianti, E., Shafigh, P., Bahri, S. ve Farahani, J. N. (2014). Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes – A review. *Construction and Building Materials* 74 (2015) 176–187.
- Aslantaş, A. (2018). “Dünya’da Ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı Ve Potansiyeli”, Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya
- AYGEY. (2008). Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği, RG.05.07.2008 tarih ve 26927 Sayı.
- AYY. (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği RG.02.05.2015 tarih ve 29314 Sayı.
- Balaban, A. ve şen, E. (1988). Tarımsal Yapılar, A. Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No:845.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H. H., Karaca, C., Kaçira, M., Ekinici, K., Kaya, D., Ahmet, B., Güneş, K., Komıttı, N., Barnes, I., ve Nieminen, M. (2006). A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. Final Report Annex XIV, LIFE 03 TCY/ TR /000061, Adana.
- Bentur, A. (2002). Cementitious materials – nine millennia and a new century: Past, present and future *ASCE J Mater in Civil Engineering*, 14 (1), pp. 1-22.
- Biricik, H., Bertay, İ., Aköz, F. ve Tulgar, A. N. (1996). Buğday Sapı Külünün Pozolanik Özelliklerinin Araştırılması. 4. Ulusal Beton Kongresi, 369-380.
- Biricik, H., Akoz, F., Bertay, I. ve Tulgar, A. N. (1999). Study of pozzolanic properties of wheat straw ash *Cem Concr Res*, 29, pp. 637-643.
- Boating, A. A. ve Skeete, D. H. (1990). Incineration of rice hull for use as a cementitious materials; The Guyana experience *Cem Concre Res*, 20 (1990), pp. 795-802.

- Cook, J. D. (1986). Rice husk ash R.N. Swamy (Ed.), Concrete technology and design, Cement replacement material, 3, Surrey University Press, London (1986), pp. 171-195.
- Çam, A. S. (2017). Characterization Of Clay Brick Materials Produced With Red Mud And Nut Shell Wastes For Building Applications. MSci, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İzmir.
- Çelik, Ç. ve Gürdal, E. (2005). Yerfıstığı Kabuğunun Agrega Olarak Kullanım Olanakları, İTÜ Dergisi/a mimarlık, planlama ve tasarım, 4(1), 37-46.
- Çolakoğlu, B. (2018). Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Demirbas, A. ve Asia, A. (1998). Effect of ground hazel nutshell, wood and tea waste on the mechanical properties of cement Cem Concr Res, 28 (8) (1998), pp. 1101-1104.
- Demirtaş, I., Arı, N., Arpacıoğlu, A., Kaya, H. ve Özkan, C. (2005). Değişik Organik Kökenli Gübrelerin Kimyasal Özellikleri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 102s, Antalya.
- Eskicioğlu, A. V. (2013). “Bitkisel Atıklardan Kompost Gübre Üretim Sisteminin Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Fındık Raporu. (2018). 2017 Yılı Fındık Raporu. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Gündüzalp A. A. ve Güven, S. (2016). Atık, Çeşitleri, Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, Ankara, s.s.1-19.
- Hoşgün, E. Z. ve Bozan, B. (2017). Düşük sıcaklık düşük zaman alkali ön işlemlerinin fındık kabuğunun bileşimi ve enzimatik hidrolizi üzerine etkisinin incelenmesi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32: 517-529.
- HTİYAKY. (2004). Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği RG.18.03.2004 tarih ve 25406 Sayı

- International Atomic Energy Agency (2002). Guidebook On Non-Destructive Testing Of Concrete Structure. IAEA. 231p. Vienna, Austria.
- James, J., Subba, R. ve Silica, M. (1986). From rice husk through thermal decomposition, *Thermochim Acta*, vol. 97. Amsterdam: Elsevier Science; 1986. p. 329–36.
- Kibert, C. J. (1994). Establishing Principles and A Modal for Sustainable Construction. Proceedings of First International Conference of CIB TG16 on Sustainable Construction (pp. 3-12). University of Florida.
- Kocabıyık, H. (2003). Ayçiçeği Anızının Parçalanması, Anız Parçalamada Kullanılacak Prototip Bir Makinenin Tasarımı Ve İmalatı Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Mehta, P. K. (1975). Rice hull ash cement high quality acid resisting *ACI Mater J*, 72 (5) (1975), pp. 235-236.
- Mehta, P. K. (1977). Properties of blended cement made from rice husk ash *ACI Mater J*, 74 (9) (1977), pp. 440-442.
- Mehta, P. K. (1983). Technology alternatives for use of rice husk *Approp Tech* (1983), pp.7.
- Mehta, P. K. (1992). Rice husk ash – A unique supplementary cementing material. In: Malhotra V, M, editor. Proceeding of the international symposium on advances in concrete tech, Athens, Greece; 1992. p. 407–30.
- Memon, S. A., Javed, U. ve Khushnood, R. A. (2019). Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials Volume 195*, 20 January 2019, Pages 165-177.
- Moayad, N., Al-Khalaf, H. ve Yousiff ., (1984). Use of rice husk ash in concrete *The Int J Cem Compo Lightweight Concr*, 6 (4) (1984), pp. 241-248.
- Örtlek, E. (2015). Mısır, Buğday ve Ayçiçeği Sapı Külü İle Barit Ve Kolemanit Katkılı Betonların Mühendislik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Özenç, N. (2004). "Fındık Zurufu ve Diğer Organik Materyallerin Fındık Tarımı Yapılan Toprakların Özellikleri ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Palabıyık, H. ve Altunbaş, D. (2004). "Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi", Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler, 103-124. Beta, İstanbul.
- Polat, S. (1995). Mısır Koçanının Tarımsal Yapılarda Malzeme Olarak Kullanılabilme İmkânları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Raheem, A. A. ve Adesanya, D. A. (2009). A study of the workability and compressive strength characteristics of corn cob ash blended cement concrete, *Construction and Building Materials*, 23(1), 311-317.
- Rydholm, S. A. (1965). *Pulping Processes*. Interscience Publishers, 1269 pp., New York.
- Sayar, Ş. (2012). Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Smith, R. G. ve Kamwanga, G. A. (1986). The use of rice husk for making a cementitious material. Use of vegetable plants and fibres as building materials. Joint symposium RILEM/CIB/CCL. Baghdad; 1986. p. E85-94.
- Şanlı, P. (2017). Reaktif Mavi 19 Boyar Maddesinin Çevre Dostu Mısır Koçanı Ve Muz Kabuğu Kullanılarak Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyon Yöntemi İle Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şimşek, O., (2004). *Beton ve Beton Teknolojisi*. Seçkin Yayıncılık, ISBN 9753478097, 247s, Ankara
- Şişman, C. B., Gezer, E. ve Kocaman, I. (2011). Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm buildings, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(1), 40-48.
- TAKY. (2017). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği RG.25.01.2017 tarih ve 29959 Sayı

- Tekin, Ö. F., Eşit, M. ve Varınca, K. B. (2014). İnşaat Sektöründe Çevresel Kaygılara Çözüm Önerileri: Sürdürülebilirlik ve Yeşil Binalar. 2. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi Yayınları.
- Topçuoğlu, G. (2008). Uluslararası piyasada fındığın Türkiye ekonomisine katkısı ve sorunları. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Tufan, M. (2017). Ayçiçeği Sapından Yenilebilir CMC Film Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- TÜİK. (2017). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. Erişim tarihi: 10.01.2019
- Uncu, E. B. (2008). Farklı Lamine Ambalajların Öğütülmüş Fındıklarda Oksidasyon Ve Toplam Tokoferol Düzeyi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uyanık, O. (1999). “Kayaçlarda Sismik Hızlar ve Kayma Direncinin İncelenmesi”, 52 nci Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, Jeoloji Mühendisleri Odası, 10 – 12 Mayıs, 1999, Ankara, ISBN 975 – 395 – 304 – 6, s : 63 - 68.
- Uyanık, O., ve Çekmen, V., (2009). “Zeminlerin Basınç ve Kesme Mukavemetlerinin Sismik Hızlardan Tahmini,” İstanbul Yerbilimleri Dergisi, C . 22,s : 2, s. 95-104, 2009 .
- Üstün, N. ve Şule, B. S. (2016). Alternative Uses Of Wastes Of Fresh Hazelnuts And Hazelnut Processing, 1. International Black Sea Congress on Environmental Sciences (IBCESS) 2016.
- Yılmaz, M., Kök, B. ve Kuloğlu, N. (2011). Karayolu Esnek Üstyapı Malzemelerinin Geri Dönüşümünde Köpük Asfalt Yönteminin Kullanılması. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), (s. 82). Elazığ.
- Yin, K., Ahamed, A. ve Lisak, G. (2018). Environmental perspectives of recycling various combustion ashes in cement production – A review. Waste Management Volume 78, August 2018, Pages 401-416.
- Zhang, M. H. ve Malhotra, V. (1999). High-Performance concrete incorporating rice husk ash as supplementary cementing material ACI Mater J, 93 (6) (1996), pp. 629-636.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan KUMAŞ, 1991 yılında Trabzon'da doğdu. Lise eğitimini 2009 yılında Hasan Cansız Kom Çok Programlı Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimini 2015 yılında tamamladı ve 2016 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılında İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği bölümü tezsiz yüksek lisans programından mezun oldu. 2015-2018 yılları arasında özel bir şirkette Çevre Mühendisi ve İş Güvenliği Uzmanı olarak çalışmıştır. 2018 yılında askerlik görevini yerine getirmiştir. Temmuz 2018-Aralık 2019 tarihleri arasında özel bir şirkette Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı olarak çalışmıştır. Aralık 2019'dan itibaren aynı şirkette İş Güvenliği Uzmanı olarak çalışmaktadır.