



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK PERFORMANSLI ÇİMENTO BAĞLAYICILI ODUN
LİFLİ LEVHA ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

BATUHAN AYKANAT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. SERKAN SUBAŞI**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK PERFORMANSLI ÇİMENTO BAĞLAYICILI ODUN
LİFLİ LEVHA ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Batuhan AYKANAT tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Serkan SUBAŞI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Serkan SUBAŞI

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Yılmaz KOÇAK

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. İlhami DEMİR

Kırıkkale Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 28/09/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

28 Eylül 2018

Batuhan AYKANAT

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği maddi manevi her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Serkan SUBAŞI'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarında ve diğer tüm çalışmalarda benden desteğini hiç esirgemeyen Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU, Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN, Doç. Dr. Ahmet BEYCİOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi. Alper BİDECİ, Dr. Öğr. Üyesi. Bekir ÇOMAK ve Dr. Öğr. Üyesi. Sercan SERİN hocalarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Rasim Cem SAKA, Merve KURTAY, Mine KURTAY ve sevgili aileme, çalışma arkadaşlarıma, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Sanayi Tezlerinin Desteklenmesi Kapsamındaki SAN-TEZ STZ1285 nolu Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

28 Eylül 2018

Batuhan AYKANAT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. ÇİMENTO	3
2.2. ODUN LİFİ	4
2.2.1. Doğu Ladini (Piceaorientalis)	5
2.2.2. Adi Gürgen (Carpinus Betulus).....	6
2.3. PİRİNÇ KABUĞU.....	7
2.4. GENLEŞTİRİLMİŞ KİL	8
2.5. KALSİT	9
2.6. ÇİMENTOLU ODUN KOMPOZİTLER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. MATERYAL	16
3.1.1. Çimento.....	16
3.1.2. Odun Lifi	17
3.1.3. Pirinç Kabuğu	17
3.1.4. Genleştirilmiş Kil	18
3.1.5. Kalsit	19
3.1.6. Su.....	19
3.2. METOT.....	19

3.2.1. Levha Üretim Aşamaları.....	20
3.2.1.1. <i>Karışımın Hazırlanması.....</i>	20
3.2.1.2. <i>Levha Taslağının Hazırlanması.....</i>	22
3.2.1.3. <i>Levha Taslağının Preslenmesi.....</i>	23
3.2.1.4. <i>Presleme Sonrası İşlemler.....</i>	24
3.2.2. Üretilen Levhalara Ait Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	24
3.2.2.1. <i>Birim Hacim Ağırlık Deneyi.....</i>	24
3.2.2.2. <i>Kalınlık Artış Oranı Deneyi.....</i>	24
3.2.2.3. <i>Su Emme Miktarı Deneyi.....</i>	25
3.2.2.4. <i>Rutubet Miktarı Deneyi.....</i>	26
3.2.3. Üretilen Levhalara Ait Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	27
3.2.3.1. <i>Eğilme Dayanımı Deneyi.....</i>	27
3.2.3.2. <i>Elastikiyet Modülü Deneyi.....</i>	28
3.2.3.3. <i>Yüzeye Dik Çekme Direnci Deneyi.....</i>	28
3.2.3.4. <i>Vida Tutma Direnci Deneyi.....</i>	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	30
4.1.1. <i>Birim Hacim Ağırlık.....</i>	30
4.1.2. <i>Kalınlık Artış Oranı.....</i>	32
4.1.3. <i>Su Emme Miktarı.....</i>	33
4.1.4. <i>Rutubet Miktarı.....</i>	36
4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	37
4.2.1. <i>Eğilme Dayanımı.....</i>	37
4.2.2. <i>Elastikiyet Modülü.....</i>	39
4.2.3. <i>Yüzeye Dik Çekme Direnci.....</i>	40
4.2.4. <i>Vida Tutma Direnci.....</i>	42
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	44
6. KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Portland çimentosu.	4
Şekil 2.2. Odun lifi.....	4
Şekil 2.3. Doğu ladini (Piceaorientalis).	5
Şekil 2.4. Adi gürgen (Carpinus Betulus).....	6
Şekil 2.5. Pirinç kabuğu.	8
Şekil 2.6. Genleştirilmiş kil agregası.	9
Şekil 2.7. Mikronize toz kalsit.	9
Şekil 3.1. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan CEMI 42,5 R çimentosu.....	16
Şekil 3.2. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan odun lifi.	17
Şekil 3.3. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan pirinç kabuğu.....	18
Şekil 3.4. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan genleştirilmiş kil agregası.	18
Şekil 3.5. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan toz kalsit	19
Şekil 3.6. Çimentolu lif levha karışımlarının hazırlanmasında kullanılan karıştırıcı.	21
Şekil 3.7. Karıştırıcı yardımıyla levha karışımının hazırlanması.	22
Şekil 3.8. Levha taslağının klavuz yardımıyla kalıba serilmesi.	22
Şekil 3.9. Levha taslağının preslenmesi.....	23
Şekil 3.10. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan endüstriyel pres.	23
Şekil 3.11. Birim hacim ağırlık deneyi için numune ağırlıkların belirlenmesi.....	24
Şekil 3.12. Kalınlık artışı oranı deneyi için numune ölçüm işlemleri.	25
Şekil 3.13. Kalınlık artış oranı deneyinde kullanılan ısıtıcılı su banyosu.....	25
Şekil 3.14. Su emme miktarı deneyi için su banyosunda bekletilen numuneler.	26
Şekil 3.15. Kurutma fırınından çıkarılan numuneler.	26
Şekil 3.16. Eğilme dayanımı deney düzeneği.....	27
Şekil 3.17. Eğilme dayanımı deneyinde kullanılan üniversal test cihazı ve video ekstansometre.	28
Şekil 3.18. Yüze dik çekme direnci test düzeneği.	29
Şekil 3.19. Vida tutma direnci test düzeneği.	29
Şekil 4.1. Birim hacim ağırlık deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.	31
Şekil 4.2. Kalınlık artış oranı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	32
Şekil 4.3. 2 saat sonundaki su emme miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi. ..	34
Şekil 4.4. 24 saat sonundaki su alma miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi. ..	35
Şekil 4.5. Rutubet miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	36
Şekil 4.6. Eğilme dayanımı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.	38
Şekil 4.7. Elastikiyet modülü deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.	39
Şekil 4.8. Yüze dik çekme direnci deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	41
Şekil 4.9. Yüze dik çekme direnci deneyi sonucunda levha numunesi.	41
Şekil 4.10. Vida tutma direnci deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	43
Şekil 4.11. Vida Tutma direnci deneyi sonucunda levha numunesi.	43

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi.....	16
Çizelge 3.2. Kalsitin fiziksel ve kimyasal bileşenleri.....	19
Çizelge 3.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan kodlamalar ve açıklamaları.....	20
Çizelge 3.4. Genleştirilmiş kil içeren numunelerin karışım oranları.....	21
Çizelge 3.5. Pirinç kabuğu içeren numunelerin karışım oranları.....	21
Çizelge 4.1. Birim hacim ağırlık deneyi sonuçları.....	30
Çizelge 4.2. Kalınlık artış oranı deneyi sonuçları.....	32
Çizelge 4.3. 2 saat sonundaki su emme miktarı deneyi sonuçları.....	33
Çizelge 4.4. 24 saat sonundaki su emme miktarı deneyi sonuçları.....	34
Çizelge 4.5. Rutubet miktarı deneyi sonuçları.....	36
Çizelge 4.6. Eğilme dayanımı deneyi sonuçları.....	37
Çizelge 4.7. Elastikiyet modülü deneyi sonuçları.....	39
Çizelge 4.8. Yüze dik çekme deneyi sonuçları.....	40
Çizelge 4.9. Vida tutma direnci deneyi sonuçları.....	42

KISALTMALAR

G.K.	Genleştirilmiş Kil
IGC	Uluslararası Hububat Konseyi
NaOH	Sodyum Hidroksit
P.K.	Pirinç kabuğu
REF.	Referans
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu



SİMGELER

G	İletkenlik
P	Güç (elektrik akımı için)
S	Siemens
σ	Öz İletkenlik
Ω	Ohm



ÖZET

YÜKSEK PERFORMANSLI ÇİMENTO BAĞLAYICILI ODUN LİFLİ LEVHA ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Batuhan AYKANAT

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Serkan SUBAŞI

Eylül 2018, 49 sayfa

Yüksek performanslı çimento bağlayıcılı odun lifli levha üretimi gerçekleştirilerek ülkemizde üretimi yapılmayan bir çimentolu odun lifli levha kompozit üretilmesi bu çalışmanın ana hedefidir. Çalışma sonucunda kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda farklı tiplerde yüksek performanslı odun lifli levha kompozit üretimi gerçekleştirilerek en uygun üretim şartları belirlenmiştir. Çalışmada çevre dostu, sağlığa zararsız, mekanik özellik bakımından çimentolu yonga levhaya göre daha yüksek direnç özelliklerine sahip çimento bağlayıcılı odun lifli levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Levhaların üretiminde bağlayıcı olarak CEM I 42,5R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Farklı yoğunluklarda üretilecek olan levhalarda geliştirilmiş kil ve pirinç kabuğu gibi malzemeler farklı oranlarında kullanılmıştır. Çalışma kapsamında çimentolu lif levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için birim hacim ağırlık, su emme miktarı, kalınlık artış oranı, rutubet miktarı, eğilme dayanımı, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci ve vida tutma direnci deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda yüksek mekanik özelliklere sahip çimentolu lif levhaların üretimi başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Çimento, Genleştirilmiş kil agregası, Odun lifli levha, Pirinç kabuğu

ABSTRACT

INVESTIGATION ON THE PRODUCTION OF HIGH PERFORMANCE CEMENT BASED WOOD FIBER PLATES

Batuhan AYKANAT

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Serkan SUBAŞI

September 2018, 49 pages

The main objective of this study is to produce a cementitious fibre board composite with high performance cement bonded wood fiber sheet which is not produced in our country. As a result of the study, the most suitable production conditions have been determined by producing high performance wood fiber laminate composite in different types according to needs of users. In this study, the production of cement-bonded wood fiber board which is harmless to health and has higher resistance properties in terms of mechanical properties compared to cementitious chip board has been achieved. Portland cement of type CEM I 42.5R has been used as binder in the production of plates. In plates with different densities, materials such as expanded clay and rice husk have been used at different ratios. In order to determine the physical and mechanical properties of cemented fiber boards, unit weight, water absorption, thickness increase, moisture content, bending strength, modulus of elasticity, perpendicular tensile strength and screw holding resistance have been determined. As a result of experiments, the production of cemented fiber boards with high mechanical properties has been accomplished.

Keywords: Cement, Expanded clay aggregates, Rice husk, Wood-fiber boards.

1. GİRİŞ

Tarımsal esaslı lifler ile odun esaslı lifler belirli oranlarda karıştırılarak, lif levha üretiminde geleneksel yapıştırıcı olarak kullanılan üreformaldehit tutkalının oranı arttırılarak ya da üreformaldehitten daha dirençli tutkallar kullanılarak tarımsal esaslı lif levhaların performans özellikleri daha da geliştirilebilmektedir. Ancak bu malzemelerin boyutsal stabilitesi ve dış koşullara dayanıklılığı çimento bağlayıcılı odun lifli kompozitler kadar iyi olmamaktadır. Ayrıca çimentonun dünyada yaygın olarak kullanılan diğer bağlayıcılara göre elde edilmesi kolay ve nispeten ucuzdur [1]. Alternatif kaynak ve hammadde arayışına ilişkin olarak üretilecek olan çözümlerin, çevreye duyarlı bir yaklaşımla değerlendirilmesi ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak, ancak ekonomide sağlanacak gelişme ve doğal çevre kaynaklarının korunması ile oluşacak refah ve sağlıklı toplum yapısı ile sosyal sürdürülebilirlik mümkün olabilmektedir. Dünyadaki hammadde arayışı için yapılan araştırmaların, bilimsel kaynaklara dayalı olarak oluşturulabilmesi ve ekonomiye katkı sağlayabilmesi için birbiri ile ilişkili sektörler arasında iş birliği kurularak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde odun hammaddesi yetersizliğinden ötürü odun plastik kompozitler, çimentolu odun kompozitler ve bitkisel esaslı kompozitler gibi mühendislik malzemelerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır [2]. Kompozit malzeme üretimi, mevcut malzemelerin olumsuz yanlarını iyileştirmek ve kullanım alanlarını yaygınlaştırmak amacıyla fazlasıyla önem taşımaktadır. Üreticiler öncelikli olarak mekanik özelliklerde iyileşme, gevreklik ve kırılma özelliğinin giderilmesini sağlamayı amaç edinmişlerdir. Bu sebeple lifsel özellikli malzemelere ek olarak örgü malzemeler, teller veya değişik yapıda çubuklar kullanmaya çalışmışlardır [3]. Kompozit malzemenin işlevselliği lifsel malzemenin elastikiyet modülünün bağlayıcının elastikiyet modülünden çok daha yüksek olmasına bağlıdır. Lifsel malzemenin elastikiyet modülünün bağlayıcıya yakın olması durumunda lifsel malzeme yeterince yük taşıyamamakta olup dolayısıyla kompozit malzemenin amaçlarına ulaşamamasına sebep olmaktadır [4]. Odunsu malzemenin çeşitli şekillerde kompozitler üretilmektedir. Bunlardan bir tanesi de çimentolu odun kompozitlerdir. Çimento yaklaşık olarak 100 yıldan beri kompozit üretiminde kullanılmaktadır. Bu alandaki tüm çalışmalar; Asbest liflerinin sağlığa zararlı olmalarının

oluşturduğu kaygıdan dolayı son 40 yılda daha da geliştirilmiştir [5]. Bu kompozitlerin üretiminde dolgu malzemesi olarak odun yünü, odun lifi ve yonganın yanında endüstriyel atıklardan da yararlanılabilmektedir. Bağlayıcı olarak da genel olarak Portland çimentosu kullanılmaktadır [4]. Her ağaç türü bu kompoziti üretmek için uygun değildir. Bu sebeple üretim konusunda yapılan çalışmalar, uygun ağaç türünün bulunması üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Bu nedenlerle pirinç kabuğu ve genleştirilmiş kil gibi bugüne kadar çimentolu lif levha üretiminde kullanılmayan bileşenler kullanılarak yüksek performanslı çimentolu lif levha üretimi amaçlanmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. ÇİMENTO

Çimento, harç ve beton gibi ürünlerde en yaygın kullanılan ve özellikleri en az bilinen yapı malzemesidir. İstenilen özelliklerde bir beton üretmek deneyim ve teknik bilgi gerektiren süreçtir.

Portland çimentosu İngiltere’de bir duvarcı ustası olan Joseph Aspdin tarafından 1824 yılında keşfedildiği kabul edilmektedir [6]. Aspdin doğal killi kalkerleri kullanmak yerine 1/4 oranında kili ve 3/4 oranında kalkerini karıştırarak yüksek sıcaklıkta pişirip dayanımı ve dayanıklılığı yüksek yeşilimsi gri renkte bir çimento elde etmiştir (Şekil 2.1). Daha gelişmiş çimentolar ise 19.yüzyılda üretilmeye başlanmıştır. Portland çimentosu bugün dünyada kullanılan hidrolik çimentoların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır [7].

Portland çimentosu toz halinde ve genellikle gri renkte olan bir maddedir. Klinkerin kalsiyum sülfat ve mineral katkılarla öğütülmesinden elde edilmektedir. Çimento üretiminde kil, kalker ve gerektiğinde bir miktar demir ve alüminyum oksit orantılı bir şekilde karıştırılarak öğütülmektedir. Oluşan bu hammadde karışına farin adı verilmektedir. Farin döner fırında 1450 °C sıcaklığa kadar pişirilmektedir. Fırının çıkış kısmına doğru bu hammadde karışımın taneleri erir ve çeşitli reaksiyonlardan geçerek granüle haldeki klinkeri meydana getirmektedir. Burada meydana gelen klinker çimento üretiminde bir ara ürün sayılır. Çimento ise bir miktar kalsiyum sülfat ile klinkerin öğütülmesiyle elde edilmektedir.

Öğütme işleminin çimentonun kimyasal reaksiyon gerçekleştirebilmesi için klinker tanelerinin çimento tane inceliğine inene kadar devam etmesi gerekmektedir. Ortalama çimento tane boyutları 15-20 µm (0,0015-0,0020 cm) aralığında değiştiğinden, bu aşama sonucunda klinker taneleri yaklaşık olarak 1000 kat küçültülmüş olmaktadır. Ayrıca çimento ile su karıştırıldığında meydana gelecek kimyasal reaksiyonların kontrolünün sağlanması için öğütme sırasında klinkere ağırlıkça %3-5 oranında kalsiyum sülfat (alçı) ilave edilir [7], [8].



Şekil 2.1. Portland çimentosu.

2.2. ODUN LİFİ

Çimentolu odun kompoziti üretiminde odun yongaları dışında yongalardan elde edilen liflerde kullanılmaktadır (Şekil 2.2). Odun yongalarının daha fazla parçalanarak daha küçük hale getirilip sonrasında vakum yardımıyla liflerine ayrılmasıyla odun lifi elde edilmektedir. Çimentolu lif levha üretmek için her ağaç türü uygun olmadığından çalışmalar; çimentonun ile daha uyumlu olan iğne yapraklı ağaç odunları kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu maksatla doğu ladini ve adi gürgen türleri kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Odun lifi.

2.2.1. Doğu Ladini (*Piceaorientalis*)

Doğu ladini Türkiye ve Kafkasya'da bulunmaktadır. Ülkemizdeki yayılışının batı sınırı, Ordu'dan başlayarak doğuya doğru Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin bölgelerini içine almaktadır. Bazen tek veya birkaç ağaçlık kümeler halinde deniz kıyısına kadar inmekte olsa da genellikle denizden 1000 m yükseklikten sonra geniş orman bölgelerinde görülmektedir. Bazen 60 m'den daha fazla uzayabilen ve 2 m'den fazla çapa ulaşabilen düz ve dolgun gövdeli bir ağaç türüdür (şekil 2.3). Nemli havaları, besince zengin, humuslu serin toprakları da sever. Bu şartlar altında iyi bir gelişme göstermektedir. Yetişme muhitinde dar ve sivri tepeler yapmakta ve sığ kök sistemine sahiptir. İyi yetişme ortamında gençlikte gölgeye oldukça dayanıklıdır. Selüloz ve kâğıt endüstrisi dışında; kaplama, yapı malzemesi, mobilya, kontrplak, lambri, sepet, sandık, kutu, her türlü ambalaj, kurşun kalem ve kibrit p yapımında kullanılmaktadır [9].



şekil 2.3. Doğu ladini (*Piceaorientalis*).

2.2.2. Adi Gürgen (*Carpinus Betulus*)

Adi gürgen (*Carpinusbetulus*), huşgiller (*Betulaceae*) familyasından kerestesi değerli bir orman ağacı türüdür (Şekil 2.4). Ilıman iklimlerde iyi büyüme yapmaktadır. Genellikle 600 m yükseltilerde görülmektedir. Çoğunlukla meşe bazı yerlerde kayınla kurduğu meşçerelere rastlamak mümkündür. Dik kayalık yamaçlarda ormanlar oluşturmaktadır.15-20 m nadiren 30 m'ye ulaşan orta boylu bir ağaçtır. Genelde eğri ve oluklu bir gövdeye sahiptir. Kabuğu yeşilimsi-gri renktedir, düzgündür ve yaşlandığında pürüzsüz olur. Tomurcukların uzunluğu kayının aksine 10 mm'nin altındadır ve dala yapışık vaziyettedir. Bir gölge ağacı olan adi gürgen, yumuşak yapılı verimli ve nemli toprakları tercih etmektedir. Adi gürgen yana doğru genişleyen sığ kök sistemine sahiptir ve kesildiğinde yeniden sürgün verme özelliği vardır. Peyzaj çalışmalarında uygun budama yapılarak uzun boylu çit olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, odunu ağır ve sert olduğundan alet yapımı ve bina inşaatı çalışmalarında kullanılmaktadır. Yavaş yandığı ve yaydığı ısı çok yüksek olduğu için uygun bir yakacak odundur. Kuzey, doğu, orta ve güneybatı Avrupa'nın yanı sıra Batı Asya ve Kafkasya'da da bulunmaktadır. Türkiye'de Marmara, Karadeniz ve Trakya'da doğal yayılış yapar [10].



Şekil 2.4. Adi gürgen (*Carpinus Betulus*).

2.3. PİRİNÇ KABUĞU

Pirinç, dünyada 1,6 milyar kişinin besin kaynağının yarısını oluşturmaktadır. Yaklaşık olarak %11 ekilebilir alanın, 145 milyon hektarına pirinç ekimi yapılmaktadır. Pirinç üretiminin sonucuda, aşırı miktarda atık bir malzeme olan pirinç kabuğu ortaya çıkmaktadır. Üretimin fazla olduğu bölgelerde kapladığı alanların büyük olması sebebiyle çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Yeryüzünde buğdaydan sonra en fazla üretilen tahıl çeltiktir. Çeltik, fabrikalarda çeşitli işlemlerden geçirilerek pirinç elde edilmektedir. İşleme sırasında çeltiğin, %20'si kavuz ve %9-10'u kepek olarak ayrılmaktadır. Pirinç üretiminin atığı olan kabukların tanelerden ayrılması sırasında iki kabuk oluşmaktadır. Birinci kabuk; pirinç tanesinin etrafını saran ince bir zar şeklinde olup buna kepek denmektedir. Besleyici açıdan zengin olması hayvan yemi olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Kabuklardan ikincisi ise; pirinç tanelerinin dışındaki kabuktur ve içteki kabuğa göre daha serttir. Bu kabuğa da kapçık ya da kavuz denmektedir. Bu kabuk karbon ve silis içermektedir. İçeriğinde bulunan silis, kabukların iskelet yapısını oluşturmaktadır ve amorf haldedir. Beton için mineral bir karışım olan pirinç kabuğu külü, çimento ürünlerinin davranışını değiştirmektedir. Pirinç kabuğunun çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Kırsal bölgelerde kış mevsiminde ısınma ihtiyacını karşılamak üzere sobalarda yakacak olarak kullanılmaktadır. Çelik üretiminde pirinç kabukları, son aşamada çelik külçelerin üzerine serilerek, çeliğin soğuması yavaşlatılır. Bu sayede kristal yapı oluşur. Özellikle Japonya, Mısır ve bazı farklı ülkelerde izolasyon malzemelerinde ve refrakter malzeme üretiminde pirinç kabuğundan faydalanılmaktadır. Pirinç kabukları (Şekil 2.5) havasız yerde yakılarak aktif karbon elde edilebilmektedir. Aktif karbon absorpsiyon özelliğinin yüksek olmasından dolayı sanayide koku ve renk giderici olarak kullanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak hafif beton üretiminde hafif agrega olarak kullanılmaya uygundur [11].



Şekil 2.5. Pirinç kabuğu.

2.4. GENLEŞTİRİLMİŞ KİL

Genleşme özelliğine sahip killerin, aniden yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılmaları sonucunda, kimyasal yapılarında bulunan gazlar ortaya çıkmakta ve bu sayede içi gaz dolu gözenekler meydana getirmektedir. Bunun sonucunda hacimleri, ilk hacimlerinin 1,5 ile 6 katı kadar artabilmektedir. Ani sıcaklık etkisiyle sinterlenmiş sert bir dış kabuğa sahip olurlar. Genleştirmeyi arttırmak için kil çamuruna kireç, kok kömürü ve mazot gibi ürünler eklenmektedir. Isıtma işlemi 1000 °C ile 1300 °C sıcaklıkta döner fırınlarda gerçekleştirilmektedir.

Türkiye’de genleştirilmiş kil üretimi bulunmamaktadır ve yaygın bir kullanımda sahip değildir. Doğu Bloğu ülkelerinde ve çoğu gelişmiş ülkede çok sayıda genleştirilmiş kil üretim fabrikaları bulunmaktadır. Genleştirilmiş kil agregası (Şekil 2.6) birçok doğal agregadan daha dayanıklıdır [12].



Şekil 2.6. Genleştirilmiş kil agregası.

2.5. KALSİT

Kalsit; kimyasal formülü CaCO_3 , kristal tane boyutu 1 mm ve 10 cm arasında olan kireçtaşının yapıtaşı olan bir mineraldir (Şekil 2.7). Mohs sertlik çizelgesine göre sertliği 3 olarak belirlenmiştir. Kolay kırılan bir yapısı olup doğada mat olarak ve yarı saydam olarak bulunmaktadır. Asitte eritildiğinde CO_2 kabarcıkları çıkarmaktadır. Saf olanların bileşiminde %56 CaO, %44 CO_2 bulunmaktadır. Bununla beraber, birlikte bulunduğu kayaç ve minerallere bağlı olarak Mg, Fe, Mn, Zn, Sr, Cu, Pb, Co, Ba, Cr ve As bulunabilir [13].



Şekil 2.7. Mikronize toz kalsit.

2.6. ÇİMENTOLU ODUN KOMPOZİTLER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çimentolu odun lifli kompozitler, dünyada büyük bir pazar payına sahiptir. Depreme ve yangına karşı yüksek dayanımlı malzemeler oldukları için konutların kaplanmasında önemli ölçüde kullanılmalarına rağmen ülkemizde bu malzemenin üretimini yapan bir tesis bulunmamaktadır. Odunsu malzemenin çeşitli biçimlerde kompozitler üretilmektedir. Bunlardan birisi de çimentolu odun lifli kompozitlerdir. Çimento uzun yıllardan beri kompozit malzeme üretiminde kullanılmaktadır. Bu alandaki çalışmalar; asbest liflerinin sağlığa zararlı oluşunun yarattığı kaygı ile son 40 yılda daha da geliştirilmiştir. Bu kompozit malzemeler mühendislik materyali olarak önemli özelliklere sahiptir [14].

Lif levha, bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma özelliklerinden yararlanarak ya da ilave yapıştırıcı maddeler kullanılarak levha taslağı oluşturulması ve bu taslağın kurutulması veya preslenmesi sonucu elde edilen bir üründür. Kısaca, lignoselülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan lif ve lif demetlerinin yeniden şekillendirilmesiyle elde edilen levhalardır. Fakat sağlamlığı, rutubete karşı direnci, çürümeye ve yanmaya karşı dayanıklılığı arttırmak için yapıştırıcı maddeye ek olarak bazı diğer maddeler istenildiğinde kullanılabilir. Uluslararası ölçülere göre sınıflandırmada kullanılan en iyi kriter özgül ağırlık olup bu lif levhaların özgül ağırlıkları 0,02-1,45 g/cm³ arasında değişir. Lif levhalar Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 64'e göre özgül ağırlıkları esas alınarak üç gruba ayrılmıştır [15], [16].

Birim ağırlıklarına göre lif levhalar;

1. Yumuşak lif levhalar: Özgül ağırlıkları en çok 350 kg/m³ olan lif levhalar,
2. Orta sert lif levhalar: Özgül ağırlıkları 350-800 kg/m³ olan lif levhalar,
3. Sert lif levhalar: Özgül ağırlıkları 800 kg/m³ den fazla olan lif levhalar olmak üzere sınıflandırılırlar [15], [16].

Lif levha sektöründeki beş lider ülke sırasıyla; ABD, Çin, Almanya, Kanada ve İtalya'dır. Dünya toplam üretimi 32.801.000 m³ içerisindeki payları ve üretim miktarları sırasıyla; ABD 6.990.000 m³ ünü (%21,31), Çin 5.171.000 m³ ünü (%15,76), Almanya 2.974.000 m³ ünü (%9,06), Kanada 1.425.000 m³ ünü (%4,34) ve İtalya 1.265.000 m³ ünü (%3,85) üretmektedir. Dünya lif levha üretiminin %54,32'si bu beş ülke tarafından gerçekleştirilir.

Lif levha tüketiminde ise, ilk beş sırayı ABD, Çin, Almanya, Japonya ve İngiltere almaktadır. Dünya toplam tüketimi 36.220.000 m³ (%61,69) içerisindeki payları ve tüketim miktarları sırasıyla; ABD 9.067.000 m³'ünü (%25,03), Çin 7.725.000 m³'ünü (%21,32), Almanya 2.455.000 m³'ünü (%6,77), Japonya 1.646.000 m³'ünü (%4,54), İngiltere 1.463.000 m³'ünü (%4,03) tüketmektedir [15], [16].

ISO 818 standardına göre; doğal yapışma ve keçeleşme özelliğine sahip lignoselülozik liflerin oluşturduğu ve kalınlığı 1,5 mm'den fazla olan homojen yapıdaki levhalar lif levha olarak adlandırılmaktadır. Bu kompozit malzemelere ilave olarak tutkal ve katkı maddeleri katılabilir. Lif levha bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliğinden yararlanılarak veya ilave tutkal kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesi sonucu meydana gelen bir üründür. Lif levhalar lif demetlerinden oluştuğundan dolayı, masif ağaç malzemelerde olduğu gibi teknolojik ve yüksek mekanik özelliklere sahiptir. Masif ağaç malzemelerdeki direnç özelliklerinin tam tersi olarak direnç özellikleri, değişik yönlerde farklı değildir yani izotrop yapıda bir malzemedir [17].

Lif levha ve yonga levha endüstrilerinin hammadde konusunda bazı avantajları vardır. Özellikle endüstriyel ve tarımsal atıkların ya da yakacak olarak kullanılan odunların bu endüstrilerde kullanılması mümkündür. Kurutulan odun yongalarının sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle yonga levha elde edilir. Yonga levhalar; yatık, dikey, kalıplanmış, çimentolu ve yönlendirilmiş olarak sınıflandırılmaktadırlar. Çimentolu yonga levhalar, odunlardan elde edilen yongaların çimento, alüminyum sülfat ve sodyum silikat ile karıştırılıp basınç altında preslenmesi, sertleştirilmesi, olgunlaştırılması ve kurutulması işlemlerine tabi tutularak elde edilmektedir. Çimentolu Yonga levhaların yangına dayanıklılığı ve rutubet karşısında boyut stabilitesinin yüksek olması nedeni ile prefabrik ev, okul, işletme ve yönetim binaları, kırsal alan konutları, danışma ve kamp binaları gibi tek ve çift katlı binalarda özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılmaktadırlar [18].

Çimentolu lif levha üretiminde odun liflerinden daha iyi yararlanabilmek için çimento ile odun lifi arasındaki uyumluluğu tam olarak anlamak gerekmektedir. 1956'da yapılan bir çalışmada; odun liflerindeki şeker içeriğinin çimento hidrasyonunu (priz ve sertleşme) önemli ölçüde azalttığını ve ligninin çimento prizlenmesi üzerine çok az etkisinin söz konusu olduğunu belirlemişlerdir. Odun lifindeki ekstraktif madde ve şeker içeriğinin

azaltılması bir dizi ön işlem ile mümkün olabilmektedir. Bu amaçla odunsu lifleri, soğuk su veya sıcak su ya da %1'lik NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisinde çözündürme gibi kimyasal bir ön işleme tabi tutarak levha üretimi için daha uygun hale getirilebilmek mümkündür. [19].

Değişik karakteristik özellikleri sayesinde birçok endüstri dalında farklı amaçlar için kullanılan hafif agregalar, son yıllarda özellikle inşaat sektöründe hafif yapı elemanı üretiminde değerlendirilmektedir. Üstün teknolojik özelliklerin den dolayı birçok endüstriyel hammaddeye göre önemli avantajlar sağlayan hafif agregalar, son yıllarda artan bir eğilimle farklı endüstri dallarında geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Endüstriyel olarak elde edilen hafif agregaların başında genleşmiş kil agregası gelmektedir. Genleştirilmiş killer, basınç mukavemeti en yüksek olan hafif yapı malzemelerinden birisidir. Avrupa (özellikle Danimarka) ve diğer dünya ülkelerinde hafif agrega olarak en yaygın kullanılan malzemelerden birisidir. Isıtıldığında gaz kabarcıklarıyla dolu bir kütle oluşturan killere genleşen kil adı verilir. Genleştirilmiş killer hafif yapı malzemelerinin basınç mukavemeti en yüksek olanıdır. Bu killer pişme sırasında önemli ölçüde hacim artışı gösterirler. Genleşen killerin 1000-1300 °C'de pişirilmesi ile oluşan granüller, poroz seramik ürünleri olup homojen, kapalı ve küçük boşluklar halinde hücreler ihtiva ederler ve sinterleşmiş sert bir kabuk yapısına sahiptirler. Genleştirilmiş kilin en önemli özellikleri hafif olması, yüksek dayanımlı ve ısı izolasyonu sağlaması olarak sıralanabilir. Genleştirilmiş kil agrega kullanımı ile yapı ağırlığı azaldığından yapılara etki eden deprem kuvvetleri de azalmaktadır. Genleştirilmiş kil ve şist agregalar taşıyıcı hafif beton üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Yapılan araştırmalarda genleştirilmiş kil agregası ile çimentonun iyi bir aderans sağladığı görülmüştür [20], [21].

Tarımsal atıklar, ahşap kompozit malzemeler için gerekli olan yüksek miktardaki hammadde ihtiyacını karşılamaktadırlar. Bu anlamda atık bir malzemenin yüksek performanslı kompozit üretiminde kullanımasından elde edilen malzemeler yenilenebilir ve çevreyle dost malzemelerdir. Tarımsal atıkların tekrar kullanımı ile bu atıkların bol ve yenilenebilir olması yanında, ekonomik, çevresel ve teknoloji açısından da avantaj sağlanmaktadır [22], [23]. Yapılan bir çalışmada pirinç kabuklarını NaOH çözeltisi içerisinde bekleterek ön işlem uygulamış ve soya protein yapıştırıcısı kullanarak lif levha üretim olanaklarını araştırmıştır. Yapılan çalışmada, pirinç kabuğu kullanarak elastisite

modülü ve eğilme dayanımı açısından minimum standartları sağlayan lif levha üretimi gerçekleştirilmiştir [22].

Yeryüzünde buğdaydan sonra tahıl olaran en fazla çeltik bitkisi üretilmektedir. Çeltik fabrikalarda çeşitli işlemlerden geçirilerek pirinç elde edilir. Pirinç üretiminden sonra atık olarak ortaya çıkan kabukların tanelerden ayrılması sırasında iki farklı kabuk oluşur. Birinci kabuk; pirinç tanesinin etrafını saran ince bir zar şeklinde olup buna kepek denir. Kabuklardan ikincisi ise; pirinç tanelerinin dışındaki kabuktur ve içteki kabuğa göre daha serttir. Bu kabuğa da kapçık ya da kavuz denmektedir. Bu kabuk karbon ve silis içermektedir. Yapısındaki silis kabukların iskeletini oluşturur ve amorf haldedir [24].

Dünyada yıllık pirinç üretimi başta Çin, Hindistan, Bangladeş ve Tayland olmak üzere, 500 milyon ton civarındadır. IGC (Uluslararası Hububat Konseyi)'nin 23 Şubat 2012 tarihli Hububat Piyasası Raporuna göre; 2011 yılında 449 milyon ton pirinç üretimi gerçekleşmiştir [25].

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre; Türkiye'deki çeltik üretimi 2010 yılında 860 bin ton iken, 2011 yılında %4,7'lik bir artışla 900 bin tona ulaşmıştır. Türkiye'de ortalama yıllık çeltik üretimi 600 bin ton civarındadır. Pirinç üretimi sırasında çeltiklerden ayrılan kabuk miktarı ise toplam miktarın %20'si kadardır. Bu durum göz önüne alındığında Ülkemizde yıllık yaklaşık 120 bin ton atık pirinç kabuğu oluşmaktadır [26], [27].

Lif levhaların üretim yöntemleri de değişiklik göstermektedir. Kimyasal köpük ve hava ile sertleştirme işlemi düşük ısı iletkenliği ve kabul edilebilir mekanik ve fiziksel özelliklere sahip elyaf ve çimento levhaların üretilmesinde alternatif bir yöntemdir. Deney aşamalarında makro-kimyasal köpükendirme maddesi olarak alüminyum tozu kullanılmaktadır. Karışımların içine lifler ve çimento da gerekli miktarda optimize edilerek ikame edilmiştir. Tüm levhalar standartlara göre ısı iletkenliği, fiziksel ve mekanik özellikleri açısından test edilmiştir. Elde edilen çimentolu lif levhaların özelliklerine katkı maddelerinin etkileri de incelenmiştir. Sonuçlar ısı iletkenliklerinde düşüş mekanik ve fiziksel özelliklerde iyileşmeler ortaya koymuştur. Alüminyum tozu su emme de artışa yol açsa da genel olarak ölçülen özellikler açısından levhaların, ticari kompozit levhalar ile karşılaştırıldığında arzu edilen enerji tasarrufu ve düşük ısı iletkenliği ile tavan ve duvar inşaa malzemesi olarak kullanılabilirleri teyit edilmiştir.

Buna ek olarak, bu tür kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, uluslararası standartlara uygunluğu saptanmıştır [28].

Yapılan bazı çalışmalarda çimentolu yonga levhaların üretiminde kalite kontrol amaçlı olarak Lamb Wave (Lamb dalgaları) kullanılmıştır. Tipik malzeme kusurlarının nedenleri; delaminasyon, çatlaklar, malzeme heterojenitesi ve aşırı nem alanları olarak açıklanmaktadır. Testler özel eksikliklerin belirlenmesi için ultrason tarayıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir [29].

Bir başka çalışma da ıslak işlem kullanılarak lignoselüloz liflerle yapılan lifli çimento panoları için çeşitli miktarlarda ilave edilen sentetik liflerin oluşturduğu etkiler için yapılan testlerin sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, sentetik elyaf olan ve olmayan levhaları karşılaştırmıştır. Veriler, sentetik elyaf miktarı ve selüloz elyafın türünün tüm levhaların özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Polivinil alkol liflerin eklenmesi eğilme mukavemeti artışına neden olmuş ve hızlandırılmış testlerde yeterli dayanımı göstermiştir. Çimentolu lifli levhalar keten lifler kullanılarak üretildiğinde de iyi sonuçlar sergilemiştir [30].

Son yıllarda levhaların kullanımında izolasyon özellikleri önem kazanmıştır. Bu çalışmada izolasyon ve ses yalıtım özelliği yüksek pomza taşının çimentolu Yonga levha üretiminde kullanılabilirliği ve levha özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Deney levhalarının üretiminde 0,20-0,60 mm uzunluğunda odun yongaları, asidik özellikte pomza taşı ve %42,5'lik portland çimentosu kullanılmıştır. Çimento ağırlığına göre %10, %15 ve %20 oranlarında pomza taşı kullanılmıştır. Üretilen pomza ilaveli çimentolu yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek kontrol levhası ile karşılaştırılmıştır. Pomza kullanım oranının artmasıyla levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerleri bir miktar artmıştır. Bu artışların 24 saatte su alma yüzdesi hariç, diğer tüm değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Eğilme elastikiyet modülünde ise %13-22 oranlarında bir azalma olduğu görülmüştür. Buna karşın eğilme direnci %8-24 arasında arttığı belirlenmiştir [31].

Çimentolu yonga levha, rutubete karşı dayanıklılık, yüksek ses ve ısı yalıtım özelliği taşımaktadır. Böceklere ve mantara karşı dirençli olduğundan da özellikle inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım yerine göre güneş etkisi ve yağmur gibi değişik hava koşullarına maruz kalan yonga levhalar bu koşullara bağlı olarak mekanik özelliklerinde değişiklik göstermektedir. Test örneklerinin eğilme direnci,

eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik yönde vida tutma direnci gibi özelliklerinin en yüksek değeri hava kurusu rutubet değerlerinde tespit edilmiştir. Levhaların rutubet değerinin artması veya azalması ile bahsedilen mekanik özelliklerde azalmaların olduğu belirlenmiştir [32].



3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çimento

Bu çalışmada, Bolu Çimento Fabrikası'ndan temin edilen TS EN 197-1 standardına uygun olarak üretilen CEM I 42,5 R çimentosu kullanılmıştır (Şekil 3.1). Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan CEMI 42,5 R çimentosu.

Çizelge 3.1. Çimentonun kimyasal ve fiziksel analizi.

Bileşenler (%)	CEMI 42,5R	TS EN 197-1	Fiziksel Özellikler			TS EN 197-1
			Priz Başlama (Dak.)	Başlama Bitiş		
CaO	63,03	C+S≥%50	Priz Başlama (Dak.)	Başlama	125	min. 60
SiO ₂	29,12			Bitiş	202	-
Al ₂ O ₃	4,77	-	Özgül Ağırlık (g/cm ³)		3,17	-
Fe ₂ O ₃	4,37	-	Blaine İnceliği (cm ² /g)		4359	-
MgO	2,35	Lim.≤%5	Toplam Hacim genleşmesi (mm)		1,5	max.10
SO ₃	2,99	Lim.≤%4	45 µm elek üstü %		2,5	-
Na ₂ O	0,29	-	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	2 Gün	27,5	min. 20
K ₂ O	0,49	-		7 Gün	45,7	-
Cl-	0,0141	Lim.≤%0,10		28 Gün	56,8	min. 42,5 max. 62,5
Kızdırma Kaybı	1,30	Lim.≤%5				
Çözünmeyen Kalıntı	0,46	Lim.≤%5				

3.1.2. Odun Lifi

Çimentolu odun kompoziti üretimi için her ağaç türü uygun olmadığından çalışmalar; çimentonun sertleşmesi açısından daha uyumlu olan iğne yapraklı ağaç odunları kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla doğu ladini ve adi gürgen türleri kullanılmıştır. Divapan Fabrikası'ndan temin edilen odun lifleri mekanik liflendirme yöntemi ile elde edilmiştir ve iki farklı ağacın lifleri aynı oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır (Şekil 3.2). Odundaki ekstraktif madde ve şeker içeriği çimentonun hidratasyonunu azalttığı için, odun liflerini şekerden arındırmak adına soğuk su ve sodyum hidroksit çözeltisi ile yıkama işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.2. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan odun lifi.

3.1.3. Pirinç Kabuğu

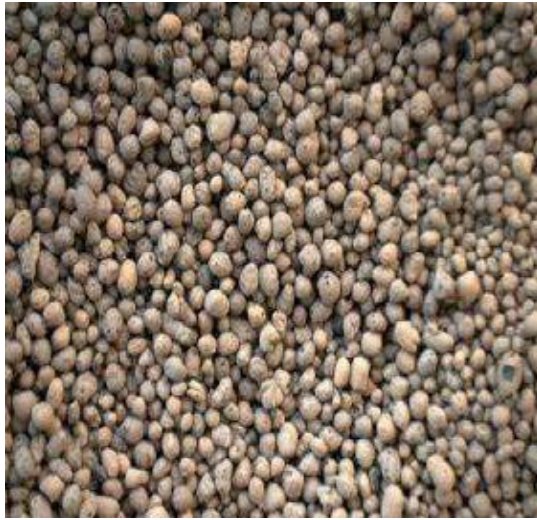
Çimentolu lif levha üretiminde Düzce yöresi Konuralp beldesinin çeltik üretiminden elde edilen pirinç kabukları kullanılmıştır (Şekil 3.3). Öğütülmemiş halde kullanılan pirinç kabuğu, çimentolu numunelere odun lifinin %25-50-75'i oranlarında ilave edilerek kullanılmıştır. %50 ve %75 oranında pirinç kabuğu kullanılarak elde edilen çimentolu lif levhaların mekanik özellikleri istenilen düzeyde olmadığı için bütün deneysel çalışmalar %25 pirinç kabuğu içeren karışımlar üzerinde yapılmıştır.



Şekil 3.3. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan pirinç kabuğu.

3.1.4. Genleştirilmiş Kil

Çimentolu lif levha üretiminde 0-2 mm elek aralığında olan genleştirilmiş kil agregası hiçbir ön işleme tabi tutulmadan kullanılmıştır (Şekil 3.4). Genleştirilmiş kil agregası çimentolu numunelere odun lifinin %50-100-150'si oranlarında eklenerek kullanılmıştır. %50 ve %100 oranında genleştirilmiş kil kullanılarak elde edilen çimentolu lif levhaların mekanik özellikleri istenilen düzeyde olmadığı için bütün deneysel çalışmalar %150 genleştirilmiş kil içeren karışımlar üzerinde yapılmıştır.



Şekil 3.4. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan genleştirilmiş kil agregası.

3.1.5. Kalsit

Çimentolu lif levha üretiminde OMYA Madencilik'ten temin edilen 40 mikron tane boyutuna sahip toz kalsit yüzey düzgünlüğünün sağlanabilmesi açısından kullanılmıştır (Şekil 3.5). Üretimde kullanılan kalsite ait bazı özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan toz kalsit

Çizelge 3.2. Kalsitin fiziksel ve kimyasal bileşenleri.

Kimyasal Bileşenler	(%)	Fiziksel Özellikler	
CaCO ₃	99,9		
MgO	0,20	Yoğunluk	2,7 g/cm ³
FeO ₂	0,01	Sertlik	3 Mohs
SiO ₂	0,01	Refraktif İndeks	1,59
Al ₂ O ₃	0,02	Çözünürlük (Suda)	25 °C- 0,0015 g/cm ³
HCl'çözünmeyen	0,01		

3.1.6. Su

Çalışmada kullanılan karışım suyu Düzce Belediyesi içme suyu şehir şebekesinden temin edilmiştir.

3.2. METOT

DeneySEL çalışmalarında kullanılan kodlama ve açıklamaları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Tüm deney sonuçlarına ait grafikler ve çizelgeler bu kodlamalara göre hazırlanmıştır.

Çizelge 3.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan kodlamalar ve açıklamaları.

KODLAMA	AÇIKLAMA
REF.	Referans olarak üretilen levha örneklerini tanımlamakta kullanılmıştır.
P.K.	Pirinç kabuğu içeren levha örneklerini tanımlamakta kullanılmıştır.
G.K.	Genleştirilmiş kil içeren levha örneklerini tanımlamakta kullanılmıştır.

3.2.1. Levha Üretim Aşamaları

Referans, Pirinç kabuğu ve genleştirilmiş kil agregalı olmak üzere üç farklı levha üretimi yapılmıştır. Levha üretimi için dört farklı adımdan oluşan bir üretim yöntemi kullanılmıştır.

3.2.1.1. Karışımın Hazırlanması

Çimentolu lif levha karışımların hazırlanması işlemlerinde Mateka marka sanayi tipi karıştırıcı kullanılmıştır (Şekil 3.6). Pirinç kabuğu ve genleştirilmiş kil agregası içeren iki farklı karışım hazırlanmıştır. Genleştirilmiş kil agregası içeren karışımlara ait karışım oranları Çizelge 3.4’de ve pirinç kabuğu içeren karışımlara ait karışım oranları Çizelge 3.5’de verilmiştir. Karışım için gerekli malzemeler hassas terazi ile tartılıp hazırlandıktan sonra ilk olarak karıştırıcı haznesine odun lifi ve pirinç kabuğu (veya genleştirilmiş kil) konularak 1 dakika süre ile karıştırılmıştır. Daha sonra ilave su olarak tartığımız su, lifleri uygun nem durumuna getirmek için karışıma ilave edilerek 2 dakika daha karıştırılmıştır (Şekil 3.7). Bu sırada tartmış olduğumuz kalsit, çimentoya ilave edilerek bir kaşık yardımıyla harmanlanmıştır. Karışmış olan kalsit ve çimento yavaş bir şekilde karışan lif ve pirinç kabuklarına ilave edilmiş, 2 dakika daha karıştırıldıktan sonra esas karışım suyu ilave edilmiştir. Ardından kalsitin bünyesine alacağı su miktarı da düşünülerek kalsit miktarının %10’u kadar bir ilave su daha eklenmiş ve karışım 10 dakika boyunca karıştırılmıştır.



Şekil 3.6. Çimentolu lif levha karışımlarının hazırlanmasında kullanılan karıştırıcı.

Çizelge 3.4. Genleştirilmiş kil içeren numunelerin karışım oranları.

Genleştirilmiş Kil							
Karışım No	Gen. Kil Oranı	Çimento (g)	Su (g)	Odun Lifi (g)	Gen.Kil (g)	İlave Su (g)	Kalsit (g)
Referans	0	100	30	25,00	0,00	1,75	0
1	%50	100	30	25,00	12,5	1,75	10
2	%100	100	30	25,00	25,00	1,75	10
3	%150	100	30	25,00	37,5	1,75	10

Çizelge 3.5. Pirinç kabuğu içeren numunelerin karışım oranları.

Pirinç Kabuğu							
Karışım No	Pirinç Kabuğu Oranı	Çimento (g)	Su (g)	Odun Lifi (g)	Pirinç Kabuğu (g)	İlave Su (g)	Kalsit (g)
Referans	0	100	30	25,00	0,00	1,75	0
1	%25	100	30	25,00	6,25	1,75	10
2	%50	100	30	25,00	12,50	1,75	10
3	%75	100	30	25,00	18,75	1,75	10



Şekil 3.7. Karıştırıcı yardımıyla levha karışımının hazırlanması.

3.2.1.2. Levha Taslağının Hazırlanması

Levha taslağının serilmesi için 50x50 cm boyutlarındaki şekillendirme çerçevesi kullanılmıştır. Levhayı oluşturacak olan karışım pres sacı üzerine konulan çerçevenin içerisine homojen bir şekilde serilmiştir (Şekil 3.8). Daha sonra serilen karışımın üzerine çerçeve boyutlarında bir tabla ile baskı yapılarak sıkıştırılmıştır. Ortaya çıkan levha taslağı üzerine bir pres sacı daha kapatılarak presleme işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.8. Levha taslağının klavuz yardımıyla kalıba serilmesi.

3.2.1.3. Levha Taslağının Preslenmesi

Hazırlanan levha taslağı çelik saclar ile birlikte prese yerleştirilmiştir (Şekil 3.9). 5 MPa basınç uygulamak için hazırlanan soğuk preste 3 saat presleme işlemi yapılmıştır. Presleme işlemleri 75 kg/cm² basınca çıkabilen Cemil Usta SSP-180T marka pres ile yapılmıştır (Şekil 3.10). Daha sonra çıkarılan levha örneği 24 saat boyunca işkenceler yardımı ile mermer tezgâhlara sıkıştırılmıştır.



Şekil 3.9. Levha taslağının preslenmesi.



Şekil 3.10. Çimentolu lif levha üretiminde kullanılan endüstriyel pres.

3.2.1.4. Presleme Sonrası İşlemler

Presleme sonrası oluşan levhalar 24 saat sonunda işkencelerden çıkarılmış ve çimentonun hidratasyonunu tamamlayabilmesi için 19–21 °C sıcaklıktaki laboratuvar koşullarında 28 gün kurumaya bırakılmıştır. 28 gün sonunda hazır halde bulunan levhalar deneylerin yapılabilmesi için standartlara uygun şekilde boyutlandırılmıştır.

3.2.2. Üretilen Levhalara Ait Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için standartlara uygun şekilde farklı testler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Bu çalışmada hava kuru birim hacim ağırlık değerleri esas alınmaktadır. Birim hacim ağırlık değerleri levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Levhaların birim hacim ağırlık değerleri TS EN 323/1 (1999)'da belirtilen esaslara göre hesaplanmıştır [33]. Birim hacim ağırlıkların belirlenmesinde ağırlık ölçümleri için Şekil 3.11'deki $\pm 0,01$ g duyarlılıklı hassas terazi kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Birim hacim ağırlık deneyi için numune ağırlıkların belirlenmesi.

3.2.2.2. Kalınlık Artış Oranı Deneyi

Yapılan testlerde TS EN 317 (1999) esaslarına uygun olarak numuneler 2 ve 24 saat 19-21 °C suda bekletilmekte ve 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında ki numuneler kullanılmaktadır [34]. Tam orta noktalarından $\pm 0,01$ mm duyarlılıklı dijital kumpas ile

ölçülmekte (Şekil 3.12) ve su yüzeyinden 25 mm aşağıda ısıtıcı su banyosunda 24 saat tutulmaktadır (Şekil 3.13). 2 ve 24 saat sonunda sudan çıkarılan numunelerin fazla suları silinerek ilk ölçülen noktalardan tekrar dijital kumpas ile ölçüm yapılmıştır ve kalınlık artış oranı TS EN 317 esaslarına uygun olarak hesaplanmıştır.



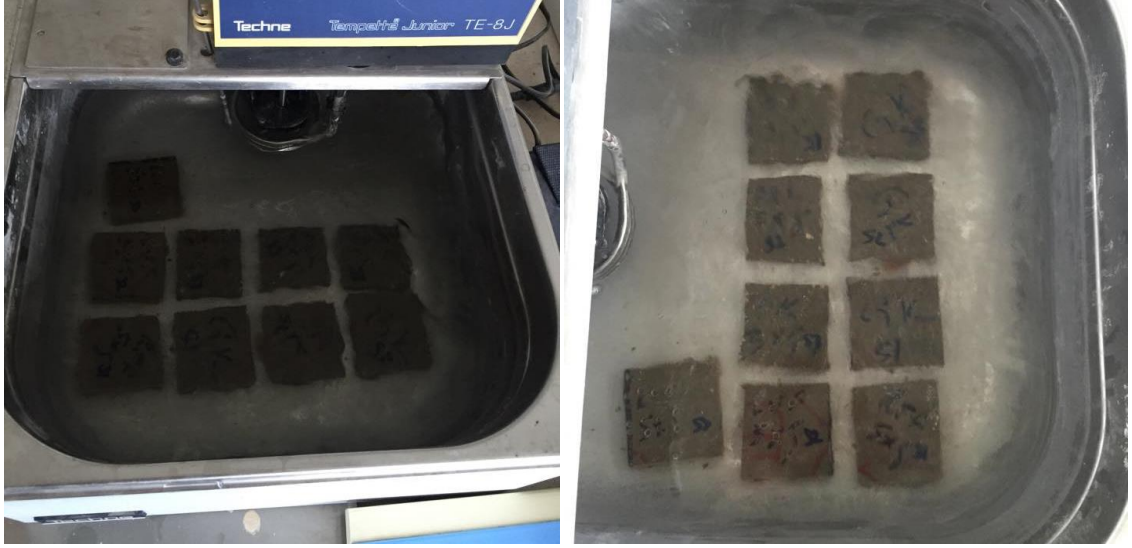
Şekil 3.12. Kalınlık artış oranı deneyi için numune ölçüm işlemleri.



Şekil 3.13. Kalınlık artış oranı deneyinde kullanılan ısıtıcı su banyosu.

3.2.2.3. Su Emme Miktarı Deneyi

Su emme miktarı deneyi ASTM D1037 standardına uygun olarak 50x50xlevha kalınlığı (mm) numuneler üzerinde yapılmaktadır [35]. İlk olarak örnek numunelerin ağırlıkları $\pm 0,01$ g duyarlılıklı terazide tartılmıştır. Örnekler daha sonra ± 20 °C sıcaklıkta su yüzeyinden 25 mm aşağıda olacak şekilde 2 ve 24 saat bekletilmiştir (Şekil 3.14). Bu süreler sonunda sudan çıkarılan örneklerin fazla suları silinerek tartımları yapılmıştır.



Şekil 3.14. Su emme miktarı deneyi için su banyosunda bekletilen numuneler.

3.2.2.4. Rutubet Miktarı Deneyi

Boyutları 50x50xlevha kalınlığı (mm) olarak hazırlanan örnek numunelerin rutubet miktarları TS EN 322’de belirtilen esaslara uygun olarak hesaplanmıştır [36]. Numunelerin hava kuru ağırlıkları $\pm 0,01$ g duyarlılıklı terazide ölçülmüştür. Tartılan numuneler daha sonra 105 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutma fırınında bekletilmiştir. Kurutma fırınından çıkarılan levha numunelerinin tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.15). Rutubet miktarı deneylerinde numunelerin değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmaları için Utest marka kurutma fırını kullanılmıştır.

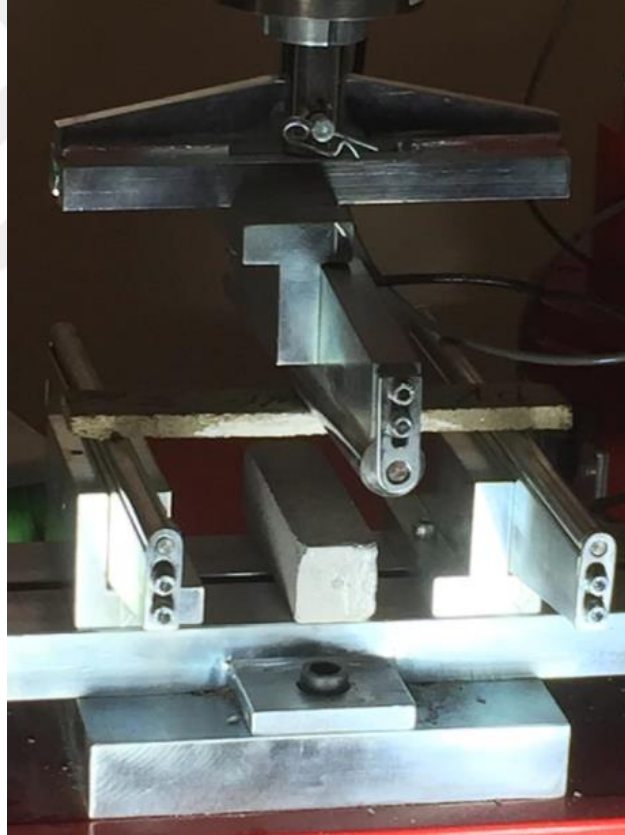


Şekil 3.15. Kurutma fırınından çıkarılan numuneler.

3.2.3. Üretilen Levhalara Ait Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.3.1. Eğilme Dayanımı Deneyi

Örnek levhaların eğilme dayanımları TS EN 310 (1993) standardına uygun olarak belirlenmiştir [37]. Buna göre örnek levhalar 250x50x levha kalınlığında (mm) hazırlanmıştır. 28. gün sonunda numuneler 50-60 °C kurutma fırınında 8 saat bekletilerek standarda uygun olarak hazırlanan deney düzeneğinde test edilmiştir (Şekil 3.16). Test edilmeden önce üç noktadan $\pm 0,01$ mm duyarlılıklı dijital kumpas ile kalınlıkları ölçülerek ortalaması alınmıştır. Yükleme mekanizmasının hızı standarda uygun olarak maksimum kuvvete 60 ± 30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanarak çalıştırılmıştır. Eğilme dayanımı deneyi servo motor ve sürücüsü olan, hidrolik bir kaynağa ihtiyaç duymayan, yüksek hassasiyetli elektronik kontrol sistemi bulunan ve tüm testleri yüksek hassasiyetle gerçekleştiren Besmak marka üniversal test cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.16. Eğilme dayanımı deney düzeneği.

3.2.3.2. Elastikiyet Modülü Deneyi

Elastikiyet modülü hesaplaması için ayrı numuneler hazırlanmamış, eğilme dayanımı deneyi örnekleri kullanılmıştır. Eğilme dayanımı deneyi yapılırken üniversal test cihazı ve optik bir ölçüm cihazı olan video ekstansometre yardımıyla enlemsel ve boylamsal değişimlerin ölçümü yapılarak hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Eğilme dayanımı deneyinde kullanılan üniversal test cihazı ve video ekstansometre.

3.2.3.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci Deneyi

Yüzeye dik çekme direnci deneyi TS EN 319 Standardına uygun olarak yapılmıştır. 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan numuneler için standarda uygun olarak her iki yüzüne uygun takozlar yapılmıştır [38]. Daha sonra takozlar örneklere yapıştırılmış ve işkencelere sıkıştırılarak 24 saat bekletilmiştir. Standarda uygun olan çeneler kullanılarak yüzeye dik çekme deneyi üniversal test cihazında yapılmıştır (Şekil 3.18). Yükleme hızı olarak kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit bir oranda uygulayacak ve 60 ± 30 saniyede deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.18. Yüzeye dik çekme direnci test düzeneği.

3.2.3.4. Vida Tutma Direnci Deneyi

Boyutları 75x75xlevha kalınlığı(mm) olarak hazırlanan numuneler TS EN 320 standardı esas alınarak test edilmiştir [39]. Örneklerin ön yüzeylerine köşegenler çizilerek tam orta noktaları belirlenmiştir. Belirlenen orta noktalara matkap ile standarda uygun olarak birer delik açılmıştır. Bu deliklere ISO 1478'e göre başlık numarası ST 4.2. vida diş açıklığı (vida adımı) 1,4 mm olan çelik vidalar vidalanmıştır [40]. Bu şekilde hazırlanan örnekler üniversal test cihazında ki uygun çekme çenelerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.19). Standarda göre kuvvetin uygulanma hızı vida tamamen çıkıncaya ve 10 ± 1 mm/dakika olacak şekilde ayarlanarak test gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.19. Vida tutma direnci test düzeneği.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

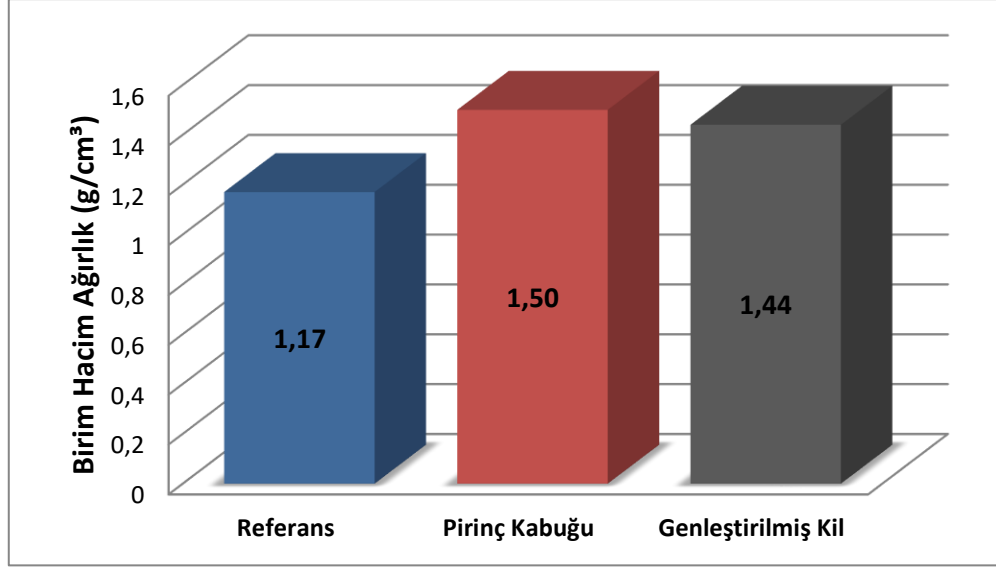
4.1.1. Birim Hacim Ağırlık

Levhaların birim hacim ağırlıklarına ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Birim hacim ağırlık deneyi sonuçları.

Numune No	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
REF-1	35,05	12,36	49,50	49,96	1,14
REF-2	32,30	12,04	49,35	49,74	1,09
REF-3	40,05	12,43	51,04	49,66	1,27
P.K-1	39,73	11,91	49,25	49,27	1,37
P.K-2	43,98	11,99	48,91	48,99	1,64
P.K-3	44,62	12,14	49,38	49,76	1,49
G.K-1	49,97	14,41	49,87	48,93	1,42
G.K-2	53,40	14,73	49,74	49,21	1,48
G.K-3	51,45	14,04	51,30	50,12	1,42

Çizelge incelendiğinde birim hacim ağırlık değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama birim hacim ağırlık değerlerine ait grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Birim hacim ağırlık deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Birim hacim ağırlık deneyi sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde genleştirilmiş kil içeren numunelerin referans numuneye kıyasla birim hacim ağırlıklarında %23 oranında bir artış olduğu, pirinç kabuğu içeren numunelerinde referans numunelere kıyasla birim hacim ağırlıklarında %28,2 oranında bir artış olduğu görülmektedir. Şekil 4.1'deki grafiksel gösterime bakıldığında pirinç kabuğu içeren numunelerin birim hacim ağırlıklarının diğer numunelere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Birim hacim ağırlık deneyi sonucunda, odun lifine göre daha ağır olan pirinç kabuğu ve genleştirilmiş kil agregasının birim hacim ağırlıklarının referansa göre daha yüksek olduğu elde edilen verilerden anlaşılmaktadır.

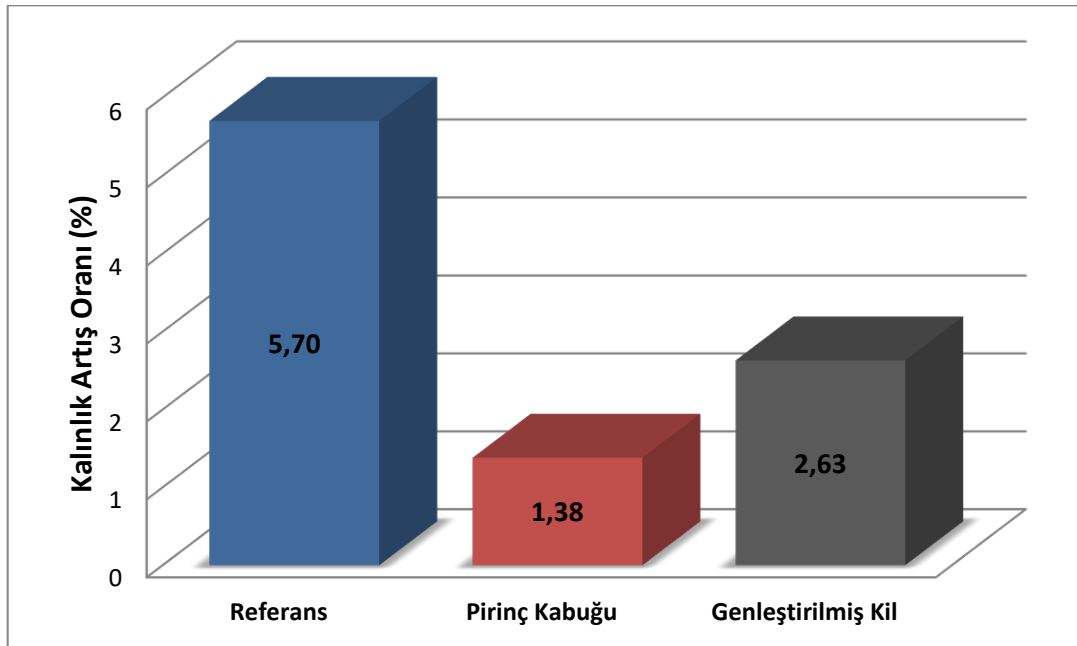
4.1.2. Kalınlık Artış Oranı

Levhaların kalınlık artış oranı deneyi sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kalınlık artış oranı deneyi sonuçları.

Numune No	İlk Kalınlığı (mm)	Sudaki Kalınlığı (mm)	Kalınlık Artışı Miktarı (%)
REF-1	12,52	13,07	4,39
REF-2	12,53	13,21	5,42
REF-3	12,86	13,80	7,30
P.K-1	11,68	11,87	1,62
P.K-2	11,78	12,02	2,03
P.K-3	12,14	12,20	0,49
G.K-1	15,58	16,11	3,40
G.K-2	16,23	16,58	2,15
G.K-3	16,15	16,53	2,35

Çizelge incelendiğinde kalınlık artış oranı değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama kalınlık artış oranı deneyi değerlerine ait grafik Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kalınlık artış oranı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Kalınlık artış oranı deneyi sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde geliştirilmiş kil içeren numunelerin su aldıkça kalınlığındaki artış oranı referans numunelere göre %53,9 daha az olmuştur. Pirinç kabuğu içeren numuneler referans numunelere göre bünyesine daha az su alarak kalınlığındaki değişim referans numunelere göre %75,8 daha az olmuştur. Genleştirilmiş kil ve pirinç kabuğunun odun lifine göre daha az su emiyor olmasının etkisiyle levhaların kalınlıklarındaki değişimin daha az olduğu elde edilen verilerden anlaşılmaktadır.

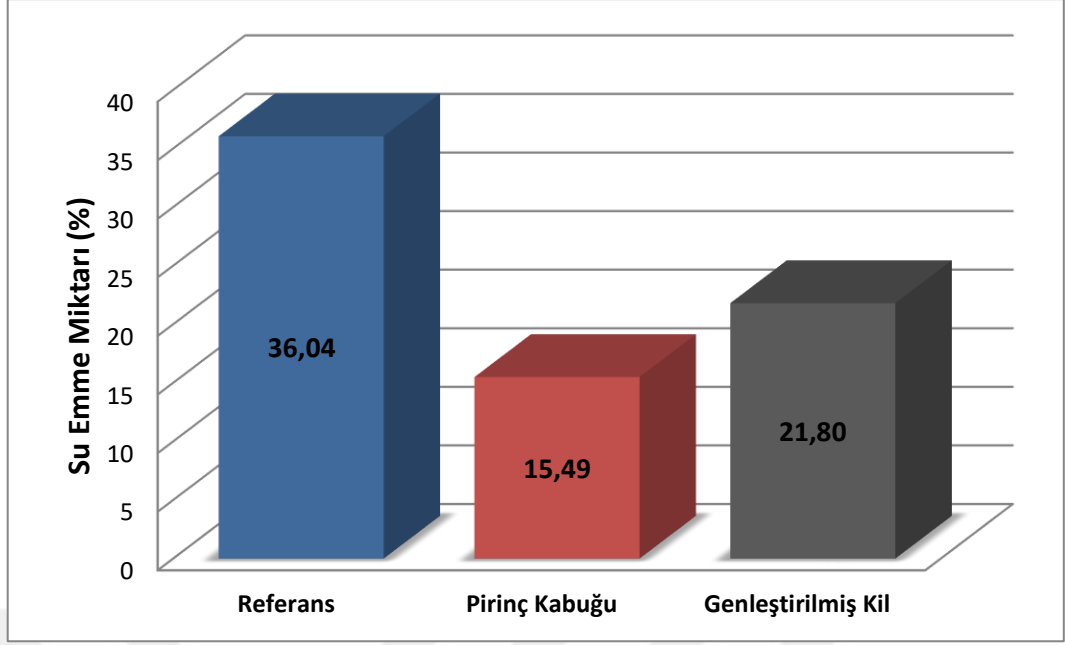
4.1.3. Su Emme Miktarı

Levhaların 2 ve 24 saat sonundaki su emme miktarına ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablolar Çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 2 saat sonundaki su emme miktarı deneyi sonuçları.

Numune No	İlk Ağırlığı (g)	Suda Ağırlığı (g)	Su Emme Miktarı (%)
REF-1	39,44	52,21	32,37
REF-2	43,02	57,98	34,77
REF-3	44,30	62,45	40,97
P.K-1	42,55	50,77	19,31
P.K-2	42,16	48,81	15,77
P.K-3	44,98	50,11	11,40
G.K-1	53,23	68,92	29,47
G.K-2	58,99	69,57	17,93
G.K-3	62,96	74,30	18,01

Çizelge incelendiğinde 2 saat sonunda su emme miktarı değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. 2 saat sonundaki ortalama su emme miktarı deneyi değerlerine ait grafik Şekil 4.3’de verilmiştir.

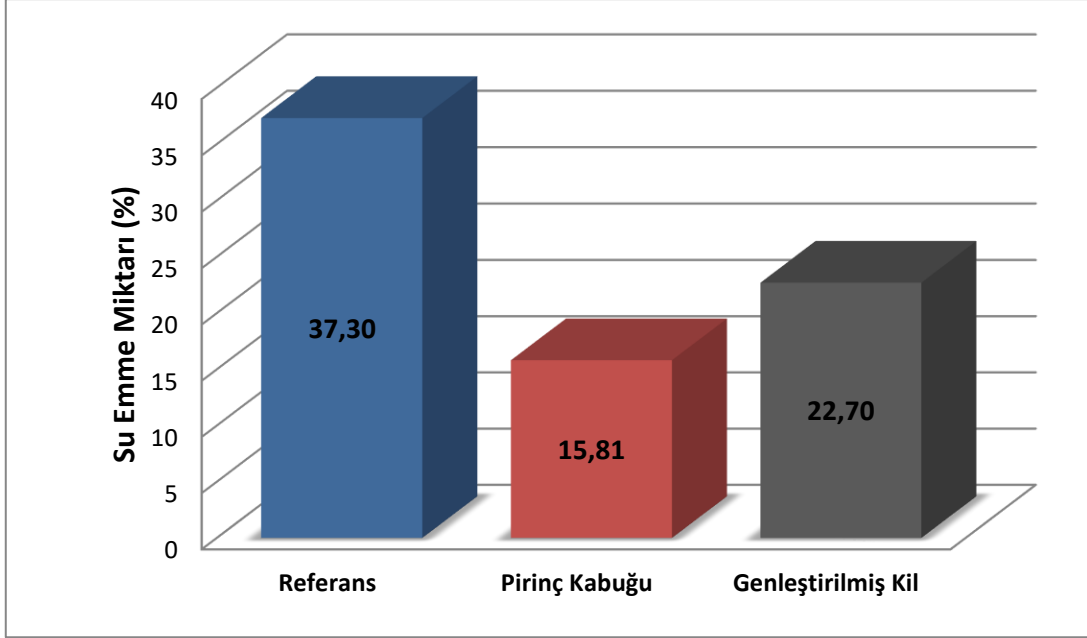


Şekil 4.3. 2 saat sonundaki su emme miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Çizelge 4.4. 24 saat sonundaki su emme miktarı deneyi sonuçları.

Numune No	İlk Ağırlığı (g)	Suda Ağırlığı (g)	Su Alma Miktarı (%)
REF-1	39,44	52,59	33,34
REF-2	43,02	58,53	36,05
REF-3	44,30	63,14	42,52
P.K-1	42,55	50,91	19,64
P.K-2	42,16	48,93	16,05
P.K-3	44,98	50,26	11,73
G.K-1	53,23	69,33	30,24
G.K-2	58,99	69,95	18,57
G.K-3	62,96	69,44	19,29

Çizelge incelendiğinde 24 saat sonunda su emme miktarı değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. 24 saat sonundaki ortalama su emme miktarı deneyi değerlerine ait grafik Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. 24 saat sonundaki su alma miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Su emme miktarı deneyi sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde su aldıkça kalınlığı da fazlaca artan referans numunelerinin su emme miktarı da diğer numunelere göre fazla çıkmıştır. Genleştirilmiş kil içeren numunelerin referans numunelere göre %39,1 oranında bünyesine daha az su aldığı görülmektedir. Referans numunelere göre pirinç kabuğu içeren numunelerin de %57,6 oranında bünyesine daha az su aldığı görülmektedir. Şekil 4.4'deki grafiksel gösterime bakıldığında kalınlık artış oranı sonuçları da desteklenerek en az suyu alan örnekler pirinç kabuğu içeren örnekler olmuştur. Genleştirilmiş kil ve pirinç kabuğunun odun lifine göre daha az su emiyor olmasının su emme miktarı deneyindeki bu sonuçlara etki ettiği elde edilen verilerle anlaşılmaktadır.

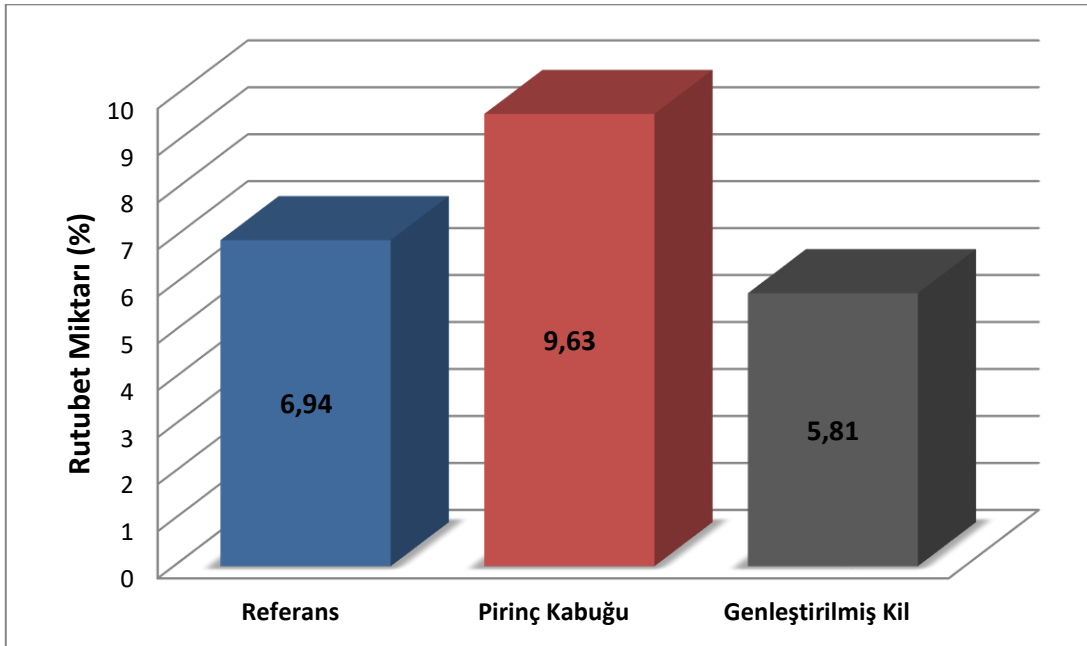
4.1.4. Rutubet Miktarı

Levhaların rutubet miktarına deneyine ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Rutubet miktarı deneyi sonuçları.

Numune No	İlk Ağırlığı (g)	Etiv Kuru Ağırlığı (g)	Rutubet Miktarı (%)
REF-1	35,07	32,80	6,92
REF-2	32,30	30,25	6,77
REF-3	40,07	37,40	7,13
P.K-1	39,73	36,12	9,99
P.K-2	43,99	40,13	9,61
P.K-3	44,61	40,82	9,28
G.K-1	49,97	47,20	5,86
G.K-2	53,41	50,43	5,90
G.K-3	51,46	48,69	5,68

Çizelge incelendiğinde rutubet miktarı değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama rutubet miktarı deneyi değerlerine ait grafik Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Rutubet miktarı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Rutubet miktarı deney sonuçları incelendiğinde pirinç kabuğu içeren numunelerin rutubet miktarları referans numunelere göre %38,8 oranında daha yüksek çıkmıştır. Genleştirilmiş kil içeren numunelerin rutubet miktarları referans numunelere göre %16,28 oranında daha düşük çıkmıştır. Şekil 4.5'deki grafiksel gösterime bakıldığında referans örneklerin sonuçları pirinç kabuğu içeren örneklerden düşük olsa da genleştirilmiş kil içeren örneklerin rutubet miktarı sonuçları tüm örneklerden düşük çıkmıştır.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

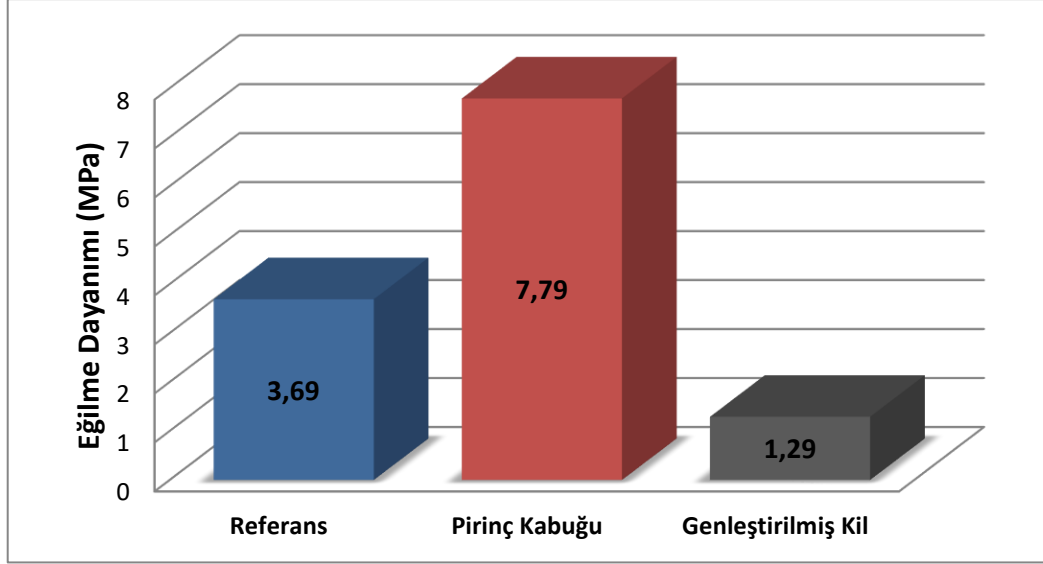
4.2.1. Eğilme Dayanımı

Levhaların eğilme dayanımı deneyine ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Eğilme dayanımı deneyi sonuçları.

Numune No	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	Eğilme Dayanımı (MPa)
REF-1	11,90	50,00	250,00	3,80
REF-2	12,53	50,00	250,00	3,54
REF-3	12,84	50,00	250,00	3,72
P.K-1	12,30	50,00	250,00	8,22
P.K-2	11,54	50,00	250,00	5,88
P.K-3	13,07	50,00	250,00	9,26
G.K-1	13,04	50,00	250,00	1,30
G.K-2	12,30	50,00	250,00	1,22
G.K-3	13,08	50,00	250,00	1,36

Çizelge incelendiğinde eğilme dayanımı değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama eğilme dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 4.6'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Eğilme dayanımı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Eğilme dayanımı deneyinde elde edilen veriler incelendiğinde genleştirilmiş kil agregası kullanımında levhanın eğilme dayanımının referans numunelere göre %65 oranında düştüğü, pirinç kabuğu kullanımında eğilme dayanımlarının referans numunelere göre %110 oranında artış gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.6'daki grafiksel gösterime bakıldığında en yüksek eğilme dayanımına ulasan örnekler pirinç kabuğu içeren örneklerdir. Pirinç kabuğunun lifli yapısı sayesinde eğilme dayanımına katkıda bulunduğu ve odun lifi ile birleşerek levhaların eğilme dayanımı özelliklerini iyileştirildiği görülmektedir. Genleştirilmiş kil içeren numunelerde ise, genleştirilmiş kilin küresel yapısı nedeniyle yeteri kadar eğilme dayanımlarına katkı sağlayamadığı elde edilen verilerden anlaşılmaktadır.

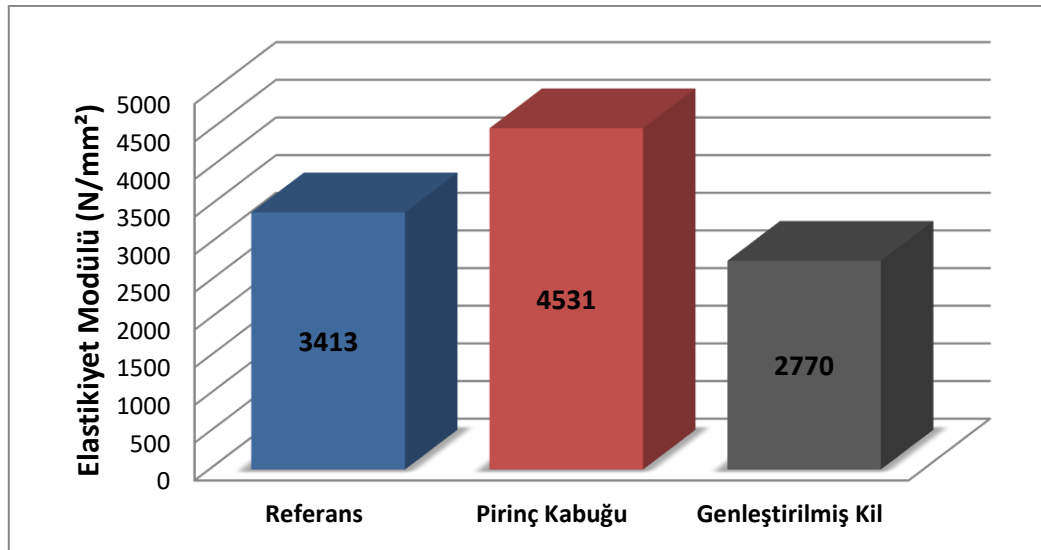
4.2.2. Elastikiyet Modülü

Levhaların elastikiyet modülüne ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Elastikiyet modülü deney sonuçları.

Numune No	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	Eğilme Dayanımı (MPa)
REF-1	11,90	50,00	250,00	3,80
REF-2	12,53	50,00	250,00	3,54
REF23	12,84	50,00	250,00	3,72
P.K-1	12,30	50,00	250,00	8,22
P.K-2	11,54	50,00	250,00	5,88
P.K-3	13,07	50,00	250,00	9,26
G.K-1	13,04	50,00	250,00	1,30
G.K-2	12,30	50,00	250,00	1,22
G.K-3	13,08	50,00	250,00	1,36

Çizelge incelendiğinde elastikiyet modülüne ait değerlerin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Elastikiyet modülü değerlerine ait grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Elastikiyet modülü deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Şekil 4.7’deki grafiksel gösterim incelendiğinde eğilme dayanımı deneyi esnasında video ekstansometre ile yapılan ölçümler sonucunda pirinç kabuğu içeren numunelerin

elastikiyet modülü, referans numunelere göre %33 daha yüksek çıkarken, genişleştirilmiş kil içeren numunelerin elastikiyet modülü referans numunelere göre %19 daha düşük çıkmıştır. Eğilme dayanımı sonuçları yüksek olan pirinç kabuğu içeren numunelerin elastikiyet modülünde diğer numunelere göre daha yüksek çıkarak kalıcı deformasyona uğramadan diğer numunelere göre daha fazla kuvvet etkisi altında kalabileceğini göstermektedir. Bu sonucun pirinç kabuğunun lifsi yapısı sayesinde olduğu elde edilen eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü deney verilerden anlaşılmaktadır.

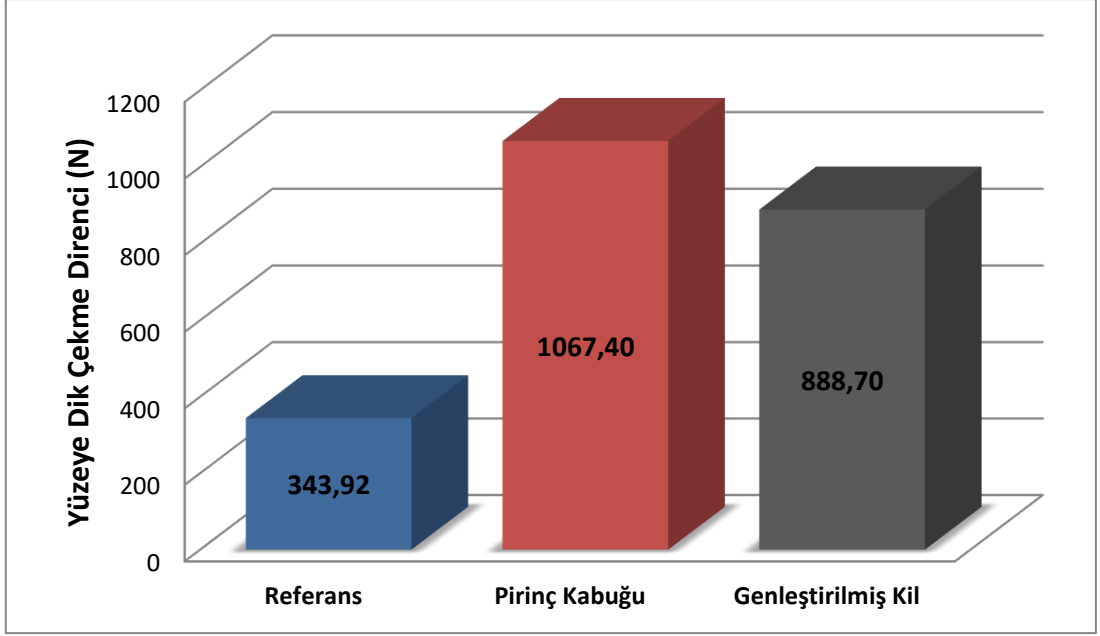
4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Levhaların yüzeye dik çekme direncine ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yüzeye dik çekme deneyi sonuçları.

Numune No	Çekme Kuvveti (N)
REF-1	341,08
REF-2	284,05
REF-3	406,62
P.K-1	1060,6
P.K-2	1131
P.K-3	1010,6
G.K-1	940,1
G.K-2	852,30
G.K-3	873,72

Çizelge incelendiğinde yüzeye dik çekme deneyi değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama çekme değerlerine ait grafik Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Yüzeye dik çekme direnci deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Deney sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde genleştirilmiş kil içeren numunelerin yüzeye dik çekme direnci deneyinde referans numunelere göre %258 daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Pirinç kabuğu içeren numuneler ise referansa göre %310 daha iyi performans göstererek daha iyi sonuçlar vermiştir. Genleştirilmiş kilin agrega olarak çoğu doğal agregadan daha iyi performans veriyor olması, referans numunelere göre aldığı yüksek sonuçları destekler niteliktedir. Yüzeye dik çekme deneyi sonucunda levha numunelerinin durumu Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yüzeye dik çekme direnci deneyi sonucunda levha numunesi.

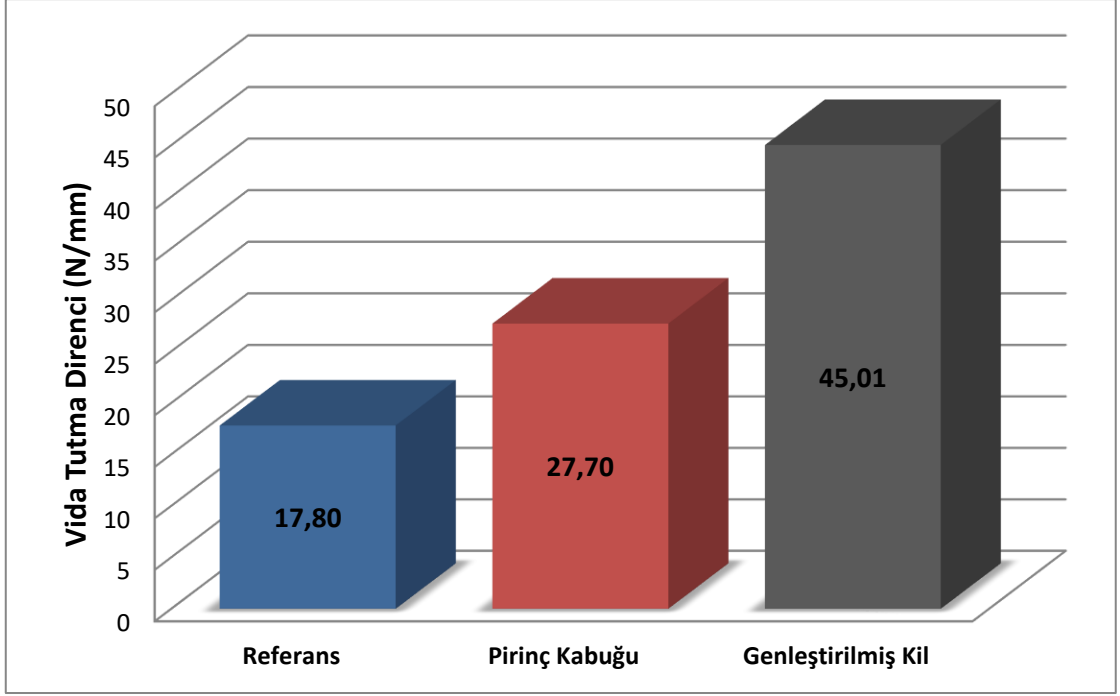
4.2.4. Vida Tutma Direnci

Levhaların vida tutma direncine ilişkin deney sonuçlarını ve boyutlarını içeren tablo Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Vida tutma direnci deneyi sonuçları.

Numune No	Numune Kalınlığı (mm)	Çekme Kuvveti (N)	Vida Tutma Direnci (N/mm)
REF-1	12,22	178,02	14,567
REF-2	12,85	190,85	14,852
REF-3	12,02	158,50	13,186
REF-4	12,67	318,58	25,144
REF-5	12,11	257,55	21,267
P.K-1	12,41	304,17	24,510
P.K-2	12,30	291,48	23,697
P.K-3	11,10	241,02	21,713
P.K-4	12,17	417,63	34,316
P.K-5	11,12	381,27	34,286
G.K-1	12,13	516,83	42,607
G.K-2	15,17	649,92	46,026
G.K-3	14,07	506,85	46,949
G.K-4	15,46	686,28	44,390
G.K-5	14,03	645,87	45,119

Çizelge incelendiğinde vida tutma direnci deneyi değerlerinin kullanılan malzemeye göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Ortalama vida tutma direnci değerlerine ait grafik Şekil 4.10’de verilmiştir.



Şekil 4.10. Vida tutma direnci deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Elde edilen veriler incelendiğinde genleştirilmiş kil içeren numunelerin vida tutma direnci deneyinde diğer numunelere göre daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.10'daki grafiksel gösterime bakıldığında pirinç kabuğu içeren numuneler referans numunelere %55,6 oranında daha iyi performans göstermiştir. Genleştirilmiş kil içeren numuneler ise referans numunelere göre %152 oranında daha iyi performans göstermiştir. Vida tutma direnci deneyi sonunda levha numunelerin durumu Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Vida Tutma direnci deneyi sonucunda levha numunesi.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Pirinç kabuğu ve geliştirilmiş kil içeren çimentolu levha üretiminin araştırılması için levha numuneleri üzerinde fiziksel olarak; birim hacim ağırlık, kalınlık artış oranı, su emme miktarı, rutubet miktarı, mekanik olarak; eğilme dayanımı, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci ve vida tutma direnci deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Deneylerden elde edilen veriler ve bu veriler üzerinde yapılan değerlendirmeler neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Fiziksel özellikler için yapılan deneyler neticesinde;

- ✓ Pirinç kabuğu içeren numunelerin birim hacim ağırlıklarının referans numunelere göre daha %28,2 daha yüksek olduğu,
- ✓ Geliştirilmiş kil içeren numunelerin birim hacim ağırlıklarının referans numunelere göre %23 daha yüksek olduğu,
- ✓ Kalınlık artış oranı deneylerine bakıldığında pirinç kabuğu içeren numunelerin referans numunelere göre %75,8 daha az şişme oranına sahip olduğu ve geliştirilmiş kil içeren numunelerin referans numunelere göre %53,9 daha az şişme oranına sahip olduğu,
- ✓ Su emme miktarı deneyine bakıldığında 2 ve 24 saatin sonunda en fazla suyu referans numunelerin bünyesine aldığı,
- ✓ Su emme miktarı deneyine bakıldığında pirinç kabuğu içeren numunelerin referans numunelere göre %57,6 daha az su emdiği,
- ✓ Su emme miktarı deneyine bakıldığında geliştirilmiş kil içeren numunelerin referans numunelere göre %39,1 daha az su emdiği,
- ✓ Rutubet miktarlarına bakıldığında en fazla rutubete maruz kalan numunelerin referansa oranla %38,8'lik farkla pirinç kabuğu içeren numuneler olduğu,
- ✓ Rutubet miktarlarına bakıldığında geliştirilmiş kil içeren numuneler ve referans numunelerin sonuçları birbirine yakın olsada daha fazla rutubete maruz kalan numunelerin geliştirilmiş kil içeren numuneler olduğu görülmektedir.

Mekanik özellikler için yapılan deneyler neticesinde;

- ✓ Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarına bakıldığında pirinç kabuğunun lifsi yapısı sayesinde en yüksek eğilme dayanımına sahip numunelerin pirinç kabuğu içeren numuneler olduğu,
- ✓ Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarına bakıldığında geliştirilmiş kil içeren numunelerin referans numunelere göre %65 daha düşük eğilme dayanımına sahip olduğu,
- ✓ Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarıyla da paralel olarak elastikiyet modülü sonuçlarında pirinç kabuğu içeren numunelerin referans numunelere göre %33 daha yüksek elastikiyet modülüne sahip olduğu,
- ✓ Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarıyla da paralel olarak elastikiyet modülü sonuçlarında geliştirilmiş içeren numunelerin referans numunelere göre %19 daha düşük elastikiyet modülüne sahip olduğu,
- ✓ Yüzeye dik çekme direnci deneyi sonuçlarına bakıldığında en yüksek direnci gösteren numunelerin referansa göre %310 artışla pirinç kabuğu içeren numuneler olduğu,
- ✓ Yüzeye dik çekme direnci deneyi sonuçlarına bakıldığında geliştirilmiş kil içeren numunelerin, referans numunelere göre %258 daha iyi sonuçlar gösterdiği,
- ✓ Vida tutma direnci deneyine göre, en iyi sonuçları geliştirilmiş kil içeren numunelerin gösterdiği,
- ✓ Pirinç kabuğu içeren numunelerin vida tutma direnci deneyinde referans numunelere göre %55,6 daha iyi sonuçlar gösterdiği görülmektedir.

Pirinç kabuğu ve geliştirilmiş kil bulunan numunelerin bazı testlerde birbirlerine göre üstün olması ve referans numunelere göre daha iyi sonuçlar vermeleri farklı amaçlar için kullanılacak iki farklı levhanın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Pirinç kabuğunun lifsi yapısının eğilme dayanımını arttırdığı ve elastikiyet modülün yüksek olmasına katkıda bulunduğu görülmüştür. Geliştirilmiş kilin ise küresel yapısı sebebiyle eğilme dayanımına katkıda bulunamadığı görülmüştür. Geliştirilmiş kilin çimento ile daha iyi aderans sağlamasından ötürü levha yüzeyine yapılan dik çekme ve vida tutma testlerindeki sonuçları, diğer örneklere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Tüm sonuçlara bakıldığında pirinç kabuğu ve geliştirilmiş kil içeren levhaların taşıyıcı

olmayan yapı elemanlarında kaplama malzemesi olarak ya da bölme elemanı olarak kullanılabilceği düşünölmektedir.



6. KAYNAKLAR

- [1] *Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 197-1, 2002.
- [2] M. Tufan ve F. Mengeloğlu, “Odun plastik kompozitleri ve ülkemizde odun plastik kompozit üretiminde kullanılacak hammaddeler üzerine genel bir değerlendirme,” *3.Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Türkiye, 2010, ss. 1658-1664.
- [3] M. Bulut, “Türkiyede kompozit malzeme üretimi ve kompozit malzeme sektörünün genel değerlendirilmesi,” Yüksek lisans tezi, Metal Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [4] E. Altuntaş, E. Yılmaz ve T. Salan, “Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması,” *Türkiye Ormanlık Dergisi*, c. 3, s. 18, ss. 258–263, 2017.
- [5] C. Güler, “Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi,” *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, Konya, Türkiye, 2015, ss.70–78.
- [6] P. E. Halstead, “The early history of portland cement,” *Transactions of the Newcomen Society*, vol. 34, no. 1, pp. 37-54, 2014.
- [7] R. C. Saka, “Cam elyaf takviyeli betonlarda sepiyolit kullanımının mekanik, fiziksel ve durabilite özelliklerine etkilerinin araştırılması,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2018.
- [8] L. Şen, “PC 42,5 ve PKÇ 32,5 çimentolarla üretilen harçların durabilite özellikleri,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, Türkiye, 2005.
- [9] Anonim, (2005, 23 Haziran). [Online]. Erişim: <http://www.agaclar.net/forum/igne-yaprakli-agaclar/396.html>.
- [10] Anonim, (2017, 2 Mart). [Online]. Erişim: http://tr.wikipedia.org/wiki/Adi_gürgen.
- [11] E. Sadıç, “Pirinç kabuğu külünden çeşitli silikatların üretilmesi,” Yüksek lisans tezi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2008.
- [12] A. G. Devocioğlu ve Y. Biçer, “Genleştirilmiş kil agregalı betonların ısı özelliklerinin incelenmesi,” *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, c. 3, s. 2, ss. 75-81, 2012.
- [13] N. Şahin. (2017, 17 Haziran). *Kalsit özellikleri ve kullanım alanları*. [Online]. Erişim: http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/2d0e1beec7c6f76_ek.pdf.
- [14] K. Özkaya, A. C. İlce, E. Burdurlu and S. Aslan, “The effect potassium carbonate, borax and wolmanit on the burning characteristic of oriented strand board,” *Construction and Building Materials*, vol. 21, no. 7, pp. 1457-1462, 2007.
- [15] S. Çolak, H. Öztürk ve A. Demir “Yonga levhaların formaldehit emisyonu üzerine tanen ve kitosanın etkileri,” *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, Konya, Türkiye, 2015, ss. 613-622.

- [16] A. İstek, İ. Özsoylu ve A. Kızılkaya, “Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi,” *Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, c. 1, s. 19, ss. 132-138, 2017.
- [17] *Fibre building boards, Definition and Classification*, ISO Standard 818, 1975.
- [18] A. İstek, “Sert lif levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine sıcaklık ve basıncın etkisi,” *Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, c. 8, s. 10, ss. 29-35, 2006.
- [19] M. H. Clare and G. H. Bishop, “Potential wave mechanisms in cat cortex,” *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, vol. 8, pp. 583-367, 1956.
- [20] S. Subaşı, “Genleştirilmiş kil agregası ile taşıyıcı hafif beton üretimi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 24, s. 3, ss. 559-567, 2009.
- [21] L. Gündüz, N. Şapcı ve M. Bekar, “Genleştirilmiş kilin hafif agrega olarak kullanılabilirliği,” *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, c. 2, s. 1, ss. 115–121, 2006.
- [22] C. Chiet, N. A. Ibrahim, N. Zainuddin, H. Ariffin and W. M. Z. W. Yunus, “Compositional and morphological changes of chemical modified oil palm mesocarp fiber by alkaline bleaching and silane coupling agents,” *BioResources*, vol. 9, no. 3, pp. 5290–5301, 2014.
- [23] Y. Çöpür, A. Tozluoğlu and Ö. Özyürek, “Selülozik biyoetanol üretim teknolojisi,” *Ormancılık Dergisi*, s. 1, ss. 10–37, 2011.
- [24] S. Yıldız, İ. Balaydın ve A. Ç. Ulucan, “Pirinç kabuğu külünün beton dayanımına etkisi,” *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 1, s. 19, ss. 85–91, 2007.
- [25] Internation Grains Council, “Grain market report,” IGC, Rep. 12, 2012.
- [26] Anonim, (2017, 17 Haziran). *Türkiye Ortalama Yıllık Çeltik Üretimi*. [Online]. Erişim: <http://www.tmo.gov.tr/Main.aspx?ID=40>.
- [27] Anonim, (2017, 24 Eylül). *Türkiye Ortalama Yıllık Çeltik Üretimi*. [Online]. Erişim: <https://www.tuik.gov.tr>
- [28] Z. Naghizadeh, M. Faezipour, G. Ebrahimi and Y. Hamzeh, “Manufacture of lignocellulosic fiber-cement boards containing foaming agent,” *Constructşon and Building Materials*, vol. 35, pp. 408-413, 2012.
- [29] R. Drelich, T. Gorzelanczyk, M. Pakula and K. Schabowicz, “Automated control of cellulose fibre cement boards with a non-contact ultrasound scanner,” *Automation in Construction*, vol. 57, pp. 55-63, 2015.
- [30] M. H. Simatupang, “Water requirement during the manufacture of cement bonded particle boards,” *Holz roh Werkstoff*, vol. 37, pp. 379-382, 1979.
- [31] A. İstek ve A. Gençer, “Çimentolu yonga levha özelliklerine pomza kullanımının etkisi,” *2.Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu*, Isparta, Türkiye, 2014, ss. 560–567.
- [32] F. Yapıcı, H. Yörür ve İ. Yalçın, “Çimentolu yonga levhanın özelliklerine rutubet değişiminin etkisinin belirlenmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, s. 15 ss. 61–64, 2014.
- [33] *Ahşap esaslı levhalar- Birim hacim ağırlık tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 323/1, 1999.

- [34] *Yonga levhalar ve lif levhalar- Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 317, 1999.
- [35] *Standart Test Methods For Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*, ASTM D1037, 1999.
- [36] *Ahşap esaslı levhalar- Rutubet miltarı tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 322, 1999.
- [37] *Ahşap esaslı levhalar- Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülü tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 310, 1999.
- [38] *Yonga levhalar ve lif levhalar- Levha yüzeyine dik çekme dayanımı tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 319, 1999.
- [39] *Lif levhalar- Vida tutma kabiliyetinin tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 320, 1999.
- [40] *Tapping screws thread*, ISO 1478, 1999.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Batuhan Aykanat
Doğum Tarihi ve Yeri : 17/06/1991 Ankara
E-posta : batuhanaykanat06@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İnşaat Müh.	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	İnşaat Müh.	Bayburt Üniversitesi	2018
Lisans	Yapı Öğr.	Düzce Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Ulus Anadolu Teknik Lisesi	2009