

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

**AHŞAP PLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERDEN
ÜRETİLEN BAZI BİRLEŞTİRME ELEMANLARININ
MEKANİK PERFORMANS ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERCAN BALA

OCAK 2018

MUĞLA

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞAÇIŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

**AHŞAP PLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERDEN
ÜRETİLEN BAZI BİRLEŞTİRME ELEMANLARININ
MEKANİK PERFORMANS ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS/ TEZİ

ERCAN BALA

OCAK 2018

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

ERCAN BALA tarafından hazırlanan **AHŞAP PLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERDEN ÜRETİLEN BAZI BİRLEŞTİRME ELEMANLARININ MEKANİK PERFORMANS ÖZELLİKLERİ** başlıklı tezinin, 05/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL (**Jüri Başkanı**)

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Erkan AVCI (**Danışman**)

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Araş. Gör. Dr. Nadir Yıldırım (**Üye**)

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIğI ONAYI

Doç. Dr. Mehmet ÇOLAK

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Erkan AVCI

Danışman, Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 05/01/2018

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yaptığımı da beyan ederim.

Ercan BALA
05/01/2018

ÖZET
AHŞAP PLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERDEN ÜRETİLEN BAZI
BİRLEŞTİRME ELEMANLARININ MEKANİK PERFORMANS
ÖZELLİKLERİ

Ercan BALA

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erkan AVCI

Ocak 2018, 71 sayfa

Kompozit malzemeler iki ya da daha fazla materyalden oluşan ve çoğu zaman kendini oluşturan malzemelerden daha iyi özellikler gösteren ürünlerdir. Ahşap plastik kompozitler (APK), orman ürünleri endüstrisinde sıklıkla tercih edilen, geri dönüşüm imkanı olan mühendislik ürünü malzemelerdir. Bu çalışmada APK malzeme üretilmesi, mekanik ve fiziksel performans özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen özelliklerin literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılması yapılmıştır.

APK üretiminde plastik hammaddesi olarak Polivinil klorür (PVC), dolgu maddesi olarak karaçam (pinus nigra) odun unu kullanılmıştır. Çalışmada plastik/odun unu oranı %50/50 olacak şekilde APK karışımı kullanılmıştır. Üretilen APK malzemelerden sandalye birleştirmelerini temsilen T-tipi ve H-tipi birleştirmeler zıvanalı, kavelalı ve yekpare olarak hazırlanmıştır.

T-tipi ve H-tipi birleştirmelerin moment taşıma kapasitelerini belirlemek için ASTM standartlarına uygun olarak mukavemet testleri yapılmıştır. Ayrıca çalışmada yoğunluk, kalınlığına şişme oranı, su alma oranı, eğilme direnci, elastikiyet modülü, çekme direnci, vida tutma gücü, yüzey pürüzlülüğu, doğal yaşlandırma ve renk değişimi testleri yapılmıştır.

Yapılan birleştirme testleri sonucunda APK malzemenin kavelalı kullanıma uygun olduğu, zıvanalı kullanım da ise pres sıcaklığı ve süresinin önemli olduğu görülmüştür. Levha kalınlığına göre pres sıcaklığı ve süresinin optimum değerlerinin belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Yekpare ve kavelalı birleştirmelerde zıvanalı birleştirmelere göre daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Sonuç olarak APK malzeme diğer ahşap esaslı levha ürünleri ile kıyaslandığında daha yüksek mukavemet değerine sahip olduğu görülmüş, masif malzemede ise daha düşük performans değerleri göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Plastik Kompozit, Mukavemet, APK, Birleştirme, Polivinil klorür, PVC

ABSTRACT

MECHANICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF SOME JOINTS PRODUCED FROM WOOD PLASTIC COMPOSITE MATERIALS

Ercan BALA

Master of Science (M Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Woodworking Industrial Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Erkan AVCI

January 2018, 71 pages

Composite materials are products that consist of two or more materials and often exhibit better properties than their self-constituent materials. Wooden plastic composites (WPC) are engineering products that are recyclable, often preferred in forest products industry. In this study, it is aimed to produce and determine strength properties of wood plastic composite (WPC) products. The determined characteristics were compared with the studies in the literature. Polyvinyl chloride (PVC) is used as a plastic raw material in the production of WPC and black pine (*pinus nigra*) wood flour is used as a filling material. In the study, WPC mixture was used as 50/50 ratio of plastic / wood flour. T-type and H-type joints representing the chair joints produced from WPC materials are prepared with mortise and tenon, dowel and one-piece joints. Strength tests were performed in accordance with ASTM standards to determine the moment carrying capacities of T-type and H-type joints. Besides, density, thickness swelling and water absorption rate, humidity ratio, bending strength, modulus of elasticity, tensile strength, surface roughness tests were performed on the WPC material. It has come to the conclusion that optimum values of press temperature and duration should be determined according to composite board thickness. As a result of the joining tests performed, it has been found that the use of WPC material is suitable for dowel joint. Pressing temperature and duration were also found to be important for mortise and tenon joint. Higher values were obtained in the case of one-piece and dowel joints than in the case of mortise and tenon joint. As a result, WPC material has been found to have higher strength value compared to other wood based board products and it was found lower performance values compared to massive material.

Keywords: Wood Plastic Composites, Strength, APK, Joint, Polyvinyl Chloride, PVC

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi ile çalışmalarımın tüm aşamalarında bilimsel destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanım Yrd. Doç.Dr. Erkan AVCI'ya, yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam Prof. Dr. Ali KASAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca çok değerli katkılarını gördüğüm Araştırma Görevlisi Tolga KUŞKUN'a ve Araştırma Görevlisi Halil KILIÇ'a gönülden teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde ve malzeme temininin sağlanmasında desteklerinden dolayı AREWOOD COMPOSITE'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte bana göstermiş olduğu sabır ve anlayışından ötürü sevgili eşim Esin BALA'ya ve biricik kızıma, öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi destek olan katkılarıyla her an yanımda hissettiğim anneme ve babama minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Bu tez çalışması Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi 15/167 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	2
1.2. Hipotez.....	2
1.3. Amaçlar.....	3
1.4. Kapsam ve Yöntem.....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Ahşap Plastik Kompozit (APK)	4
2.2. Ahşap Plastik Kompozitin Özellikleri.....	13
2.2.1. Ahşap plastik kompozitin avantajları.....	14
2.2.2. Ahşap plastik kompozitin dezavantajları	14
2.2.3. Ahşap plastik kompozitin kullanım yerleri.....	15
2.2.4. Ahşap plastik kompozit üretiminde kullanılan hammaddeler	18
2.2.5. Odun unu ve lifi	18
2.2.6. Plastik hammaddeler	19
2.2.7. Termoset malzemeler	22
2.2.8. Termoplastik malzemeler.....	23
2.2.9. Elastomerler	24
2.3. Literatür Araştırması.....	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Hammaddeler	26
3.1.1. Araştırmada kullanılacak odun unu ham maddesi	26
3.1.2. Araştırmada kullanılacak plastik hammaddeler	27
3.2. Çalışma Planı	28
3.2.1. Ahşap plastik kompozitlerin üretilmesi	28
3.2.2. Sıcak preste ve CNC işleme makinesinde APK numune hazırlanması	30

3.3. Deneme Yöntemleri.....	32
3.3.1. Yoğunluk.....	32
3.3.2. Suda bekletme sonucu kalınlığına şişme ve su alma oranı	33
3.3.3. Statik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü	34
3.3.4. Levha yüzeyine paralel çekme direnci (ASTM D 638-99).....	35
3.3.5. Vida tutma direnci.....	38
3.3.6. T-tipi ve H-tipi birleştirmelerin moment taşıma kapasiteleri	40
3.3.6.1. Deney metodları ve deney düzenekleri	42
3.3.7. Yüzey pürüzlülüğü	44
3.3.7.1. Ortalama pürüzlülük değeri (R_a)	44
3.3.7.2. En büyük pürüzlülük değeri (R_y)	44
3.3.7.3. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (R_z).....	45
3.3.8. Doğal yaşlandırma	46
3.3.9. Renk ölçümü	47
3.3.10. Verilerin değerlendirilmesi.....	48
4. BULGULAR	49
4.1. Yoğunluk Değerinin Hesaplanması.....	49
4.2. Suda Bekletme Sonucu Kalınlığına Şişme ve Su Alma Oranı	50
4.3. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	51
4.4. Levha Yüzeyine Paralel Yönde Çekme Direnci (ASTM D 638-99).....	52
4.5. Levha Yüzeyine Paralel Yönde Çekme Direnci (ASTM D 1037)	53
4.6. T-Tipi ve H-Tipi Birleştirmelerin Moment Taşıma Kapasiteleri	54
4.6.1. T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasiteleri.....	54
4.6.2. T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasiteleri.....	55
4.6.3. H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri.....	56
4.7. Levha Yüzeyine Paralel ve Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Gücü.....	57
4.8. Yüzey Pürüzlülüğü	57
4.9. APK'lerin Doğal Yaşlandırma ve Renk Değişimi Özellikleri	58
4.9.1. Doğal yaşlandırma	58
4.9.2. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişimi	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
6. KAYNAKLAR	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kompozit malzemelerin genel oluşum şeması (Addlington, 2005).....	5
Çizelge 1.2. APK Endüstrisinin Tarihi Gelişim Süreci.....	9
Çizelge 1.3. APK'nin, Plastik ve Ahşaba Göre Önemli Özellikleri (Web-3).....	13
Çizelge 1.4. APK pazarları ve uygulama tipleri (WRAP, 2003)	17
Çizelge 1.5. Sık kullanılan termoset malzemeler ve kullanım alanları.....	22
Çizelge 1.6. Plastiklerin Sınıflandırılması, Tanımlama Kodları ve Kullanım Alanları	23
Çizelge 3.1 Karaçam odununun özellikleri (Bozkurt ve Erdin, 2000).....	27
Çizelge 4.1. Yoğunluk ölçüm sonuçları	49
Çizelge 4.2. Kalınlığına şişme oranı	50
Çizelge 4.3. Su alma oranı ortalama değerleri	50
Çizelge 4.4. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri.....	51
Çizelge 4.5. Çekme direnci değerleri.....	52
Çizelge 4.6 Çekme direnci değerleri.....	53
Çizelge 4.7. T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri.....	54
Çizelge 4.8. T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri	55
Çizelge 4.9. H-tipi birleştirme elemanları kesme kuvveti.....	56
Çizelge 4.10. Levha Yüzeyine Paralel ve Dik Vida Tutma Gücü	57
Çizelge 4.11. Örnek gruplarına ait yüzey pürüzlülüğü Ra, Ry, Rz değerleri	57
Çizelge 4.12. Doğal yaşlandırma sonucu APK'nin hacim değişim oranı.....	58
Çizelge 4.13. Doğal Yaşlandırma Sonucu APK'nin Ağırlık Değişim Oranı.....	59
Çizelge 4.14. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişim değerleri (1. Nokta)	59
Çizelge 4.15. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişim değerleri (2. Nokta)	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 2000-2009 Yılları arasında Avrupa ve ABD’de APK üretim miktarları (Eder 2010)	9
Şekil 1.2. 2009 yılı Avrupa ülkelerinde APK üretimi yapan işletme sayısı (Eder, 2010)	10
Şekil 1.3. APK’in küresel piyasa tahmini (Web-5)	11
Şekil 1.4. APK’in Almanya’da kullanım alanı ve yıllara göre satış miktarı (Milyon \$) (Web-6)	12
Şekil 1.5. APK’in 2008-2016 küresel piyasa verileri (Web-4).....	15
Şekil 1.6. 2005 yılı Kuzey Amerika’da APK ürünlerin piyasa yüzdesi (Eder, 2010) 16	
Şekil 1.7. 2004 yılı Avrupa’da APK ürünlerin piyasa yüzdesi (WAHL, 2008)	16
Şekil 1.8. APK’nin değişik kullanım alanları (Web-1).....	17
Şekil 1.9. Farklı özelliklerde üretilmiş APK örnekler (Web-2).....	18
Şekil 1.10. Sentetik ve doğal liflerin sınıflandırılması (Akbulut, 2009).....	19
Şekil 3.1. APK karışımının hazırlanması.....	29
Şekil 3.2. APK karışımının kalıba dökülmesi.....	29
Şekil 3.3. APK karışımının serme işlemi	30
Şekil 3.4. APK’nın kalıpta prese hazırlanması	30
Şekil 3.5. APK karışımının preslenmesi	31
Şekil 3.6. APK numuneleri	31
Şekil 3.7. CNC makinesinde APK numune hazırlanması.....	32
Şekil 3.8. CNC makinesinde hazırlanan APK malzemeler.....	32
Şekil 3.9. Termal su banyosu	33
Şekil 3.10. Eğilme direnci testinin yapılışı	34
Şekil 3.11. Çekme testi numune boyutları (ASTM D 638-99)	36
Şekil 3.12. Çekme testi numune örneği (ASTM D 638-99)	37
Şekil 3.13. Çekme testi numune boyutları (ASTM D 1037)	37
Şekil 3.14. Çekme testi numune örneği (ASTM D 1037).....	37
Şekil 3.15. Çekme testi yapılışı.....	38
Şekil 3.16. Testte kullanılan vida özellikleri.....	39

Şekil 3.17. Levha yüzeyine paralel (kenardan) vida çekme direnci	39
Şekil 3.18. Levha yüzeyine dik vida çekme direnci.....	40
Şekil 3.19. H ve T tipi birleştirme örnekleri	40
Şekil 3.20. T-tipi zıvanalı birleştirme örneği	41
Şekil 3.21. T-tipi kavelalı birleştirme örneği	41
Şekil 3.22. Deneylerde kullanılan kavela örneği	42
Şekil 3.23. Çekme deney düzeneği	43
Şekil 3.24. Eğilme deney düzeneği	43
Şekil 3.25. Kesme deney düzeneği	43
Şekil 3.26. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)	44
Şekil 3.27. En büyük pürüzlülük değeri (Ry)	45
Şekil 3.28. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)	45
Şekil 3.29. yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	45
Şekil 3.30. APK doğal yaşlandırma numuneleri.....	46
Şekil 3.31. APK doğal yaşlandırma platformu	47
Şekil 3.32. CIEL*a*b* renk alanı CIELAB-76 renk sistemi (Yeniocak, 2013).....	47
Şekil 3.33. Renk ölçüm cihazı ve APK renk numuneleri	48

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı semboller ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Semboller	Açıklama
E	Elastikiyet modülü, (N/mm^2)
F	Kuvvet, (N)
F_{maxe}	Eğilme deneyinde kırılma anındaki kuvvet, (N)
$F_{maxç}$	Yüzeye dik çekmede kopma anındaki kuvvet, (N)
G_t	Kalınlığına şişme miktarı, (%)
r	Rutubet miktarı, (%)
m_r	Rutubetli (Hava kuru) ağırlık, (g)
m_0	Tam kuru ağırlık, (g)
L_s	Mesnetler arası mesafe, (mm)
V_0	Tam kuru hacim, (cm^3)
V_r	Rutubetli (Hava kuru) hacim, (cm^3)
δ_0	Tam kuru yoğunluk, (g/cm^3)
δ_r	Rutubetli (Hava kuru) yoğunluk, (g/cm^3)
σ_E	Eğilme direnci, (N/mm^2)
X_{min}	En düşük değer,
X_{max}	En büyük değer,
X_{ort}	Ortalama değer,

Kısaltmalar	Açıklama
APK	Ahşap plastik kompozit
ASTM	American society for testing and materials
H	Hidrojen
HCl	Hidroklorik asit
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
HRR	Isı yayılma hızı
KMO	Katkı malzemesi oranı
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
MA	Maleik Anhidrit
MAPE	Maleik anhidritlendirilmiş polietilen
MAPP	Maleik anhidritlendirilmiş polipropilen
MLR	Ortalama ağırlık kaybı
MPa	Mega paskal
O.T.A	Orman Tali Atıkları
OH	Hidroksil
OUO	Odun unu karışım oranı
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PT	Plastik türü
PVC	Polivinil klorür
Ra	Ortalama pürüzlülük değeri
Ry	En büyük pürüzlülük değeri
Rz	En yüksek 10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri
TPE	Termoplastik elastomer
TSE	Türk standartları enstitüsü
UV	Ultraviyole ışık
WPC	Wood plastic composite

1. GİRİŞ

Bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan her madde malzeme adını alır. Malzeme; bir ürünün ya da mekânın tasarım sürecinde düşünülmesi gereken en önemli parametrelerden biridir. Gelişen teknolojiler ve yeni üretim teknikleri, her geçen gün yeni malzemelerin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Kompozit malzemeler; insan yapımı olan ve istenilen özellikleri elde etmek amacıyla özel olarak tasarlanan malzemelerdir. İnsanların farklı gereksinim ve beklentilerinin yanı sıra, çevreye duyarlı yaşam anlayışının giderek artması da, yeni malzemeler geliştirilmesinde önemli bir etken olmaktadır (Erkan, 2011).

Günümüzde, çevre dostu bir malzeme olmasından ötürü, “ahşap” malzemenin önemi giderek artmaktadır. Ahşap tozları ve geri dönüşümlü plastik kullanılarak oluşturulan ahşap-plastik kompozit malzeme de bu ihtiyaçlara çok büyük ölçüde cevap vermektedir. Bu malzeme, taşıdığı estetik değerin ve fiziksel üstünlüklerinin yanı sıra sürdürülebilir olmasıyla da dikkat çekmektedir (Erkan, 2011).

Plastiklerin çeşitli odun unu ya da lignoselülozik liflerle farklı oranlarda karıştırılarak şekillendirilmesiyle elde edilen ürünler Ahşap Plastik Kompozit (APK) veya Odun Plastik Kompozit (OPK) olarak adlandırılmaktadır (Avcı, 2012).

APK kendisini oluşturan plastik ve ahşaba kıyasla daha üstün özelliklere sahip olmaları sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Ahşap hammaddesinin hafifliği, düşük ısı iletimi ve lifsel yapıda olması gibi olumlu özellikleri ile plastik maddelerin suya dayanıklılık, biyolojik dayanıklılık ve yapışma özelliklerinin kombine edilmesiyle tek başına ahşap ve plastikte bulunmayan özellikler, APK denilen ürünlerde bir araya getirilmektedir (Avcı, 2012).

Odun unu, dolgu maddesi ya da güçlendirici malzeme olarak görev yapmaktadır. APK üretiminde uygulama yerine bağlı olarak odun unu, testere tozu, küçük yonga, lif ya da özel işlem görmüş atık kâğıt % 10 ile % 70 oranları arasında kullanılabilir. APK üretimi ekstrüzyon, enjeksiyonlu kalıp, sıcaklıkla şekillendirme ve sıcak pres gibi plastik işleme endüstrisinde kullanılan plastik teknolojisiyle yapılabilmektedir (Avcı, 2012).

1.1. Problemin Tanımı

Günümüzde Termoplastik malzemeden değişik üretim yöntemleri ile elde edilen plastik ürünler; otomotiv sektöründen ev aletlerine, bilgisayar sistemlerinden beyaz eşya üretimine, sağlık alanından spor aletlerine, uzay teknolojilerinden sanatsal ekipmanlara kadar birçok alanda kullanıma sunulmuştur. Tüm bu alanlarda ürünlerden beklenen özellikleri sağlamak katkısız haldeki polimerlerle mümkün olmamaktadır. Polimerler üzerinde çeşitli modifikasyonlar yapılarak birçok özellikleri istenildiği gibi değiştirilebilir. Böylece bu malzemelerin mekanik özelliklerinde daha yüksek performans elde edilmekte ve buna bağlı olarak kullanım alanları genişlemektedir (Demircan, 2009).

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak yükselen kaliteli ve sağlam mobilya talepleri karşısında, sürekli azalan orman varlıkları ve doğal kaynaklar nedeniyle, mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Yıllardır mobilya sektörünün ana maddesini ahşap ve ahşap esaslı levhalar oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda, gelişen teknoloji mobilya sektöründe farklı ana hammaddelerin kullanılmasına imkân vermiştir. Özellikle polivinilklorür (PVC) levhalar, düzgün ve sert bir yapıya sahip, suya ve neme karşı dayanıklı, asit, alkaliler, hidrolik yağlar gibi aşındırıcı maddelere karşı yüksek dirençli, farklı renklere boyanabilmesi, laminat ile kaplanabilmesi vb. özelliklerinden dolayı iç dekorasyon ve mobilya üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Suya ve neme karşı dayanıklı olduklarından dolayı mutfak, banyo, wc gibi ortamlardaki mobilyaların yapımında kullanılabilir. Bu malzemelerin direk olarak mobilya üretiminde masif ağaç malzeme yerine kullanılması ciddi mukavemet problemlerine yol açabilir. Bu nedenle, PVC levhaların, özellikle panel mobilya üretiminde kullanıldığında, nasıl mekanik davranış özellikleri gösterecekleri belirlenmelidir (Bayındır, 2009).

1.2. Hipotez

APK malzemelerden üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri, bazı birleştirme türlerinde gösterdikleri mukavemet bakımından ağaç malzemeye alternatif olabilir.

1.3. Amaçlar

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan APK malzemenin mobilya üretiminde karşılaşılan çeşitli tekniklerle birleştirilmiş T-tipi ve H-tipi birleştirmelerin deney yükleri altında gösterecekleri mukavemet özelliklerinin incelenmesi, ayrıca fiziksel ve mekanik performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.4. Kapsam ve Yöntem

Polivinil klorür (PVC) ve karaçamdan elde edilen odun unu kullanılarak APK üretilmiş, üretilen APK malzemelerin mekanik, fiziksel ve birleştirme mukavemet özelliklerinin belirlenmesi amacıyla örnekler hazırlanmıştır. Bu malzemelerden çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda karşılaşılan T-tipi ve H-tipi birleştirmeler hazırlanarak, statik yük altında çekme, eğilme ve kesme deneylerine tabi tutulmuştur. T-tipi ve H-tipi birleştirme elemanlarının hazırlanmasında üç farklı birleştirme tekniği ve tek çeşit tutkal kullanılmıştır. Her birleştirme çeşidinden 5 adet olmak üzere toplam 45 adet deney örneği hazırlanmış ve test edilmiştir. Üretilen APK malzemeye fiziksel ve mekanik özellikleriyle ilgili standartlara uyularak; yoğunluk, kalınlığına şişme oranı, su alma oranı, eğilme direnci ve elastikiyet modülü, çekme direnci, vida tutma gücü, yüzey pürüzlülüğü, doğal yaşlandırma ve renk değişimi testleri yapılmıştır. Her test için 10 adet olmak üzere toplam 90 adet deney örneği hazırlanmıştır ve deney sonuçlarının yorumlanması yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ahşap Plastik Kompozit (APK)

Kompozit malzeme kavramının ortaya atılması ve bir mühendislik konusu olarak ele alınması 1940'lı yılların başında gerçekleşse de, ilk kompozit malzeme örneklerinin M.Ö 1500'lü yıllarda ortaya çıktığı bilinmektedir. M.Ö 1500'lü yıllardan beri insanlar, inşaat için kullanacakları kırılğan malzemelerin içine bitkisel ve hayvansal lifler koyarak bu kırılğanlık özelliğini gidermeye çalışmışlardır. Bunun en iyi örneklerinden biri kerpiç malzemedir (Toma, 2007).

Kompozit malzemeler; iki ya da daha fazla malzemenin uygun özelliklerini tek bir malzemede toplamak ve yeni özellikler sağlamak amacıyla birden fazla malzeme veya fazın uygun bir yöntemle karıştırılması ile elde edilen malzemelerdir (Bulut, 2014).

Kompozit malzemelerin genellikle dört ana özelliğe sahip olmaları gerekmektedir. Bunlar;

- ❖ İnsan yapısı olması dolayısıyla doğal bir malzeme olmaması,
- ❖ Kimyasal bileşimleri birbirinden farklı ve belirli ara yüzeyler ile ayrılmış en az iki malzemenin bir araya getirilmiş olması,
- ❖ Farklı malzemelerin üç boyutlu olarak bir araya getirilmiş olması,
- ❖ Bileşenlerinin her birinin tek başına sahip olmadığı özellikleri taşıması amacıyla üretilmiş olması (Broutman, 1967).

Kompozit malzemeler yüksek performans uygulamaları için tasarlanmış, özellikleri spesifik amaçlara uygun olarak oluşturulmuş ve geniş anlamda fonksiyonlarına göre düşünülen malzemelerdir (Addlington, 2005).

Kompozit malzeme üretiminde genellikle aşağıdaki özelliklerden bir veya birkaçının geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Jones, 1980).

- ❖ Mekanik dirençler (basınç, çekme, eğilme ve çarpma direnci),
- ❖ Isı iletkenliği veya ısı direnç,

- ❖ Elektrik iletkenliği veya elektriksel direnç,
- ❖ Akustik özellikler,
- ❖ Sertlik,
- ❖ Ağırılık,
- ❖ Güzel görünüm.

Kompozit malzemeler doğada hazır olarak bulunmazlar. İnsan yapımı malzeme sistemleridir ve kendisini oluşturan malzemelerden farklı özelliklere sahip olurlar.

Kompozit malzemelerde, malzeme üzerinde oluşacak gerilimi taşıyan ve mukavemeti arttıran bir takviye elemanı ile bu malzemenin çevresinde hacimsel olarak genellikle çoğunluğu oluşturan bir ana malzeme (matrix) malzeme bulunmaktadır. Bu iki malzeme grubundan, takviye elemanı kompozit malzemenin mukavemet, yük taşıma özelliğini ve tokluğunu artırmak, yüksek sıcaklıkta çalışma özelliklerini iyileştirmek amacı ile kullanılırken, ana malzeme ise deformasyona geçişte oluşabilecek çatlak ilerlemelerini önleyici rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasını veya kırılmasını geciktirmektedir. Ana malzeme olarak kullanılan malzemenin bir amacı da takviye elemanı olarak kullanılan malzemeleri yük altında bir arada tutabilmek ve yükü homojen olarak dağıtmaktır (Bulut, 2014).

Kompozit malzemelerin genel oluşum şeması Çizelge 1.1.'de gösterildiği gibidir; Kompozit malzeme = A + B veya Kompozit malzeme = A + B + C şeklindedir.

Çizelge 1.1. Kompozit malzemelerin genel oluşum şeması (Addlington, 2005)

A-Takviye Malzemeleri	B-Reçine ve Matris Malzemeleri	C- Çekirdek (Core) Malzemeleri
Cam fiberler	Epoksiler	Köpükler
Polimer fiberler	Polyesterler	Balsa
Organikler (kevlar vb.)	Viniller	Sentetikler
Naylonlar, Polyesterler	Diğerleri	Diğerleri
Karbon fiberler		

Tablo 1.2.'de görüldüğü üzere kompozit malzemelerin takviye malzemesi, bu malzemenin içine gömüldüğü reçine ya da matris ve nadir olarak dâhili çekirdek malzemelerin bir araya gelmesiyle oluşurlar (Addlington, 2005).

Kompozit malzemenin yapısında bulunan takviye elemanları yükü taşıyarak matrisin rijitliğini ve dayanımını artırır. Reçine ve matris malzemeleri ise elyafları bir arada tutarak çevresel etkilerden ve darbelerden korur (Şahin, 2000).

Kompozit malzemenin özellikleri, bileşen fazların özelliklerinin, bu fazların göreceli miktarlarının ve matris içinde dağılan takviye elemanının geometrisinin fonksiyonu niteliğindedir (Callister, 1997).

APK lignoselülozik malzeme ile plastiklerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir isimdir. Odun unlarının termoplastik esaslı polimerler polietilen (PE), polipropilen (PP), Polivinil klorür (PVC), polistiren (PS) gibi ile karıştırılmasıyla oluşan kompozit levhalara termoplastik esaslı kompozit malzemeler denilmektedir. Termoplastik esaslı kompozit üretiminde farklı türde ağaçlardan elde edilen unlar ya da lifler ile PE, PP, PVC ve PS gibi plastikler kullanılabilir. Bu termoplastikler, lignoselülozik yapıya sahip olan materyallerin bozunmasını önlemek için daha düşük sıcaklıklarda (150–220 °C) üretilebildiklerinden dolayı tercih edilmektedir (Matuana ve Heiden, 2004).

APK, yeni bir materyal grubudur. APK, polipropilen (PP)'den Polivinil klorür (PVC)'e kadar değişen polimer matris tipleri ve odun unundan ketene kadar değişen dolgu maddeleri kullanılarak üretilen ve çok farklı şekillerde olabilen kompozit materyaller olarak tanımlanabilir. Bu yeni materyaller, geleneksel ahşap kökenli levhaların (yongalevha, kontrplak, liflevha, OSB, LVL vb.) güncel konseptini, yeni alanlarda genişletmekte ve daha önemlisi yüksek performanslı yeni bir ürün jenerasyonu meydana getirmektedir (Tangram, 2002).

APK terimi; herhangi biçimdeki ahşap ve termoset ya da termoplastikleri içeren kompozitleri ifade eder. Bunlardan termoset plastikler sertleştiğinde, tekrar ısıtılması ile birlikte yumuşamaz. Örnek olarak; epoksi ve fenolik reçineler verilebilir. Bu plastikler orman ürünleri endüstrisinde iyi bilinmektedir. Termoplastikler ısıtıldığında tekrar tekrar yumuşayabilir. Örnek olarak polietilen (PE) ve Polivinil klorür (PVC) verilebilir. Termoplastikler; birçok değişik ticari üründe örneğin; süt kutusu, poşet ve dış cephe kaplaması olarak kullanılmaktadır (Clemons, 2002).

Plastik endüstrisinde, geleneksel olarak talk, kalsiyum karbonat, mika ve cam ya da karbon lifleri plastiğin performansını arttırmak amacıyla kullanmakta ve yaklaşık olarak yılda 2,5 milyon ton dolgu maddesi ve kuvvetlendirici kullanılmaktadır.

Liflerin yenilenebilme imkânı, daha ucuz olması ve hafif olmasına rağmen, bu endüstri, kenaf ya da keten gibi doğal lifleri ya da odun unu/lifi kullanma açısından isteksizdir. Birçok plastik işletmecisi odun liflerini; düşük yoğunluk, düşük ısı stabilitesi ve rutubet emme eğilimi nedeniyle görmezden gelmektedirler. Termoplastikler büyük çoğunlukla üreticilere yaklaşık 500kg/m³ özgül ağırlıkta granül ya da serbest-akışkan pelletler olarak gelmektedir. Plastik üreticileri düşük yoğunluklu ahşap liflerinin düzgün bir şekilde nasıl ölçüleceği ve makinede ince delikler içerisine nasıl itileceği problemiyle karşılaştılar. Ayrıca, erime noktası düşük plastiklerin erime sıcaklığı ahşap liflerinin termal degradasyon sıcaklığından yüksektir. Lignoselülozik liflerin yüksek rutubeti, plastik endüstrisi için önemli bir problemdir. Bu endüstri % 1-2 rutubeti bile yüksek bulmaktadır (Clemons, 2002).

Orman ürünleri endüstrisi için, termoplastikler her ne kadar geleneksel pazarlarda yer alsada yabancı bir dünya olmuştur. Orman ürünleri ve plastik endüstrisi, az sayıdaki malzemede birbirine rakiptir, genel olarak malzemelerini tamamen farklı alanlar için işlerler.

Plastik endüstrilerinin perspektifi son yıllarda etkileyici bir biçimde değişmiştir. Bazı APK ürünlerinin başarısıyla ahşabın iyi anlaşılması, ekipman imalatçılarının gelişmesiyle, ek satıcılarla ve yeni pazarlara girme fırsatıyla, özellikle yapı uygulama sektöründe büyük ses getirmesiyle bu alandaki ilgi artmıştır. Orman ürünleri endüstrisi kendi perspektifini de değiştirmektedir. Bazı orman ürünleri şirketleri APK kerestelerin imaline başlamış ve bir kısmı ise bu ürünlerin dağıtımını yapmaktadır (Clemons, 2002).

Katz ve Milewski (1987), dolgu maddelerinin %75'e kadar kullanımının gelecekte yaygın olabileceğini ve bu durumun da petrol bazlı plastiklerin kullanımının azalmasına çok büyük bir etki yapacağını belirtmiştir. Eğer dolgu maddelerinin önemli bir miktarı yenilenebilir zirai kaynaklardan elde edilirse, bu özellikle hem çevre hem de sosyoekonomik açıdan faydalı olabilir (Rowell, 1997).

APK'in tarihi 1900'lerden evvele dayanır. İlk ticari kompozit olan 'bakalit' formaldehit ve odun unundan meydana gelmiştir. İlk ticari kullanımının 1916 yılında otomobiller için vites topuzu olduğu ifade edilmektedir. APK yaklaşık 30 yıldan bu yana ABD'de endüstriyel olarak üretilmekte ve son yıllarda büyük bir gelişme göstermektedir (Clemons, 2002).

Odun unu veya lifinin termoplastiklerde dolgu maddesi ve güçlendirici olarak kullanımı son yıllarda plastik uygulamalarında önem kazanmaktadır. Maliyetleri düşürmek ve/veya mekanik performansı geliştirmek için lignoselüloziklerin termoplastiklerde kullanımının belirlenmesi yeni değildir. Ayrıca alınan patentler de hesaba katılırsa 1960–1970’li yıllardan bu güne kadar APK hakkında yayınlanmış pek çok araştırma bulunmaktadır. APK’e olan ilginin 1990’lı yıllarda yeniden canlanması, muhtemelen plastik maliyetlerinin yükselmesi ve çevreci görüşlerden (yenilenebilir materyallerin kullanımı) kaynaklanmaktadır (Rowell, 2006).

Amerikan Woodstock şirketi 1983’de İtalyan ekstrüzyon teknolojisini kullanarak otomotiv endüstrisinde otomobilin iç kısmındaki döşemeyi üretmeye başlamıştır. Ortalama %50’si odun unu olan polipropilen; düz levhalar halinde sıkıştırılarak otomobil içi panellerde kullanılmıştır. Bu da ABD’deki APK teknolojisinin ilk büyük uygulamalarından birini teşkil etmektedir (Clemons, 2002).

1990’ların başında, Advanced Environmental Recycling Technologies (AERT, Junction, Texas), şirketi nin daha sonraki adıyla Trex olan bir bölümü (Winchester, Virginia) polietilen içerisinde yaklaşık %50 oranında odun unundan oluşan APK üretmeye başlamıştır. Üretilen bu kompozitler, deck, bahçe mobilyası, piknik masası, endüstriyel zemin kaplaması olarak satılmaktadır (Youngquist 1995). Benzer kompozitler pencere ve kapı profilleri olarak üretilmiştir. Bugün, deck pazarı hızla büyüyen bir APK pazarı haline gelmiştir. (Clemons, 2002). Ayrıca 1990’lı yılların başında, Strandex şirketi (Madison, ABD) öğütme yada daha fazla kalıba gerek duymadan doğrudan son şeklini vermeye yarayan yüksek oranlarda dolgulu APK ekstruder şekillendirme yöntemi ile profil üretmiş ve patentini almıştır (Clemons, 2002).

1991’de APK ile ilgili ilk uluslararası konferans, orman ürünleri ve plastik endüstrisindeki araştırmacılar ve endüstri temsilcilerini APK hakkındaki fikirlerini ve teknolojilerini paylaşmak üzere bir araya getirmek niyetiyle Madison, ABD’de yapılmıştır. Daha sonraki yıl benzer bir konferans Toronto, Kanada’da düzenlemeye başlamıştır. Bu konferanslar 1990’lı yıllarda sürekli gelişme göstermiştir ve Kuzey Amerika’da ve pazarların geliştiği diğer yerlerde düzenlenmeye devam etmiştir. (Clemons, 2002).

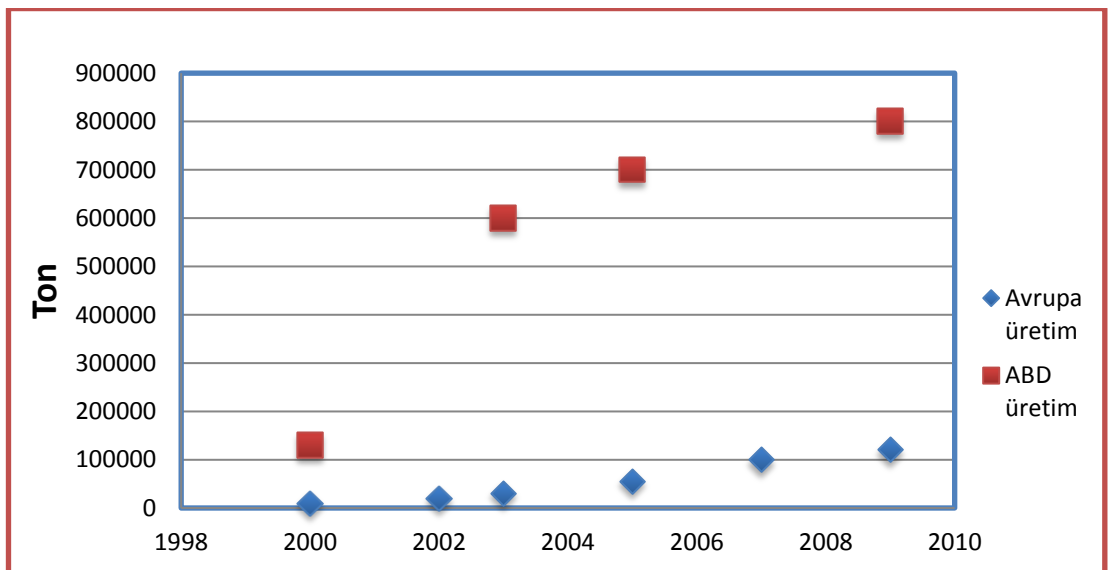
1996 yılında, birçok ABD şirketi ahşap (ya da diğer doğal lifler) ve plastik pellet hammadde üretmeye başlamıştır. Bu şirketler birçok işletmeci için istedikleri özelliklerde Pellet temin etmişlerdir. 1990'ların ortasından bu zamana kadar APK endüstrisindeki hareketlilik etkileyici bir biçimde artmış ve teknolojideki hızlı değişimlerle beraber birçok üretici APK üretimine başlamıştır (Clemons, 2002).

Çizelge 2.2. APK Endüstrisinin Tarihi Gelişim Süreci

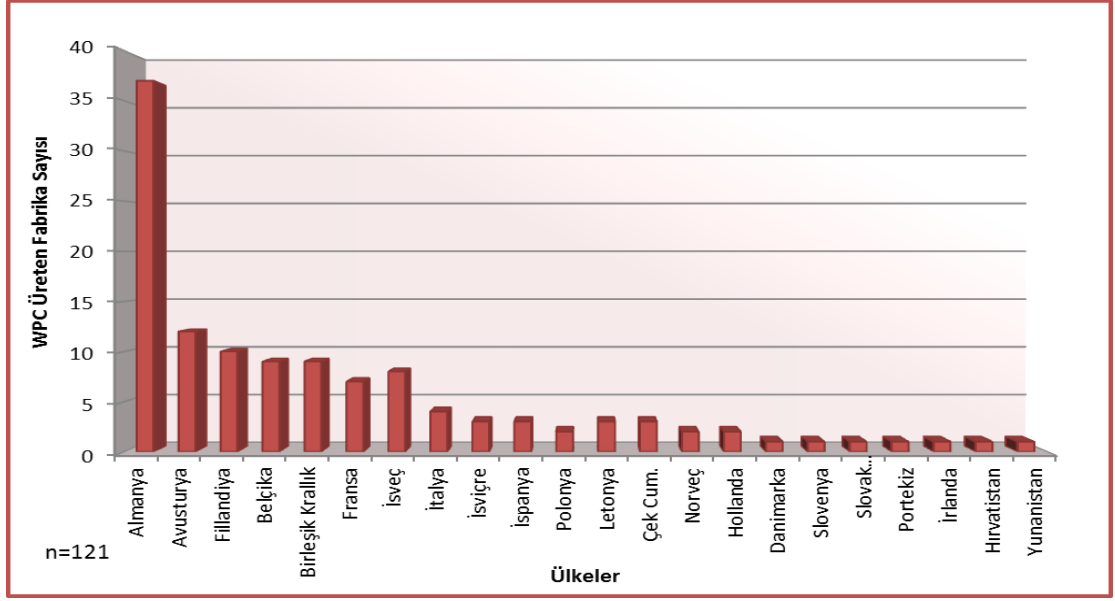
Yıl	Şirket	Ürün
1916	Rolls Royce	Bakalit
1983	American Woodstock Lear Corporation	%50 oranında PP/WF (odun unu) karışımıyla otomobil endüstrisinde kullanmak üzere APK üretmiştir.
1990	Strandex Corporation	Yüksek oranlarda dolgulu APK ekstruder şekillendirme yöntemi ile profil üretmiştir
1991	AERT Later TREX	% 50 oranında WF/PE deck panel ve piknik masası üretimi
1993	Andersen Corporation	WF/PVC kullanılarak Kapı ve pencereler için eşik, denizlik üretimi

2000-2009 yılları arasında Amerikan APK pazarında ortalama % 22 büyüme sağlanırken Avrupa pazarında % 51 büyüme ortalamasına sahiptir (Eder, 2010).

2000-2009 yılları arasındaki Avrupa ve ABD'de APK üretim miktarları Şekil 1.1.'de ve 2009 yılı Avrupa ülkelerinde APK üretimi yapan işletme sayıları Şekil 1.2.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. 2000-2009 Yılları arasında Avrupa ve ABD'de APK üretim miktarları (Eder 2010)



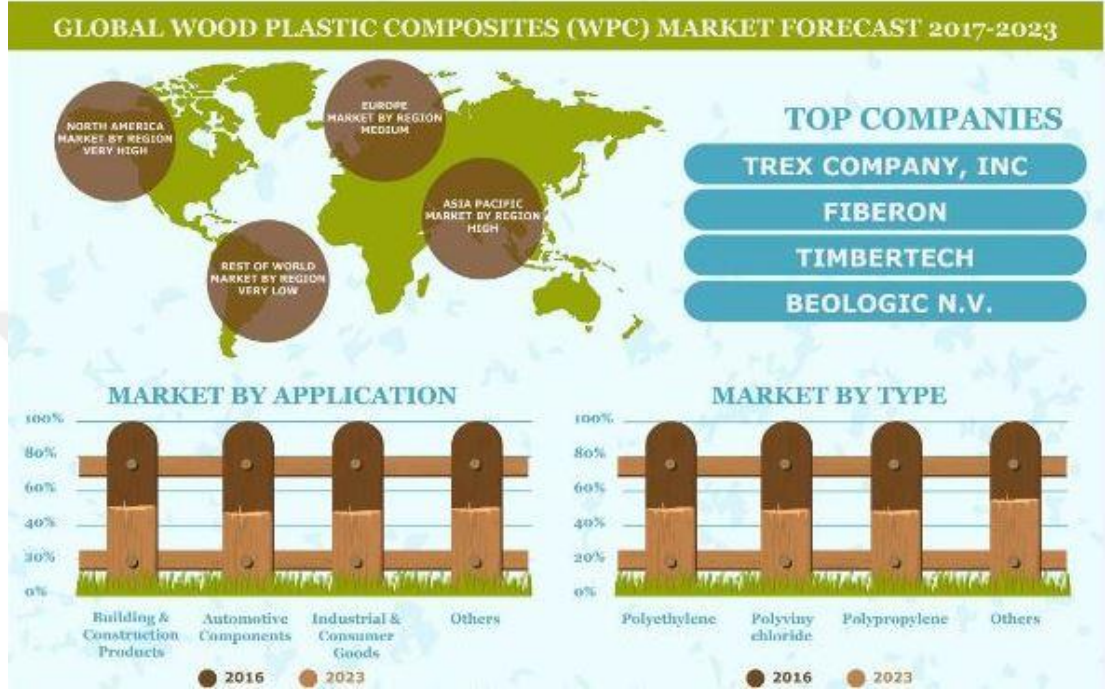
Şekil 1.2. 2009 yılı Avrupa ülkelerinde APK üretimi yapan işletme sayısı (Eder, 2010)

Yaklaşık 40 yıl önce otomotiv sektöründe endüstriye giren APK, üretim uygulamalarını çeşitlendirmiş ve 2010 yılına kadar Avrupa’ da yıllık 193.000 tona ulaşarak hızlı bir büyüme gerçekleştirmiştir. 2005-2010 yılları arasında Avrupa ekonomilerinde yaşanan mali krizler nedeni ile önceki dönemler ile karşılaştırıldığında büyümede yavaşlama olduğu görülmeye rağmen yıllık % 13 ortalama büyümeye sahiptir. Hackwell Grubu tarafından yapılan 2011 raporuna göre 2015 yılına kadar yaklaşık yıllık büyüme miktarı 360.000 ton olarak tahmin edilmektedir (Hackwell, 2011).

Küresel APK pazarının 2016 yılında 3.252.1 Milyon \$ 'dan 2023 yılına kadar 7.477.1 Milyon \$ ' a, 2017-2023 yılları arasında % 12.7'lik bir oranda büyümesi bekleniyor. Çalışma için düşündüğümüz baz yılı 2015 ve 2017 yılları arasında tahmin dönemi 2023. APK, temel olarak ince ahşap elyaf liflerin veya ahşap ununun termoplastiklerden oluşan kompozit bir karışımıdır. İnşaat endüstrisi ahşap-plastik kompozitler için önemli bir talep kaynağı olmuştur. Teknolojideki sürekli gelişme ve piyasadaki üretici firmaların Ar-Ge'ye yaptıkları büyük yatırımlar, APK pazarının büyümesinin önemli bir nedeni olmuştur (Web-5).

APK, kullanıldığı uygulamaya, yani inşaat ve inşaat ürünleri, endüstriyel ve tüketici ürünleri, otomobil parçaları ve diğerleri (Altyapı ve Denizcilik) bağlı olarak dört parçaya bölünür. Yapı ve inşaat, küresel APK pazarında en büyük paya sahip.

Tüketiciler arasındaki farkındalığın artırılması, APK 'lerin talebinin artmasına yol açtı. Otomotiv endüstrisindeki otomobil üreticileri, otomobil parçalarının yapımında APK'lerin kullanımının faydalarını da anlamışlar ve bu parçaların dayanıklılığını artırıp arttırması ve üretim maliyetlerini düşürmesi bekleniyor. Sanayi ve tüketim malları, APK pazarında da büyük bir paya sahiptir (Web-5).



Şekil 1.3. APK'in küresel piyasa tahmini (Web-5)

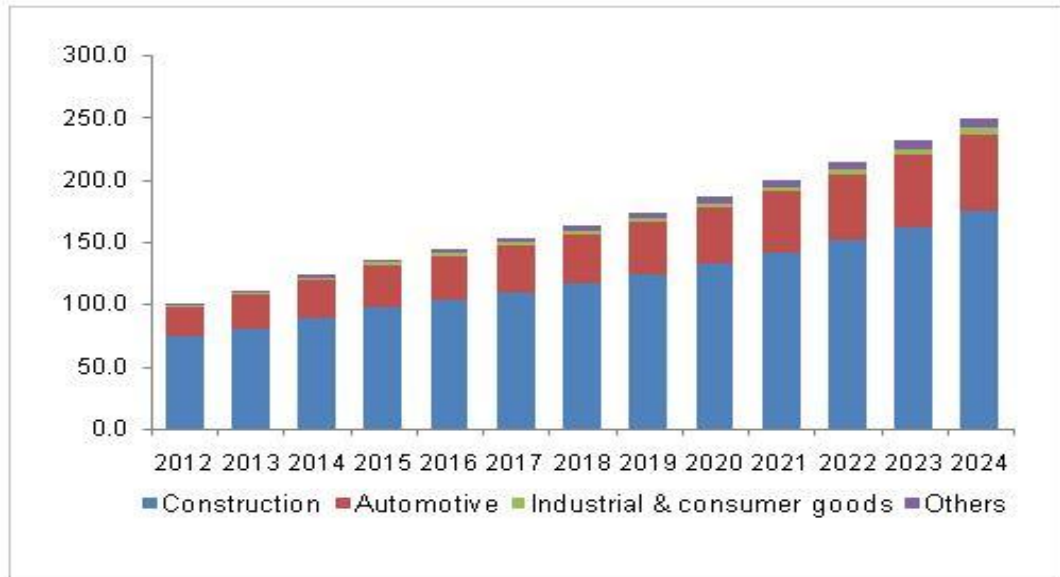
Şu anda, Kuzey Amerika küresel APK pazarında en büyük paya sahip ve tahmin edilen dönemde de aynı eğilim bekleniyor. Amerika Birleşik Devletleri Kuzey Amerika pazarına hâkim ve Kuzey Amerika APK pazarının neredeyse % 97'sine sahip. Hızlı kentleşme ve artan nüfus, Kuzey Amerika'nın pazardaki büyümesine katkıda bulunan faktörlerden bazıları. Ayrıca, bu bölgedeki önemli kilit şirketlerin varlığı bir destekleyici faktördür. Asya-Pasifik, küresel APK pazarında Kuzey Amerika'dan sonra ikinci en büyük pazar payına sahiptir. Büyüyen imalat sektörü ve APK'lerin binada ve inşaatla artan kullanımı piyasadaki büyümesi için bazı faktörlerdir (Web-5).

Bina ve inşaat uygulamalarının artan talebi, arsenik toksinleri, krom ve toksin bakır kullanımını yasaklamış ve otomotiv endüstrisinde geri dönüştürülebilir malzemeler için artan talep, APK pazarının büyümesinde önemli etkenlerden biri haline gelmiştir. Yapı endüstrisinde döşeme, eskrim ve dış mekân mobilyalarında APK'in artan kullanımları ile artan yatırımın APK pazarının büyümesini artıracakı düşünülüyor.

Çevre dostu malzemeler önümüzdeki zamanlarda tüketiciye ihtiyaç duyuyor ve otomobil sektörü otomobil parçaları imalatı için APK'leri kullanmaya başladı. Ayrıca, üretim maliyetlerinin APK kullanımı ile düşmesi öngörülmektedir (Web-5).

2015 yılında küresel APK pazarının boyutu 4.06 Milyar ABD doları olarak değerlendirildi. Zemin kaplaması ve eskrim uygulamalarında yükselen uygulama alanının ürüne olan talebi artırması bekleniyor. İnşaat uygulamalarında plastik ve çelik bileşenlere düşük maliyetli ve çevre dostu bir alternatif olarak APK için artan talebin pazarın büyümesine katkıda bulunması beklenmektedir. APK tarafından sunulan daha iyi geri dönüştürülebilirlik, termal kararlılık ve sertlik, gelecek sekiz yılda sanayi büyümesi için yeni yollar açması bekleniyor. Ayrıca, ürünün sunduğu gürültü engelleme özelliği nedeniyle sokak yapılarında ve peyzaj uygulamalarında artan uygulama kapsamının talebi artıracığı düşünülmektedir (Web-6).

Endüstrinin, petrokimya fiyatlarındaki dalgalanmalar ve artan çevresel kaygılar nedeniyle öngörülen sürede belirgin bir büyümeye tanık olması bekleniyor. Ahşap işleme ve plastik imalatçıların benzer imalat teknolojisi ve daha düşük üretim maliyeti nedeniyle APK imalatına yönelmeleri bekleniyor. (Web 6).



Şekil 1.4. APK'in Almanya'da kullanım alanı ve yıllara göre satış miktarı (Milyon \$) (Web-6)

APK için müzik aletlerinin imalatı, oyuncaklar, kalemler, bardaklar ve yüksek sınıf paketlemeler gibi çeşitli tüketim mallarının imalatı için artan uygulama kapsamının sanayi büyümesinde olumlu bir etkisi olması beklenmektedir. (Web-6).

2.2. Ahşap Plastik Kompozitin Özellikleri

APK, kendisini oluşturan plastik ve ahşaba kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu özellikler arasında plastik malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve doğada daha kolay bozunarak çevre dostu olmaları, ağaç malzemeye kıyasla ise daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilibilmeleri, çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları, geri dönüşümlü olmaları, atık malzemelerden üretilibilmeleri sayılabilir (Avcı, 2012)

APK'nin özellikleri; kendisini oluşturan hammaddelere, bu maddeler arasındaki etkileşime, ürün tasarımına ve kullanılan çevreye göre değişmektedir. APK'nin özelliklerini tespit etmek için araştırmacılar ve standart kuruluşlar çeşitli standart test metotları kullanmışlardır. Örneğin; önceden ASTM yapı malzemeleri kapsamında APK'lerin özelliklerini tespit etmek için iki yönlü bir yaklaşım geliştirmiştir. Eğer malzeme %50 ve daha fazla oranda plastik içeriyorsa plastik standartları uygulanabilmekte, bu orandan daha az plastik içermesi durumunda ise ağaç malzeme ile ilgili standartlar uygulanabilmekteydi (Clemons, 2002).

Çizelge 1.3.'de APK'nin, plastik ve ahşaba göre önemli özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. APK'nin, Plastik ve Ahşaba Göre Önemli Özellikleri (Web-3)

ÖZELLİKLER	APK	AHŞAP	PLASTİK
Güneş ışığı ve yaşlanmaya karşı dayanıklılık	***	*	**
Doğal ahşap görünümü	***	****	*
Neme dayanıklılık	***	*	***
Su emmeye karşı dayanıklılık	***	*	****
Biyolojik zararlılara karşı dayanıklılık	****	*	****
Kolay işlenebilirlik	****	****	*
Bakım kolaylığı	***	*	**
Çivilenme kabiliyeti	**	***	*
Düşük genleşme oranı	***	***	*

* kötü **orta ***iyi ****çok iyi

Görüldüğü gibi APK, plastik ve ahşaba göre önemli özellikler göstermektedir.

2.2.1. Ahşap plastik kompozitin avantajları

- ❖ Odun lifinin plastik karışım içerisinde kullanılmasıyla maliyet büyük oranda düşmektedir.
- ❖ Daha az petrol türevleri kullanılmasından dolayı karbon salınımını azdır.
- ❖ Kolay işlem görmekte, ahşap gibi kolay işlenebilmektedir.
- ❖ Üretiminin kolay ve kısa olmasından dolayı çıktıyı almak daha kolaydır.
- ❖ Arzu edilen şekil özelliklerine bağlı olarak kalıplar yardımı ile istenilen her şekilde profil üretilebilir.
- ❖ Çeşitli tipteki boyar maddeler ve desen kalıpları ile yeni yüzeyler ve güzel görünümler elde edilebilir.
- ❖ Rutubete karşı boyutsal stabilizasyonu ahşap malzemeye göre çok iyidir.
- ❖ Mineral dolgu maddeleriyle karşılaştırıldığında daha düşük yoğunluğa sahiptir.
- ❖ Atık plastik ve ahşap malzemelerin kullanılabilmesinden dolayı çevreci ve geri dönüşüme etkisi büyüktür.
- ❖ Mantar ve böcek gibi zararlılara karşı dayanıklılığı yüksektir. (Avcı, 2012)

2.2.2. Ahşap plastik kompozitin dezavantajları

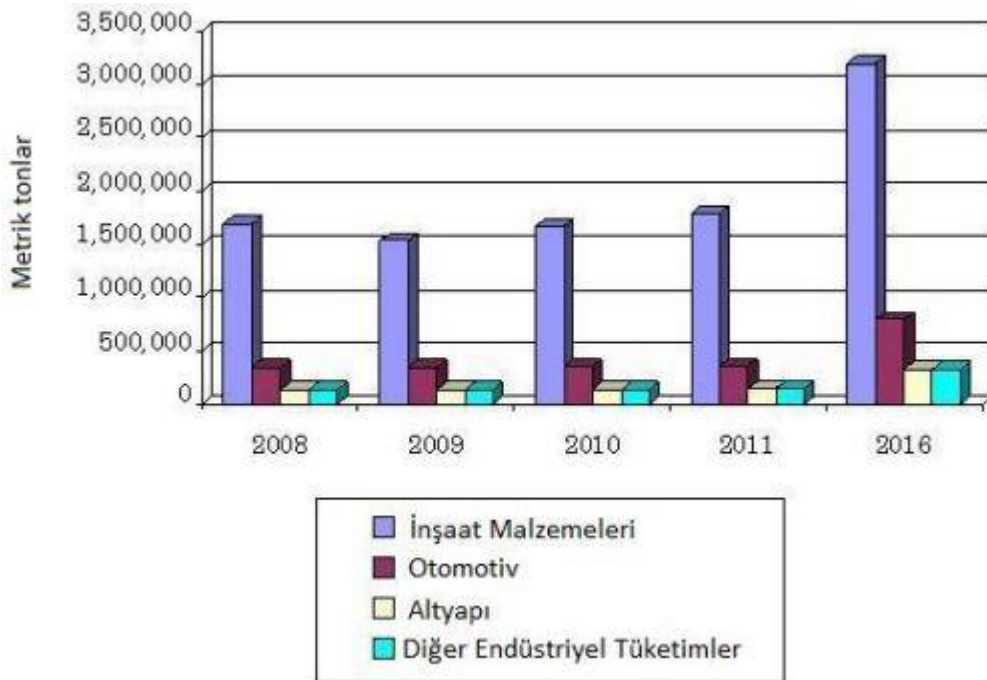
- ❖ Kullanılan ahşap malzemenin heterojen bir yapıya sahip ve üretim sıcaklığının yüksek olmasından dolayı ahşap malzemede meydana gelen değişiklikler nedeniyle renk farklılıklarının oluşması.
- ❖ APK üretiminde çalışabilecek ve üretim prosesindeki değişikliklerin sebebini çözebilecek her iki sektörü de bilen kalifiye eleman ihtiyacı.
- ❖ İki farklı yapıdaki, hidrofilik ve hidrofobik malzemenin üretimi süresince ortaya çıkan uyumlaştırma sorunları.
- ❖ Lignoselülozik hammaddenin depolanması sırasında çıkabilecek böcek mantar vb. kaynaklı bozunmalar.
- ❖ Tarımsal atıklarda fazlaca bulunan silikadan dolayı üretim makinalarında sebep oldukları aşınma (Avcı, 2012).

2.2.3. Ahşap plastik kompozitin kullanım yerleri

APK, ilk olarak düşük teknikli peyzaj noktalarında; yapısal keresteler, piknik masaları, oyun alanı ekipmanları, sıra, çit, çöp kutuları vb. yerlerde uygulanmıştır. APK'in diğer uygulamaları; örneğin kapı eşiği, dış cephe kaplaması ve aksesuarları ile çeşitli diğer dış uygulamalar olmak üzere yeni ürünler geliştirilmiştir. Gelişmelerin tümünde uzun süreli performans, uygun görünüş ve boyutsal stabilite önemlidir.

APK, pencere ve kapı imalatında, kalıp ve diğer endüstriyel parçalarda da kullanılmaktadır. Pencere uygulamalarında sıklıkla PVC karışım kullanılmakla beraber diğer termoplastik karışımlarda kullanılabilir. Odun unu dolgululu PVC, dengeli ısı stabilitesi, rutubete karşı direnci ve sertlik açısından değer kazanmıştır. Düşük bakım-onarım maliyeti; çatlak ve kıymık olmaması ve yüksek dayanıklılığı açısından desteklenmektedir. Masif dikdörtgen biçimindeki profilin yanı sıra kompleks oyuklu ve girintili çıkıntılı profil de üretilebilmektedir.

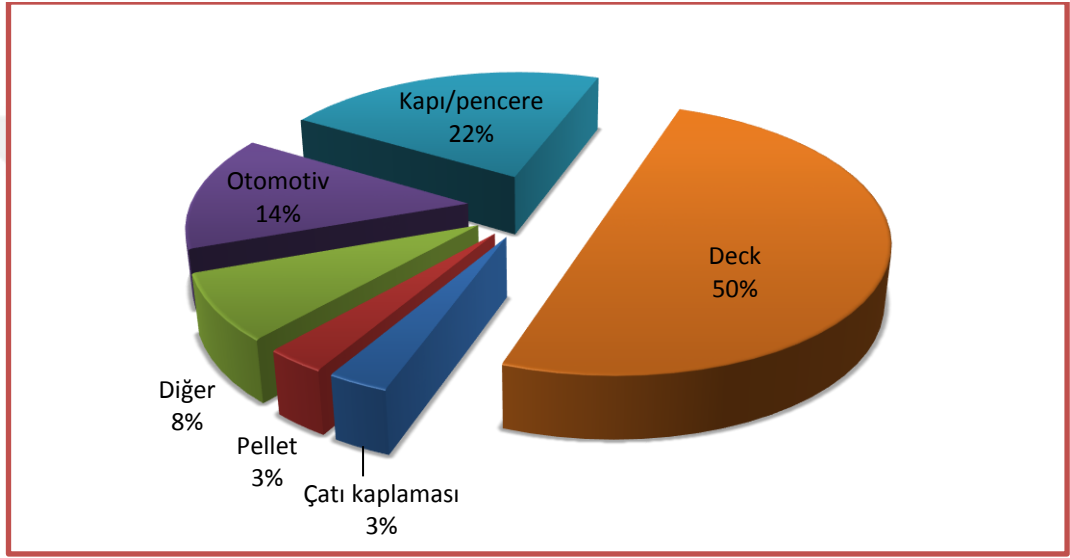
APK'in 2008 ve 2016 tarihleri arasındaki küresel piyasa verileri kullanım alanlarına göre şekil 1.5.'de verilmiştir



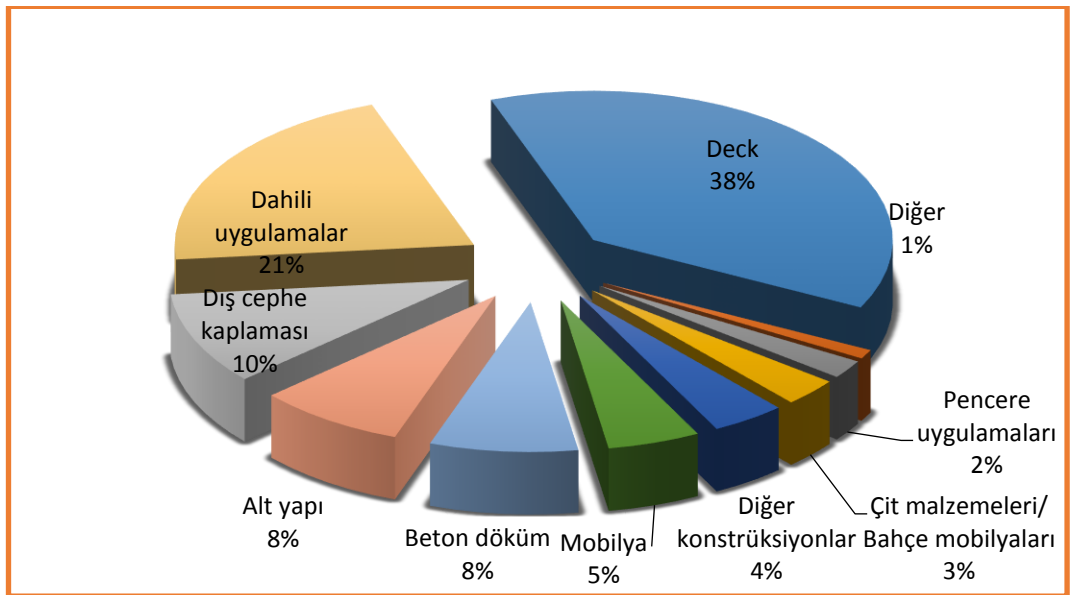
Şekil 1.5. APK'in 2008-2016 küresel piyasa verileri (Web-4)

Son 50 yıldır dünyada kullanılan kompozit malzeme miktarı ağırlıkça (kütlesel olarak) yıllık ortalama yüzde 8 oranında artmaktayken, ülkemizde son yıllardaki bu değer yüzde 10 civarlarındadır. Kompozit malzeme kullanımının dünya üzerindeki dağılımını inceleyecek olursak, Asya 2,8 milyon ton kompozit kullanımıyla dünyada yüzde 36'lık paya sahiptir. Kuzey Amerika ise 2,7 milyon ton kompozit kullanımıyla dünyada yüzde 35'lik paya sahiptir. Avrupa ise yüzde 22'lik oranla 1,7 milyon ton kompozit malzeme tüketmektedir (İnkaya, 2011).

Şekil 1.6.'da Kuzey Amerika ve Avrupa'da APK ürünlerin piyasa yüzdesi, Şekil 1.7.'de APK pazarları ve uygulama tipleri görülmektedir.



Şekil 1.6. 2005 yılı Kuzey Amerika'da APK ürünlerin piyasa yüzdesi (Eder, 2010)



Şekil 1.7. 2004 yılı Avrupa'da APK ürünlerin piyasa yüzdesi (WAHL, 2008)

Çizelge 1.4. APK pazarları ve uygulama tipleri (WRAP, 2003)

Sektör	İnşaat	İç mimari /İç yüzey	Otomotiv	Bahçe/Açık hava	Endüstriyel /Altyapı	Diğer
Son Ürün Piyasa Uygulamaları	Dış cephe kaplaması	Korkuluklar	Kapı ve göğüs kaplamaları	Zemin kaplaması	Korkuluk	Siyah piyano tuşları
	Kapı kasaları ve bileşenleri	Perde ve panjurlar	Kablo kanalı bağlantıları	Çit ve çit bağlantıları	Endüstriyel ambalaj	
	Sundurma	Kanal Bağlantıları	İç paneller	Bahçe mobilyaları	Deniz kazıkları ve bölmeleri	
	Mavna panoları	Taban döşemesi				
	Ön işlemlenmiş döşeme tahtaları	Dekoratif profiller	Bagajdaki raflar	Bahçe kulübeleri, barakalar vb.	Paletler ve Kasalar	Sıcak küvetler
	Tavan ürünleri	İç paneller				
	Çatı kaplaması	Mutfak dolapları	Yedek lastik kapakları	Park bankları	Korkuluklar	
	Merdiven	Laminant parke				
	Kereste	Ofis mobilyaları	Kamyon zeminle	Çocuk oyun parkı ekipmanları	Tren traversleri	
	Pencere çerçeveleri ve bileşenleri	Raflar				Oyun parkı yer döşemeleri
Süpürgelikler		Tabela				
	Ses yalıtımı kaplamaları					

APK, yapısal performans ve etkili dizayn ile birlikte oldukça iyi inşa edilmiştir. Ekstrüzyon teknolojisiyle lisans sahiplerinin amacı, APK imalatçıları için çatı keresteleri ve duvar kaplamalarını ahşaba göre daha ucuz hale getirmektir. Diğer stratejiler APK' nin yapısal performansını iyileştirmek kapsamında odun yerine diğer doğal liflerin kullanımı, cam kombinesi, ya da odun lifleri ile birlikte karbon lifleri ve küçük miktarlarda eklenen termosetler yer almaktadır (Avcı, 2012).



Şekil 1.8. APK'nin değişik kullanım alanları (Web-1)

2.2.4. Ahşap plastik kompozit üretiminde kullanılan hammaddeler



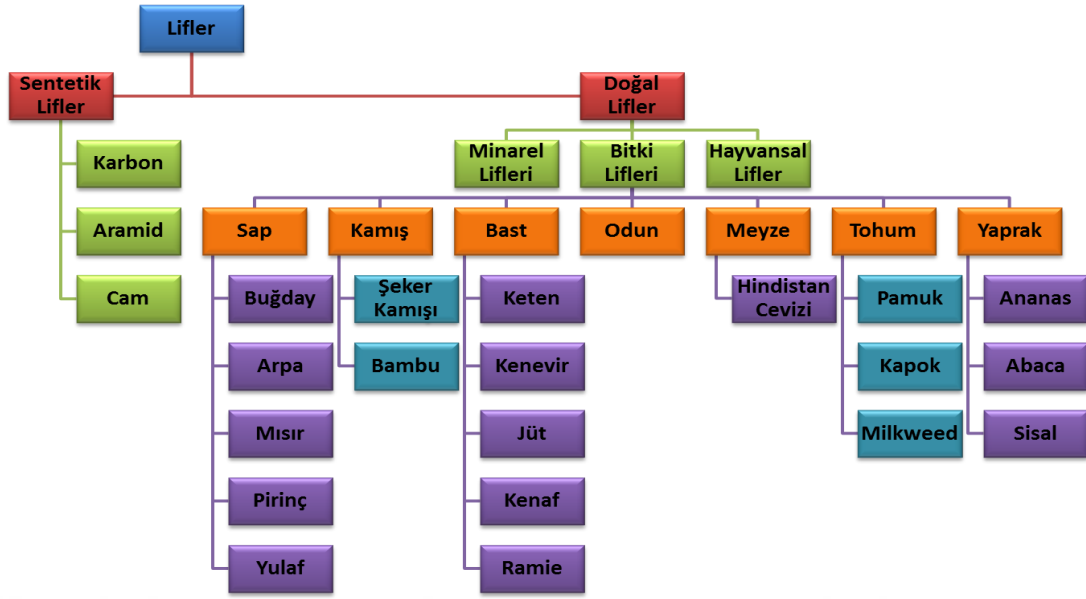
Şekil 1.9. Farklı özelliklerde üretilmiş APK örnekler (Web-2)

APK sadece plastik ve lignoselülozik liflerden oluşmamaktadır. Düşük miktarlarda uyum sağlayıcı maddeler, ışık stabilizatörleri (light stabilizers), pigmentler, yağlayıcı maddeler, mantarlara karşı koruyucu maddeler ve köpükendirme ajanları vb. maddeleri içermektedirler. Plastik endüstrisinde geleneksel olarak talk, kalsiyum karbonat, mika ve cam ya da karbon lifleri plastiğin performansını arttırmak amacıyla yılda yaklaşık 2,5 milyon ton dolgu maddesi ve kuvvetlendirici olarak kullanılmaktadır (Clemons, 2002).

2.2.5. Odun unu ve lifi

APK üretiminde odun veya lignoselülozik atıklar kullanılmaktadır. Doğal liflerden APK üretiminde genellikle bitki lifleri kullanılmaktadır. Bitki lifleri sentetik liflere göre özgül ağırlığının, fiyatının ve işleme sırasındaki enerji sarfiyatının düşük olması, yenilenebilir ve biyolojik olarak bozunabilir olması, aşındırıcı olmaması gibi avantajlara sahiptir (Ray ve Rout, 2005).

Günümüzde birçok uygulamada biyo-kütle olarak toz materyal (uzunluk/genişlik oranı 10'dan daha küçük), liften (uzunluk/genişlik oranı 10'dan büyük) daha çok kullanılmaktadır. Lif özelliklerini kaybetmeksizin ahşap kökenli materyallerin APK üretiminde kullanımı, önemli konulardandır. Uzun liflerin kullanılması için karıştırma işleminde, liflere zarar vermeksizin termoplastik içinde düzenli dağılımını temin edecek yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. (Rowell, 2006).



Şekil 1.10. Sentetik ve doğal liflerin sınıflandırılması (Akbulut, 2009)

2.2.6. Plastik hammaddeler

Plastik endüstrisinde kullanılan üretim sıcaklıkları genellikle biyo-kütle materyallerin dekompozisyon sıcaklığının üzerindedir. Plastik endüstrisi cam lifi, kalsiyum karbonat veya talk gibi dolgu maddelerini kullanmakta, bu yüzden verimi artırmak için üretim sıcaklığı çok yüksek değerlerde olabilmektedir. 180°C'nin üzerindeki sıcaklıklar, ahşap materyalin dekompozisyonu ile sonuçlanmaktadır. Bu yüzden, eğer dolgu maddesi olarak ahşap materyal kullanılacaksa üretim sıcaklığının 180°C den daha düşük olması gerekmektedir. Genellikle, yüksek erime akış indeksi ve düşük yumuşama sıcaklığına sahip termoplastikler kullanılır (Rowell, 2006).

Plastiklerin en yaygın üretimi petrolden yapılmaktadır. Dünyada üretilen petrolün % 4 kadarı plastik üretiminde, geri kalanı ise taşıt araçlarında, fabrikalarda ve enerji santrallerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. % 4 petrolden elde edilen plastiğin % 75-80 kadarı dayanıklı ürünlerde (buzdolabı, çamaşır makinesi, TV, otomobil, ev ve bahçe mobilyaları) kullanılmakta, dolayısıyla genel olarak çöp ve çevre sorunu yaratmamaktadır. Üretilen plastiğin % 20-25 kadarı ambalaj sektöründe kullanılmakta; bunun da % 50 kadarı dayanıklı ambalajlar oluşturmakta (plastik variller, bidonlar, çöp kutuları), geri kalan kısmı da çöp olarak atılmaktadır (Avcı, 2012).

Plastikler günlük yaşamın birçok alanında giderek daha büyük oranda kullanılmaktadır. Kullanımını artıran başlıca nedenler arasında dökülebilir malzemenin uzak mesafelere taşınması açısından elverişli bir dayanıklılığa sahip olması, saydam hale getirilebilen türlerin olması, ışığı geçirmeyen türlerinin yapımının kolay olması, ambalaj malzemesinin sıkıştırılarak taşınabilir olması sayılabilir.

Plastikler, çok uzun yıllar bozunmadan doğada kalır. Günümüzde geri kazanılmış plastikten çöp torbasının yanı sıra bahçe çitleri, çiçek saksıları gibi uzun ömürlü tüketim malzemeleri yapılır. Plastik malzemeler, ucuzluk, dayanım, kolay işlenebilme, hafiflik ve temizlik gibi avantajları ile kullanımı oldukça yaygın olan malzemelerdir.

Plastikler, ambalaj ve paketlenme sanayi uygulamalarında kullanım ömürlerinin kısa olmasından dolayı, üretildikten çok kısa bir süre sonra katı atık problemi oluşturmakta, doğa koşullarında parçalanmama ve bozunmadan kalma gibi dezavantajlara sahiptir. Toplam plastik atıklar içerisinde en büyük pay % 40 ile ambalaj atıklarındadır ve bunların büyük çoğunluğu evsel atıklar içerisinde bulunmaktadır.

Bunun yanında plastikler, paketlenme ve ambalaj miktarını azaltmaktadır. Yani 1 kg plastik malzemeyle 27 kg sıvı ambalajlamak mümkün iken aynı miktarda sıvı için 1,5 kg alüminyum, 4 kg çelik veya 13-14 kg kadar cam malzemeye ihtiyaç vardır. Bu da doğal kaynakların korunması, tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir. Kâğıtla karşılaştırıldığında, plastik malzeme aynı işi görece kâğıt malzemedен çok daha az toplam üretim enerjisi gerektirir (Avcı, 2012).

Genellikle plastik atıklar, tüketiciler tarafından kullanım sonrası veya endüstride üretimi esnasında oluşur. Ekonomik öneme sahip yaklaşık 50 tip plastik mevcuttur. Toplam plastik tüketiminin yaklaşık % 60'ını PE, PP, PS ve PVC gibi geleneksel polimerler oluşturur. Hem yaşadığımız çevreyi, hem dünyamızı ve enerji kaynaklarımızı korumak, hem de üstün özelliklerinden faydalanmaya devam etmek için plastik malzeme geri dönüşümünü sağlamak gerekli ve önemlidir. Plastiğin geri dönüşümü her geçen gün biraz daha artmaya başlamış ve % 30 oranında, hatta bazı plastiklerde % 60 oranlarında dönüşüm sağlanmıştır (Avcı, 2012).

Plastikler, monomer denilen kimyasal ünitelerden meydana gelen zincir şeklinde bir yapıya sahip sentetik malzemelerdir. Bir monomer polimerizasyon yoluyla başka monomer molekülleri ile birleşerek tekrarlanan ünitelerden oluşan çok uzun zincir şeklinde makro molekül (polimerizasyon) meydana getirilir. Bunların en basit şekli

polietilendir. Plastiklerin yapısı amorf şeklinde olup uzun ve karışık yapılu zincirlerin komşuları ile uyum sağlayıp düzenli bir yapı oluşturmaları çok zordur. Bir lineer polimerin yapısı pişmiş makarnayı andırır, zincirleri birbiri ile dolaşmış halde bulunur. Bazı basit yapılu plastiklerde lokal düzen oluşabilir. Amorf ana yapı içinde oluşan küçük kristal yapılu bölgeler, kristalitler olarak adlandırılır. Oluşan kristaller rastgele yönelirler. Kristalleşme imkânı soğuma hızı yavaş olursa artar. Mekanik özellikler kristalleşme derecesi ile artar (Şahin, 2000).

Plastikler hafif olması ve kolay işlenebilmelerinden dolayı geniş bir uygulama alanına sahiptir. Karışık geometriye sahip şekiller bile kolaylıkla bir kalıba enjekte edilmek suretiyle üretilebilmektedir (Şahin, 2000).

Kompozit malzemelerde plastik matris olarak kullanılan genelde üç tip plastik mevcut olup bunlar; termoplastikler, termosetler ve elastomerlerdir (Daniel ve diğ. 2005).

Yaygın Olarak Kullanılan Plastikler:

Tekrar eritilip, şekillendirilip kullanılabilen termoplastikler; polietilen (PE), alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE), polipropilen (PP), Polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), poliamid (PA,naylon) , polietilentereftalat (PET).

Tekrar şekillendirilemeyen termoset reçineler: fenolik, epoksi, alkid, polyester, amin, alil reçineleri, poliüretan köpükler.

Yüksek basınç altında ve benzaldehitin mevcut olduğu bir ortamda etilen polimerleşerek polietilene dönüşür.(Keskin,1996).

Polietilen; çok yüksek darbe dayanımı, aşınma direnci düşük sürtünme katsayısı, yüksek kimyasal dayanımı, su emme, geniş çalışma sıcaklığı, kendinden yağlama özelliği, mekanik işleme kolaylığı, kolay temizlenebilme ve bakteri üretmeme özelliği sayesinde birçok sektörde kullanılmaktadır. Makine sanayiinde; kızak ayakları, sürtünme plakaları, dişli çark yapımında, kömür ve maden sanayiinde; bunker, tank ve siloların kaplanması, kağıt sanayiinde vakum kasası örtüsü, hidrofolyo kasası olarak, gıda ve ambalaj sanayiinde; et, balık kesme masası olarak kullanılmaktadır. Molekül ağırlığı 250 000 – 8 000 000 g/mol arasında değişmektedir (Yılmaz ,1998).

Polivinil klorür halojen içerdiğinden dolayı yanmaya karşı dirençlidir. Açık alevle temasa geldiğinde yanmamaktadır. Kablo izolasyonunda plastikleştiriciler katılarak kauçuk gibi kullanılır. Trikrezil fosfat , dioktil ftalat, dibütil sebasat, polipropilen glikol, plastikleştirici olarak vinil monomerler katılır ve kauçuksu özellik verirler (Hazer, 1993).

Asitlerin ve bazların etkisine karşı dayanıklıdır. Su, alkol ve benzin PVC'ye hiçbir etki göstermez. PVC yüksek elektroliz özelliğine sahiptir ve yanmayan bir polimerdir. PVC 140°C'de yavaş yavaş, 170°C'de ise kolaylıkla HCl ayrılmasıyla parçalanır ve polimerde çift bağ meydana gelir. Bu nedenle polimere stabilizatörler katılır (Aydın, 2004).

2.2.7. Termoset malzemeler

Termoset plastikler, ısıya maruz kaldığı zaman yapıları değişir. Kalıplama veya ısı işlem öncesinde, termoplastiklere benzer ipliksi zincirler oluştururlar. Fakat kalıplama esnasında ısının etkisiyle moleküller çapraz bağlar ile yüksek yoğunlukta bağ oluştururlar. Bu nedenle kalıplanmış termoset parçalar tekrar ergitilemez. Sıcaklık uygulandığında ergimeden kimyasal yapıları bozunur, bu sebeple termoset plastikler, termoplastik malzemeler gibi yeniden işlenemezler (Avcı 2012).

Çizelge 1.5. Sık kullanılan termoset malzemeler ve kullanım alanları

Termoset Polimerler	Uygulamalar
Epoksi	Yapıştırıcılar, elektrik yalıtımı
Melamin	Isı dayanımlı tabakalı yüzeyler, vb. mutfak tezgâhları
Fenoliks	Tava/tencere kulpu, ütüler, ütüler
Poliüretan (PU)	Yalıtım ve döşemecilik için esnek köpük
Doymamış polyester	Duvarlar, ekmek kızartma makineleri, uydu çanakları

Termosetler, polimerizasyonla iki kademede elde edilir. Birincisi malzemeyi ihtiva eden monomerler lineer zincirlerin bir araya getirdiği reaktörde başlarken ikinci polimerizasyon işlemi kalıplama işlemi esnasında sıcaklık ve basınçla reaksiyona girmeyen kısımlar sıvılaşıp molekül zincirleri üç boyutlu yapıya sahip olurlar ve rijittirler. Bunlar tekrar ısıtılarak yumuşatılamazlar. (Şahin, 2000).

2.2.8. Termoplastik malzemeler

Termoplastiklerde lineer molekül zincirleri birbirine zayıf metallar arasında Van der Waals bağları ile bağlanır. Rijit bir yapıya sahip değildir. Isıtılırsa yumuşar, sıcaklık arttıkça viskozitesi düşer. Bu özellik bunlardan yapılan ürünleri daha ekonomik yapar ve kolaylıkla şekillenmesini sağlar. Soğutulduğunda tekrar sertleşir. Sıvı halde bulunduğu sıcaklıklarda viskozite hali yüksektir. Bu nedenle ara yüzey bağı termosete göre daha zordur. Ancak şekillendirme kapasitesi iyi olduğundan bunların kullanımı artmaktadır (Şahin, 2000).

Çizelge 1.6.'da plastiklerin sınıflandırılması görülmektedir.

Çizelge 1.6. Plastiklerin Sınıflandırılması, Tanımlama Kodları ve Kullanım Alanları

Plastik türü	Kodu	Kullanım alanları
Polietilentereftalat	1	Alkolsüz içecek şişeleri, yiyecek kapları
Yüksek yoğunluklu polietilen	2	Süt şişeleri, yiyecek kapları
Vinil/polivinilklorid	3	Yiyecek kapları, boru yapımı
Düşük yoğunluklu polietilen	4	Yiyecek ambalajlama, çöp torbaları yapımı
Polipropilen	5	Konteyner kapakları şişe etiketleri
Polistiren	6	Köpük izolasyon malzemesi, ofis aksesuarları
Diğer plastikler	7	Karışık plastiklerin üretiminde

Şekillendirilebilmeleri için ısıtılmaları gereken termoplastik malzemeler, soğuduktan sonra şeklini korur. Bu plastikler, özelliklerinde önemli değişiklik olmadan defalarca ısıtılarak yeni şekillere sokulabilir ve bu işlem sırasında hiçbir kimyasal değişikliğe uğramazlar. Isı ve basınç altındayken yumuşarlar ve soğutulduktan sonra sertleşirler. Uygun çözücülerde çözünebilirler ve bu şekilde kalıplanarak çeşitli şekiller alabilirler. Termoplastiklerin çoğu, birbirine ortaklaşım bağıyla bağlı çok uzun karbon atomları zincirlerine sahiptirler. Asılı atomlar ve atom grupları bu ana zincir atomlarına ortaklaşım ile bağlanırlar. Bazen ana molekül zincirlerine ortaklaşım ile azot, oksijen veya kükürt atomlarının bağlandığı da olur. Termoplastik polimerlerdeki uzun molekül zincirleri ise birbirine ikincil bağlarla bağlanır. Termoplastiklerin bünyelerindeki moleküller doğrusaldır ve çapraz bağlanamazlar. Termoplastik grubunu oluşturan en önemli plastikler akrilikler, naylon, polistiren, polietilen, selülozikler ve vinillerdir (Şahin, 2000).

2.2.9. Elastomerler

Elastomerler temel olarak, linear polimerler olan termoplastiklerin bir alt üyesidir. Moleküler yapıda termoplastiklerden farkları C,H,S,F,O veya Cl gibi organik bileşik oluşturan elementlerden meydana gelen molekül zincirlerinin az da olsa doymamış C içeren belirli bölgelerden çapraz bağlarla bağlı olmalarından kaynaklanır. Bu özellikleri onlara yüksek oranda birim şekil değiştirme kabiliyetini kazandırır.

Elastomerler, termoset polimerler gibi çapraz bağlı olan uzun zincir moleküllerinden oluşur. Bunlar çok düşük gerilmelere maruz kaldığı zaman büyük elastik deformasyon yapma yeteneği olan polimerlerdir. Bunların en önemlisi kauçuktur (Şahin, 2000).

Oda sıcaklığında, gerçek uzunluğunun en az iki katına kadar defalarca esnetilebilen ve tekrar orijinal uzunluğuna geri dönebilen malzemeler olarak tanımlanmışlardır (Goodship, 2004).

Termoplastik elastomerler: Uzun bir süre, elastomerler sık çapraz bağlanma nedeniyle termoset tip malzemeler: örneğin, doğal kauçuk olarak tanımlanmışlardır. Bu malzemelerin büyük bir dezavantajı, termoplastik elastomerlerde (TPE) var olan, geri dönüşümün olmamasıdır. En sık kullanılan termoplastik elastomer örnek, stiren-bütadien-stirendir (SBS) (Goodship, 2004).

2.3. Literatür Araştırması

Mengeloğlu ve Alma, (2002), Cooper ve Balatinecz, (1999) çalışmalarına göre dünya nüfusu hızla artmakta ve buna bağlı olarak tüketimde hızla artmaktadır. Yılda 3.5 milyar ton kurutulmamış odun kullanımı olmakta ve kişi başına 0.7 ton odun kullanılmaktadır. Bu tüketimin aynı hızda devam edeceği düşünülürse, odun esaslı lif tüketimi 60 milyon ton kadar artacaktır. Dolayısı ile zaman içerisinde odun hammaddesine olan talep ve mevcut arz arasındaki dengesizliğin kaçınılmaz olacağı açıktır. Bununla birlikte odunun çok geniş kullanım alanı olduğu, yeni kullanım alanları bulunduğu ve hammadde talebinin hızla arttığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak dünya genelinde orman alanları % 0.2 oranında her yıl azalmaktadır. Dolayısı ile odun

dışındaki, tarımsal atıklar ve diğer lif kaynaklarının alternatif olarak kullanımının önem kazanacağını incelemiştir.

Matuana ve ark. (2001) PVC /ahşap lifi kompozit çalışmış, Üretilen numuneler laboratuvarında yapay olarak hızlandırılmış yaşlandırma (UV) testine tabi tutulmuştur. Kompozit numune 340 nm floresan UV lambaları maruz bırakılarak her 200 saatte bir renk ölçümü yapılmıştır. Toplamda 1200 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. 1200 h toplam vardı. Her değerlendirmede yüzey pürüzlülüğü, temas açısı ölçümü, FTIR analizi ve renk ölçümü yapılmıştır. Odun lifi oranının ultraviyole radyasyon nedeniyle bozulmaya karşı dayanıklı matris yeteneği üzerinde zararlı bir etkiye sahip olduğunu deneysel sonuçlarından elde edilmiştir.

Shas ve ark. (2005) çalışmada PVC/ahşap-kompozit un için bağlayıcı ajan olarak kitin ve kitosan, iki doğal polimerler kullanmışlardır. Kitin ve kitosan kullanılan APK'in PVC/ahşap-kompozite kıyasla 33-74%, ~ 16% eğilimde elastikiyet modülünde artış sağladığını belirtilmiştir. Kompozit performansında belirgin bir iyileşme sağlanmıştır.

Baydar (2016) yapmış olduğu tez çalışmasında PVC / yerfıstığı kabuğu kullanarak APK üretmiş ve köşe birleştirme testine bakmıştır. Köşe birleştirme testi sonuçlarına göre standart kontrol örneği yer fıstığı kullanılan karışımdan daha iyi sonuç vermiştir. Yerfıstığı kabuğu oranı arttıkça mukavemet değerinin düştüğü görülmüştür.

Efe (1998) Mobilya çerçeve konstrüksiyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan T tipi birleştirmeleri incelemiştir çalışmada 3 farklı ağaç türü, 2 farklı boyda ve kalınlıkta kavela kullanılmıştır. 36 mm boyundaki kavelaların 48 mm boyundaki kavelalardan daha mukavemetli olduğu ve çapı 8 mm olan kavelanın çam birleştirmelerde 10 mm olan kavelanın ise kayın ve meşe ağaçlarının kullanıldığı birleştirmede daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Hammaddeler

Çalışmada % 50 oranında karaçam (*Pinus nigra*) odununu ve %50 oranında Polivinil klorür plastik hammaddesi kullanılmıştır. Kullanılan ham maddeler APK malzeme üretimi yapan özel bir firmadan anlaşmalı olarak belirtilen oranlarda temin edilmiştir.

3.1.1. Araştırmada kullanılacak odununu ham maddesi

Çalışma kapsamında % 50 karaçam ağacı (*Pinus nigra*) odununu kullanılmıştır.

Oldukça geniş bir yayılım alanına sahip olan karaçam, pek çok farklı ülkede birçok araştırmaya konu olmuştur. Karaçamın gerçek anlamda ilk tanınması Avusturyalı botanikçi Arnold tarafından 1785 yılında yapılmıştır. Arnold bu çalışmasında karaçamı sarıçamdan ayırt ederek *Pinus nigra* ismini vermiştir. Karaçamın pek çok farklı isimle bilinmesinin ve sistematığının sürekli değişmesinin nedeni varyabilitesinin çok fazla olmasıyla açıklanabilmektedir (Wright ve Santamour, 1959).

Karaçam odununun tam kuru özgül ağırlığı (r_0) 0.52 gr/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı (r_{12}) 0.56 gr/cm^3 'tür. Liflere paralel basma direnci 479 kg/cm^2 , çekme direnci 1133 kg/cm^2 , liflere dik çekme direnci 23.4 gr/cm^2 'dir (Örs ve Keskin, 2001).

Çizelge 3.1 Karaçam odununun özellikleri (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Fiziksel Özellikler	
Tam kuru yoğunluk	0.49 g/cm ³
Hava kuru yoğunluk	0.52 g/cm ³
Yaş haldeki hacim ağırlığı	750-850 kg/cm ³
Radyal çalışma oranı	%4
Teğet çalışma oranı	%7.7
Hacimsel çalışma oranı	%12.4
Mekanik Özellikler	
Basınç direnci	45 N/mm ²
Eğilme direnci	80 N/mm ²
Elastikiyet modülü	11000 N/mm ²
Paralel çekme direnci	100 N/mm ²
Makaslama direnci	10 N/mm ²
Şok direnci	0.4-0.7 N/mm ²
Yorulma	0.2 N/mm ²
Paralel sertlik	40 N/mm ²
Dik sertlik	19 N/mm ²
Kimyasal özellikler	
Selüloz	%40-57
Lignin	% 25-29
Pentozan	% 8-11
Çözücü ekstraktif madde	% 3.4
pH	5.1

3.1.2. Araştırmada kullanılacak plastik hammaddeler

Çalışma kapsamında kullanılan plastik seçiminde; hem endüstride yaygın olarak kullanılan hem de literatürde yer alan, sağlık ve bulunabilirlik dikkate alınarak polivinil klorür (PVC) seçilmiştir. Çalışmada 1,4 g/cm³ yoğunlukta PVC S 65 kullanılmıştır.

Polivinil klorür halojen içerdiğinden dolayı yanmaya karşı dirençlidir. Açık alevle temasa geldiğinde yanmamaktadır. Kablo izolasyonunda plastikleştiriciler katılarak kauçuk gibi kullanılır. Trikrezil fosfat, dioktil ftalat, dibütil sebasat, polipropilen glikol, plastikleştirici olarak vinil monomerler katılır ve kauçuksu özellik verirler (Hazer, 1993).

PVC' nin alev alma sıcaklığı yüksektir, yüksek sıcaklıklarda şekli bozulur ve korozif bir gaz olan hidroklorik asit çıkarır. Salt PVC serttir, fazla kırılğan değildir ve amorf bir yapıya sahiptir. Zor yanan bir malzemedir. 10°C ile 40°C arasında özellikleri fazla değişmez. PVC yenilse dahi kanser yapmaz. Toz PVC ise diğer bütün tozlar kadar kanser yapma özelliğine sahiptir. Sanayide kullanımında böyle bir tehlike yoktur. PVC çevre dostu bir malzeme olup tekrar tekrar kullanılabilir. Uzun ömürlü, güneş ışınlarına dayanıklı, mekanik özellikleri iyi, ısı iletim katsayısı düşük, çok iyi kaynak yapılan, boyanıp kaplanabilen ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı bir malzemedir. (Meriç 2001).

3.2. Çalışma Planı

Çalışmada belirlenen oranlarda temin edilen APK karışımlar gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra hazırlanan kalıplara dökülerek sıcak preste 50 cm x 50 cm x 2,2 cm ve 50 cm x 50 cm x 1 cm ebatlarında levhalar basılmıştır. Basılan levhalardan CNC işleme makinesinde her test için ayrı numuneler kesilmiştir ve kesilen APK numunelerin fiziksel ve mekanik testleri yapılmıştır.

3.2.1. Ahşap plastik kompozitlerin üretilmesi

Kullanılan odun unu ve plastik ham maddelerinin homojenliğinin sağlanması için mikser makinesinde karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra yoğunluğu 1,25 g/cm³ olacak şekilde hazırlanan APK karışımı homojen bir şekilde kalıplara dökülerek elle serme işlemi gerçekleştirilmiş ve 165 °C sıcaklıkta 15dk presleme işlemi yapılmıştır.

Homojen bir şekilde karıştırılma işleminden sonra hammadde karışımının hassas terazide yoğunluk hesaplamasına göre ağırlık ölçümü yapılmıştır. Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. APK karışımının hazırlanması

Ağırlık ölçümü yapılan hammadde karışımı Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi kalıba dökülmüştür.



Şekil 3.2. APK karışımının kalıba dökülmesi

Kalıba dökülen karışımın serbest elle eşit bir dağılım sağlayacak şekilde serme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.3.



Şekil 3.3. APK karışımının serme işlemi

3.2.2. Sıcak preste ve CNC işleme makinesinde APK numune hazırlanması

Kullanılan sıcak preste süre, sıcaklık, basınç, levha hacmi, soğutma süresi kontrol edilebilen parametrelerdir. Bu parametreler APK malzemenin özellikleri ve üretim süreci üzerine etkilidir. APK karışımın pres katlarına yapışmaması için yağlı kağıt kullanılmıştır. İki tip presleme yapılmıştır. Birincisi sıcak pres olan ön pres ikincisi soğumanın gerçekleştirileceği ikincil soğuk preste gerçekleştirilmiştir.

Serme işleminden sonra kalıbın üstte kalan kısmında metal sac levha ile kapatılmıştır. Yapışmayı önlemek amacı ile kalıp ile sac levhalar arasında yağlı kağıt serilmiştir. Şekil 3.4.



Şekil 3.4. APK'nın kalıpta prese hazırlanması

Hazırlanan kalıp 165 °C sıcaklıkta 15 dk bekletilerek presleme işlemi gerçekleştirilmi ve soğuma için bekletilmiştir. Şekil 3.5.



Şekil 3.5. APK karışımının preslenmesi

Presleme ve soğutma işlemlerinden sonra elde edilen kompozit levhaların ebatlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6.



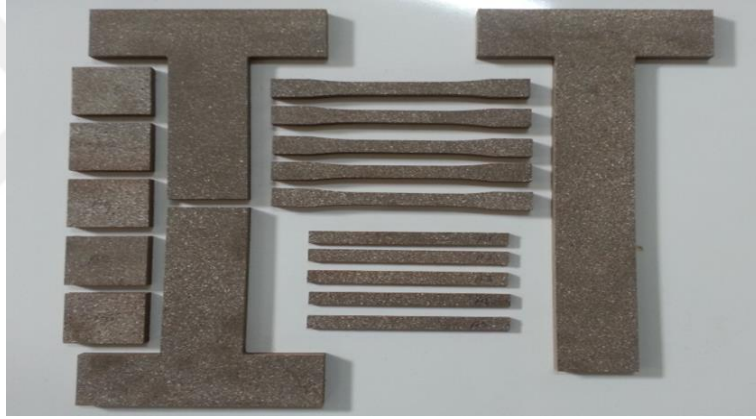
Şekil 3.6. APK numuneleri

Üretilen levhalarda gerekli olan bitirme işlemleri uygulanmıştır (yüzeylerin kalibrenmesi, ebatlama vb.) Yapılan her bir test için hazırlanan APK levhalardan CNC işleme makinesinde APK numuneler üretilmiştir. Üretilen numunelerin özelliklerine göre parametreler ayrı ayrı hesaplanarak üretim gerçekleştirilmiştir.

Üretilen APK levhaların ebatlama işlemi yapıldıktan sonra CNC işleme makinesinde deney numuneleri hazırlanmıştır. Şekil 3.7.-3.8.



Şekil 3.7. CNC makinesinde APK numune hazırlanması



Şekil 3.8. CNC makinesinde hazırlanan APK malzemeler

3.3. Deneme Yöntemleri

3.3.1. Yoğunluk

Yoğunluk değerleri TS EN 323'e (1999) göre belirlenmiş olup boyutları 50 mm x 50 mm x 5 mm kalınlığında kare kesitli olmak üzere 10 adet yoğunluk örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri teste tabi tutulmadan önce iki hafta süreyle %65 bağıl nem ve 20°C sıcaklığa ayarlanmış iklimlendirme kabini içerisinde bekletilmiştir.

Ağırlıkları hassas terazide (± 0.01 g), boyutları ise dijital kumpas ($\pm 0,01$ mm) ve mikrometre ($\pm 0,001$ mm) ile ölçülmüştür.

Yoğunluk değerleri;

$$d = \frac{m}{v}$$

d = Yoğunluk (g/cm^3)

m = ağırlık (g)

v = hacim (cm^3)

Formülüne göre hesaplanmıştır.

3.3.2. Suda bekletme sonucu kalınlığına şişme ve su alma oranı

Boyutları 50 mm x 50 mm x 10 mm kalınlığında kare kesitli APK kalınlığına şişme ve su alma oranı örneği hazırlanmıştır. Kondisyonlanan örneklerde kalınlığına şişme ve su alma oranı ASTM D 570-98’de belirtilen esaslarına göre belirlenmiştir. Ağırlıkları hassas terazide ($\pm 0,01$ gr), kalınlıkları ise mikrometrede ($\pm 0,001$ mm) ölçüldükten sonra deney örnekleri üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık 25 ± 5 mm aşağıda birbirlerine, su tankının tabanına ve kenarlarına değmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Deneylerde temiz, durgun ve sıcaklığı $20 \pm 1^\circ \text{C}$ olan su kullanılmıştır. Deney örnekleri su içerisinde 1 gün, 3 gün ve 30 gün bekletilmeye tabi tutularak kalınlık ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.9. Termal su banyosu

Buna göre kalınlığına şişme oranı ve su alma oranı;

$$TS (\%) = \frac{TS_t - TS_o}{TS_o} \times 100$$

TS= Kalınlığına şişme oranı (%)

TS_o= İlk ölçülen kalınlık (mm)

TS_t= Suda bekletildikten sonraki kalınlık (mm)

$$WA (\%) = \frac{WA_t - WA_o}{WA_o} \times 100$$

WA= Su alma oranı (%)

WA_o= İlk ağırlık (g)

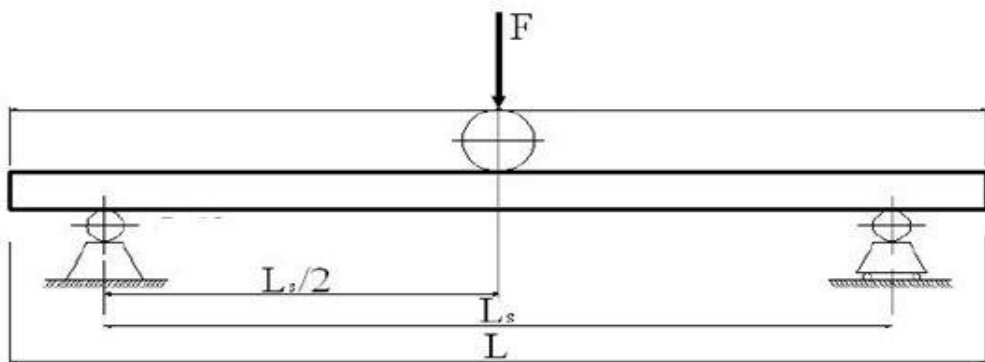
WA_t=Suda bekletildikten sonraki ağırlık (g)

Eşitliklerinden hesaplanmıştır.

3.3.3. Statik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Test örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi amacıyla; ASTM D 790' da belirtilen esaslara uyulmuştur. Örnekler kondisyonlamaya tabi tutulmuştur.

Testin yapılışı; iki dayanak üzerine serbest olarak yerleştirilen deney örneğinin orta kısmına uygulanan kuvvetin sabit hızla ve en büyük kuvvete (60±30) saniyede ulaşacak şekilde test cihazı ayarlanmıştır. Eğilme direnci, en büyük kuvvet "Fmax" anındaki momentin, atalet momentine oranı yoluyla hesaplanmaktadır. Ünliversal test cihazı, deney parçasına uygulanan yükü 0,01 N (%1) hassasiyetle ölçebilecek uygunluğa sahiptir. Dayanaklar arası mesafe, numune kalınlığının 16 katı olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Eğilme direnci testinin yapılışı

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi için 3,2 mm (d) kalınlığında, 12,7 mm (b) genişliğinde 127 mm (L₂) boyutlarında 10 adet ve 21mm (d) kalınlığında, 50mm (b) genişliğinde 410mm (L₂) boyutlarında 10 adet olmak üzere toplam 20 adet numune hazırlanmıştır.

Kırılma anındaki maksimum yük (Fmax) için, eğilme direnci (σ_f) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_f = \frac{3PL_1}{2bd^2} \Rightarrow (\text{N/mm}^2)$$

P= Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L₁= Dayanaklar arası mesafe (d x 16) (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

d= Örnek kalınlığı (mm)

Eğilme deneyleriyle beraber eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bunun için ASTM D790'daki prensipler dikkate alınmıştır. Elastikiyet modülü (EB), (N/mm²) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$E_B = \frac{L_1^3 m}{4bd^3} \Rightarrow (\text{N/mm}^2)$$

EB = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

L₁= Dayanaklar arası mesafe (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

d= Örnek kalınlığı (mm)

m= Yük-sehim eğrisinde ilk doğrusal kısmın teğet eğimi, sapma (N/mm)

3.3.4. Levha yüzeyine paralel çekme direnci (ASTM D 638-99)

Test örneklerinin çekme dirençlerinin belirlenmesi amacıyla 10 adet ASTM D 638-99 standartlarında ve 10 adet ASTM 1037 standartlarında olmak üzere toplam 20 adet

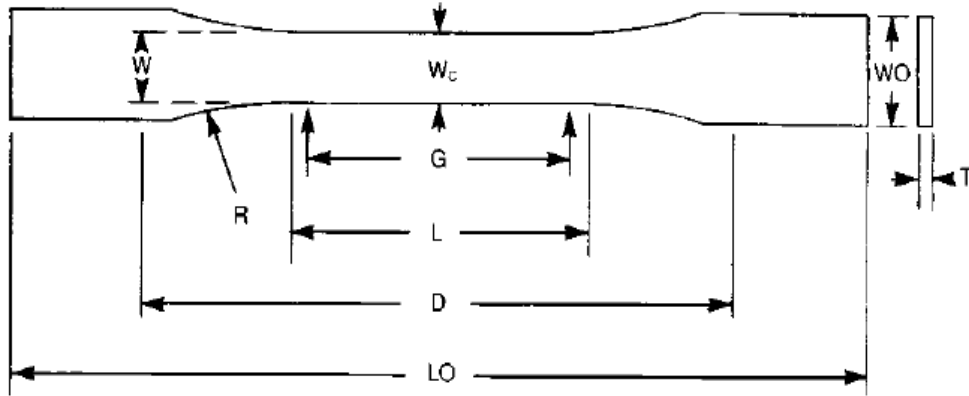
çekme testi numunesi hazırlanmıştır. Deneylede yükleme hızı 2 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Testlerde kullanılmak üzere, deney bloklarını makineye bağlamayı kolaylaştırmak için özel aparatlar yapılmıştır. Deney örneklerinin boyutları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Çekme direnci “ δ_T ” aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\delta_T = \frac{F_{max}}{a \times b} \Rightarrow \text{N/mm}^2$$

δ_T = Çekme direnci (N/mm²)
 F_{max} = Kopma anındaki maksimum kuvvet (N)
 a = Numunenin kırılan kısmındaki kalınlığı (mm)
 b = Numunenin kırılan kısmındaki genişliği (mm)

Örnekler ASTM D 638’de belirtilen esaslara göre kondisyonlanmıştır.

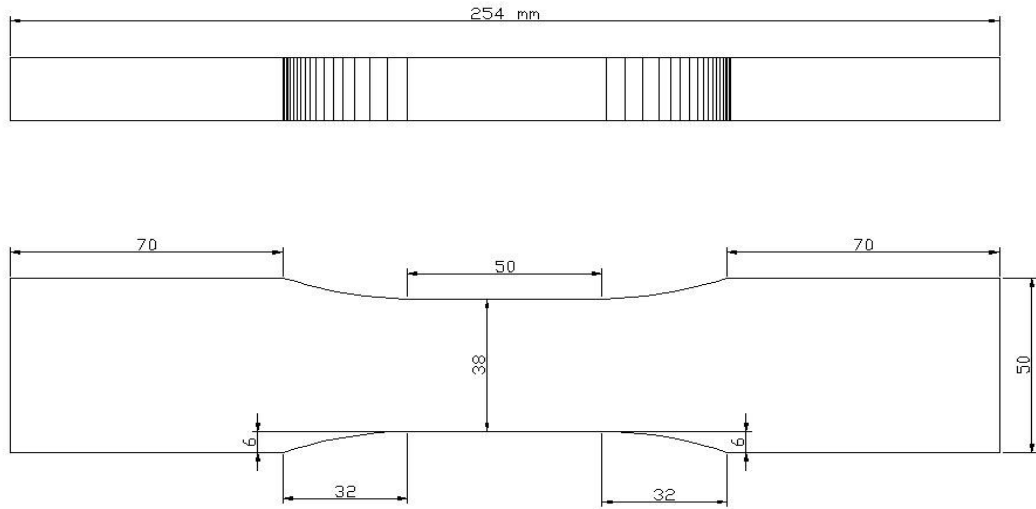


Şekil 3.11. Çekme testi numune boyutları (ASTM D 638-99)

LO	=Toplam uzunluk	165(mm)
D	=İki çene arasında kalacak toplam uzunluk	115(mm)
L	=Dar paralel kısmın uzunluğu	57(mm)
WO	=Uçlarda genişlik	19(mm)
W	=Dar paralel kısmın genişliği	13(mm)
G	=Çekme uzunluğu	50 (mm)
R	=Girinti yarıçapı	76(°)
T	=Kalınlık	3,2 (mm)



Şekil 3.12. Çekme testi numune örneği (ASTM D 638-99)



Şekil 3.13. Çekme testi numune boyutları (ASTM D 1037)



Şekil 3.14. Çekme testi numune örneği (ASTM D 1037)

Testin yapılışı; Numune iki ucundan Universal test cihazının çekme çenelerine tutturularak sabit hızla, en büyük kuvvete (60 ± 30) saniyede ulaşacak şekilde test cihazının yükleme hızı ayarlanır. Çekme dayanımı, örneğin uçlarından zıt yönde kuvvet uygulanması ile oluşan en büyük kuvvetin “Fmax” kırılan ve ölçü alınan orta kısmın alanına bölümü ile bulunur.



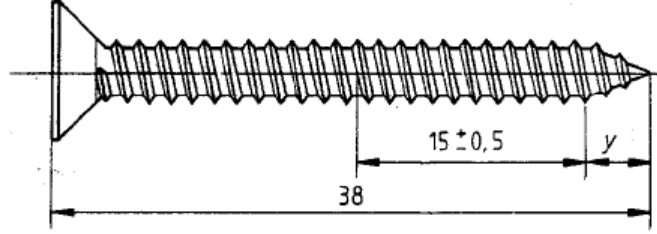
Şekil 3.15. Çekme testi yapılışı

3.3.5. Vida tutma direnci

Test örneklerinin vida tutma direncinin belirlenmesi amacıyla; ASTM D 1037 - 06a'da belirlenen esaslara uyulmuştur. Testler için 10 adet numune kullanılmıştır. Test örneklerinin yüzey merkez noktasından bir vidanın çekilmesi için gereken kuvvet ölçülerek, vida tutma kabiliyeti (mukavemeti) tayin edilir. Örnekler ASTM D 618'de belirtilen esaslara göre kondisyonlanmıştır. Bu deneyde; anma boyutu, 4,2 mm x 38 mm, ISO 1478'e göre başlık numarası, ST 4.2, vida diş açıklığı (vida adımı) 1,4 mm olan çelik vida kullanılmıştır(Şekil 3.16).Test örnekleri, kondisyonlandıktan sonra, vidalar, açılan kılavuz (pilot) deliklere vidalanmıştır. Delikler deney parçasının yüzeyine dik olacak şekilde,(2,7 ± 0,1) mm çapında açılır.

Testte yükleme başlığının hareket hızı, çekme sırasında en büyük yüke 60 ± 30 saniyede ulaşılacak şekilde ayarlanmıştır. En büyük yük, ± 1 Newtonluk toleransla ölçülerek kaydedilmiştir.

Deneyleerde kullanılan vida özellikleri şekil 3.16.'da verilmiştir.



şekil 3.16. Testte kullanılan vida zellikleri

Levha yüzeyine paralel (kenardan) vida tutma direnci deney aşaması şekil 3.17'de verilmiştir.



şekil 3.17. Levha yüzeyine paralel (kenardan) vida çekme direnci

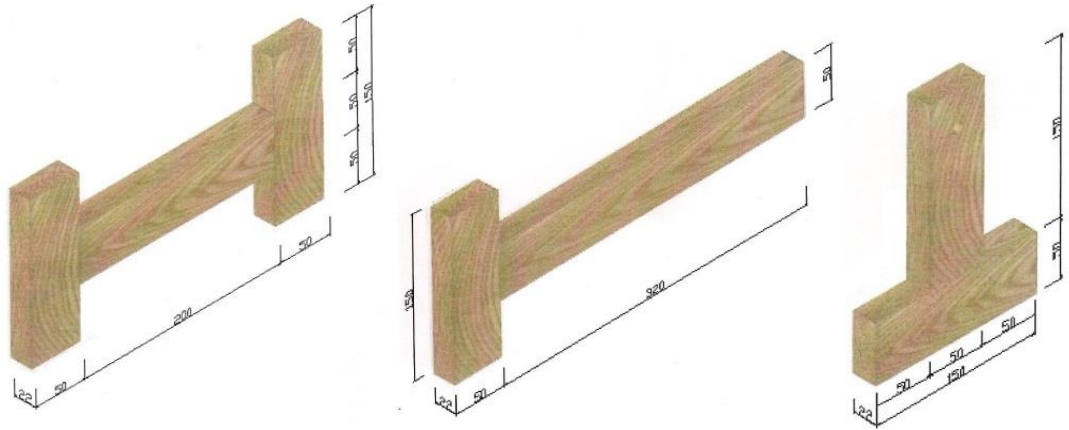
Levha yüzeyine dik vida tutma direnci deney aşaması şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18. Levha yüzeyine dik vida çekme direnci

3.3.6. T-tipi ve H-tipi birleştirmelerin moment taşıma kapasiteleri

Test örnekleri çalışmalar için kabul edilmiş standart ölçüleri olmamakla birlikte literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan ölçülere uygun olarak hazırlanmıştır. Birleştirmeler, kavelalı, zıvanalı ve yekpare birleştirme şeklinde yapılmış olup, birleştirmelerde poliüretan tutkal kullanılmıştır.



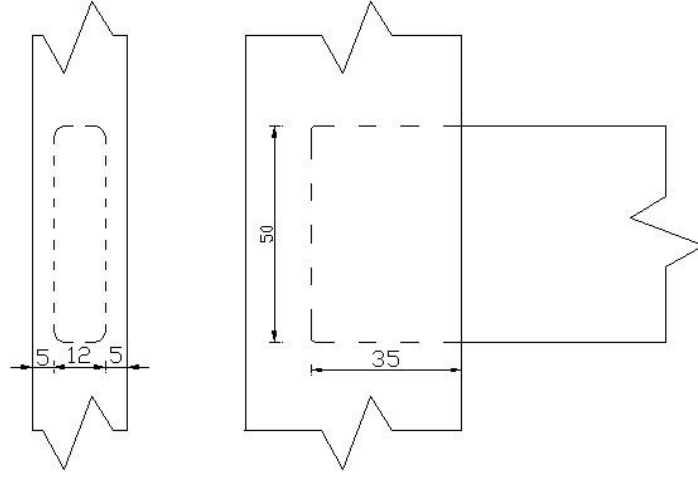
H Tipi Birleştirme (makaslama)

T Tipi Birleştirme (eğilme)

T Tipi Birleştirme (çekme)

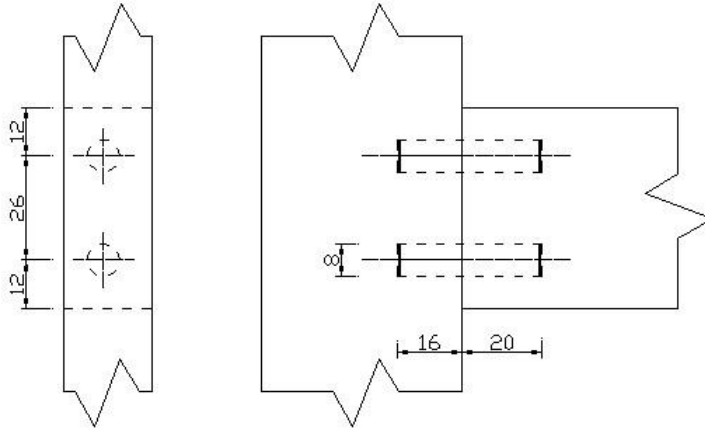
Şekil 3.19. H ve T tipi birleştirme örnekleri

Çalışmada kullanılan T-tipi zıvanalı birleştirme örneğine ait net resmi Şekil 3.20.'de verilmiştir.



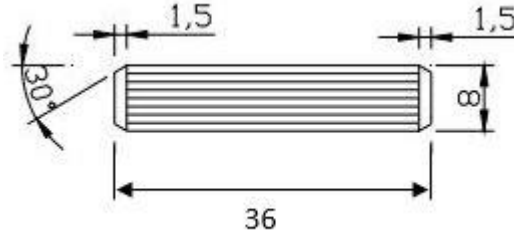
Şekil 3.20. T-tipi zıvanalı birleştirme örneği

Çalışmada kullanılan T-tipi kavelalı birleştirme örneğine ait net resmi Şekil 3.21.'de verilmiştir.



Şekil 3.21. T-tipi kavelalı birleştirme örneği

Deneylerde TS 4539'daki esaslara uyulmuş, 8 mm çapında, 36 mm boyundaki, düz yivli kayın odunundan elde edilmiş kavelalar kullanılmıştır. Kavela örneğine ait resim şekil 3.22.'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Deneylerde kullanılan kavela örneği

3.3.6.1. Deney metodları ve deney düzenekleri

Deneylerde, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Fiziksel ve Mekanik Test Laboratuvarında “Üniversal Test Cihazında yapılmıştır. Deney cihazının yük kapasitesi 5 tondur. Yükleme hızı el ile ayarlanabilmektedir. Yükleme kolu 6 mm/dk olacak şekilde ayarlanmıştır.

Çekme, eğilme ve kesme denemeleri üniversal test cihazında, gerekli kalıpları ve eklentileri takılarak, artan statik yükleme yapılmak suretiyle deneyler uygulanmıştır. T-tipi çekme deneylerinde bağlantı elamanlarının taşıdığı kuvvet, T-tipi eğilme deneylerinde bağlantı elamanlarının taşıdığı moment ve kesme (makaslama) deneylerinde bağlantı elamanlarından bir tanesine gelen kuvvet veri olarak alınmıştır.

Bunun için eğilme deneylerinde;

$$M = F_{\max} \cdot e \cdot L \text{ (N.m)}$$

M: Moment (N.m),

F_{max}: Eğilme deneyinde en büyük kuvvet (N),

L: Moment kolu (m),

ve kesme deneylerinde;

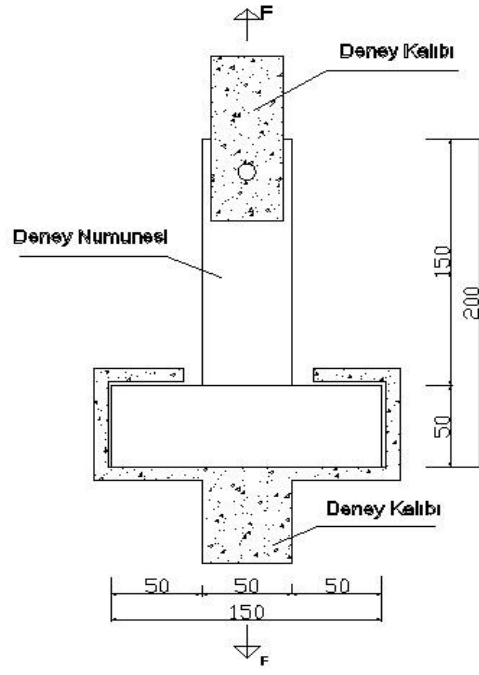
$$F = \frac{F_{\max} \cdot m}{2(N)}$$

F_{max}: Makaslama deneyinde taşınan en büyük kuvvet (N),

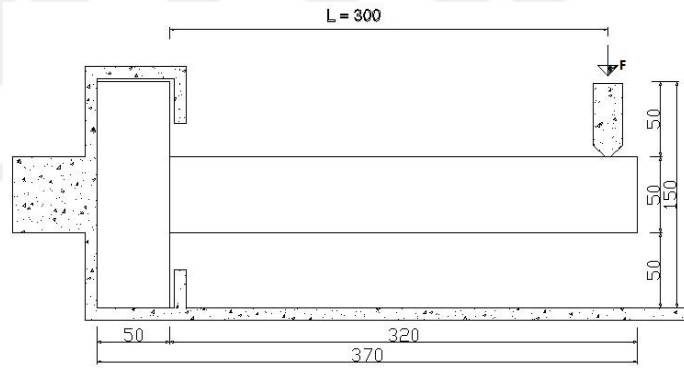
2: Kesme örneğindeki birleştirme âdetidir.

Eşitliklerinden yararlanılmıştır.

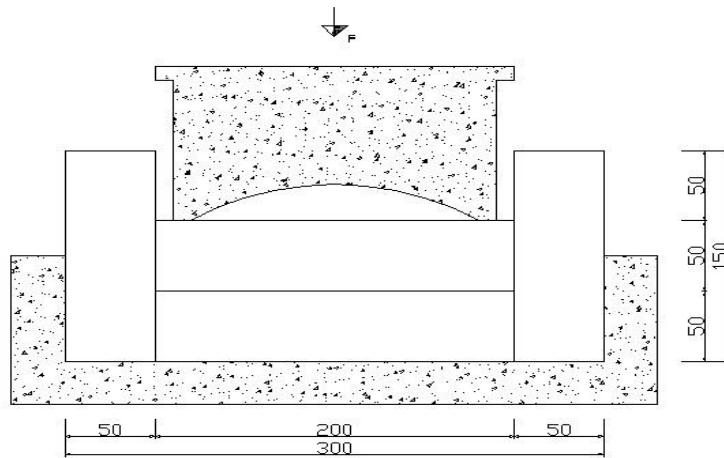
Deneylerde kullanılan çekme deney düzeneği Şekil 3.23’de, eğilme deney düzeneği Şekil 3.24’de ve kesme deney düzeneği Şekil 3.25’de verilmiştir.



Şekil 3.23. Çekme deney düzeneği



Şekil 3.24. Eğilme deney düzeneği



Şekil 3.25. Kesme deney düzeneği

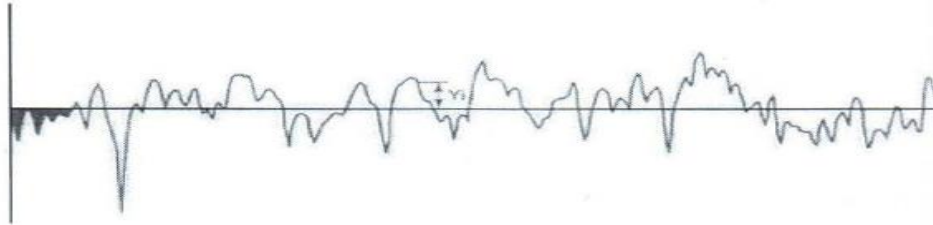
3.3.7. Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey tekstürü; ürün sınıfı, kalitesi, yüzey işlemleri kolaylığı, tutkallamayı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilemektedir. Pürüzlülük derecesi ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden yüzey pürüzlülüğü üretim işleminin, ürün tipinin ve doğal özelliklerin bir fonksiyonudur.

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin 2 boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizliği ifade etmektedir (Örs ve Baykan, 1998). Örnek yüzeylerinin pürüzlülüğünün sayısal olarak ifade edilmesinde genellikle Ra (Ortalama pürüzlülük değeri), Ry (En büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (En yüksek 10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmaktadır.

3.3.7.1. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)

Ortalama pürüzlülük değeri (Ra), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmaları (Yi) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Ra, pürüzlülük profili ile bu profilin ortalama çizgisi arasındaki alandır.



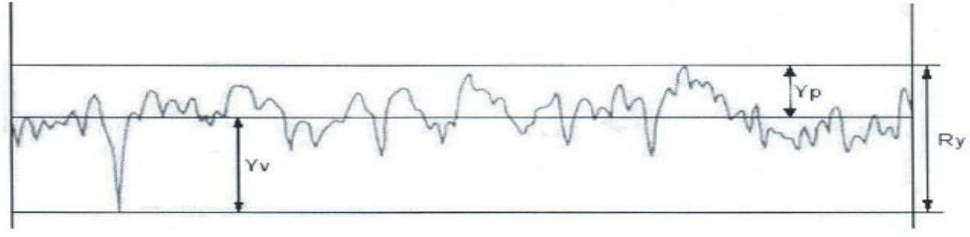
Şekil 3.26. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)

Ortalama pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan parametredir. Bununla birlikte, ortalama pürüzlülük parametresi yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli değildir.

3.3.7.2. En büyük pürüzlülük değeri (Ry)

Ry, pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe (Yp) ile en derin çukurun (Yv) toplamını ifade etmektedir.

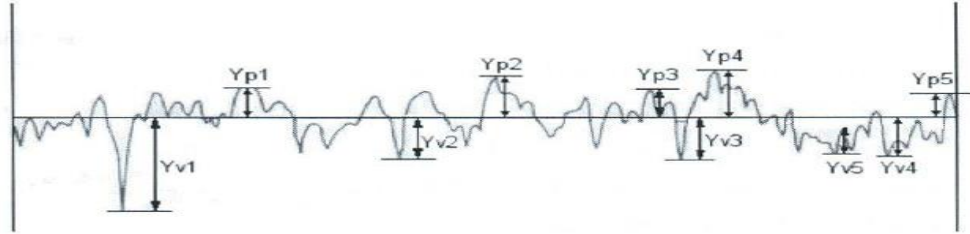
$$R_y = Y_p + Y_v$$



Şekil 3.27. En büyük pürüzlülük değeri (Ry)

3.3.7.3. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)

Rz, pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır.



Şekil 3.28. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)



Şekil 3.29. yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Pürüzlülük ölçümleri DIN 4768'de belirtilen esaslara göre yürütülmüştür. Ölçümler yapılmadan önce tüm örnekler bir iklimlendirme odasında ASTM D 618'de belirtilen esaslara göre klimatize edilerek rutubetleri dengelenmiştir, böylece rutubet miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisi önlenecektir.

Daha sonra APK örneklerin Ra, Ry ve Rz pürüzlülük değerleri ölçülerek ortalama değerleri hesaplanmıştır. Yüzeysel pürüzlülüğü ölçümlerinde; çapı 10 µm olan 90° açılı elmas uçlu bir tarama detektörü kullanılacak ve kesme uzunluğu (sınır dalga boyu) $\lambda=2,5$ mm, örnekleme uzunluğu ise 12,5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 0,5 mm/sn hızla gerçekleştirilmiştir.

3.3.8. Doğal yaşlandırma

Doğal yaşlandırma ölçümlerinin belirlenmesi amacıyla 100mm x 50mm x 10mm boyutlarında 10 adet APK numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler gerekli ölçümleri yapıldıktan sonra doğal yaşlandırma platformu üzerinde yer alan kanallara geçirilerek zemin ile temas etmeyecek bir şekilde sabitlenmiştir. Numunelerin 6 aylık periyottaki değerleri ölçülmüştür.



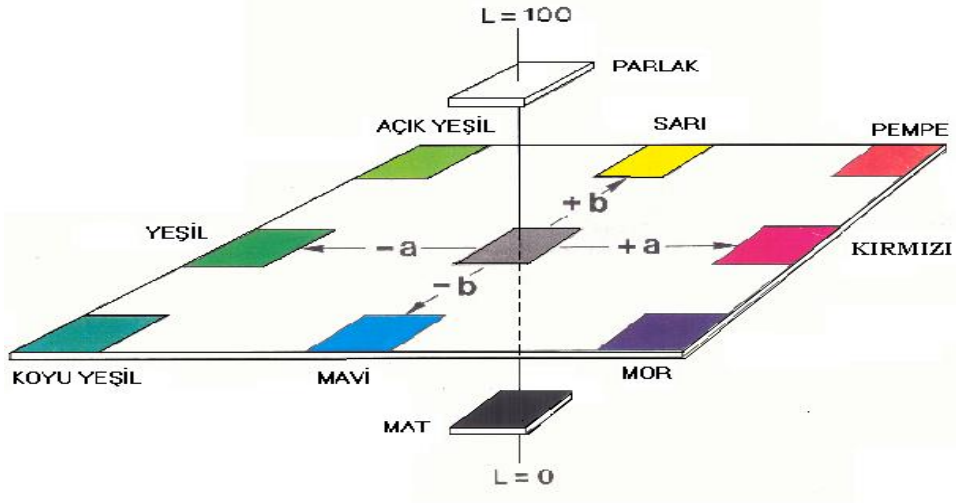
Şekil 3.30. APK doğal yaşlandırma numuneleri



Şekil 3.31. APK doğal yaşlandırma platformu

3.3.9. Renk ölçümü

Renk ölçümleri için portatif bir renk okuyucu olan Konica Minolta CR-10 cihazı kullanılmıştır. Renk ölçümlerinde 100mm x 50mm x 10 mm ölçülerinde 10 adet APK numune hazırlanmıştır. Örneklerin yüzeyinde ölçüm yapılacak noktalar önceden belirlenmiş ve tüm ölçümler aynı noktalar üzerinden yapılmıştır. Ölçümler her örnekte 2 farklı noktadan yapılmış ve ortalamaları esas alınmıştır. Elde edilen renkler Şekil 3.32.'de belirtilen L, a ve b yönlerindeki sayısal değerlerle ifade edilmiştir. Burada L ışık, a kırmızı, b sarı renk değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.32. CIEL*a*b* renk alanı CIELAB-76 renk sistemi (Yeniocak, 2013)

Renklerde UV'den dolayı meydana gelen değişiklikler ISO 2470 standardına göre aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

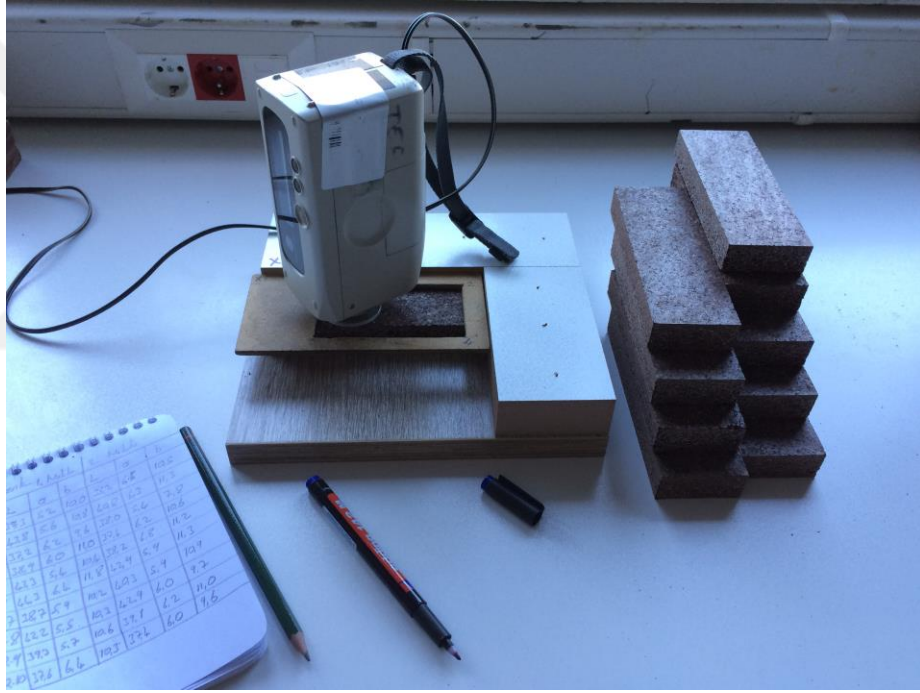
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta L^* = L_f^* - L_i^* \quad \Delta a^* = a_f^* - a_i^*$$

$$\Delta b^* = b_f^* - b_i^*$$

Burada: ΔL^* , Δa^* ve Δb^* , değerleri renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişikliklerdir.

ΔE^* , renklerin L, a ve b yönlerinde meydana gelen toplam renk değişikliklerini göstermektedir. ΔE^* 'nin düşük değerinde olması, rengin değişmediği yâda çok az değişim olduğunu göstermektedir. Burada en yüksek değer, en yüksek renk değişimini göstermektedir.



Şekil 3.33. Renk ölçüm cihazı ve APK renk numuneleri

3.3.10. Verilerin değerlendirilmesi

Belirlenen fiziksel, mekanik özellikler ve birleştirme türlerine ait verilerin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayıları hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yoğunluk Değerinin Hesaplanması

APK örneklere ait yoğunluk değerleri incelenmiştir. Örnekler üzerinde yapılan ölçümlere göre yoğunluk değerlerine ait veriler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yoğunluk ölçüm sonuçları

Yoğunluk					
	Genişlik (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Yoğunluk (g/cm ³)
Ortalama	49,81	49,86	9,75	29,49	1,22
Standart Sapma					0,058
CV					4,754

APK yoğunluk ortalaması 1,22 g/cm³ ve varyasyon katsayısı 4,754 olarak hesaplanmıştır.

Kabakçı (2009)'nın yapmış olduğu çalışmada % 50 buğday sapı unu kullanarak yoğunluk testi verileri YYPE %1,05 g/cm³, AYPE %1,03 g/cm³ ve PP % 0,98 g/cm³ olarak bulmuştur.

Jlang (2003) yapmış olduğu çalışmada PVC / kırmızı meşe odun unu kullanmış %50/50 karışımında yoğunluk ortalaması olarak 1,24 g/cm³ bulmuştur.

Avcı (2012)'nin %50 odun unu kullanarak yapmış olduğu yoğunluk testi verileri PP 1,030 g/cm³, PE 1,075 g/cm³ olarak bulmuştur. Tüm gruplar arasında en düşük ortalama yoğunluk değerleri %10' luk karışım oranına sahip polipropilen gruplarında görülmüştür. Odun unu oranı arttıkça yoğunluk değerlerinde artış olduğu görülmektedir. % 50 oranında odun unu bulunan gruplarda en yüksek yoğunluk değerleri görülmektedir (Avcı, 2012).

4.2. Suda Bekletme Sonucu Kalınlığına Şişme ve Su Alma Oranı

APK örnekler üzerinde yapılan ölçümlere göre kalınlığına şişme oranı değerlerine ait veriler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kalınlığına şişme oranı

Kalınlığına Şişme (%)				
	1. Gün	3. Gün	7. Gün	30. Gün
Ort.	0,790	1,260	1,460	2,833
Std. Sp.	0,101	0,176	0,295	0,304
CV	12,785	13,968	20,205	10,731

APK kalınlığına şişme oranı ölçümlerine göre ortalama değerler 1. Gün % 0,790, 3. Gün % 1,260, 7. Gün % 1,460, 30. Gün % 2,833 ve varyasyon katsayısı 10,731 olarak hesaplanmıştır.

Akbaş ve ark. (2013) % 50 oranında findikkabuğu - PP kullanarak yapmış olduğu çalışmada kalınlığına şişme değeri 1. Gün % 4,74, 2. Gün % 5,92, 7. Gün % 9,03, 30. Gün % 11,12 olarak bulmuştur.

Avcı (2012) % 50 oranında odun unu kullanarak yapmış olduğu çalışmada kalınlığına şişme değerleri 1. Gün PP % 0,479, PE % 0,707 3. Gün PP % 1,328, PE % 1,510 30. Gün PP % 2,919, PE % 3,900 olarak bulmuştur.

APK örnekler üzerinde yapılan ölçümlere göre su alma oranı değerlerine ait veriler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Su alma oranı ortalama değerleri

Su alma (%)				
	1. Gün	3. Gün	7. Gün	30. Gün
Ort.	1,781	5,828	8,057	11,806
Std. Sp.	0,346	0,932	1,556	2,440
CV	19,427	15,992	19,312	20,667

APK su alma oranı ölçümlerine göre 1. Gün % 1,781, 3. Gün % 5,828, 7. Gün % 8,057, 30. Gün % 11,806 ve varyasyon katsayısı 20,667 olarak hesaplanmıştır.

Akbaş ve ark. (2013) % 50 oranında fındikkabuğu - PP kullanarak yapmış olduğu çalışmada su alma değeri 1. Gün % 1,90, 2. Gün % 2,57, 7. Gün % 5,86, 30. Gün % 12,83 olarak bulmuştur.

Avcı (2012) % 50 oranında odun unu kullanarak yapmış olduğu çalışmada su alma değerleri 1. Gün PP % 1,66, PE % 1,190 3. Gün PP % 1,426, PE % 2,380 30. Gün PP % 4,664, PE % 5,809 olarak bulmuştur.

Üretilen kompozitlerde lignoselülozik madde oranının artması ile yüzde kalınlık artışı ve su alma oranlarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Stokke ve Gardner (2003) yaptığı çalışmada kompozit malzemede bulunan hidrofilik yapıdaki odunsu materyalin oranının artması ile su alma oranının önemli ölçüde etkilendiğini belirtmiştir.

4.3. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kompozit malzemelerin en çok maruz kaldığı yüklerden biri eğilme direncidir. Eğilme direncinin yüksek olması, istenilen bir özelliktir. APK malzemeye ait statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait veriler Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri

	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Ortalama	32,284	3387,770
Std. Sp.	2,420	380,229
CV	7,496	11,223

Kullanılan APK hammaddenin eğilme direnci ortalama değeri 32,284 N/mm² olarak bulunmuştur. Eğilmede Elastikiyet Modülü ortalama değeri 3387,770 N/mm² ve varyasyon katsayısı 11,223 olarak hesaplanmıştır.

Kabakçı (2009) yapmış olduğu çalışmada % 50 buğday sapı unu kullanarak eğilme direnci verileri YYPE 18,33 MPa, AYPE 10,77 MPa ve PP'de 21,20 MPa ve

elastikiyet modülü verilerininide YYPE 1729,08 MPa, AYPE 728,48 MPa ve PP'de 1737,74 MPa olarak bulmuştur.

Akbaş ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmada % 50 fındikkabuğu kullanarak eğilme direnci verileri PP 11,96 MPa ve elastikiyet modülü değeri PP 745,90 MPa olarak bulmuştur.

Lignoselülozik madde oranı arttıkça direnç değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Lignoselülozik maddelerin kullanımını arttıkça plastik oranı azalmakta bu durumda ise direnç değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir (Mengeloğlu ve Karakuş 2008)

Literatürde odun unu ve odun lifi karşılaştırılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır; Odun lifi odun ununa göre daha zor işlenmesine rağmen, daha üstün kompozit özellikleri vermektedir ve dolgu maddesi görevinden daha çok güçlendirici olarak görev yapmaktadır (Clemons, 2002).

4.4. Levha Yüzeyine Paralel Yönde Çekme Direnci (ASTM D 638-99)

Yapılan çalışmada APK'nin çekme direnci özellikleri incelenmiştir. Kompozit malzemelerin en çok maruz kaldığı yüklerden biri de çekme direncidir. Çekme direncinin yüksek olması, istenilen bir özelliktir. APK deney numunelerinin levha yüzeyine paralel yönde çekme dirençlerine ilişkin değerler (ASTM 638-99) standartlarına göre incelenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çekme direnci değerleri

	Çekme Direnci (N/mm ²)
Ortalama	11,178
Std. Sp.	1,208
CV	10,807

Yapılan çalışmada en düşük çekme direnci değeri 9,449 N/mm², en yüksek ise 12,942 N/mm² olarak bulunmuştur. Ortalama çekme direnci 11,178 N/mm² ve varyasyon kat sayısı 10,807 olarak hesaplanmıştır.

Kabakçı (2009) yapmış olduğu çalışmada % 50 buğday sapı unu kullanarak ANOVA testine göre çekme direnci verileri YYPE 7,66 MPa, AYPE 4,33 MPa ve PP'de 9,01 MPa olarak bulmuştur.

Akbaş ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada % 50 oranında findikkabuğu - PP kullanarak ANOVA ve DUNCAN testine göre çekme direnci verileri 5,56 MPa olarak bulmuşlardır.

4.5. Levha Yüzeyine Paralel Yönde Çekme Direnci (ASTM D 1037)

APK deney numunelerinin levha yüzeyine paralel yönde çekme dirençlerine ilişkin değerler (ASTM D 1037) standartlarına göre incelenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Çekme direnci değerleri

	Çekme Direnci (N/mm ²)
Ortalama	9,861
Std. Sp.	1,532
CV	15,534

Yapılan çalışmada en düşük çekme direnci değeri 8,147 N/mm², en yüksek ise 11,748 N/mm² olarak bulunmuştur. Ortalama çekme direnci 9,861 N/mm² ve varyasyon kat sayısı 15,534 olarak hesaplanmıştır.

Berger ve Stark (1997) ponderosa çamı, lobloly çamı, Akçaağaç ve Meşe odunu unu kullanarak ürettikleri PP kompozitlerinin şok direnci, eğilme direnci, çekme direnci yoğunluk ve daralma değerlerine odun unu türünün etkisini tespit etmişlerdir. Berger ve Stark'a göre odun unu katılım oranının artmasıyla çekme direnci azalırken çekmede elastikiyet modülü artmaktadır.

4.6. T-Tipi ve H-Tipi Birleştirmelerin Moment Taşıma Kapasiteleri

Denemelerde kullanılan T-tipi ve H-tipi birleştirme elemanlarına uygulanan eğilme deneyleri sonucunda elde edilen moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri izelge 4.7, 4.8, 4.9’da verilmiştir ve literatürde (Balıkçı 2016)’nın çalışması ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

4.6.1. T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasiteleri

APK ereve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri izelge 4.7.’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri

Birleştirme Tipi	Malzeme	Ort. (Nm)	APK Ort. (Nm)	Std. Sp.	CV	Fark (%)
Kavelalı*	Sibirya amı	1012	2224	438,47	19,72	120
	İroko	1882				15
	Dişbudak	3704				-40
Zıvanalı*	Sibirya amı	5704	1093	104,33	9,55	-81
	İroko	11229				-90
	Dişbudak	102118				-99
Yekpare			2850	203,08	7,13	

*(Balıkçı 2016)

Birleştirme türlerine bakıldığında yekpare birleştirmeler en yüksek çıkmış olup ortalama (2850 Nm) olarak bulunmuştur. Kavelalı birleştirmelerde yekpare birleştirmelere yakın değerler (2224 Nm) vermesinden dolayı yekpare örnekler yerine de kullanılabilir. Zıvanalı birleştirmelerde değerler düşük çıkmıştır (1093 Nm).

Balıkçı’nın yapmış olduğu farklı ağaç türlerinin (Sibirya amı, İroko, Dişbudak) T-tipi çekme testleri sonuçları APK malzemenin T-tipi çekme testi sonuçları ile karşılaştırıldığında kavelalı birleştirmede Sibirya amından % 120, İroko’dan % 15 daha yüksek, Dişbudak’tan ise % 40 oranında daha düşük sonuç verdiği görölmüştür.

Zıvanalı birleştirmede APK malzeme diğer ağaç türlerine göre ortalama % 90 oranında düşük sonuçlar vermiştir.

Yekpare çekme testi verileri diğer ağaç türlerindeki birleştirmeler ile karşılaştırıldığında kavelalı birleştirmede yakın değerler verdiği görülürken zıvanalı birleştirmede diğer ağaç türlerine göre oldukça düşük değerler verdiği görülmüştür.

4.6.2. T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasiteleri

APK çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri Çizelge 4.8.' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri

Birleştirme Tipi	Malzeme	Ort. (Nm)	APK Ort. (Nm)	Std. Sp.	CV	Fark (%)
Kavelalı*	Sibirya çamı	72	111	21,92	19,75	55
	İroko	61				45
	Dişbudak	104				7
Zıvanalı*	Sibirya çamı	131	55	5,22	9,49	-58
	İroko	173				-68
	Dişbudak	161				-66
Yekpare			140	10,57	7,55	

*(Balıkçı 2016)

T-tipi eğilme elemanlarının birleştirme türlerine bakıldığında yekpare birleştirmeler en yüksek çıkmış olup ortalama (140 Nm) olarak bulunmuştur. Kavelalı birleştirmelerde (111 Nm), Zıvanalı birleştirmelerde ise değerler düşük çıkmıştır (55 Nm).

Balıkçı'nın yapmış olduğu farklı ağaç türlerinin (Sibirya çamı, İroko, Dişbudak) T-tipi eğilme testleri sonuçları APK malzemenin T-tipi eğilme testi sonuçları ile karşılaştırıldığında kavelalı birleştirmede Sibirya çamı ve İroko'dan % 50 oranında daha iyi olduğu, Dişbudak ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Zıvanalı birleştirmede APK malzeme diğer ağaç türlerine göre ortalama % 68 oranında düşük sonuçlar vermiştir.

APK T-tipi yekpare eğilme test verilerinin farklı ağaç türlerindeki kavelalı birleştirmelerden ortalama % 79 daha yüksek olduğu ve zıvanalı birleştirmeler ile yakın değerler verdiği görülmektedir.

4.6.3. H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

APK çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde H-tipi kesme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. H-tipi birleştirme elemanları kesme kuvveti

Birleştirme Tipi	Malzeme	Ort. (Nm)	APK Ort. (Nm)	Std. Sp.	CV	Fark (%)
Kavelalı*	Sibirya çamı	2832	6370	348,81	5,48	124
	İroko	3964				60
	Dişbudak	3671				73
Zıvanalı*	Sibirya çamı	2880	4708	325,76	6,92	39
	İroko	4080				13
	Dişbudak	4677				1
Yekpare			7480	816,33	10,91	

*(Balıkçı 2016)

Birleştirme türlerine bakıldığında yekpare birleştirmeler en yüksek çıkmış olup ortalama (7480 N) olarak bulunmuştur. Kavelalı birleştirmelerde yekpare birleştirmelere yakın değerler (7022 N) vermesinden dolayı yekpare örnekler yerine de kullanılabilir. Zıvanalı birleştirmelerde değerler yekpare ve kavelalı birleştirmeye göre düşük çıkmıştır (4708 N). Zıvanalı birleştirmenin düşük çıkmasının sebebinin üretimde kullanılan pres cihazının yeterli ısı şartlarını sağlamamasından dolayı iç kısımlarda istenilen sıcaklık elde edilememiştir. Bunun da plastiğin bağlayıcılık özelliğini sağlayabilmesi için gerekli olan ısı oluşmadığı için tam manası ile görevini yerine getirmemiş olduğu düşünülmektedir.

Balıkçı'nın yapmış olduğu farklı ağaç türlerinin (Sibirya çamı, İroko, Dişbudak) H-tipi kesme testleri sonuçları APK malzemenin H-tipi kesme testi sonuçları ile karşılaştırıldığında kavelalı birleştirmede Sibirya çamından % 124, İroko ve Dişbudak'tan ise ortalama % 66 oranında daha yüksek sonuç verdiği görülmüştür.

H-tipi zıvanalı birleştirmede APK Sibirya çamına göre % 39 daha yüksek sonuç verirken İroko ve Dişbudak ile yakın değerler elde edilmiştir.

H-tipi yekpare kesme testi verileri diğer ağaç türlerindeki birleştirmeler ile karşılaştırıldığında kavelalı ve zıvanalı birleştirme örneklerinden yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür.

4.7. Levha Yüzeyine Paralel ve Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Gücü

APK 'nin levha yüzeyine paralel ve levha yüzeyine dik vida tutma gücü özellikleri incelenmiştir. APK'nin vida tutma direnci özellikleri Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Levha Yüzeyine Paralel ve Dik Vida Tutma Gücü

Vida Tutma Gücü		
	Levha Yüzeyine Paralel (kenardan)(N)	Levha yüzeyine Dik (N)
Ortalama	1532	1622
Std. Sp.	273,953	298,111
CV	17,882	18,379

Yapılan çalışmada levha yüzeyine paralel vida tutma gücü değeri ortalama değeri 1532 N ve varyasyon katsayısı 17,882 N olarak bulunmuştur. Levha yüzeyine dik vida tutma gücü ise ortalama 1622 N ve varyasyon katsayısı 18,379 N olarak hesaplanmıştır.

4.8. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü, ortalama pürüzlülük değeri (Ra), en büyük pürüzlülük değeri (Ry), on nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) olarak ayrı ayrı 3 grup halinde incelenmiş ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Örnek gruplarına ait yüzey pürüzlülüğü Ra, Ry, Rz değerleri

	Alt Yüzey (μm)			Üst Yüzey (μm)			Pürüzlülük Farkı (%)		
	Ra	Ry	Rz	Ra	Ry	Rz	Ra	Ry	Rz
Ort.	6,034	35,212	7,604	8,400	42,330	11,954	39	20	57
Std. Sp.	0,992	5,711	1,575	1,505	6,598	2,179			
CV	16,448	16,218	20,716	17,913	15,587	18,231			

Üretilen Apk üzerinde yapılan pürüzlülük test sonuçları incelendiğinde alt yüzey ortalama pürüzlülük değeri (Ra) 6,034 μm , (Ry) 35,212 μm , (Rz) 7,604 μm olarak bulunmuştur. Alt yüzey varyasyon katsayısı (Ra) 16,448, (Ry) 16,218, (Rz) 20,716 olarak hesaplanmıştır. Üst yüzey ortalama pürüzlülük değeri (Ra) 8,400 μm , (Ry) 42,330 μm , (Rz) 11,954 μm olarak bulunmuştur. Üst yüzey varyasyon katsayısı (Ra) 17,913, (Ry) 15,587, (Rz) 18,231 olarak hesaplanmıştır. Genel itibari ile üst yüzeyde yüzey pürüzlülüğü alt yüzeye göre daha yüksek çıkmıştır.

4.9. APK'lerin Doğal Yaşlandırma ve Renk Değişimi Özellikleri

APK'nın 24 haftalık doğal yaşlandırma ve renk değişimleri incelenmiştir. Doğal yaşlandırma sonucu APK'da meydana gelen değişim oranları Çizelge 4.12-4.13'de verilmiştir.

4.9.1. Doğal yaşlandırma

Çizelge 4.12. Doğal yaşlandırma sonucu APK'nin hacim değişim oranı

	İlk Hacim (mm ³)	Son Hacim (mm ³)	Değişim Oranı (%)
Ortalama	157,58	158,92	0,69
Std. Sp.	2,03	1,80	
CV	1,29	1,13	

24 haftalık doğal yaşlandırma ölçümleri sonucu APK'nın hacminde ortalama % 0,69 oranında bir değişim olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Doğal Yaşlandırma Sonucu APK'nin Ağırlık Değişim Oranı

	Ağırlık İlk Ölçüm (gr)	Ağırlık Son Ölçüm (gr)	Değişim Oranı (%)
Ortalama	162,78	161,33	0,893
Std. Sp.	6,10	6,17	
CV	3,74	3,82	

24 haftalık doğal yaşlandırma ölçümleri sonucu APK'nın ağırlığında ortalama % 0,893 oranında bir değişim olduğu görülmüştür.

4.9.2. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişimi

APK'nın doğal yaşlanma testinden sonra renk değişimleri incelenmiştir. Yaşlandırma sonucu renk değişimi değerleri Çizelge 4.14.de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişim değerleri (1. Nokta)

Örnek No	1. Nokta İlk Ölçüm			1. Nokta Son Ölçüm			Değişim Oranı			ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	
R-1	37,30	5,20	10,00	40,00	8,40	12,20	2,70	3,20	2,20	4,73
R-2	43,80	5,60	10,80	43,10	8,30	12,10	-0,70	2,70	1,30	3,08
R-3	37,20	6,20	9,60	40,70	7,40	12,20	3,50	1,20	2,60	4,52
R-4	38,90	6,00	11,00	40,10	8,30	12,50	1,20	2,30	1,50	3,00
R-5	43,30	5,40	10,40	43,80	7,70	14,30	0,50	2,30	3,90	4,56
R-6	42,30	6,40	10,80	43,50	7,40	13,70	1,20	1,00	2,90	3,29
R-7	38,70	5,90	10,20	38,00	7,50	12,70	-0,70	1,60	2,50	3,05
R-8	42,20	5,50	10,30	40,40	7,30	12,00	-1,80	1,80	1,70	3,06
R-9	39,70	5,70	10,60	39,00	7,80	12,90	-0,70	2,10	2,30	3,19
R-10	37,60	6,40	10,30	41,50	7,80	12,30	3,90	1,40	2,00	4,60
Ortalama	40,10	5,83	10,40	41,01	7,79	12,69	0,91	1,96	2,29	3,71
Standart sapma										1,13

24 hafta doğal yaşlandırma sonucu renk değişimi değerleri arasında en düşük ortalama değer 7'de $\Delta E=3,05$, en yüksek ise 1'de $\Delta E=4,73$ olarak bulunmuştur. Toplam ortalama $\Delta E=3,71$ ve standart sapma 1,13 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.15. Doğal yaşlandırma sonucu renk değişim değerleri (2. Nokta)

Örnek No	2. Nokta İlk Ölçüm			2. Nokta Son Ölçüm			Değişim Oranı			ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	
R-1	35,20	6,50	10,50	35,10	8,10	11,80	-0,10	1,60	1,30	2,06
R-2	40,80	6,30	11,30	41,80	9,30	12,60	1,00	3,00	1,30	3,42
R-3	38,00	6,40	9,80	36,20	8,50	12,50	-1,80	2,10	2,70	3,87
R-4	37,40	6,20	10,60	36,00	8,80	12,90	-1,40	2,60	2,30	3,74
R-5	38,20	6,80	11,20	38,40	8,90	12,00	0,20	2,10	0,80	2,26
R-6	42,90	5,90	11,30	41,00	8,00	13,30	-1,90	2,10	2,00	3,47
R-7	40,30	5,90	10,90	42,20	8,20	13,70	1,90	2,30	2,80	4,09
R-8	42,90	6,00	9,70	41,10	7,90	11,40	-1,80	1,90	1,70	3,12
R-9	39,10	6,20	11,00	40,10	8,30	13,50	1,00	2,10	2,50	3,41
R-10	37,60	6,00	9,60	37,40	8,70	13,00	-0,20	2,70	3,40	4,35
Ortalama	39,24	6,22	10,59	38,93	8,47	12,67	-0,31	2,25	2,08	3,38
Standart sapma										0,74

24 hafta doğal yaşlandırma sonucu renk değişimi değerleri arasında en düşük ortalama değer 1'de $\Delta E=2,06$, en yüksek ise 10'da $\Delta E=4,35$ olarak bulunmuştur. Toplam ortalama $\Delta E=3,38$ ve standart sapma 0,74 olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ahşap plastik kompozit malzemelerden üretilen bazı birleştirme elemanlarının mekanik performans özellikleri adlı bu çalışmada; kompozit malzemeler ve bu malzeme grubuna dâhil olan APK tanıtılmış, kullanım alanları ve performans değerlendirmelerine yer verilmiştir. Yeni geliştirilen APK'nin çeşitli kullanım yerlerine uygunluğunun tam olarak belirlenebilmesi için, proses parametrelerinin kullanım performansları üzerine ne gibi etkilerinin olduğu literatürde yapılmış olan benzer çalışmalar ile karşılaştırılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Üretilen APK malzemenin birleştirme türlerindeki mukavemet özellikleri incelenmiştir. T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasiteleri literatürden Sibirya çamı, İriko ve Dişbudak ile kıyaslanmıştır. Birleştirme türlerine bakıldığında kavelalı birleştirmelerde Sibirya çamından % 120, İrikodan % 15 daha yüksek, Dişbudaktan ise % 40 oranında düşük sonuçlar vermiştir. Yekpare örnekler diğer ağaç türlerindeki kavelalı birleştirmeler ile yakın değerler verdiği görülürken zıvanalı birleştirmelere göre düşük sonuçlar vermiştir.

T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasiteleri incelenmiştir. Kavelalı birleştirmede Sibirya çamı ve İrikodan ortalama %50 oranında daha yüksek, Dişbudak ile yakın sonuçlar elde edilmiştir. Zıvanalı birleştirme türünde düşük sonuçlar vermiştir. Yekpare numunelerin kavelalı birleştirme türünden yüksek, zıvanalı birleştirmelere ise yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri incelendiğinde kavelalı birleştirmede Sibirya çamından % 124, İriko ve Dişbudaktan ortalama % 66 yüksek değerler vermiştir. Zıvanalı birleştirmede Sibirya çamına göre yüksek, İriko ve

Dişbudak ile yakın değerler elde edilmiştir. Yekpare örneklerin ise kavelalı ve zıvanalı birleştirmelere göre yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Birleştirme türlerine bakıldığında yekpare birleştirmeler genel olarak yüksek sonuçlar vermiştir. Kavelalı birleştirmelerde yekpare birleştirmelere yakın değerler vermesinden dolayı yekpare örnekler yerinde kullanılabilir. Zıvanalı birleştirmelerde değerler düşük çıkmıştır. Zıvanalı birleştirmenin düşük çıkmasının sebebinin üretimde kullanılan pres cihazının yeterli ısı şartlarını sağlamamasından dolayı iç kısımlarda istenilen sıcaklık elde edilememiştir. Bunun da plastiğin bağlayıcılık özelliğini sağlayabilmesi için gerekli olan ısı oluşmadığı için tam manası ile görevini yerine getirmemiş olduğu düşünülmektedir.

Kalınlığına şişme ve su alma değeri bakımından APK malzemelerden elde edilen değerlerin, masif ve diğer odun esaslı malzemelere kıyasla çok düşük olduğu görülmüştür. Bundan dolayıdır ki, APK malzemeler suya fazla maruz kalınan kullanım alanlarında rahatlıkla tercih edilebilirler.

Gelecek çalışmalarda odun unu ve PVC oranları değiştirilerek ve farklı sıcaklıklarda ve basınçlarda presleme yapılarak APK malzemelerin fiziksel ve mekanik sonuçlarının iyileştirilebileceği öngörülmektedir.

Yapılan bu çalışma göstermiştir ki, APK malzemeler hem ahşap ve plastik sektörü hem de diğer sektörler açısından oldukça önemlidir. Sürekli gelişmeye ve büyümeye yönelik APK pazarı dikkate alındığında, APK malzemeleri araştırmaya daha fazla önem verilmeli ve geliştirilmesi için desteklenmelidir.

Ahşap hammaddenin en küçük parçasına kadar değerlendirilmesi nedeni ile ve biyo atıkların kullanılabilmesinden dolayı orman varlığımızın korunması konusunda APK malzemeler oldukça önemlidir.

Plastik sektörü ve ahşap sektörünün kesişim noktası olan APK malzemeler hitap ettiği pazar çeşitliliği bakımından da önemlidir. Plastik sektörüne getirdiği fiyat avantajı ve ahşap sektörüne getirdiği pazar çeşitliliği en büyük özelliğidir. Bu özelliklerinden dolayı kullanımı teşvik edilmelidir. Pazar çeşitliliğinin daha iyi değerlendirilmesi bakımından araştırma ve geliştirmeye önem verilmelidir.

6. KAYNAKLAR

Akbulut, T. (2001) *Liflevha Endüstrisi Ders Notu*, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul (Basılmamıştır).

Akbulut, T. (2009) *Ahşap Polimer Kompozitleri*, Yayınlanmamış Doktora Ders Notları, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul (Basılmamıştır).

ASTM D 570-98 Standard test methods for water absorption of plastics, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA, Vol. 08, 01.

ASTM D 790 ISO 178. 2007, Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, Vol. 08, 01.

ASTM D 638-99 ISO 527-1. 2007, Standard test methods for tensile properties of plastics, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA, Vol. 08, 01.

ASTM D1037 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D 2244'de Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D-1413 Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM G 154-06, 2006, Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM G151-06,2006 Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

Avcı, E. (2012) *Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar*, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 298s.

Avcı, E. (2015) Orman tali atıkları kullanılarak elde edilen ahşap plastik kompozitlerin diş mekân mobilyalarında kullanımı, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 577-589.

Bektaşoğlu, S. (2005) *Plastik işleme sanayi ürünleri raporu*, T.C. Başbakanlık diş ticaret müsteşarlığı ihracatı geliştirme etüd merkezi.

Berger, M.J. & Stark, N.M. (1997) *Investigations of species effects in an injection-molding-grade, wood-filled polypropylene*, In The fourth international conference on woodfiber-plastic composites, 19-25.

Balıkcı, E. (2016) *Isıl işlem görmüş ağaç malzeme ile hazırlanan çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinin mekanik özellikleri*, yüksek lisans tezi, Muğla Ünivirsitesi,96s.

Fang, Y., Wang, Q., Guo, C., Song, Y. & Cooper, P. A. (2013) Effect of zinc borate and wood flour on thermal degradation and fire retardancy of polyvinyl chloride (PVC) composites, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, 230-236.

Bozkurt, Y. ve Erdin, N. (1997) *Ağaç teknolojisi ders kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi , İstanbul, 1-6, 225-232, 334-344

Bozkurt, Y. ve Erdin, N. (2000) *Odun anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi , İstanbul, Yayın No:466,346

Broutman, L. J. & Krock, R. H. (1967) *Modern composite materials*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.

Clemons, C. (2002) Wood-plastic composites in the United States The interfacing of two industries, *Forest Products Journal*, 52(6), 10.

- Çehreli, T. H. (1981) Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların Üretimi, teknolojik özellikleri ve kullanma Yerleri, *K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 98-120.
- Daniel, F.C., Craig, C., Rodney, E. J. and Roger, M. R. (2005) Wood thermoplastic composites, handbook of wood chemistry and wood composites, *New York, crc press*, pp. 365 – 378.
- Demirci, A. (2010) *Plastik ekstruderlerinde ısıtma-soğutma proseslerinin incelenmesi*, yüksek lisans tezi, yıldız teknik üniversitesi.
- Eder, A. (2010) *Wood-plastic composite markets in Europe: presentation*. The Fourth China.
- Efe, H., (1998) Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya “T” Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri, *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*
- Erkan, Ö. (2011) *Çocuk oyun parklarında modül tasarımında ahşap-plastik kompozit malzemenin kullanım olanakları*(Doctoral dissertation, İstanbul Kültür Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/İç Mimarlık Bölümü/İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı). 1s
- English, B. W., & Falk, R. H. (1995) Factors that affect the application of woodfiber-plastic composites, *In Proceedings of the Woodfiber-Plastic Composites Conference*, Madison, Wisconsin (p. 183).
- Erdoğan, S. (2007) *Plastik esaslı malzemelerin ısıllı şekil verme özelliklerinin incelenmesi*, yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi.
- Ezdeşir, A., Erbay E., Taşkiran, İ., Yağcı, M.A., Cöbek, M., Bilgiç, T., (1999) Pagev, *Polimerler I*, İstanbul, 185s.
- Faix, O., Bremer, J., Schmidt, O., & Tatjana, S. J. (1991) Monitoring of chemical changes in white-rot degraded beech wood by pyrolysis-gas chromatography and fourier-transform infrared spectroscopy, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 21(1-2), 147-162.
- Goodship, V. (2004) *Practical guide to injection moulding*, Ismithers Rapra Publishing, 1-65s.

Göker, Y. & Bozkurt, Y. (1981) *Orman ürünlerinden faydalanma*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Groom, H.L. ve diğerleri, (1995) The mechanical properties of individual lignocellulosic fibers, woodfiber-plastic composites virgin and recycled wood fiber and polimer for composites, May 1-3, Madison USA, 33-40.

H'ng Paik San, L. A., & Nee, H.C.M. (2008) Physical and bending properties of injection moulded wood plastic composites boards, *Journal of Engineering and Applied Sciences* Vol: 3, 13-19.

Hackwell group, (2011) *Wood Plastics Composites in Europe*, 3rd edition.

ISO 13927, Plastics - Simple heat release test using a conical radiant heater and a thermopile detector.

İnkaya, S. (2011) *Dünyada ve türkiye'de kompozit sektörü*, Mühendis ve Makina, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Cilt 52, Sayı 613

Jones, R. M. (1975) *Mechanics of composite materials*, Washington, DC: Scripta Book Company, 193.

Johansson, D. (2005) *Drying and heat treatment of wood: influences on internal checking*, proceedings 3rd nordic drying conference, Karlstad, Sweden.

Kabakcı, A. (2009) *Buğday sapı unu oranının ve plastik tipinin odun-plastik kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi*, yüksek lisans tezi, fen bilimleri enstitüsü, orman endüstri mühendisliği, Kahramanmaraş.

Katz, H.S. & Mileski, J.V. (Eds.). (1987) *Handbook of fillers for plastics*. Springer Science & Business Media.

Ketola, W.D. & Grossman, D. (1994) Accelerated and outdoor durability testing of organic materials, USA, 169-182.

Körner, S., Pecina, H., & Wienhaus, O. (1990) Investigation on the identification of the beginning brown rot fungus infestation of wood by means of IR spectroscopy, *Holz als Roh-und Werkstoff (Germany, FR)*, 48, 413-416.

- Körner, I., Faix, O., & Wienhaus, O. (1992) Attempts to determine brown-rot breakdown of Scots pine wood with the aid of FTIR spectroscopy, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 50(9), 363-367.
- Matuana, L. M., Kamdem D. P., Zhang J. (2001) Photoaging and stabilization of rigid PVC/wood-fiber composites, *Applied Polymer*, 80 (11), 1943-1950
- Matuana, L.M. & Heiden, P.A. (2004) Wood composites, *encyclopedia of polymer science and technology*, 12: 521-546.
- Mengeloglu, F. & Karakus, K. (2008) Polymer-composites from recycled high density polyethylene and waste lignocellulosic materials, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(2), 211-217.
- Mengeloglu, F. & Karakus, K. (2008) Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic composites. *sensors*, 8, 500-519.
- Örs, Y. ve Keskin, H. (2001) *Ağaç malzeme bilgisi*, KOSGEB Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı, Ankara, 52-55, 157-161.
- Örs, Y. ve Baykan, İ. (1998) *Yüzey pürüzlülüğü ve ağaç malzeme*, Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, İstanbul.
- Ozdemir, T. & Mengeloglu, F. (2008) Some properties of composite panels made from wood flour and recycled polyethylene, *International journal of molecular sciences*, 9(12), 2559-2569.
- Rowell, R.M. (2006) Advances and challenges of wood polymer composites, *proceedings of the 8th pacific rim bio-based composites symposium*, November, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-23.
- Sanadi, A. R., Walz, K., Wieloch, L., Jacobson, R. E., Caulfield, D. E., & Rowell, R. M. (1996) *Effect of matrix modification on lignocellulosic composite properties*, Madison USA, 166-172.

- Schwartz, M. (1992) *Composite materials handbook*, Second Edition, Mcgrawhill International Editions, USA, Chapter 1(1.1-1.35), Chapter 2(2.53), Chapter 4(4.56), Chapter 5(5.46).
- Silva, A., Freitag, C., Morrell, J.J. & Gartner, B. (2001) Effect of fungal attack on creep behavior and strength of wood plastic composite, *In Proc. of the Sixth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, Forest Products Society, Madison, 15-16, 73-77s.
- Smith, P.M. (2001) US woodfiber-plastic composite decking market. *In Proc. Sixth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*. Forest Products Society, Madison, 13-17s.
- Schut, J. (1999) *For compounding, sheet & profile: Wood is good*, *Plastics Technology*, 45-46-52.
- Sevilmiş, G. (2012) *Ege bölgesi plastik sektörü raporu*, İzmir Ticaret Odası (İZTO), Ar&Ge Bülten, İzmir.
- Shah B. L., Matuana L. M., Heiden P. A., (2005), Novel coupling agents for PVC/wood-flour composites, *Vinyl & Additive Technology*, 11:160–165
- Soury, E., Behraves, A. H., Jam, N. J., & Haghtalab, A. (2013) An experimental investigation on surface quality and water absorption of extruded wood–plastic composite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 26(5), 680-698.
- Suinanç, Ö.F. (2007) *Odun polimer kompozitlerinin üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar*, yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 79s.
- Şahin, Y. (2000) *Kompozit malzemelere giriş*. Gazi kitabevi, Ankara.
- Şahin, H.T. (2006) *Lignoselülozik liflerden kompozit malzemelerin üretimi ve genel özellikleri*, 3.Ulusal Kongresi, 15,16,17 Kasım, İstanbul, 418-429s.
- Tangram, (2002) Wood-plastic composites; a technical review of materials, processes and applications, *Tangram Technology*, Hitching, UK.

Toonen, M., Ebskamp, M., & Kohler, R. (2007) Improvement of fibre and composites for new markets. Improvement of crop plants for industrial end uses, *Springer, Dordrecht*, 155-180.

TS EN 323'de *Ahşap esaslı levhalar - birim hacim ağırlığının tayini*, TSE Standardı, Ankara.

TS EN 326, (1999) *Ahşap esaslı levhalarda numune alınması ve deney parçalarının hazırlanması*, TSE Standardı, Ankara.

Web-1; <https://deckpergole.com>, Son erişim tarihi: 23.07.20016

Web-2; <https://guneykompozit.com>, Son erişim tarihi: 07.11.2016

Web-3; <http://www.komwood.com.tr>, Son erişim tarihi: 08.11.2016

Web-4; <http://www.plastemart.com>, Son erişim tarihi: 12.08.2017

Web-5; <https://www.inkwoodresearch.com>, Son erişim tarihi: 12.08.2017

Web-6; <https://www.grandviewresearch.com>, Son erişim tarihi: 14.08.2017

Wrap, (2003) *Wood Plastics Composite Study – Technologies and UK Market Opportunities*.

Wahl, A. (2008) *Wood market trends in Europe*, Special Publication, 49s.

Yaltrık, F. ve Efe A. (2000) *Dendroloji ders kitabı*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Yeniocak, M. (2013) *Ultrasonik yöntem ile elde edilen çeşitli doğal boyar maddelerle ahşap malzemenin boyanabilirliğinin incelenmesi*, doktora tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 36s.

Yüce, İ. (2007) Dairesel kompozit tabakalarda düşük hızlı darbe hasarının incelenmesi, Doctoral dissertation, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 90s.

Youngquist, J.A. (1995) The marriage of wood and nonwood materials, *Forest Production Journal*, 45(10):25-30.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Ercan BALA
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi :Çubuk/ANKARA - 19/07/1989
Medeni Hali : EVLİ
Telefon : 0506 501 74 15
E-posta : ercanbala@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Çubuk Endüstri Meslek Lisesi	2006
Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2012

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2015 - 2016	Şanlıurfa	Ücretli Öğretmen
2016 - 2017	Şanlıurfa	Ücretli Öğretmen

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma		X	