

**BİTKİ ATIKLARINDAN EL YATIRMA YÖNTEMİYLE
CAM ELYAF TAKVİYELİ BİYOKOMPOZİT
ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

2011

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Sevgi HOYUR

**BİTKİ ATIKLARINDAN EL YATIRMA YÖNTEMİYLE CAM ELYAF
TAKVİYELİ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİ VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sevgi HOYUR

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Şubat 2011**

Sevgi HOYUR tarafından hazırlanan “BİTKİ ATIKLARINDAN EL YATIRMA YÖNTEMİYLE CAM ELYAF TAKVİYELİ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 03/02/2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof.Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim DEMİRCİ (KBÜ)



...../...../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Sevgi HOYUR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİTKİ ATIKLARINDAN EL YATIRMA YÖNTEMİYLE CAM ELYAF TAKVİYELİ BİYOKOMPOZİT ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Sevgi HOYUR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof.Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Şubat 2011, 90 sayfa

Son yıllarda cam elyaf takviyeli kompozitler hemen hemen tüm sektörlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Cam elyaf takviyeli kompozitlerin en büyük avantajı çeliklere göre dört kat daha hafif olmasına rağmen mekanik özellikler açısından çeliklerle boy ölçüşebilecek düzeyde olmalarıdır. CTP kompozitlerin bir çok avantajına karşılık petrol bazlı olmaları günümüzde önem kazanan çevre bilincine ters düşmektedir ve geri dönüşebilirlik fikri ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada maliyeti azaltmak, atık ürünleri değerlendirmek ve geri dönüşümü yüksek kompozitler üretmek hedeflenmiştir. Muz lifleri, palmye yaprakları lifleri ve mısır sapı lifleri kalıplama metodu kullanılarak 40x40x1000mm boyutlarındaki kare kesit profiller üretilmiştir. Kalıplama işlemi sonrasında profil yüzeylerine cam elyaf takviyeli polyster el yatırması metodu ile uygulanmıştır.

Muz, mısır, palmye biyokompozitlerinden tek kat elyaf uygulamalı ve iki kat elyaf uygulamalı olarak her deney için üçer adet deney numunesi hazırlanmıştır. Numunelere eğilme dayanımı, basınç dayanımı, dinamik eğilme dayanımı, su tutma testleri yapılmıştır. Ayrıca numunelerin kesitleri mikroskop altında incelenerek resimleri çekilmiştir.

Anahtar Sözcükler : CTP, bitki lifleri, el yatırması yöntemi, mekanik özellikler.

Bilim Kodu : 708.1.183

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

BIOCOMPOSITE REINFORCED GLASS FIBER PRODUCTION OF WASTE PLANT WITH HAND LAY-UP METHOD AND INVESTIGATION MECHANICAL PROPERTIES

Sevgi HOYUR

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Kerim CETINKAYA

February 2011, 90 pages

In recent years, glass fiber-reinforced composites have been used widely in almost all sectors. Glass fiber reinforced composites are four times lighter than steels and they show good mechanical properties like steels, which is the most great advantage of composites. Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP) composites have a lot of advantage in response to they are petroleum-based. In contrast, the importance of environmentally conscious and recycable idea come to the fore.

In this study, reduce costs, waste product usability and high-recycling composites are aimed. 40x40x1000mm sized square cross-section profiles produced from, banana fibers, palm leaves fibers and corn stalk fibers were used. The specimens are produced by molding. After the molding process, glass fiber reinforced polyester were applied to the surfaces of the specimens.

Three pieces of test samples were prepared for each experiment from bananas, corn, palm biocomposites which one layer and two layers of fiber. The samples were tested for their bending strength, compressive strength and dynamic bending strength. In addition, section of the samples were examined and pictures were taken under a microscope.

Key Words : GFRP, natural fiber, hand lay-up method, mechanical properties.

Science Code : 708.1.183

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın hazırlanması sırasında yardımlarını, tüm desteğini ve yol gösterici fikirlerini esirgemedен beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA'ya; kalıp tasarım ve imalat aőamalarında desteği ve bilgisini esirgemeyen Demir Madencilik A.Ő. Yönetim Kurulu üyesi Cemil KAYA'ya, fikir ve bilgileriyle bize ışık tutan Pultechfrp'den Ekrem ATA'a, fikir ve bilgilerini paylaşan Cilas Kauçuk'tan őafak BİR BEN'e, profil imalat aőamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Gürsel UęUR ve Cem KARAKAYA, deney düzenekleri ve bilgilerini paylaşan KBÜ Safranbolu Meslek Yüksek Okulu Mobilya Dekorasyon ve Teknik Eğitim Fakóltesi Mobilya Dekorasyon bölümine, tüm hocalarıma, aileme sonsuz saygı ve teőekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2. LİTERATÜRDE BULUNAN ÇALIŞMALAR.....	2
BÖLÜM 2.	7
KOMPOZİT MALZEMELER	7
2.1. KOMPOZİT MALZEME BİLEŞENLERİ.....	8
2.1.1. Matris Malzemeleri	8
2.1.1.1. Termoplastik Reçineler	9
2.1.1.2. Termoset Reçineler	10
2.1.2. Takviye Malzemeleri.....	12
2.1.2.1. Cam Elyafı	13
2.1.2.2. Aramit Elyafı.....	14
2.1.2.3. Bor Elyafı	15
2.1.2.4. Diğer Organik Lifler	15
2.1.3. Kompozitlerde Dolgu Malzeme Kullanımı	15
2.1.3.1. Köpükler.....	16
2.1.3.2. Sentaktik Köpükler	16

2.1.3.3. Bal Peteği Görünümlü Dolgu Malzeme.....	16
2.1.3.4. Ağaç Malzeme.....	17
2.2. KOMPOZİT MALZEME KALIPLAMA YÖNTEMLERİ.....	17
2.2.1. El Yatırma Yöntemi.....	17
2.2.2. Püskürtme Yöntemi.....	18
2.2.3. Elyaf Sarma Yöntemi.....	19
2.2.4. Pultruzyon Yöntemi.....	19
2.2.5. Devamlı Levha Prosesi.....	20
2.2.6. SMC Kalıplama.....	20
2.2.7. BMC Kalıplama.....	20
2.2.8. Reçine Enjeksiyon Kalıplama.....	21
2.3. CTP KOMPOZİTLER.....	22
BÖLÜM 3.....	23
BİYOKOMPOZİT MALZEMELER.....	23
3.1. BİYOKOMPOZİT ÇALIŞMALARI VE ÖNEMİ.....	24
3.2. BİYOKOMPOZİT MALZEMELERDE KULLANILAN BİTKİLER VE LİF ÖZELLİKLERİ.....	27
3.2.1. Keten.....	27
3.2.2. Kenevir.....	29
3.2.3. Jüt.....	30
3.2.4. Rami.....	31
3.2.5. Sisal.....	32
3.2.6. Manila Keneviri.....	32
3.2.7. Koko Elyafı.....	33
3.2.8. Pamuk.....	34
3.2.9. Palmiye Lifleri.....	35
3.2.10. Şeker Kamışı.....	35
3.2.11. Buğday.....	36
3.2.12. Bambu.....	37
3.2.13. Mısır.....	37

BÖLÜM 4.	39
METARYAL METOD	39
4.1. DENEY MALZEMELERİ	39
4.1.1. Muz Lifleri.....	39
4.1.2. Mısır Sapı Lifleri.....	40
4.1.3. Palmiye Yaprakları.....	42
4.2. DENEY MALZEME KALIBI TASARIMI VE İMALATI	43
4.3. BİYOKOMPOZİT NUMUNELER.....	45
4.3.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozit.....	46
4.3.2. Mısır Sapı/Cam Elyaf Biyokompozit.....	47
4.3.3. Palmiye Yaprakları/Cam Elyaf Biyokompozit.....	49
4.4. ÜRETİLEN PROFİLLERİN KULLANIM ALANLARI.....	50
BÖLÜM 5.	52
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	52
5.1. EĞİLME TESTİ.....	52
5.1.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri	53
5.1.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri.....	55
5.1.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri.....	57
5.2. BASINÇ DAYANIMI TESTİ.....	59
5.2.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri.....	60
5.2.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri	62
5.2.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri	64
5.3. DİNAMİK EĞİLME TESTİ.....	66
5.3.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme Testleri.....	67
5.3.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme Testleri	69
5.3.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme Testleri	71
5.4. SU TUTMA TESTİ.....	72
5.4.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri	73
5.4.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri.....	74
5.4.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri.....	74

5.5. MİKROSKOBİK İNCELEME VE KESME YÖNTEMLERİNİN KESİT YÜZEYİNE ETKİSİ.....	75
5.5.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Mikroskopik İncelenmesi ve kesme yöntemlerinin kesit yüzeyine etkisi	76
5.5.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Mikroskopik İncelenmesi ve kesme yöntemlerinin kesit yüzeyine etkisi	78
5.5.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Mikroskopik İncelenmesi ve kesme yöntemlerinin kesit yüzeyine etkisi	80
5.6. ÜRETİLEN PROFİLLERİN MALİYET ANALİZİ.....	82
BÖLÜM 6.	84
SONUÇ VE ÖNERİLER	84
6.1. SONUÇLAR	84
6.2. ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kompozit işlem basamakları.....	8
Şekil 2.2. El yatırması yöntemi.....	18
Şekil 2.3. Püskürtme yöntemi.....	18
Şekil 2.4. Elyaf sarma	19
Şekil 2.5. Pultruzyon yöntemi	19
Şekil 2.6. SMC kalıplama yöntemi.....	20
Şekil 2.7. BMC kalıplama yöntemi.....	21
Şekil 2.8. Reçine enjeksiyon kalıplama yöntemi.....	21
Şekil 2.9. CTP'nin mikroskopik görüntüsü.....	22
Şekil 2.10. CTP bileşenleri.....	22
Şekil 3.1. Biyokütle değerlendirme ve dönüşüm sistemleri.....	25
Şekil 3.2. 2003 ve 2007 yıllarında gelişmekte olan biyoplastik kapasiteleri	25
Şekil 3.3. Biyokompozit malzemeden üretilen araba kapısı	26
Şekil 3.4. Biyokompozit MDFden üretilen mobilya.....	26
Şekil 3.5. Ağaç-plastik kompozit.....	27
Şekil 3.6. Keten lifi	28
Şekil 3.7. Kenevir lifi.....	29
Şekil 3.8. Kenevir bitkisi.....	29
Şekil 3.9. Jüt lifinin kurutulması.....	30
Şekil 3.10. Rami bitkisi.....	31
Şekil 3.11. Sisal bitkisi.....	32
Şekil 3.12. Manila keneviri	33
Şekil 3.13. Koko bitkisi.....	34
Şekil 3.14. Pamuk bitkisi.....	34
Şekil 3.15. Palmiye bitkisi.....	35
Şekil 3.16. Şeker kamışı.....	36
Şekil 3.17. Buğday bitkisi	36
Şekil 3.18. Bambu bitkisi	37

Şekil 3.19. Mısır bitkisi	38
Şekil 4.1. Muz lifleri	40
Şekil 4.2. Kesilmiş muz lifleri	40
Şekil 4.3. Mısır sapları	41
Şekil 4.4. Hazırlanan mısır sapı lifleri.....	41
Şekil 4.5. Palmiye yaprakları.....	42
Şekil 4.6. Hazırlanan palmiye yaprakları	42
Şekil 4.7. Solid Works'te modellenen kalıbın demontaj resmi	43
Şekil 4.8. Solid Works'te modellenen kalıbın montaj resmi.....	44
Şekil 4.9. Kalıbın kapalı haldeki resmi	44
Şekil 4.10. Kalıba elyafın yatırılması.....	45
Şekil 4.11. Muz liflerinin kalıba yerleştirilmesi	46
Şekil 4.12. Muz liflerinden elde edilen numune.....	47
Şekil 4.13. Mısır liflerinin kalıba yerleştirilmesi.....	48
Şekil 4.14. Mısır lifleriyle üretilen profil	49
Şekil 4.15. Palmiye yaprak lifleri ve üretilen profil.....	49
Şekil 4.16. Profillerin merdiven korkuluğu ve çit olarak kullanımı	51
Şekil 4.17. Profillerin raf ve sehpa olarak kullanılması	51
Şekil 4.18. Karton/cam elyaf evin içi ve dışarıdan görünüşü.....	51
Şekil 5.1. Shimadzu test makinesi ve eğilme test düzeneği	52
Şekil 5.2. Eğilme dayanımı tayin düzeneği	53
Şekil 5.3. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanımı değerleri.....	54
Şekil 5.4. Muz/cam elyaf biyokompozitin eğilme testi başlangıcı ve f_{max} kuvvetinin uygulandığı an.....	54
Şekil 5.5. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı muz/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü.....	55
Şekil 5.6. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanımı değerleri.....	56
Şekil 5.7. Mısır/cam elyaf biyokompozitin eğilme testi başlangıcı ve f_{max} kuvvetinin uygulandığı an.....	56
Şekil 5.8. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü.....	57
Şekil 5.9. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanımı değerleri	58
Şekil 5.10. Palmiye/cam elyaf biyokompozitin eğilme testi başlangıcı ve f_{max} kuvvetinin uygulandığı an.....	58

Şekil 5.11. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü.....	59
Şekil 5.12. Shimadzu test makinesi basma dayanımı test düzeneği	59
Şekil 5.13. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanımı grafiği	61
Şekil 5.14. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} basıncı altında görünüşü.....	61
Şekil 5.15. Muz/cam elyaf biyokompozit numuneler	62
Şekil 5.16. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanımı grafiği.....	63
Şekil 5.17. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} basıncı altında görünüşü	63
Şekil 5.18. Mısır/cam elyaf biyokompozit numuneler.....	64
Şekil 5.19. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanımı grafiği.....	65
Şekil 5.20. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} basıncı altında görünüşü	65
Şekil 5.21. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numuneler	66
Şekil 5.22. Pendulum test makinesi ve test çenesi.....	66
Şekil 5.23. Muz/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme direnç testi numuneleri...	67
Şekil 5.24. Muz/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme dirençleri.....	68
Şekil 5.25. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme deney sonrası numunelerin görünüşü	69
Şekil 5.26. Mısır/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme direnç testi numuneleri..	69
Şekil 5.27. Mısır/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme dirençleri	70
Şekil 5.28. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme deney sonrası numunelerin görünüşü	70
Şekil 5.29. Palmiye/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme deney numuneleri.....	71
Şekil 5.30. Palmiye/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme dirençleri.....	72
Şekil 5.31. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme deney sonrası görünüşü.....	72
Şekil 5.32. Muz/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri	73
Şekil 5.33. Mısır/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri	74
Şekil 5.34. Palmiye/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri.....	75
Şekil 5.35. Kesme yöntemleri	76
Şekil 5.36. TK ve İK elyaf uygulamalı muz/cam elyaf numunelerin köşe resimleri .	77
Şekil 5.37. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (muz liflerinin)görünüşü	77
Şekil 5.38. Muz/cam elyaf kompozitlerde kesme yöntemleri.....	78

Sayfa

Şekil 5.39. TK ve İK elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf numunelerin köşe resimleri	78
Şekil 5.40. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (mısır liflerinin)görünüü.....	79
Şekil 5.41. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerde kesme yöntemleri.....	80
Şekil 5.42. TK ve İK elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf numunelerin köşe resimleri	80
Şekil 5.43. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (palmiye liflerinin) görünüşü.....	81
Şekil 5.44. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerde kesme yöntemleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Cam elyafların mekanik özellikleri ve değişimleri.....	14
Çizelge 3.1. Odun ve odun olmayan bazı maddelerin lif uzunlukları	38
Çizelge 4.1. Muz/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları	47
Çizelge 4.2. Mısır/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları	48
Çizelge 4.3. Palmiye/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları ..	50
Çizelge 5.1. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin F_{max} ve f_m değerleri.....	54
Çizelge 5.2. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin F_{max} ve f_m değerleri	55
Çizelge 5.3. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin F_{max} ve f_m değerleri	57
Çizelge 5.4. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri	60
Çizelge 5.5. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri.....	62
Çizelge 5.6. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri	64
Çizelge 5.7. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerin Q enerji ve dinamik eğilme direnç değerleri.....	68
Çizelge 5.8. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerin Q enerji ve dinamik eğilme direnç değerleri.....	70
Çizelge 5.9. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerin Q enerji ve dinamik eğilme direnç değerleri	71
Çizelge 5.10. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerin zamana bağlı ağırlık artışları ve % su tutma oranları	73
Çizelge 5.11. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerin zamana bağlı ağırlık artışları ve % su tutma oranları.....	74
Çizelge 5.12. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerin zamana bağlı ağırlık artışları ve % su tutma oranları	75
Çizelge 5.13. Maliyet karşılaştırması.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

N	: Newton
C	: Karbon
H	: Hidrojen
T _g	: Geçiş sıcaklığı

KISALTMALAR

CTP	: Cam elyaf takviyeli polimerler
PP	: Polipropilen
MEK	: Metil etil keton peroksit
WPC	: (Wood-plastic composite) Odun-plastik kompozit
GFRP	: (Glass fiber reinforced plastic) Cam elyaf takviyeli plastik
OKP	: Odun kompozit plastik
YYPE	: Yüksek yoğunluklu propilen
TK	: Tek kat
İK	: İki kat
MAPP	: Maleinated polipropilen
GA	: Genel amaçlı
AE	: Akustik emisyon
YYPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
SEM	: (Scanning electron microscope) Taramalı elektron mikroskobu
BGRP	: (Bamboo/glass fiber reinforced polipropilen) Bambo/cam elyaf takviyeli polipropilen
BFRP	: (Bamboo fiber reinforced polipropilen) Bambo lifi takviyeli polipropilen

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanoğlu yüzyıllardır kullandığı malzemeleri yaşadığı zamanın koşullarına ve ihtiyaçlara uydurma çabası içinde olmuştur. Mevcut malzemelerin bazı durumlarda yeterli özellikleri sağlayamaması insanları farklı malzeme arayışına yöneltmiştir. Kompozit malzemelerin doğuş sebebi bu arayıştır. İnsanlar binlerce yıldır bu terimin farkında olarak ya da olmayarak kompozit malzemeleri kullanmaktadırlar [1].

Günümüzde hızla değişen teknolojiyle birlikte malzeme alanında da her geçen gün yeni malzeme türleri ve uygulamaları geliştirilmektedir. İlk çağlardan beri kullanılan kompozit malzemeler modern çağın gereksinimleri doğrultusunda yeni takviye malzemeleri ve yeni taşıyıcı matrislerin geliştirilmesiyle bambaşka bir boyuta taşınmıştır.

Artan nüfus hızla yok olan orman kaynakları, bu kaynaklara olan ihtiyaç farklı türde malzeme arayışına yöneltmiştir. Henüz çok yeni olmakla birlikte çok kısa zaman içerisinde biyokompozit fikri ve uygulamaları ağaç malzemelere alternatif olarak malzeme sektöründeki yerini alacaktır.

Hazırlanan bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Bunlarda birinci bölüm “Giriş” olup burada çalışmanın özeti, çalışmanın amacı ve literatürde bulunan benzer çalışmaların incelemeleri bulunmaktadır. İkinci bölümde kompozit malzemeler, kompozit malzeme bileşenleri hakkında bilgiler bulunmaktadır. Üçüncü biyokompozit malzemeler, yapılmış çalışmalar, bitki ve bitki lifleri hakkında bilgiler bulunmaktadır. Dördüncü bölümde farklı türdeki deney numunelerinin deneyleri ve deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde deney sonuçları baz alınarak elde edilen sonuçlar ve üretilebilecek alternatif fikirlere yer verilmiştir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, bitki atıklarının değerlendirilerek çok fazla mukavemet gerektirmeyen dış ve iç ortamlar için kullanılabilecek ahşaba alternatif düşük maliyetli 40x40x1100mm boyutlarında profil imalatı ve üretilen ürünlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada uzun lifli fiberler dikkate alınarak palmye yaprakları, mısır sapları, muz yaprak ve gövde lifleri kullanılacaktır. Preslenen profillerin dışına el yatırması metodu ile cam elyaf takviyeli polyester (CTP) uygulanacaktır. Üretilen profillerden hazırlanan deney numunelerine eğilme, basma, darbe, su tutma testleri yapılacaktır ve mikroskop altında matris yüzey yapışması ve kesme yöntemlerinin kesite etkisi incelenecektir.

1.2. LİTERATÜRDE BULUNAN ÇALIŞMALAR

Thwe vd., yaptıkları çalışmada bambu fiber takviyeli polipropilen (BFRP) ve bambu-cam elyaf takviyeli polipropilen (BGRP) hibrit kompozitlerin hidrotermal yaşlanma ve dairesel gerilme yükü altında yorulma davranışları için testler yapmışlardır. Test edilen bütün örneklerde BGRP'nin tüm yükler için BFRP'den daha iyi yorulma direncine sahip olduğu tespit edilmiştir [1].

Calvin, yaptığı yüksek lisans çalışmasında fiber takviyeli plastik (FRP) ile lamine edilen levhaların burulmasını araştırmıştır. Bir FRP lamine levha burulma yükünün en boy oranına, laminasyon şekline, laminasyondaki fiber yönlenmelerine, laminasyon kalınlığına bağlı olduğunu bildirerek lamine plakaların burulma yükünü Ansys sonlu elemanlar yazılımı ile incelemiştir. Bütün kenarlardaki en iyi elyaf yönlenmelerinin +45 derecede olduğu tespit edilmiştir [2].

Xu vd., kalıplama sıkıştırma metodu ile üretilen polipropilen ve ahşap-elyaf takviyeli polipropilen kompozit malzemeler için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapmışlardır. Kütle lif oranı %10, %30, %50 olmak üzere üç farklı değer kullanılmıştır. İki malzeme içinde çekme dayanımı ve çekme yükü karşılaştırması yapılmıştır ve bu değerler için hizmet yoğunluğu tanımı kullanılmıştır. Sonuç olarak fonksiyonel birim için hizmet yoğunluğu kullanıldığında ahşap-elyaf takviyeli

polipropilen kompozitin polipropilen kompozite oranla daha çevre dostu olduğu tespit edilmiştir [3].

Bektaş vd., yaptıkları çalışmada, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için ayçiçeği saplarından (%100) üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen Yonga levhaların (700 kg/m^3) teknolojik özellikleri incelenmiştir. Denemelerde, 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı % 19-42, su alma miktarı % 78-95, eğilme direnci 14.3-17.5 N/mm^2 , elastikiyet modülü 1941-2431 N/mm^2 , vida tutma gücü 447-796 N, yüzeye dik çekme direnci 0.26-0.46 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Ayçiçeği saplarından üretilen yonga levhalarda tutkal kullanım oranı, pres basıncı ve pres süresinin artırılması ile teknolojik özelliklerinde iyileşme sağlanmıştır. Sonuçlar, ayçiçeği saplarından genel amaçlı ve kapalı ortamlar için yonga levha üretilebileceğini göstermiştir [4]

Tufan vd., çalışmalarında odun plastik kompozitleri (OPK)'nin özellikleri, atık malzemelerden üretimi ve bu yeni malzemenin avantajları hakkında bilgi vermişlerdir. Atıl vaziyette olup kullanılmayan materyallerin kullanımı ile hem ülke ekonomisine hem de çiftçilere katkı sağlayacağını ve ayrıca yeni ürünlerin geliştirilmesi ile bu materyaller için yeni pazarlar açılmış olacağını bildirmişlerdir. Saf plastik malzemedan elde edilen ürünlere göre atık malzemedan elde edilen plastik kompozitler geri dönüşüm açısından daha avantajlı olduğunu ve kullanım ömrü dolan malzemenin yeniden geri dönüştürülmesi kolay olduğu gibi yeni atık oluşumunu önleyeceğini kaydetmişlerdir [5].

Baysal vd., atık kağıtların 1:1, 1:3 ve 3:1 ağırlık oranı üzerinden, buğday sapı, mısır sapı, ot, yonca, odun talaşı, fındık zuru yada kapçı, fındık yaprağı, kavak yaprağının üretimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada substratlar üzerinde *P. Ostreatus* misellerinin gelişme süreleri ve verim değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre atık kağıtların misel gelişim süresi bakımından 22.5 gün ortalama ile en olumlu, atık kağıtların yoncalı ve çay yapraklı karışımları misel gelişim süresi bakımından en olumsuz substrat karışımı sonuçları alınmıştır. Genel olarak, verim değeri açısından atık kağıtların 3:1 oranında yer aldığı

karışımlarda, diğer karışım oranlarına göre daha yüksek verim değerleri elde edilmiştir [6].

Karakuş vd., yaptıkları çalışmada geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve atık mısır saplarından elde edilen unlar kullanılarak polimer kompozitler üretmişlerdir. Ekstrüzyon ve pres kalıplama işlemlerine tabi tutularak üretilen kompozitler üzerinde çekme, eğilme ve darbe direnci dayanımı testleri yapmışlardır. Kompozit bünyesindeki mısır sapı unu miktarındaki artışın kompozitlerin çekme ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerini iyileştirdiği ancak kompozitlerin çekme, eğilme ve darbe direnci değerlerinde azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir [7].

Ozaki vd., tarafından artık odunlar ve polivinil alkolden geri dönüşümlü kompozit üzerine çalışma yapılmıştır. Üretilen kompozitlerin yapısındaki değişiklikler çürüme boyunca kızılötesi spektroskopisi (IK) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş ve kütle azalmasına bağlı olarak mekanik özelliklerde azalma olduğu kaydedilmiştir [8].

Wang vd., doğal elyaf takviyeli plastik kompozitlerin nem emme ve farklı lif yükleri ile elektrik iletim davranışları üzerine yaptıkları çalışmada yüksek lif yüklemeye lif oranı yüksek olduğunda difüzyon olayının baskın, düşük lif yüklemeye ve sızma eşiğinin altında sızma olayının baskın olduğu sonucuna ulaşmışlardır [9].

Kunanopparat vd., doğal elyaf olarak plastikleştirilmiş buğday glutenini takviye malzemesi olarak kullanarak mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde akışkanlığın etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Doğal elyaf olarak buğday glutenini gliserol esaslı malzemelere takviye malzemesi olarak kullanarak bu bileşiğe kenevir ve ahşap fiberlerinin ilave edilmesiyle her iki bileşik için mukavemet ve Young modülü değerleri artarken, kopma ve uzama değerlerinde azalmalar kaydedilmiştir. Üretilen malzemelerin su duyarlılığının düşük olduğu gözlenmiştir. Lif eklemek protein oranını değiştirmemiş fakat kompozit matrisin camsı geçiş sıcaklığını (Tg) arttırmıştır. Bu artışa paralel olarak matris Young modülünde ve liflere matris akışkanlığında artış kaydedilmiştir [10].

Renner vd., ligno-selülozik elyaf takviyeli PP kompozitlerde parçacıkların doğal gücünün deformasyon ve kusurlara etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ahşap içeriği olarak ağırlıkça yüzde 0-80 arasında değerler alınmıştır. Ara yüzey yapışma özelliğini geliştirmek için Maleinated polipropilen (MAPP) kullanılmıştır. MAPP/ahşap oranı sabit tutularak (1:10) mekanik özellikler çekme testleri ile belirlenmiştir. Mikromekanik deformasyon özellikleri akustik emisyon (AE), hacim yoğunluğu (VOLS) ve yüzey hataları baz alınarak incelenmiştir. Sonuç olarak parçacık boyutu azalan ve değişken ara yüzey yapışma özelliklerinin her ikisi içinde gerçekleşen değişimlerde mikromekanik deformasyonların olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmada parçacık boyutu, en boy oranı ve ahşap doğal gücü optimizasyonu ile kompozit gücünün artırılmasının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır [11].

Pothen vd., muz lifleri takviyeli polyester kompozitler için dinamik mekanik analizleri çalışması yapmışlardır. Üretilen kompozitlerde özel bir referans kullanılarak fiber yüklenmesi ve sıcaklık etkisi üzerine analizler yapılmıştır. Lif içeriği %40'tan fazla olduğunda durağan polimer tabakası nedeniyle mikromekanik geçişlerin durağanlaştığını bildirmişler. Kompozitlerin rahatlatma sürecinin görünür aktivasyon enerjisi de analiz etmişler ve aktivasyon enerji değeri %40 lif içerikli kompozitler için maksimum değere ulaştığı tespit etmişlerdir [12].

Sreekala vd., palmye lifli fenol formaldehit kompozitlerin çevresel etkilere dayanımları hakkında yaptıkları çalışmada kompozitlerin maruz kaldığı biyolojik, termal, radyasyon ve su etkilerini incelemişlerdir. Çekme, eğilme, termal ve suda yaşlanma gibi mekanik özellikler örnekler üzerinde analiz edilmiştir. Çekme-eğilme, gerilme-şekil değiştirme özelliklerinin yanı sıra yaşlandırılan kompozitlerin deformasyon davranış değişiklikleri ilgili gerilme-şekil değiştirme grafikleri ile açıklanmıştır. Kompozitlerin mekanik performansında termal yaşlanma ve radyasyon yaşlanması sonrasında belirgin düşüş görülmüştür [13].

Sarıbıyık vd., tarafından yapılan çalışmada elyaf hacim oranlarının CTP profillerinin mekanik özelliklerine etkileri ulusal ve uluslar arası düzeyde kabul edilen test metotları kullanılarak deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda belirlenmiş. Elyaf hacim oranları farklı olan dokuz çeşit malzeme üzerinde deneyler yapılmıştır. Deney

sonuçlarında malzemenin maksimum çekme gerilmesi, elastisite modülü, Poisson oranı ve yüzde uzamaları tespit edilmiştir. Malzeme mekanik özelliklerinin elyaf hacim oranlarına bağlı olarak arttığı, nümerik hesaplamalarla elyaf hacim oranlarını değiştirerek istediğimiz mekanik özelliklere sahip malzeme üretilebileceğini tespit etmişlerdir [14].

Yaşar vd., yaptıkları çalışmada elyaf olarak silan kaplanmış sürekli cam elyaf, matris olarak polyester kullanarak sıcak presleme yöntemiyle kompozit üretimi gerçekleştirmişlerdir. Üretilen kompozitlerin elyaf hacim oranı ve elyaf doğrultusunun tribolojik özelliklere etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda en iyi aşınma direnci %15 elyaf hacim oranı ve elyaflara paralel doğrultuda elde edilmiştir. Kayma hızı ve yüzey basıncı arttığa sürtünme katsayısının ve özgül aşınma hızının azaldığını tespit etmişlerdir [15].

BÖLÜM 2

KOMPOZİT MALZEMELER

Kompozit malzeme, iki veya daha fazla sayıda, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin üstün özelliklerini tek bir malzeme de toplamak ya da yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla belirli şartlar ve oranlarda birleştirilmeleriyle ortaya çıkan yeni malzemelerdir.

Yapılan araştırmalara bakıldığında insanların tarihin ilk çağlarından beri aslında kompozit malzemeleri kullandığı görülmektedir. O çağlarda bile insanlar kırılğan malzemelerin içine bitkisel ve hayvansal lifler koyarak malzemelerin bu negatif özelliğini azaltmaya çalışmışlardır. Killi çamur içine saman ve sarmaşık dalları gibi sap ve liflerin katılmasıyla oluşan kerpiç malzeme bunun en güzel örneğidir. Ayrıca Mısır'da MÖ.1600'lü yıllara ait çeşitli renklerde cam lifleriyle bezenmiş amforalar ve MÖ.2800'lü yıllara ait lamine edilmiş tahta parçaları, Orta Doğu'da eğilme dayanımını arttırmak için ok yayları üzerinde farklı lif yönleri oluşturacak şekilde yerleştirilen malzemeler bulunmuştur [16].

Yakın zamanda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yapılarda kullanılan malzemeler yapısal olarak iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan ilki, malzemenin içyapısı düzenli olan homojen malzemeler; diğeri ise, genel olarak yeni nesil malzemeler olarak adlandırılan ve içerisinde iki veya daha fazla homojen malzeme bulunan kompozit malzemelerdir. Günümüzde hem homojen hem de kompozitlerin üretimi ve geliştirilmesi üzerinde geniş çaplı araştırmalar yapılmakta ve yapılan bu araştırmalar genellikle organik maddeler olan ve yaygın olarak plastik diye tanımlanan süper polimerler üzerine kaymıştır. Bu malzemeler özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra hızlı bir yükseliş içerisinde olmuştur. Süper polimerlerin kimyasal yapısının temeli monomerlerden oluşmaktadır. Monomerler, C_2H_4 atomundan oluşmakta ve

bunların birleşmesi ile polimerler oluşmaktadır. Bu kimyasal olay, polimerizasyon olarak bilinmekte ve temel olarak polimer zincirlerinin oluşması olarak tanımlanmaktadır [14].

2.1. KOMPOZİT MALZEME BİLEŞENLERİ

Kompozit malzeme temel olarak matris içerisine takviye malzemelerinin gömülmesi prensibine dayanır. Burada matris takviye malzemesi arası yapışma çok önemlidir ve kompozitin mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Şekil 2.1’de kompozit malzeme işlem basamakları görülmektedir.



Şekil 2.1. Kompozit işlem basamakları.

2.1.1. Matris Malzemeleri

Kompozit yapılarda matrisin üç temel fonksiyonu vardır. Bunlar, elyafları bir arada tutmak, yükü elyaflara dağıtmak ve elyafları çevresel etkilerden korumaktır. İdeal bir matris malzemesi başlangıçta düşük viskoziteli bir yapıda iken daha sonra elyafları sağlam ve uygun şekilde çevreleyebilecek katı forma kolaylıkla geçebilmelidir. Kompozit yapılarda yükü taşıyan elyafların fonksiyonlarını yerine getirmeleri açısından matrisin mekanik özelliklerinin rolü çok büyüktür. Örneğin matris malzemesi olmaksızın bir elyaf demeti düşünülüğünde yük bir yada birkaç elyaf tarafından taşınacaktır. Matrisin varlığı ise yükün tüm elyaflara eşit dağılımını sağlayacaktır. Elyaf yönlendirmelerine dik doğrultuda, matrisin mekanik özellikleri ve elyaf ile matris arasındaki bağ kuvvetleri, kompozit yapının mukavemetini belirleyici önemli hususlardır. Matris elyafa göre zayıf ve daha esnektir. Bu özellik kompozit

yapıların tasarımında dikkat edilmesi gereken bir husustur. Matrisin kesme mukavemeti ve matris ile elyaf arası bağ kuvvetleri çok yüksek ise elyaf yada matriste oluşacak bir çatlakın yön değiştirmeksizin ilerlemesi mümkündür. Bu durumda kompozit gevrek bir malzeme gibi davrandığından kopma yüzeyi temiz ve parlak bir yapı gösterir. Eğer bağ mukavemeti çok düşükse, elyaflar boşluktaki bir elyaf demeti gibi davranır ve kompozit zayıflar. Orta seviyede bir bağ mukavemetinde ise, elyaf veya matristen başlayan enlemesine doğru bir çatlak elyaf/matris ara yüzeyine dönüp elyaf doğrultusunda ilerleyebilir. Bu durumda kompozit sünek malzemelerin kopması gibi lifli bir yüzey sergiler. Kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan matris malzemeleri termoset ve termoplastik reçinelerdir [17].

2.1.1.1. Termoplastik Reçineler

Plastiklerin büyük bir çoğunluğu ve hemen hemen takviyesiz plastiklerin tamamı termoplastiktir. Termoplastik malzemeler ısıtıldığında yumuşar ve yarı akışkan haldeyken yeniden şekillendirilebilir. Plastik malzeme soğuduğunda ise yeni kalıplanmış şekil elde edilir. Daha sonra yeniden farklı bir ürün elde etmek istenirse, termoplastik malzemenin yeniden ısıtılması ve kalıplanması mümkündür. Termoplastiklerin ısıtılma ve soğuma özellikleri genelde birbirine benzemektedir [18]. Başlıca termoplastikler şunlardır ;

1. Naylon (PA) : Yüksek sertlik ve darbeye dayanıklılık, makul sıcaklık stabilitesi özelliklerine sahip olup, eğlence alanındaki ürünlerde popülerlik kazanmaktadır.
2. Polifinilen Sülfür (PPS) : Mukavemette mükemmel denge, yüksek ısı derecelerinde kullanım ve maliyet/kimyasal dayanım dengesi özelliklerine sahip olup, otomotiv sektöründe kaput altı uygulamalarında artan önem göstermektedir.
3. Sıvı Kristal Polimerler (LCP) : Olağanüstü elektriksel özellikler, yüksek ısı ve kimyasal dayanıklılık, mükemmel mukavemet özellikleri olup daha yaygın olarak elektrik bağlantı kutuları ve prizlerde kullanılmaktadır.

4. Polyetheretherketone (PEEK) : Kimyasal dayanım, yüksek ısı dayanımı, düşük duman çıkışı, yangın dayanımı gibi özelliklerin arandığı uygulamalar için elverişlidir.
5. Polipropilen (PP) : Yüksek spesifik mukavemet, düşük maliyet, çok iyi kimyasal dayanım ve esneklik özelliklerine sahip olup, petrokimya ve boru ürünlerinde kullanılmaktadır.
6. Polietilen (PE) : Özellikleri bakımından biraz polipropilene benzer, kolay işlenebilir ve çok dayanıklı olup, çeşitli moleküler ağırlıkları da mevcuttur.
7. Polyetherimid (PEI) : Yüksek sıcaklıklarda mükemmel mukavemet ve sertlik, alev dayanımı, boyutsal değişmezlik özelliklerine sahip olup, uçak iç parçalarında, sterilize edilen tıbbi aletlerde kullanılmaktadır.
8. Fluoropolimerler : Çok iyi kimyasal dayanım, kuvvetli elektriksel özellikler ve düşük sürtünme katsayısı özelliklerine sahip bir reçine türüdür.

2.1.1.2. Termoset Reçineler

Takviyeli plastiklerin büyük bir çoğunluğu termosettir. Termoset reçineler genellikle sıvı haldedir. Bazı özel termoset reçinelerin düşük ergime derecelerinde katı halde buldukları da bilinmektedir. Kalıplama sırasında meydana gelen kimyasal ve egzotermik (ısı açığa çıkan) reaksiyonlar sonucunda termoset reçineler sertleşmektedirler. Genellikle termoset reaksiyonlar geri dönüşümlü değildir. Değişim kalıcıdır. Termoset reçineler uygun malzemelerle takviye edildiğinde ağırlıklarına oranla teknolojinin geliştirdiği en dayanıklı malzemeler arasında yer almaktadırlar. Bunun yanı sıra takviyeli termoplastiklere duyulan ilgi de her geçen gün artmaktadır. Başlıca termoset reçineler şunlardır:

1. Genel Amaçlı Polyester Reçineler (GA) : “Genel amaçlı” terimi belirli bir polyester reçine sınıflaması belirtmez. Onun yerine nispeten düşük maliyetli,

yeterli mekanik ve elektrik performansı sunan ürünler ve gayet iyi bilinen proses/imalat karakteristikleri, GA polyesterleri tanımlamaktadır. Genellikle GA polyesterler orta ya da düşük viskoziteli olarak üretilirler ve sadece katalist ve hızlandırıcı eklenmesine gereksinim duyarlar. GA polyesterler, dolgu ve katkı malzemeleriyle birlikte kullanılarak işlenebilir bir reçine sistemini tamamlamaktadır. Yüksek maliyetli, üstün performans beklenmeyen uygulamalar hariç GA polyesterler; tekneler, kamyon parçaları, mobilyalar, küvet ve duş teknelerini kapsayan geniş bir yelpazede açık kalıplama yöntemi ile (el yatırması/püskürtme v.b) üretilen son ürünlerde kullanılmaktadır.

2. Özel Amaçlı Polyester Reçineler : Özel amaçlı polyesterler, genellikle polimerin kimyasal yapısından dolayı yüksek performans değerlerine ulaşmaktadırlar. Dolgu malzemelerinin veya katkıların uygun kullanımı da alev dayanımı, yorulma dayanımı veya kimyasallara karşı dayanıklılık gibi özellikleri arttırabilir. Özel amaçlı polyesterlere ait parametreler, karşılıklı etkileşim içerisindedirler. Kimyasal dayanım gibi bir parametrede meydana gelen artış, ısı dayanımı gibi bir başka parametreyi de arttırabilir. Örneğin, Bisfenol A, daha geniş bir kimyasal dayanım sağlamak ve daha yüksek sıcaklıklara dayanım sağlamak amacı ile CTP üretiminde kullanılmaktadır.
3. Epoksi Reçineler : Epoksi reçineler geniş bir yelpazedeki kompozit parçaların üretiminde en yaygın kullanıma sahip reçinelerden biridir. Farklı performans düzeylerine sahip bir dizi ürün elde etmek için reçinenin yapısı geliştirilebilir. Epoksi reçineler genellikle üstün performanslı fakat daha yüksek maliyetteki reçine sistemlerinin kullanımını öngören kritik uygulamalarda tercih edilmektedir. Epoksi reçineler denizcilik, otomotiv, elektrik/elektronik ve diğer çeşitli sektörlerdeki kompozit parçaların üretiminde performans faktörünün maliyet faktöründen daha önemli olduğu uygulamalarda kullanılmaktadır. Ancak, epoksi reçinenin viskozitesinin çoğu polyester reçineninkinden yüksek olması ve üstün mekanik özellikler elde etmek için post kür gerektirmesi nedeniyle epoksilerin kullanımı zordur.

4. Poliüretan Reçineler : Poliüretanlar çok çeşitli biçimlerde ortaya çıkmakta ve bu çeşitlilik devamlı olarak artmaktadır. Poliüretan malzeme hemen her yerde, günlük hayatımızın çoğu evresinde, belki de başka hiçbir polimerde rastlanamayacak kadar önemli roller üstlenerek karşımıza çıkmaktadır. Diğer bazı plastik malzemelerden farklı olarak poliüretanlar, uygulamacılara son ürünün özelliklerini kontrol etme imkânı vermektedir. Şöyle ki; çoğu poliüretan reçineler kalıplama sırasında reaksiyona sokulur. Reaksiyona girecek poliüretan kimyasalları özel bir makine içinde karıştırılmakta ve polimer genellikle son şekline bu polimerizasyon reaksiyonu sırasında kavuşmaktadır. Kompozit endüstrisinde önemli poliüretanların başında “elyaf takviyeli termoset poliüretan RIM (reaction injection molding) malzemeler gelmektedir. Takviyeli RIM (RRIM) malzemeleri, otomotiv sektörünün çoğu uygulamalarında, yüksek darbe dayanımının önemli olduğu diğer sektör uygulamalarında da kullanılmaktadır.
5. Fenolikler : Fenolikler, kondensasyon reaksiyonu sırasında sertleşen termoset reçinelerdir. Bu reaksiyonda, işlem sırasında ortamdan uzaklaştırılması gereken su oluşur. Asidik veya bazik ortamlarda istenen reçine tipine göre, fenol veya kresol, iksilenol ve formaldehid'den hazırlanırlar. Sertleşmeyi gerçekleştirmek için ısıya, laminant ve kalıplamalar için de basınca ihtiyaç vardır. Fenolikler ahşap, fren ve debriyaj balataları, cila ve izolasyon endüstrilerinde yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Fenolik enjeksiyon ve basınçlı hazır kalıplama bileşimleri, otomotiv ve elektrik uygulamalarında kullanılmaktadır.
6. Melamin Ve Üreformaldehid Reçineler: Bu reçineler, asidik ortamlarda melamin veya ürenin formaldehidle reaksiyonu sonucunda hazırlanır. Melamin-formaldehid yüzeyli laminatlar U-F reçineleri ile üretilenlere göre daha sert olduklarından, aşınmayan yüzeyler elde edilmek istendiğinde (masaüstü ve diğer dekoratif uygulamalarda) kullanılır. sıcak suya karşı mükemmel dayanımları olduğundan, mutfak aletlerinde de (tabak-bardak) kullanılır [18].

2.1.2. Takviye Malzemeleri

Birçok malzeme polimerlerin takviyesinde kullanılmaktadır. Bazı takviye malzemeleri ağaçtaki selüloz gibi, kendiliğinden doğada var olan, ham, işlenmemiş ürünlerdir. Bununla birlikte, birçok ticari amaçlı takviye malzemesi endüstriyel olarak üretilmektedir. Bu takviye malzemeleri içinde, tüketim ve satış miktarları açısından, en geniş ölçüde kullanılan takviye malzemesi cam elyafıdır. Diğer kompozit takviye malzemeleri ise, karbon elyafı, aramid, polietilen, polyester ve naylondur. Malzeme ne olursa olsun, takviye malzemeleri son ürün gereksinimleri ve proses özellikleri açısından çok sayıda alternatifle hizmet sunmaktadır.

2.1.2.1. Cam Elyafı

Cam elyafı, kullanım amacına uygun nitelikteki alkali düşük "E" camının, 6-15 mikron çaplarında devamlı proses ile ince lifler halinde çekilmiş türüdür. "E" camından başka, kullanım yeri ve amacına göre "C", "S", "T" vb. farklı özellikte cam türleri de vardır. Gerek termoset, gerek termoplastiklerin takviye edilmesinde, kimyasal birleşmeyi de sağlayacak şekilde geliştirilmiş ve demet haline getirilmiş "devamlı cam elyafı" kullanılır. Kesikli proses ile üretilen izolasyon amaçlı cam yünü ve cam pamuğu CTP konusunda takviye malzemesi olarak uygun değildir. Bu tür cam elyafı yalnızca ısı ve ses izolasyonu amacı ile kullanılır. Cam elyafı ile gerek termoset plastikler, gerek termoplastikler takviye edilir ve genel olarak "elyaf takviyeli kompozit malzeme" olarak anılırlar. Ancak, plastik türünü belirtmek için, takviye edilmiş termoplastiklere "takviyeli termoplastikler" de denmektedir. Plastik türlerinin yansısı, cam elyafı ile beton, alçı, lastik, kâğıt gibi malzemeler de takviye edilebilmektedir [19].

Cam elyafı elastik bir malzemedir. Yük altında düzgün olarak kopma noktasına kadar uzayan cam elyafı, çekme yükünün kalkması sonucunda herhangi bir akma özelliği göstermeden başlangıç boyutuna döner. Diğer metallerde ve organik liflerde bulunmayan bu elastiklik ve yüksek mukavemet özellikleri; cam elyafına büyük miktarda enerjiyi, kayıpsız olarak depolama ve bırakma olanağı sağlamaktadır.

Bu özellik, dinamik yorulma dayanımı, aşınmaya karşı korunması koşulu ile otomobil, kamyon amortisör yayları ve mobilya yayları gibi ürünlerin cam elyafı takviyeli plastik malzemeden yapılabilmesini sağlamaktadır. Çizelge 2.1.'de cam elyafların mekanik özellikleri ve değişimleri verilmiştir [20].

Çizelge 2.1.'de Cam elyafların mekanik özellikleri ve değişimleri [20].

Özellikler	Cam Tipi			
	A	C	E	S
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2.50	2.49	2.54	2.48
Elastik modül (GPa)	-	69.0	72.4	85.5
Çekme mukavemeti(MPa)	3033.0	3033.0	3448.0	4585.0
Isıl genleşme katsayısı	8.6	7.2	5.0	5.6
Yumuşama sıcaklığı (°C)	727.0	749.0	841.0	970.0
Katki Malzemeleri (%)				
SiO ₂	72.0	64.4	52.4	64.4
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	0.6	4.1	14.4	25.0
CaO	10.0	13.4	17.2	-
MgO	2.5	3.3	4.6	10.3
Na ₂ O, K ₂ O	14.2	9.6	0.8	0.3
B ₂ O ₃	-	4.7	10.6	-
BaO	-	0.9	-	-

2.1.2.2. Aramid Elyafı

Geçen yirmi yıl boyunca, ileri teknoloji ürünleri olarak bilinen aramid elyafı önemli bir mesafe kat etmiş olup uzay, denizcilik, spor ürünleri, eğlence, otomotiv ve silah endüstrisi gibi klasik kompozit pazarlarına hitap etmiştir. Yüksek düzeyde yönlendirilmiş olan bu polimer, düşük yoğunluk ile yüksek modül ve yüksek düzeyde yapışma özelliği ile yüksek mukavemet/ağırlık oranını üründe bir araya getirmektedir. Mukavemet ve modül değerleri yanı sıra, liflerin kolaylıkla ıslatılabilmesi ve üründe darbe dayanımı özellikleri dolayısıyla yaygın olarak kullanılan reçinelerin çoğunluğu ile kullanılabilir. Aramid elyafının negatif ısıl genleşme katsayısından dolayı, ısıl yayılmanın önem taşıdığı ortamlarda fayda

sağlamaktadır. Aramid elyafı, fiyat/performans değerlerini sağlamak üzere tasarlanmış cam ve karbon elyafının kombinasyonu şeklinde olan hibrid ürünler halinde de mevcuttur.

2.1.2.3. Bor Elyafı

Bor elyafı, ticari amaçlı olarak mevcut yüksek teknoloji ürünleri arasında piyasaya çıkan ilk üründür. Bor elyafı; bor'un kimyasal buharının çok ince bir tungsten teli üzerinde yoğunlaştırılması ile üretilmektedir. Çok sağlam ve dayanıklı bir takviye malzemesi olup, yüksek yoğunluğu ve yüksek maliyeti kullanımını sınırlandırmaktadır. Piyasada yalnızca şerit halinde bulunmaktadır.

2.1.2.4. Diğer Organik Lifler

Termoplastik polyester ve naylon lifler, kompozit pazarında yeni kullanım alanları bulmaktadırlar. Takviyelerin her iki çeşidi de, hem darbe dayanımı hem de kimyasal ortamlarla karşılaştırıldığında yüksek performans özelliklerini ürüne katmaktadırlar. Ancak diğer elyaf çeşitleriyle karşılaştırıldığında hem daha düşük sertlik hem de daha düşük ısı kullanımını gibi kısıtlamalar bulunmaktadır.

2.1.3. Kompozitlerde Dolgu Malzemesi Kullanımı

Sandviç konstrüksiyonlu ürünler, geçen kırkbeş yıl içinde kompozit pazarının temel bileşeni haline gelmiştir. Ağırlıkça hafif ve kalın ara malzemelerin ince cidarlara yapıştırılması sonucunda güçlü, hafif ve oldukça dayanıklı malzemelerin elde edilmesi, büyük bir pratiklik sağlamıştır. Sandviç konstrüksiyon kullanılarak, yüzde 3 oranında bir ağırlık artışı ile eğilme dayanımını 3.5 kat, rijitliğin 7 kat artırılması sağlanabilmektedir. Sandviç yapılı ürünlerde, ara malzeme, yüksek mukavemetli iki cidar arasına yapıştırılmaktadır. Cidarlar herhangi bir malzeme olabilir. Kompozit pazarında en yaygın olanları cam, karbon, alüminyum, kontraplak veya yüksek basınçlı laminatlardır. Ara malzeme dört temel kategoriye ayrılmıştır ;

1. Köpükler
2. Sentaktik Köpükler
3. Bal Peteği
4. Tahta / Balsa Ağacı

Çeşit, ağırlık, yapı gibi faktörleri göz önüne alındığında bu dört kategoriyi daha uzun bir liste haline getirmemiz mümkündür.

2.1.3.1. Köpükler

Köpük haline getirilmiş ısı izolasyon malzemeleri; açık hücreli, kapalı hücreli, rijit yapıda veya lineer molekül yapısında olabilirler. Üretan, fenolik, polieter, polistiren, PVC, polyester, köpük yapımında yaygın olarak kullanılan malzemeleridir. Kompozitlerde en çok kullanılan köpük cinsleri, üretan ve PVC köpüklerdir. Üretan köpükler yalıtım, flotasyon, sörf tahtaları ve rüzgâr sörfünde kullanılmaktadır. PVC daha büyük yapısal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1.3.2. Sentaktik Köpükler

Bu köpükler delikli partiküller ve reçinelerin karışımıyla elde edilmektedir. Partiküller mikro veya makro cam kürecikleri, seramik, plastik veya bazı delikli volkanik camlar halinde olabilir. İçi boş dolgular sayesinde, malzemenin tamamının yoğunluğunu azaltır. Ağırlığı düşürme özelliği nedeniyle tercih edilirler. Sentetik köpükler çift komponentli ısı izolasyon malzemelerine göre daha yüksek bir basınç direncine ve genel olarak daha üstün mekanik özelliklere sahiptir. Sentaktikler genellikle hafifliğin arandığı ürünler için kullanılmakla birlikte, reçine özelliklerinin maksimum düzeyde korunmasını sağladığı için tercih edilmektedir. Esas kullanım alanı yüksek kesme yükü ile karşılaşılan uygulamalardır.

2.1.3.3. Bal Peteği Görünümlü Dolgu Malzemeleri

Kraft kağıdı, alüminyum, çelik, aramid, karbon, üretan, polyester, polietilen, poli-propilen ve seramik gibi malzemelerden elde edilmektedir. Bal peteği ismi hücre

yapısının altıgen şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır. Bu malzemeler tasarımcıya en hafif, yapısal olarak kusursuz bir sandviç konstrüksiyon panelin üretilmesi olanağını verir. Buna ek olarak girdi malzemeleri, çok düşük toleranslarla üretildiğinden bal peteği, şu an pazardaki mevcut ara malzemeler arasında ağırlık farklılığı en az olan üründür.

2.1.3.4. Ağaç Malzeme

Bu gruptaki ara malzeme ürünleri içerisinde en yaygın kullanımı olan ürün balsa ağacıdır. Bazı eğlence (gezinti) teknesi uygulamalarında, kontraplak veya sunta gibi diğer ağaç malzemeler de kullanılmaktadır. Bu ürünlerin tercih nedeni, hem ucuz olması hem de küçük parçaların kullanılabilir olmasıdır. Bu tür malzemelerde yaşanan sorun, ağaç içine suyun sızmasından kaynaklanmaktadır. Sızan su, ara malzemenin çürümesine ve cidarlardan ayrılarak, boşluk oluşmasına neden olmaktadır [18].

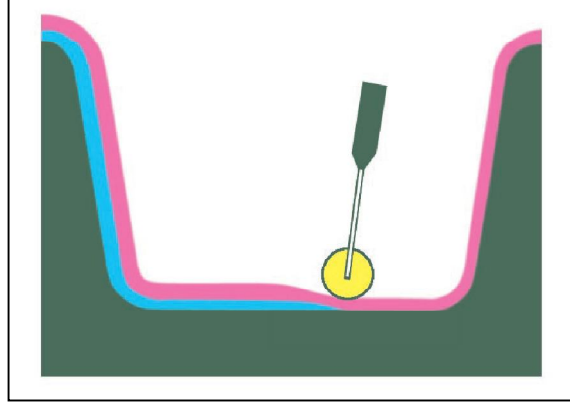
2.2. KOMPOZİT MALZEME KALIPLAMA YÖNTEMLERİ

Kompozit malzemelerin üretiminde genellikle kalıplama yöntemleri olarak bilinen üretim kullanılır. Kalıplama yöntemleri üretilecek malzemenin boyutlarına, mekanik özelliklerine, kullanılacak matris ve takviye malzemelerine göre farklılıklar gösterir. Kullanılan kalıplama yöntemleri; el yatırması yöntemi, püskürtme yöntemi, elyaf sarma yöntemi, pultrüzyon yöntemi, devamlı levha üretimi, SMC, BMC ve reçine enjeksiyon kalıplama yöntemleridir.

2.2.1. El Yatırması Yöntemi

Geniş yüzeyli CTP üretimi için en çok kullanılan kalıplama metodudur. Kalıp yüzeyine, kalıp ayırıcı uygulandıktan sonra, yüzey düzgünlüğünü sağlamak üzere jelkot uygulaması yapılır ve cam elyafı takviye malzemesi, kalıp yüzeyine yayıldıktan sonra, kullanım amacına uygun olarak seçilen katalizlenmiş polye ester reçine, cam elyafı takviyesine emdirilir. Kalıp yüzeyinde, reçinenin sertleşmesinden

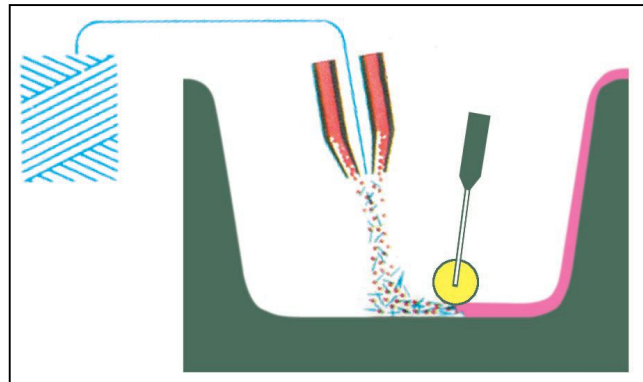
polimerize olmasından) sonra, ürün kalıptan çıkartılır. Şekil 2.2’de el yatırması uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.2. El yatırması uygulaması [18].

2.2.2. Püskürtme Yöntemi

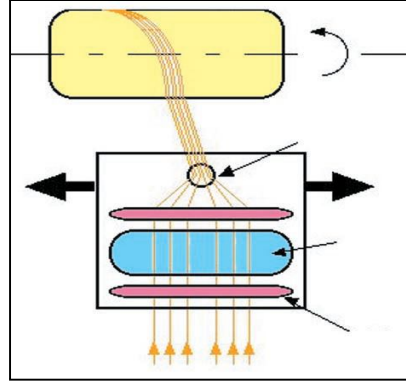
El yatırması metodunun makineleşmiş şeklidir. Aynı kalıp ve ekipman kullanılır. Cam elyafı takviye malzemesi ve polyester reçine, kalıp üzerine bir püskürtme makinesi aracılığıyla birlikte püskürtülür. Püskürtme işlemi sırasında cam elyafından fitil, 17-50 mm arasında kırılır. Geniş yüzeylerde ve çok sayıda kalıp kullanıldığında işçilikten tasarruf sağlar. Şekil 2.3.’de püskürtme yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Püskürtme yöntemi [18].

2.2.3. Elyaf Sarma Yöntemi

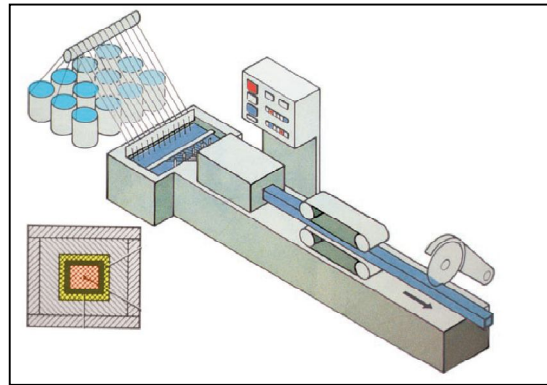
Özellikle boru ve tank gibi içi boş olarak üretilen parçalar için uygun bir kalıplama metodudur. Döner bir mandrel ve ray üzerinde ileri-geri hareket eden sarım arabasından oluşan bir düzenekte çalışır. Şekil 2.4 'de elyaf sarma yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Elyaf sarma yöntemi [18].

2.2.4. Pultrüzyon Yöntemi

Kalıbı dolduracak sayıda devamlı cam elyafı ile yanal mukavemeti sağlamak üzere cam keçe, katalizlenmiş polyester banyosundan geçirilerek reçine ile doyurulduktan sonra, 110–130 oC sıcaklığa ısıtılmış, sert krom kaplı çelik kalıp içinden çekilerek sertleştirilir. Sertleşen profil, istenilen uzunlukta kesilir. Şekil 2.5.'de pultrüzyon yöntemi gösterilmektedir.



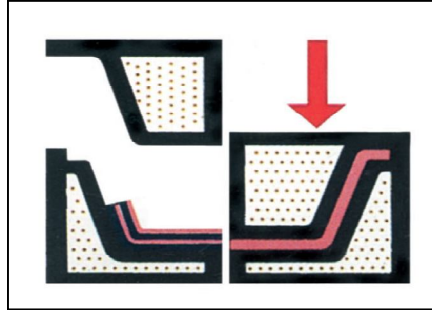
Şekil 2.5.'de Pultrüzyon yöntemi [18].

2.2.5. Devamlı Levha Prosesi

Pultruzyon metodunun özel bir şekli olup, düz veya şekillendirilmiş kesitte devamlı olarak opak veya ışık geçirgen levha üretimi için geliştirilmiştir. Kırpıcılarda kırılan devamlı fitil veya rulodan açılan cam keçe, katalizlenmiş polyester reçine ile doyurulduktan sonra, 110–130 oC sıcaklığa ısıtılmış, fırın içinden bir dizi kalıp arasından şekillendirilerek çekilir ve sertleştirilir. Sertleşen levha, istenilen uzunlukta kesilir.

2.2.6. SMC Kalıplama

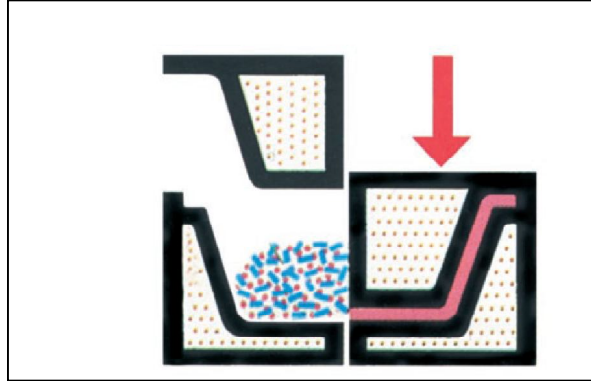
Seri üretimde kullanılan bir üretim metodudur. Pestil haline getirilmiş cam elyafı, polyester reçine, dolgu ve katkı maddelerinden oluşan karışımın, 130 -150 oC sıcaklıkta ve 120-140 atmosfer basınç altında kalıplanması metodudur. Şekil 2.6.'de SMC kalıplama yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.6. SMC kalıplama yöntemi [18].

2.2.7. BMC Kalıplama

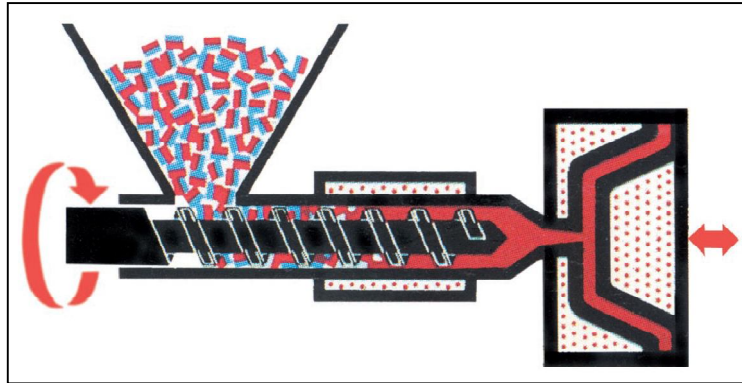
Seri üretimde kullanılan bir üretim metodudur. Hamur haline getirilmiş cam elyafı, polyester reçine, dolgu ve katkı maddelerinden oluşan karışımın, 110 -130 oC sıcaklıkta ve 100-120 atmosfer basınç altında kalıplanması metodudur. Şekil 2.7.'de BMC kalıplama yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.7. BMC kalıplama yöntemi [18].

2.2.8. Reçine Enjeksiyonu Kalıplama

Bu kalıplama metodunda, dişi ve erkek olmak üzere, iki kalıp kullanılır. Enjeksiyona uygun olarak üretilmiş ve şablonuna göre kesilmiş cam keçe veya cam dokuma, kalıplardan bir tanesi üzerine yerleştirilir. Kalıbın diğer parçası yerleştirildikten sonra her iki parça birbirine kenetlenir. Önceden hazırlanmış bir (veya daha çok sayıda) kanaldan, basınç altındaki polyster reçine kalıp boşluğu içine enjekte edilir. Ürünün sertleşmesinden sonra kalıp açılarak ürün çıkartılır [16]. Şekil 2.8.'de Reçine enjeksiyon kalıplama yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Reçine enjeksiyon kalıplama yöntemi [18].

2.3. CTP KOMPOZİTLER

Cam takviyeli plastik (CTP), cam elyafı ile taşıyıcı bir matris reçinenin birleştirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. Cam elyafı takviyeli plastik, ortam koşullarına dayanıklı, esnek ama yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan plastik (ör: polyester reçine) ile, yüksek mekanik dayanımlı cam elyafının bir araya getirilmesi ile elde edilen üstün nitelikli bir kompozit mühendislik malzemesidir [16]. Şekil 2.9.'da CTP'nin mikroskopik görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 2.9. CTP'nin mikroskopik görüntüsü [2].

CTP malzemenin iki ana hammaddesi bulunmaktadır: Doymamış polyester reçine ve cam elyafı [16]. Şekil 2.10.'da CTP bileşenleri verilmiştir.



Şekil 2.10. CTP bileşenleri [19].

BÖLÜM 3

BİYOKOMPOZİT MALZEMELER

Petrol kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu ve sentetik ürün eldesine yönelik endüstriyel etkinliklerin yarattığı çevresel sorunların küresel boyutlara ulaşması biyoürün (biyobazlı malzeme/ürün) çalışmalarının önemini arttırmıştır. Bugün bilgi teknolojilerinde, biyokimya ve mühendislik alanlarında gerçekleşen gelişmeler ile tarımsal ve diğer sürdürülebilir kaynaklardan, çevresel değerler ile uyumlu yeni ürünler elde edilebilmektedir [21].

Şeker kamışı, bambu, jüt, kenaf, pamuk, pirinç sapı, pirinç kabuğu, muz, buğday, tütün, ananas, ay çiçeği sapı, mısır sapı, kenevir, yulaf sapı, pamuk sapı, saman, çavdar, arpa, keten vb. ellinin üzerinde bitkisel esaslı lignoselülozik materyalden kompozit materyal üretilebilmesi üzerine laboratuvar ortamında yüzlerce araştırma yapılmıştır. Günümüz orman ürünleri endüstrisinde jüt, kenaf, kenevir, keten, kapok, rami gibi bitkisel esaslı lignoselülozik materyaller ticari lif kaynakları olarak kullanılmaktadır. Kompozit malzeme endüstrisinde odun lifi en avantajlı hammaddedir. Doğal orman kaynaklarının azalması, insan yapımı ormanların sınırlı olması odun dışı liflerin büyük önem kazanmasına neden olmuştur [22].

Türkiye’de 50-65 Mton/yıl (milyonton) bitkisel atık ortaya çıkmaktadır. Bunların çok büyük bir kısmı değerlendirilemediğinden toplanma ve imha edilme gibi ek maliyetler yaratmakta ve ekonomik bir değere dönüştürülememektedirler. Her ne kadar lignoselülozik yapıları biyokütleler olan bitkisel atıklar (tarımsal atıklar, orman atıkları, vb.) ile çalışmanın zorlukları bulunsa da, bu kompleks yapıyı oluşturan selüloz ve lignin maddeleri önemli birer polimer kaynağı olmaktadır ve kimyasal yapılarında buldukları aromatik bileşikler ve birçok fonksiyonel grup sayesinde çeşitli kimyasalların ve ürünlerin üretimine olanak tanımaktadırlar [21].

3.1. BİYOKOMPOZİT ÇALIŞMALARI VE ÖNEMİ

Artan evrensel çevre bilimi ve toplumsal kaygı, hızla azalan petrol kaynakları ve yeni çevresel düzenlemeler insanları sürdürülebilirlik düşüncesine ve bununla birlikte yeni ürünler ve yöntemler arayışına yöneltmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı beşikten mezara tasarım, endüstriyel ekoloji, eko-verimlilik ve yeşil kimya yeni ortaya çıkmış terimler değildir aslında bu kaynak formları yeni jenerasyon yeşil materyallerin gelişimine rehberlik etmektedir. Çevre dostu, tamamen ayrışabilen plastiklerle güçlendirilmiş bitki bazlı (yeşil) kompozit malzemeler doğanın geleceği için büyük rol oynayacaktır [23].

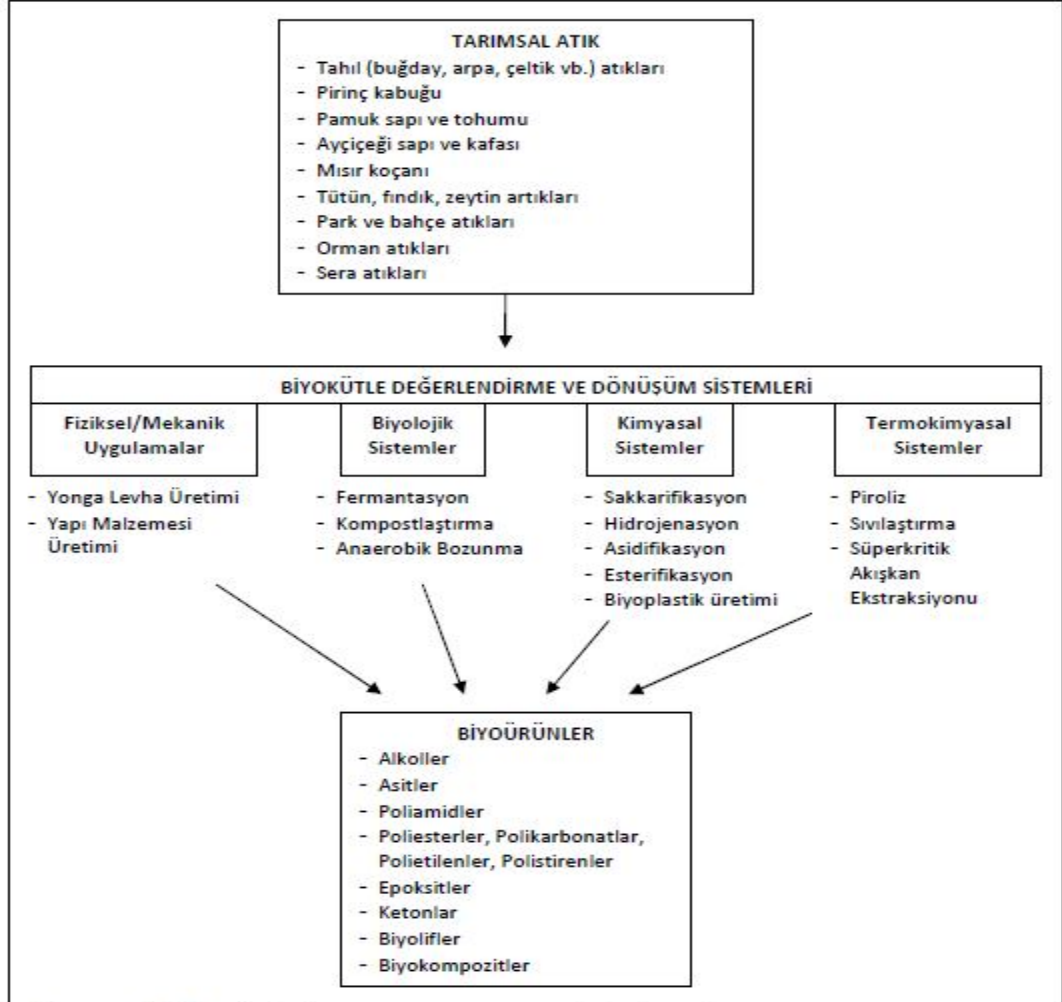
Biyokütleden yüksek katma değerli malzeme/ürün elde etmek amacıyla kullanılan pek çok teknoloji bulunmaktadır. Çalışma prensipleri göz önüne alındığında bu teknolojileri fiziksel/mekanik, biyolojik, kimyasal ve termokimyasal olarak dörde ayırmak mümkündür (Şekil 3.1.). Bu teknolojiler kullanılarak tarımsal atıkları da içeren farklı biyokütlelerden biyokompozit, alkol, asit ve biyofilm gibi ürünler üretilmektedir [21].

Dünya'daki toplam biyobazlı polimer pazarını özetlenirse;

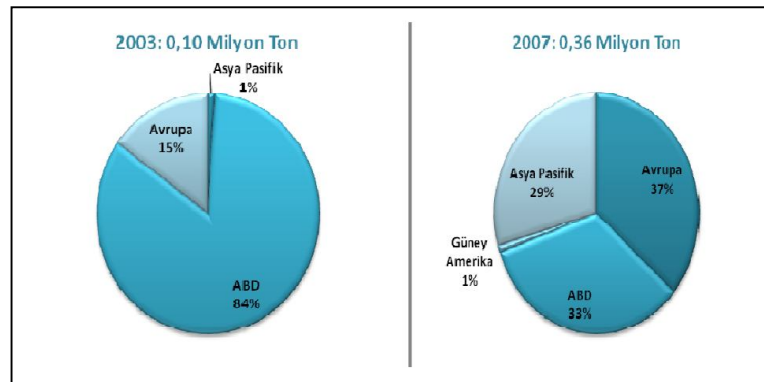
1. 0.36 Mton gelişmekte olan bioplastik
2. 4 Mton selüloz
3. Yaklaşık 15 Mton (gıda, yakıt ve plastik dışında kullanılan nişasta ürünleri)
4. Yaklaşık 1 Mton alkit recinesi

Dünyada yıllık toplam plastik üretiminin 300 Mton civarında olduğu düşünüldüğünde yıllık 20,36 Mtonluk üretim ile biyoplastikler toplam üretimin yaklaşık %6.8'sına karşılık gelmektedir. 2007 yılında Dünya'daki toplam yeni biyobazlı plastik üretim kapasitesi 0,36 Mtondur. 2013 yılında yeni biyobazlı plastiklerin kapasitesinin 2,3 Mton'a yükseleceği ve 2020 yılında 3,5 Mtona yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu sektörde faaliyet gösteren firmaların yaptığı açıklamalar, 2020 yılında yeni biyobazlı plastiklerin büyük payı 1,3 Mton ile nişasta

temelli plastiklerin alacağı yönündedir [21]. Şekil 3.1.'de 2003 ve 2007 yılında gelişmekte olan biyoplastik kapasiteleri verilmiştir.



Şekil 3.1. Biyokütle Değerlendirme ve Dönüşüm Sistemleri (Yakıt Dışı) [21].



Şekil 3.2. 2003 ve 2007 yılında gelişmekte olan biyoplastik kapasiteleri [21].

Dünyada birçok şirket bitki liflerini kullanarak üretim yapmaktadır. Bunlardan bazıları; Hindistan'da WBBSL gibi birçok şirket vardır ve burada fiber tahta üretimi için şeker kamışının sapları kullanılır (şeker kamışının suyu çıkarıldıktan sonra kalan çöpü). Amerikan şirketi Phenix Biocomposit, Biofiber kısmında buğday kamışlarını, Dakota Burl Composite'te ayçiçeği kabuklarını kullanırlar her iki şirkette mobilya uygulamaları için planlanan ve MDI reçine/bağlayıcı imalat yapan şirketlerdir, Flexform Teknolojileri LLC, kenaf ve kendir fiberleri ile PP ve Polietilen terephthalate fiberlerini otomobil panelleri, gösterge tabloları, akustik tavan kaplamaları ,duvar panelleri gibi çeşitli uygulamaları için fiber kompozitler üretir. Japon araştırmacıları bambu liflerini ve PP kullanarak elde ettikleri kompozit şeklini kalıp enjeksiyon ve sıcak presleme teknolojisi ile çoğu uygulamada kullanarak başarı elde etmişlerdir. [23]. Şekil 3.3. ve 3.4.'teki ürünler tamamen biyokompozit malzemelerden üretilen örneklerdir.



Şekil 3.3. Biyokompozit malzemenen üretilen araba kapısı [23].



Şekil 3.4. Biyokompozit MDF'den üretilen mobilya [23].

Kerestelerin veya mobilyaların yapımı esnasında açığa önemli miktarda ahşap parçaları ve talaşlar çıkmaktadır. Uzun yıllar süren ar-ge çalışmaları sonucunda bu ahşap malzemelerden elde edilen selüloz fiberler ile az miktarda polimer bazlı plastiklerle özel proseslere tabi tutularak hem ahşap hem de plastiğin bazı özelliklerine sahip, tamamı geri dönüşümlü, üstün nitelikli kompozit hammadde ve ürünler elde edilmiştir. Bu tip bileşimler ahşap plastik kompozitler olarak üstün ahşap özellikleri sergilemektedirler. Bu tip malzemelerin uluslararası tanımlaması kısaca (WPC) dir [24]. Şekil 3.5.'te ağaç-plastik kompozit verilmiştir.



Şekil 3.5. Ağaç-plastik kompozit [24].

3.2. BİYOKOMPOZİT MALZEMELERDE KULLANILAN BİTKİLER VE LİF ÖZELLİKLERİ

Lifli özellikleri sahip tüm bitkiler biyokompozit malzemelerde kullanılabilir. Lif özelliği olmayan bitkiler de düşük mukavemetli olacakları göz önünde bulundurularak dolgu malzemesi olarak rahatlıkla kullanılabilirler.

3.2.1. Keten

Sonbaharda ve ilkbaharda ekilebilen keten, bir yıllık bir bitkidir. Nemli havayı sever. Lifinden ve yağından yararlanılacak keten bitkileri birbirinden farklıdır. Lif keteni uzun ve ince; yağ keteni ise kalın ve kısadır. Temmuz ve ağustos aylarında bitki yeşilliğini kaybedip, yapraklarını dökünce hasatı yapılmalıdır. Boyu en az 60 cm olan bitkiden tekstilde kullanılabilecek liflerde elde edilebilir. Keten lifi, bitkinin sap

ve gövdesinden elde edilir. Keten sapının enine kesitinde, en dışta epiderm adı verilen bir kabuk tabakası görülür. Bu tabakanın iç kısımlarında odunsu hücreler arasında demetler halinde lif hücreleri bulunur. Bu lif demetleri, birbirlerine ve kabuktaki diğer dokulara (odunsu hücrelere), pektin maddesi ile bağlanmıştır. Lif hücrelerini birbirine bağlayan pektin maddesi (iç pektin) ile demetleri odunsu hücrelere bağlayan pektin maddesi (dış pektin) arasında yapı bakımından biraz fark vardır. Kalın bitki saplarında odunsu hücreler fazla olacağından lif oranı düşer. Bu nedenle ince bitki saplarında lif miktarı daha fazladır. Taraklanmış keten liflerinin boyu 20-75 cm kadardır. Bu değer ortalama 50 cm civarındadır. Tek tek lif hücreleri ise 7-8 cm boyundadır. Yetiştirme koşullarına ve lifi oluşturan hücre sayısına göre lif kalınlığı değişir; 0,014-0,025 mm arasındadır. Bir tek lif en az 3-6 hücreden ibarettir. Lifi mikroskopik görünümünde uzun, şeffaf ve silindirik tüpler görülür. Bunların aralarında boğum veya düğüm denilen enlemesine işaretler vardır ki bu yapı keten için karakteristiktir. Rengi sarımtırak beyaz veya esmerdir. Bu rengin derecesi bitkinin işlenmesi ve kalitesi ile ilgilidir. Şekil 3.6.'da keten lifinin şekli görülmektedir [25].



Şekil 3.6. Keten lifi [26].

Keten pamuktan daha dayanıklı bir elyaftır. Bu özelliği ıslandığında daha da artar. İyi bir ısı iletkenidir. Kopma anında uzama miktarı, kuru iken % 1,8; yaşken %2,2dir. Islakken %20 daha dayanıklıdır. Özgül ağırlığı 1,5 g/cm³dür. Dünyada artık çok az keten ürünleri üretilmektedir. Sebebi, işletme ve üretim işleminin zorluğu ve pahalı oluşudur. Keten atıkları iyi cins kağıt (banknot kağıtları, sigara kağıtları) yapımında kullanılır [25].

3.2.2. Kenevir

Kendir adı da verilen kenevir bitkisi, lifi ve tohumundan elde edilen yağı için yetiştirilir. Kenevir bitkisi dişi ve erkek olmak üzere iki tiptir. Dişi kenevirlerde dalların uç yapraklarında bulunan salgı tüyleri, yapışkan ve kendisine has kokusu olan uyuşturucu etkili bir madde salgılar. Bu madde esrar adı ile bilinir. Bitkinin *Cannabis sativa* türü, lifi için üretilir. *Cannabis indica* (Hint keneviri) türünde ise narkotik madde miktarı daha fazladır. Bu nedenle kenevir devlet kontrolünde üretilir; hind kenevir üretimi ise yasaktır. Dünyada kenevir üretimi yapan ülkeler, BDT, Hindistan, Çin, Macaristan, Polonya ve Yugoslavya'dır. Türkiye'de de bir miktar kenevir yetiştirilir. Türkiye'de pamuktan sonra en fazla üretilen tekstil bitkisidir ve Kastamonu, Ünye, Fatsa, Malatya ve Urfa dolaylarında yetiştirilir. Şekil 3.7.'de kenevir lifinin resmi görülmektedir [26].



Şekil 3.7. Kenevir lifi [27].

Kenevir bir yıllık bir bitkidir. Lif hücreleri, ketende olduğu gibi kabuk kısmında demetler halindedir. Her lif demetinde 30-50 lif hücresi vardır. Şekil 3.8.'de kenevir bitkisinin canlı hali görülmektedir [26].



Şekil 3.8. Kenevir bitkisi [27].

Lif uzunluğu 40-45mm'dir. Bitkinin uzunluğuna bağlı olarak 2 metreye kadar ulaşır. Kimyasal bileşiminde %78 selüloz, %9 kadar da linyin ve pektin bulunur. Linyin oranı ketenden daha fazla olduğundan daha kaba lifler şeklinindedir. Parlak sarı veya esmer renklidir. Genellikle sicim, halat, urgan yapımında; yelken, şadır bezi ve çuval şeklinde veya halı şözgü ipliği olarak kullanılır. Ayrıca kotanize edilerek pamuk ile de karıştırılır [26].

3.2.3. Jüt

Jüt, pamuktan sonra dünyada en fazla üretilen bitkisel liftir. Tropik iklimde yetişen jütün anavatanı Hindistan'dır. Dünya üretiminin %80'i Hindistan, Pakistan ve Bangladeş tarafından karşılanır. Bir yıllık bir bitki olan jütün gövdesinde lif hücreleri demetler halinde bulunur. Hücrelerin primer duvarlarında büyük ölçüde linyin vardır. Sekonder duvarındaki selüloz tabakaları da bir miktar linyin içerir. Bitki gövdesinin enine kesiti incelendiğinde beşgen veya altıgen şeklinde köşeli hücreler görülür. Hücrelerde lümenler daha geniştir. Bitkinin hasadı keten ve kenevirdeki gibi yapraklar sararmaya başladığı zaman yapılır. Hasadın geç kalması liflerdeki linyin miktarının artmasına sebep olur. Lif üretimi çürütme yöntemi ile yapılır. çürütme sonunda lif demetler gövdeden elle soyularak ayrılır. Mekanik yöntemler de bu iş için kullanılır. Elde edilen liflerin boyu 18-25 cm'dir. Lif demetlerindeki hücreleri birbirinden ayırmak zordur; bu nedenle lifler oldukça kalındır. Yapısında, %60-64 selüloz, %20 linyin ve % pektin bulunur. İlk elde edildiğinde açık sarı olan lifler zaman geçtikçe açık kahverengine döner. Kenevirde daha parlak lifler elde edilir [26]. şekil 3.9.'da jüt lifinin kurutulmasıyla ilgili bir çalışma görölmektedir.



şekil 3.9. Jüt lifinin kurutulması [28].

Esneklik özelliği oldukça azdır. Diğer selülozik elyafta olduğu gibi nem çekme özelliği oldukça fazla olduğundan ticarete %12 ile sınırlandırılmıştır dayanıklılığı keten ve kenevirde daha düşüktür. Dünyada üretilen jütün büyük bir kısmı çuval, örtü kumaşları, ip ve sicim yapımında kullanılmaktadır. Üretildiği ülkelerde işçilik ücretleri düşük olduğundan ucuza mal edilmektedir. Bu nedenle dayanıksız olması bir sorun yaratmaz. Ayrıca halı tabanı örgüsü olarak da kullanılmaktadır [26].

3.2.4. Rami

Sıcak ve orta kuşak ikliminde yetişen rami bitkisinin iki ayrı türü vardır. Anavatani Çin olan ve beyaz rami de denilen türünün yaprakları, yeşil rami denilen diğer türünden daha geniştir; çiçeklerinin salkımları da daha sıktır. Lif hücreleri, bitkinin gövdesinde kabuk kısmının altında yer alır. Hücreler diğer basit elyaflardan farklı olarak tek tek dizilmiş şekildedir, demet halinde değildir. Mikroskop altında incelendiğinde liflerin enine kesitlerinin ketenden çok, pamuk liflerine benzediği görülür [26]. şekil 3.10'da rami bitkisi verilmiştir.



şekil 3.10. Rami bitkisi [27].

Bitkinin yaprakları sararmaya başladığında hasadı yapılır. Daha sonra bitki henüz yaşken kabuk kısımları soyulur. Soyma işlemi elle veya makinelerle yapılır. Kabuklar henüz yaşken bir bıçak yardımıyla sıyrılarak temizlenebilir. Bu şekilde elde edilen lifler, üzerinde yapışkan madde bulunduğundan oldukça serttir ve ham rami olarak adlandırılır. Bu lifler kırılğan ve gevşektir. Üzerindeki zamksı maddenin uzaklaştırılması için çürütme işlemi uygulanır. Mikroorganizmalarla veya kimyasal maddelerle yapılan zank giderme işleminden sonra elde edilen lifler yumuşayarak

daha iyi eğrilebilir hale gelirler. Ortalama 15 cm uzunluğunda parlak beyaz rami liflerinin %80-85'i selülozdan yapılmıştır. Ramide diğer basit elyafların aksine lignin yoktur. %6,5-7,5 oranında pektin maddesi bulunur. Çeşitli yerel giyim eşyaları, döşemelikler, ip ve halatlarla endüstri tekstilinde kullanılmaktadır [26].

3.2.5. Sisal

Sisal bitkisi sıcak ve nemli iklimde yetişir. Yapraktan elde edilen lif sınıfında en fazla sisal üretilir. Brezilya, Afrika ve Endonezya'da yetiştirilen sisal bitkisi, 7-8 yaşına geldiğinde lif üretimi için kullanılabilir. Uzun, etki ve kın şeklin de yaprakların %80-85'i sudur. Taze yapraktan çürütme yöntemiyle %3-4 kadar lif elde edilebilir. Bir bitkiden 15-20 yıl boyunca ürün alınabilir. Sisal lifleri birbirleriyle yapışık halde bulunan hücre demetleri şeklindedir. Liflerin boyu 100cm'e kadar ulaşır. Rengi beyazdan sarı kahveye kadar gider. Yapısında %65-72 selüloz, ayrıca hemiselüloz, pektin ve linyin bulunur. Pektin miktarı %9-14 kadardır. Elyafıta küçük gözenekler olduğundan nem çekme özelliği fazladır. [26]. Şekil 3.11'de sisal bitkisi ve lifleri gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Sisal bitkisi [26].

Sağlamlığı ve tuzlu suya karşı dayanıklılığı oldukça fazladır. Aynı zamanda diğer kaba liflere göre esnekliği iyidir. Bu nedenle gemi halatları ve denizcilikte bağlama malzemesi olarak ve örme işlemlerinde kullanılır [26].

3.2.6. Manila Keneviri (Abaca)

Hurma ağacına benzeyen ve 8-20 yıl yaşayan bir tropikal bitkidir. Filipinler'de yetişir. Dünya üretiminin %94'ünü bu ülke karşılar. Yaprak kınları içinde lifler,

demetler halinde bulunur. Yapraklar, bitki çiçeklenmeye başladığında hasat edilir. Yaprak kımından lifli kısımlar sıyırma ile ayrılır. Daha sonra güneşte kurutulur. Beyazdan kahverengiye kadar giden renklerde parlak ve sağlam lifler elde edilir. Yapısında %63-64 selüloz, %10 hemiselüloz ve %5 lignin ve pektin içerir. %10 kadar da nem bulunur. Abaca lifleri sağlamlığı ve nem çekici özelliğinin azlığından dolayı yelken bezleri, gemi halatları yapımında kullanılır. Ayrıca kaba dokuma kumaşlar ve yastık dolgu maddesi yapılır [26]. Şekil 3.12.'de Manila keneviri bitkisi verilmiştir



Şekil 3.12. Manila keneviri [27].

3.2.7. Koko (Hindistan cevizi) Elyafı

Tropikal bir bitki olan hindistan cevizi meyvasının üstünü örten lifli tabakadan elde edilir. Seylan, Hindistan ve Pakistan'da yetiştirilir. Üretimi için hindistan cevizi kabukları nehirlerde 6-12 ay bekletilir. Bu süre içinde kabuklardaki çamurlar gider; odunsu hücreleri liflere bağlayan yapışkan madde bozunur ve lifler birbirinden ayrılacak hale gelir. Bu kabuklar kurutulur ve odun tokmaklarla dövülür. Sonra temizlenerek kaba, uzun, ince ve kısa lifler sınıflandırılarak ayrılır. Açıktan koyu kahveye giden renklerde, sert fakat esnekliği fazla olan lifler elde edilir. Suya karşı dayanıklıdır. Koko lifleri, iplik haline getirilip; parlak renkli koko hasırlarının yapımında, çuval ve gemi halatı imalinde kullanılır. Sert olanları paspas ve fırça olarak tüketilir [26].



Şekil 3.13. Koko bitkisi [29].

3.2.8. Pamuk

Pamuk bir yıllık bir bitkidir, yaklaşık 1 m boyundadır. Ekildikten bir yıl sonra kozalar açılır ve pamuk elle veya makineler tarafından toplanır. Daha sonra elyafın koza kabukları yaprak kalıntıları ve tohumlardan ayrılması için çırçırılama işlemine tabi tutulur. Pamuk lifinin yapısında % 88-96 selüloz, % 1.5-5.0 protein ve pektin, %1.0-1.2 anorganik maddeler, % 2.0-3.5 nem ve % 0.5-0.6 oranında vakslar ve yağlar bulunur. Dünya pamuk üretim miktarına baktığımızda Türkiye Avrupa’da en fazla pamuk üreten ülke ve dünyada en fazla üretim yapan 10 ülkeden biridir. En fazla üretimi yapan bazı ülkeler ise; Çin, ABD, Hindistan, Özbekistan ve Pakistan’ı sayabiliriz. Türkiye’de pamuk üretimi 1) Ege, 2)Çukurova, 3)Antalya olmak üzere başlıca üç bölgede gerçekleştirilmektedir. Pamuk bitkisinin çeşitli türleri vardır ve en iyi kalite pamuk Amerika’da yetişen Sea-Island türü pamuktur [25]. Şekil 3.14.’de pamuk bitkisi verilmiştir.



Şekil 3.14. Pamuk bitkisi [30].

Pamuk kozalı yapıya sahip bir bitkidir. Lifler gelişimini tamamlayınca koza açılıp, olgunlaşmış olan lifler bildiğimiz şeklini alır.

3.2.9. Palmiye Lifleri

Palmiye Ağacının meyvesi toplanıp ham palmiye yağı çıkarıldığında, lifli yan ürün atılır, bazen de yakılır, sonuçta çevreyi kirletirler. Ham palmiye yağı yan ürün biyokütlesinin, değişken bir ambalaj maddesi oluşturmakta kullanılan bir yöntem keşfedilmiştir. Taze gıda ve gıda kabı uygulamaları açısından ürünün 3 ana özelliği öne çıkmaktadır [31].

1. Dayanıklılık : Çevresel güçlendirilebilir kategorisindeki en önemli rakibi olan geri dönüşümlü kağıdın aksine sert ve dayanıklıdır.
2. Çok yönlülük : Birçok çeşit ambalaja dönüşebilecek şekilde kalıplanabilirler. Değişik rötuş ve renk seçenekleriyle üretilebilirler. Kabartma ve serigrafi işlemleri kolaydır.
3. Uyumluluk : Mevcut posa kalıbı makinelerinde kullanılan cihazlarla uyumludur [31]. Şekil 3.15.'de palmiye bitkisi verilmiştir.



Şekil 3.15. Palmiye bitkisi [31].

3.2.10. Şeker Kamışı

Boyu iki ila altı metre uzunluğunda fiber özellik taşıyan bir bitkidir. Dünyanın en önemli üretici ülkeleri arasında Brezilya ve Hindistan bulunmaktadır. Bununla birlikte, tropik ülkeleri hemen her yerinde yetişen bir bitkidir. Kamış, prosesten geçirilip içindeki öz suyu çıkarıldıktan sonra geri kalan posası yakılarak değirmenlerin ihtiyaç duyduğu ısı ve elektrik üretiminde kullanıldığı gibi, içerdiği

yüksek selüloz oranı nedeniyle kağıt, karton ve “çevre dostu” mutfak eşyaları üretimi için de önemli bir hammaddedir [32]. Şekil 3.16’da şeker kamışı görülmektedir.



Şekil 3.16. Şeker kamışı bitkisi [33].

3.2.11. Buğday

Buğday sapı bağlantı yerlerinden boğumlarla ayrılmış, dik ve silindir şeklinde gövdelerdir. Saplar genelde altı iç-boğuma sahip olup cinslerine, iklime ve toprağın durumuna bağlı olarak 0.5 ile 1.5 metre arasında uzunluğa ulaşırlar. Lignosellülozik lif yapıları dolayısıyla odunu andıran buğday sapları gibi tahıl sapları tarihsel olarak kâğıt hamuru ve kâğıt yapımında geniş olarak kullanıldılar. Fakat Kuzey Amerika ve Avrupa’nın büyük bir kısmında odundan kâğıt hamuru üretimi çok ekonomik duruma geldiği için buğday saplarının kâğıt endüstrisindeki kullanımları zarar görmüş ve azalmıştır. Çoğu Asya, Güney Amerika ve Doğu Avrupa ülkeleri hala tahıl saplarını kâğıt hamuru üretiminde kullanmaktadırlar [34]. Şekil 3.17’de buğday bitkisi verilmiştir.



Şekil 3.17. Buğday bitkisi [35].

3.2.12. Bambu

Sıcak ÷lkelerde yetişen, mobilya, merdiven, baston gibi birçok eşyanın yapımında kullanılan bir tür kamıştır. Hint kamışı olarak da bilinir. Bambu dünya üzerinde en çok tropikal iklimlerin hüküm sürdüğü; Asya'nın güneydoğusu, Hint ve Büyük Okyanus'taki adalarda yetişir. Kalın bir toprak altı gövdesinden dallanarak büyür. Gövdelerinin uzunluğu türüne göre 10 cm'den 40 m'ye kadar değişir. Şeritsi yaprakları, genç bitkilerde gövdeden, yaşlılardaysa dallardan çıkar. Bambular uzun ömürlü bitkilerdir. 120 yıla kadar yaşayan türlerine rastlamak mümkündür. Çoğunlukla mobilya yapımında kullanılsa da, özellikle Çin mutfağında pişirilerek sebze olarak tüketilen türleri mevcuttur [36]. Şekil 3.18'de bambu bitkisi verilmiştir.



Şekil 3.18. Bambu bitkisi [36].

3.2.13. Mısır

Buğdaygiller familyasından olan mısır, Türkiye'de Anadolu, özellikle Karadeniz bölgesinde yetişir. Haziran-ağustos ayları arasında çiçek açan, 1-2 m yüksekliğinde, bir yıllık, tek evcikli bir kültür ve tahıl bitkisi. Gövdeleri sert ve diktir. Yaprakları sapsız, geniş, uzun, üst yüzü tüylü, alt yüzü tüysüz olup, tabanı ile bir kın halinde gövdeyi sarar. Erkek çiçekler gövdenin ucunda salkım şeklinde dizilmiş başakçıklarda toplanırlar. Sıcak bölgelerin tahıl bitkilerindedir. Mısır, nemli ve sıcak iklimi sever. Genellikle haziran ayında ekilip, eylül ayında hasat edilmekle beraber, bölgelere göre bu hasat daha erken olabilir. Fide döneminde çapalama ve seyreltme yapılır [37]. Şekil 3.19.'da mısır bitkisi verilmiştir.



Şekil 3.19. Mısır bitkisi [38].

Bu bitkiler ülkemizde yapı malzemesi olarak düşünülmemesine rağmen birçok ülkede kompozit olarak kullanımları mevcuttur. Ülkemizde yeni yeni oluşan kompozit sektörüne bitki bazlı kompozitlerin girmesi çokta uzak değildir. Çizelge 2.1’de de görüleceği gibi ülkemizde ciddi bir tarımsal atık miktarı vardır.

Çizelge 3.1. Odun ve odun olmayan bazı ham maddelerin lif uzunlukları ve kimyasal özellikleri [34].

Dünya Lif Kaynakları	Dünya Yıllık Bitki Sapı (kuru-ton)	Türkiye'nin Lif Kaynakları	Türkiye Yıllık Bitki Sapı (ton)
Tahıl sapsları (buğday, çavdar, yulaf vs.)	1.145.000.000	Buğday sapı	18.000.000
Diğer sapslar (mısır, tütün, pirinç, pamuk, vs.)	970.000.000	Arpa sapı	8.000.000
Şeker kamışı	75.000.000	Pamuk sapı	3.000.000
Göl kamışı	30.000.000	Mısır sapı	2.500.000
Bambu	30.000.000	Ayçiçeği sapı	2.500.000
Pamuk lifi	15.000.000	Kendir-kenevir	2.000.000
Jüt, kenaf, kendir	10.900.000	Tütün sapı	300.000
Papirus	5.000.000	Çavdar sapı	240.000
Pamuk linteri	1.000.000	Pirinç sapı	200.000
Esparto otu	500.000	Göl kamışı	200.000
Sisal ve abaca yaprakları	480.000	Pamuk linteri	100.000
Sabai otu	200.000	Pamuk şifi	580.000
Odun	1.750.000.000	Asma çubuğu	600.000
Toplam	4.033.080.000		38.220.000

BÖLÜM 4

METARYAL VE METOT

4.1. DENEY MALZEMELERİ

Deney malzemeleri olarak uzun lifli bitkilerden muz, mısır sapları ve palmiye yaprakları seçilmiştir. Yapısal olarak birbirine benzeyen aynı iklim kuşağında yetişen bu bitkiler fiziksel özellikler olarak birbirlerinden çok farklıdır. Bu liflerden özellikle muz liflerinin kompozit malzemelerdeki kullanımını her geçen gün artmaktadır. Palmiye liflerinin kullanım alanı şimdilik sadece ambalaj sanayisidir. Mısır liflerinin ise daha çok yonga levha üretiminde kullanıldığı literature araştırmalarında görülmüştür.

4.1.1. Muz Lifleri

Muz lifleri uzun lifli bitkiler sınıfındandır. Muz lifleri bünyesinde bulunan öz suyundan dolayı ne yakılabilmekte ne de hayvanlar için yem olarak kullanılmaktadır. Hasat sonrası tarla dışına atılır fakat liflerinin çürümeye dayanıklı olmasından dolayı uzun süre yok olmamakta ve kirlilik yaratmaktadır.

Toplanan muz gövde parçaları ayrılıp serilerek kurutulması sağlanmıştır. Kurutulan lifler dış zarının ayrılması için suda iki gün bekletilmiştir. Daha sonra lifler sudan çıkarılarak dış yüzeylerindeki lignin ve pektin zarları spatula yardımıyla ayrılarak kuruması için tekrar serilmiştir. Kuruyan lifler ufalanarak kalan dış zar parçalarının ayrılması sağlanmıştır. Kurutulan lifler neme maruz kalmayacak şekilde kullanılacakları zamana kadar bekletilmiştir. Şekil 4.1’de muz lifleri görülmektedir.



Şekil 4.1. Muz lifleri.

Lifler demetler haline getirilerek 6-10mm boyutlarında olacak şekilde bahçe makası ile kesildi. Kesilen lifler elenerek tozların ve 6mm'den küçük parçaların uzaklaştırılması sağlandı. Hazırlanan malzemeler kullanılacağı zamana kadar nem ve tozdan korunmak amacıyla poşetlere konularak kaldırıldı. Şekil 4.2'de hazırlanan lifler görülmektedir.



Şekil 4.2. Kesilmiş muz lifleri.

4.1.2. Mısır Sapı Lifleri

Mısır özellikler Karadeniz bölgesinde yetiştirilen uzun lifli bitkiler sınıfına giren bir bitkidir. Hasat sonrası sapsar orak yardımıyla kesilerek depolanır ve hayvan yemi olarak kullanılır. Fakat sapsarın çoğu hayvanların yiyemeyeceği kadar sert olduğundan büyük bir kısmı atıl malzeme olarak çürümeye bırakılır.

Toplanan mısır sapları yaprak ve köklerinden arındırılarak yıkandıktan sonra kurutması için serilmiştir. Mısır sapları kuruduktan sonra kötü kısımları kesilmiştir. Kesilen mısır sapları silindirler arasından geçirilerek ezilmiştir. Şekil 4.3'te ezilen mısır sapları görülmektedir.



Şekil 4.3. Mısır sapları.

Ezilen mısır sapları bahçe makasıyla 6-8mm boyutlarında olacak şekilde kesilmiştir. Kesilen mısır sapları ufalanarak tam olarak ayrışması sağlanmıştır. Daha sonra tozların ve küçük parçaların uzaklaştırılması için kesilen mısır sapları elenmiştir. Hazırlanan malzemeler kullanılacağı zamana kadar nem ve tozdan korunmak amacıyla poşetlere konularak kaldırılmıştır. Şekil 4.4'te hazırlanan lifler görülmektedir.



Şekil 4.4. Hazırlanan mısır sapı lifleri.

4.1.3. Palmiye Yaprakları

Palmiye ülkemizde genellikle parklarda ve bahçelerde süs amaçlı yetiştirilmektedir. Bakım gerektirmeyen bu ağaçların yaprakları her sene kesilerek çürümeye bırakılmaktadır. Yakıt olarak kullanılmaz çünkü depolaması zordur. Çürümeye olan dayanımı kompost olarak kullanımını da zorlaştırır bu yüzden atıl bir malzemedir.



Şekil 4.5. Palmiye yaprakları.

Toplanan palmiye yaprakları kurutulduktan sonra yıkanarak toz ve diğer pisliklerden arındırılmıştır. Kuruması için tekrar serilen yapraklar toplandıktan sonra saplarından ayrılarak uzun lifler haline getirilmiştir. Şekil 4.5'te palmiye yapraklarının ayrılmış hali görülmektedir.

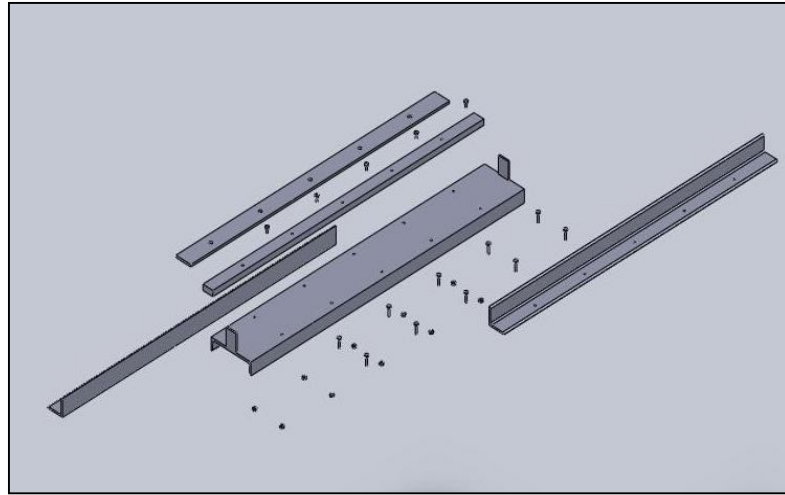


Şekil 4.6. Hazırlanan palmiye yaprak lifleri.

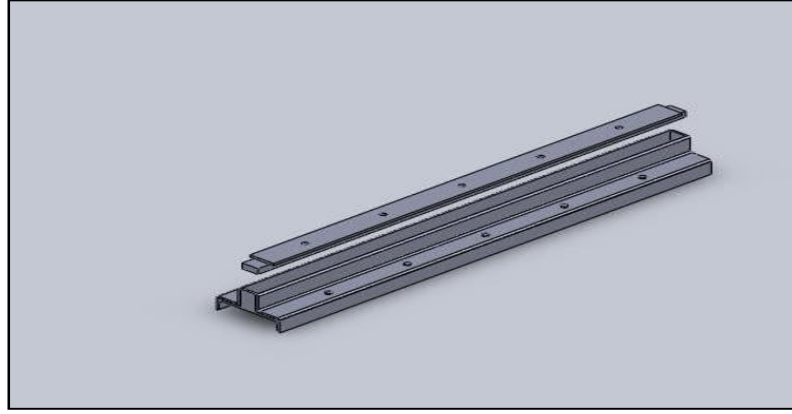
Ayrılan lifler demetler haline getirilerek bahçe makası yardımı ile 6-8mm boyutlarında kesilmiştir. Kesilen parçalar ufalanarak enine daha ince parçalar elde edilmiştir. Ufalanmış parçalar elenerek toz ve 6mm'den küçük parçalardan ayrılmıştır. Hazırlanan malzemeler kullanılacağı zamana kadar nem ve tozdan korunmak amacıyla poşetlere konularak kaldırılmıştır. Şekil 4.6'da hazırlanan lifler görülmektedir.

4.2. DENEY MALZEME KALIBI TASARIMI VE İMALATI

Kalıbın modellenmesi Solid Works Programında yapılmıştır. Şekil 4.7'de Solid Works'te çizilmiş kalıbın demontaj resmi, Şekil 4.8'de ise montaj resmi görülmektedir. Kalıp tamamen çelik profillerden imal edilerek hem sıkıştırmadan doğabilecek deformasyonun önüne geçilmiştir hem de bir kalıpta yüzey aşınmaları olmaksızın onlarca ürün alabilmek mümkün kılınmıştır. Kalıpta 160x65x1100 U profilini kalıp gövdesi olarak kullanılmıştır. U profilin yan kenarlarında kalıp mukavemetini göz önünde bulundurarak boşaltmalar yapılmış ağırlığını azaltma yoluna gidilmiştir.



Şekil 4.7. Solid Works'te modellenen kalıbın demontaj resmi.



Şekil 4.8. Solid Works'te modellenen kalıbın montaj resmi.



Şekil 4.9. Kalıbın kapalı haldeki resmi.

U profilin sırtına 60x60x1100mm köşebentleri arada 40mm kalıp boşluğu kalacak şekilde 5 adet altı köşe başlı cıvata ile U profile montajını yapılmıştır. Kalıbın uçlarına 40x60x5mm boyutlarında parçaları bir tarafı U profile diğeri köşebente gelecek şekilde kaynatılmıştır. Bu parçaların kullanılmasının amacı kalıp içine dökülecek reçinenin sıkıştırma esnasında yanlardan kaybedilmek istenmemesidir. Üst plaka 40x20x1100mm boyutlarında kesilen parça üzerine 80x510x1100mm lamanın 5 adet havşa başlı cıvata ile montajı ile oluşturulmuştur. Böylece tam sıkıştırmada 40x40x1100mm boyutlarında kalıp boşluğu elde edilmiştir. Prese ihtiyaç duyulmayacak uygulamalar göz önünde bulundurularak sıkıştırma mekanizması yapılmıştır. U profilin yan yüzeyine 60x60x60mm boyutlarında 3 adet köşebent kaynatarak sıkıştırma mekanizmasının montaj yeri hazırlanmıştır. Sıkıştırma mekanizması olarak kullanılan işkencelerin alt çenelerini keserek istenilen sıkıştırma mekanizmasını elde edilmiştir. İşkence ayaklarını köşebentlere sıkıştırma

papuçları tam kalıp merkezine gelecek şekilde kaynatılmıştır. Kalıp iç yüzeyleri zımparalanarak yüzey kalitesini iyileştirilmiştir. Dış yüzeylerini ise pasa karşı boyanmıştır. Şekil 4.9’da kalıbın kapalı haldeki resmi görülmektedir.

4.3. BİYOKOMPOZİT NUMUNELER

İlk olarak hazırlanan lifler kalıplama için ne kadar malzeme gerektiğine karar verilmesi için kalıp boşluğuna doldurularak sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlem tüm bitki türleri için tekrarlanarak gerekli malzeme oranları kaydedilmiş ve diğer kalıplama işlemlerinde de aynı oranlarda malzeme kullanılmıştır. İlavelerle optimum seviyede malzeme miktarı sağlanmıştır. Hazırlanan liflerine cam ipleri eklenerek yapışma oranının artırılması sağlanmıştır. Karışıma polyester reçine eklenerek Harmanlanmıştır. Polyestere ağırlığının %1 oranında kobalt ve %1 oranında metil etil keton peroksit (mek) ilave edilerek polyester reçine elde edilmiştir. Bu oran ideal oran olarak belirlenmiş ve tüm biyokompozitler için aynı oran kullanılmıştır.

Kalıp yüzeyleri toz ve kirden arındırılarak sıvı kalıp ayırıcı (PVA) sünger yardımı ile sürülmüştür. Kalıp ayırıcı kurduktan sonra üzerine vazelin sürülerek malzemenin kalıptan ayrılması kolaylaştırılmış ayrıca kalıp yüzeyindeki küçük boşlukların dolması sağlanmıştır. Hazırlanan kalıba bir kat elyaf serilerek polyester ile ıslatılmıştır. Elyaf konulmasındaki amaç malzemenin sınırlandırılarak esnemesinin önlenmesi ve kalıptan çıkarılırken olası kırılmaların önüne geçmektir. Şekil 4.10’da elyafın kalıba yatırılması görülmektedir.



Şekil 4.10. Kalıba elyaf yatırılması.

Kalıp hazır konuma geldiğinde hazırlanan karışımlar elyafın içine orantılı olarak yayılmıştır. Daha sonra elyaf kapatılarak zımba kalıba oturtulmuş ve prese bağlanmıştır. Preste 400 bar basınç uygulanarak rezistanslar çalıştırılmış ve pres kapalı haldeyken iki saat kür işlemi için bırakılmıştır. Kür işlemi sonrası profil malzeme kalıptan çıkartılarak oda sıcaklığında reaksiyonların tamamlanması için düz bir zemine bırakılmıştır. Reaksiyonu biten malzemelere 300gr/m²'lik çok yönlü cam elyafı el yatırması metodu ile uygulanmıştır. Elyaf uygulandıktan sonra hava kabarcıkları giderilerek kür işleminin bitimi için bırakılmıştır. Numunelerden üç tanesine ikinci kat elyaf uygulanmış böylece daha zengin deney sonuçları elde edilmiştir. Her bitki türü için 40x40x1100mm boyutlarında altı adet numune hazırlanmıştır.

4.3.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozit

Muz/cam elyaf biyokompozitlerinden altı adet profil üretilmiştir. Şekil 4.11'de muz liflerinin kalıba yerleştirilmesi gösterilmektedir.

Muz lifleri mısır ve palmye liflerine oranla daha küçük ebatlarda ve düşük yoğunlukta olduğundan hacmi diğer bitki türlerine göre daha büyük fakat sıkıştırılabilirliği diğerlerine oranla daha iyi olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.11. Muz liflerinin kalıba yerleştirilmesi.

Şekil 4.12'de elde edilen profil ve hammaddesi görülmektedir. Çizelge 4.1'de muz liflerinden üretilen biyokompozit profilin karışım oranları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Muz/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları.

1.1. Dolgu malzemesi için

1.2. Malzemenin Adı **1.3. Ağırlık (gr)**

1.4. Muz lifi **1.5. 375**

1.6. Reçine **1.7. 40**

1.8. Cam ipi **1.9. 25**

1.10. Cam elyaf **1.11. 50**

1.12. Elyaf için **1.13. 75**

reçine

1.14. Toplam **1.15. 565**

1.16. El yatırması **1.17. 1.18.**

metodu için **K K**

1.19. Malzemenin **1.20. Ağırlık (gr)**

Adı

1.21. Cam elyaf **1.22. 1.23.**

64 28

1.24. Polyester **1.25. 1.26.**

reçine **28 56**

1.27. Toplam **1.28. 1.29.**

92 84

1.30. Tam toplam **1.31. 1.32.**

57 49



Şekil 4.12. Muz liflerinden elde edilen numune.

4.3.2. Mısır Sapı/Cam Elyaf Biyokompozit

Saplarının içindeki süngersi yapı mümkün olduğunca ayrılarak kullanılmıştır. Kesilen parçalar ufalanarak mümkün olduğunca birbirlerinden ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra eleme ve diğer işlemlere geçilmiştir. Şekil 4.13’de mısır saplarının kalıba yerleştirilmesi görülmektedir. Çizelge 4.2’de mısır saplarından

üretile biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları verilmiştir. Şekil 4.14’de ise kullanılan mısır sapı lifleri ve üretile profil görülmektedir.



Şekil 4.13 Mısır liflerinin kalıba yerleştirilmesi.

Çizelge 4.2. Mısır/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları.

1.33. Dolgu malzemesi için

1.34. Malzemenin **1.35. Ağırlık (gr)**

Adı **hık (gr)**

1.36. Mısır sapı lifi **1.37. 375**

1.38. Reçine **1.39. 50**

1.40. Cam ipi **1.41. 25**

1.42. Cam elyaf **1.43. 50**

1.44. Elyaf için **1.45. 75**

reçine

1.46. Toplam **1.47. 575**

1.48. El yatırması **1.49. 1.50.**

metodu için **K K**

1.51. Malzemenin **1.52. Ağırlık (gr)**

Adı **hık (gr)**

1.53. Cam elyaf **1.54. 1.55.**

64 28

1.56. Polyester **1.57. 1.58.**

reçine **28 56**

1.59. Toplam	1.60.	1.61.
	92	84
1.62. Tam toplam	1.63.	1.64.
	67	59



Şekil 4.14 Mısır lifleri ve üretilen profil

4.3.3. Palmiye Yapağı /Cam Elyaf Biyokompozit

Palmiye yaprak liflerinden elde edilen karışımın diğer bitki türlerine göre hakim olarak daha az fakat ağırlık olarak daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.15'te palmiye yaprak lifleri ve üretilen profil gösterilmektedir. Çizelge 4.3'de palmiye/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Palmiye yaprak lifleri ve üretilen profil.

Çizelge 4.3. Palmiye/cam elyaf biyokompozit profilin bileşenleri ve ağırlıkları.

1.65. Dolgu malzemesi için	
1.66. Malzemenin Adı	1.67. Ağırlık (gr)
1.68. Palmiye yaprak lifi	1.69. 610
1.70. Reçine	1.71. 40
1.72. Cam ipi	1.73. 10
1.74. Cam elyaf	1.75. 50
1.76. Elyaf için reçine	1.77. 75
1.78. Toplam	1.79. 785
1.80. El yatırması metodu için	1.81. 1.82. K K
1.83. Malzemenin Adı	1.84. Ağırlık (gr)
1.85. Cam elyaf	1.86. 1.87. 64 28
1.88. Polyester reçine	1.89. 1.90. 28 56
1.91. Toplam	1.92. 1.93. 92 84
1.94. Tam toplam	1.95. 1.96. 77 169

4.5. ÜRETİLEN PROFİLLERİN KULLANIM ALANLARI

Üretilen bu profiller, merdiven korkuluğu, çit, raf profili olarak kullanılabilirdiği gibi iç ve dış mekanlarda dekorasyon amaçlı olarak kullanılabilir. Ahşap malzemelerin en büyük dezavantajlarından olan çürüme, böcek ve haşerelerin tahribatına uğrama bu tür profillerde sorun değildir. Bu profiller istenilen renge boyanarak kullanılabilirdiği gibi sadece dışına sürülen polyester reçine ile daha dayanıklı ve

dekoratif olmaları da sağlanabilir. Şekil 4.16’da bu profillerin merdiven korkuluğu ve çit olarak kullanımı gösterilmiştir. Şekil 4.17’de ise profillerin raf ve cam sehpa taşıyıcı profili olarak kullanımı gösterilmiştir. Karabük Üniversitesi Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Bölümü öğrencileri tarafından yapılan karton/cam elyaf evin taşıyıcı elemanları sera atıklarından üretilen profillerden oluşmaktadır. Şekil 4.18’de karton evin içi ve dışarıdan görünüşü görölmektedir.



Şekil 4.16. Profillerin merdiven korkuluğu ve çit olarak kullanımı.



Şekil 4.17. Profillerin raf ve sehpa olarak kullanımı.



Şekil 4.18. Karton/cam elyaf evin içi ve dışarıdan görünüşü.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada hazırlanan numunelere eğilme, basma, darbe ve su tutma testleri yapılmış ve yüzey yapışması mikroskop ile incelenmiştir. Ayrıca üç farklı kesme metodu kullanılarak kesilen malzemelerde kesme yöntemlerinin kesit üzerindeki etkisi incelenmiştir.

5.1. EĞİLME TESTİ

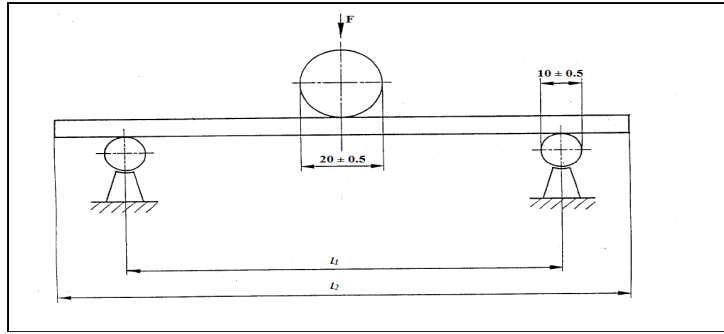
Eğilme testleri SHIMADZU AG-IS marka 50kN kapasiteli test makinesinde, KBÜ Safranbolu Meslek Yüksek Okulunun mobilya dekorasyon laboratuvarında yapılmıştır. Şekil 5.1’de test makinesi ve eğilme test düzeneği görülmektedir.



Şekil 5.1. SHIMADZU test makinesi ve eğilme test düzeneği.

Eğilme testleri için her bitki çeşidi için tek kat elyaf uygulanmış üç numune ve çift kat elyaf uygulanmış üç numune olmak üzere toplam altı numune hazırlanmıştır.

Test makinesine kesit, uzunluk ve hız değerleri girilerek kırılmanın gerçekleştiği maximum kuvvet (F_{max}) test sonuçlarında elde edilmiştir. Tek kat (TK) elyaf uygulamalı numuneler için boyutlar 43x43x550mm, iki kat (İK) elyaf uygulamalı numuneler için ise 45x45x550mm olarak alınmıştır. Eğme çenesinin hızı 10mm/dak ve mesnetler arası 350mm olarak ayarlanmıştır. Şekil 5.2’de eğilme dayanımı tayin düzeneği verilmiştir.



Şekil 5.2. Eğilme dayanımı tayin düzeneği.

Bulunan F_{max} kuvveti kullanılarak TS EN 310 standardına göre numunelerin eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı formülü;

$$f_m = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot t^2} \quad (5.1)$$

Burada ;

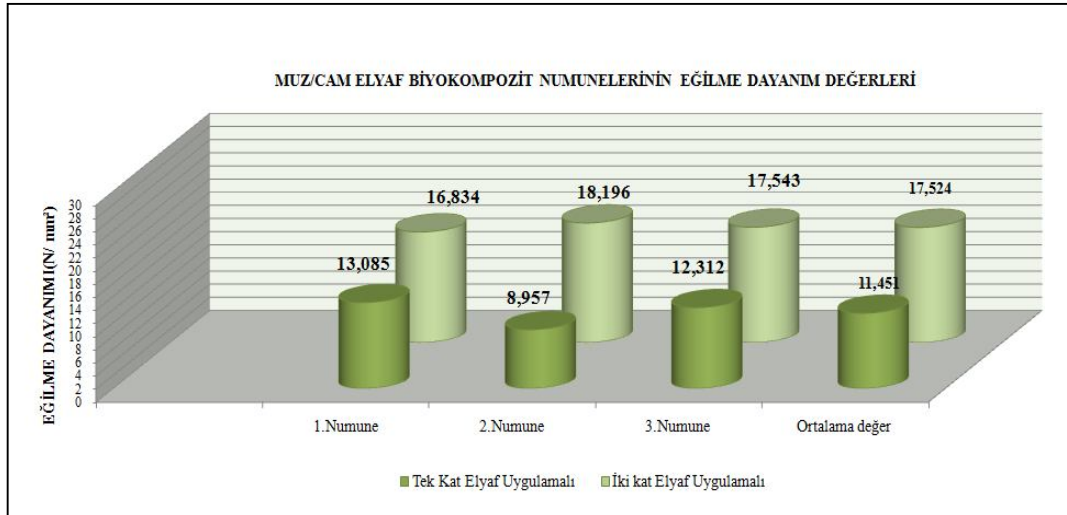
- f_m = Eğilme dayanımı (N/mm^2),
- F_{max} = Numunenin kırıldığı kuvvet (N),
- l = Mesnetler arası mesafe (mm),
- b, t = Numunenin kesitleri (mm).

5.1.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri

Muz/cam elyaf biyokompozitler için tek kat ve çift kat elyaf uygulamalı olmak üzere iki farklı eğilme testi yapılmıştır. Testlerden elde edilen F_{max} değerleri ve eğilme dayanımları (f_m) Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Şekil 5.3’de muz/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanım grafiği gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin F_{max} ve f_m değerleri.

1.97. TK Elyaf	1.99. F_{max} (N)	1.100. f_m (N/mm ²)	1.101. İK Elyaf	1.103. F_{max} (N)	1.104. f_m (N/mm ²)
1.98. Uygulama			1.102. Uygulama		
1.105. 1.nu mune	1.106. 19 26,56	1.107. 13, 085	1.108. 1.nu mune	1.109. 28 40,63	1.110. 16, 834
1.111. 2.nu mune	1.112. 13 18,75	1.113. 8,957	1.114. 2.nu mune	1.115. 30 70,68	1.116. 18, 196
1.117. 3.nu mune	1.118. 18 12,72	1.119. 12, 312	1.120. 3.nu mune	1.121. 29 60,43	1.122. 17, 543
1.123. Ortalama değerler	1.124. 16 86,01	1.125. 11, 451	1.126. Ortalama değerler	1.127. 29 57,25	1.128. 17, 524

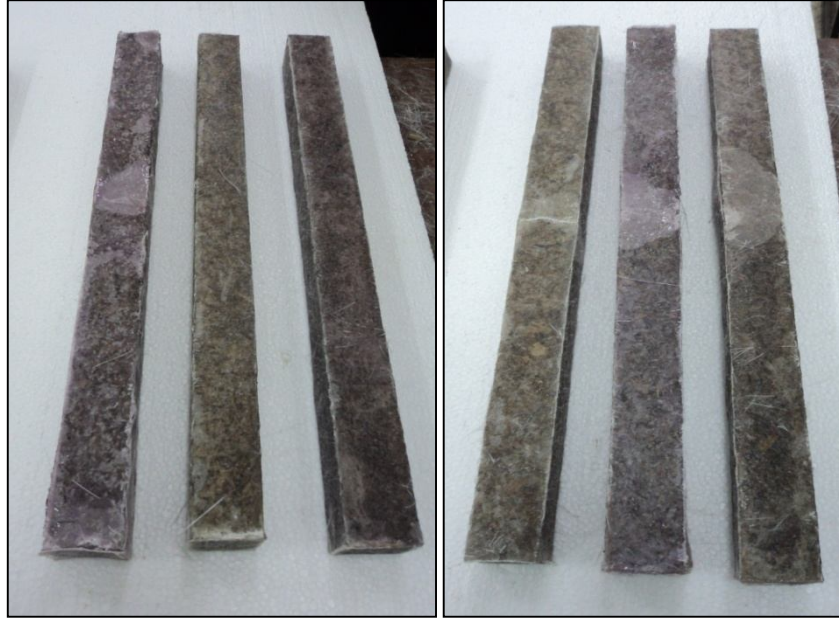


Şekil 5.3. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanım değerleri.



Şekil 5.4. Muz/cam elyaf biyokompozitin eğilme testi başlangıcı ve F_{max} kuvvetinin uygulanma anı.

Şekil 5.4’de eğilme testi başlangıcı ve F_{max} kuvvetinin uygulandığı an numunenin görüntüsü verilmiştir. Şekil 5.5’de tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı muz/cam elyaf biyokompozit numu-nelerinin deney sonrası görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı muz/cam elyaf biyokompozit numu-nelerinin deney sonrası görünüşü.

5.1.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri

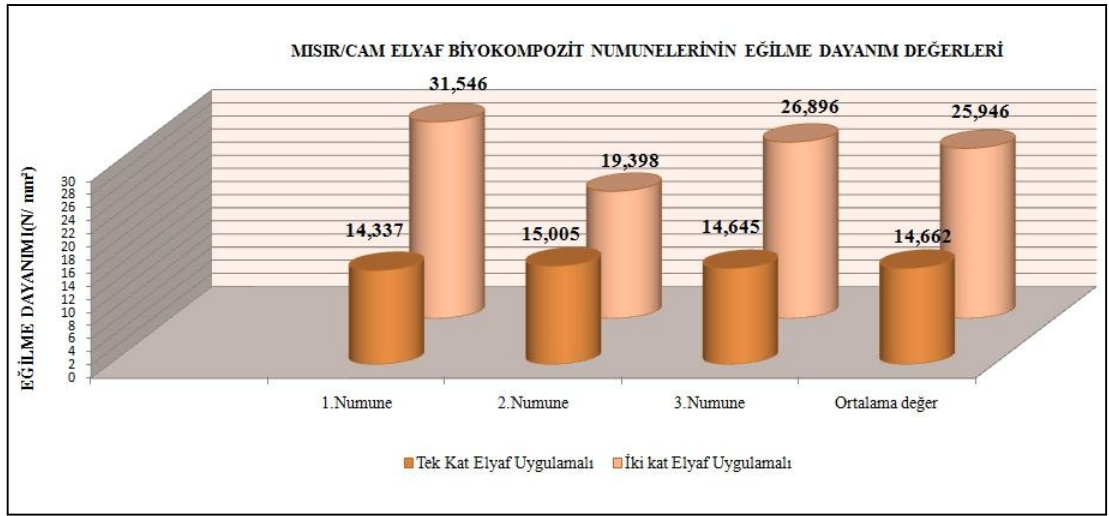
Mısır/cam elyaf biyokompozitler için hazırlanan altı adet numuneye eğilme testi uygulanmıştır. Test sonucu elde edilen F_{max} kuvvetine göre eğilme dayanımları (f_m) hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 5.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Mısır/cam elyaf biyokompozitler için F_{max} ve f_m değerleri.

1.129. TK Elyaf	1.131. F _{max} (N)	1.132. f _m (N/mm ²)	1.133. İK Elyaf	1.135. F _m ax (N)	1.136. f _m (N/mm ²)
1.130. Uyg ulamalı			1.134. Uyg ulamalı		
1.137. 1.nu mune	1.138. 21 10,94	1.139. 14, 337	1.140. 1.nu mune	1.141. 53 23,44	1.142. 31, 546
1.143. 2.nu mune	1.144. 22 09,35	1.145. 15, 005	1.146. 2.nu mune	1.147. 32 73,47	1.148. 19, 398
1.149. 3.nu mune	1.150. 21 56,25	1.151. 14, 645	1.152. 3.nu mune	1.153. 45 38,75	1.154. 26, 896

1.155. Ortalama değerler	1.156. 2158,85	1.157. 14662	1.158. Ortalama değerler	1.159. 4378,55	1.160. 25946
--------------------------	----------------	--------------	--------------------------	----------------	--------------

Şekil 5.6'da mısır/cam elyaf biyokompozitler için eğilme dayanım değerleri gösterilmiştir. Şekil 5.7'de ise eğilme dayanımı öncesi ve F_{max} kuvvetinin uygulandığı an gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanım değerleri.



Şekil 5.7. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme testi başlangıcı ve F_{max} kuvvetinin uygulanma anı.

Şekil 5.8'de Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü.

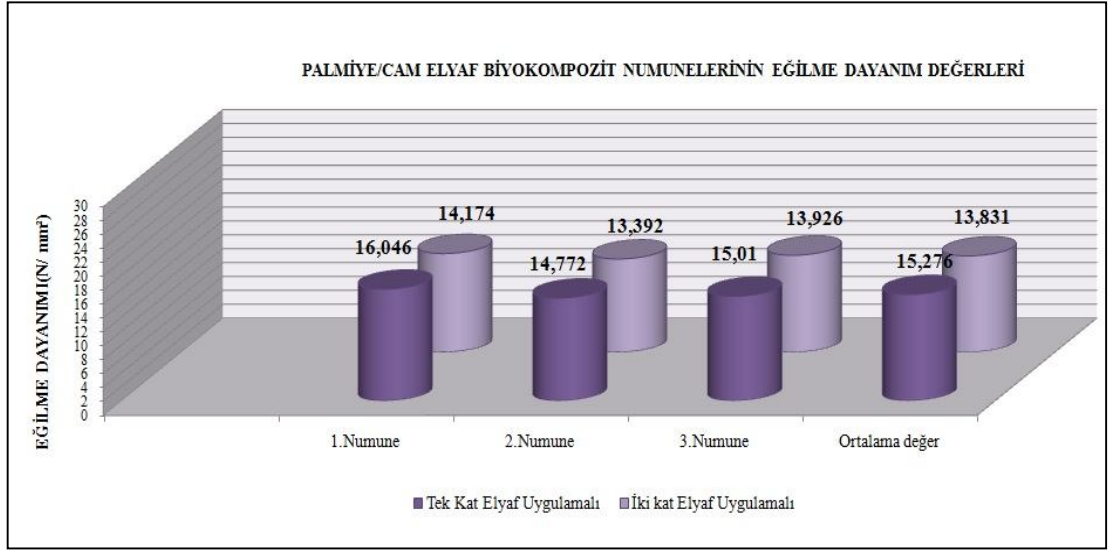
5.1.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Eğilme Testleri

Palmiye /cam elyaf biyokompozitler için üç adet tek kat ve üç adet çift kat elyaf uygulamalı olmak üzere toplam altı adet deney numunesi hazırlanmış ve aynı parametreler kullanılarak test edilmiştir. Test sonuçlarından elde edilem F_{max} kuvvetine göre eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Çizelge 5.3’de numunelerin F_{max} kuvvetleri ve f_m değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Palmiye/cam elyaf biyokompozitler için F_{max} ve f_m değerler.

1.161. TK Elyaf	1.163. F_{max} (N)	1.164. f_m (N/mm ²)	1.165. İK Elyaf	1.167. F_{max} (N)	1.168. f_m (N/mm ²)
1.162. Uygulamalı			1.166. Uygulamalı		
1.169. 1.nu mune	1.170. 23 62,5	1.171. 16, 046	1.172. 1.nu mune	1.173. 23 92,5	1.174. 14, 174
1.175. 2.nu mune	1.176. 2175	1.177. 14, 772	1.178. 2.nu mune	1.179. 2260	1.180. 13, 392
1.181. 3.nu mune	1.182. 2210	1.183. 15,01	1.184. 3.nu mune	1.185. 2350	1.186. 13, 926
1.187. Ortalama değerler	1.188. 2249,16	1.189. 15, 276	1.190. Ortalama değerler	1.191. 2334,17	1.192. 13, 831

Şekil 5.9'da Palmiye /cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanım değerleri gösterilmiştir. Şekil 5.10'da Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme testi başlangıcı ve F_{max} kuvvetinin uygulandığı an görülmektedir.



Şekil 5.9. Palmiye /cam elyaf biyokompozitlerin eğilme dayanım değerleri.



Şekil 5.10. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin eğilme testi başlangıcı ve F_{max} kuvvetinin uygulandığı an.

Şekil 5.11'de tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı palmye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görünüşü.

5.2. BASINÇ DAYANIMI TESTİ

Basma testleri SHIMADZU AG-IS marka 50kN kapasiteli test makinesinde, KBÜ Safranbolu Meslek Yüksek Okulunun mobilya dekorasyon labaratuvarında yapılmıştır. Şekil 5.12’de test makinesinin basma dayanımı test düzeneği görülmektedir.



Şekil 5.12. SHIMADZU test makinesi basınç dayanımı test düzeneği.

Basma dayanımı testleri için her bitki çeşidi için tek kat elyaf uygulanmış üç numune ve çift kat elyaf uygulanmış üç numune olmak üzere altı numune toplamda ise onsekiz numune hazırlanmıştır. Test makinesine kesit, uzunluk ve hız değerleri girilerek kırılmanın gerçekleştiği maximum basınç (P_{max}) test sonuçlarında elde edilmiştir. Tek kat (TK) elyaf uygulamalı numuneler için boyutlar 43x43x550mm, iki kat (İK) elyaf uygulamalı numuneler için ise 45x45x550mm olarak alınmıştır. Basma çenesinin hızı 10mm/dak'dır.

Bulunan P_{max} kuvveti kullanılarak TS 2595 standardına göre numunelerin basınç dayanımları hesaplanmıştır. Basınç dayanımı formülü;

$$\sigma_w = \frac{P_{max}}{a \cdot b} \quad (5.2)$$

Burada ;

σ_w Basınç dayanımı (N/mm²),

P_{max} Numunenin kırıldığı maximum basınç (N),

a, b numunenin kenar uzunlukları (mm).

5.2.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri

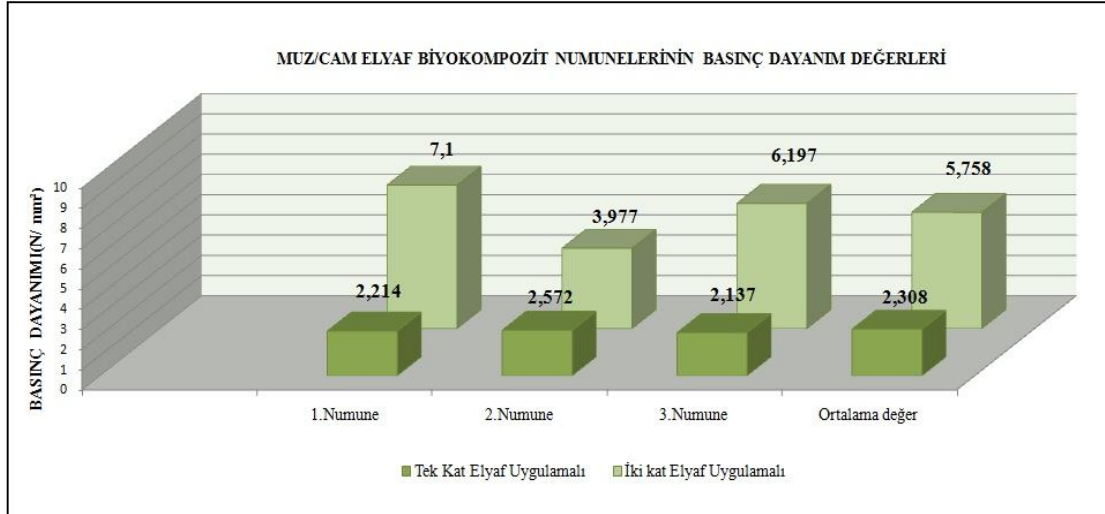
Muz/cam elyaf biyokompozitler için tek kat ve çift kat elyaf uygulamalı olmak üzere iki çeşit basınç dayanımı testi yapılmıştır. Testlerden elde edilen P_{max} değerleri ve basınç dayanımları (σ_w) Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri.

1.193. TK Elyaf	1.195. P_{max} (N)	1.196. σ_w (N/mm ²)	1.197. İK Elyaf	1.199. P_{max} (N)	1.200. σ_w (N/mm ²)
1.194. Uygulamalı			1.198. Uygulamalı		
1.201. 1.nu mune	1.202. 4092,19	1.203. 2,2 14	1.204. 1.nu mune	1.205. 14 376,6	1.206. 7,1
1.207. 2.nu mune	1.208. 4755,62	1.209. 2,572	1.210. 2.nu mune	1.211. 80 53,13	1.212. 3,9 77

1.213. 3.nu mune	1.214. 3951,25	1.215. 2,137	1.216. 3.nu mune	1.217. 12 458,6	1.218. 6,1 97
1.219. Ortal ama değerler	1.220. 4266,35	1.221. 2,3 08	1.222. Orta lama değerler	1.223. 11 629,44	1.224. 5,7 58

Şekil 5.13’de muz/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanım grafiği gösterilmektedir. Şekil 5.14’de bir muz/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 5.13. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanım grafiği.



Şekil 5.14. Muz/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü.

Şekil 5.15’de muz/cam elyaf biyokompozit numunelerin basınç dayanım deneyi sonrası görünüşü verilmiştir.



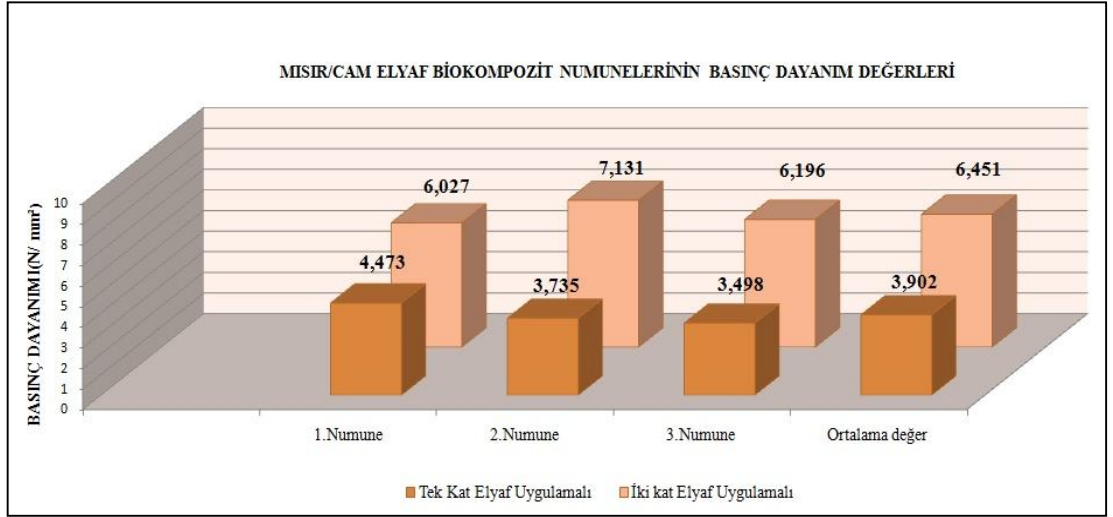
Şekil 5.15. Muz/cam elyaf biyokompozit numuneler.

5.2.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri

Mısır/cam elyaf biyokompozitler için tek kat elyaf uygulamalı üç adet ve iki kat elyaf uygulamalı üç adet olmak üzere toplam altı adet test uygulanmıştır. Testlerden elde edilen P_{max} değerleri dikkate alınarak basınç dayanım değerleri bulunmuştur. Numuneler için bulunan P_{max} ve σ_w değerleri Çizelge 5.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri.

1.225. TK Elyaf	1.227. P_{max} (N)	1.228. σ_w (N/mm ²)	1.229. İK Elyaf	1.231. P_{max} (N)	1.232. σ_w (N/mm ²)
1.226. Uygulamalı			1.230. Uygulamalı		
1.233. 1.nu mune	1.234. 82 70,03	1.235. 4,473	1.236. 1.nu mune	1.237. 12 204,7	1.238. 6,027
1.239. 2.nu mune	1.240. 69 05,94	1.241. 3,735	1.242. 2.nu mune	1.243. 14 439,1	1.244. 7,1 31
1.245. 3.nu mune	1.246. 64 68,44	1.247. 3,498	1.248. 3.nu mune	1.249. 12 546,9	1.250. 6,1 96
1.251. Ortalama değerler	1.252. 72 14,803	1.253. 3,902	1.254. Ortalama değerler	1.255. 13 063,56	1.256. 6,4 51



Şekil 5.16. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanım grafiği.

Şekil 5.16'da mısır/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanım grafiği görülmektedir. Şekil 5.17'de ise mısır/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 5.17. Mısır/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü.

Şekil 5.18’de mısır/cam elyaf biyokompozit deney numunelerinin deney sonrası görünüşleri gösterilmiştir.



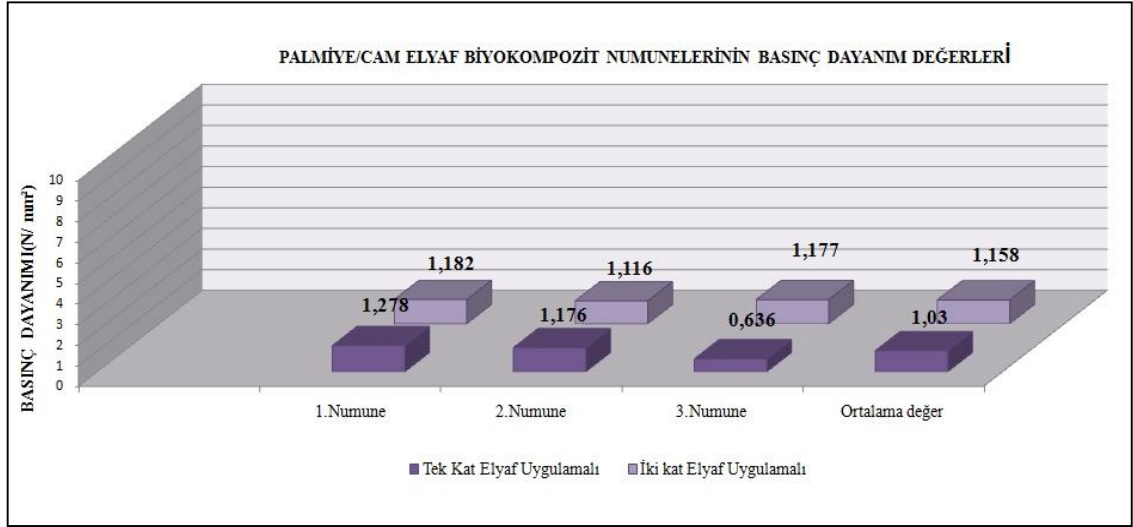
Şekil 5.18. Mısır/cam elyaf biyokompozit deney numuneleri.

5.2.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Basınç Dayanımı Testleri

Palmiye/cam elyaf biyokompozitleri için üç adet tek kat elyaf uygulamalı ve üç adet iki kat elyaf uygulamalı olmak üzere toplam altı adet deney numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere basınç uygulanarak elde edilen P_{max} değerleri ile basınç dayanımı (σ_w) hesaplanmıştır. Numunelerin P_{max} ve σ_w değerleri Çizelge 5.6’da gösterilmiştir. Şekil 5.19’de ise numunelerin basınç dayanım grafiği verilmiştir.

Çizelge 5.6. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin P_{max} ve σ_w değerleri.

1.257. TK Elyaf	1.259. P_{max} (N)	1.260. σ_w (N/mm ²)	1.261. İK Elyaf	1.263. P_{max} (N)	1.264. σ_w (N/mm ²)
1.258. Uygulamalı			1.262. Uygulamalı		
1.265. 1.nu mune	1.266. 23 62,5	1.267. 1,278	1.268. 1.nu mune	1.269. 23 92,5	1.270. 1,182
1.271. 2.nu mune	1.272. 21 75	1.273. 1,176	1.274. 2.nu mune	1.275. 22 60	1.276. 1,1 16
1.277. 3.nu mune	1.278. 11 75	1.279. 0,636	1.280. 3.nu mune	1.281. 23 84	1.282. 1,1 77
1.283. Ortalama değerler	1.284. 19 04,2	1.285. 1,03	1.286. Ortalama değerler	1.287. 23 45,5	1.288. 1,1 58

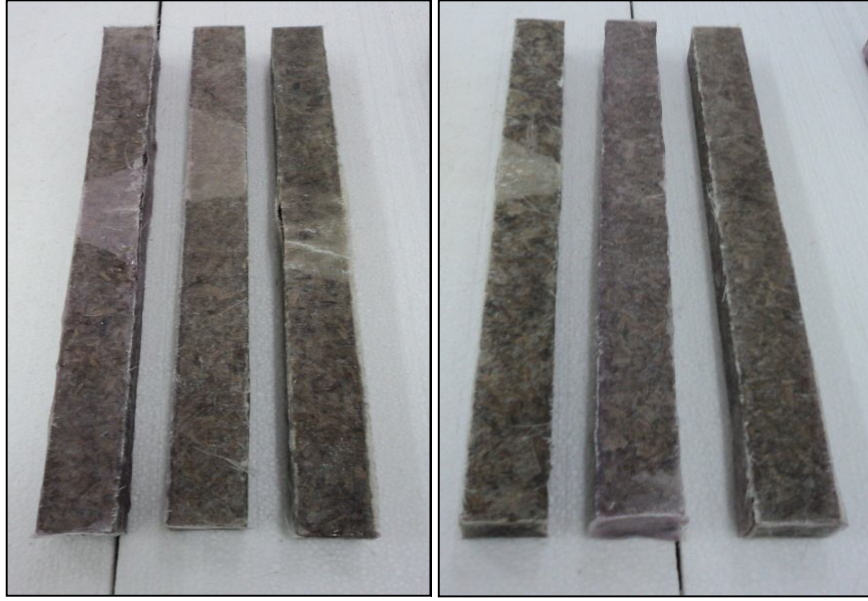


Şekil 5.19. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin basınç dayanım grafiği.



Şekil 5.20. Palmiye/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü.

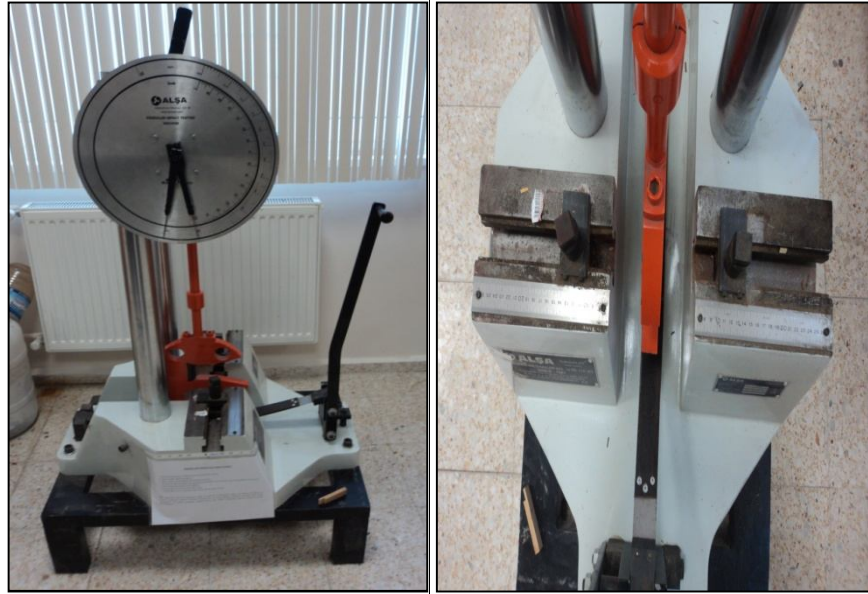
Şekil 5.20’de palmiye/cam elyaf biyokompozitin P_{max} basıncı altında görünüşü, Şekil 5.21’de ise deney numunelerinin deney sonrası görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.21. Palmiye/cam elyaf biyokompozit deney numuneleri.

5.3. DİNAMİK EĞİLME (ŞOK) TESTİ

Dinamik eğilme (şok) testleri Pendulum darbe test makinesinde, Karabük Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Bölümünün laboratuvarında yapılmıştır. Şekil 5.22’de test makinesi ve test çenesi görülmektedir.



Şekil 5.22. Pendulum test makinesi ve test çenesi.

Dinamik eğilme testleri için her bitki türünden tek kat elyaf uygulamalı 43x43x250mm boyutlarında üç adet ve iki kat elyaf uygulamalı 45x45x250mm boyutlarında üç adet olmak üzere toplam altı adet numune hazırlanmıştır. Numuneler teker teker test çenesine yerleştirilmiş test çekici serbest bırakılarak kırılma kuvveti not edilmiştir.

Dinamik eğilme (şok) direncinin tayini için TS 2477 standardındaki hesaplama kullanılarak her numune için şok direnci hesaplaması yapılmıştır. Dinamik eğilme (şok) direnci formülü:

$$A_w = \frac{100 \cdot Q}{b \cdot h} \quad (5.3)$$

Burada ;

A_w Dinamik eğilme direnci (Kgf/cm²),

Q Numunenin kırılması için harcanan enerji (Kgf),

b, h Numunenin kenar uzunlukları (mm).

5.3.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme (Şok) Testleri

Dinamik eğilme testleri için tek kat elyaf uygulamalı üç adet ve iki kat elyaf uygulamalı üç adet olmak üzere altı adet deney numunesi hazırlanmıştır. Şekil 5.23'de hazırlanan numuneler gösterilmiştir.

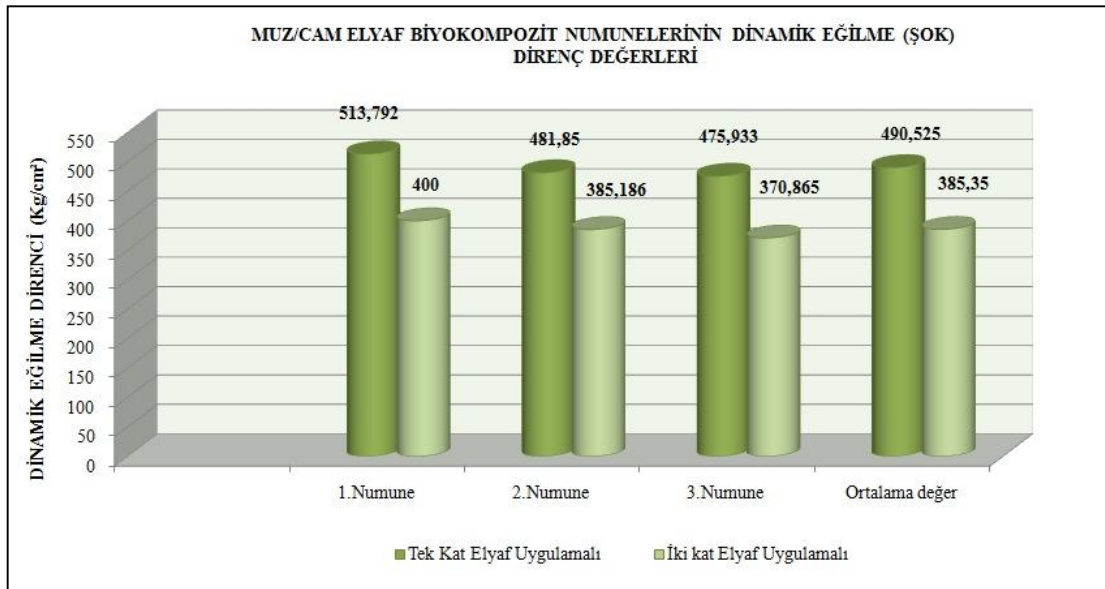


Şekil 5.23. Muz/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme direnç testi numuneleri.

Hazırlanan numuneler şok cihazında test edilerek numuneyi kırmak için harcanan enerji kadrandan okunarak kaydedilmiştir. Kaydedilen kuvvet TS 2477 standardına göre hesaplanmıştır. Numunenin kırıldığı Q enerjisi ve dinamik eğilme direnci Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerinin Q enerjisi ve dinamik eğilme direnç değerleri.

1.289. TK Elyaf	1.291. Q (Kgf)	1.292. A _w (Kgf/cm ²)	1.293. İK Elyaf	1.295. Q (Kgf)	1.296. A _w (Kgf/cm ²)
1.290. Uygulamalı			1.294. Uygulamalı		
1.297. 1.nu mune	1.298. 9, 5	1.299. 513,792	1.300. 1.nu mune	1.301. 8, 1	1.302. 400
1.303. 2.nu mune	1.304. 7, 8	1.305. 481,850	1.306. 2.nu mune	1.307. 7, 8	1.308. 385,186
1.309. 3.nu mune	1.310. 8, 8	1.311. 475,933	1.312. 3.nu mune	1.313. 7, 51	1.314. 370,865
1.315. Ortalama değerler	1.316. 8, 7	1.317. 490,525	1.318. Ortalama değerler	1.319. 7, 803	1.320. 385,350



Şekil 5.24. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme dirençleri.

Numunelere göre dinamik eğilme direnci Şekil 5.24’de gösterilmiştir. Şekil 5.25’de muz/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme deney sonrası numunelerin görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 5.25. Muz/cam elyaf biyokompozitlerin dinamik eğilme deney sonrası numunelerin görünüşü.

5.3.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme (Şok) Testleri

Mısır/cam elyaf biyokompozitler için altı adet deney numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler Şekil 5.26'de gösterilmiştir.

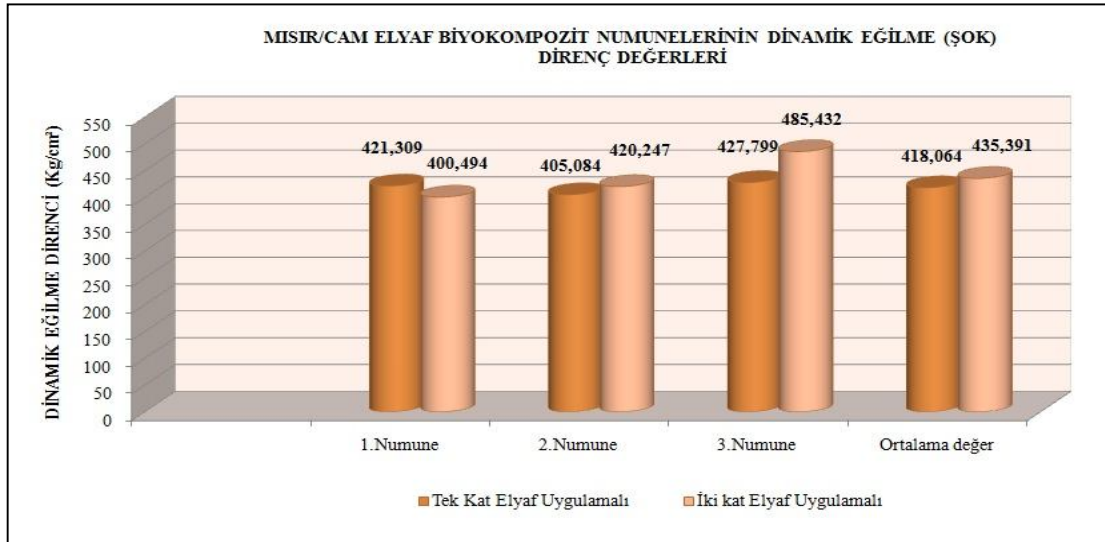


Şekil 5.26. Mısır/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme direnç testi numuneleri.

Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin Q enerjisi ve dinamik eğilme direnç değerleri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir. Dinamik eğilme direncine göre hazırlanan grafik ise Şekil 5.27'de verilmiştir. Şekil 5.28'de mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin deney sonrası görüntüsü verilmiştir.

Çizelge 5.8. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin Q enerji ve dinamik eğilme direnç değerleri.

1.321. TK Elyaf	1.323. Q (Kgf)	1.324. A_w (Kgf/cm ²)	1.325. İK Elyaf	1.327. Q (Kgf)	1.328. A_w (Kgf/cm ²)
1.322. Uygulamalı			1.326. Uygulamalı		
1.329. 1.nu mune	1.330. 7, 79	1.331. 421,309	1.332. 1.nu mune	1.333. 8, 11	1.334. 400,494
1.335. 2.nu mune	1.336. 7, 49	1.337. 405,084	1.338. 2.nu mune	1.339. 8, 51	1.340. 420,247
1.341. 3.nu mune	1.342. 7, 91	1.343. 427,799	1.344. 3.nu mune	1.345. 9, 83	1.346. 485,432
1.347. Ortalama değerler	1.348. 7, 73	1.349. 418,064	1.350. Ortalama değerler	1.351. 8, 817	1.352. 435,391



Şekil 5.27. Mısır/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme dirençleri.



Şekil 5.28. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin deney sonrası görünüşü.

5.3.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Dinamik Eğilme (Şok) Testleri

Palmiye/cam elyaf biyokompozitler için hazırlanan altı numune dinamik eğilme test cihazında test edilmiştir. Şekil 29’da deney numuneleri gösterilmiştir. Numunelerin kırılması için harcanan Q enerjisi ve ona bağlı hesaplanan dinamik eğilme direnci verileri Çizelge 5.8’de gösterilmiştir.

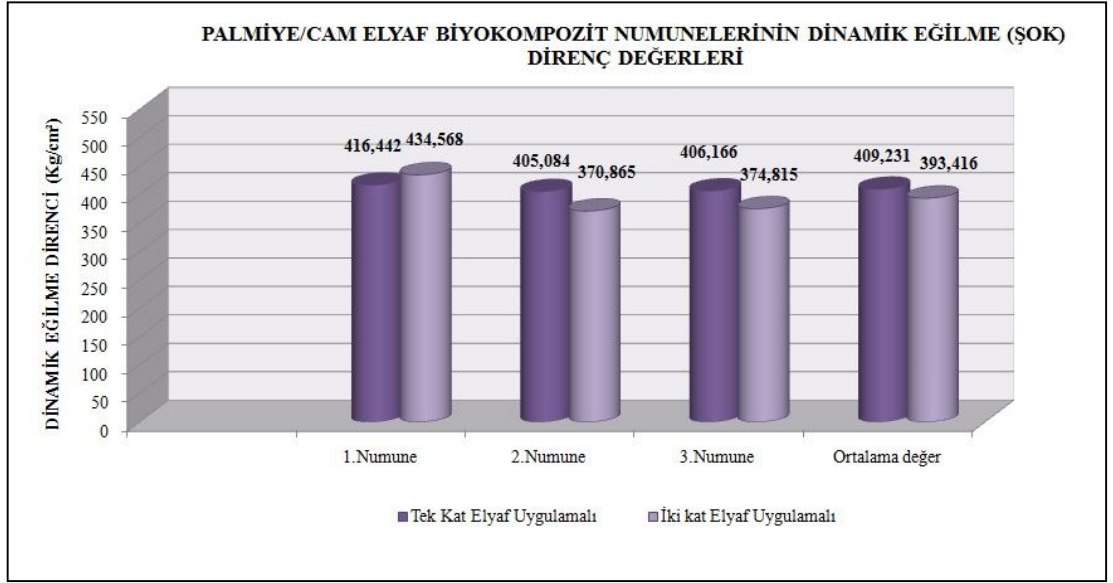


Şekil 29. Palmiye/cam elyaf biyokompozit deney numuneleri.

Çizelge 5.9. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin Q enerji ve dinamik eğilme direnç değerleri.

1.353. TK Elyaf	1.355. Q (Kgf)	1.356. A _w (Kgf/cm ²)	1.357. İK Elyaf	1.359. Q (Kgf)	1.360. A _w (Kgf/cm ²)
1.354. Uygulamalı			1.358. Uygulamalı		
1.361. 1.nu mune	1.362. 7, 70	1.363. 416,442	1.364. 1.nu mune	1.365. 8, 8	1.366. 434,568
1.367. 2.nu mune	1.368. 7, 49	1.369. 405,084	1.370. 2.nu mune	1.371. 7, 51	1.372. 370,865
1.373. 3.nu mune	1.374. 7, 51	1.375. 406,166	1.376. 3.nu mune	1.377. 7, 59	1.378. 374,815
1.379. Ortalama değerler	1.380. 7, 57	1.381. 409,231	1.382. Orta lama değerler	1.383. 7, 97	1.384. 393,416

Hesaplanan dinamik eğilme direnç verileri Şekil 5.30’da gösterilmiştir. Şekil 5.31’de numunelerin deney sonrası görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.30. Palmiye/cam elyaf biyokompozit dinamik eğilme dirençleri.



Şekil 5.31. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerin deney sonrası görünüşü.

5.4. SU TUTMA TESTİ

Su tutma testi için her bitki türünden tek kat elyaf uygulamalı üç adet iki kat elyaf uygulamalı üç adet olmak üzere altı adet toplamda ise onsekiz adet 50mm boyutunda numuneler hazırlanmıştır. Numuneler Sinbo marka 1gr hassasiyetindeki tartı ile tartılmıştır. Hazırlanan numuneler tartıldıktan sonra birbirlerine değmeyecek ve yüzeyden 20mm aşağıda olacak şekilde sıcaklığı $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ olan suya bırakılmıştır. 30 dakikada bir numuneler sudan çıkarılmış, kurulanmış ve tartılarak sonuçlar

kaydedilerek numuneler tekrar suya bırakılmıştır. Altı saat suda bekletilen numunelerde üç saatten sonra bir artış kaydedilmemiştir. % su tutma oranı şu formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Su tutma} = \frac{\text{Son ağırlık} - \text{İlk ağırlık}}{\text{İlk ağırlık}} \times 100 \quad (5.4)$$

5.4.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri

Su tutma testi için altı adet muz/cam elyaf biyokompozit numune hazırlanmıştır. Şekil 5.32'de hazırlanan muz/cam elyaf deney numuneleri görülmektedir. Çizelge 5.10'da numunelerin zamana bağlı ağırlık artışları ve hesaplanan % su tutma oranları verilmiştir.



Şekil 5.32. Muz/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri.

Çizelge 5.10. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerin zamana bağlı ağırlık artışları ve %su tutma oranları.

1.385. Numune numarası	1.386. İlk ağırlık	1.387. 0 dk	1.388. 0 dk	1.389. 0dk	1.390. 20dk	1.391. % Su tutma
1.392. TK 1.numune	1.393. 57 gr	1.394. 8gr	1.395. 9gr	1.396. 9gr	1.397. 9gr	1.398. 3,38
1.399. TK 2.numune	1.400. 58 gr	1.401. 8gr	1.402. 9gr	1.403. 9gr	1.404. 9gr	1.405. 1,72
1.406. TK 3.numune	1.407. 57 gr	1.408. 8gr	1.409. 9gr	1.410. 9gr	1.411. 9gr	1.412. 3,38
1.413. İK 1.numune	1.414. 62 gr	1.415. 4gr	1.416. 6gr	1.417. 7gr	1.418. 7gr	1.419. 8,06

1.420. İK	1.421. 68	1.422.	1.423.	1.424.	1.425. €	1.426.
2.numune	gr	8gr	8gr	8gr	8gr	0
1.427. İK	1.428. 64	1.429.	1.430.	1.431.	1.432. €	1.433. 1,57
3.numune	gr	5gr	5gr	5gr	5gr	

5.4.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri

Mısır/cam elyaf biyokompozitlerin su tutma testi için üç adet tek kat elyaf uygulamalı ve üç adet iki kat elyaf uygulamalı olmak üzere altı adet deney numunesi hazırlanmıştır. Şekil 5.33'de muz/cam elyaf biyokompozit deney numuneleri gösterilmiştir. Çizelge 5.11'da deney numunelerinin zamana bağlı ağırlık artışları ve su tutma oranları verilmiştir.



Şekil 5.33. Mısır/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri.

Çizelge 5.11. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin zamana bağlı ağırlık artışları ve %su tutma oranları.

1.434. Numune numarası	1.435. İlk ağırlık	1.436. 0 dk	1.437. 0 dk	1.438. 0dk	1.439. 20dk	1.440. % Su tutma
1.441. TK 1.numune	1.442. 55 gr	1.443. 6gr	1.444. 6gr	1.445. 7gr	1.446. 7gr	1.447. 3,63
1.448. TK 2.numune	1.449. 56 gr	1.450. 7gr	1.451. 8gr	1.452. 8gr	1.453. 8gr	1.454. 3,57
1.455. TK 3.numune	1.456. 57 gr	1.457. 8gr	1.458. 8gr	1.459. 8gr	1.460. 8gr	1.461. 1,75
1.462. İK 1.numune	1.463. 56 gr	1.464. 7gr	1.465. 7gr	1.466. 7gr	1.467. 8gr	1.468. 3,57
1.469. İK 2.numune	1.470. 57 gr	1.471. 9gr	1.472. 9gr	1.473. 9gr	1.474. 9gr	1.475. 3,51
1.476. İK 3.numune	1.477. 62 gr	1.478. 2gr	1.479. 3gr	1.480. 4gr	1.481. 4gr	1.482. 3,23

5.4.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Su Tutma Testleri

Palmiye/cam elyaf biyokompozitler için altı adet su tutma deney numunesi hazırlanmıştır. Şekil 5.34’de deney numuneleri görülmektedir. Deneyler süresince

ağırlık artışı ve su tutma oranları kaydedilmiştir. Çizelge 5.12’de numunelerin ağırlık artışları ve su tutma oranları verilmiştir.



Şekil 5.34. Palmiye/cam elyaf biyokompozit su tutma deney numuneleri.

Çizelge 5.12. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin zamana bağlı ağırlık artışları ve %su tutma oranları.

1.483. Numune numarası	1.484. İlk ağırlık	1.485. 0 dk	1.486. 0 dk	1.487. 0dk	1.488. 20dk	1.489. % Su tutma
1.490. TK 1.numune	1.491. 67 gr	1.492. 8gr	1.493. 8gr	1.494. 8gr	1.495. 8gr	1.496. 1,49
1.497. TK 2.numune	1.498. 67 gr	1.499. 7gr	1.500. 8gr	1.501. 9gr	1.502. 9gr	1.503. 2,99
1.504. TK 3.numune	1.505. 68 gr	1.506. 9gr	1.507. 9gr	1.508. 0gr	1.509. 0gr	1.510. 2,94
1.511. İK 1.numune	1.512. 75 gr	1.513. 6gr	1.514. 6gr	1.515. 6gr	1.516. 6gr	1.517. 1,33
1.518. İK 2.numune	1.519. 71 gr	1.520. 2gr	1.521. 2gr	1.522. 4gr	1.523. 4gr	1.524. 4,22
1.525. İK 3.numune	1.526. 73 gr	1.527. 5gr	1.528. 6gr	1.529. 6gr	1.530. 6gr	1.531. 4,10

5.5. MİKROSKOBİK İNCELEME VE KESME YÖNTEMLERİNİN KESİT YÜZEYİNE ETKİSİ

Mikroskobik inceleme için her bitki çeşidi için altı adet numune hazırlanmıştır. hazırlanan numunelerden üç tanesi tek kat elyaf uygulamalı, diğer üç tanesi ise iki kat elyaf uygulamalıdır. Numunelerin köşelerinden ve orta noktalarından fotoğrafları

çekilmiştir. Ayrıca numuneler mikroskop altında incelenmiştir. Kesme yöntemlerinin kesit yüzeyine etkisi numunelerin üç farklı kesme yöntemiyle kesilmesi ve kesitlerin incelenmesi sonucu belirlenmiştir. Kesme yöntemleri olarak yatar testere ile kesme, kıl testere ile kesme ve profil kesme makinesi kullanılarak kesme işlemi yapılmıştır.

Şekil 5.35’de kesme işleminde kullanılan (a) yatar daire testere, (b) profil kesme makinesi, (c) kıl testere gösterilmiştir.



(a)

(b)

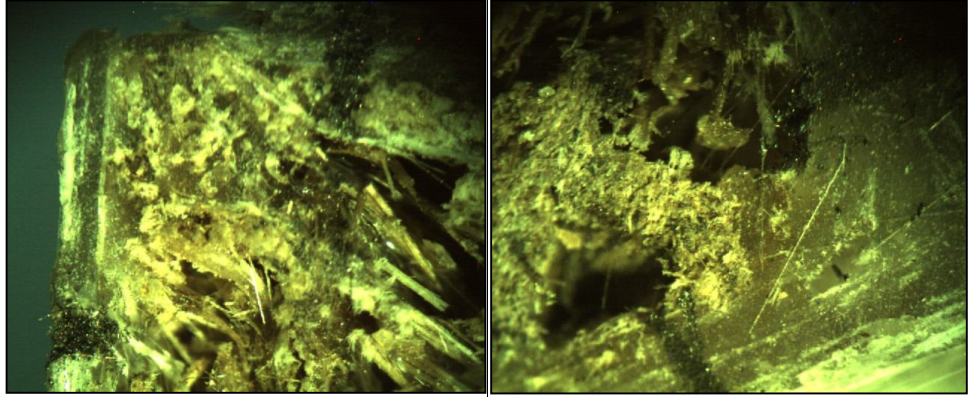


(c)

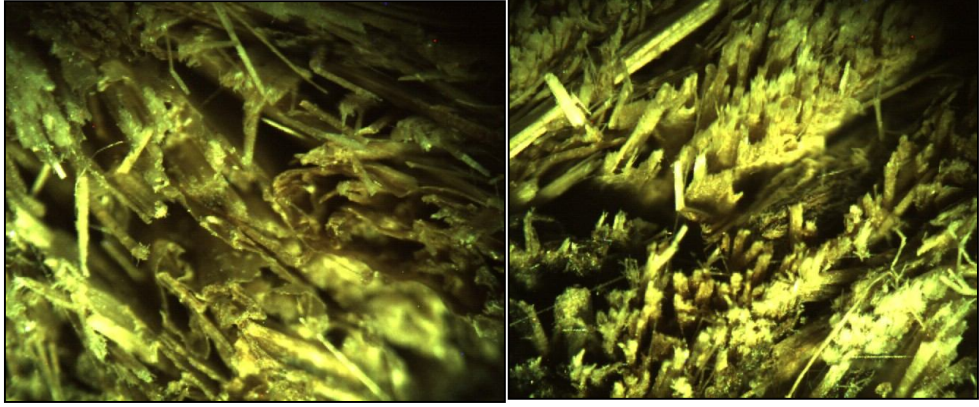
Şekil 5.35. Kesme yöntemleri; (a) Yatar daire testere, (b) Profil kesme makinesi, (c) Kıl testere.

5.5.1. Muz/Cam Elyaf Biyokompozitlerin Mikroskopik İncelenmesi Ve Kesme Yöntemlerinin Kesit Yüzeyine Etkisi

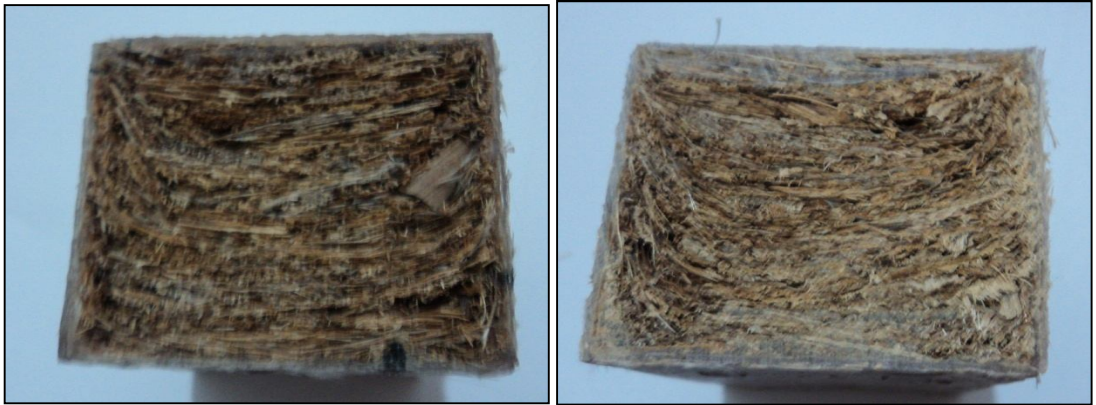
Hazırlanan muz/cam elyaf biyokompozit deney numuneleri mikroskop altında yaklaşık yirmi kat büyütülerek incelenmiştir. Şekil 5.36’da muz/cam elyaf tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı biyokompozit numunelerinin cam elyaf matris yapışmasının görüldüğü (köşe) kısımların mikroskop altında çekilmiş resimleri gösterilmiştir. Şekil 5.37’de ise muz liflerinin yapışması gösterilmiştir. Şekil 5.38’de kesme yöntemleri kullanılarak kesilen profillerin kesit resimleri gösterilmektedir.



Şekil 5.36. TK ve İK elyaf uygulamalı muz/cam elyaf numunelerin köşe resimleri.



Şekil 5.37. Muz/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (muz liflerinin) görünüşü.



(a)

(b)

Şekil 5.38. Muz/cam elyaf biyokompozitlerde kesme yöntemleri; (a) Yatar daire testere ile kesme, (b) Profil kesme makinesi ile kesme, (c) Kıl testere ile kesme.

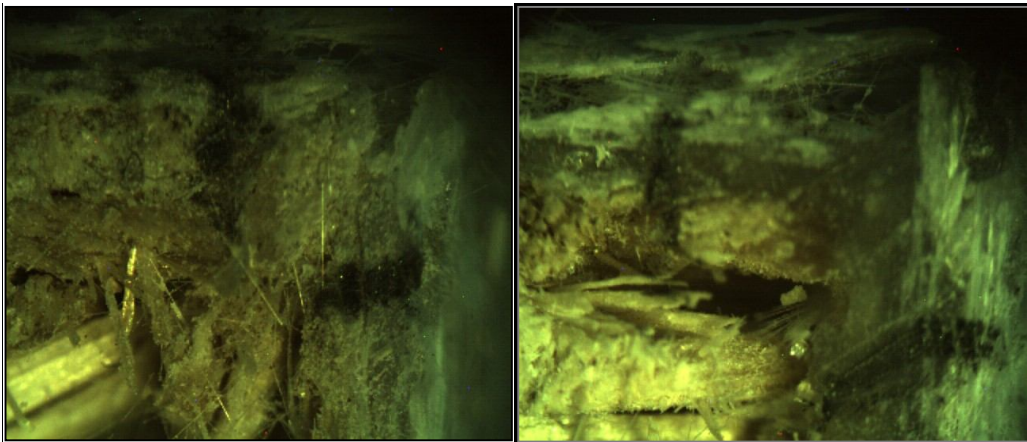
Şekil 5.38. (Deam ediyor).



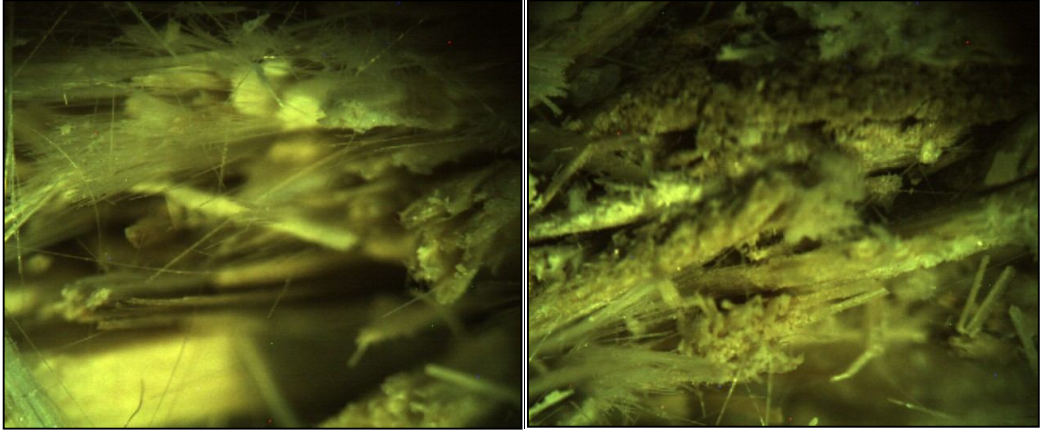
(c)

5.5.2. Mısır/Cam Elyaf Biyokompozit Numunelerin Mikroskopik İncelenmesi

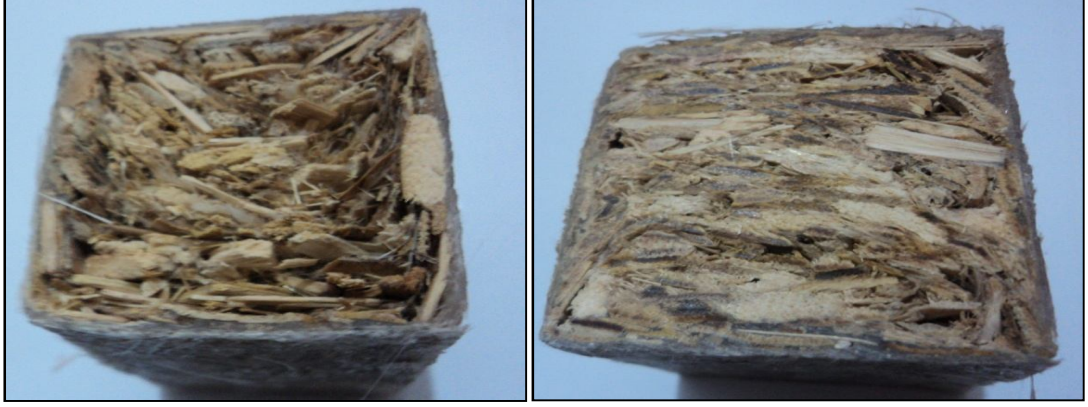
Mısır/cam elyaf biyokompozitleri mikroskop altında incelenerek resimleri çekilmiştir. Şekil 5.39'da tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinin cam elyaf matris yapışmasının görüldüğü (köşe) kısımların mikroskop altında çekilmiş resimleri gösterilmiştir. Şekil 5.40'ta ise mısır liflerinin yapışması gösterilmiştir. Şekil 5.41'de kesme yöntemleri kullanılarak kesilen profillerin kesit resimleri gösterilmektedir.



Şekil 5.39. TK ve İK elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf numunelerin köşe resimleri.



Şekil 5.40. Mısır/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (mısır liflerinin) görünüşü.



(a)

(b)

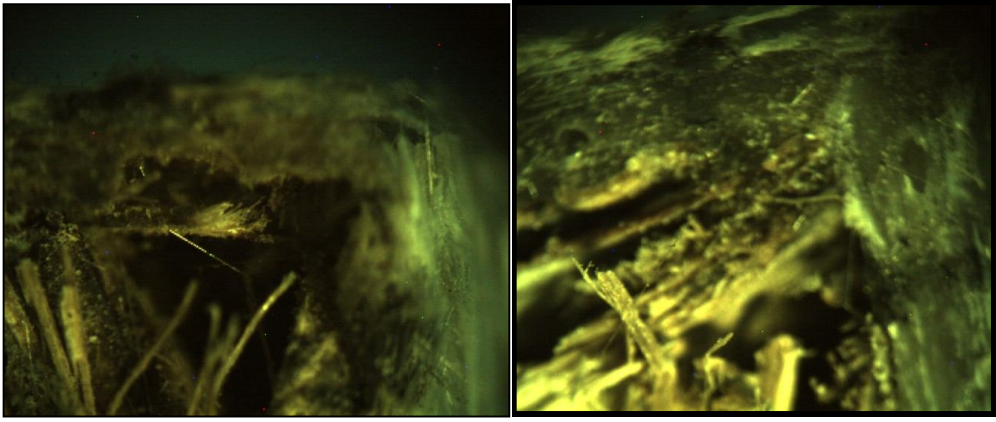


(c)

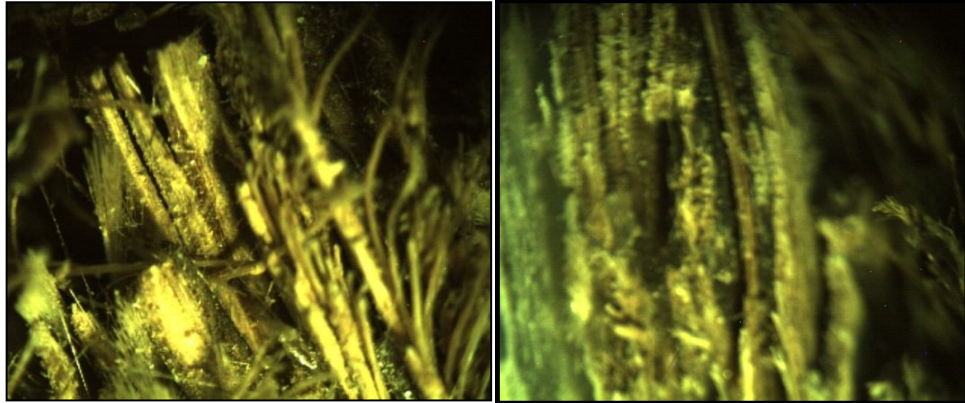
Şekil 5.41. Mısır/cam elyaf biyokompozitlerde kesme yöntemleri; (a) Yatar daire testere ile kesme, (b) Profil kesme makinesi ile kesme, (c) Kıl testere ile kesme.

5.5.3. Palmiye/Cam Elyaf Biyokompozit Numunelerin Mikroskobik İncelenmesi

Palmiye/cam elyaf biyokompozitleri mikroskop altında incelenerek resimleri çekilmiştir.Şekil 5.42’de tek kat ve iki kat elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinin köşe kısımların mikroskop altında çekilmiş resimleri gösterilmiştir. Şekil 5.43’de ise palmiye liflerinin yapışması gösterilmiştir. Şekil 5.44’de kesme yöntemleri kullanılarak kesilen profillerin kesit resimleri gösterilmektedir.



Şekil 5.42. TK ve İK elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf numunelerin köşe resimleri.



Şekil 5.43. Palmiye/cam elyaf biyokompozit numunelerinde matris malzemesinin (palmiye liflerinin) görünüşü.



(a)

(b)



(c)

Şekil 5.44. Palmiye/cam elyaf biyokompozitlerde kesme yöntemleri; (a) Yatar daire testere ile kesme, (b) Profil kesme makinesi ile kesme, (c) Kıl testere ile kesme.

5.6. ÜRETİLEN PROFİLLERİN MALİYET ANALİZİ

Üretilen profillerin bileşen oranlarına göre maliyet analizi yapılmıştır. Çıkarılan maliyet miktarları, bu maliyetlerin aynı boyutlardaki ahşap ve demir profillerle karşılaştırılması Çizelge 5.13'te verilmiştir. Biyokompozit numuneler için yapılan maliyet analizinde cam elyaf ve polyester fiyatları Cam Elyaf A.Ş.'den alınmıştır. Buna göre polyester 3,9 TL/kg, elyaf 4 TL/kg olarak alınmıştır. Yapılan maliyet analizi yalnızca imalat için yapılmıştır. Bakım ve onarım masrafları gözönüne alındığında biyokompozit profiller diğer profillere göre çok daha avantajlıdır. Profil fiyatları Group Enerji A.Ş.'den alınmıştır, Ahşap fiyatı ise m^3 fiyatlarından hesaplanmış işlenmemiş ahşabın verilen boyutlardaki m^3 fiyatıdır.

Bileşenlere göre maliyet hesabı ,

1. Muz/cam elyaf biyokompozit profil imalat maliyeti ;
115gr polyester + 75 gr elyaf : 0,449 TL + 0,30 TL : 0,749 TL
2. Mısır/cam elyaf biyokompozit profil imalat maliyeti ;
125gr polyester + 75gr elyaf : 0,488 TL + 0,30 TL : 0,788 TL
3. Palmiye/cam elyaf biyokompozit profil imalatı ;
115gr polyester + 60gr elyaf : 0,449 TL + 0,24 TL : 0,689 TL

Elyaf uygulamalarına göre maliyet hesabı ;

1. TK elyaf uygulaması : 128gr pol. + 64gr elyaf : 0,499 + 0,256 : 0,755 TL
2. İK elyaf uygulaması : 256 gr pol.r + 128gr elyaf : 0,998 + 0,512 : 1,51 TL

Çizelge 5.13. Maliyet karşılaştırması.

1.532. Malzemenin cinsi		1.533. M	
		aliyet	
1.534. Muz/cam biyokompozit profiler 1.535. 40x40x1100mm	elyaf	1.536. TK uygulamalı	elyaf 1.537. 1, 504 TL
1.540. Mısır/cam biyokompozit profiler 1.541. 40x40x1100mm	elyaf	1.538. İK uygulamalı	elyaf 1.539. 2, 259 TL
1.546. Palmiye/cam biyokompozit profiler 1.547. 40x40x1100mm	elyaf	1.542. TK uygulamalı	elyaf 1.543. 1, 543 TL
1.552. Çelik kutu profil 40x40x2x1100mm	elyaf	1.544. İK uygulamalı	elyaf 1.545. 2, 298 TL
		1.548. TK uygulamalı	elyaf 1.549. 1, 444 TL
		1.550. İK uygulamalı	elyaf 1.551. 2, 199 TL
			1.553.

	3,375
	TL
1.554. Çelik köşebent 40x40x4x1100mm	1.555.
	3,11 TL
1.556. Çelik boru profil Ø40x2x1100mm	1.557.
	3,899
	TL
1.558. Ahşap profil 40x40x1100mm	1.559. 1,
	232 TL

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. SONUÇLAR

Sonuç olarak mısır, palmiye ve muz liflerinden 40x40x1100mm boyutlarında altışar adet numune üretimi kalıplama sıkıştırma tekniği kullanılarak polyester reçine katkısı ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler kür sürelerini tamamlamadan cam elyaf uygulaması el yatırması metodu ile 300gr/m²'lik cam elyaf kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen numunelerin kür sonrası görüntüsü dekoratif olmakla beraber oldukça mukavimdir. Numuneler tartılarak değerler kaydedilmiş ve karşılaştırma sonucu palmiye liflerinden üretilen profillerin en ağır olduğu onu mısırın izlediği en hafifin ise muz liflerinden üretilen profilin olduğu belirlenmiştir. Ağırlığın yoğunlukla doğru orantılı ve muz liflerinin yoğunluğunun palmiye ve mısıra göre daha az olduğu düşünüldüğünde bu beklenen bir sonuçtu. Bu değerlere bakıldığında polyester reçine oranı ağırlığa bağlı olduğundan muz liflerinin imalatının daha ekonomik olacağı bir gerçektir. Görüntü olarak bakıldığında daha koyu bir rengi olduğu için palmiye yaprak lifleri daha ilgi çekici görünmektedir.

1. Çalışmanın sonunda elde edilen mısır sapı, palmiye yaprakları ve muz liflerinden oluşan profillerin açık ve kapalı çok fazla mukavemet istemeyen yerlerde kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Muz/cam elyaf biyokompozit profillere yapılan eğilme testleri sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek eğilme dayanımı 13,085N/mm², en düşük eğilme dayanımı 8,957N/mm², İK elyaf uygulamalı muz/cam elyaf biyokompozitlerde en yüksek eğilme dayanımı 18,196N/mm², en düşük 16,834N/mm²' dir.
2. Mısır/cam elyaf biyokompozit profillerin eğilme dayanımı test sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek 15,005N/mm², en düşük

14,337N/mm², İK elyaf uygulamalı numunelerde ise en yüksek eğilme dayanımı 31,546N/mm², en düşük 19,398N/mm² olarak bulunmuştur.

3. Palmiye/cam elyaf biyokompozit profillerin eğilme dayanımı test sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek 16,046N/mm², en düşük 14,772N/mm², İK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek 14,174N/mm², en düşük 13,392N/mm² olarak bulunmuştur.
4. Eğilme dayanımı test sonuçlarında tüm bitki türlerinin deney sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek eğilme direncine palmiye/cam elyaf biyokompozit, en düşük eğilme direncine muz/cam/elyaf biyokompozit profiller sahiptir. İK elyaf uygulamalı numunelerin test sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında ise en yüksek eğilme direncine mısır/cam elyaf biyokompozit profiller, en düşük eğilme direncine ise palmiye/cam elyaf biyokompozit profiller sahiptir.
5. Muz/cam elyaf biyokompozit profillere yapılan basınç dayanımı testleri sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek basınç dayanımı 2,572 N/mm², en düşük basınç dayanımı 2,137 N/mm², İK elyaf uygulamalı muz/cam elyaf biyokompozitlerde en yüksek basınç dayanımı 7,1 N/mm², en düşük 3,973 N/mm²'dir.
6. Mısır/cam elyaf biyokompozit profillere yapılan basınç dayanımı testleri sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek basınç dayanımı 4,473 N/mm², en düşük basınç dayanımı 3,498 N/mm² olarak bulunmuştur. İK elyaf uygulamalı mısır/cam elyaf biyokompozitlerde en yüksek basınç dayanımı 7,131 N/mm², en düşük 6,027 N/mm² olarak bulunmuştur.
7. Palmiye/cam elyaf biyokompozit profillere yapılan basınç dayanımı testleri sonuçları TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek basınç dayanımı 1,278 N/mm², en düşük basınç dayanımı 0,636 N/mm² olarak bulunmuştur. İK elyaf uygulamalı palmiye/cam elyaf biyokompozitlerde en yüksek basınç dayanımı 1,182 N/mm², en düşük 1,116 N/mm² olarak bulunmuştur.

8. Basınç dayanımı test sonuçlarında tüm bitki türlerinin deney sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek basınç dayanımına mısır/cam elyaf biyokompozit profillerin, en düşük basınç dayanımına palmiye/cam/elyaf biyokompozit profillerin sahip olduğu bulunmuştur. İK elyaf uygulamalı numunelerin test sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında ise en yüksek basınç dayanımına mısır/cam elyaf biyokompozit profiller, en düşük basınç dayanımına ise palmiye/cam elyaf biyokompozit profillerin sahip olduğu bulunmuştur.
9. Muz/cam elyaf biyokompozitlere yapılan dinamik eğilme direnci test sonuçlarında TK elyaf uygulamalı profillerde en yüksek dinamik eğilme direnci 513,732 Kgf/cm², en düşük 475,933 Kgf/cm² bulunmuştur. İK elyaf uygulamalı profillerde en yüksek dinamik eğilme direnci 400 Kgf/cm², en düşük 370,865 Kgf/cm² olarak bulunmuştur.
10. Mısır/cam elyaf biyokompozitlere yapılan dinamik eğilme direnci test sonuçlarında TK elyaf uygulamalı profillerde en yüksek dinamik eğilme direnci 427,799 Kgf/cm², en düşük 405,084 Kgf/cm², İK elyaf uygulamalı profillerde ise en yüksek dinamik eğilme direnci 485,432 Kgf/cm², en düşük 400,247 Kgf/cm² olarak bulunmuştur.
11. Palmiyer/cam elyaf biyokompozitlere yapılan dinamik eğilme direnci test sonuçlarında TK elyaf uygulamalı profillerde en yüksek dinamik eğilme direnci 416,442 Kgf/cm², en düşük 405,084 Kgf/cm², İK elyaf uygulamalı profillerde ise en yüksek dinamik eğilme direnci 434,568 Kgf/cm², en düşük 370,865 Kgf/cm² olarak bulunmuştur.
12. Dinamik eğilme direnci test sonuçlarında tüm bitki türlerinin deney sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında TK elyaf uygulamalı numunelerde en yüksek basınç dayanımına muz/cam elyaf biyokompozit profillerin, en düşük basınç dayanımına palmiye/cam elyaf biyokompozit profillerin sahip olduğu bulunmuştur. İK elyaf uygulamalı numunelerin test sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında ise en yüksek basınç dayanımına

mısır/cam elyaf biyokompozit profiller, en düşük basınç dayanımına ise muz/cam elyaf biyokompozit profillerin sahip olduğu bulunmuştur.

13. Su tutma testlerinde en yüksek su tutma oranı muz/cam elyaf biyokompozitler için TK numunelerde %3.38, en düşük %1.72, mısır/cam elyaf biyokompozitler için en yüksek %3.63, en düşük 1.75, palmye/cam elyaf biyokompozitler için en yüksek %2.99, en düşük 1.75 olarak bulunmuştur. İK elyaf uygulamalarda muz için en yüksek %8.06, en düşük 0, mısır için en yüksek %3.57, en düşük %3,51, palmye için en yüksek %4.22, en düşük %1.33 olarak bulunmuştur.

14. Mikroskopik incelemede yüzey matris yapışmasının en iyi muz/cam elyaf biyokompozitlerde, sonra mısır/cam elyaf biyokompozitlerde son olarak ise palmye/cam elyaf biyokompozitlerde olduğu görülmüştür. Kesme yöntemlerinin kesit yüzeylerine etkisi karşılaştırıldığında tüm profiller için en iyi kesit yüzeyi profil kesme ile kesilenlerde, sonra kıl testere ile kesilenlerde son olarak ise yatay daire testere ile kesilenlerde olduğu görülmüştür. Fakat kıl testere ile kesme işlemi oldukça zahmetli ve iş gücü gerektiren bir işlemdir.

6.2. ÖNERİLER

1. Yapılan çalışma örnek alınarak diğer bitki atıkları için profil ve levhalar üretilebilir.
2. Karıştırma makinesinde bitki lifleri spreyleme yöntemi kullanılarak harmanlanırsa daha homojen ve daha az maliyetli bir karışım elde edilebilir. Bitkiler kesme makinesinde kesilerek yada öğütücüde öğütülerek kullanılabilir böylece daha standart ürünler üretilebilir.
3. Kalıp tasarımı geliştirilerek reçine transfer kalıplama metodu uygulanabilir ve daha kaliteli ürünler elde edilebilir. Sıcak presleme kullanılarak ürün imalat süresi kısaltılabilir.

KAYNAKLAR

1. Thwe M.M and Liao K., “Durability of bamboo-glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites”, *Composites Science and Technology*, 63: 375–387 (2003).
2. Calvin D. and Austin, “Bucling of symmetric laminated fiberglass reinforced plastic (FRP) plates”, Master’s Thesis, *B.S. in Civil Engineering University*, Pittsburgh, 2: 5-62 (2003).
3. Xu X, Jayaraman K., Morin C. and Pecqueux N., “Life cycle assessment of wood-fibre reinforced polypropylene composites”, *Journal of materials processing technology*, 198: 168–177 (2008).
4. Bektaş İ., Güler C. ve Kalaycıoğlu H., “Ayçiçeği saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 49-56 (2002).
5. Tufan M. ve Mengeloğlu F., “Odun plastik kompozitleri ve ülkemizde odun plastik kompozit üretiminde kullanılacak hammaddeler üzerine genel bir değerlendirme”, *3. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, 4: 1658-1664 (2010).
6. Baysal E., Yalınkılıç Kemal M., Peker H., Çolak M., Göktaş O., Özen E., Çolak ve Ayşen M., “Atık kağıtların çeşitli bilimsel ve odunsu artık/artık substratlarla pleurotus ostreatus jacq. ex fr kummer değerlendirilmesi”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12 (49): 12-16 (2003).
7. Karakuş K., Güleç T., Kaymakçı A. ve Mengeloğlu F. “Mısır sapı unlarının dolgu maddesi olarak polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi” *3. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, 5: 2013-2019 (Mayıs 2010).
8. Ozaki S. K., Monteiro M.B.B., Yano H., Imamura Y. and Souza M.F., “Biodegradable composites from waste wood and poly(vinyl alcohol)”, *Polymer Degradation and Stability*, 87: 293-299 (2005).
9. Wang W., Sain M. and Cooper P.A., “Study of moisture absorption in natural fiber plastic composites”, *Composites Science and Technology*, 66: 379-386 (2006).
10. Kunanopparat T., Menut P., Morel M.H. and Guilbert S., “Reinforcement of plasticized wheat gluten with natural fibers: From mechanical improvement to deplasticizing effect”, *Composites: Part A*, 39: 777–785 (2008).

11. Renner K., Moczo J. and Pukanszky B., “Deformation and failure of PP composites reinforced with lignocellulosic fibers: Effect of inherent strength of the particles”, *Composites Science and Technology*, 69: 1653–1659 (2009).
12. Pothan Laly A., Oommen Z. and Thomas S., “Dynamic mechanical analysis of banana fiber reinforced polyester composites”, *Composites Science and Technology*, 63 (2): 283-293 (2003).
13. Sreekala M. S., Kumaran M. G., Geethakumariamamma M. L. and Thomas S., “Environmental effects in oil palm fiber reinforced phenol formaldehyde composites: Studies on thermal, biological, moisture and high energy radiation effects”, *Composite Mater*, 13(3-4): 171–197 (2004).
14. Sarıbıyık M., Turhan M. ve Sarıbıyık A., “Cam elyaf takviyeli plastiklerin mekanik özelliklerine elyaf hacim oranının etkileri”, *Beşinci Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, (2009).
15. Yaşar İ. ve Arslan F., Sürekli Cam Elyaf Takviyeli “Polyester matrisli kompozitlerde elyaf hacim oranı ve elyaf doğrultusunun tribolojik özelliklere etkisi”, *Türk J Engin Environ Sci*, 24:181-191 (2000).
16. İnternet: “Cam Elyaf Takviyeli Plastikler” www.ctpsander.com (2010).
17. İnternet: Balıkesir Üniversitesi “Kompozit Malzemeler” [http://w3. Balikesir.edu.tr/~ demirhan /malzeme%20II.htm](http://w3.balikesir.edu.tr/~demirhan/malzeme%20II.htm) (2010).
18. İnternet: “CTP Kitapçığı”, <http://www.camelyaf.com> (2010).
19. İnternet: “Cam Elyaf Takviyeli Plastikler”, <http://www.camelyaf.com> (2010).
20. Vatangül E., “Kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve Ansys 10 programı ile mıl gerilme analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmir, 27-30 (2008).
21. Alkaya E., Altay Akarsoy T., Ata Başak A., Çakar Ölmez S. ve Durtaş P., “İleri teknoloji projeleri (İTEP) destek programı raporu”, *Türkiye Teknoloji gelişim vakfı*, 18-26 (2010).
22. M. Burak Arslan ve B.Karakuş, “Tarımsal atıklardan lif ve yonga levha üretimi”, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (12): 54-62 (2007).
23. Anil N. Netravali and Shitij Chabba, “Composites get greener” *Materialstoday*, 4: 22-29 (2003).
24. İnternet: “Ahşap Plastik Kompozitler” <http://www.komwood.com.tr> (2010).
25. İnternet: “Lifli Bitkiler” <http://veteknoloji.com> (2010).

26. İnternet: “Bitki Gövdesinden Elde edilen Lifler” [http:// www.teknolojiweb.net](http://www.teknolojiweb.net) (2010).
27. İnternet: “Bitkiler” ” <http://www.organiktarimnedir.com> (2010).
28. İnternet: “Jüt Yetiştiriciliği” <http://www.gaziantep.com> (2010).
29. İnternet: “Coco Bitkisi” ” <http://www.bitkivecicek.com> (2010).
30. İnternet: “Pamuk” <http://www.bahcebitkileri.org> (2010).
31. İnternet: “Palmiye Lifleri” <http://denicotr.com> (2010).
32. İnternet: “Şeker Kamışı Yetiştiriciliği” <http://www.msxlab.org> (2010).
33. İnternet: “Sugarcane” <http://www.genomeindia.org>
34. F. Mengeloğlu ve M. Hakkı Alma “Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2) : 37-48 (2002).
35. İnternet: “Buğday” <http://www.ekimgubre.com/> (2010).
36. İnternet: “Materials” <http://www.africantropicalheritage.com/> (2010).
37. İnternet: “Bitkiler Hakkında Ansiklopedik Bilgi” <http://www.turkcebilgi.com> (2010).
38. İnternet:”Mısır” <http://www.harrantarim.gov.tr> (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Sevgi HOYUR, 1981 yılında Zonguldak'ta doğdu, ilköğrenimini Cengiz Topel İlköğretim okulunda, lise eğitimini Kozlu Yabancı Dil Ağırlıklı Lisede tamamladı. 2008 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği bölümünü bitirdi. Yüksek Lisans Eğitimine 2008 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : 100. Yıl Mah. Beyazkent Sitesi A2 blok daire:12/Karabük
Tel : (544) 840 75 86
e-posta : sevgihoyur_81@hotmail.com