

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT BİLİM DALI**

**DOĞAL LİF KATKILI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ece ÖMEROĞLU

**Danışman
Prof. Dr. Enver ATİK**



MANİSA-2019

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT BİLİM DALI**

**DOĞAL LİF KATKILI KOMPOZİT MALZEMELERİN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ece ÖMEROĞLU

**Danışman
Prof. Dr. Enver ATİK**



MANİSA-2019

**Ece
ÖMEROĞLU**

**DOĞAL LİF KATKILIKOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

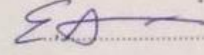
2019

TEZ ONAYI

Ece ÖMEROĞLU tarafından hazırlanan "Doğal Lif Katkılı Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması 16/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

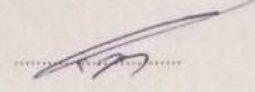
Danışman

Prof. Dr. Enver ATİK
Celal Bayar Üniversitesi



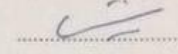
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ramazan KARAKUZU
Dokuz Eylül Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğrt. Üyesi Can ÇİVİ
Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ece ÖMEROĞLU



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ	1
2. KOMPOZİT MALZEMELER.....	8
2.1. Genel Tanımlar, Kavramlar	8
2.2. Kompozit Malzemelerin Tarihsel Süreci.....	10
2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	12
2.4. Kompozit Malzemelerin İmal Edilmesi	13
2.4.1. Plazma Püskürtme Yöntemi	13
2.4.2. Elle Yatırma Yöntemi	14
2.4.3. Toz Metalurjisi Yöntemi	15
2.4.4. Reçine Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi (RTM).....	16
2.4.5. Vakum İnfüzyon Yöntemi.....	16
2.4.6. Vakum İnfüzyon Yöntemi ile İmalat Kademeleri.....	18
2.4.7. Vakum İnfüzyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları.....	19
3. TEKSTİL LİFLERİ.....	20
3.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması.....	20
3.1.1. Doğal Lifler	20
3.1.2. Kimyasal (Yapay) Elyaf.....	21
3.2. Tekstil Liflerinin Asıl Özellikleri	22
3.3. Bitkisel Lifler.....	25
3.3.1. Gövde (Sak) Lifleri	25
3.3.2. Tohum Lifleri	29
3.3.3. Meyve Lifleri.....	33
3.3.4. Yaprak Lifleri.....	33
4. MALZEMELER VE YÖNTEMLER	34

4.1.	Kompozit Plakaların Üretiminde Kullanılan Malzemeler	34
4.1.1.	Jüt Kumaş	34
4.1.2.	Keten Kumaş	34
4.1.3.	Pamuk Kumaş	35
4.1.4.	Cam Elyaf.....	35
4.1.5.	Epoksi Reçine.....	36
4.2.	Kompozit Plakaların Üretilmesi	36
5.	ÜRETİMİ YAPILAN KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	44
5.1.	Çekme Testi.....	44
5.2.	Darbe Testleri	46
6.	MALZEMELERE UYGULANAN MEKANİK TESTLERİN SONUÇLARI ..	48
6.1.	Çekme Testi Sonuçları	48
6.1.1.	PLAKA-1'in Çekme Testi Sonuçları	48
6.1.2.	PLAKA-2'nin Çekme Testi Sonuçları	49
6.1.3.	PLAKA-3'ün Çekme Testi Sonuçları	49
6.1.4.	PLAKA-4'ün Çekme Testi Sonuçları	50
6.2.	Darbe Testi Sonuçları	57
6.2.1.	PLAKA-1'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları	57
6.2.2.	PLAKA-2'ye Uygulanan Darbe Testi Sonuçları	61
6.2.3.	PLAKA-3'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları	65
6.2.4.	PLAKA-4'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları	69
6.2.5.	CAM-2'ye Uygulanan Darbe Testi Sonuçları.....	73
6.2.6.	CAM-3'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları.....	77
6.2.7.	CAM-4'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları.....	81
7.	GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	87
8.	KAYNAKLAR	90
9.	ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kerpiç [29]	10
Şekil 2.2. Beton [30]	11
Şekil 2.3. Plazma püskürtme [32]	14
Şekil 2.4. Elle yatırma tekniği [34]	15
Şekil 2.5. RTM kalıplama tekniği [36]	16
Şekil 2.6. Vakum infüzyon yöntemi [38]	17
Şekil 2.7. Vakum infüzyon yöntemindeki malzemeler [37]	17
Şekil 2.8. Ortadan reçine verilip kenarları vakumlanan yöntem (Tip 1) [37]	18
Şekil 2.9. Reçine ve vakumların karşılıklı yerleştirildiği yöntem (Tip 2) [37]	18
Şekil 3.1. Farklı çapta ve kesitlerde lifler [40]	24
Şekil 3.2. Keten lifi [42]	26
Şekil 3.3. Keten lifinin fiziksel yapısı [44]	27
Şekil 3.4. Hasat edilmiş jüt demetleri [46]	28
Şekil 3.5. Bambu bitkisi [47]	29
Şekil 3.6. Pamuk kozasının açılmış hali [48]	30
Şekil 3.7. Pamuk lifinin fiziksel görüntüsü [40].	31
Şekil 3.8. Olgunlaşmış kapok kozası ve şekli [49].	32
Şekil 4.1. Jüt kumaş	34
Şekil 4.2. Keten kumaş	34
Şekil 4.3. Pamuk kumaş	35
Şekil 4.4. Cam elyaf	35
Şekil 4.5. Epoksi reçine ve sertleştirici görseli	36
Şekil 4.6. Üretimi yapılan doğal lif katkılı kompozit plakalarda katmanların sıralanışı	37
Şekil 4.7. Üretimi yapılan sadece cam elyaf katkılı kompozit plakalarda katmanların sıralanışı	38
Şekil 4.8. Kompozit malzeme üretim tezgâhı	39
Şekil 4.9. Ayırıcı film	39
Şekil 4.10. Plakalarda kumaşların sıralanması	40
Şekil 4.11. Soyma kumaşı	40
Şekil 4.12. Reçine dağıtıcı serilmiş görsel	41
Şekil 4.13. Plakalara spiral hortumlar yerleştirilmiş hali	41
Şekil 4.14. Plakaların vakuma alınmış hali	42
Şekil 4.15. Vakum yardımı ile reçinenin emdirilmesi.	42
Şekil 4.16. Kürlenmeye yapılan kompozit plakaların bir görseli	43
Şekil 4.17. Kompozit üretim tezgâhının ekranı	43
Şekil 5.1. Çekme test cihazı	45
Şekil 5.2. ASTM D 3039 standardına göre çekme numunelerinin şematik görünüşü [51]	45
Şekil 5.3. CEAST-Fractovis Plus darbe cihazının görüntüsü	47
Şekil 5.4. CEAST-Fractovis Plus darbe cihazı numune sıkma aparatı görseli	47

Şekil 6.1. PLAKA-1'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği ..	48
Şekil 6.2. PLAKA-1'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri	48
Şekil 6.3. PLAKA-2'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği ..	49
Şekil 6.4. PLAKA-2'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri	49
Şekil 6.5. PLAKA-3'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği ...	50
Şekil 6.6. PLAKA-3'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri.	50
Şekil 6.7. PLAKA-4'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği ...	51
Şekil 6.8. PLAKA-4'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri.	51
Şekil 6.9. CAM-2'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği.....	52
Şekil 6.10. CAM-2'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri ..	52
Şekil 6.11. CAM-3'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği	53
Şekil 6.12. CAM-3'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri...	53
Şekil 6.13. CAM-4'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği	54
Şekil 6.14. CAM-4'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünüşleri...	54
Şekil 6.15. Bütün numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen ortalama çekme dayanımı değerleri.....	55
Şekil 6.16. Bütün numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen ortalama yüzde birim uzama değerleri.....	56
Şekil 6.17. PLAKA-1'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	58
Şekil 6.18. PLAKA-1'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü	59
Şekil 6.19. PLAKA-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	62
Şekil 6.20. PLAKA-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü	63
Şekil 6.21. PLAKA-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	66
Şekil 6.22. PLAKA-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü	67
Şekil 6.23. PLAKA-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	70
Şekil 6.24. PLAKA-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü	71
Şekil 6.25. CAM-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	74
Şekil 6.26. CAM-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü.....	75
Şekil 6.27. Cam 3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri	78
Şekil 6.28. CAM-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü.....	79
Şekil 6.29. CAM-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri.....	82

Şekil 6.30. CAM-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü.....	83
Şekil 6.31. 4 PLAKA'nın da ortalama absorbe edilen enerji değerleri	85
Şekil 6.32. 3 CAM'ın da ortalama absorbe edilen enerji değerleri.....	86



TABLO DİZİNİ

Tablo 3.1. Bazı liflerin kopmada uzaması ve gerilme mukavemeti [40]	22
Tablo 3.2. Bazı elyafların esneklikleri [40]	23
Tablo 3.3. Farklı türdeki liflerin yoğunluk dereceleri	25
Tablo 4.1. Dokuma tipi jüt/keten/pamuk/cam elyaf takviyeli karma kompozitlerin ve sadece cam elyaf takviyeli kompozitlerin tabaka sayıları, dizimleri ve 1m ² 'deki ağırlıkları.....	38
Tablo 6.1. Bütün plakalardan elde edilen numunelerin çekme testi sonuçları	55
Tablo 6.2. PLAKA-1'in, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	60
Tablo 6.3. PLAKA-2'nin, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	64
Tablo 6.4. PLAKA-3'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	68
Tablo 6.5. PLAKA-4'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	72
Tablo 6.6. CAM-2'nin, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	76
Tablo 6.7. CAM-3'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	80
Tablo 6.8. CAM-4'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler	84

TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Enver ATİK'e,

Kompozit plakaların üretilmesi ve yapılan deneyler esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ramazan KARAKUZU, Sayın Doç. Dr. Yusuf ARMAN ve Arő. Gör. Akar DOĞAN'a,

Çalıőmamda çekme test cihazı konusunda her türlü imkan ve desteği veren Sayın Prof. Dr. Rasim İPEK ve Sayın Arő. Gör. Zafer YENİER'e,

Laboratuvar desteği sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi ve Ege Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Ece ÖMEROĞLU
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL LİF KATKILI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ECE ÖMEROĞLU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Enver ATIK

Bu çalışmanın amacı, cam elyaf takviyeli epoksi matrisli kompozit malzemelere jüt, keten ve pamuk doğal lifleri eklenerek bu kompozit malzemelerde mekanik özelliklerinin değişimini incelemektir.

Bu amaçla jüt, keten, pamuk ve cam elyaf kumaşları kullanılarak 9 kat olacak şekilde farklı oranlarda ve sıralamalarda 4 çeşit kompozit plaka üretilmiştir. Ayrıca kat sayıları farklı olacak şekilde sadece cam elyaf kullanılarak 3 çeşit kompozit malzeme üretilmiştir. Bu kompozit plakaların üretimi için vakum infüzyon yöntemi kullanılmıştır.

Üretilen kompozit plakaların mekanik özelliklerini belirlemek için numunelere çekme ve darbe testleri yapılmıştır. Çekme testleri sonucunda numunelere ait gerilme - birim uzama grafikleri oluşturulmuş, kopma gerilmesi ve maksimum uzama değerleri ve darbe testleri sonucunda kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri elde edilmiştir.

Sonuç olarak 9 katlı farklı doğal lifler ve cam elyaf kullanılarak üretilen plakaların 2, 3 ve 4 katlı sadece cam elyaf takviye edilerek üretilen plakalardan daha düşük mukavemetli olduğu görülmüştür. Bu durum doğal liflerin, cam elyafın epoksi reçineye yapışmasını engellediği düşünülmektedir. Diğer bir sonuç ise; yapılan darbe testlerinde enerji seviyelerinin arttığı görülmüştür. Absorbe edilen enerjiler karşılaştırıldığında; 9 katlı farklı doğal lifler ve cam elyaf kullanılarak üretilen plakaların 2, 3 ve 4 katlı sadece cam elyaf takviye edilerek üretilen plakalardan daha fazla enerji absorbe ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Doğal lif, pamuk, jüt, keten, cam elyaf, kompozit malzeme, mekanik özellikler

2019, 93 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATIONS OF MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIALS

ECE ÖMEROĞLU

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Enver ATİK

The purpose of this study; examine mechanical properties of defined mixed composite materials (with epoxy matrix) supported by wool, linen and cotton fabrics.

For this purpose, using jute, linen and cotton fabrics with nine storey, different ratio and sorting, produced four kind of composite plate. Also produced three composite material which are different coefficients with only using glass fiber. For this composite plates production have used infusion supporting vacuum.

These composite plates have been tested for pulling and impact tests to determine mechanical properties with prepared samples. Result of pulling tests created graphics -belonging to samples- These are; power-stretching and stress-transfiguration graphics

Consequently; using nine storey different natural fabrics and glass fiber, these plates are less stronger than 2,3 and 4 storey produced only using glass fiber plates. This situation shows us natural fabrics, glass fiber blocking glue epoxy resin. Other result, increasing energy level for impact test. Compared absorbed energy, nine storey different natural fabrics and glass fiber plates have much absorbed energy than 2,3 and 4 storey produced using only glass fiber plates.

Keywords: Natural fiber, cotton, jute, linen, composite material, mechanical properties.

2019, 93 pages

1. GİRİŞ

Son dönemlerde doğal kaynakların hızla yok olması, bu kaynakların uygun amaçlar için kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bunun için çalışmalar sürmektedir. Bu noktada kompozit malzemeler öne çıkmaktadır. Kompozit malzemelerle birlikte az enerjili, ağır olmayan, yüksek performanslı ve ucuz yapılar oluşmaktadır. Bugün için birçok alanda kompozit kullanılmaktadır. Özellikle kompozit malzemelerin dünya piyasasında da geniş payı vardır. Tüm bu veriler de kompozit malzemelerin önemini ortaya koymaktadır [1].

Kompozit malzeme geliştiği için yeni, bir o kadar da eski tarihli bir malzemedir. İnsanlar kompozitin yararlarını ilk çağlarda keşfetmiştir. Kompozit malzemeler, en az iki malzemenin birleştirilmesiyle oluşan malzemelerdir. Kompozit malzeme üretilerek sağlanan faydalara yenileri de her zaman eklenmeye devam edecektir. Kompozit malzemeler ağır olmayan ve yüksek mukavemetli malzemelerdir. Kolay şekil alır ve montajı da kolaydır. Onarım malzemesi olacak şekilde de kullanılabilirler. Böylece hasarlı yapılar kolayca onarılabilir [2].

Yapılan literatür araştırmalarında çalışmalar genellikle, takviye elemanı olarak doğal liflerin kullanılmasının ara yüzey etkinliğini arttırmak ve mukavemet özelliklerini araştırmak üzerine olduğu görülmüştür. Son zamanlarda doğal liflerin sentetik liflerin yerine kullanılması, onların ilgi çekici olmasını sağlamıştır.

George, Ivens ve Verpoest, 1999 yılında yaptıkları çalışmada epoksi reçineli ve keten elyaf takviyeli kompozit üretmişlerdir. Bunun için otoklav kalıplama yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada çeşitli elyaf parametrelerinin özellikleri araştırılmıştır. Takviye elemanı ve matris malzemesi arasındaki etkileşim geliştirilmek istenmiştir. Bunun için elyaf yüzey modifikasyonu işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler; alkali, silan ve izosiyanat işlemi gibi işlemlerdir. Ardından bu malzemelere ölçümler yapılmıştır. Bunlar; taramalı elektron, atomal kuvvet mikroskopisi gibi ölçümlerdir. Mekanik özellikler için modifikasyon işlemlerinin önemi anlaşılmıştır [3].

Ahmed, Vijayarangan ve Kumar, 2007 yılında yaptıkları çalışmada matris malzemesi olarak izoftalik polyester kullanıp takviye malzemesi olarak ise dokuma jüt ve cam elyaf kullanarak kompozit malzeme oluşturmuşlardır. Bunların düşük hızlı darbe davranışını araştırmışlardır. Malzemeler 3 farklı oranda jüt-cam elyaf ve sadece jüt kumaş takviyeli olarak oda sıcaklığında kalıpta elle yatırma yöntemi ile üretilmişlerdir. Malzemeler düşük basınç altında kürlenmiştir. Numunelere darbe testi uygulanmıştır. Numunelere düşürme yüksekliği değiştirilerek dört farklı enerji seviyesi (5J, 10J, 15J ve 20J) uygulanmıştır. Numunelerden bazılarında tahribatsız muayene testi yapılmıştır. Ardından hasar toleransı kapasitesi değerlendirilmek istenmiştir. Sonuçlara göre darbe enerjisi sönümlenme kapasitesi; jüt-cam numunelerinde sadece jüt numunelerinden daha azdır. Hasar tolerans kapasitesi; jüt-cam numunelerinde sadece jüt numunelerinden daha iyidir [4].

Sağbaş, Kahraman ve Koyuncu, 2009 yılında yaptıkları çalışmada matris malzemesi olarak polyester ve takviye malzemesi olarak ise farklı oranlarda keten lifleri kullanarak kompozit malzemeler üretmişlerdir. Bunun için elle yatırma tekniğini kullanmışlardır. Mekanik özellik incelemesi olarak çekme ve darbe testleri yapılmıştır. Sonuçlara göre takviye miktarı yükseldikçe çekme ve darbe dayanımının da yükseldiği görülmüştür [5].

Sever ve ark., 2011 yılında yaptıkları çalışmada matris malzemesi olarak yüksek yoğunluklu polietilen, takviye malzemesi olarak da jüt elyaf kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Malzemelere ısı çevrimin alkali ve siloksan yüzey modifikasyonu uygulanmıştır. Bu numunelerin tabakalar arası kayma dayanımını incelemişlerdir. Sonuçlara göre en iyi yapışma oligomerik siloksan yüzey modifikasyonunda görülmüştür. Isıl çevrimin etkisi yapışma arttıkça azalmıştır. Buna göre ısı çevrimden en az etkilenen numunelere oligomerik siloksan yüzey işlemi uygulanmıştır. Isıl çevrimden işlem yapılmamış kompozitler alkali işlem uygulanan kompozitlere göre daha çok etkilenmişlerdir [6].

Muralidhar, Giridev ve Raghunathan, 2012 yılında yaptıkları çalışmada matris malzemesi olarak epoksi reçine, takviye malzemesi olarak ise sırasıyla ribana

örme/düz dokuma şeklinde keten kumaş kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Mekanik özellikler açısından eğilme ve darbe deneyleri yapmışlardır. Katmanların istiflenme açısının ve sayısının etkisi incelenmiştir. Bütün durumlarda en iyi eğilme ve darbe özelliklerini düz dokuma kumaşla takviye edilen malzemeler vermiştir. Ribana örme ve düz dokuma olanlarda, en iyi eğilme ve darbe sonucunu verenler yüzey katmanında ribana örme olan kompozitlerdir. Sonuca göre katman sayısında artış olursa istiflenme hangi açıda olursa olsun mukavemet artmıştır [7].

Faruk ve ark., 2012 yılında yaptıkları çalışmada, 2000 - 2010 seneleri arasındaki biyo-polimerler ve doğal lifler bulunan çalışmaların araştırmasını yapmışlardır. Bu çalışma; biyo-kompozitlerdeki takviye elemanlarının kaynak, yapı ve mekanik özelliklerini barındırmaktadır. Ayrıca bu çalışma; fiziksel ve kimyasal modifikasyon, biyo-kompozitlerin üretimini etkileyen faktörler ve bazı üretim yöntemlerini barındırmaktadır [8].

Zhang ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada, takviye malzemesi olarak sisal, jüt ve keten gibi doğal lifleri kullanmanın kompozit malzeme yapımında etkisi vardır. Doğal lifler doğada çok fazla buldukları ve yenilenebildikleri için tercih nedenidir. Bunun dışında doğal liflerle çalışmak daha sağlıklıdır. Ancak doğal liflerden yapılan malzemelerin dayanımı diğer malzemelere göre daha düşük olduğundan kullanımı sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışmada doğal lif takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır [9].

Santulli ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada matris malzemesi olarak epoksi reçine, takviye malzemesi olarak ise jüt ve yün keçe kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Bu malzemelerin karakteristik özelliklerini bulmak istemişlerdir. Üretim yöntemi olarak elle yatırma tekniğini kullanmışlardır. 2 farklı kompozit malzeme ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi jüt-keçe-jüt şeklinde, ikincisi ise jüt-keçe-jüt-keçe-jüt sıralamasıyla üretilmiştir. Ardından mikroyapı incelemesi, gerilme ve mekanik davranışlarının yarı statik durum için testleri yapılmıştır. Bunun dışında 6J, 8J, 9J olacak şekilde darbe testleri yapılmıştır. Akustik emisyon testi (AE) de yapılmıştır. Sonuca göre; sadece keçeden yapılan kompozitin

çekme ve eğilme dayanımı karma kompozite göre daha düşük çıkmıştır. Bir de verimi arttırmak için fiziko-kimyasal işlemler yapılması gerektiği anlaşılmıştır [10].

Huo ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak keten elyaf kullanarak kompozit malzeme oluşturmuşlardır. Bu numunelere yüzey modifikasyon işlemleri uygulamışlardır. 4 farklı keten/vinilester ve E-camı/vinilester kompozitleri üretilmiştir. Ardından bunların mekanik özellikleri incelenmiştir. Bunlar vakum destekli reçine transfer yöntemiyle üretilmişlerdir. Akrilik asit işlemi, hem ara yüzey kayma mukavemetinin, hem de katmanlar arası kayma mukavemetinin %30 oranında yükselmesine neden olmuştur. Sonuca göre, yüzey modifikasyonu işlemiyle, keten takviyeli kompozitin mekanik özellikleri yüksek oranda iyileşmiştir [11].

Zhang ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak cam elyaf ve tek yönlü keten kumaş kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Bunların mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Amaç ise doğal ve sentetik elyafları birlikte kullanabilmektir. Cam elyaf katılarak kompozitlerin mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Çekme dayanımı ve deformasyonunu takviye elemanlarının istifleme sırasının etkilediği görülmüştür. Cam elyaf takviyeli malzemelerin kırılma tokluğunun ve kayma mukavemetinin karma malzemelerden daha düşük olduğu görülmüştür [12].

J. Zhu ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak keten elyaf kullanarak oluşturulan polimerik kompozitleri incelemişlerdir. Ayrıca gelişmiş elyaf işlemlerini de araştırmışlardır. Bu işlemler; silan, mercerizasyon peroksit ya da kaplama gibi işlemlerdir. Bunun dışında keten elyaf kompozitler için nanoteknolojideki yenilikler de değerlendirilmiştir [13].

Hossain ve ark., 2013 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak jüt kullanmışlardır. Jütlerin dereceleri $0/+45^\circ/-45^\circ/0$, $0/0/0/0$ ve $0/90^\circ/90^\circ/0$ şeklindedir. Bunlar vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiştir. Üretildikten sonra üç

nokta eğme ve çekme testleri yapılmıştır. Kırılma bölgeleri elektron mikroskopuyla incelenmiştir. Çekme dayanımları için 0/90°/90°/0 sıralamasında her iki yönde de mukavemet aynı çıkmış; 0/+45°/-45°/0 ve 0/0/0/0 sıralamalarında enine mukavemet, boyuna mukavemetten daha düşük çıkmıştır. Sonuca göre; gerilme jüt elyafın çekme mukavemetine, jütün gerilme özelliği ise yapısına bağlıdır [14].

Yan ve ark., 2014 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak keten elyaf kullanılan kompozitlerdeki gelişmeleri ele almışlardır. Öncelikle mekanik özellikler, elyaf yapısı ve gerilme için parametrelerin etkisi irdelenmiştir. Ardından üretim biçimleri, lif hacim oranı ve elyaf/matris parametreleri irdelenmiştir. Sonunda da bu tür kompozitlerin yaşam devri ve dayanım irdelenmesi yapılmıştır [15].

Pandita ve ark., 2014 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak jüt kumaş kullanılan kompozitleri araştırmışlardır. Bunların mekanik özelliklerini ve yaşam devri değerlendirmelerini irdemişlerdir. Jüt kompozit ve cam elyaf takviyeli kompozit ile sandviç yapılmıştır. Matris malzemesi olarak epoksi kullanılmıştır. Bunlar vakum infüzyon tekniğiyle üretilmiştir. Bunlara su emme testi yapılmıştır. Sonuca göre; jüt kompozitlerin su emme oranı dış kısımları cam elyaf olan sandviç kompozite göre daha çoktur. Su emme oranı elyaf suyun etkileştiği noktalarda artmaktadır. Yalnızca jüt takviyeli kompozitlerde darbe ve eğilme özellikleri jüt/cam kompozitlere göre daha düşük çıkmıştır. Ardından bu malzemelerin çevresel etkileri irdelenmiştir. Yalnızca jüt takviyeli kompozitlerin jüt/cam takviyeli kompozitlere göre daha olumlu çevresel etkileri vardır [16].

Vijaya Ramnath ve ark., 2014 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak cam, abaka elyaf ve jüt kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Bunların mekanik özelliklerini irdemişlerdir. Bu malzemeler elle yatırma tekniğiyle üretilmiştir. Bu numuneler 3 farklı şekilde üretilmiştir. Sonuca göre; elyafın yönlendirilmesinin mekanik özelliklerin belirlenmesinde önemli olduğu görülmüştür [17].

Dhakal ve ark., 2014 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak jüt ve matris malzemesi olarak ise polyester kullanarak kompozit üretmişlerdir. Bunları da vakum infüzyon ve elle yatırma yöntemiyle üretmişlerdir. Ardından malzemelerin darbe hızı ve sıcaklıklarının darbe davranışına etkileri irdelenmiştir. Sonuca göre; 30°C’de darbe enerjisine dayanımları iyi çıkmıştır. Ardından da üç nokta eğme testi yapılmıştır. Sonuca göre; sıcaklık ve darbe hızının önemi ortaya çıkmıştır. Eğilme deneyinde ise sıcaklık artarsa eğilme dayanımının azaldığı ortaya çıkmıştır [18].

Croccolo ve ark., 2015 yılında yaptıkları çalışmada takviye malzemesi olarak keten kullanıp matris malzemesi olarak ise iki farklı reçine kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Bunların mekanik özelliklerini irdelenmiştir. Bu deneyler; eğme, çekme ve kayma deneyleridir. Kayma testi standarda uygun olmayıp çekme ve eğilme testleri standarda uygun olduğundan yalnızca çekme ve eğilme testleri değerlendirilmiştir. Sonuca göre; dayanım ve sertlik bakımından vinilester reçine izo ftalik reçineden daha kötüdür. Bunun dışında izo ftalik reçinenin daha kullanışlı olduğu saptanmıştır [19].

Yukarıda bahsedilen literatür araştırmalarında görüldüğü üzere çalışmaların genellikle; hangi üretim yöntemlerini kullandıkları, oluşturulan kompozit malzemenin mekanik özelliklerini, bileşenlerin kompozit malzeme içerisindeki davranışlarını, matris ve doğal takviye malzemesi arasındaki uyumu, doğal elyaf kullanımının kompozit malzemelere etkisini içerdiği görülmüştür [20].

Bu çalışmada ise jüt, pamuk, keten ve cam elyaf kumaş kullanılarak ve farklı tabaka sayılarında sadece cam elyaf takviyeli epoksi reçine matriksli kompozit malzemeler üretilmiştir. Bu kompozitlere çekme ve darbe testleri yapılmıştır. Farklı kumaş oranlarında, farklı dizilimlerle oluşturulmuş dört ayrı kompozit plaka ve farklı tabaka sayılarında yalnızca cam elyaftan üretilen üç ayrı kompozit plaka da vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiştir. Çekme testleri ile mukavemet ölçülmüştür. Darbe

dayanımlarının belirlenmesi amacıyla numunelere darbe testi yapılmıştır. Elde edilen test sonuçlarına göre grafikler çizilmiştir. Ayrıca hasar görüntüleri de sunulmuştur.



2. KOMPOZİT MALZEMELER

2.1. Genel Tanımlar, Kavramlar

Kompozit:

Karma farklı tarzları birlikte taşıyan [21], farklı malzemelerin birlikte olan hali [22] olarak ifade edilmektedir. Ayrıca kompozit tanım olarak, “aynı amaç için farklı olan öğelerin biraraya getirilmesiyle oluşan bütün” olarak da kullanılmaktadır [2].

Kompozit malzeme:

Homojen olmayan malzemelerden farklı biçimde oluşan malzemelerdir [23]. Yeni bir özellik oluşturmak amacıyla en az iki aynı yada farklı malzemenin, biraraya gelmesiyle oluşan malzemelere denir [24].

Kompozit malzeme, birden fazla farklı malzemenin birleştirilmesiyle oluşan ve barındırdığı malzemelerin hiçbirinde tek başına bulunmayan yeni özellikleri elde etmek amacıyla oluşturulan malzemedir [2].

Bileşen:

Kuvvetlerin bileşke oluşturması durumunda kuvvetlere [21], bütünün parçasını oluşturan kısma [23] veya bütünün parçalarından her birine bileşen denir [2].

Kompozit eleman/ bileşen:

En az iki malzemenin belli amaç doğrultusunda birleştirilmesiyle oluşur. Kompozit malzemelerde bileşenler üç boyutta birleştirilir [25].

“Kompozitler çok fazlı malzeme sayılırlar. Yapılarında sürekli bir ana faz ile onun içinde dağılmış pekiştirici donatı fazı bulunur. Bazı malzemelerde bu tür yapı

Üretim sırasında oluşabilir ve fazlarının karışımı mikroskopik düzeydedir. Örneğin perlitik çelikte yumuşak ve dşuk mukavemetli ferrit ile sert ve gevrek sementit yan yana ince tabakalar halinde dizilir. Tek başlarına mekanik özellikleri elverişli olmayan ferrit ve sementitin mikroskopik düzeyde homojen karışımından oluşan perlit yüksek mukavemete ve yüksek tokluğa sahiptir. Ancak uygulamada kompozit malzeme olarak anılan sistemlerde bileşenler makroskopik düzeydedir. Bunlar sonradan bir araya getirilerek üstün özellikli bir kütleye dnştirlmştir” [26].

Kompozitin iki ana malzemesi matris ve takviye elemanıdır. Katkı maddeleri de eklenebilir. Takviye elemanları kompozitlerin dayanımını yükseltir. Sünek olanlar matris malzemelerdir. Bu nedenle bir malzemede birçok iyi özellik bulunabilir. Matris malzemelerinin kimyasal dayanımı, korozyon direnci, elektrik ve ısı yalıtımı gibi özellikleri de değişiklik gösterebilmektedir [27].

Takviye elemanı:

Takviye elemanları tanım olarak; lifler ve bunun gibi malzemelerdir ve kompozit malzemelerde kullanılırlar. Kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini artırırlar. Kompozit malzemelerde genel olarak polimerik lifler kullanılmaktadır. Kompozitin içindeki takviye malzemesinin hacmi % 10’u geçtiğinde dayanıklılığı artmaya başlar. Başlıca şu elyaflar kompozitte kullanılır:

- Cam elyaf
- Aramid elyafi
- Karbon elyafi
- Poliamid, polyester elyafi
- Yüksek yoğunluklu polietilen elyafi [28].

Matris Malzemesi:

Tanım olarak; malzemeleri birarada tutmayı sağlayan malzemelere denir. Bunlar metal, seramik ve polimerik şeklinde olabilir. Görevleri şu şekildedir:

- Takviye malzemelerine yük iletme,
- Takviye malzemelerinin yapısının korozyon gibi nedenlerden dolayı bozulmasını önlemek ve onları darbelere karşı korumaktır [28].

Diğer katkı maddeleri:

- Yumuşatıcılar
- Stabilizatörler
- Dolgu maddeleri
- Renklendiriciler gibidir [28].

Kompozit malzeme olabilme koşulları:

- En az iki malzeme olması gerekli,
- Bu malzemelerin üç boyutlu olarak birleştirilmesi,
- Malzemelerin birleşerek farklı özellikte bir malzeme ortaya çıkmış olması gereklidir [25].

2.2. Kompozit Malzemelerin Tarihsel Süreci

İlk zamanlardan itibaren insanlar kompozit malzemeyi kullanmışlardır. Örnek olarak kerpiç söylenebilir. Kerpiç, bitki kökü ve saman içine killi çamur konularak üretilir. Bu şekilde malzemenin dayanımı arttırılmış olur (Şekil 2.1.). Kompozit malzemeler mühendislik açısından ilk kez 1940'lı yıllarda ele alınmıştır. [25].



Şekil 2.1. Kerpiç [29]

Liflerin kullanımı da çok eskilere dayanmaktadır. Örnek olarak cam lifi Mısırlılar tarafından üretilmiştir [25].

İlk uygarlıkların kurulduğu Mezopotamya'da M.Ö. 3. binyıldan sonra tuğla ve bitümlü bir kerpicin (kuru tuğla) yapım işlerinde kullanıldığı görülmektedir. Bu kuru tuğlanın kar, yağmur gibi hava koşullarına yeterli miktarda dayanımı olmadığından pişirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemelerin kullanılmasının asıl nedeni, bölgede yeterli miktarda taş bulunmamasıdır. Anadolu'da ise M.Ö. 3. binyıldan itibaren içerisinde bitkisel maddeler ve iri kumlar içeren kil esaslı harçlar kullanıldığı görülmektedir [25].

19.yy başlarında çimento sanayisinin gelişmesiyle birlikte beton kullanımı önemli bir yere sahip olmuştur. Beton malzemesi; su, agrega, çimento ve kum malzemelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.2.) [27].



Şekil 2.2. Beton [30]

19.yy sonlarında ise cam elyaf takviye malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunların sanayide kullanımı ise 1930'lu yılların sonlarına rastlamaktadır. Dayanım/ağırlık oranının önemli olduğu uygulamalarda son 50 yıldır elyaf talviyesi kullanılmaktadır. Modern kompozitler ABD'de bulunan Owens Corning Fiberglass şirketinin cam elyaf satmaya başlamasıyla önem kazanmıştır. Çok geçmeden cam elyaflar uçak sanayisinde yerini almıştır. Çünkü uçak sanayisinde küçük ve güçlü tasarımlar için cam elyaf çok önemli bir seçenek haline gelmiştir [27].

2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozitleri üç gruba ayrılabiliriz;

- a) Lifli
- b) Taneli
- c) Tabakalı

a) Lifli Kompozitler: Lifli kompozitler çok fazla kullanılmaktadır. Takviye malzemesi olarak cam elyaf kullanılan plastik kompozitlerin çok fazla kullanım alanı vardır. Birçok malzeme elyaf halinde yüksek mukavemetlidir. Elyaf lar sünek bir matris ile birlikte yüksek dayanımlı ve hafif bir yapıya sahip olurlar. Matris sünek olursa elyaf çatlasa bile etkili bir çatlama olmaz ve yayılması matris tarafından önlenir [27].

b) Taneli Kompozitler: “Bir takviye, eğer her doğrultudaki boyutları hemen hemen aynı ise, “parçacık” olarak adlandırılmaktadır. Küre, pul, çubuk gibi eşit akslara sahip pek çok diğer şekillerde takviyeleri içermektedir. Parçacık takviyeli kompozitler ortogonal gereklilikleri karşılayabilmeleri nedeniyle, iki boyutlu çekme hallerinde ideal malzeme olarak görülmektedirler. Polimerler gibi, bünyesinde takviye amacı dışında parçacık bulunduran malzemeler de mevcuttur. Bunlar genellikle “doldurulmuş” sistemler olarak bilinirler. Çünkü parçacıklar takviye amaçlı değil, maliyeti düşürmek için kullanılmaktadırlar. Yine de bazı durumlarda doldurucu, bağlayıcı maddeyi az da olsa güçlendirebilmektedir. Örneğin betonun içinde yer alan çakıl ve kum, takviyeden çok dolgu görevi görmektedir. Burada asıl mukavemeti sağlayan çimento harcının kendisidir” [31].

c) Tabakalı Kompozitler: Bu kompozitlerde birden çok tabakadan oluşan farklı mukavemetteki elemanlar yer almaktadır. Bunların kompozit davranışını, katmanların üç yönde de sürekli olmaması etkiler. Tabakalı kompozitler, iki boyutlu çekme halinde yük aktarabilme özelliğine sahiptir [31].

2.4. Kompozit Malzemelerin İmal Edilmesi

Kompozit malzemeler üstün özellikleri nedeniyle son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu nedenle bu malzemelerin üretim teknikleri de geliştirilmeye çalışılmaktadır. Üretim yöntemi şunlara göre belirlenir; matris, elyaf, parça şekli, boyutu ve istenilen fiziksel ve mekanik özelliklerdir [24]. Kompozit malzemelerin üretim yöntemleri;

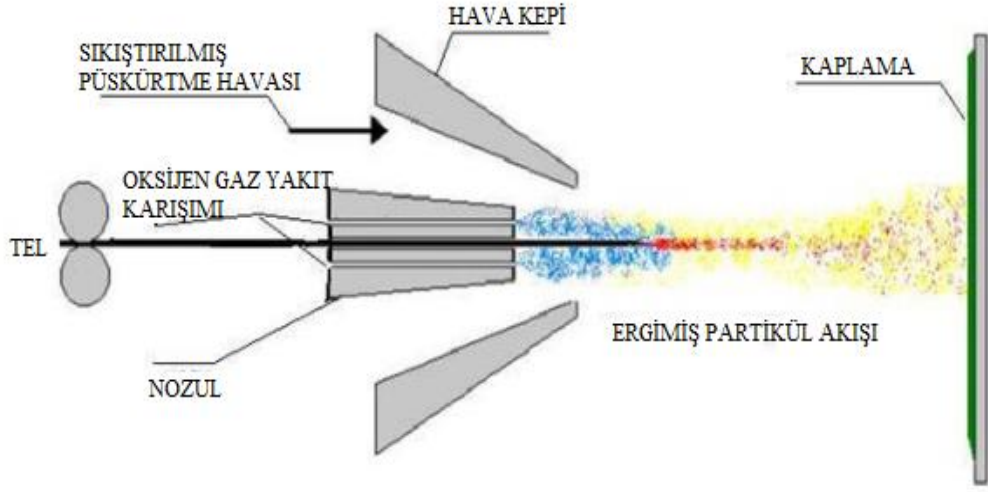
- Plazma Püskürtme
- Elle yatırma
- Hızlı Katılaştırma
- Yarı Katı Karıştırma
- Toz Metallurjisi
- Sıvı Metal Emdirmesi
- Sıkıştırılmalı veya Sıvı Dövme Döküm
- Sıvı Metal Karıştırması
- Elyaf Sarma
- Reçine Enjeksiyon Kalıplama Tekniği (RTM)
- Otoklav İşleme
- Vakum İnfüzyon
- Basıncılı ve Basıncısız İnfiltrasyon
- Difüzyon Bağlama ve Vakumda Presleme
- Sıcak Presleme ve Sıcak İzostatik Presleme
- Prepreg Kalıplama Tekniği [2]

Bunlardan birkaç tanesi aşağıda açıklanmıştır:

2.4.1. Plazma Püskürtme Yöntemi

Uygulamadaki alaşım, fırında eritilir ve potaya basınç uygulanmaktadır. Parçacıklı elyaflar sıvı içerisine konulur. Isınmış alt katman çökertilir ve bunun

sonunda katı bir çökelti elde edilir. Soğuyan çubuk göbekten çıkarılır ve haddelenir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Plazma püskürtme [32]

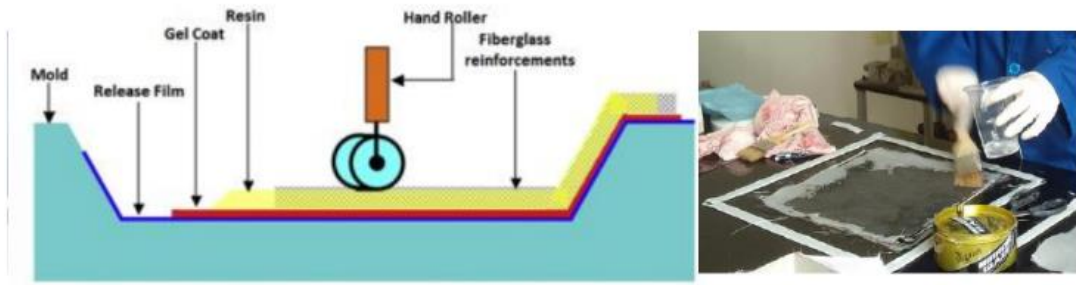
Bu yöntem genelde ergime noktası düşük metallerde kullanılır. Örneğin; alüminyum. Bu yöntemin yararları;

a) Elyaf ile eritilmiş metal zerrecikleri arasında temas anı çok kısa olduğundan reaksiyon çok aza inmektedir.

b) Düzgün mikroyapı elde edilmektedir. Çünkü katılaşma işlemi çok hızlı olmaktadır [24].

2.4.2. Elle Yatırma Yöntemi

En basit üretim yöntemidir. Asıl olarak takviyelerin el ile yerleşimini ve reçinenin uygulamalarını içermektedir. Devamında haddeleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.4.) [33].



Şekil 2.4. Elle yatırma tekniği [34]

Bu teknik 4 basamakta incelenir:

Kalıplama: Parçaların basıncına, sayısına vb. değişkenlere bağlı olarak alçıdan, ahşaptan veya kompozit malzemelerden yapılabilir. Devamlı kullanılan kalıplar metalden üretilir. Düşük yoğunluklu ürünlerin üretimlerinde ise kompozit kalıplar kullanılır.

Jel Kaplama: Kalıplanmış parçanın iyi bir görünüme sahip olması için uygulanır. Bu reçine kalıba takviyeden hemen önce uygulanır. Böylece işlem sona erdiğinde tabakalanmış malzemenin dış yüzeyi halini alır.

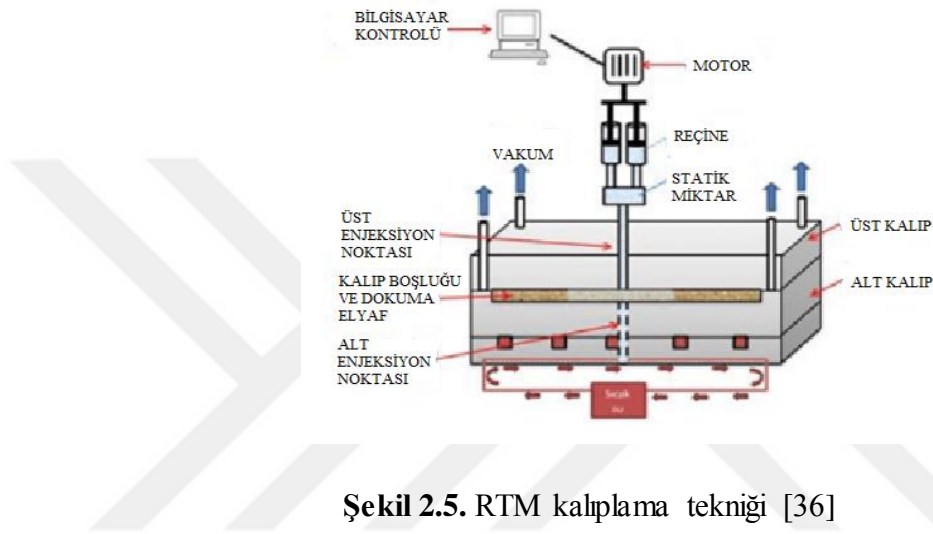
Yatırma ve Sertleştirme: Son olarak lif yerleştirme ve kuruma yapılır. Elyaf, dokuma fitil formunda uygulanır. Buna katalizör ve reçine karıştırılır. Bu karışım elyafa uygulanır. Hava kabarcıklarını gidermek amacıyla tırtıklı el silindiri kullanılır. En son kalıplanmış parça kalıptan çıkarılır [33].

2.4.3. Toz Metalurjisi Yöntemi

Bu yöntemde, metal ve seramik malzemeler birleştirilir. Matris malzemesi olarak nikel, kobalt alaşımları; takviye elemanı olarak ise grafit, silisyum karbür gibi malzemeler kullanılır. Kalıptaki karışıma sıcak veya soğuk pres uygulaması yapılır [24].

2.4.4. Reçine Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi (RTM)

Bu yöntem için 2 parça kalıp gereklidir. İki yüzeyin de düzgün olması amaçlanır (Şekil 2.5.). İlk olarak kalıba takviye elemanı konulur. Ardından kalıp kapanır. Matris içinde geç çözülen reçineler ile kaplama işlemi yapılır. Reçine kalıba enjekte edilir [35].



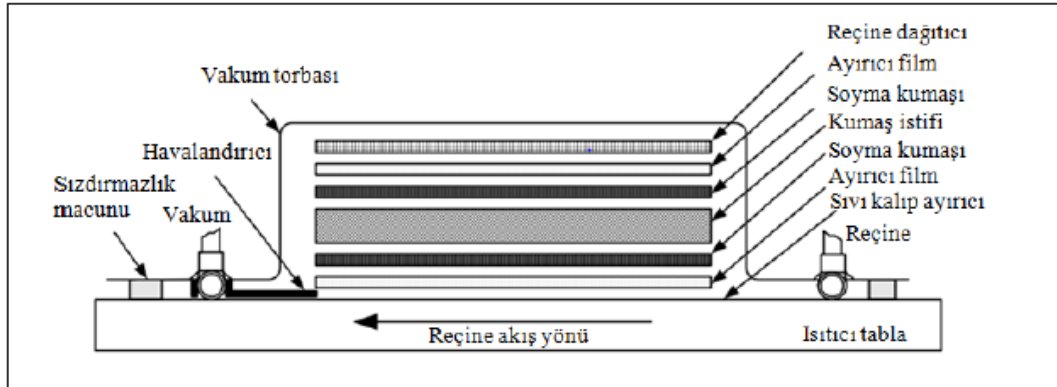
Şekil 2.5. RTM kalıplama tekniği [36]

Bu yöntemin üretim aşaması uzun ve maliyetlidir. Yöntemin avantajı ise gözeneksiz ürün elde edilebilmesidir [35].

2.4.5. Vakum İnfüzyon Yöntemi

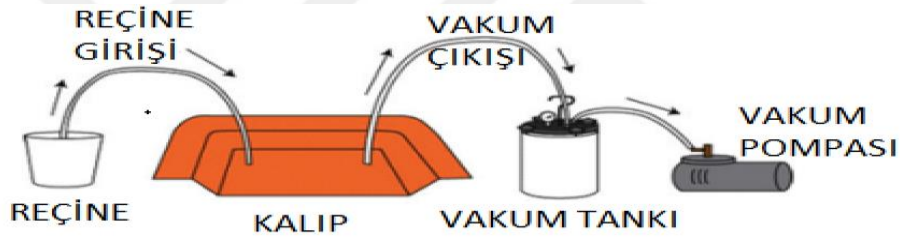
İlk olarak kullanımı 1980'li yıllara tekabül etmektedir. Bu yöntem birçok sanayi dalında kullanılmaktadır. Amaç el değmeden üretim sağlamaktır. Çoğunlukla karmaşık yapıli malzemeler üretilir. Reçinen uygun viskoziteli olması gereklidir. Reçinenin mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde emdirilmesi gereklidir. Bu yöntemin uygulama durumları farklılık gösterebilir [37].

Bu yöntemin en genel şekli Şekil 2.6.'da görülmektedir.



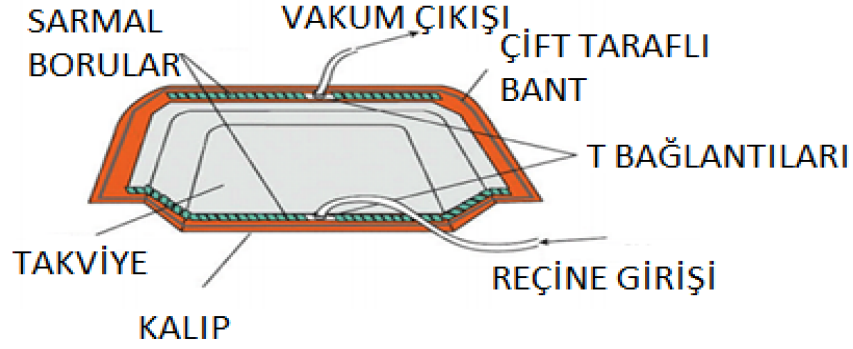
Şekil 2.6. Vakum infüzyon yöntemi [38]

Bu yöntemde vakum pompası, vakum tankı, kalıp ve reçine kovası olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.7.) [49].

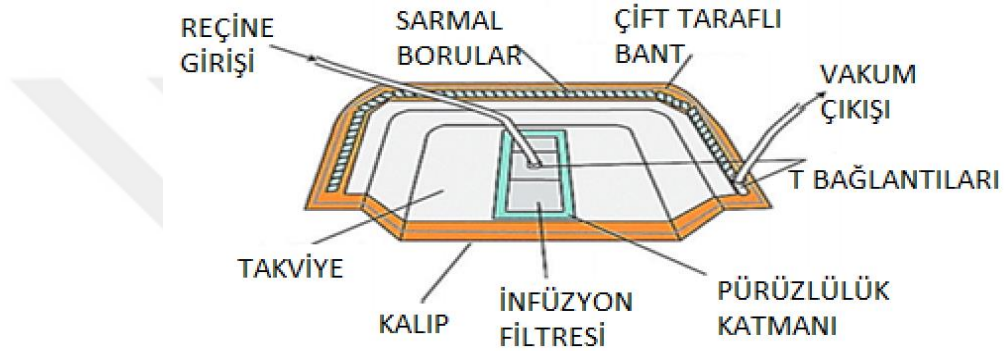


Şekil 2.7. Vakum infüzyon yöntemindeki malzemeler [37]

Yöntemin iki tipi vardır. Reçinenin kalıba girdiği yere göre farklılık göstermektedir. Ortasından reçine verilen malzemenin üretimi Şekil 2.8.'de gösterilmektedir. Diğer bir yolla üretim ise Şekil 2.9.'da gösterilmektedir. Bunda ise reçine ve vakumlar karşılıklı yerleştirilmiştir.



Şekil 2.8. Ortadan reçine verilip kenarları vakumlanan yöntem (Tip 1) [37]



Şekil 2.9. Reçine ve vakumların karşılıklı yerleştirildiği yöntem (Tip 2) [37]

2.4.6. Vakum İnfüzyon Yöntemi ile İmalat Kademeleri

- Öncelikli olarak kullanılacak olan kalıp her türlü kirden arındırılmalıdır.
- Sonra üzerine kalıp ayırıcı konulur.
- Sırasıyla takviye elemanları yerleştirilir. Eğer kayma durumu varsa yapıştırıcı püskürtülebilir.
- Üzerine pürüzlülük olmaması için katman yerleştirilir ve yapıştırıcı ile yapıştırılır.
- Vakum ve reçine hatları ayarlanarak infüzyon macunu ile yapıştırılır.
- Ardından delikli tabaka konulur.
- Vakum torbası kesilir ve derinliğe uygun olarak kesilmelidir. Sonra infüzyon macunu ile yapıştırılmalıdır.
- Vakum pompası aktif hale getirilir ve kaçak olup olmadığı kontrol edilir.

- Kullanılacak olan reçine miktarı ve gerekli katkı maddeleri hazırlanılıp karıştırılır.
- Ardından reçine ilerlemesi sağlanır ve her yere değene kadar işlem devam eder. En sonunda klemp ile kapatılır.
- Sertlik sağlanana kadar malzeme durur. Önce torba çıkarılır ve reçine hatları temizlenir. Sonra ise parça çıkarılır.

Bu yöntem, rüzgar türbin kanatlarında, yat üretiminde vb. birçok alanda kullanılır [37].

2.4.7. Vakum İnfüzyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Bu yöntemin avantajları şu şekildedir:

- Reçinenin çevreyi kirletmesi söz konusu değildir. Çünkü borular naylonun altından ve üzeri kapalı bir şekilde geçer. Bu durum sonucunda gazların etrafı yayılması da engellenmiş olur.
- Reçinenin kullanımı her şartta aynı orandadır. Yani kişilerin kullanımına bağlı değildir.
- Kalıp çok fazla dayanımlı olmak zorunda değildir.
- Maliyeti düşüktür.
- Bu yöntemde reçine %30 ve elyaf %70 oranında kullanılmaktadır. Bu durum da malzemelerin daha uzun ömürlü ve daha dayanıklı olmasını sağlar.
- Homojenlik durumu söz konusudur. Çünkü reçinenin dağılımı ve emilimi aynı oranda gerçekleşir.
- Kullanılan kalıp tek taraflıdır.
- Boyutu büyük olan malzemeler de bu yöntemle üretilir [37].

Yöntemin dezavantajları ise şu şekildedir:

- Mekanik özellikler olumsuz etkilenebilir. Çünkü düşük reçine kullanımına karşın düşük vizkozite vardır.
- Bazı bölgelere reçine ulaşmayabilir. Bu da reçine maliyetini arttırmış olur.
- Fazla iş gücü gerektirdiğinden maliyeti de ona oranla artış gösterir [37]

3. TEKSTİL LİFLERİ

İnsanların giyinme ihtiyaçları, barınaklarının yapımı ve düzenlenmesinde çeşitli malzemeler kullanılır. Bu amaçla her türlü malzeme elyaftan yapılır. Tekstil ise, elyafın çeşitli aşamalardan geçerek insanların kullanabilir hale gelmesi ile ilgili terimdir. Elyaf ise lifin çoğuludur. Elyafın kopma, gerilebilme ve yapışabilme gibi yetenekleri vardır [39].

3.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması

Bunlar materyalin kaynağına göre, şöyle sınıflandırılır [39]:

3.1.1. Doğal Lifler

Bunlar doğada lif halinde bulunur. Tekstilde kullanılırlar. Bunlar da 3 gruba ayrılırlar:

3.1.1.1. Hayvansal Lifler

Bunlara protein elyaf da denir.

- a) **Salgı kökenli elyaf:** Örnek olarak ipekböceğinden elde edilen salgı gösterilebilir.
- b) **Kıl kökenli elyaf:** Buna örnek olarak devetüyü, tiftik keçisinden elde edilen kaşmir vb. örnek olarak gösterilebilir. Bunların tekstilde kullanımı çok eskidir [39] .

3.1.1.2. Bitkisel Lifler

Bunların diğer adı da selüloz elyaftır. Çünkü yapılarında çoğunlukla selüloz bulunur.

- a) **Meyvadan elde edilen elyaf:** Bundan elde edilen elyaf örneği koko elyaftır. Bu da hindistan cevizinden elde edilir.
- b) **Bitki yaprağından elde edilen elyaf:** Örnek olarak keten, kendir vb. gösterilebilir.
- c) **Bitki tohumundan elde edilen elyaf:** Bunlara örnek olarak kapok ve pamuk gösterilebilir. Bunlara tek hücreli elyaf da denilir.
- d) **Bitki gövdesinden elde edilen elyaf:** Örnek olarak jüt, rami, keten, kenevir vb. gösterilebilir. Bunlara çok hücreli elyaf da denilir [39].

3.1.1.3. Doğal Anorganik Elyaf

Amyant veya asbest bu grupta yer alır. Bunlar doğada anorganik yapıda bulunur [39].

3.1.2. Kimyasal (Yapay) Elyaf

Sentetik ya da doğal polimerlerin lif haline getirilmesiyle oluşurlar. Bunlar 3 grupta incelenir:

3.1.2.1. Sentetik Lifler

Sentetik olarak polimerleşen bazı maddelerin lif haline getirilmesi durumudur.

a) **Polivinil lifleri:** Vinil grubu ve bu benzeri türlerin birleşmesi ile oluşur. Bunların türleri; polivinilidenklorür lifleri, polivinilal lifleri, akrilik elyaf, polivinilklorür lifleri, modakrilik lifleri şeklindedir.

b) **Poliolenin lifleri:** Olefin sınıfı hidrokarbonların ve bu benzeri türlerin birleşmesi ile oluşur. Bunların türleri; politetrafluoroetilen lifleri, polipropilen lifleri, polietilen lifleri

c) **Poliester lifleri**

d) **Poliüretan lifleri**

e) **Poliamid lifleri** [39].

3.1.2.2. Rejenere Lifler

Doğal liflerin çeşitli işlemlerden geçerek elde edilmesi durumudur. Bunlar 5 grupta incelenir: Rejenere protein elyafı, Alginat lifleri, Selüloz esterleri, Rejenere selülozik elyaf ve Kauçuk elyafıdır [39].

3.1.2.3. Anorganik Elyaf

Her türlü yapay olarak üretilen lifler bu gruptadır. Örneğin, cam elyaf [39]

3.2. Tekstil Liflerinin Asıl Özellikleri

Bu liflerinin değerini belirleyen özellikler; parlaklık, uzama ve esneklik, ışıktan etkilenme, ısıdan etkilenme, eğirme yeteneği, incelik, uzunluk, nem çekme, mukavemet, kimyasal reaktiflerden etkilenme, elektriksel özellikler ve yoğunluktur [40].

a) **Parlaklık:** Işığın yansıması ile oluşur. Işığın yansıması yüzey parlaklığını belirler. Işığı dağıtarak yansıtanlar donuktur. Yün ve pamuk az parlak liflere örnektir. İpek, keten gibi lifler ise parlaktır. Tekstilde daha çok parlak lifler tercih edilir [40].

b) **Uzama ve Esneklik:** Liflerin esneme özellikleri vardır. Bırakıldıklarında ise eski hallerini alırlar. Ancak çok fazla gerilim altında eski hallerine dönemeyip uzama gösterirler. Aşırı miktarda gerilmeye ise kopma gerçekleşir. Tabloda uzama ve dayanım değerleri olan bazı lifler gösterilmiştir (Tablo 3.1.) [40]. “İplikte kopma mukavemeti; ipliğin gerilime dayanma kabiliyeti ya da kopma dayanımıdır. Buna ipliğin kopma gerilimi adı da verilebilir. Kopmaya kadar ilerletilen bir gerginlik direnci deneyinde oluşun maksimum dirençtir. Kopma mukavemeti denye başına gram ya da tex başına gram olarak ölçülür ve birim iplik sayısına düşen kuvvet olarak ifade edilir [41].”

Tablo 3.1. Bazı liflerin kopmada uzaması ve çekme mukavemeti [40]

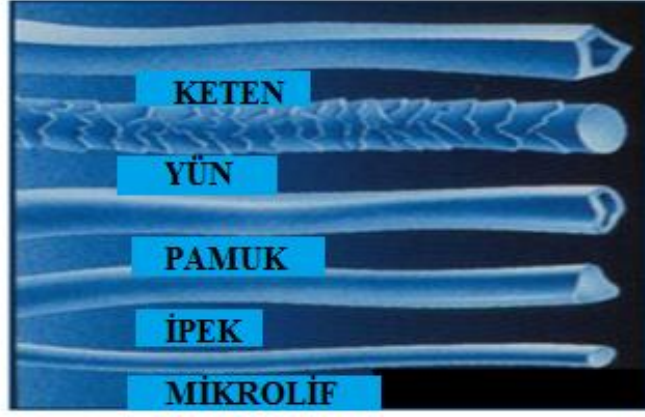
ELYAF CİNSİ	KOPMADA UZAMA %	ÇEKME MUKAVEMETİ (g/tex)
Keten	3,0	55
Kenevir	2,2	48
Jüt	1,8	32
Pamuk	6,8	46

Tabloda bazı liflerin esneklikleri yer almaktadır (Tablo 3.2.) [40].

Tablo 3.2. Bazı elyafların esneklikleri [40]

ELYAF TÜRÜ	%1'LİK UZAMADA	%5'LİK UZAMADA
Yün	99	69
Viskoz ipeği	67	60
Asetat ipeği	96	46
Pamuk	91	52
İpek	84	52
Orlon	92	50

- c) **Işıktan Etkilenme:** Lifler ışıktan etkilenir. Işıktan etkilenmiş haldeki elyaf kolayca hava ile reaksiyona girer. Bu durum dayanıklılığın ve polimerleşmenin düşmesine neden olur [40].
- d) **Isıdan Etkilenme:** Isı enerjisi altındaki organik maddenin, belli değere kadarki ısı ile etkileşimi fizikseldir. Daha sonra etkileşim kimyasal olmaya başlar. Bu kimyasal etkileşime yanma denir [40].
- e) **Eğirme Yeteneği:** Eğirme yeteneği liflerin iplik haline dönüşebilmesi için gereklidir. Liflerin temas uçları sayesinde birbirine yapışması sağlanır. Bu özelliğe etki eden faktörler lifin yüzey yapısı, uzunluğu, inceliği gibidir [40].
- f) **İncelik:** Enine kesitin çapı ve biçimi elyafın diğer özelliğidir. Lifin enine kesitinin çapı ölçülemez, dolaylı olarak hesaplanır. Bunun nedeni bütün liflerin çaplarının, standart bir çapta ve belli bir yuvarlaklıkta olmamasıdır (Şekil 3.1.) [40].



Şekil 3.1. Farklı çapta ve kesitlerde lifler [40].

g) **Uzunluk:** Liflerde uzunluk 3 şekildedir.

Kesiksiz, kısa ve uzun liflerdir [40].

h) **Nem Çekme Özelliği:** Liflerin sıvı emme yeteneğine denir. Bu işlem belli sıcaklık ve rutubet gerektirir. Bir kumaşın su toplama işlemi rutubetli ortamda olur. Su kaybetme işlemi ise kuru havada gerçekleşir. En fazla nemi yün çeker. Cam elyaf hiç nem çekmez [40].

i) **Mukavemet:** Elyafın gerilimlere karşı kopmadan durabilmesine dayanım denir. Bunların mukavemeti ortamın neminden etkilenir. Ayrıca genel anlamda ıslanan lifler daha dayanıklı olur [40].

j) **Kimyasal Reaktiflerden Etkilenme:** Lifler kendi yapılarına göre, baz, asit gibi maddelerden etkilenirler [40].

k) **Elektriksel Özellikler:** Liflerde sürtünme nedeniyle statik elektriklenme olur. Bundan dolayı elyafın işlenmesi zorlaşır. Bu nedenle ürünler nemlendirilir. Nemlenme elektriğin iltimesini sağlar, birikme önlenmiş olur [40].

1) **Yoğunluk:** İki şekilde ifade edilir:

- **Lineer yoğunluk:** Birim uzunluğun ağırlığına denir [40].
- **Hacimsel yoğunluk:** Cisim kütlesinin, suyun kütlesine oranına denir. Genelde tekstil liflerinde bu oran 1'den büyüktür [40]. Tabloda bazı liflerin yoğunlukları gösterilmiştir (Tablo 3.3.) [42,43].

Tablo 3.3. Farklı türdeki liflerin yoğunluk dereceleri

LİFİN CİNSİ	YOĞUNLUĞU (g/cm³)
Keten	1,5
Kenevir	1,48
Yün	1,30
Pamuk	1,55
Jüt	1,3
Cam elyafı	2,5

3.3. Bitkisel Lifler

3.3.1. Gövde (Sak) Lifleri

Bitki saplarından elde edilir. Selülozik yapıdadır. En önemli örnekleri; keten, jüt, kenevir vb. dir. Bambu da son yıllarda önemli bir yere sahiptir. Bu liflerin özelliği; farklı uzunlukları olması ve az esneklik göstermesidir [40].

3.3.1.1. Keten Lifi

Bu lif türü gövdeden elde edilen en önemli bitkidir (Şekil 3.2.) [44]. Bitkinin ömrü bir yıldır. Soğuk iklim ve rutubet sever [40].



Şekil 3.2. Keten lifi [42]

3.3.1.1.1. Keten Lifinin Elde Edilmesi

Keten saplarının uzunluğu 80cm civarında, çaplarıysa 1-2 mm'dir. Genel anlamda günlük sıcaklığın 30°C'nin altında olduğu bölgelerde yetiştirilir [43].

Kurutulmuş olan bitkilerden lif eldesi için şu aşamalar yapılır [40]:

- **Çürütme:** Keten liflerini ayırmak için yapılır. Çürütme işlemi 3 şekilde yapılır. Bunlar [40]:

Çiğ ile Çürütme: Bu işlem nem oranı yüksek olan yerlerde yapılır. Keten saplar çayrlar üzerine serilir. Mikroorganizmalar yardımı ile çürüme gerçekleşir.

Su ile Çürütme: Kurak bölgelerde yapılır. İşlem kısa sürer. Çünkü sıcak sularda mikroorganizmalar çabuk ürer.

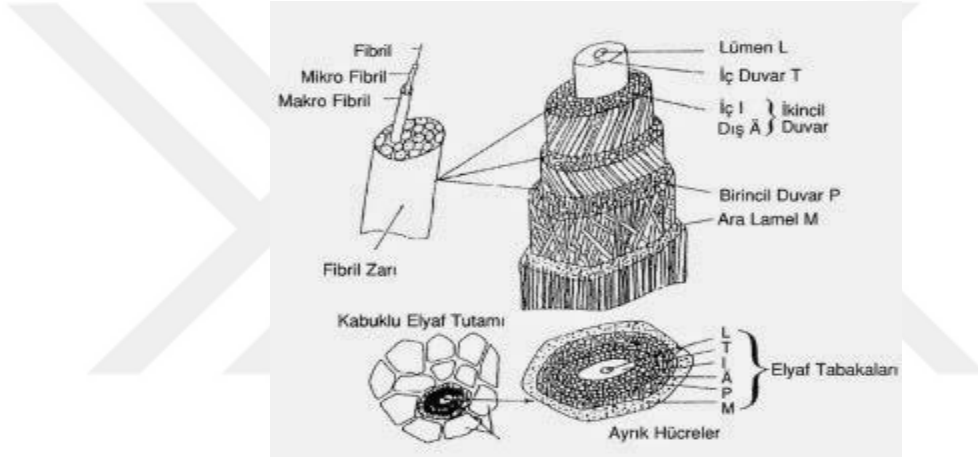
Kimyasal Çürütme: %3'lük HCl ekli havuzlarda keten sapları bekletilir. Sonra yıkanma işlemi yapılır.

- **Dövme:** Çürütme işleminden sonra demetler kurutulur. Sonra saplar tokmakla dövülür. Daha sonra ise küt ağızlı bıçaklarla kırılma işlemi gerçekleştirilir. Sonra sap kısımları parçalanır ve dökülür [40].
- **Tarıklama:** Lifler üzerindeki odunsu parçalar çırpılarak uzaklaştırılır. Sonra lifleri düzgünleştirmek ve ayırmak için tarıklama yapılır. Daha sonra ise lif demeti elde edilmiş olur. [40].

3.3.1.1.2. Keten Lifinin Fiziksel Özellikleri ve Yapısı

- Fiziksel Özellikleri
 - Lif demetinin uzunluğu 30–90 cm arasındadır. Kalınlığı 0,014–0,025 mm arasındadır.
 - Nemliken dayanıklılığı %20'den fazladır.
 - Özgül ağırlığı 1,5 g/cm³ tür.
 - Kopma anındaki uzaması; yaş iken %2,2, kuru iken %1,8'dir.
 - Keten sarıya yakın beyaz renkte, hafif de mavidir [40].
- Fiziksel Yapısı

Bu bitkinin gövdesindeki kabuğun altında lifler vardır (Şekil 3.3.) [44].



Şekil 3.3. Keten lifinin fiziksel yapısı [44]

3.3.1.1.3. Keten Lifinin Kimyasal Özellikleri ve Yapısı

- Kimyasal Özellikleri
 - 120 °C 'den fazla sıcaklıklarda bozular.
 - Çok fazla güneş ışığında mukavemeti azalır.
 - Nem çekme özelliği çok iyidir.
 - Güneş, kaynar su vb. den fazla etkilenmez [40].
- Kimyasal Yapısı

Keten lifinde gövdeyi köşeli lif hücreleri çevreler. En dışında ise vaks ve yağ tabakası bulunur [40].

3.3.1.1.4. Keten Lifinin Kullanım Alanları

Yazlık dış giyimde çok kullanılır. Örneğin; ceket, gömlek vb. Bunun dışında halat, kâğıt yapımı vb.de de kullanılır. Tohumundan elde edilen yağ da boyacılıkta kullanılır. Küspesinden hayvan yemi yapılır [40].

3.3.1.2. Jüt

Pamuktan sonra dünyada en fazla üretimi yapılır. Anavatanı Hindistan'dır [40]. Toplanması oldukça zor olan bitki yaklaşık üç ayda yetişkin hale gelir [45]. İlk elde edildiğinde açık sarı olan lifler zamanla açık kahverengiye dönüşür. Kenevirden daha parlak elyaf elde edilir [40].

Hasat edilen jüt bitkisi Şekil 3.4.'te gösterilmiştir [46].



Şekil 3.4. Hasat edilmiş jüt demetleri [46]

Özellikleri;

- Pek esnek değildir.
- Dayanıklılığı düşüktür.
- Boyları genelde 18–25 cm dir.
- Çuval, ip vb. yapımında kullanılır [40].

3.3.1.3. Bambu Lifi

Uzakdoğu'da bambu ormanlarından elde edilir. 21.yüzyılda gelişme göstermiştir (Şekil 3.5.) [47].



Şekil 3.5. Bambu bitkisi [47]

Bambu elyafı yumuşak, doğal ve serin tutan bir yapıdadır. Bu özellikleri nedeniyle kaşmir ve ipekle karşılaştırılabilir durumdadır [40].

3.3.1.4. Kenevir

Diğer adı da kendirdir. Lif hücreleri demet şeklindedir. Rengi esmer veya sarımtıraktır. Bir lifin uzunluğu yaklaşık 40 cm'dir. Üretiminde ketende olduğu gibi çürütme, dövme ve taraklama aşamaları vardır. Kullanım alanları genel anlamda urgan, yelken, çuval yapımı vb. dir [40].

3.3.1.5. Rami

Rami bitkisinin gövdesinde lif hücreleri bulunur. Hasadı için bitkinin yapraklarının sararması beklenir. Bitki henüz yaşken kabuk kısımları sıyırılır. Ardından da çürütme işlemi yapılır. Kullanım alanları tekstil, döşemelik kumaşlar vb. dir [40].

3.3.2. Tohum Lifleri

Bunların asıl malzemesi selülozdur denilebilir [40].

3.3.2.1. Pamuk

3.3.2.1.1. Pamuğun Elde Edilmesi

Ömrü açısından bir yıllık bir bitkidir. Öncelikle pamuk tohumu ekilir ve büyüyen bitkinin boyu yaklaşık olarak 1 m'dir. Büyüyen bitkinin tohumu çiçek açar. Çiçekler kurduğunda ise geriye tohum zarfı (koza) adı verilen bir yapı kalır. Bu zarfın içinde yaklaşık 4 ile 20 tane kadar tohum vardır. Kozaların olgunlaşması sırasında tohumlar üzerinde lifler oluşur. Bu sırada oluşan lif, çekirdeğe bağlı bir primer duvar şeklindedir. Bu lifler kozada kıvrımlarını da oluşturur. Bunun sonucunda koza açılır ve çatlar. Pamuk tohumları ortaya çıkar [40]. Pamuğun açılmış hali Şekil 3.6.'de gösterilmiştir [48].



Şekil 3.6. Pamuk kozasının açılmış hali [48]

Pamuk tekstilde çekirdeği ile kullanılmaz. Balya haline getirilen pamuklar iplik fabrikalarına gönderilir. Ayrıca pamuk üretimi yağ bakımından da önemlidir [40].

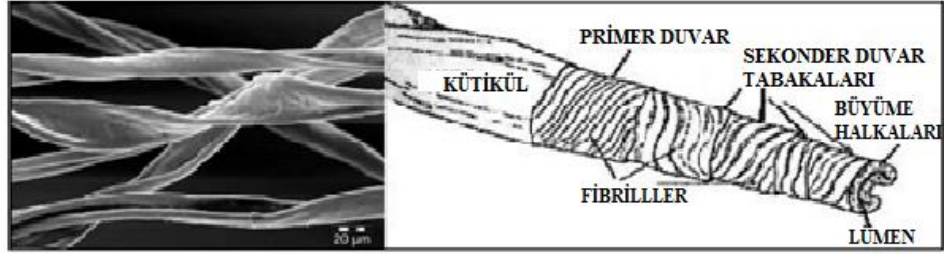
3.3.2.1.2. Pamuğun Fiziksel Özellikleri ve Yapısı

- Fiziksel Özellikleri
 - Islanınca mukavemeti yaklaşık %30 oranında artar. Ağırlığının %70'i kadar su çekerler.
 - Bir lifinin yaklaşık uzama oranı %7-8'dir.
 - Pamuğun yoğunluğu yaklaşık 1,50 g/cm³ tür.

- Rengi kreme yakın beyazdır.
- Lifin çapı ise 6-25 μm 'dir.
- Lif boyu ise 1-7,5 cm aralığındadır [40].

- Fiziksel Yapısı

Pamuk tohumunda primer duvar oluşur. Olgunlaşma döneminde primerden sekonder duvara geçiş yapılır. Lifin içi sıvı ile dolu bir bitki hücresidir. Hücrenin en dış kısmında kütikül tabakası vardır (Şekil 3.7.) [40].



Şekil 3.7. Pamuk lifinin fiziksel görüntüsü [40].

3.3.2.1.3. Pamuğun Kimyasal Özellikleri ve Yapısı

- Kimyasal Özellikleri
 - Arttırılmış ağartıcılarla çok uzun zaman temas içinde olursa oksiselüloz oluşumu ile birlikte bozulma olur.
 - Belirli bir sıcaklıktan fazla olursa bozulma olur. Bu sıcaklık 150°C'dir. Eğer 170°C olursa kavrulma yaşanır.
 - Asitlerin kuvvetli olanlarıyla etkileşiminde soğuk ve sıcakta bozunma olur [40].
- Kimyasal Yapısı,

Bu yapı yetiştirme ortamına göre değişir. Kimyasal yapısında; anorganik madde, proteinli madde, selüloz, pektin ve hemiselüloz, yağ ve vaks bulunur [40].

3.3.2.1.4. Pamuğun Kullanım Alanları

Günlük hayatta çok fazla kullanım alanı vardır. Sıvıları çok iyi emer. Ev tekstilinde ve giyimde kullanılır. Bunun dışında tıbbi malzemelerde yani sargı bezi, bandaj vb. için de kullanılır [40].

3.3.2.2. Kapok Lifleri

Afrika, Hindistan gibi ülkelerde yetişir. Lifler meyvenin içinde kapsül şeklinde bulunur [40]. Olgunlaşmış kapok kozası Şekil 3.8.'de gösterilmiştir [49].



Şekil 3.8. Olgunlaşmış kapok kozası ve şekli [49].

3.3.2.2.1. Kapok Lifinin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

- Bu liflerin yapısını % 13 oranında linyin, % 63 oranında da selüloz oluşturur.
- Liflerin uzuluğu ise yaklaşık 1 cm'dir.
- Bu liflerin ağırlığının altı katı pamuğun ağırlığına eşittir.
- Mukavemeti iyi değildir.
- Nem çekme özelliği iyi değildir [40].

3.3.2.2.2. Kapok Lifinin Kullanım Alanları

Gözenekli yapısından dolayı izolasyonu çok iyidir. Aynı zamanda yastık, yatak gibi eşyalarda dolgu maddesi olarak da kullanılır. Uçaklarda da kullanılmaktadır. Can yeleği ve can simitlerinde de kullanılır. Çünkü fazla nem çekmez [40].

3.3.3. Meyve Lifleri

3.3.3.1. Koko Lifi

Hindistan, Pakistan gibi ülkelerde üretimi yapılır. Hindistan cevizinde bulunan liflerden elde edilir [40].

3.3.4. Yaprak Lifleri

3.3.4.1. Manila Keneviri

Çoğunlukla Filipinler'de üretilir. Lifler yaprak kımının içinde demet şeklinde bulunur. Çok sağlam lifler elde edilir. Renkleri beyazdan kahve renge kadardır [40].

3.3.4.2. Sisal

Afrika, Brezilya gibi nemli ve sıcak ülkelerde üretilir. Çürütme yöntemi ile lif üretilir. Nem çekme özelliği çok iyidir. Liflerin rengi beyazdan kahve tonuna kadar vardır. Çok fazla dayanıklıdır ve esnekliği de iyidir [40].

4. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

4.1. Kompozit Plakaların Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada jüt, pamuk, keten ve cam elyaf takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak Epoksi reçine kullanılmıştır.

4.1.1. Jüt Kumaş

Bu araştırma için üretilen kompozit malzemelerde kullanılan jüt kumaşların gramajı 320 gr/m^2 'dir. Şekil 4.1.'de jüt kumaşın resmi görülmektedir.



Şekil 4.1. Jüt kumaş

4.1.2. Keten Kumaş

Bir diğer takviye malzemesi olan keten kumaşın gramajı 350 gr/m^2 'dir. Şekil 4.2.'de keten kumaşın resmi görülmektedir.



Şekil 4.2. Keten kumaş

4.1.3. Pamuk Kumaş

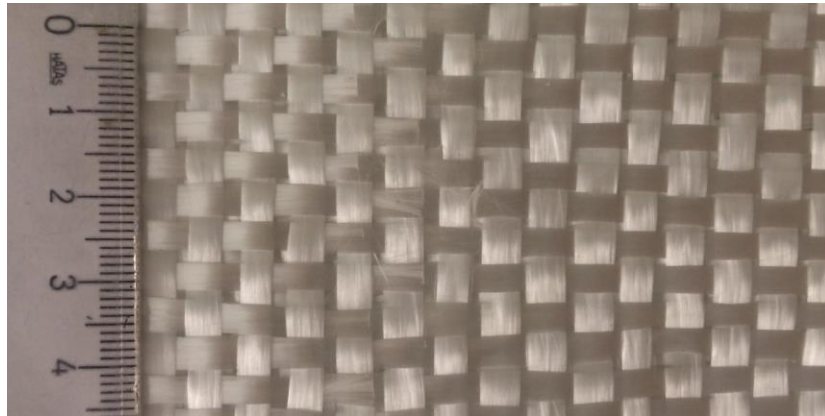
Diğer bir takviye malzemesi olan pamuk kumaşın gramajı 150 gr/m²'dir. Şekil 4.3.'te pamuk kumaşın resmi görülmektedir.



Şekil 4.3. Pamuk kumaş

4.1.4. Cam Elyaf

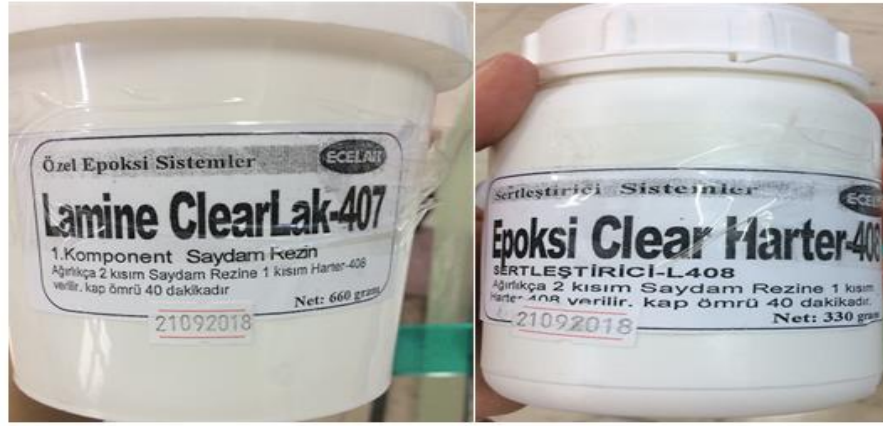
Bu malzeme, tekstil liflerinden oluşan kompozitlerin dış yüzeylerine birer kat olacak şekilde kullanılmıştır. Ayrıca sadece cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin yapımında da kullanılmıştır. Bu kumaşlar ağırlığı 500 gr/m² olarak temin edilmiştir. Şekil 4.4.'te cam elyaf kumaşın resmi görülmektedir.



Şekil 4.4. Cam elyaf

4.1.5. Epoksi Reçine

Bu çalışmada epoksi reçine matris malzemesi olarak Ecelak marka Lamine Clearlak-407 epoksi ve Epoksi Clear Harter-408 sertleştirici kullanılmıştır. Matris malzemesi 100 gr epoksi reçine için %50 oranında sertleştirici olacak şekilde karıştırılmıştır. Kullanılan epoksi reçine ve sertleştirici görselleri Şekil 4.5.'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Epoksi reçine ve sertleştirici görseli

4.2. Kompozit Plakaların Üretilmesi

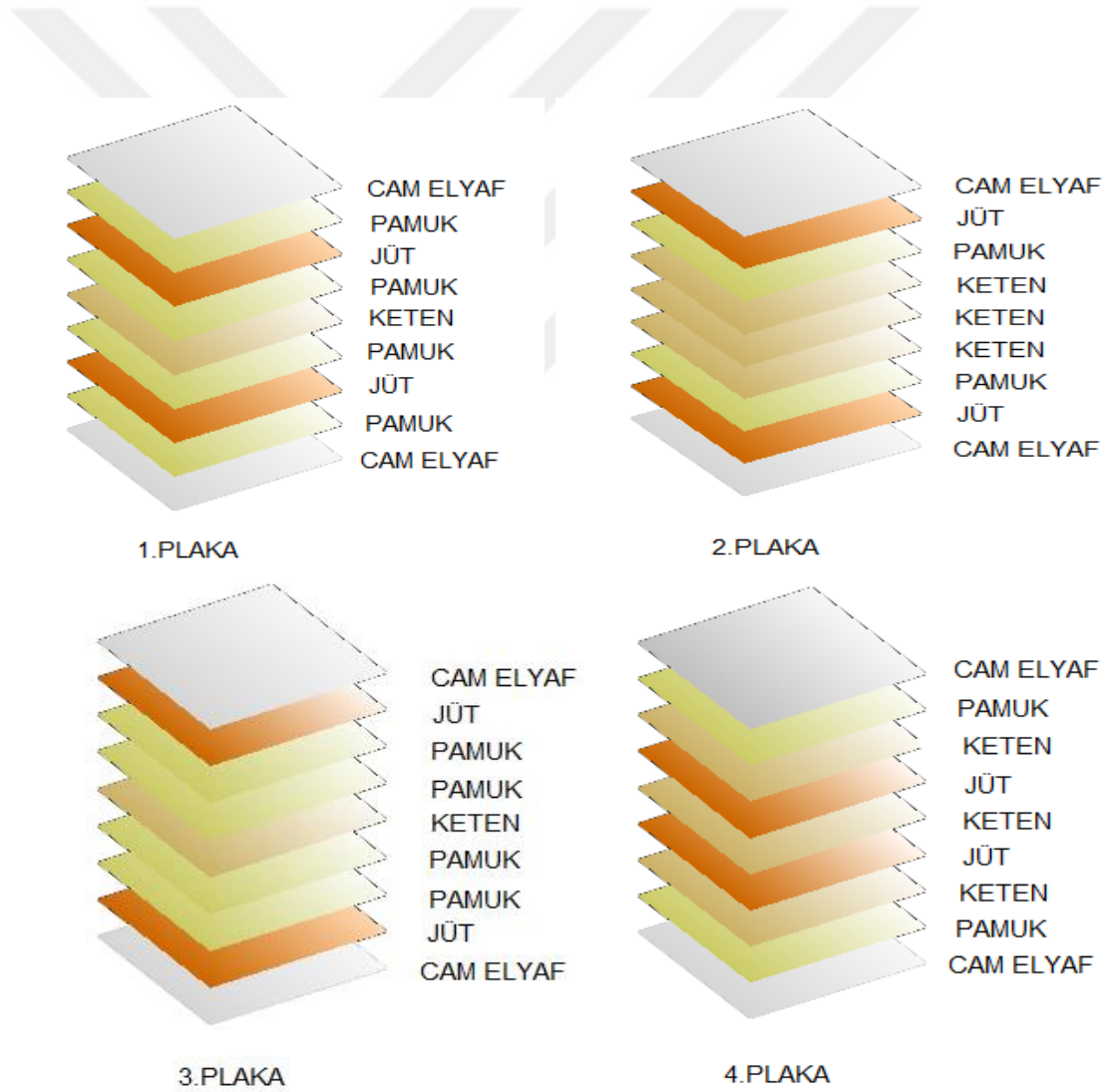
Bu malzemeler, Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Araştırma ve Test Laboratuvar'ında vakum infüzyonu yöntemiyle üretilmişlerdir.

İlk önce kumaşlar belirlenen ölçülerde kesilmiştir. Malzemeler 8 farklı plaka olarak üretilmiştir. Üretilen kompozit plakalarda katmanların sıralanışı şu şekildedir:

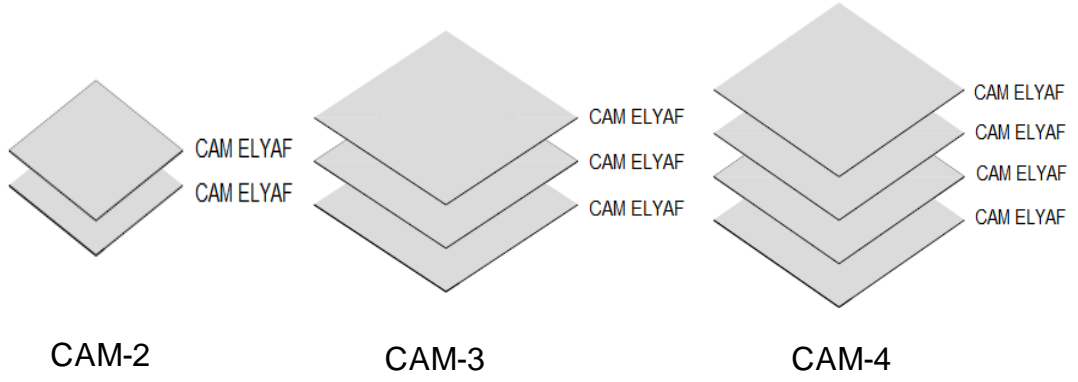
- 1.plaka en altta pamuk olmak üzere; pamuk-jüt-pamuk-keten-pamuk-jüt-pamuk sırasıyla, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat ketenden oluşmaktadır.
- 2.plaka en altta jüt olmak üzere; jüt-pamuk-keten-keten-keten-pamuk-jüt sırasıyla, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat ketenden oluşmaktadır.

- 3.plaka en altta jüt olmak üzere; jüt-pamuk-pamuk-keten-pamuk-pamuk-jüt sırasıyla, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat ketenden oluşmaktadır.
- 4.plaka en altta pamuk olmak üzere; pamuk-keten-jüt-keten-jüt-keten-pamuk sırasıyla, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat ketenden oluşmaktadır
- 5.plaka 2 kat cam elyaftan oluşmaktadır.
- 6.plaka 3 kat cam elyaftan oluşmaktadır.
- 7.plaka 4 kat cam elyaftan oluşmaktadır (Şekil 4.6. - Şekil 4.7.).

Dokuma tipi jüt/keten/pamuk/cam elyaf takviyeli karma kompozitlerin ve sadece cam elyaf takviyeli kompozitlerin tabaka sayıları, dizilimleri ve 1m²'deki ağırlıkları Tablo 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Üretimi yapılan doğal lif katkıli kompozit plakalarda katmanların sıralanışı



Şekil 4.7. Üretimi yapılan sadece cam elyaf katkıli kompozit plakalarda katmanların sıralanışı

Tablo 4.1. Dokuma tipi jüt/keten/pamuk/cam elyaf takviyeli karma kompozitlerin ve sadece cam elyaf takviyeli kompozitlerin tabaka sayıları, dizilimleri ve 1m²'deki ağırlıkları

Keten/Jüt/Pamuk ve Cam Elyaf Sayısı	Sembol Gösterim	İstifleme Sırası	1 m ² 'deki Ağırlıkları (g)
1C/2J/4P/1K/1C	PLAKA-1	CPJPKPJPC	5100
1C/2J/2P/3K/1C	PLAKA-2	CJPKKKPJPC	6300
1C/2J/4P/1K/1C	PLAKA-3	CJPPKPPJC	5200
1C/2J/2P/3K/1C	PLAKA-4	CPKJKJKPC	6100
2C	CAM-2	CC	1700
3C	CAM-3	CCC	2500
4C	CAM-4	CCCC	3200

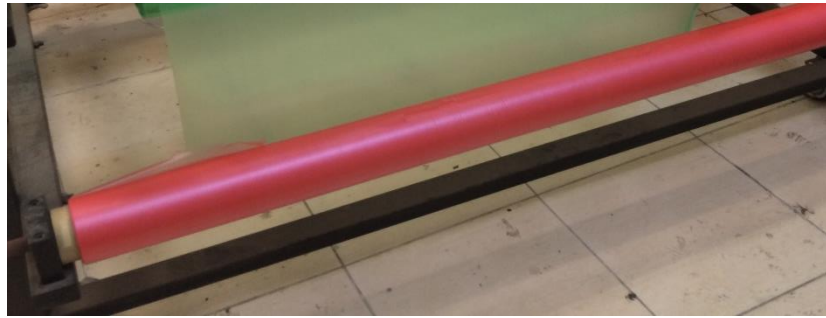
Bu kompozit plakaların üretilmesinde sıralamalar şu şekildedir:

- 1- Öncelikle malzeme üretilmesinde tezgâhının yüzeyi kirden ve tozdan arındırılmıştır (Şekil 4.8.).



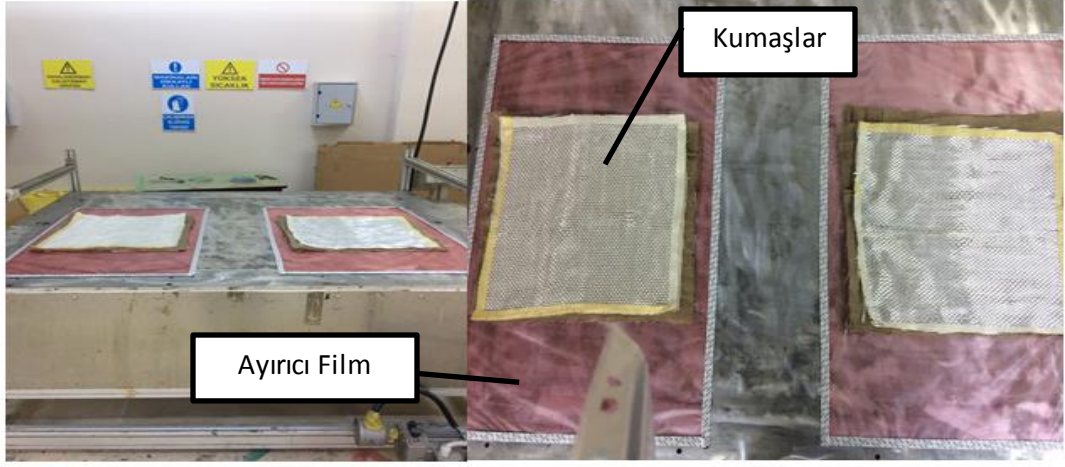
Şekil 4.8. Kompozit malzeme üretim tezgâhı

- 2 – Bu tezgâhın üstüne ayırıcı film yerleştirilmiştir. Sızdırmazlık bantları ile bu film sabitlenmiştir (Şekil 4.9.).



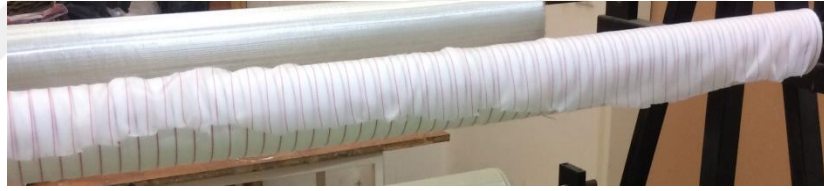
Şekil 4.9. Ayırıcı film

3- Bu filmin üzerine kumaşlar Şekil 4.10.'da gösterilen sırayla yerleştirilmiştir.



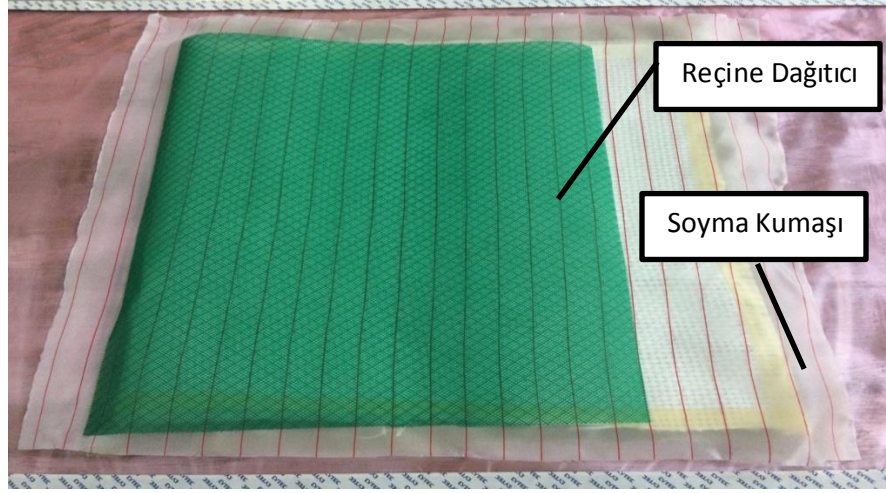
Şekil 4.10. Plakalarda kumaşların sıralanması

4- Bu kumaşların üzerine soyma kumaşı yerleştirilmiştir (Şekil 4.11.).



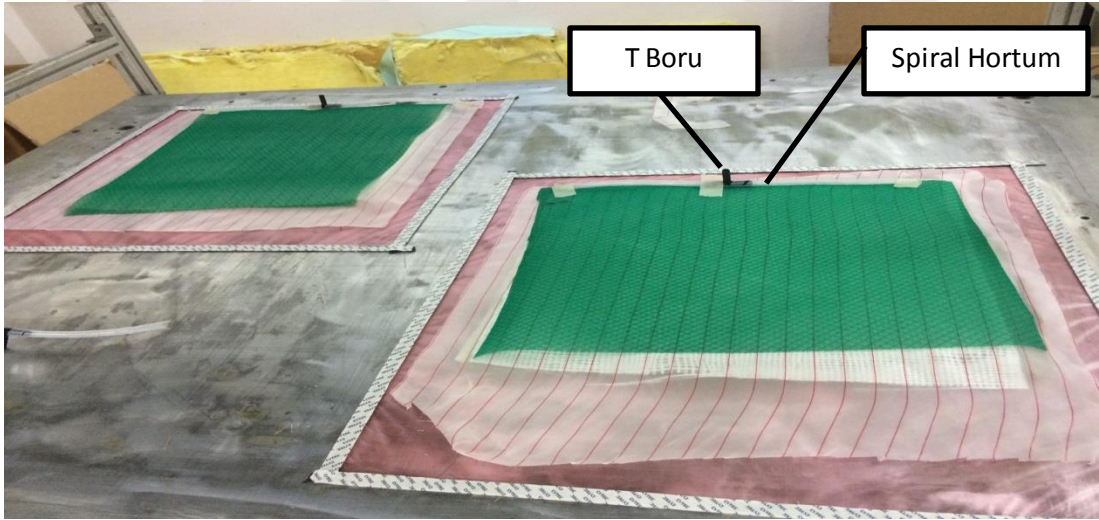
Şekil 4.11. Soyma kumaşı

5 – Ardında reçine dağıtıcı film yerleştirilmiştir (Şekil 4.12.).



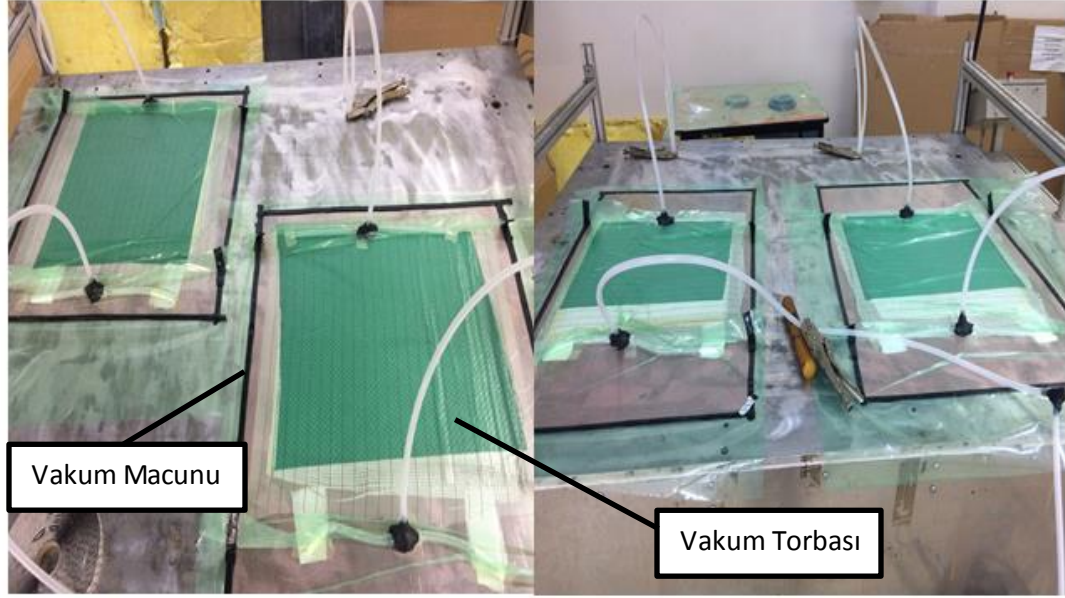
Şekil 4.12. Reçine dağıtıcı serilmiş görsel

6 – Daha sonra havanın çekileceği ve reçine emdirilecek taraflara spiral hortumlar yerleştirilmiştir (Şekil 4.13.).



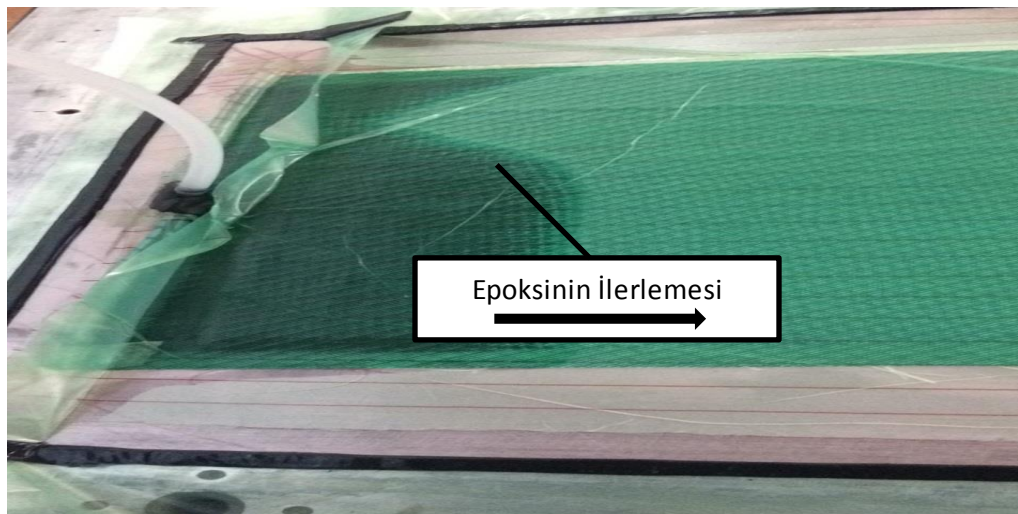
Şekil 4.13. Plakalara spiral hortumlar yerleştirilmiş hali

7 – En üste ise vakum torbası yerleştirilmiştir (Şekil 4.14.). Bunlar sızdırmazlık macunu ile yapıştırılarak dış ortandan izole edilmiştir. Ardından da vakuma alınan plakalar yaklaşık bir saat bekletdikten sonra hava kaçağı kontrolü yapılmıştır.



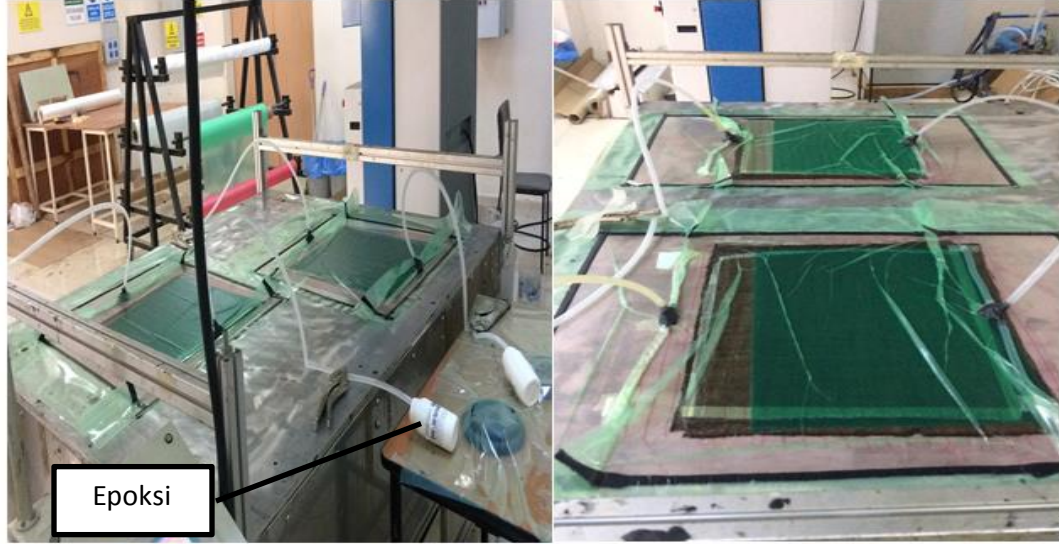
Şekil 4.14. Plakaların vakuma alınmış hali

8 – Bütün kumaşlara epoksi reçinenin temas ettirilmesi sağlanmış ve bu esnada hava girmemesine dikkat edilmiştir (Şekil 4.15.).

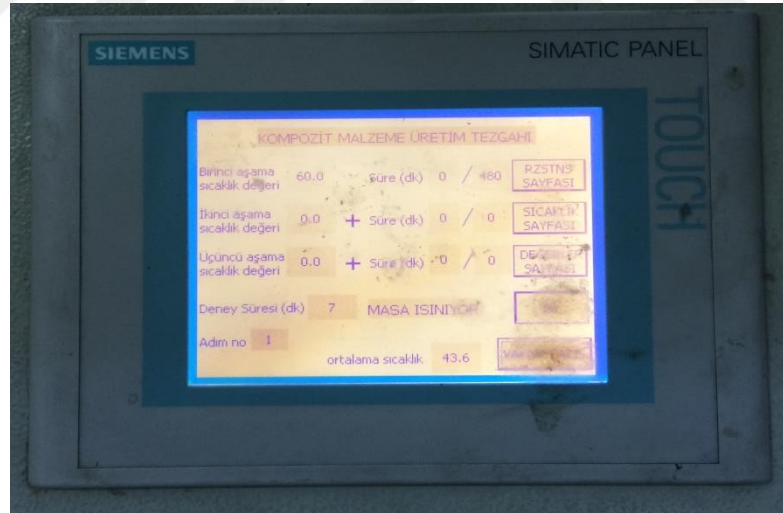


Şekil 4.15. Vakum yardımı ile reçinenin emdirilmesi.

9 – Daha sonra da hava girmeyecek şekilde hortum kapatılmıştır. Sistemin hava almadığından emin olduktan sonra kompozit üretim tezgâhının sıcaklığı 60°C'ye ayarlanarak plakalar 8 saat boyunca kürlenmeye bırakılmıştır (Şekil 4.16. - 4.17.).



Şekil 4.16. Kürlenmeye yapılan kompozit plakaların bir görseli



Şekil 4.17. Kompozit üretim tezgâhının ekranı

5. ÜRETİMİ YAPILAN KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

5.1. Çekme Testi

Bu deney, malzemelerin darbesiz yük altındaki dayanım özelliklerini belirlemek için yapılır. Mühendislik için önemi büyüktür. Deney sonucunda elde edilen veriler hesaplamalarda doğrudan kullanılır. Bu deney için öncelikli olarak ASTM D 3039 standardına uygun 21 adet çekme numunesi hazırlanmıştır.

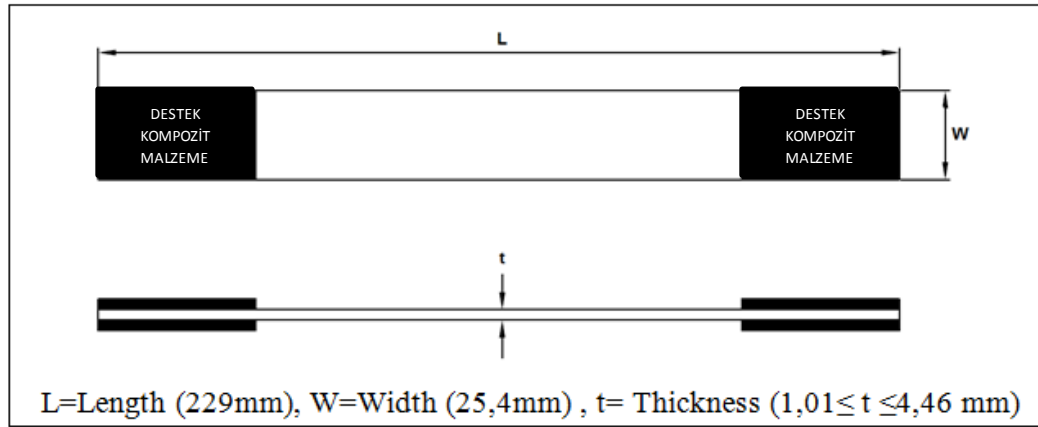
Deneylede numunelerin koptuktan sonraki uzama oranını ölçebilmek için eksansometre kullanılmıştır. Bunun için her bir numunenin belirli uzaklıktaki bölgelerine beyaz iki çizgi çizilmiştir. Ardından numuneler tek tek çekme cihazlarına bağlanmış ve artan bir yük ile kopuncaya kadar çekilmişlerdir. Bu sırada P yükü ile buna karşılık numunelerin boyundaki uzama miktarı ($\Delta l = l_0 - l$) eksansometre yardımıyla ölçülmüştür [50].

Çekme testleri, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Biyomekanik Laboratuvarı'nda bulunan, 100 kN kapasitesindeki SHIMADZU marka çekme testi cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1.).

Her bir plakadan 3'er adet test numunesi, ASTM D 3039 standardına göre, 229x25,4 mm olarak hazırlanmıştır (Şekil 5.2.). Her bir numune sırayla cihazda yer alan çenelere bağlanmış ve 2 mm/dak çekme hızıyla oda sıcaklığında test edilmiştir. Ardından her bir numune için çekme dayanımı - birim uzama grafikleri elde edilmiş ve numunelerin test sonrası görüntüleri sunulmuştur.



Şekil 5.1. Çekme test cihazı



Şekil 5.2. ASTM D 3039 standardına göre çekme numunelerinin şematik görünüşü [51]

5.2. Darbe Testleri

Bu deney Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Araştırma ve Test Laboratuvar'ında yapılmıştır. Deneyde ağırlık düşürme prensibine göre çalışan Darbe Test Cihazı, CEAST-Fractovis Plus, kullanılmıştır (Şekil 5.3.). Bu cihaz ile 1800 Joule darbe enerjisine kadar deneyler yapılmaktadır. Bunun dışında bu cihazla düşük hızlı darbe davranışları da incelenebilmektedir. Cihazda 12,7 mm çapa sahip yarım küre şeklinde darbe ucu bulunmaktadır. Temas kuvveti ise en fazla maksimum 22 kN'dur. Bu cihazda, anti-rebound sistemi vardır. Bu da tekrarlı darbe oluşmasını önler [52].

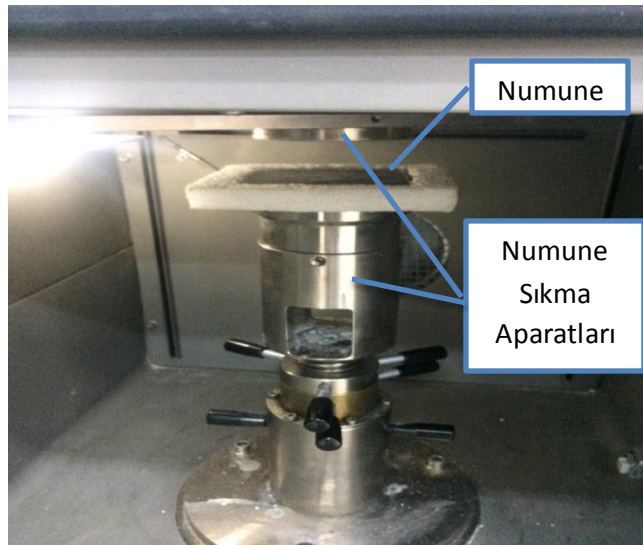
Malzemelerin darbe yüküne karşı olan tepkileri kuvvet-çökme eğrileri ile gösterilir. İki tür eğri oluşur. Bunlar; açık ve kapalı eğriler şeklindedir. Kapalı türdeki eğri düşük darbe enerjisi durumunda oluşur. Bu tür yük uygulanması durumunda malzemelerde ciddi bir hasar oluşmaz. Sadece matris çatlağı görülür. Nüfuziyet adı verilen bir başka hasar şekli de vardır. Bunda darbe ucunda malzemeye saplanma durumu olur. Bütün bu meydana gelen hasarlarda matris çatlaması dışında takviye malzemeleri de hasar görür. Açık tip eğrinin oluşması ise nüfuziyetin darbe enerjisinden daha düşük olmasına bağlıdır. Bu durumda malzemede delinme meydana gelir. Delinmeden sonra oluşan sürtünmeyi ise eğrinin sonucunda oluşan yatay kısım açıklar. Eğer delinme sonrası oluşan sürtünme kısmı eğriden çıkarılırsa malzemelerdeki gerçek enerji absorpsiyonu belirlenebilir. Bu nedenle eğrinin son ucundan çökme eksenine doğru uzatma yapılır (Ataş ve Sayman, 2008) [53].

Oluşturulan kompozit yapıların hasar süreci darbe enerjisi (E_i) ve absorbe edilen enerji (E_a) adında iki ana parametre ile belirlenir. E_i şeklinde ifade edilen darbe enerjisi, darbe ucunun kinetik enerjisidir. E_a yani absorbe edilen enerji ise darbeden sonra absorbe edilen enerji miktarıdır. Malzemeyi hasara uğratmak için gerekli olan enerjiye absorbe edilen enerji denir. Bu değer kuvvet-çökme eğrilerinde eğrinin altında kalan alandan hesaplanır. Bunun dışında absorbe edilen enerji miktarı enerji-zaman grafiklerinden de bulunabilir. Bu eğriler, malzemeye uygulanan enerji seviyesine kadar belli bir miktar arttıktan sonra yatay olarak ilerleyip sabit bir değere ulaşır. Bu sabit değer absorbe edilen enerji değeridir (Ataş ve Sayman, 2008) [53].



Şekil 5.3. CEAST-Fractovis Plus darbe cihazının görüntüsü

Öncelikle numuneler 100x100 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Deneyle oda sıcaklığında yapılmıştır. Numuneler destek çapı 76 mm olan pnömatik bir sıkma aparatı ile tutulmaktadır (Şekil 5.4.). Darbenin düşme yüksekliği ve çarpma hızı değiştirilmiştir. Darbe kütlesi 4,926 kg olarak sabit tutulmuştur.



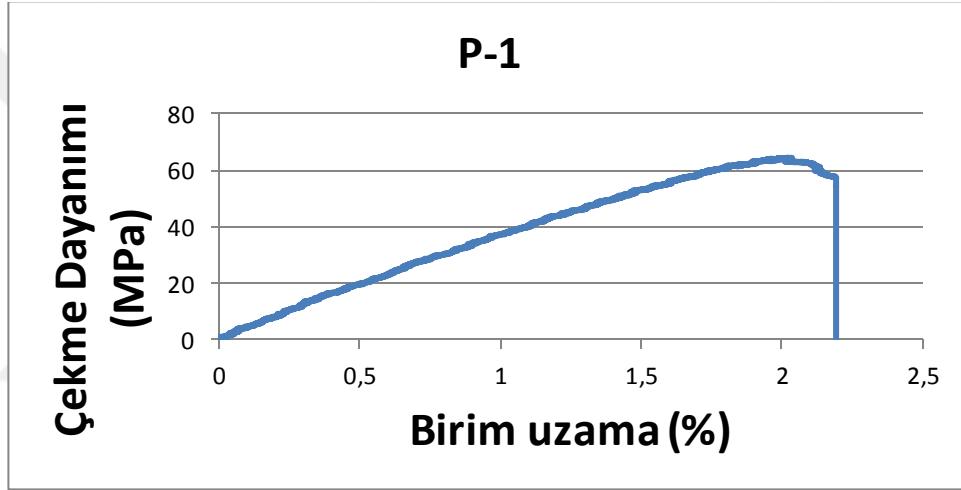
Şekil 5.4. CEAST-Fractovis Plus darbe cihazı numune sıkma aparatı görseli

6. MALZEMELERE UYGULANAN MEKANİK TESTLERİN SONUÇLARI

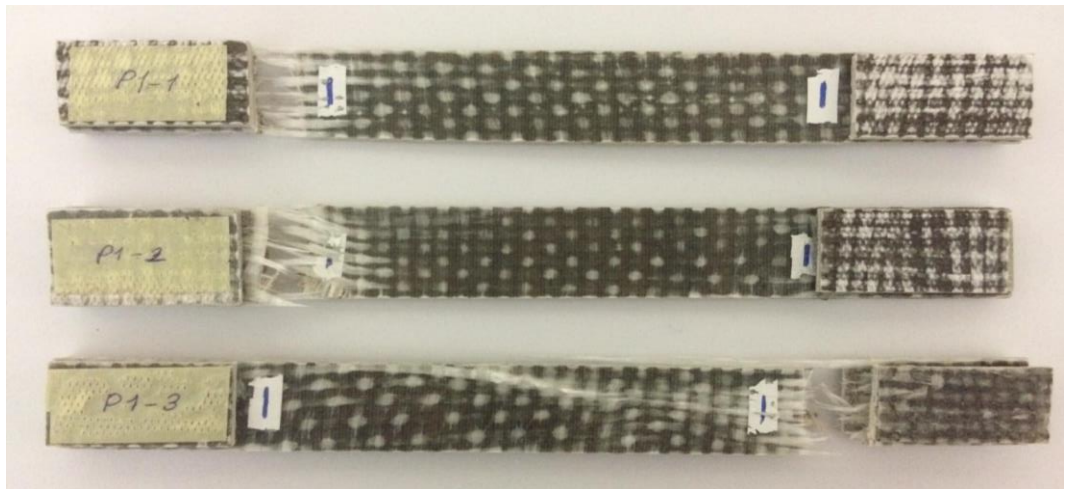
6.1. Çekme Testi Sonuçları

6.1.1. PLAKA-1'in Çekme Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-1'den elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde elde edilen değerlerle çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.1.). Şekil 6.2.'de numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



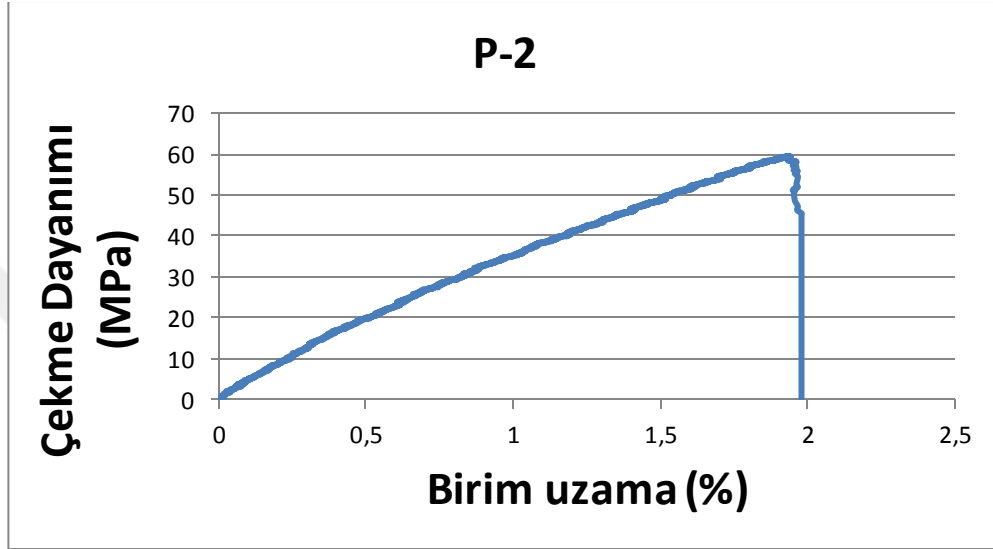
Şekil 6.1. PLAKA-1'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği



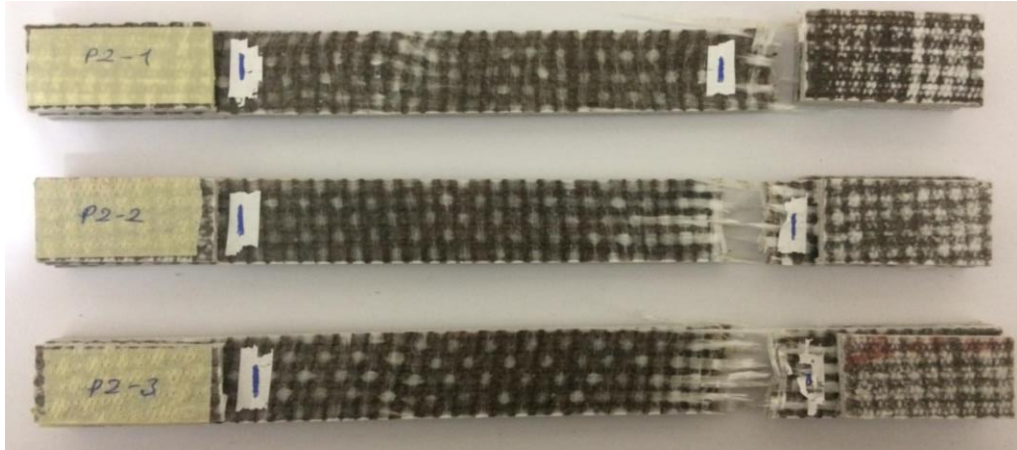
Şekil 6.2. PLAKA-1'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görüntüleri

6.1.2. PLAKA-2'nin Çekme Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-2'den elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.3.). Şekil 6.4.'te numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 6.3. PLAKA-2'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği

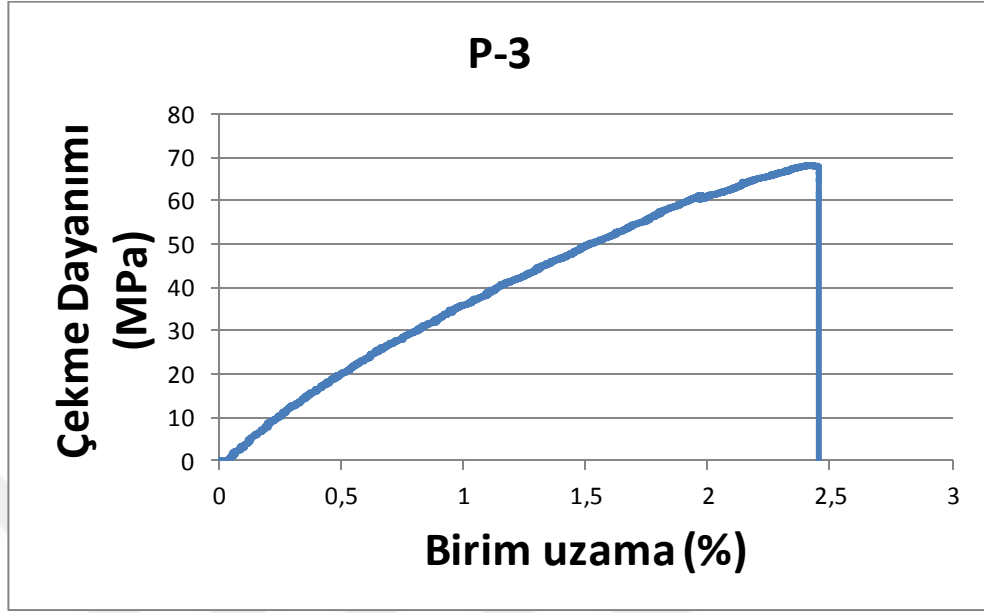


Şekil 6.4. PLAKA-2'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görüntüleri

6.1.3. PLAKA-3'ün Çekme Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-3'ten elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde

elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.5.). Şekil 6.6.'da numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 6.5. PLAKA-3'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği

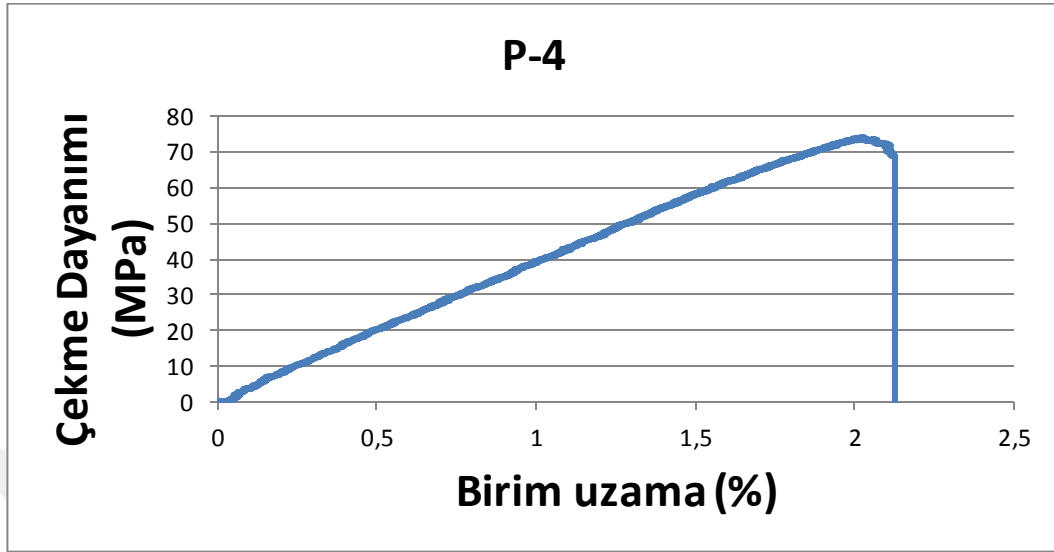


Şekil 6.6. PLAKA-3'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görüntüleri

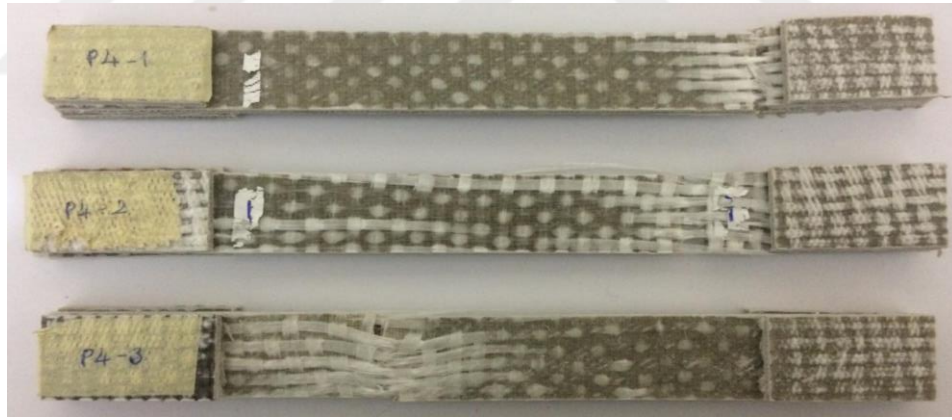
6.1.4. PLAKA-4'ün Çekme Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-4'ten elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde

elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.7.). Şekil 6.8.'de numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



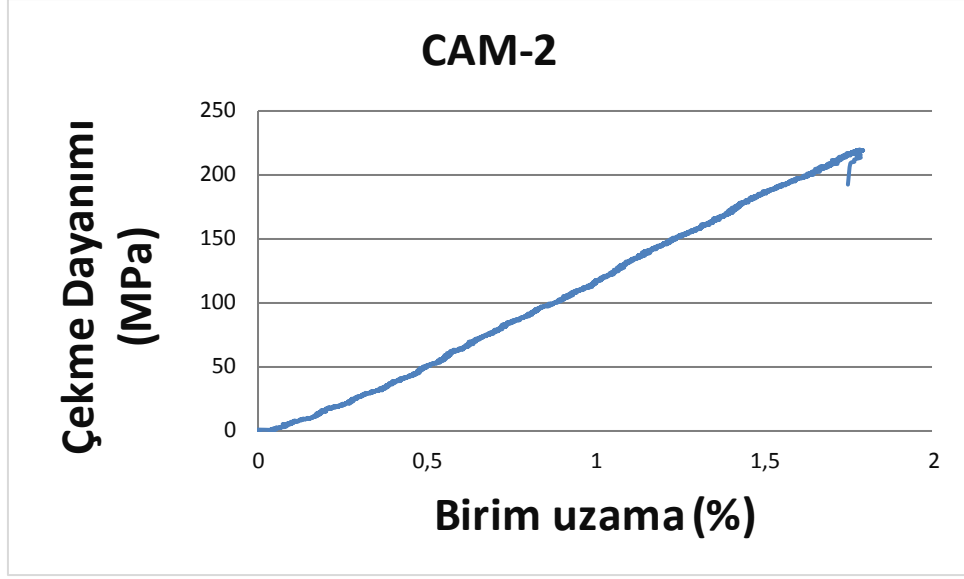
Şekil 6.7. PLAKA-4'teki numuneler için çekme dayanımı - birim uzama grafiği



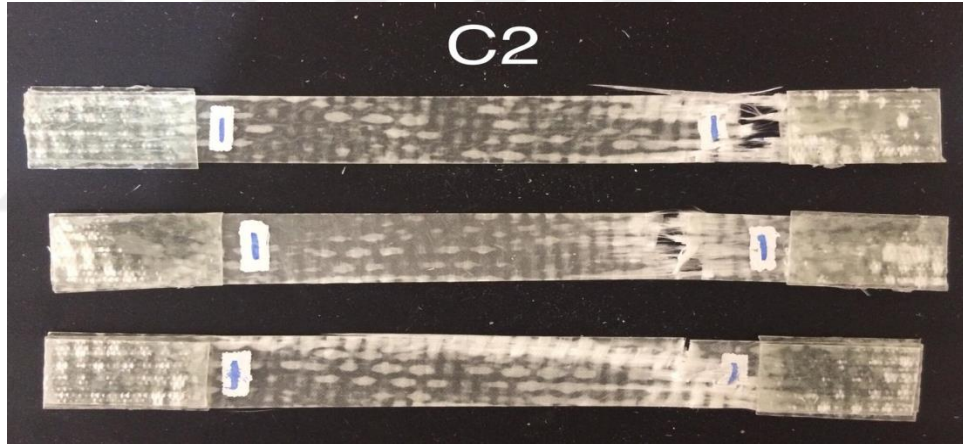
Şekil 6.8. PLAKA-4'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görüntüleri

6.1.5. CAM-2'nin Çekme Testi Sonuçları

2 katlı ve 2 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-2'den elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.9.). Şekil 6.10.'da numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



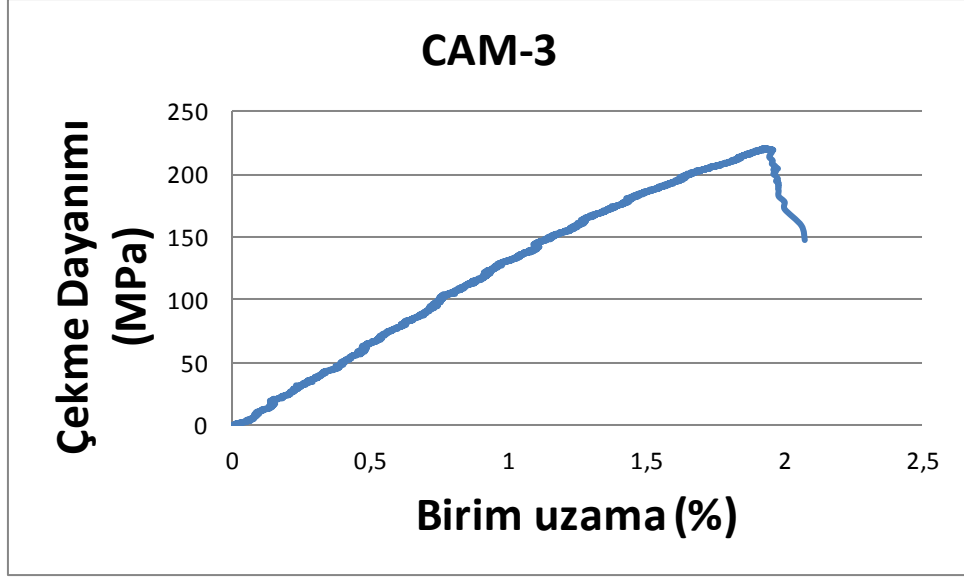
Şekil 6.9. CAM-2'deki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği



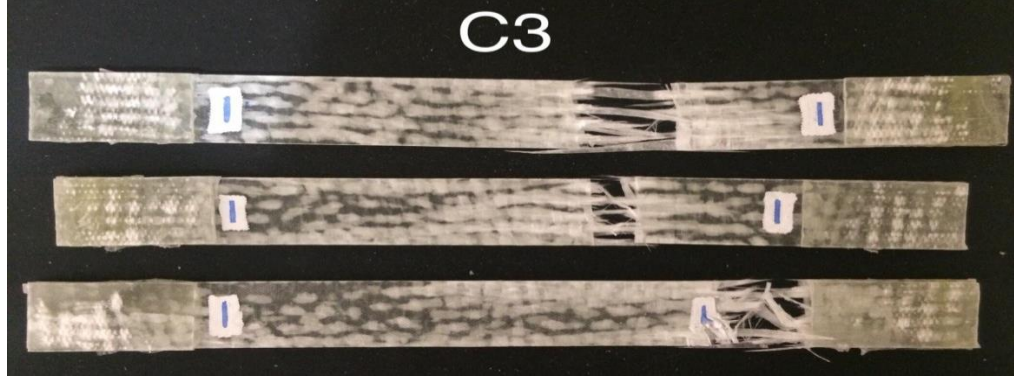
Şekil 6.10. CAM-2'den elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görüntüleri

6.1.6. CAM-3'ün Çekme Testi Sonuçları

3 katlı ve 3 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-3'ten elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.11.). Şekil 6.12.'de numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



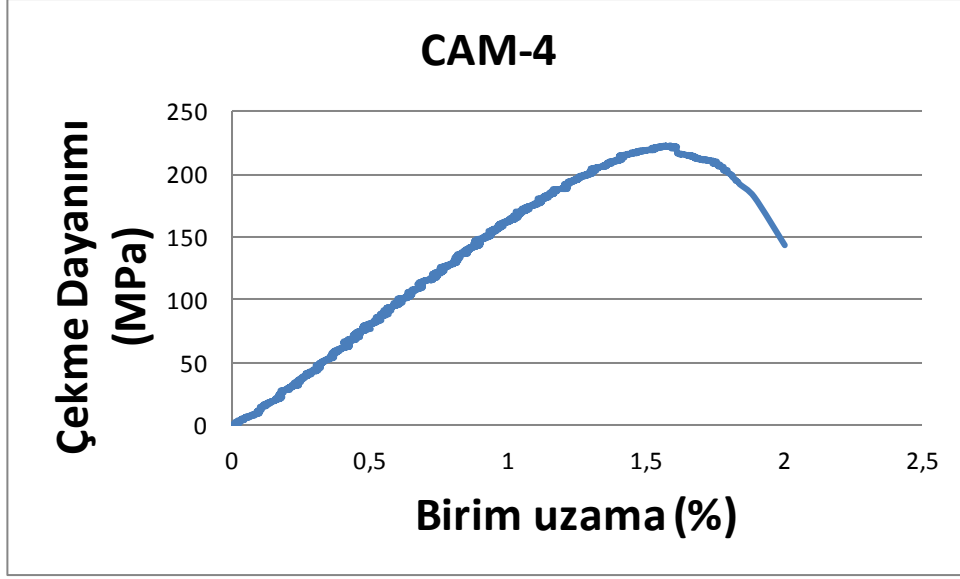
Şekil 6.11. CAM-3'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği



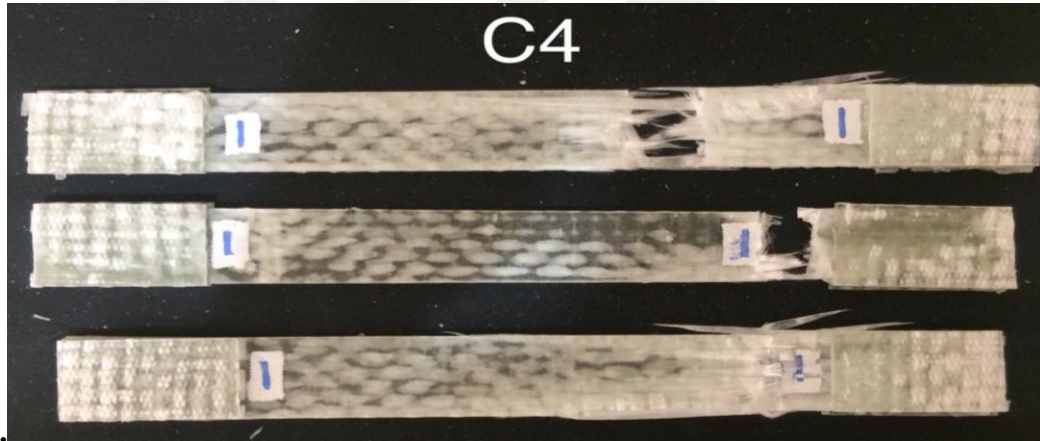
Şekil 6.12. CAM-3'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünümleri

6.1.7. CAM-4'ün Çekme Testi Sonuçları

4 katlı ve 4 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-4'ten elde edilen numuneler ile yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile çekme dayanımı - birim uzama grafiği çizilmiştir (Şekil 6.13.). Şekil 6.14.'te numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



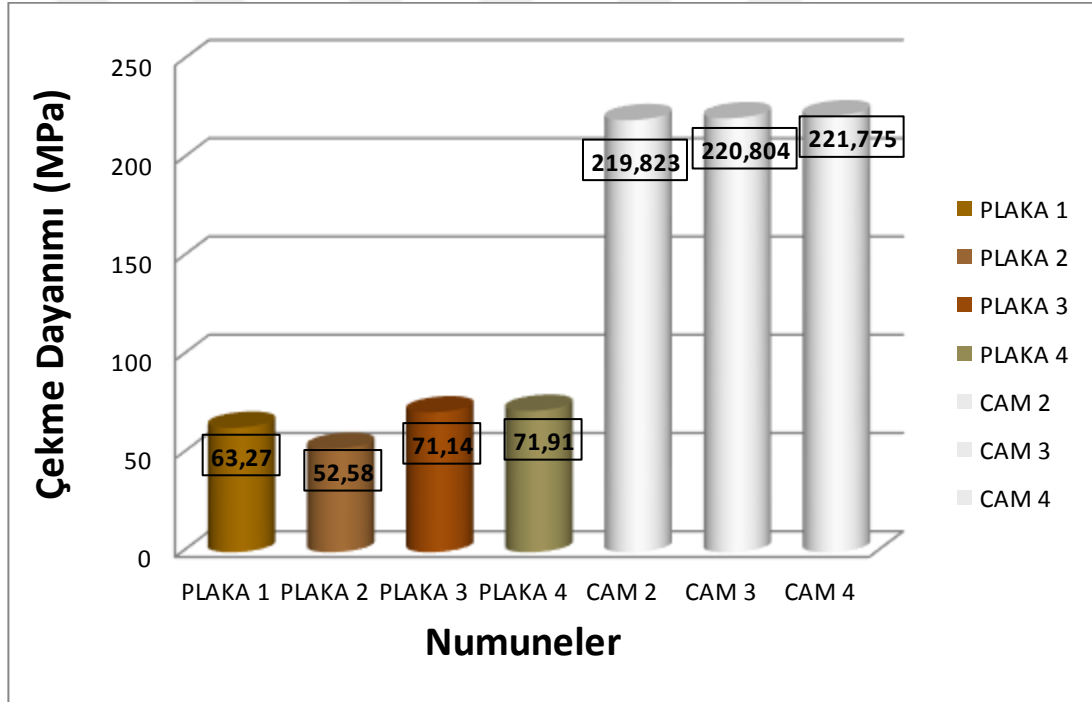
Şekil 6.13. CAM-4'teki numuneler için çekme dayanımı – birim uzama grafiği



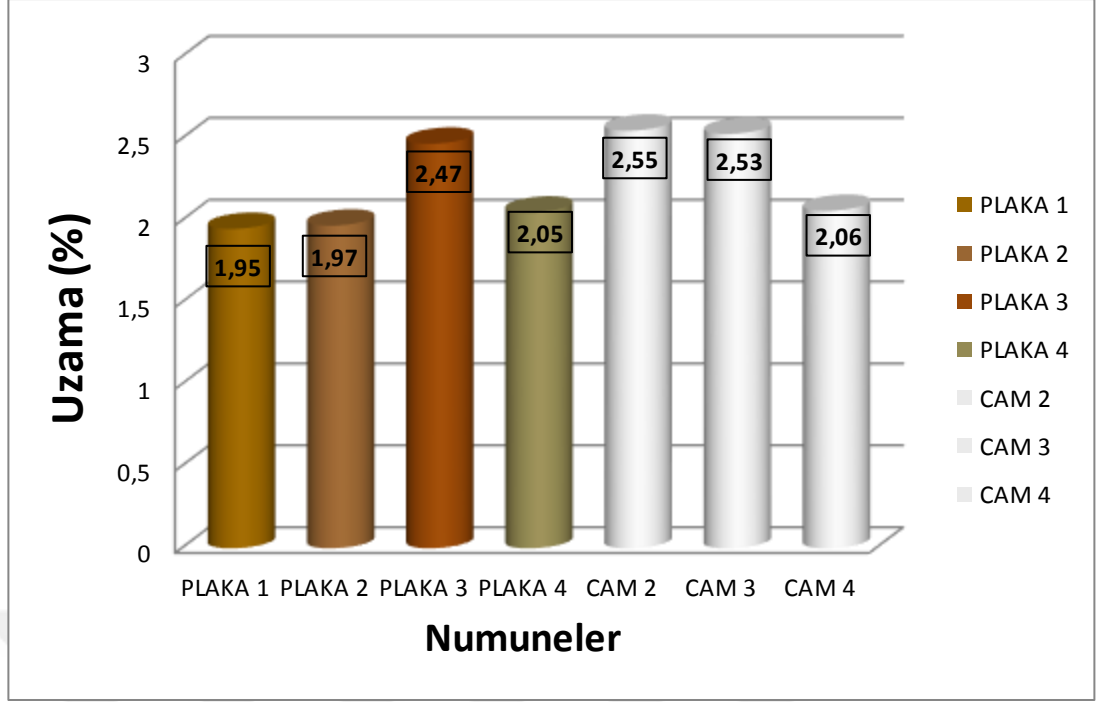
Şekil 6.14. CAM-4'ten elde edilen numunelerin çekme testi sonrası görünümleri

Tablo 6.1. Bütün plakalardan elde edilen numunelerin çekme testi sonuçları

Numune No	Maksimum Kuvvet (N)	Maksimum Uzama (%)	Maksimum Çekme Dayanımı (MPa)
PLAKA 1	7068,23	1,95818	63,2717
PLAKA 2	6417,71	1,97279	52,5872
PLAKA 3	7688,54	2,47687	71,1442
PLAKA 4	8377,08	2,05242	71,9158
CAM 2	5440,63	2,55791	219,823
CAM 3	7728,13	2,53171	220,804
CAM 4	10139,05	2,06875	221,775



Şekil 6.15. Bütün numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen ortalama çekme dayanımı değerleri



Şekil 6.16. Bütün numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen ortalama yüzde birim uzama değerleri

Şekil 6.15 incelendiğinde, en yüksek çekme mukavemetini 221,775 MPa değeri ile dört tabaka cam elyaftan oluşan CAM-4 kompozit malzemesinin gösterdiği, en düşük çekme mukavemetini 52,58 MPa değeri ile dokuz tabaka, cam elyaf ve doğal lif katkılarıyla oluşan PLAKA-2 kompozit malzemesinin gösterdiği görülmektedir.

Şekil 6.16 incelendiğinde, en yüksek birim uzama değerini %2,55 değeri ile iki tabaka cam elyaftan oluşan CAM-2 kompozit malzemenin gösterdiği, en düşük birim uzama değerini %1,95 değeri ile dokuz tabaka, cam elyaf ve doğal lif katkılarıyla oluşan PLAKA-1 kompozit malzemenin gösterdiği görülmektedir.

Takviye elemanı olarak sadece cam elyaf kullanılarak üretilen plakalar kendi içinde incelendiğinde en yüksek çekme mukavemetinin 221,775 MPa ile dört tabakalı olan CAM-4 kodlu plakaya ait olduğu, en düşük çekme mukavemetinin 219,823 MPa değeri ile iki tabakalı olan CAM-2 kodlu plakaya ait olduğu görülmektedir.

Takviye elemanı olarak cam elyaf ve doğal lif kumaşların kullanıldığı dokuz tabaka olarak üretilen plakalar kendi içinde incelendiğinde en yüksek çekme mukavemetinin 71,91 MPa ile PLAKA-4 kodlu malzemeye ait olduğu, en düşük çekme mukavemetinin ise 52,58 MPa ile PLAKA-2 kodlu malzemeye ait olduğu görülmektedir.

Takviye elemanı olarak sadece cam elyaf kullanılarak üretilen plakalar kendi içinde incelendiğinde en yüksek birim uzama değerini %2,55 değeri ile iki tabaka cam elyaftan oluşan CAM-2 kompozit malzemenin gösterdiği, en düşük birim uzama değerini %2,06 değeri ile dört tabakalı olan CAM-4 kodlu plakaya ait olduğu görülmektedir.

Takviye elemanı olarak cam elyaf ve doğal lif kumaşların kullanıldığı dokuz tabaka olarak üretilen plakalar kendi içinde incelendiğinde en yüksek birim uzama değerini %2,47 değeri ile PLAKA-3 kodlu malzemeye ait olduğu, en düşük birim uzama değerini %1,95 değeri ile PLAKA-1 kodlu malzemeye ait olduğu görülmektedir.

Bütün çekme testi sonucunda elde edilen grafiklerden de görüleceği üzere numuneler gevrek malzeme oldukları anlaşılmaktadır.

6.2. Darbe Testi Sonuçları

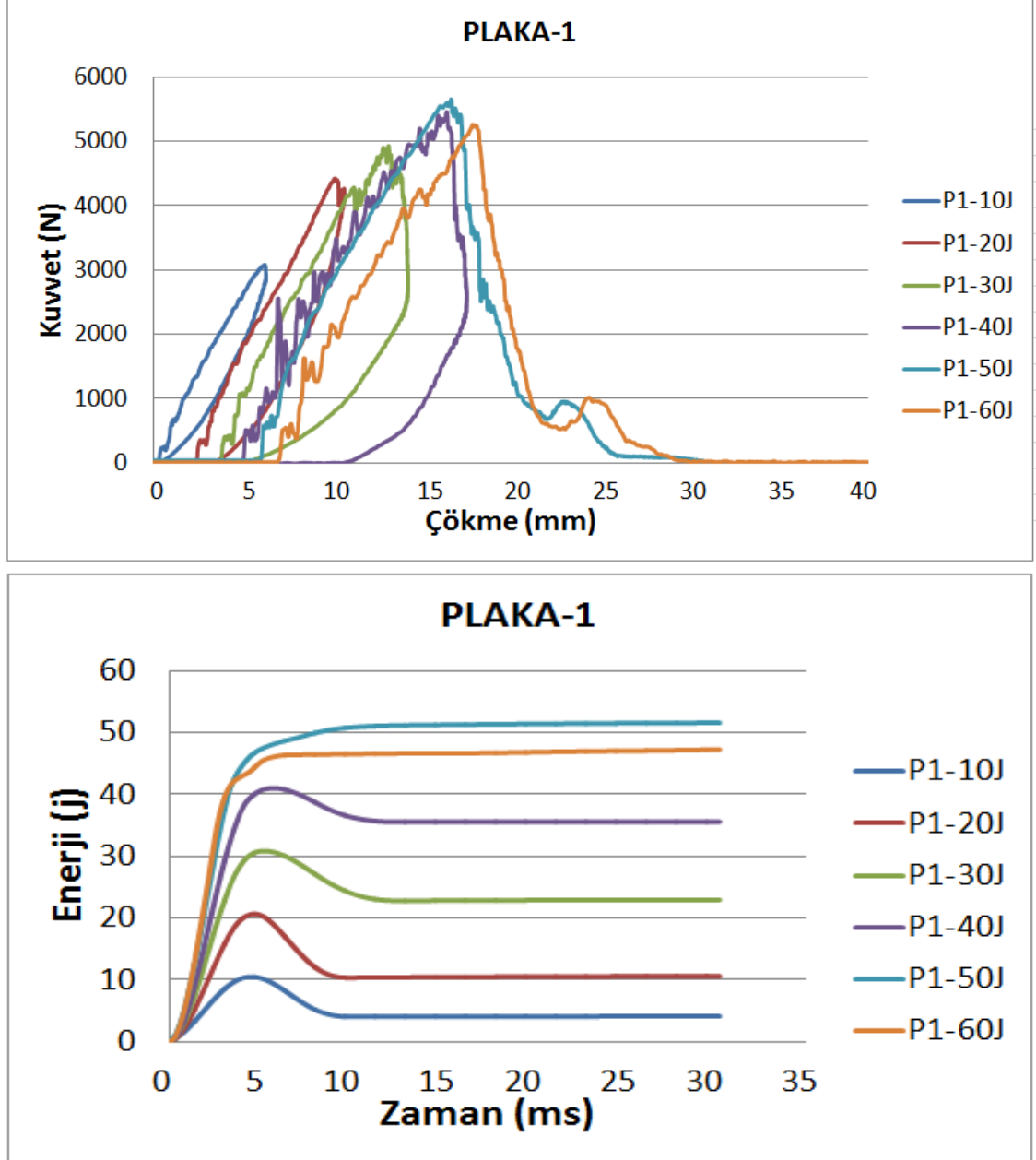
Yapılan darbe testleri ile elde edilen sonuçlara göre her bir numune için kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri çizilmiştir.

Bu çalışmadaki bütün numunelere farklı seviyede darbe enerjileri uygulanmıştır. Her bir plaka yorumlanmıştır.

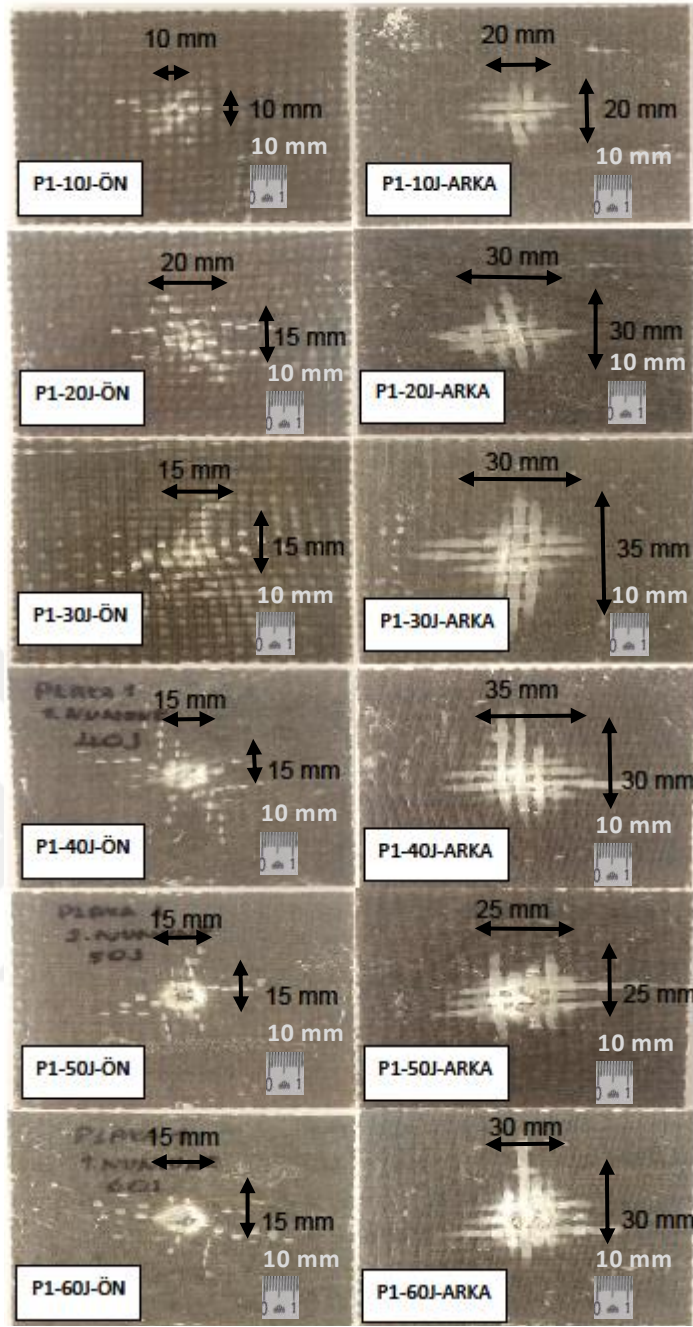
6.2.1. PLAKA-1'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-1'den elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J ve 60J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde

elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.17.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.2.). Şekil 6.18.'de ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 6.17. PLAKA-1'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.18. PLAKA-1'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.2. PLAKA-1'in, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	P1-10J	P1-20J	P1-30J	P1-40J	P1-50J	P1-60J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60
Absorbe Edilen Enerji (J)	4,1915	10,4302	21,4846	35,11	48,398	48,913
Maksimum Çökme (mm)	9,3899	13,9327	17,3693	20,691	31,8443	32,8175
Kalıcı Çökme (mm)	3,6384	6,4446	8,1132	15,1697	31,8443	32,8175
Maksimum Kuvvet (N)	3134,1626	4364,3946	5018,2507	5347,0684	5194,943	5208,1712

10J, 20J ve 30J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı olduğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

40J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir. Darbe uygulanan yüzde darbe ucunun izi oluşup diğer yüzde matris çatlağı ve az miktarda elyaf kırıkları oluşmuştur.

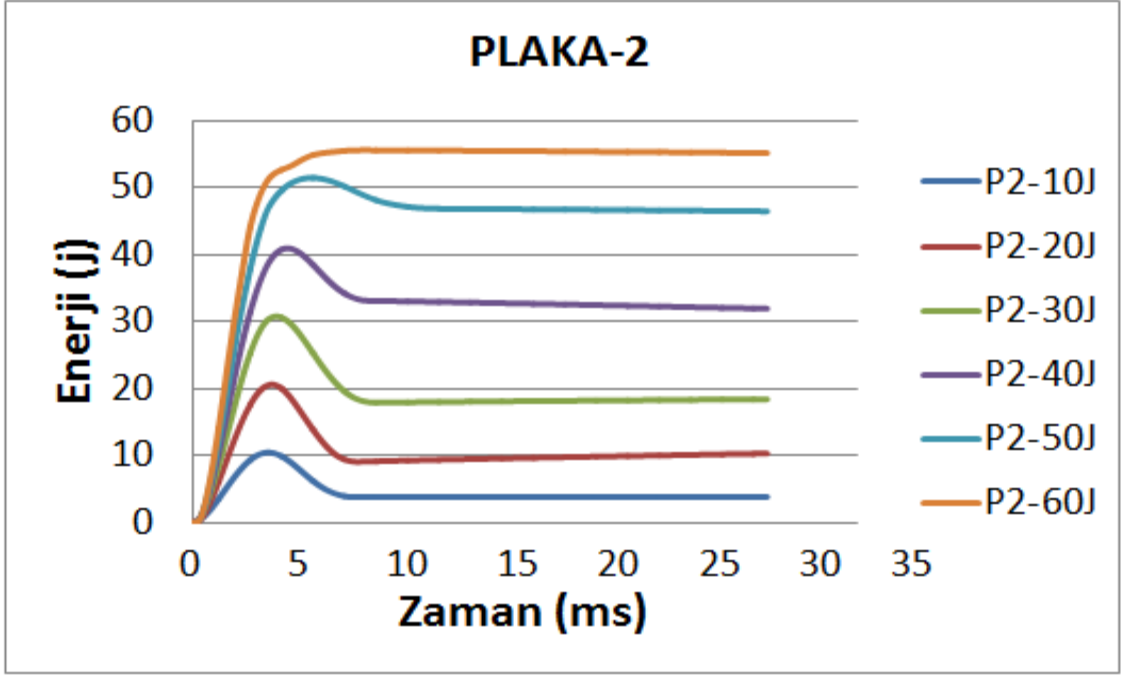
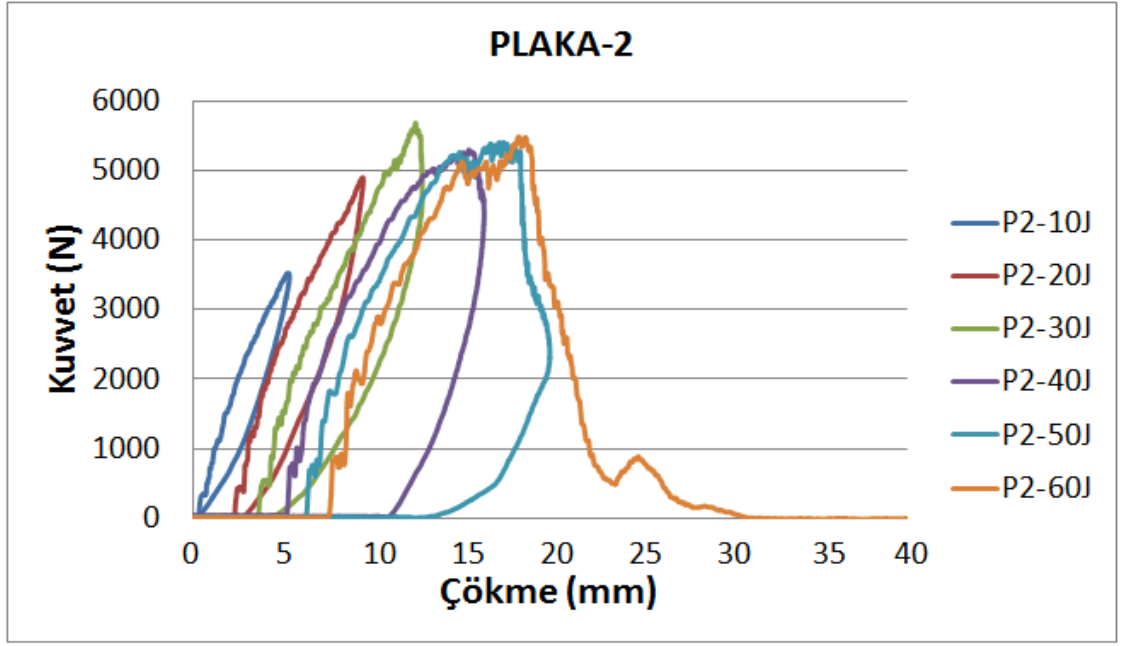
50J ve 60J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde

darbe ucunun küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.

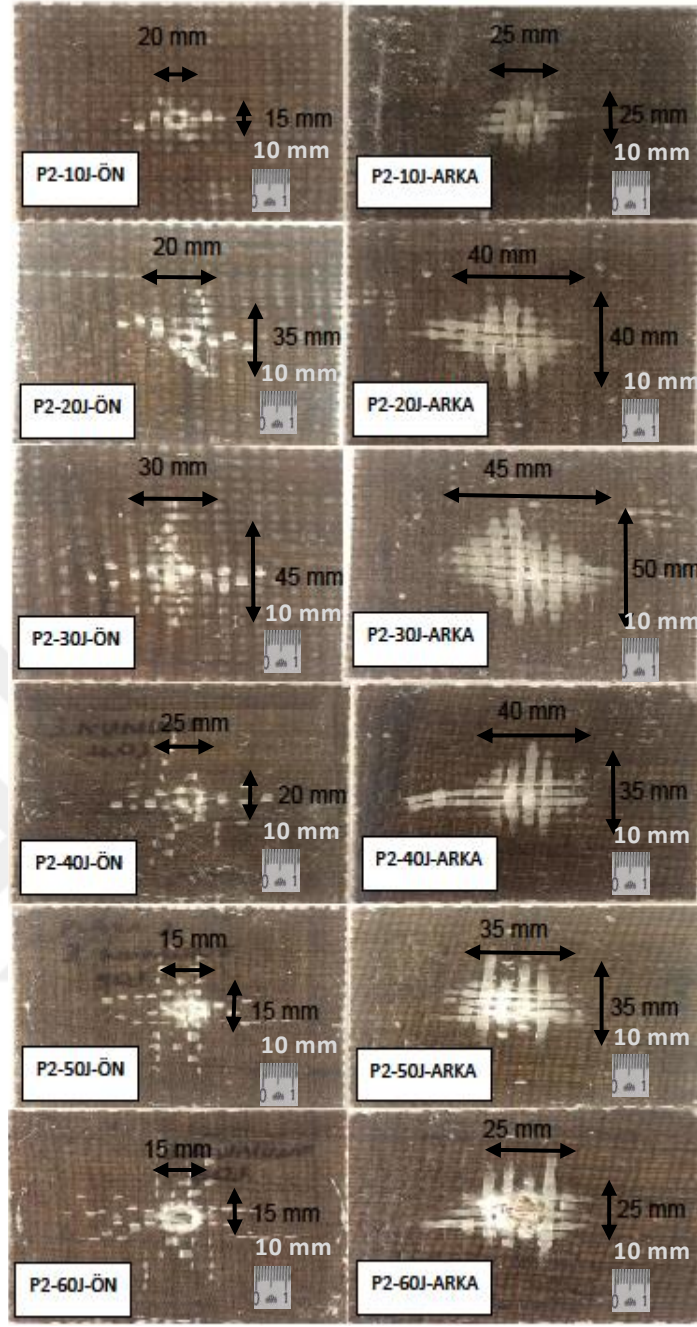
6.2.2. PLAKA-2'ye Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-2'den elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J ve 60J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.19.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.3.). Şekil 6.20.'de ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.19. PLAKA-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.20. PLAKA-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.3. PLAKA-2'nin, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	P2-10J	P2-20J	P2-30J	P2-40J	P2-50J	P2-60J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60
Absorbe Edilen Enerji (J)	3,6801	9,7849	18,0013	32,5435	46,6870	56,9881
Maksimum Çökme (mm)	8,8591	12,9883	16,0717	19,5232	23,0182	33,6181
Kalıcı Çökme (mm)	3,7685	5,7303	7,7617	14,1411	19,88	33,6181
Maksimum Kuvvet (N)	3521,5628	4771,6373	5822,3424	5401,8714	5636,2013	5489,2727

10J, 20J, 30J ve 40J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı olduğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

50J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir. Darbe uygulanan yüzde darbe ucunun izi oluşup diğer yüzde matris çatlağı ve az miktarda elyaf kırıkları oluşmuştur.

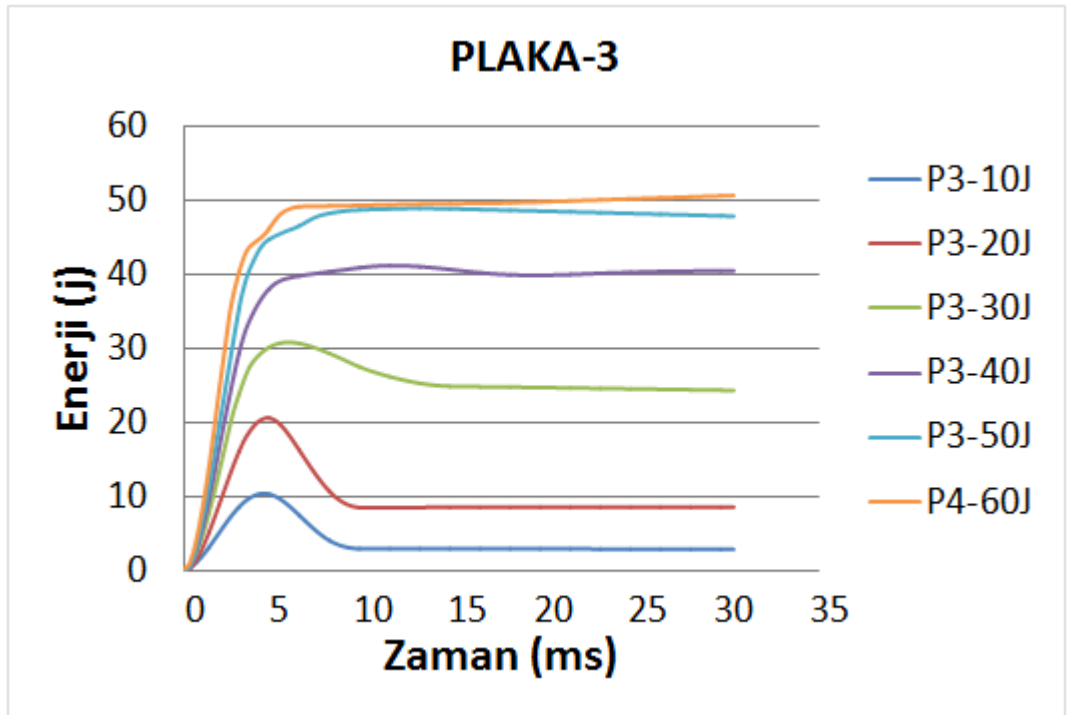
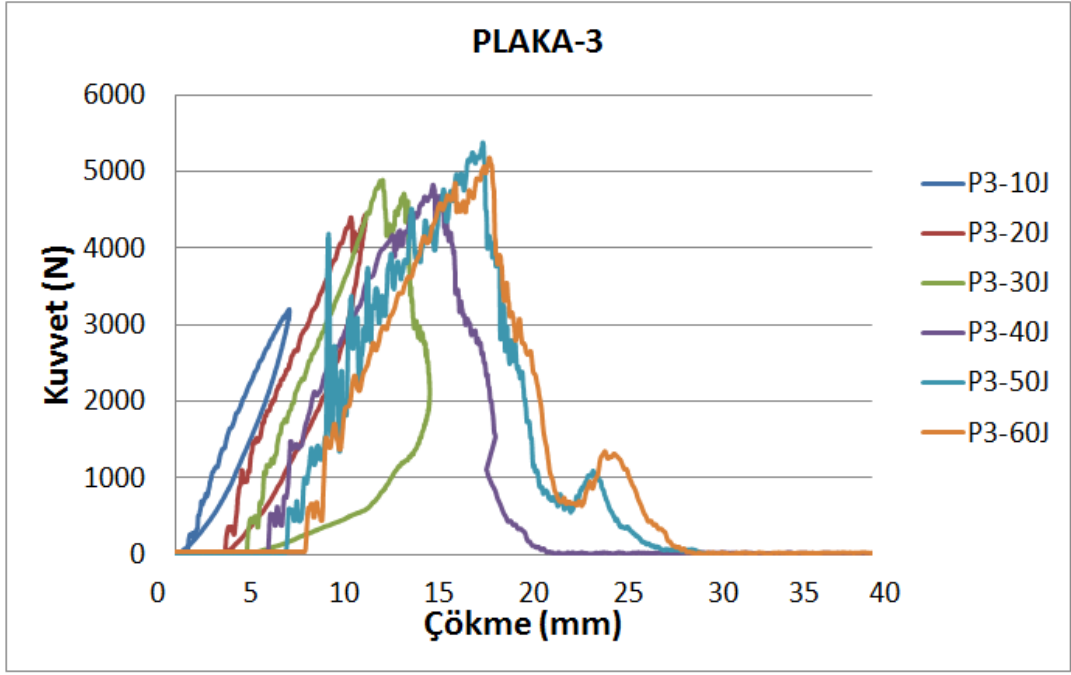
60J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun

küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.

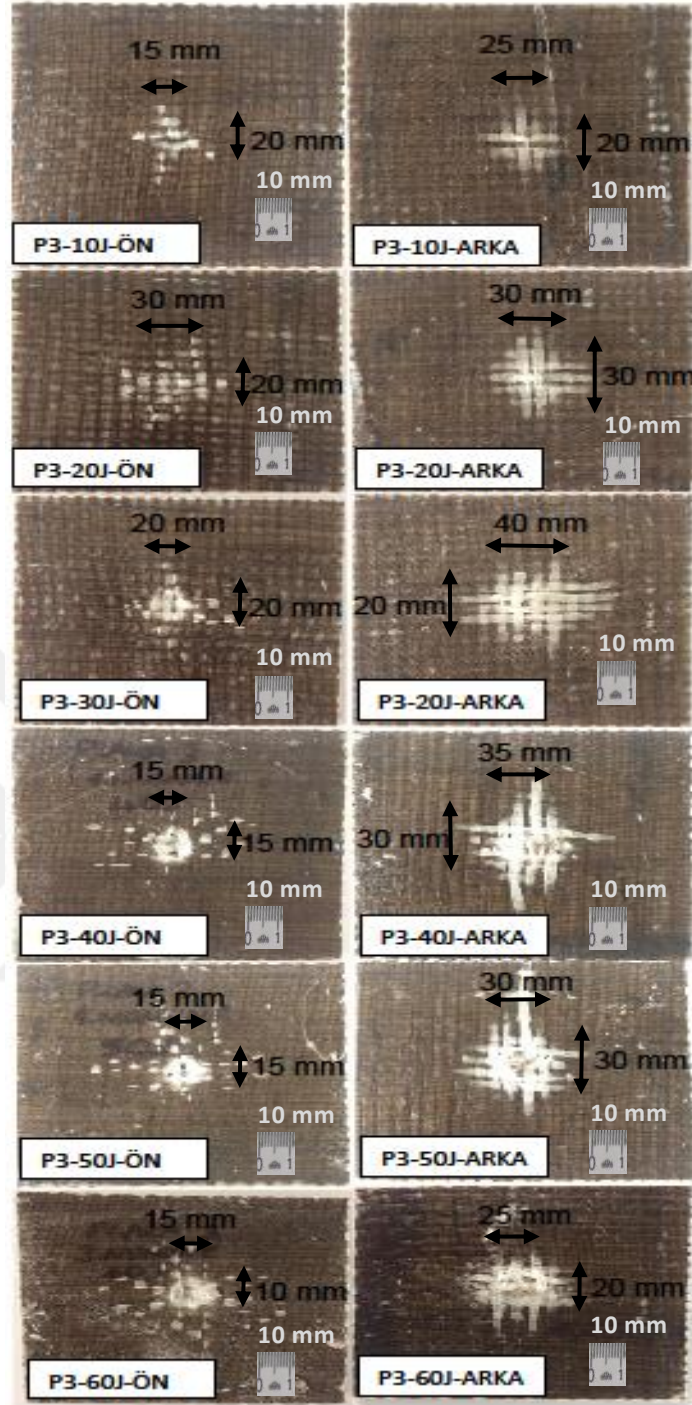
6.2.3. PLAKA-3'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 4 kat pamuk ve 1 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-3'ten elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J ve 60J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.21.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.4.). Şekil 6.22.'de ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.21. PLAKA-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.22. PLAKA-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.4. PLAKA-3'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	P3-10J	P3-20J	P3-30J	P3-40J	P3-50J	P3-60J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60
Absorbe Edilen Enerji (J)	3,005	9,0697	24,3159	40,4136	48,4020	48,7922
Maksimum Çökme (mm)	9,2710	13,5787	17,5440	21,3271	31,7171	32,5391
Kalıcı Çökme (mm)	3,1440	5,7606	8,4342	21,3271	31,7171	32,5391
Maksimum Kuvvet (N)	3231,4850	4498,5674	4796,2042	4915,2589	5108,0141	5197,7776

10J ve 20J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı olduğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

30J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir. Darbe uygulanan yüzde darbe ucunun izi oluşup diğer yüzde matris çatlağı ve az miktarda elyaf kırıkları oluşmuştur.

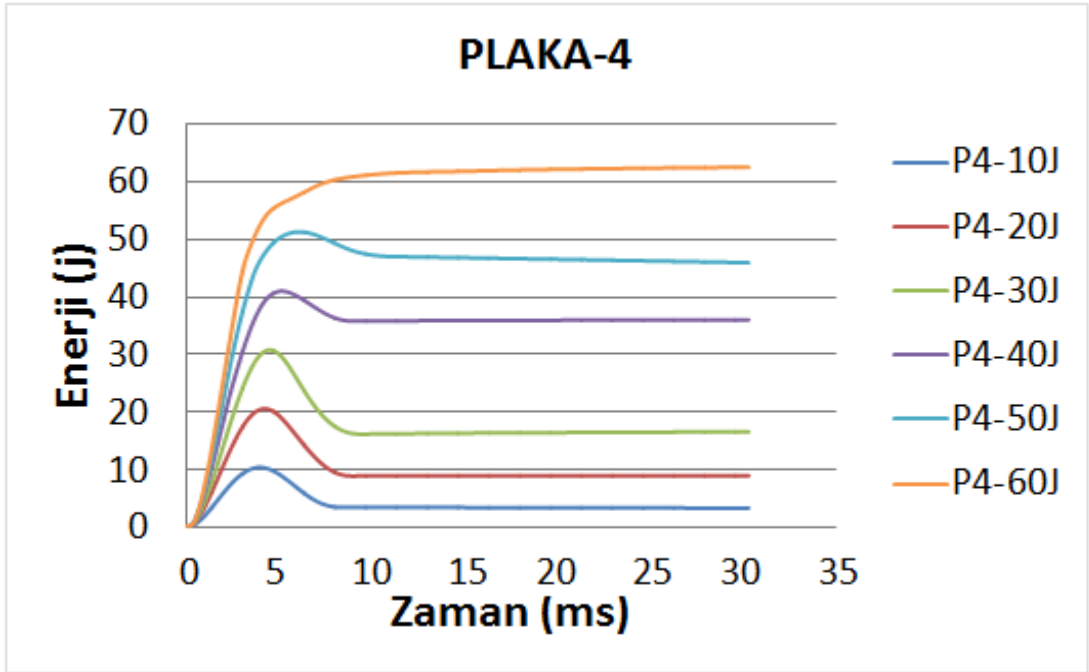
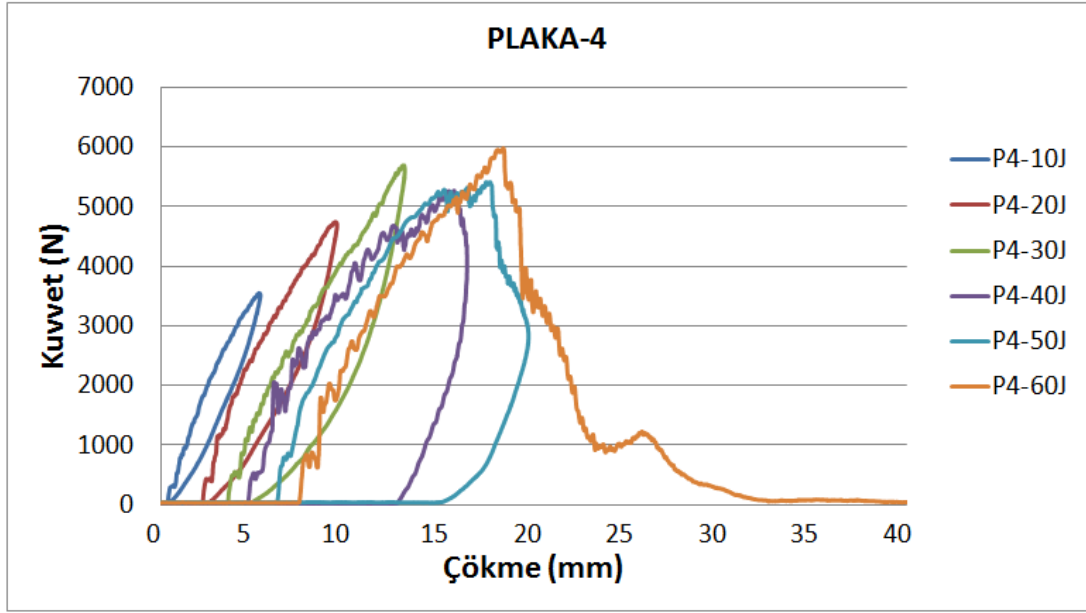
40J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun

küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.

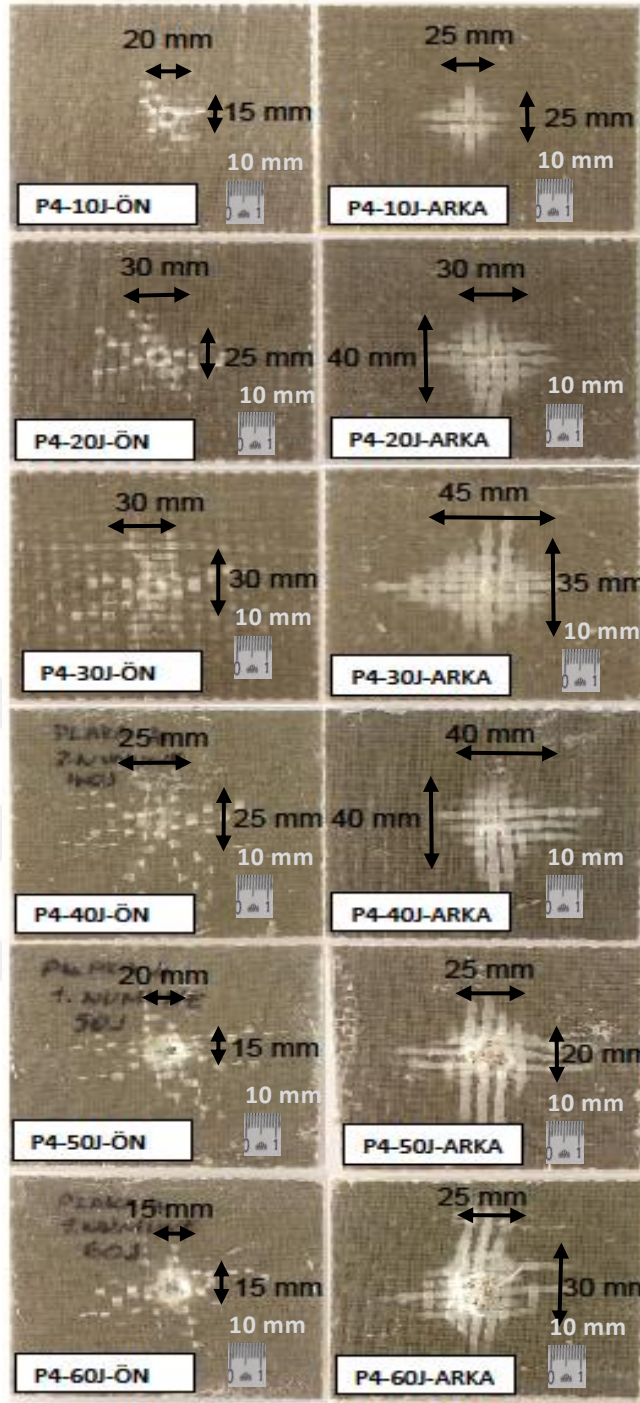
6.2.4. PLAKA-4'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

9 katlı (2 kat cam elyaf, 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat keten) kompozit malzeme olan PLAKA-4'ten elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J ve 60J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.23.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.5.). Şekil 6.24.'te ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.23. PLAKA-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.24. PLAKA-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.5. PLAKA-4'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	P4-10J	P4-20J	P4-30J	P4-40J	P4-50J	P4-60J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60
Absorbe Edilen Enerji (J)	3,4359	8,9584	16,8687	35,4091	51,2751	60,5357
Maksimum Çökme (mm)	8,9995	13,031	16,3912	19,9417	25,6937	35,4534
Kalıcı Çökme (mm)	3,7295	5,938	7,6797	15,6590	25,6937	35,4534
Maksimum Kuvvet (N)	3410,0671	4765,9740	5547,3827	5226,124	5363,1314	5725,9648

10J, 20J, 30J ve 40J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı olduğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

50J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir. Darbe uygulanan yüzde darbe ucunun izi oluşup diğer yüzde matris çatlağı ve az miktarda elyaf kırıkları oluşmuştur.

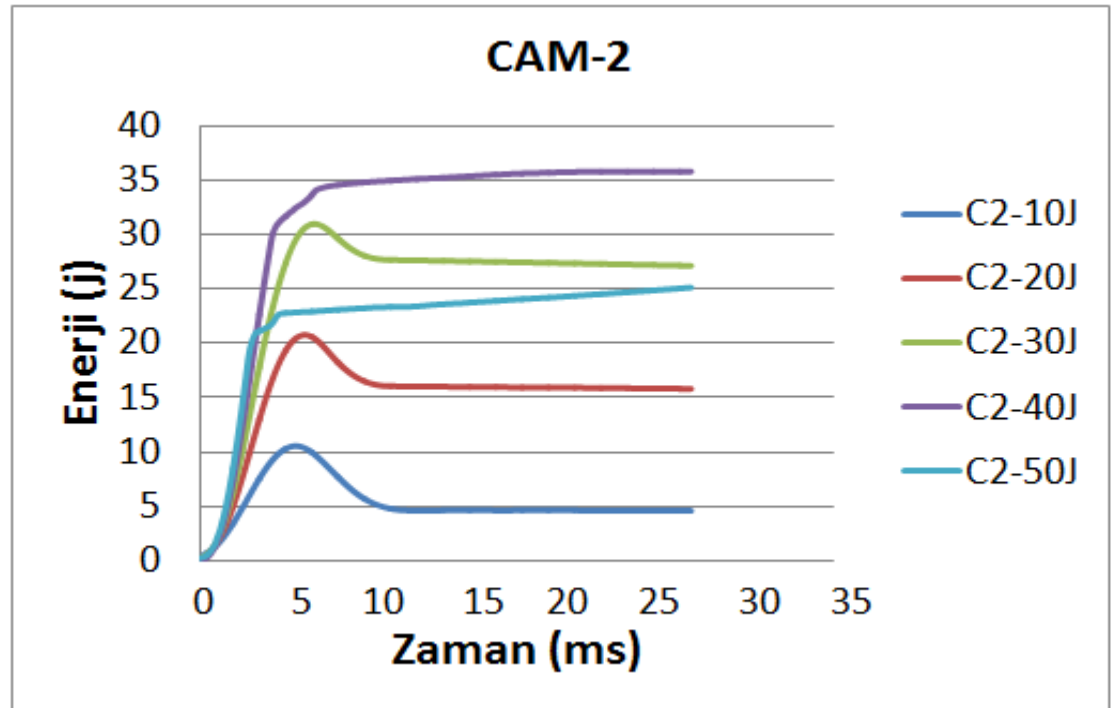
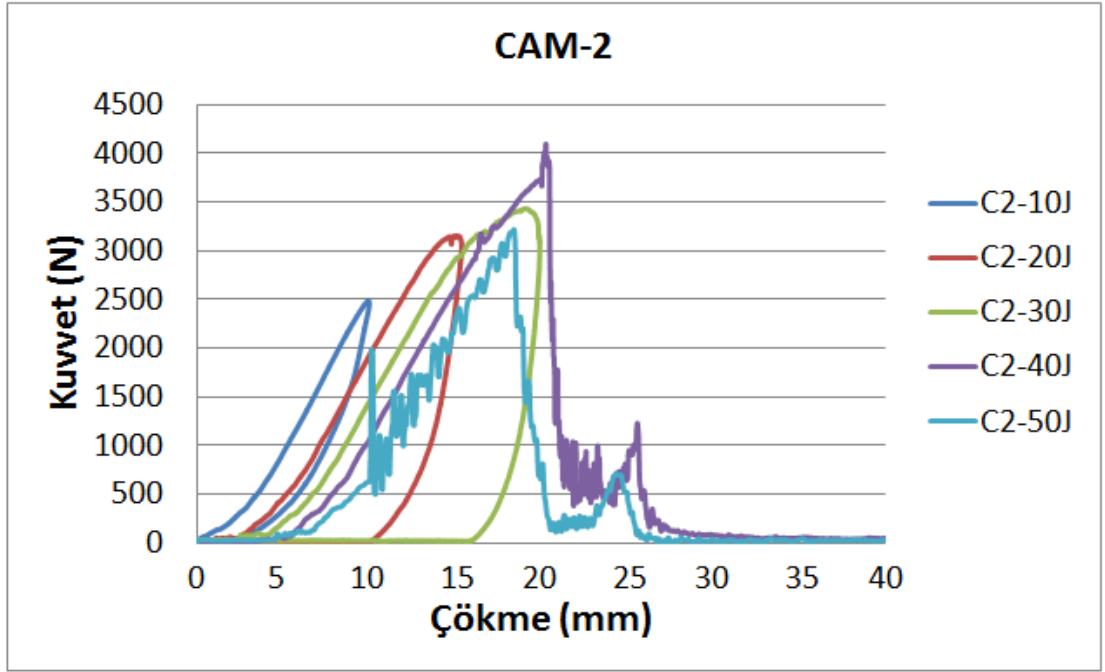
60J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun

küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.

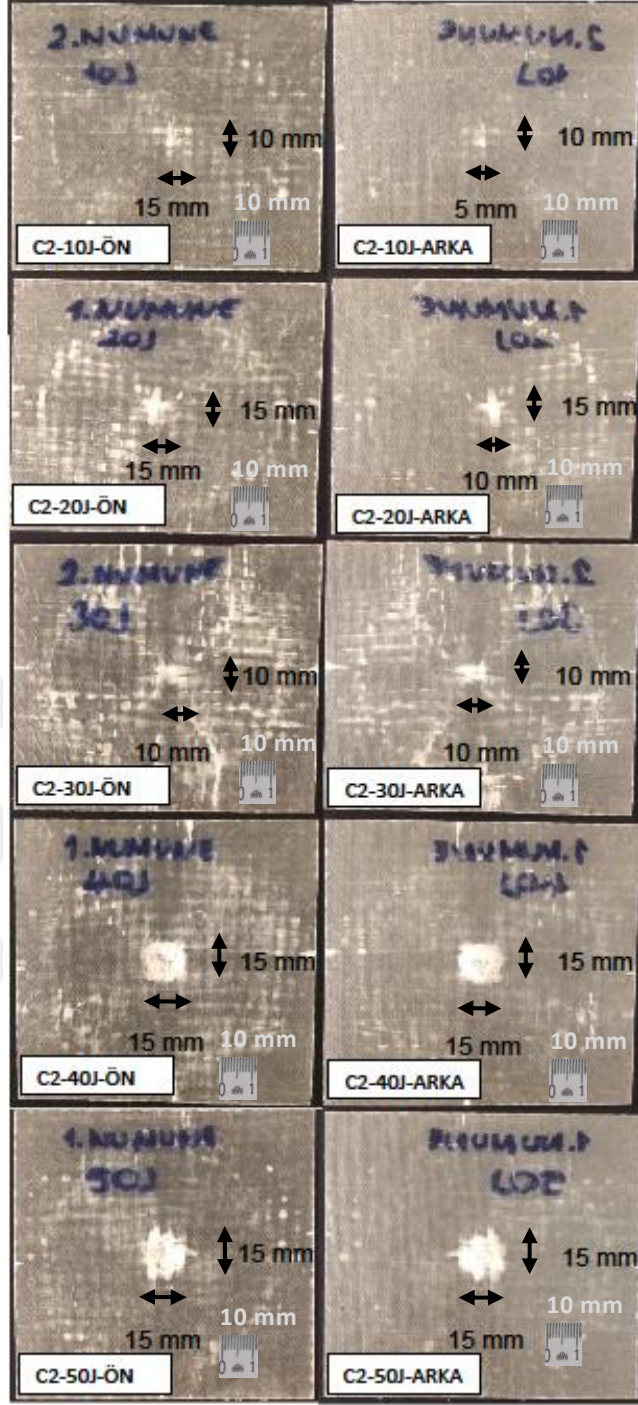
6.2.5. CAM-2'ye Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

2 katlı ve 2 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-2'den elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J ve 50J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.25.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.6.). Şekil 6.26.'da ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.25. CAM-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.26. CAM-2'ye uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.6. CAM-2'nin, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	C2-10J	C2-20J	C2-30J	C2-40J	C2-50J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50
Absorbe Edilen Enerji (J)	5,3384	16,4635	26,093	34,1325	25,1166
Maksimum Çökme (mm)	10,1076	15,6704	19,7655	27,7323	27,0467
Kalıcı Çökme (mm)	2,6774	10,5607	15,8738	27,7323	27,0467
Maksimum Kuvvet (N)	2389,5982	3047,234	3618,413	3988,333	3217,312

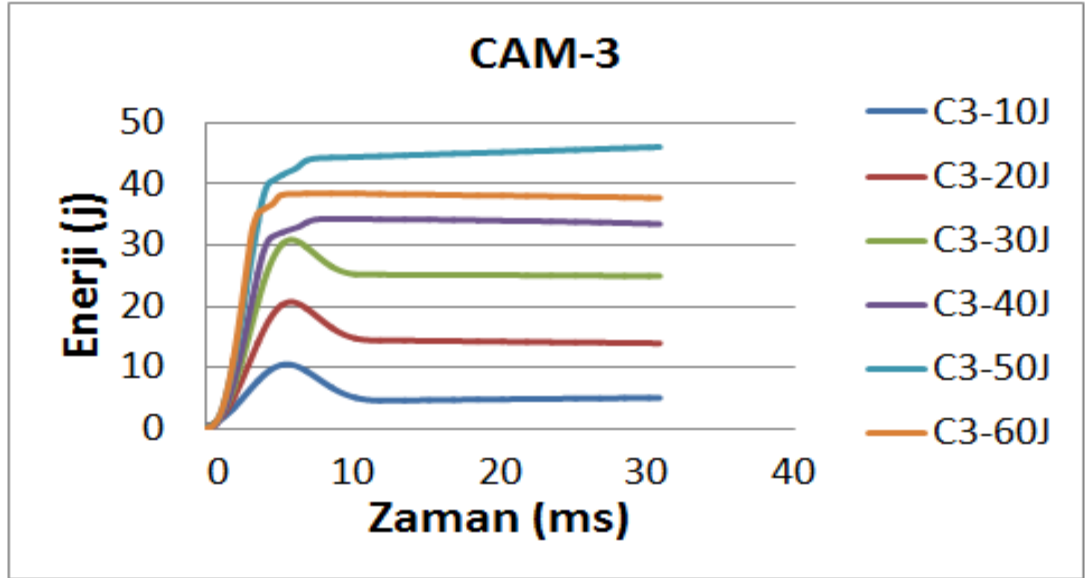
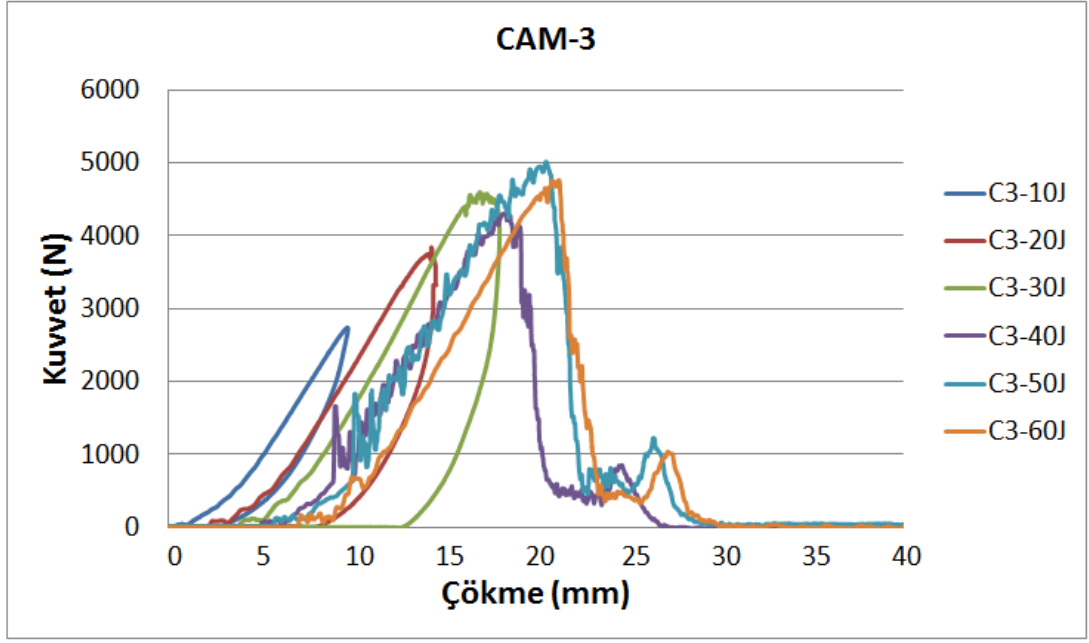
10J, 20J ve 30J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı oluştuğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

40J ve 50J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açıktır.

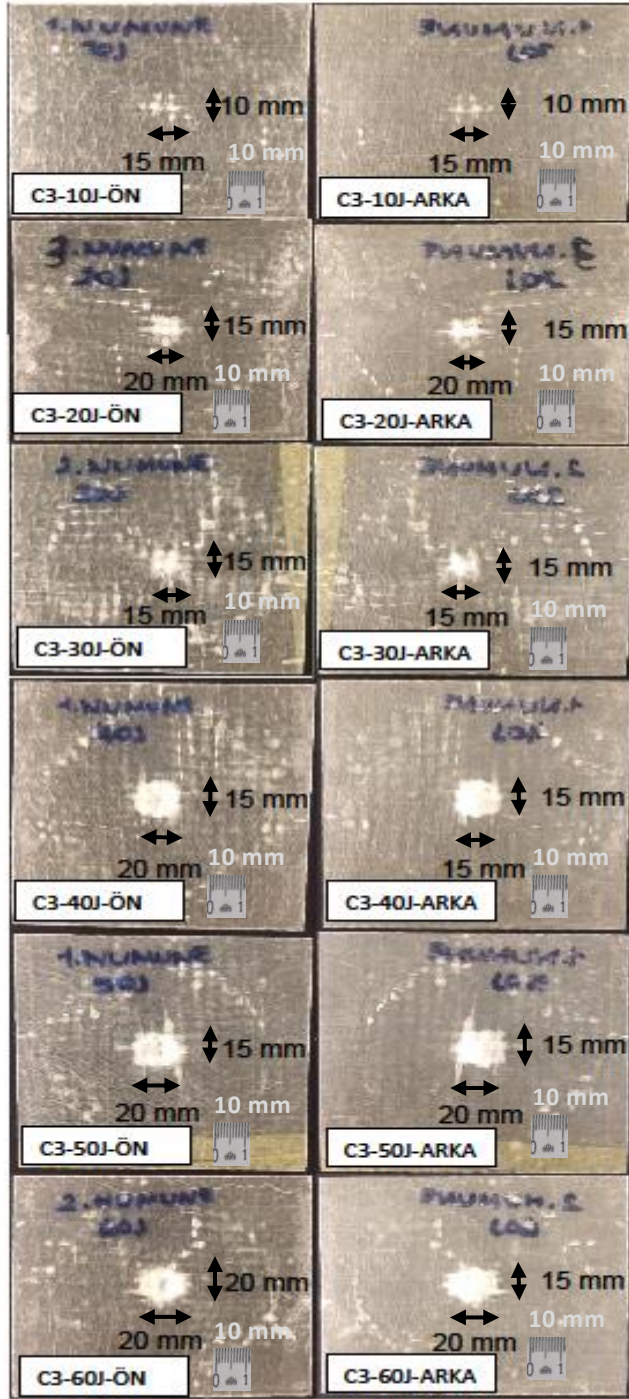
6.2.6. CAM-3'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

3 katlı ve 3 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-3'ten elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J ve 60J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.27.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.7.). Şekil 6.28.'de ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.27. Cam 3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.28. CAM-3'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.7. CAM-3'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

Numune No	C3-10J	C3-20J	C3-30J	C3-40J	C3-50J	C3-60J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60
Absorbe Edilen Enerji (J)	3,8917	15,1772	22,2156	33,4275	40,7104	34,6641
Maksimum Çökme (mm)	9,7335	14,5243	16,3681	27,2417	27,7559	29,0171
Kalıcı Çökme (mm)	2,6535	8,1190	12,6931	27,2417	27,7559	29,0171
Maksimum Kuvvet (N)	2783,6125	3863,609	4640,2995	4305,812	4920,928	4674,315

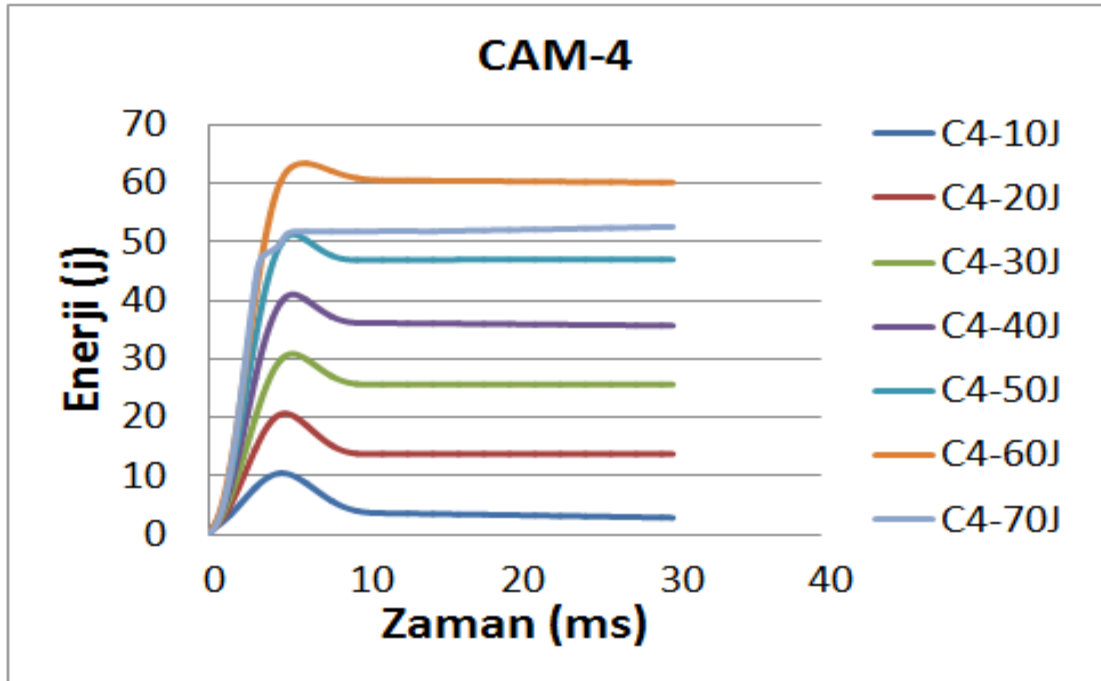
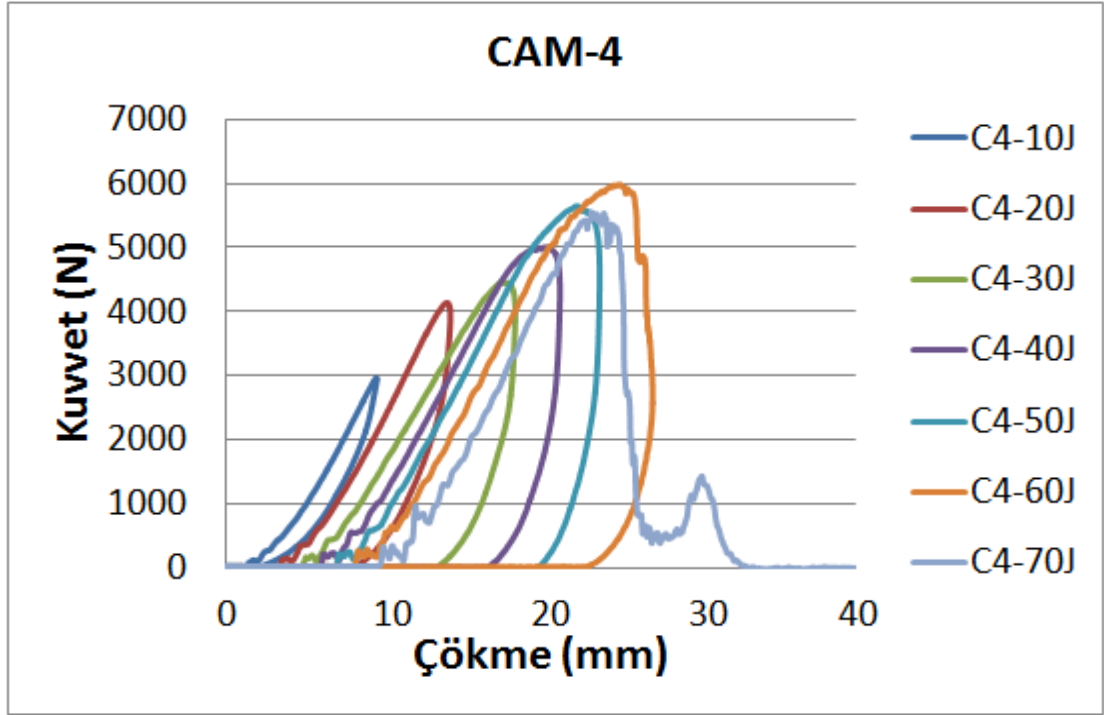
10J, 20J ve 30J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlağı olduğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

40J, 50J ve 60J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.

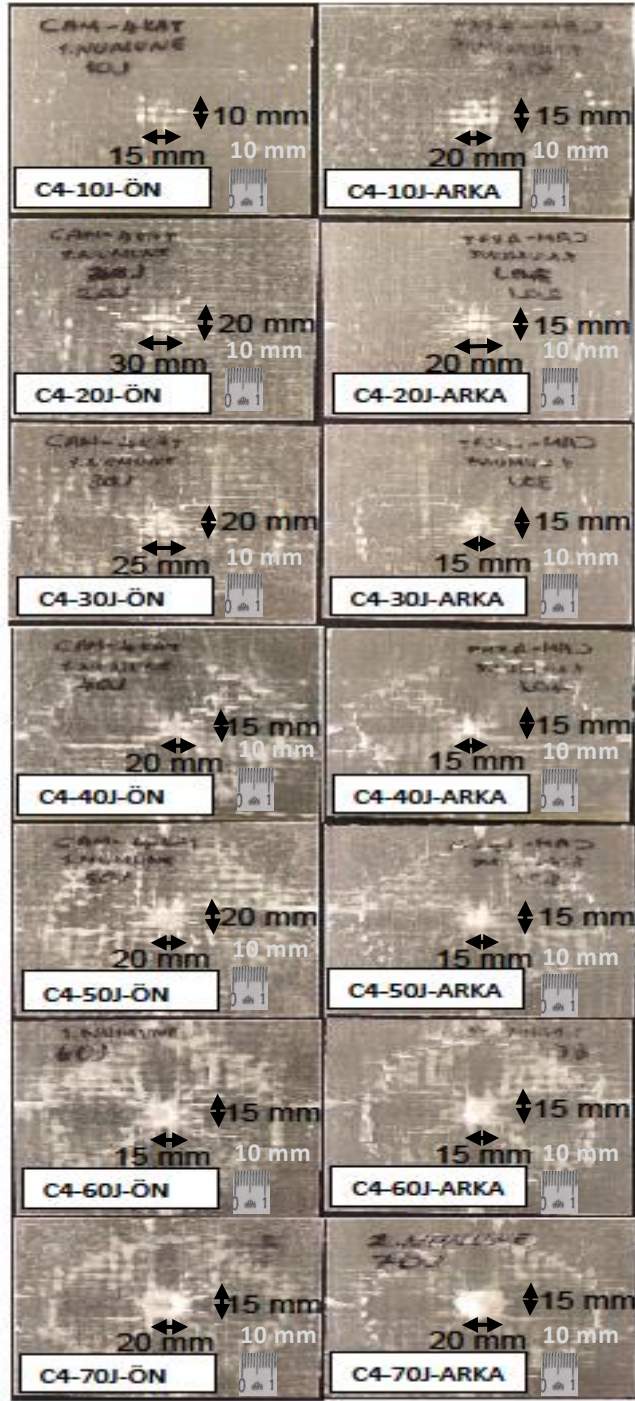
6.2.7. CAM-4'e Uygulanan Darbe Testi Sonuçları

4 katlı ve 4 katında da cam elyaf bulunan kompozit malzeme olan CAM-4'ten elde edilen numuneler ile yapılan darbe testleri 10J, 20J, 30J, 40J, 50J, 60J ve 70J darbe enerjileri ile yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler ile kuvvet - çökme ve enerji - zaman grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.29.). Ayrıca elde edilen verileri içeren tablo sunulmuştur (Tablo 6.8.). Şekil 6.30.'da ise numunelerin test sonrası görüntüleri yer almaktadır.





Şekil 6.29. CAM-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin kuvvet-çökme ve enerji-zaman grafikleri



Şekil 6.30. CAM-4'e uygulanan tüm darbe enerjilerindeki numunelerin darbe hasarı görüntüsü

Tablo 6.8. CAM-4'ün, farklı darbe enerjisi uygulanan 3 numune için elde edilen veriler

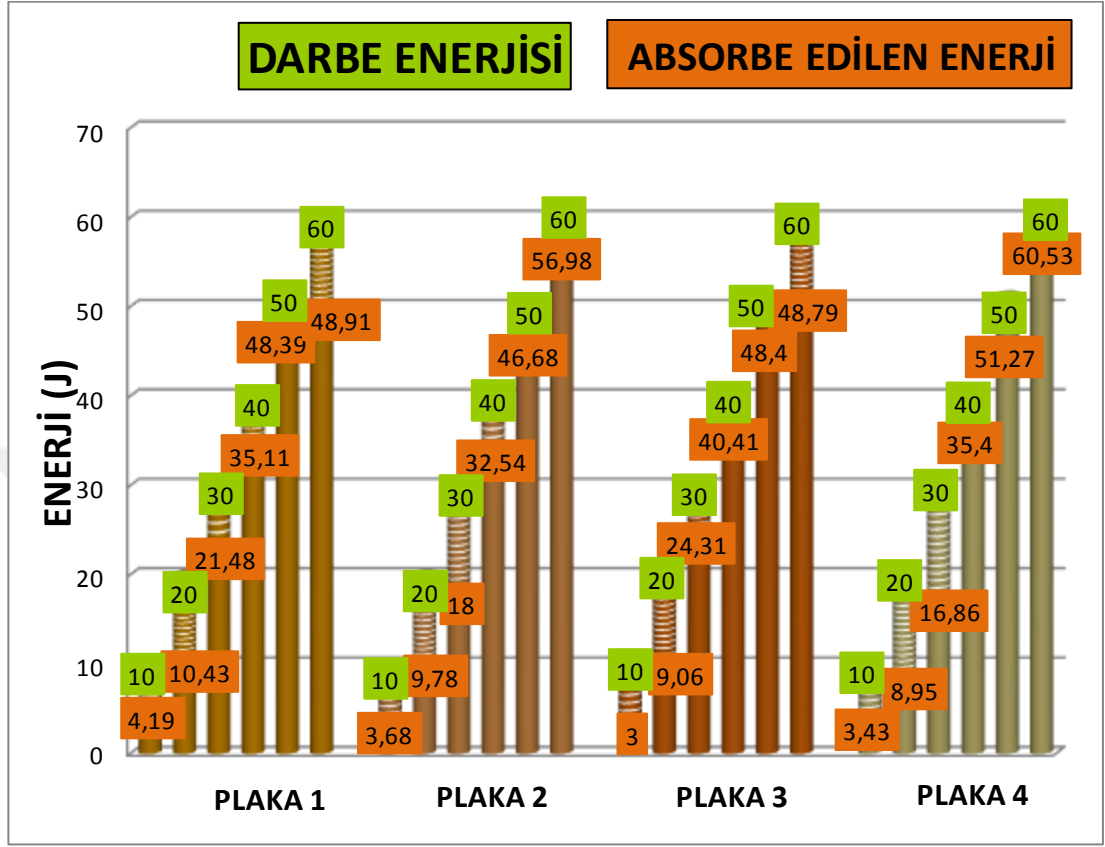
Numune No	C4-10J	C4-20J	C4-30J	C4-40J	C4-50J	C4-60J	C4-70J
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	20	30	40	50	60	70
Absorbe Edilen Enerji (J)	3,7594	14,6774	25,3546	35,7114	46,9277	60,3898	56,2134
Maksimum Çökme (mm)	10,3179	14,5199	18,1463	21,2715	23,8559	27,5885	33,8185
Kalıcı Çökme (mm)	3,8525	8,5069	12,9178	16,8138	19,7110	24,8134	33,8185
Maksimum Kuvvet (N)	2892,7465	4219,356	4667,2285	5024,3925	5575,729	5888,9565	5714,626

10J, 20J, 30J ve 40J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, uygulanan yükün plakaya değdiği üst kısımda darbe yüzünde küçük bir iz olduğu, alt tarafında ise küçük bir bölgede matris çatlakları oluştuğu görülmüştür. Bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir.

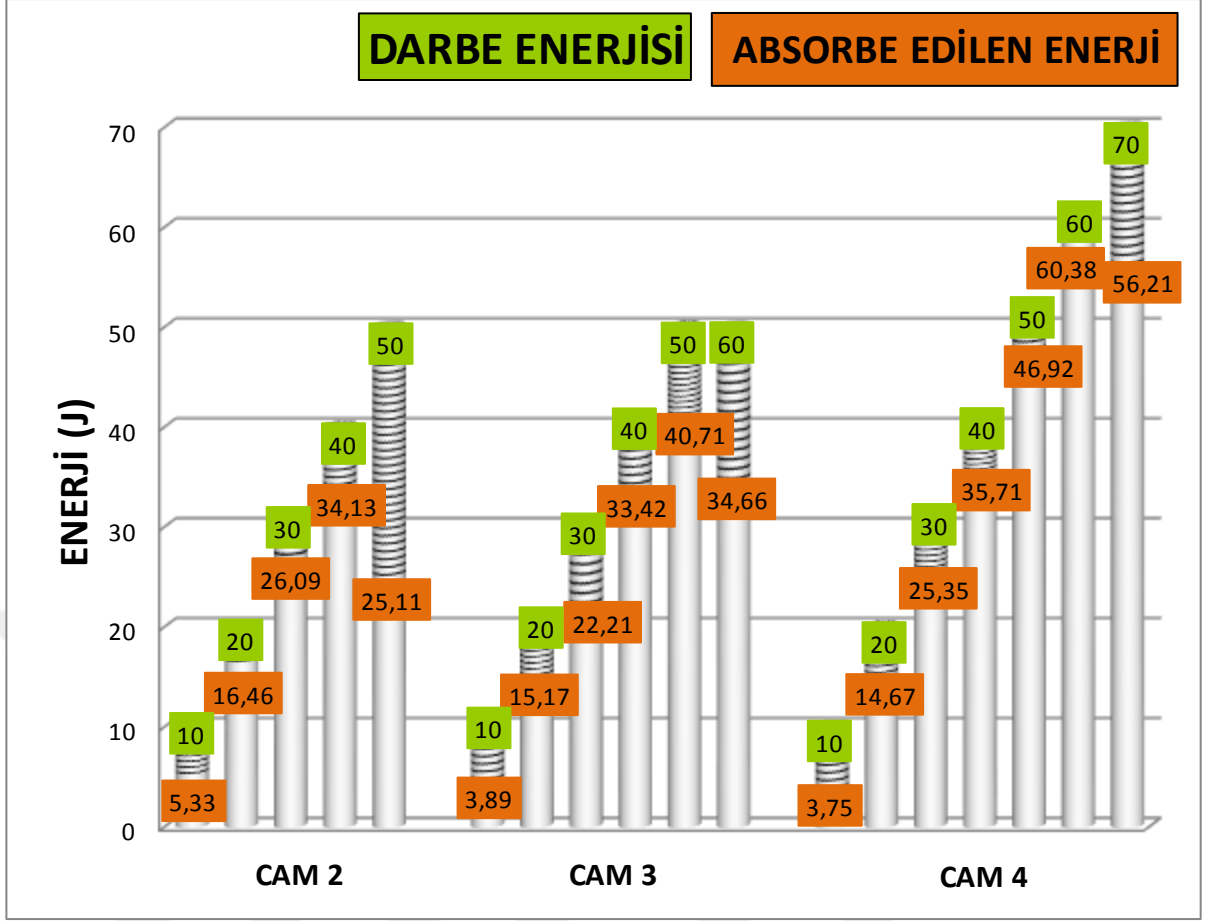
50J ve 60J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, bütün kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde eğrilerin kapalı tip olduğu görülmektedir. Testin yapıldığı esnada her bir numune için geri sekme olayı gerçekleşmiştir. Darbe uygulanan yüzde darbe ucunun izi oluşup diğer yüzde matris çatlakları ve az miktarda elyaf kırıkları oluşmuştur.

70J darbe enerjisinde test edilen numunelerde, delinme gerçekleşmiştir. Delinme eşiği darbe ucunun numunenin arka yüzüne ulaşması için absorbe edilen enerji olarak tanımlanır. Numunelerin darbe uygulanan yüzlerinde darbe ucunun

küresel formunda çökme oluşmuş, diğer yüzlerinde ise matrisle birlikte elyaflar da hasar görmüştür. Tüm kuvvet-çökme eğrileri açık tiptir.



Şekil 6.31. 4 PLAKA'nın da ortalama absorbe edilen enerji değerleri



Şekil 6.32. 3 CAM'ın da ortalama absorbe edilen enerji değerleri

7. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada doğal lif ve cam elyaf takviye edilmiş kompozit malzemelerin üretilmesi ve bunların mekanik özelliklerinin cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerle karşılaştırılması konu edilmiştir.

Kompozit malzemelerinin üretimi için jüt, keten, pamuk ve cam elyaf kumaşları takviye elemanı olarak kullanılırken matris malzemesi olarak ise epoksi reçine kullanılmıştır. Bu kompozitler vakum destekli reçine infüzyon yöntemiyle üretilmiştir. Kompozitler 7 farklı plaka şeklinde üretilmiştir. Her kompozit plakasından üçer adet çekme ve darbe numunesi çıkarılmıştır. Doğal lif takviyeli olarak üretilen ilk dört plakadaki kumaş sıralaması farklıdır. PLAKA-1 ve PLAKA-3'te 2 kat jüt, 4 kat pamuk, 1 kat keten kullanılmıştır. PLAKA-2 ve PLAKA-4'te ise 2 kat jüt, 2 kat pamuk ve 3 kat keten kullanılmıştır. Ayrıca her dört plakanın dış yüzeylerinde birer kat cam elyaf kumaşı kullanılmıştır. Üretilen diğer dört plakada ise takviye elemanı şu şekildedir: CAM-2'de 2 kat cam elyaf, CAM-3'te 3 kat cam elyaf, CAM-4'te 4kat cam elyaf kullanılmıştır.

Plakalardan ASTM 3039'a göre 25,4x229mm ölçülerinde 3'er adet çekme testi numunesi elde edilmiştir. Çekme testleri 2mm/dk hızda ve oda sıcaklığında yapılmıştır. Çekme testleri sonucunda her plaka için test edilen 3 numunenin ortalaması alınarak kopma gerilmeleri PLAKA 1, 2, 3 ve 4 için sırasıyla 63,27MPa, 52,58MPa, 71,14MPa, 71,91MPa olarak tespit edilmiştir. Cam elyaftan üretilen kompozit malzemelerin kopma gerilmeleri CAM 2, 3 ve 4 için sırasıyla 219,823MPa, 220,804MPa, 221,775MPa olarak tespit edilmiştir. Ayrıca her plaka için test edilen 3 numunenin ortalaması alınarak şekil değiştirmesi PLAKA 1, 2, 3 ve 4 için sırasıyla %1,95, %1,97, %2,47 ve %2,05 şeklindedir. Cam elyaftan üretilen kompozit malzemelerde ise şekil değiştirmesi CAM 2, 3 ve 4 için sırasıyla %2,55, %2,53 ve %2,06 şeklindedir. CAM 4 en büyük çekme mukavemetine sahip olup, en küçük şekil değiştirmenin PLAKA 1'de meydana geldiği görülmüştür.

Her 7 plakadan 100x100 mm ölçülerinde kesilen numunelere delinme gerçekleşene kadar farklı enerji seviyelerinde düşük hızlı darbe testi yapılmıştır.

Cam elyaf ve doğal lif takviyeli numuneler için oluşan hasarların ve absorbe edilen enerji miktarlarının incelenmesi sonucunda:

- Doğal lif kumaş ve cam elyaf ile takviye edilen PLAKA-1, PLAKA-2, PLAKA-3 ve PLAKA-4 ve CAM-2, CAM-3 ve CAM-4 kompozit malzemeler içinde en fazla enerjiyi PLAKA-4 absorbe etmiştir.
- Aynı tip ve aynı sayıda kumaş içeren kompozit malzemelerde istifleme sırasının, farklı kumaşlar art arda gelecek şekilde yapıldığında ve 3 kat keten kumaş kullanıldığında daha fazla enerji absorbe edildiği belirlenmiştir.
- Doğal lif kumaş ve cam elyaf ile takviye edilen kompozit malzemelere uygulanan darbe enerjileri arasında darbe enerjisi en düşük olacak şekilde delinen, PLAKA-3, CAM-2 ve CAM-3' tür. Bu malzemelerin kuvvet - çökme grafikleri incelendiğinde 40J darbe enerjisinde açık eğri oluşturdukları görülmüştür. Darbe enerjisi en yüksek olacak şekilde delinen ise CAM-4' tür. Bu malzemenin kuvvet - çökme grafiği incelendiğinde 70J darbe enerjisinde açık eğri oluşturduğu görülmüştür.

Çekme testi sonuçlarına göre:

- Cam elyaf ve doğal lif takviyeli numuneler için 4 farklı plaka içinde en iyi dayanımın PLAKA-4'e ait olduğu görülmüştür.
- Sadece cam elyaf takviyeli numuneler için 3 farklı plaka içinde en iyi dayanımın CAM-4'e ait olduğu görülmüştür. Çekme dayanımı cam elyaf tabaka sayısına bağlı olarak artmıştır.
- Bütün malzemeler içinde 7 farklı plakadaki en yüksek dayanımın CAM-4'e ait olduğu görülmüştür. Bunun dışında 9 katlı farklı doğal lifler ve cam elyaf kullanılarak üretilen plakaların, 2, 3 ve 4 katlı sadece cam elyaf takviye edilerek üretilen plakalardan daha düşük mukavemetli olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak doğal liflerin, cam elyafın epoksi reçineye yapışmasını engellediği düşünülmektedir.

50 J darbe enerjisinde yapılan Darbe Testlerinde, iki kat cam elyaf ve doğal lif takviyeli kompozit malzemelerin, sadece cam elyaf takviyeli kompozit malzemelere göre daha fazla enerji absorbe ettiği görülmüştür.

Doğal lif takviyeli iki kat cam elyaf kompozit malzemelerin, cam elyaf takviyeli kompozit malzemelere oranla daha ağır oldukları görülmüştür. Doğal lif

katkılı kompozitler daha az maliyetli ve doğal yaşama daha az zarar verdikleri için, çekme dayanımının ve ağırlığın çok önemli olmadığı yerlerde doğal lifli cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler kullanılabilir.



8. KAYNAKLAR

1. Doğanay, S., Ulcay Y. Farklı oranlarda takviye edilmiş cam lifi polyester kompozitlerin deniz suyu etkisi altında yorulma davranışının incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2007, 12(2), 85-95.
2. Er, A. Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir, 2012, 103s. (Yüksek Lisans Tezi).
3. George, J., Ivens, J. ve Verpoest, I. Mechanical properties of flax fibre reinforced epoxy composites. Die Angewandte Makromolekulare Chemie. 1999, 272 (4747), 41-45.
4. Ahmed, K.S., Vijayarangan, S. ve Kumar, A. Low velocity impact damage characterization of woven jute-glass fabric reinforced isothalic polyester hybrid composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2007, 26 (10), 959-976.
5. Sağbaş, A., Kahraman, F. ve Koyuncu, M. Keten lifleri ile takviye edilmiş polyester esaslı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2009, 24 (1-2), 185-192.
6. Sever, K., Sarıkanat, M., Seki, Y., Tavman, İ.H. ve Sever, K. (2011). Isıl Çevrimin Jüt Fiber/Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) Kompozitlerin Tabakalararası Kayma Dayanımına Etkisi. 6th International Advanced Technologies Symposium, 16-18 Mayıs, 2011, Elazığ.
7. Muralidhar, B.A., Giridev, V.R. ve Raghunathan, K. Flexural and impact properties of flax woven, knitted and sequentially stacked knitted/woven preform reinforced epoxy composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2012, 31 (6), 379-388.
8. Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.P. ve Sain, M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. Progress in Polymer Science. 2012, 37, 1552-1596.
9. Zhang, Y., Li, Y., Ma, H. ve Yu, T. Tensile and interfacial properties of unidirectional flax/glass fiber reinforced hybrid composites. Composites Science and Technology. 2013, 88, 172-177.
10. Santulli, C., Sarasini, F., Tirillo, J., Valente, T., Valente, M., Caruso, A.P. ve ark. Mechanical behavior of jute cloth/wool felts hybrid laminates. Materials and Design. 2013, 50, 309-321.
11. Huo, S., Thapa, A. ve Ulven, C.A. Effect of surface treatments on interfacial properties of flax fiber-reinforced composites. Advanced Composite Materials. 2013, 22 (2), 109-121.
12. Zhang, Y., Li, Y., Ma, H. ve Yu, T. Tensile and interfacial properties of unidirectional flax/glass fiber reinforced hybrid composites. Composites Science and Technology. 2013, 88, 172-177.
13. Zhu, J., Zhu, H., Njuguna, J. ve Abhyankar, H. Recent development of flax fibres and their reinforced composites based on different polymeric matrices. Materials. 2013, 6, 5171-5198.
14. Hossain, R., Islam, A., Vuurea, A.V. ve Verpoest I. Tensile behavior of environment friendly jute epoxy laminated composite. Procedia Engineering. 2013, 56, 782-788.

15. Yan, L., Chouw, N. ve Jayaraman, K. Flax fibre and its composites. *Composites: Part B*. 2014, 56, 296-317.
16. Pandita, S.D., Yuan, X., Manan, M.A., Lau, C.H., Subramanian, A.S. ve Wei, J. Evaluation of jute/glass hybrid composite sandwich: Water resistance, impact properties and life cycle assessment. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2014, 33 (1), 14-25.
17. Vijaya Ramnath, B., Elanchezhian, C., Nirmal, P.V., Prem Kumar, G., Santhosh Kumar, V., Karthik, S. ve ark. Experimental investigation of mechanical behavior of jute-flax based glass fiber reinforced composite. *Fibers and Polymers*. 2014, 15 (6), 1251-1262.
18. Dhakal, H.N., Arumugam, V., Aswinraj, A., Santulli, C., Zhang, Z.Y. ve Lopez-Arraiza, A. Influence of temperature and impact velocity on the impact response of jute/UP composites. *Polymer Testing*. 2014, 35, 10-19.
19. Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Liverani, A., Marinelli, N., Nisini, E. ve ark. Mechanical characteristics of two environmentally friendly resins reinforced with flax fibers. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*. 2015, 61 (4), 217-226.
20. Bulut, Y. ve Erdoğan Ü.H. (2011). Selüloz esaslı doğal liflerin kompozit üretiminde takviye materyali olarak kullanımı. *Tekstil ve Mühendis*, 18 (82), 26-35.
21. Tdk (kompozit ve bileşen tanımı) www.tdk.gov.tr
22. Oxford sözlük (kompozit tanımı). Oxford University Press, USA, 230s.
23. Gay, D., Hoa, S.V. ve Tsai, S. *Composite Materials*. CRC Press, Philadelphia, 29 Temmuz, 2014, 635s.
24. Şahin, Y. *Kompozit Malzemelere Giriş*. Gazi kitabevi, Ankara, 2000, 1- 114s.
25. Ersoy, H.Y. *Kompozit Malzeme*. Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2001, 3- 12s.
26. Onaran, K. *Malzeme Bilimi*. Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1997, 362s.
27. Karadeniz, E. *Elyaf Takviyeli Plastik Kompozitlerin Mukavemeti*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 1989, 3-18s. (Yüksek Lisans Tezi)
28. Yalçın, İ. *Kompozit İnşaat Tekstili Tasarımı ve Performansının İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 15-56s. (Yüksek Lisans Tezi)
29. Yumlu, M., Kerpiç Nedir?. *Mühendis Beyinler*, 19 Şubat, 2018, <https://www.muhendisbeyinler.net/kerpic-nedir/>
30. Yazıcı, H. *Beton Karışım Hesabı*. İNŞ2024 Yapı Malzemesi II. Dokuz Eylül Üniversitesi, 95s.
31. Turhan, M. *CTP'lerin Mekanik Özelliklerine Elyaf Hacim Oranlarının Etkisinin Araştırılması*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, 2007, 65-66s. (Yüksek Lisans Tezi)
32. http://www.prokap.com.tr/plazmakaplama_1_13.htm
33. Barbero, E.J. *Introduction To Composite Material Design*. CRC Press, Philadelphia, 1998, 44-50s.
34. Abdurhman, K., Satrio, T., Muzayadah, N., L., Teten. A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites. *6th International Seminar of Aerospace Science and Technology*. Ocak, 2018, DOI: 10.1088/1742-6596/1130/1/012018

35. Erbaş, E. Kutu Profil Ana Kirişli Kompozit Taşıyıcının Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2009, 8- 28s. (Yüksek Lisans Tezi)
36. Sakin, R., Gülnar, M. Vakum Destekli Reçine Transfer Kalıplama (RTM) Yöntemi ile Kompozit-Plaka Üretim Prosesi Üzerine Çalışmalar. Uluslar arası Katılımlı III. Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu. 05-07 Kasım, 2015, Kuşadası 610-619s.
37. Durgun, İ. Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Kompozit Parça Üretimi. 7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 26 – 27 Mayıs, 2014, Bursa.
38. Ataş, C. Kompozit Üretim Yöntemleri. MAK 4087 KOMPOZİT MALZEME MEKANİĞİ, 39s.
39. Başer, İ. Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, 2002, 179s.
40. Megep, Tekstil Teknolojileri, Doğal Lifler, Ankara, 2014, 87s.
41. Keser, F. Bobinlenmiş İplikte Kalite Kontrol. Ders Tekstil. 2016
42. Baltic Flax. Long flax fiber. <http://www.baltic-flax.com/flax-fibres/long-flax-fiber>
43. Zhu, J., Zhu, H., Njuguna, J. ve Abhyankar, H. Recent development of flax fibres and their reinforced composites based on different polymeric matrices. Materials. 2013, 6(11), 5171-5198.
44. Ketten Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Ed: Berk Ediz BÖREKÇİ, 10 Haziran, 2015, <http://tekstiltektstil.com/keten-liflerinin-fiziksel-ve-kimyasal-ozellikleri/#prettyPhoto>
45. Tekstil Sayfası. Jüt lifleri ve özellikleri. <http://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2013/01/jute-lifi-jut-nedir-ozellikleri.html>.
46. Janata Jute Mills Ltd., Jute. <http://www.janata-sadat-jute.com/>
47. Bambu Bitkisi. Dersimiz.com (Ed: bilgifeneri.com) <https://www.dersimiz.com/bilgibankasi/bambu-bitkisi-hakkinda-bilgi-5625>
48. Tekstil. Pamuk nedir, <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/pamuk.html>
49. Keser, F. Hindistan Cevizi Elyafı ve Kapok Elyafı. Ders Tekstil. 2015 <https://www.derstekstil.name.tr/dogal-lifler/meyve-lifleri/hindistan-cevizi-elyafi-ve-kapok-elyafi.html>
50. Sezer, Ö. Çekme Deneyleri ve Sertlik Deneyleri ile Gerçek Gerilme Tayini. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 2007, 56s. (Yüksek Lisans Tezi)
51. Masters, J., E., Portanova, M., A. Standard Test Methods for Textile Composites, National Aeronautics and Space Administration Langley Research Center, Hampton, Virginia, Eylül, 1996.
52. Karakuzu, R., Çalık, İ., C., Deniz, M., E. Tabakalı Kompozit Plakların Darbe Davranışı Üzerine Deniz Suyu Etkisinin Araştırılması. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi. 2017, 7(2/2), 1-12.
53. Ataş, C. ve Sayman, O. An Overall View On Impact Response Of Woven Fabric Composite Plates. Composite Structures. Şubat, 2008, 82(3), 336-345.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ece ÖMEROĞLU
Doğum Yeri ve Yılı : Gediz, 1993
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : eceomeroglu93@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Övgü Terzibaşoğlu Anadolu Lisesi, 2007-2011
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2011-2015
Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalı, 2015-2019

Mesleki Deneyim

Terbay Makina Endüstri ve Ticaret A.Ş / Stajyer	2013
Süperpar Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş / Stajyer	2014
İmpelair İklimlendirme Sistemleri Makine San. Tic. Ltd. Şti. - ARGE / Tasarım Sorumlusu	2017
Aliağa Yapı Denetim Ltd. Şti. / Makine Mühendisi	2016 - Devam