

**TRAKTÖR KAPORTALARINDA
KULLANILAN PLASTİK MATRİSLİ
KOMPOZİT MALZEMELERİN YAPISAL
ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Nilgün BECENEN

Doktora Tezi

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent EKER

2008

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**TRAKTÖR KAPORTALARINDA KULLANILAN PLASTİK MATRİSLİ
KOMPOZİT MALZEMELERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Nilgün BECENEN

TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Bülent EKER

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Bülent EKER danışmanlığında, Nilgün BECENEN tarafından hazırlanan bu çalışma/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof.Dr. Bülent EKER

İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

21. yüzyılda gelişmiş ülkelerdeki teknolojik gelişme büyük bir hızla artmaktadır. Kompozit malzemeler; yüksek mukavemet, termal kararlılık, sertlik ve aşınmaya karşı dayanıklılık gibi pek çok avantajlara sahiptir. Ayrıca bakım ve onarım yönünden klasik malzemelere göre avantajlı olan kompozit malzemeler aynı zamanda hafif, uzun ömürlü ve hızlı olmaları nedeniyle otomotiv, yapı, uzay, mobilya, spor araç ve gereçleri, müzik aletleri ve tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu araştırmada tarım traktörlerinde kaporta aksamında kullanılan plastik matrisli kompozit malzemelerin yapısal özellikleri yanında laboratuvar koşullarında oluşturulan yeni yapı şekilleri üzerinde ayrı ayrı incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerde traktör kaporta aksamı için uygun olabilecek matris ve takviye çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçların bundan sonra yapılacak araştırmalara yararlı olması en büyük dileğimdir.

Eylül, 2008 TEKİRDAĞ

Nilgün BECENEN

İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
ÖZET.....	xviii
ABSTRACT.....	xiv

1.GİRİŞ.....	1
1.1 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	2
1.1.1 Matris malzemesine göre.....	2
1.1.2 Takviye edilme şekillerine göre.....	4
1.2 Plastik Matrisli Kompozitler.....	4
1.3 Plastik Matrisli Kompozit Malzemelerin Ana Yapı Elemanları ve Tasarım Kriterleri.....	6
1.3.1 Matris malzeme.....	7
1.3.2 Takviye malzemeleri (elyaflar).....	10
1.4 Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri.....	13
1.4.1 Elle yatırma (hand lay-up).....	13
1.4.2 Püskürtme (spray-up).....	14
1.4.3 Elyaf sarma (filament winding).....	15
1.4.4 Reçine transfer kalıplama RTM/ reçine enjeksiyonu.....	15
1.4.5 Profil çekme/ Pultruzyon (Pultrusion).....	16
1.4.6 Hazır kalıplama/ Compression Molding (SMC, BMC) yöntemi.....	17
1.4.6.1 Hazır kalıplama pestili / SMC (sheet moulding composites).....	17
1.4.6.2 Hazır kalıplama hamuru / BMC (bulk moulding composites).....	17
1.4.7 Vakum bonding / vakum bagging yöntemi.....	18
1.4.8 Otoklav / autoclave bonding yöntemi.....	18
1.4.9 Preslenebilir takviyeli termoplastik / glass mat reinforced thermoplastics (GMT)..	19
1.5 Kompozit Malzeme Kullanım Alanları.....	19
1.5.1 Kompozit malzemelerin genel kullanım alanları.....	19
1.5.2 Tarım makinelerinde kompozitin kullanım alanları.....	23
1.6 Plastik Matrisli Kompozit Malzemenin Mekanik Davranışı.....	25
1.6.1 Mekanik karakterizasyon.....	25
1.6.2 Termal karakterizasyon.....	27
2. LİTERATÜRÜN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ	29
3. MATERYAL VE METOD.....	34
3.1 Materyal.....	34
3.1.1 Matris malzemeleri (reçineler).....	34
3.1.2 Takviye malzemeleri.....	35
3.1.3 Kimyasallar.....	35
3.1.4 Denemelerde kullanılan cihazlar.....	36
3.2 Metod.....	37
3.2.1 Çekme testi.....	38
3.2.2 Eğilme testi.....	40
3.2.3 Darbe testi.....	40

3.2.4 Barkol sertliğinin ölçülmesi.....	41
3.2.5 Atmosferik şartlara dayanımın ölçülmesi.....	42
3.2.6 HDT Ve T_g değerlerinin tespiti.....	43
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	45
4.1 Çekme Deneyi Sonuçları.....	45
4.2 Çekme Deneyi Sırasında Numune Görüntüleri.....	65
4.3 Eğilme Deneyi Sonuçları.....	67
4.4 Darbe Deneyi Sonuçları.....	87
4.5 Darbe Deneyi Test Numune Görüntüleri	97
4.6 Barkol Sertlik Test Sonuçları.....	99
4.7 Atmosferik Şartlara Dayanım Test Sonuçları.....	100
4.8 HDT Tayini Test Sonuçları.....	100
4.9 Camı Geçiş Sıcaklığı T_g (Glass Transition Temperature) Değeri Tayini Sonuçları..	103
4.10 Reçine Türüne Göre Mekanik Özelliklerin İstatistikî Bulguları.....	106
4.11 Kompozit Malzemelerde Mekanik Özelliklerin Reçine Türlerine Göre Farklılığının İstatistikî Testi.....	108
4.11.1 Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	108
4.11.2 Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının vinil ester reçine takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	111
4.11.3 Mekanik özelliklerden çekme dayanımlarının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	113
4.11.4 Mekanik özelliklerden çekme dayanımlarının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	114
4.11.5 Mekanik özelliklerden darbe dayanımlarının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	116
4.11.6 Mekanik özelliklerden darbe dayanımlarının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi.....	117
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	120
5.1 Çekme Deneyi Bulguları.....	120
5.2 Eğilme Deneyi Bulguları.....	121
5.3 Darbe Testi Bulguları.....	122
EKLER.....	124
KAYNAKLAR.....	135
TEŞEKKÜR.....	140
ÖZGEÇMİŞ.....	141

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Termoplastikler ve Termosetler Arasındaki Farklar	8
Şekil 1.2. Cam Elyaf Dokuma ve Cam Elyaf Kırılmış Demetler.....	11
Şekil 1.3. Cam Elyaf Üretimi.....	11
Şekil 1.4. Elle Yatırma Metodu.....	14
Şekil 1.5. Püskürtme Yöntemi.....	14
Şekil 1.6. Elyaf Sarma Prosesi.....	15
Şekil 1.7. RTM Yöntemi.....	16
Şekil 1.8. Pultrüzyon Prosesi.....	17
Şekil 1.9. CTP Deniz Araçları.....	20
Şekil 1.10. Kompozit Traktör Gövde Panelleri.....	24
Şekil 1.11. Kompozit Biçerdöver Gövde Paneli.....	25
Şekil 1.12. Kompozit Pamuk Toplama Makinası Gövde Paneli.....	25
Şekil 1.13. Kompozit Yapı ile Geliştirilen Çekme-Uzama Özelliği.....	27
Şekil 3.1. Shimadzu AGS10KNG Cihazı	39
Şekil 3.2. Standart Çekme Numunesi	39
Şekil 3.3 Eğilme Testinin Başladığı Anda Numunenin Cihaz Üzerindeki Konumu.....	40
Şekil 3.4. Ceast Resil 50 Cihazı.....	41
Şekil 3.5. Darbe Testi.....	41
Şekil 3.6. Barkol Sertlik Ölçüm Cihazı.....	42
Şekil 3.7. İklimlendirme Kabini.....	43
Şekil 3.8. Dinamik Mekanik Özellik Test Cihazı Q800.....	43
Şekil 4-1. Ortoftalik Reçine ve Kırılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Grafiği.....	46

Şekil 4.2. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Grafiği.....	47
Şekil 4.3. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	48
Şekil 4.4. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	49
Şekil 4.5. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	50
Şekil 4.6. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	51
Şekil 4.7. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	52
Şekil 4.8. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	53
Şekil 4-9. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	54
Şekil 4-10. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	55
Şekil 4-11. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	56
Şekil 4.12. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	57

Şekil 4.13. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	58
Şekil 4.14. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	59
Şekil 4.15. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	60
Şekil 4.16. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği.....	61
Şekil 4.17. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Çekme Grafiği.....	62
Şekil 4.18. B Firmasından Alınan Numunelere Ait Grafik.....	63
Şekil 4.19. Vinil Ester Matrisli Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri.....	65
Şekil 4.20. Vinil Ester Matrisli Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri.....	65
Şekil 4.21. Ortoftalik Matrisli 90° Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri.....	66
Şekil 4.22. A ve B Firmalarına Ait Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri.....	66
Şekil 4.23. Vinil Ester matrisli 90° Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 2 Tabakalı Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Öncesi ve Sonrası Örnekleri.....	67
Şekil 4.24. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	68

Şekil 4.25. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	69
Şekil 4.26. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	70
Şekil 4.27. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	71
Şekil 4.28. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	72
Şekil 4.29. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	73
Şekil 4.30. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	74
Şekil 4.31. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan, Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	75
Şekil 4.32. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	76
Şekil 4.33. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	77
Şekil 4.34. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	78
Şekil 4.35. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	79
Şekil 4.36. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	80

Şekil 4.37. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	81
Şekil 4.38. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği.....	82
Şekil 4.39. A Firmasına Ait Traktöre Kaporta Parçası Eğilme Test Grafiği.....	83
Şekil 4.40. B Firmasına Ait Kompozit Malzemenin Eğilme Test Grafiği.....	84
Şekil 4.41. Ortoftalik Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri.....	86
Şekil 4.42. Ortoftalik Reçine 90 ⁰ Dokuma 4 Tabakalı Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri.....	86
Şekil 4.43. Ortoftalik Reçine 90 ⁰ Dokuma 2 Tabakalı Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri.....	87
Şekil 4.44. Ortoftalik Matrisli 90 ⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri.....	97
Şekil 4.45. Vinil Ester Matrisli 90 ⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri.....	97
Şekil 4.46. Vinil Ester Matrisli 90 ⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri.....	98
Şekil 4.47. Ortoftalik Matrisli 90 ⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri.....	98
Şekil 4.48. A ve B Firmalarına Ait Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri.....	98

Şekil 4.49. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (HDT °C).....	101
Şekil 4.50. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (HDT °C).....	101
Şekil 4.51. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (HDT °C).....	102
Şekil 4.52. Vinil Ester Reçine Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (HDT °C).....	102
Şekil 4.53. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T _g °C).....	103
Şekil 4.54. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T _g °C).....	104
Şekil 4.55. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T _g °C).....	104
Şekil 4.56. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T _g °C).....	105

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bazı Termosetlerin Mekanik Özellikleri	10
Çizelge 1.2. Belli Başlı Elyafların Karşılaştırılması.....	12
Çizelge 3.1. Ortoftalik Polyester Reçinenin Sıvı Haldeki Özellikleri.....	34
Çizelge 3.2. Polyester Reçinenin Sertleşmiş Haldeki Özellikleri (Takviyesiz).....	34
Çizelge 3.3. Vinilester Reçinenin Sıvı Haldeki Özellikleri.....	34
Çizelge 3.4. Vinilester Reçinenin Sertleşmiş Haldeki Özellikleri (Takviyesiz).....	35
Çizelge 3.5. Laboratuar Koşullarında Hazırlanan Numunelerin Kodları.....	38
Çizelge 4.1. Ortoftalik Reçine Ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Değerleri.....	46
Çizelge 4.2. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Değerleri.....	47
Çizelge 4.3. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	48
Çizelge 4.4. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	49
Çizelge 4.5. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	50
Çizelge 4.6. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	51
Çizelge 4.7. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	52

Çizelge 4.8. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	53
Çizelge 4.9. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	54
Çizelge 4.10. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	55
Çizelge 4.11. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	56
Çizelge 4.12. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	57
Çizelge 4.13. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	58
Çizelge 4.14. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	59
Çizelge 4.15. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	60
Çizelge 4.16. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri.....	61
Çizelge 4.17. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Çekme Değerleri.....	62
Çizelge 4.18. B Firmasından Alınan Numunelere Ait Değerler.....	63
Çizelge 4.19. Çekme Deneyi Toplu Sonuçları.....	64

Çizelge 4.20. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	68
Çizelge 4.21. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan, Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	69
Çizelge 4.22. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	70
Çizelge 4.23. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	71
Çizelge 4.24. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	72
Çizelge 4.25. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	73
Çizelge 4.26. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	74
Çizelge 4.27. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	75
Çizelge 4.28. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	76
Çizelge 4.29. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	77
Çizelge 4.30. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	78

Çizelge 4.31. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	79
Çizelge 4.32. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	80
Çizelge 4.33. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	81
Çizelge 4.34. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri.....	82
Çizelge 4.35. A Firmasına Ait Kaporta Parçası Eğilme Test Değerleri.....	83
Çizelge 4.36. B Firmasına Ait Kompozit Malzemeye Ait Eğilme Test Değerleri.....	84
Çizelge 4.37. Eğilme Deneyi Toplu Sonuçları.....	85
Çizelge 4.38. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Cam Elyaf Takviyeli Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Testi Sonuçları.....	87
Çizelge 4.39. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Cam Elyaf Takviyeli, Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Testi Sonuçları.....	88
Çizelge 4.40. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	88
Çizelge 4.41. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	89
Çizelge 4.42. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	89

Çizelge 4.43. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	90
Çizelge 4.44. Ortoftalik Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	90
Çizelge 4.45. Ortoftalik Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	91
Çizelge 4.46. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	91
Çizelge 4.47. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	92
Çizelge 4.48. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	92
Çizelge 4.49. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	93
Çizelge 4.50. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	93
Çizelge 4.51. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları.....	94
Çizelge 4.52. Vinil Ester Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	94
Çizelge 4.53. Vinil Ester Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları.....	95
Çizelge 4.54. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Darbe Test Sonuçları.....	95

Çizelge 4.55. Darbe Dayanımı Toplu Test Sonuçları.....	96
Çizelge 4.56. Barkol Sertlik Testi Değerleri.....	99
Çizelge 4.57. Atmosferik Koşullara Dayanım Test Değerleri.....	100
Çizelge 4.58. HDT ve T _g Test Değerleri.....	106
Çizelge 4.59. Mekanik Özelliklerin Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları.....	106
Çizelge 4.60. Çekme Dayanımlarının Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları	107
Çizelge 4.61. Darbe Dayanımlarının Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları.....	107
Çizelge 4.62. Ortoftalik Reçine Takviye Çeşitlerine Göre Eğilme Dayanımına İlişkin Ortalamalar.....	108
Çizelge 4.63. Ortoftalik Reçine Çeşitlerinin Mekanik Özelliklerden Eğilme Dayanımına İlişkin Varyan Analiz Tablosu.....	109
Çizelge 4.64. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Eğilme Dayanımı Çoklu Karşılaştırması	109
Çizelge 4.65. Ortoftalik Reçine İçin Eğilme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....	110
Çizelge 4.66. Vinil Ester Reçine İçin Eğilme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....	111
Çizelge 4.67. Ortoftalik Reçine İçin Çekme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....	113
Çizelge 4.68. Vinil Ester Reçine İçin Çekme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....	115

Çizelge 4.69. Vinil Ester Reçine İçin Darbe Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....116

Çizelge 4.70. Ortoftalik Reçine İçin Darbe Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu.....118

Simgeler ve Kısaltmalar Listesi

ASTM: Amerika test ve malzeme birliđi

BMC: Hazır kalıplama hamuru ile kompozit üretim tekniği

C_p: Viskozite birimi, santipuz

CTP: Cam takviyeli plastik

DSC: Diferansiyel taramalı kalorimetre

DIN: Almanya standartlar enstitüsü

DMA: Dinamik mekanik analiz yöntemi

F: Malzemenin esneyeceği maksimum nokta(mm)

GTM: Kompozit üretim tekniği

HDT: Deformasyonun başladığı sıcaklık

ISO: International standart, uluslar arası standart birimi

L: Uzunluk

M.E.K.P: Metil etil keton peroksit

MAT: Cam keçe takviye çeşidi

N: Kuvvet (Newton)

P: Basınç

p: Anlamlık düzeyi

RTM: Reçine transfer kalıplama yöntemi

Sig (2 taraflı):

Spay-up: Püskürtme yöntemi

SMC: Hazır kalıplama pestili ile kompozit üretim tekniği

T: Kalınlık

t: Normal dağılım testi

TEKS sayısı: 1000 m uzunluğundaki liflerin gram cinsinden ağırlığı

T_g: Camsı geçiş sıcaklığı

TGA: Termogravimetrik analiz

T_m: Kristal erime sıcaklığı

W: Genişlik

ÖZET

Doktora Tezi

TRAKTÖR KAPORTALARINDA KULLANILAN PLASTİK MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Nilgün BECENEN

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent EKER

Cam elyaf takviyeli plastikler (CTP) günümüzde yaygın olarak kullanılan polimer esaslı kompozit malzemelerdir. Temel olarak, kalıp görevi gören reçine içerisinde dağılmış sürekli veya süreksiz cam liflerinden elde edilmişlerdir. Takviye malzemesi olan cam elyaflar kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin belirleyicisi konumundadır, reçine ise takviye elemanlarını korur, bir arada tutar.

Bu çalışmada kırılmış, dokuma ve keçe şeklindeki cam elyafların termoset plastik esaslı matrisler ile birleştirilmesiyle kompozit malzemeler üretilerek; reçinenin kimyasal yapısının, takviye çeşidinin, malzeme kalınlığının ve post-kür işleminin kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin mekanik test değerleri, traktörlerde kullanılan kompozit malzemelerin mekanik değerleri ile karşılaştırılarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır.

Bu amaçla ortoftalik polyeşter (polives 701) ve bisfenol-A epoksi vinil ester (polives 3401) reçineler, metil etil keton peroksit ve kobalttan oluşan katalist sistem beraberliğinde kırılmış, dokuma ve keçe şeklindeki cam elyaf takviyelerle takviyelendirilmiştir. El yatarma yöntemi ile kompozit malzemeler hazırlanmıştır. Malzemeler reçine üretici firma olan Poliya'dan temin edilmiştir. Hazırlanan kompozit malzemelerin yarısına post-kür işlemi uygulanmış, diğer yarısına uygulanmamıştır. Toplam 75 adet deney yapılmıştır. Numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için çekme, eğilme, darbe ve sertlik deneyleri yapılmış, traktörlerin çalışma şartlarına uygun iklimlendirme testleri yapılmış ve termal özelliklerin eldesi için DMA testi uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Traktör kompozit malzeme, mekanik özellikler, çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı

2008, 141 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

A STUDY FOR IMPROVING STRUCTURAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS WITH PLASTIC MATRIX USED IN TRACTOR COMPANIONS

Nilgün BECENEN

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Agriculture Machines

Supervisor : Prof. Dr. Bülent EKER

Glass fiber reinforced plastics (CTP) are widely used composite materials based on polymer. Basically, CTPs are obtained from continuous or discontinuous glass fibers dispersed in resin which is used as a mould. Glass fibers which are reinforcement materials are in the position for determining of mechanical properties of composite materials, and resin also saves and keeps all together the reinforcement componenets.

In this work, producing composite materials by combining trimmed glass fibers in the form of weaving and felt with thermoset plastic matrixes; the effects of chemical structure of resin, variety of reinforcement, material thickness and post-cure process on the mechanical properties of composite materials are investigated. The test values of produced composite materials are compared with the mechanical values of composite materials used in tractors and searched the usage properties.

For this aim, ortoftalic polyester (polives701) and bisfenol-A epoxy vinyl ester (polives3401) resines are reinforced with the catalyst system consisting of metil etil keton peroxit and cobalt and trimmed glass fiber reinforcements in the form of weaving and felt. The composite materials are prepared by the hand-lay up technique. The materials are ensured from Poliya which is a firm produces resin. The post-cure process is applied to half of the prepared material and aren't applied to the other half. 75 experiments are performed, totally. In order to determine the mechanical properties of the samples, pulling, bending, stroke and hardness experiments are performed, climate tests appropriate for working conditions of tractors are done and DMA test is applied to obtain the thermal properties.

Keywords : Tractor composite material, mechanical properties, tensile strength, flexural strength, impact strength

2008, 141 pages

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin büyük bir hızla ilerlediği günümüzde, her geçen gün yeni ve üstün özelliklere sahip malzeme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyaçlar, kompozit malzemenin gelişmesi için itici bir güç oluşturmuştur. 20. Yüzyıl başına kadar kompozit malzemelerde fazla bir artış olmamış, geliştirilen kompozitler pahalı olduğu için daha ucuz, daha mukavim malzemeler kullanılmıştır. Son yıllarda kullanım alanına göre özellikler kazandırılabilen, elyaf takviyeli polimer matrisli kompozit malzemelerin kullanımı önemli ölçüde artmıştır.

Kompozit malzeme teknolojisi bugün hızla gelişmekte ve her gün piyasaya yeni ürünler sunulmaktadır. Artan talep ve üretim doğrultusunda maliyeti düşen kompozitler, klasik endüstriyel malzemelere karşı sağladığı fiziksel ve kimyasal avantajlar sayesinde pek çok alanda geleceğin malzemesi olma adayıdır.

İstenilen amaç için tek başlarına uygun olmayan farklı iki veya daha fazla malzemeyi istenilen özellikleri sağlayacak şekilde belirli şartlar ve oranlarda fiziksel olarak, makro yapıda bir araya getirerek elde edilen malzemeye kompozit malzeme denir (Ünal 2007).

Fiber takviyeli kompozit malzemelerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu, korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları kullanımda metal malzemelere göre büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında ilgili kullanım alanları için de bir üstünlük sağlamaktadır.

Kompozit Malzemelerin Avantajları

Yüksek Mukavemet: Kompozitlerin çekme ve eğilme mukavemeti birçok metal malzemeye göre çok daha yüksektir. Ayrıca kalıplama özelliklerinden dolayı kompozitlere istenen yönde ve bölgede gerekli mukavemet verilebilir. Böylece malzemedен tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilir.

Kolay Şekillendirilme: Büyük ve kompleks parçalar tek işlemlerle bir parça halinde kalıplanabilir. Bu da malzeme ve işçilikten kazanç sağlar.

Elektriksel Özellikler: Uygun malzemelerin seçilmesiyle çok üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilir. Bugün büyük enerji nakil hatlarında kompozitler iyi bir iletken ve gerektiğinde de başka bir yapıda iyi bir yalıtkan malzemesi olarak kullanılabilirler.

Korozyona ve Kimyasal Etkilere Karşı Mukavemet: Kompozitler, hava etkilerinden, korozyondan ve çoğu kimyasal etkilerden zarar görmezler. Bu özellikleri nedeniyle kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle kullanılmaktadır. Özellikle korozyona karşı mukavemetli olması, endüstride birçok alanda avantaj sağlamaktadır.

Isıya ve Ateşe Dayanıklılığı: Plastik matrisli kompozit ürünler, termoset plastikler grubundan polyeşter reçineler ile yapıldığı için yumuşamaz ve şekil değiştirmezler.

Tasarım Esnekliği: Farklı mekanik özellikleri elde edebilmek için farklı katmanlarda ve kombinasyonlarda malzeme üretme imkânı sağlarlar.

1.1 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Takviye ve matris olarak kullanılabilen malzemeler amaca uygun olarak çok çeşitli olabilmektedirler. Fakat genellikle cam, seramik, plastik ve metaller kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler matris malzemeye ve takviyelendirme çeşidine göre iki grupta incelenir.

1.1.1 Matris malzemesine göre: Plastik matrisli, metal matrisli, seramik matrisli olmak üzere üç gruba ayrılır.

A) Plastik matrisli kompozitler: Dört grup altında incelenir.

Plastik - plastik kompozitler: Takviye olarak kullanılan plastik yük taşıyıcı bir özelliğe sahip iken, matris olarak kullanılan plastik esneklik verici, darbe emici ya da istenen amaca göre kullanılan plastiğin özelliğine sahip olmaktadır.

Plastik – cam elyaf kompozitler: İsteğe göre termoplastik veya termoset plastikten oluşan matris ile cam liflerin uygun kompozisyonundan üretilmektedir.

Plastik – metal fiber kompozitler: Endüstride çok kullanılan metal fiber takviyeli plastikten oluşan kompozitler oldukça hafif ve mukavim bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kompozitler, metal fiberlerin (Bakır, Bronz, Alüminyum, Çelik v.s.) poli-eten ve poli-propilen plastiklerini takviyelendirmesi ile elde edilmekte ve kullanılmaktadır. Özellikle deformasyon yönünden takviyelendirme yaygın olarak kullanılmakta ve iyi bir verim alınmaktadır.

Plastik – köpük kompozitler: Bu tür kompozitlerde plastik, fiber olarak görev yapmakta, köpük ise matris konumunda olmaktadır. Köpükler, hücreli yapıya sahip, düşük yoğunlukta, gözenekli ve doğal halde bulunduğu gibi, büyük kısmı sentetik olarak elde edilmiş hafif maddelerdir. Köpük, hücre yapısına göre sert, kırılğan, yumuşak ya da elastik olabilmektedir. Matris olarak kullanılan bu köpük türleri, kullanılan plastiğin çeşitlenebilmesiyle değişik özellikte kompozitlerin oluşumunu sağlar.

B) Metal matrisli kompozitler

Metallerin ve metal alaşımlarının birçoğu yüksek sıcaklıkta bazı özellikleri sağlamalarına rağmen kırılğan olmaktadır. Fakat metalik fiberler ile takviye edilmiş metal matrisli kompozitler her iki fazın uyumlu çalışması ile yüksek sıcaklıkta da yüksek mukavemet özellikleri vermektedir.

C) Seramik matrisli kompozitler

Metal veya metal olmayan malzemelerin bileşiminden oluşan seramik kompozitler, yüksek sıcaklıklara karşı çok iyi dayanım göstermekle birlikte rijit bir yapıya sahiptirler. Ayrıca elektriksel olarak çok iyi bir yalıtkanlık özelliği gösterirler. Üç ayrı grupta toplanan seramik kompozitler şu şekilde sıralanabilir:

Seramik - seramik sistemi: İki seramik fazın karışmasından oluşmaktadır. Örnek olarak saf çini verilebilir.

Seramik - cam sistemi: Yaşamımızın her alanında kullanılan porselen, bir seramik cam kompozitidir. Kuartz fiberlerin bir cam matris içersine çini ile birlikte hamurlanıp yerleştirilmesiyle oluşmuştur.

Seramik - metal sistemi: Bu tür kompozitler, çok fazlı bir yapıya sahiptirler.

1.1.2 Takviye edilme şekillerine göre: Fiber takviyeli, partikül takviyeli ve tabakalı olmak üzere üç gruba ayrılır.

Fiber takviyeli kompozit malzemeler: Yumuşak ve sünek matris içerisine takviye malzemesi olarak katılan fiberler sayesinde, dayanımı ve elastiklik modülü yüksek kompozit malzemeler elde edilebilmektedir. Fiber takviyeli kompozit malzemeler, sürekli fiber takviyeli, kısa fiber takviyeli ve rastgele düzlemsel olarak yönlendirilmiş, kompozit malzemeler olarak sınıflandırılabilirler.

Partikül takviyeli kompozit malzemeler: Bir takviyenin her doğrultudaki boyutları aynıysa parçacık olarak adlandırılmaktadır. Küre, pul, çubuk gibi eşit akslara sahip malzemeler takviye olarak kullanılır. Yük matris ve partikül tarafından birlikte taşınır.

Tabakalı kompozit malzemeler: Değişik yönlerde veya temel malzeme eksenine doğrultusundaki tabaka ve katmanların üst üste konularak bir araya getirilmesi ile elde edilir.

1.2 Plastik Matrisli Kompozit Malzemeler

20. Yüzyılın ikinci yarısında teknolojinin hızla gelişmesi sonucunda sanayinin temel girdisi olan malzeme ve malzeme bilimi hızla gelişmiştir. Yeryüzünde bulunan ana malzemelerin sınırlı olması nedeniyle ihtiyaçlar tam olarak karşılanamamıştır. Günün şartlarına uyacak, ihtiyaçları karşılayacak, ucuz ve hafif malzemelerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Böylece kompozit malzemeler büyük önem kazanmıştır **(Turhan 2007)**.

1930'lerde bilimsel alanda önem kazanan polimerler; kolay biçim verilebilir olmaları, metallere oranla düşük yoğunlukları, üstün yüzey kaliteleri ve korozyona karşı yüksek

dayanım gibi üstün özelliklerine rağmen düşük mukavemet ve sertlikleri yüzünden bazı uygulamalar için elverişli değildi. Polimerlerin bu eksikliklerini gidererek uygulama alanlarını genişletmek için 1950'lerin başlarında polimer esaslı kompozit malzemeler üretilmeye başlanmıştır. Özellikle son yıllarda ihtiyaçlara yönelik en uygun tasarıma imkân tanımaları nedeniyle çok önemli bir boşluğu doldurmuşlardır. Bugün yaygın olarak uçak, füze gövdeleri, otomotiv, yapay kemik, helikopter motorları gibi yüksek performans istenilen alanlarda kullanılmaktadır. Kullanım alanına uygun mekanik, termal ve elektrik özellikleri kazandırılabilmesi için yapılan bilimsel çalışmalar hızla devam etmektedir.

Türkiye' de kompozitlerin başlangıcı, 1960'lı yıllarda polyester su depoları ve Anadolu marka otomobilin kaportası ile olmuştur. Daha sonra sandal boyutundaki küçük tekneler ve küçük boyutlu sürat tekneleri üretimi yapılmıştır. Uzun yıllar boyunca, el yatırması olarak tabir edilen açık kalıplama yöntemi kullanılarak yapılan kompozit ürünlerin makineleşmiş yöntemler ile üretime geçiş süresi oldukça yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu konuda ilk gelişme, basit bir elyaf sarma makinesi ile su deposu ve yarım silindirik aydınlatma elemanları olmuştur. Aynı dönemde yine basit bir elyaf sarma makinesi ile küçük çaplı proses borularının üretilme çabaları olmuştur. Su ve mazot depoları için CTP en gözde üretim malzemesi idi. Bu dönemin en önemli bir atılımı ise Otosan Firmasının da ortaklığı ile Şişe Cam'ın dört bin ton gibi küçük bir kapasite ile Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'ni kurması olmuştur. 1970'li yılların bir diğer gelişmesi CTP malzemenin korozyona ve kimyasal malzemelere dayanıklılığının kullanıcılar tarafından keşfedilmesidir. Bu dönemde, birçok sanayi kuruluşuna, proses tankları ve boruları CTP malzemedan yapılmıştır. Özellikle izoftalik ve bisfenolik reçineler ile yapılan bu ürünlerin birçoğu hala kullanılmaktadır.

1980'li yılların başlarında, Türkiye'de kişi başına CTP tüketimi yaklaşık 80 gr iken şuan yaklaşık 1,3kg'dır. Türkiye, otomotiv sektöründe de büyük bir atılım yapmıştır. Doğrudan otomobil firmalarına ve yan sanayi kuruluşlarına orijinal parça üretimi yapan birçok CTP üreticisi bulunmaktadır. İnşaat sektöründe, beton kalıpları başta olmak üzere, cephe kaplama elemanları da dahil birçok ürün CTP ile yapılmaktadır. Tamamen CTP profillerden oluşan konut yapımı üzerine ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Tekne üretiminde de dünya çapında üretim yapılmaktadır. CTP boruları, yüksek korozyon direnci, uzun kullanım ömrü ve hafifliği, işçilik, nakliye kolaylığı gibi özelliklerinin yanı sıra yüzey düzgünlüğü ve yüksek mukavemet değerleri sayesinde su hattı projelerinde devreye girmektedir.

Kompozit kullanımının yıllık büyüme oranı, dünya da ortalama %5'ler seviyesinde iken, Türkiye'de bu oran şu anda %18'lere ulaşmıştır. Üniversitelerimizde gelişmeye başlayan 'Kompozit Mühendisliği' kavramı ile kompozitlerin her yönü ile ele alınarak,

incelenebilmesi, AR-GE ve her düzeyde tez çalışmalarının yapılabilmesi, mevcut standardizasyonların ülkemizdeki eksiklerinin tamamlanması, geliştirilmesi, laboratuvar incelemelerinin ve tüm gerekli testlerin yapılabilmesi ve değerlendirilebilmesi olanaklarını sağlayacak olan bu tür girişimler, CTP malzemeyi Türkiye’de kısa bir zamanda büyük aşamalara götürecektir (**Hacıoğlu 2008**).

Deprem ve korozyon için ortamın müsait olduğu ülkemizde kompozit ürünlerinin kullanımı için çok neden vardır. Yapılarda, Kent Mobilyalarında, Endüstriyel Tesislerde, Denizcilikte, Ulaşım Araçlarında, Enerji hatlarında ve geleneksel malzemelerin her türlü sorun yarattığı alanlarda kompozitin yeri vardır. Küresel ısınmaya ve çevre kirliliğine neden olan malzemeler ve üretim metodları içinde en az zararlı olan malzeme cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerdir. Cam elyaf takviyeli kompozitler uzun yıllar dayanımlı ürün olmaları nedeniyle çevre dostudur. 50 Yıl içinde bir defa üretilen kompozit malzeme ile yapılan bir uygulama, metal ile 4-5 defa tekrarlanarak üretilmektedir. Bu da daha fazla enerji kullanımı, doğanın daha fazla kirletilmesi demektir.

1.3 Plastik Matrisli Kompozit Malzemelerin Ana Yapı Elemanları ve Tasarım Kriterleri

Plastik matrisli kompozit malzemeler, çekirdek olarak kullanılan bir fiber malzeme ile bu malzemenin çevresinde hacimsel olarak çoğunluğu oluşturan bir matris malzemedan oluşmaktadır. Fiber malzeme kompozit malzemenin mukavemet ve yük taşıma özelliğini, matris malzeme ise plastik deformasyona geçişte oluşabilecek çatlak ilerlemelerini önleyici rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasını geciktirmektedir. Matris olarak kullanılan malzemenin diğer bir amacı da fiber malzemeleri yük altında bir arada tutabilmek ve yükü lifler arasında homojen olarak dağıtmaktır. Böylece fiber malzemelerde plastik deformasyon gerçekleştiğinde ortaya çıkacak çatlak ilerlemesi olayının önüne geçilmiş olunur (**Şahin 2000**).

Mühendislik uygulamalarında, malzemenin maruz kalabileceği darbeler çok farklı şekillerde olabilir. Darbeye karşı olan cevap da malzemenin kendi karakteristik özellikleri tarafından belirlenir. Metal ve metal alaşımları bir darbeye maruz bırakıldığında, elastik uzama ve plastik şekil değiştirme şeklinde reaksiyon gösterirler. Metaller, plastik şekil değiştirebilme kabiliyetlerinden dolayı, büyük miktarda enerjiyi absorbe edebilirler. Kompozit malzemelerde bir darbe sonucunda oluşan hasar, çarpmanın türüne göre darbeye maruz kalmayan yüzeyde meydana gelebilir, içyapıda oluşan delaminasyonlar (tabakalar arasında ayrılma) şeklinde başlayabilir. Genellikle gözle görülmeyen veya çok zayıf bir

şekilde görülebilen hasarlar meydana gelir. Plastik matrisli kompozit malzemelerin hemen hemen tamamı kırılıgandır, bu nedenle enerjiyi sadece elastik deformasyon ve bazı hasar mekanizmaları (matris kırılması, delaminasyon, fiber kopması v.b) sayesinde absorbe edebilirler. Bu anlamda hasar direnç ifadesi, bir kompozit sistemde meydana gelen darbe hasar miktarını ifade eder (**Altinel 2006**).

1.3.1 Matris malzeme

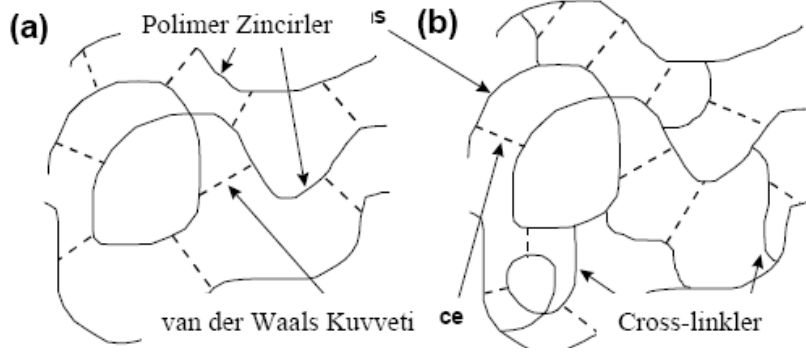
Matris fazı mukavemetlendirici bileşeni birarada tutan bir bağlayıcı gibi etki gösterip yapının yapısal bütünlüğünü sağlayıp, uygulanan yükün mukavemetlendirici faza transferini temin eder. Matris fazı aynı zamanda mukavemetlendiriciyi çevresel etkilerden koruyup, çatlak oluşumunu başlatabilecek fiziksel hasarlara karşı korur (**Tanoğlu ve Toğulga 2005**).

Takviyenin istenilen başarıyı göstermesi uygun matris seçimine bağlıdır. Matris'in başlıca görevleri; kuvvetleri liflere iletmek, lifleri korozyon, oksidasyon gibi ortam etkisi ve darbelerden korumaktır.

Matris seçiminde, malzemenin nem ve su alma özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gerekir. Mukavemeti, uzaması, kopması, yorulması, darbe özellikleri de çok önemlidir. Matrislerin çoğu sıvı halde bulunduğu için viskozitesi de önemlidir. Kür zamanı ve sıcaklığı gibi fiziksel özelliklerde matris seçiminde önemli rol oynar (**Uluçay 1989**).

Plastik matris olarak kullanılan malzemeler genellikle sentetik bir reçinedir. Termoset ve termoplastik olarak iki çeşit polimer reçine vardır.

Termoplastikler: Zincirler birbirlerine zayıf van der waals kuvvetleriyle bağlıdır (Şekil 1.1). Bu zayıf etkileşimler bir zincirin diğer zincir üzerinde izafi olarak kolayca hareket etmesine izin verir. Bundan dolayı, termoplastikler düşük mukavemet ve sertlik değerlerine sahiptirler,ergime sıcaklıkları üzerinde viskoziteleri yüksek oranda düşerek akışkan hale gelirler.



Şekil 1.1. (a) Termoplastikler ve (b) Termosetler Arasındaki Farklar (**Brandru ve ark. 1999**)

Termoplastik çeşit plastikler ısı etkisi ile yumuşar ve şekillendirildikten sonra soğutulduğunda sertleşirler. Bu işlem sırasında plastiğin mikro yapısında bir değişiklik olmaz. 5-50 °C sıcaklık aralığında kullanılabilirler. Bu gruba giren plastikler naylon, polietilen, polistren, viniller sayılabilir (**Smith 2001**).

Termoplastik polimerlerinin çeşitlerinin çok fazla olmasına rağmen matris olarak kullanılan polimerler sınırlıdır. Termoplastiklerin kompozit malzemelerde matris olarak tercih edilmemelerinin başlıca nedeni üretimdeki zorlukların yanı sıra yüksek maliyettir. Oda sıcaklığında düşük işleme kalitesi sağlarlar, bu onların üretiminde zaman kaybına yol açar. Termoplastikler termosetlere nazaran hammadde olarak daha pahalıdır, ancak üstün kırılma tokluğu, hammaddelerin raf ömrünün uzun olması, geri dönüşüm kapasitesi ve sertleşme prosesi için organik çözücülere ihtiyaç duyulmamasından dolayı güvenli çalışma ortamı sağlaması gibi avantajlara sahiptirler

Termoplastik reçineler malzemenin çekme ve eğilme dayanımının artırılması için kullanılır. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan termoplastikler uçak sanayinde de yüksek performanslı malzeme üretiminde kullanılmaktadır.

Termosetler: Moleküller genelde kovalen türü oldukça güçlü bağlarla bağlanıp çapraz bağ ağı yapısı oluşturur. Bundan dolayı, termosetlerin mukavemet ve sertlik değerleri termoplastiklerinkinden çok daha yüksektir, ergime yerine yüksek sıcaklıklarda geri dönüşümsüz yanma söz konusudur (**Baschek ve ark. 1999, Buckley ve ark. 2001, Chen ve ark. 2002, , Khan ve ark. 2002**).

Termoset plastikler kalıcı bir biçimde şekillendirilip kimyasal bir tepkimeyle olgunlaştırıldıktan veya sertleştikten sonra ısıtılarak yeniden yumuşatılamazlar veya başka bir şekle sokulamazlar, çok yüksek sıcaklıklarda bozulurlar. Şekillendirilmiş bir termoset plastiğe

yeniden ısı verilerek şekillendirmek mümkün değildir. Evde, otomobilde, fabrikalarda vazgeçilmez malzeme konumundadır. Uygun maliyet kullanımı arttıran en önemli etkidir. Bitmiş ürün için sarf edilen enerji diğer malzemelere oranla daha düşük olur. Her türlü hava şartlarında uzun ömürlüdürler (**Brandrup ve ark. 1999, Bor 1999**).

Termoset reçinelerin kompozit üretiminde kullanılması, sıvı polimerin takviye bileşenini ısıtması ile başlar ve reçine kalıplama sırasında katı hale geçer. Bu dönüşüm prosesi geri dönüşümsüz bir prostir. Termoset reçineden oluşan kompozit malzemeler, sıcaklık ve kimyasal dirençli, yüksek fiziksel özellikleri ve yapısal dayanıklılık yönünden termoplastik esaslı kompozit malzemelere göre daha iyidir. Başlıca termoset plastikler; üre ve melamin reçineleri, polyester, epoksiler, vinilesterler, fenolikler ve silikondur.

Polyester; kompozit malzemelerde kullanılan iki tür polyester reçine vardır, biri ekonomik olan ortoftalik diğeri de suya dayanım gibi daha iyi özelliklere sahip olan isoftalik polyesterdir. Polyester reçinelerin polimerizasyon süreçlerinin tamamlanması için katalizör ve hızlandırıcı olarak adlandırılan ek maddelere ihtiyaç vardır. Polyesterin genel özellikleri; kolay kullanım, düşük maliyet, sertleşme sırasında yüksek oranda çekme, zehirli sitiren gazı yayma, kısa raf ömrü, orta mekanik özellikler olarak sayılabilir.

Epoksiler; geniş kullanım alanına sahiptirler. Kullanım alanları; ulaşım, havacılık, spor ve denizcilik araçlarıdır. Avantajları iyi mekanik özelliklere sahip olması, suya dayanması, kuru iken 220°C, ıslak iken 140°C sıcaklığa dayanması, sertleşirken düşük oranda çekmesidir. Dezavantajları ise; yüksek maliyetli olmaları, cilde aşırı zarar vermeleridir.

Vinil esterler; avantajları son derece yüksek kimyasal ve çevresel dayanıma ve polyesterden daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmalarıdır. Dezavantajları ise; polyesterden daha pahalı olmalarıdır.

Fenolikler; ısıya dayanım gerektiren yerlerde kullanılır. Kullanım alanları; uçakların iç bölümleri, deniz araçlarının motorları ve demir yollarıdır. Avantajları; yüksek ateşe dayanmaları, düşük maliyetli olmalarıdır. Dezavantajları ise; düşük yüzey kalitesine sahip olmaları ve oldukça kırılğan olmalarıdır.

Silikonlar; avantajları; yüksek sıcaklığa dayanmaları, yüksek ısılarda ürün özelliklerini koruyabilme ve düşük maliyetli olmalarıdır.

Cynate Ester; esas olarak uçak endüstrisinde kullanılır. Mükemmel yalıtkanlık özelliğine sahiptir. Yaş durumda 200 °C sıcaklığa kadar dayanım vardır.

Çizelge 1.1. Bazı Termosetlerin Mekanik Özellikleri (Judge 1996)

Malzeme	Çekme dayanımı [MPa]	% Uzama	Elastisite modülü [GPa]	Yoğunluk [gr/cm ³]
Fenolik	34-62	0-2	2.8-9	1.27
Polyester	41-90	0-3	2.1-4.5	1.28
Epoksi	28-103	0-6	2.8-3.4	1.28
Silikon	21-28	0	8.3	1.55

1.3.2 Takviye malzemeleri (elyaflar)

Matris malzeme içinde yer alan lifler kompozit yapının temel mukavemet elemanlarıdır. Düşük yoğunluklarının yanı sıra yüksek elastite modülüne ve sertliğe sahip olan elyaflar kimyasal korozyona da dirençlidir. Günümüzde kompozit yapılarda kullanılan en önemli takviye malzemeleri sürekli elyaflardır. Aramid, karbon ve cam elyafların kısa veya uzun sürekli elyaf formları modern kompozitlerin oluşturulmasında önemli yer tutar. (Mısıroğlu 1996).

Kompozitlerde lifler yanında düz, çapraz dokumalar, sürekli fitiller ve keçeler takviye amacıyla kullanılmaktadır. Liflerin en önemli özelliği kompozit yapı içindeki yönlendirmelerinin kontrol edilebilmesidir. Kullanılan elyafın malzeme içindeki yönlendirmeleri kompozit malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini direkt olarak etkilemektedir (Şahin 2000). Dokuma yapısındaki lifler, yönlendirilmiş haldedir ve takviye özellikleri yüksektir. Günümüzde üretilen kompozitlerin dokuma dâhil %90 'ı liflerle takviye edilmiş kompozitlerdir.

Uygulamada değişik elyaf türlerinden yararlanılmaktadır. Bunlar;

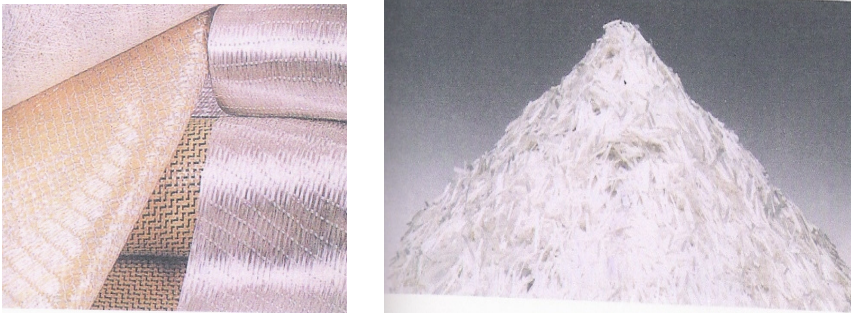
Cam elyafı: Cam elyafı silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda gibi cam üretim maddelerinden üretilir. Erime noktaları yaklaşık 840 °C dir. Elyaf içinde SiO₂ şeklinde bulunur (Ersoy 2005). Elyaf takviyeli kompozitlerde en çok kullanılan elyaf çeşididir. Cam elyaf özel olarak tasarlanmış ve dibinde küçük deliklerin bulunduğu özel bir ocaktan eritilmiş camın itilmesiyle üretilir. Bu ince lifler soğuduktan sonra makaralara sarılarak kompozit hammaddesi olarak imal edilir. Elyaf kumaşları sürekli cam elyafının lifleri ile üretilmektedir. İşlemler sırasında değişik kimyasalların eklenmesi ile ve bazı özel üretim yöntemleri kullanılarak farklı özellikte cam elyaf üretilebilir (Lubin 1969).

A Camı – Pencere ve şişelerde kullanılan cam çeşididir. Kompozitlerde çok fazla kullanılmaz.

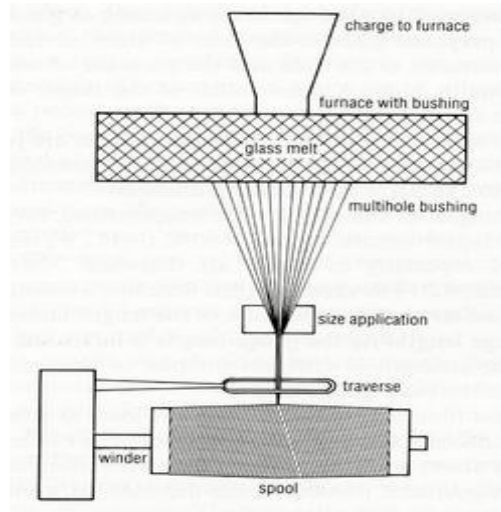
C Camı- Yüksek kimyasal direnç gösterir. Depolama tanklarında kullanılır.

E Camı-Takviye elyaflarının üretiminde ençok kullanılan cam türüdür. Düşük maliyet, iyi yalıtım ve düşük su emiş oranı özelliklerine sahiptir.

S+R Camı-Yüksek maliyetli ve yüksek performanslı bir malzemedir. Yalnız uçak sanayinde kullanılır. Elyaf ile reçinenin birbirine iyi yapışması çok önemlidir. İyi yapışmaktan dolayı birbirinden kayan takviye malzemesi ve matris kompozit malzemenin sertliğini ve sağlamlık performansını düşürür. Bu durumun engellenmesi için elyaf kimyasallarla kaplanır (**Arıkan 2001**).



Şekil 1.2. Cam Elyaf Dokuma ve Cam Elyaf Kırpılmış Demetler (**ANONYMOUS, 1981**)



Şekil 1.3. Cam Elyaf Üretimi (**Philips 1989**)

Karbon elyafı: Karbon lifi çok iyi bir elektrik iletkenidir. Epoksi matrisler ile birleştiğinde olağanüstü dayanıklılık ve sertlik özellikleri gösterir. Karbon elyafının üretimi çok pahalı

olduğu için ancak uçak sanayinde, spor araç ve gereçlerinde, tıbbi malzemelerde kullanılmaktadır. Kırılmış elyaflar, genellikle enjeksiyon kalıplamada ve basınçlı kalıplarda makine parçaları ve kimyasal valf yapımında kullanılır. Elde edilen ürünler mükemmel korozyon ve yorgunluk dayanımının yanı sıra yüksek sağlamlık ve sertlik özelliklerine de sahiptir. Karbon elyafının tüm diğer elyaflara göre en önemli avantajı; yüksek modülüs özelliğidir. Bilinen en sert malzemedir.

Aramid elyaf: Aramid elyaf piyasada daha çok Kevlar, Twaren ticari isimleri ile bilinir. Farklı uygulamaların farklı ihtiyaçlarını karşılamak için birçok farklı özelliklerde aramid elyafı üretilmektedir. En önemli özellikleri; düşük yoğunluk, yüksek darbe, aşınma dayanımı, yorulma dayanımı, kimyasal dayanımdır. Kevlar elyafı kompozitler cam elyafı kompozitlere göre %35 daha hafiftir.

Çizelge 1.2. Belli Başlı Elyafların Karşılaştırılması (Enşici 2004)

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekme dayanımı (MPa)	Modül (GPa)
E-Cam	2.55	2000	80
S-Cam	2.49	4750	89
Alüminyum	3.28	1950	297
Karbon	2.00	2900	525
Kevlar 29	1.44	2860	64
Kevlar 49	1.44	3750	136

Kompozit parçalar tasarlanırken en önemli ölçüt parçanın hangi alanda kullanılacağı ve kullanıma yönelik spesifik ihtiyaçların neler olduğunun belirlenmesidir. Yeni oluşturulacak malzemelerde hangi özelliğin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi isteniyorsa bu doğrultuda matris ve takviye malzemesi seçilerek üretim yöntemleri belirlenir. Böylelikle kompozit malzeme oluşumu sağlanır.

Tasarımcı kompozit parçayı tasarlarken maliyet, ham malzeme özellikleri, çevre koşullarının nihai parçaya etkisi, imalat yöntemi ve kalite kontrol metodları gibi bir dizi faktörü birlikte değerlendirmelidir. Bu faktörler tüm malzeme çeşitleri için geçerlidir. Ancak kompozit parçalar bu faktörlere karşı çok daha hassastır. Yani tasarım esnasında bu faktörlerin herhangi birisi gözden kaçırıldığında nihai kompozit parçanın performansında önemli ölçüde bir azalma gözlenebilir (Aktaş ve Otabatmaz 1995).

Bu faktörlerin içinde söz edilen maliyet kavramı sadece ham malzeme maliyeti olarak düşünülmemeli, bağlantı elemanları sayısında azalma ve nihai parçanın ağırlığındaki azalma, yakıt tasarrufu gibi faktörler aynı anda düşünüldüğünde metale nazaran daha ucuz bir kompozit parça imali toplam maliyette tasarruf sağlayacaktır (**Aktaş ve Otabatmaz 1995**).

Kompozit parça tasarımcısının önündeki en önemli zorluklardan birisi kompozit malzemelerin izotropik özellikler göstermemesidir. Yani, metallerin aksine nihai parçanın sertlik, mukavemet, ısı genleşme katsayısı gibi özellikleri parçanın her noktasında aynı değildir. Bu yüzden tasarımcı nihai parçaya hangi yönden ne kadar yük geleceğini ve parçanın hangi noktasında ne kadar mukavemete gereksinim olduğunu çok iyi anlayıp, takviye liflerinin yerleşim açılarına, ona göre karar verebilmelidir. Bu amaçla geliştirilmiş bilgisayarlı modelleme teknikleri mevcuttur.

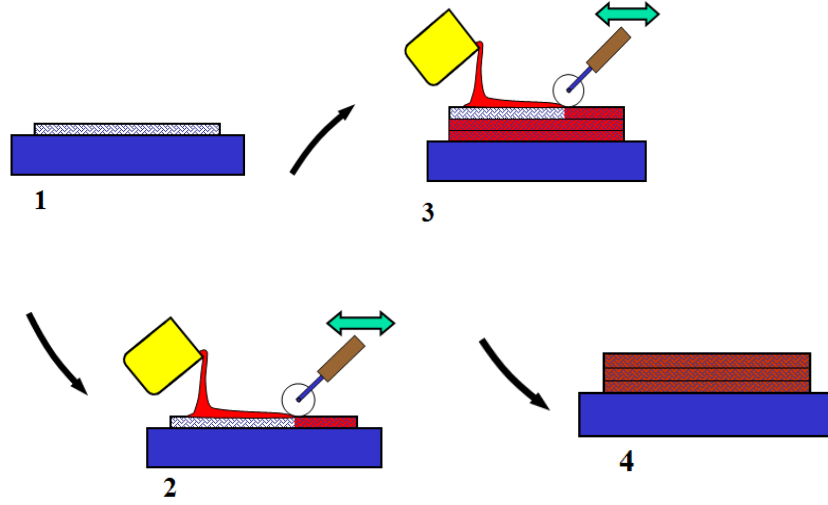
Kompozit parçalar nem, sıcaklık, ultraviyole ışıkları gibi çevresel etkilere karşı hassas olabilirler, tasarım esnasında bu faktörlere dikkat ederek takviye ve matris seçimi yapılmalıdır (**Aktaş ve Otabatmaz 1995**).

1.4 Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri

İstenilen özelliklerde ve biçimde kompozit malzeme üretimi için birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden başlıcaları aşağıdadır.

1.4.1 Elle yatırma (hand lay-up)

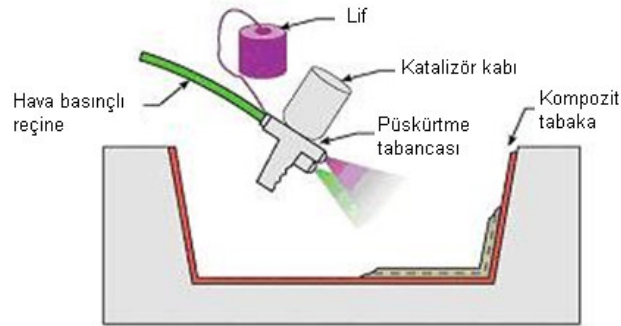
Dokuma veya kırılmış elyaflarla hazırlanmış takviye kalıp üzerine elle yatırılarak, üzerine sıvı reçine dökülerek elyaf katmanlarına emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise kompozit malzemenin hazır olması için en son sürülür. Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan polyester ve epoksi'nin yanısıra vinil ester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. Elle yatırma yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük sayıdaki üretimler için çok uygundur. Şekil 1.4'de elle yatırma metodu gösterilmiştir (**ANONYMOUS-a, 2007**).



Şekil 1.4. Elle Yatırma Metodu

1.4.2. Püskürtme (spray-up)

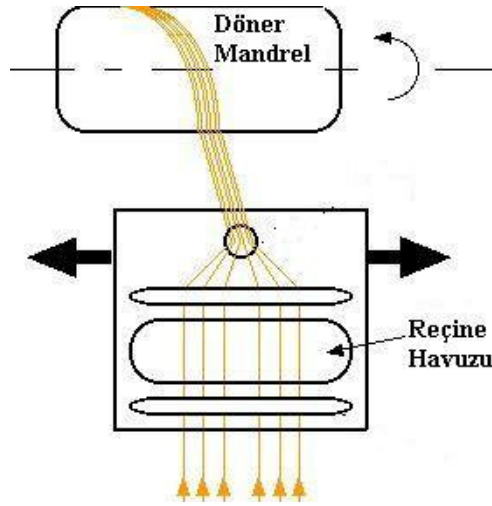
Püskürtme yöntemi elle yatırma yönteminin aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırpılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtülme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur.



Şekil 1.5. Püskürtme Yöntemi

1.4.3 Elyaf sarma (filament winding)

Bu yöntem özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygundur. Elyaf sarma yöntemi sürekli elyaf liflerinin reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sertleşir. Ardından döner kalıp ayrılır. Bu yöntemle yapılan ürünler genellikle silindirik borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır.

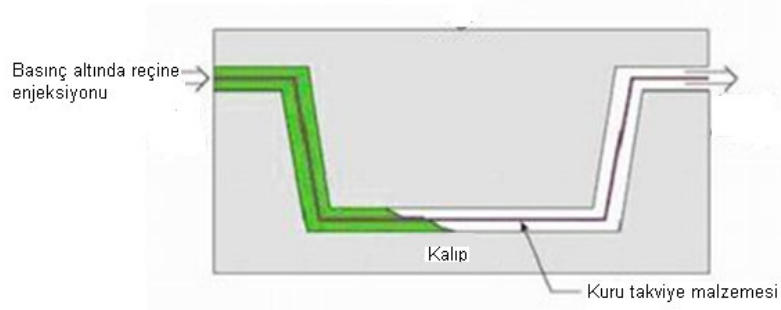


Şekil 1.6. Elyaf Sarma Prosesi (ANONYMOUS-b, 2007).

1.4.4 Reçine transfer kalıplama RTM/ reçine enjeksiyonu

Bu kompozit üretim yöntemi elle yatırma tekniğine göre daha hızlı ve uzun ömürlü olmakla birlikte bu yöntemde iki parçalı kalıp kullanmak gereklidir. Kalıbın kompozit malzemeyle yapılması çelik kalıp maliyetine göre daha düşük kalmasına neden olmaktadır. RTM yöntemi çoğunluk jelkotlu veya jelkotsuz her iki yüzeyinde düzgün olması istenen parçalarda kullanılır. Takviye malzemesi olarak keçe, kumaş veya ikisinin kombinasyonu kullanılır. Takviye malzemesi önceden kalıp boşluğu doldurulacak şekilde kalıba yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Elyaf matris içinde geç çözünen reçinelerle kaplanarak kalıp içerisinde

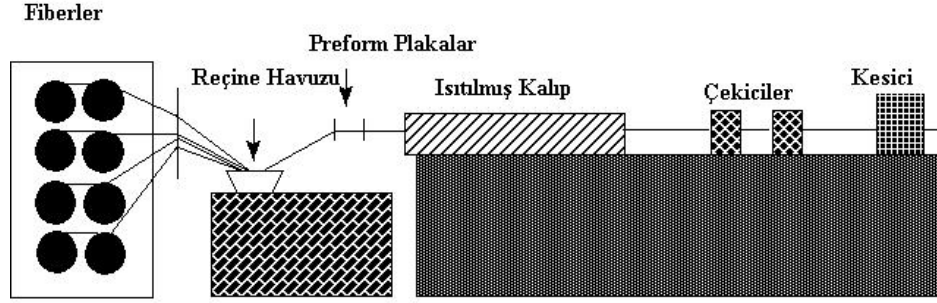
sürüklenmesi önlenir. Reçine basınç altında kalıba pompalanır. Bu süreç daha fazla zaman ister. Matris enjeksiyonu soğuk, ılık veya en çok 80 °C'ye kadar ısıtılmış kaplarda uygulanabilir. Bu yöntemde içerideki havanın dışarı çıkarılması ve reçinenin elyaf içine iyi işlemesi için vakum kullanılabilir. Elyafın kalıba yerleştirilmesini gerektirmesinden dolayı uzun sayılabilecek bir işçilik gerektirir. Kalıp kapalı olduğu için ise zararlı gazlar azalır ve gözeneksiz bir ürün elde edilebilir. Bu yöntemle karmaşık parçalar üretilebilir. Concorde uçaklarında, F1 arabalarında bazı parçalar bu yöntemle hazırlanmaktadır (ANONYMOUS, 1997).



Şekil 1.7. RTM Yöntemi

1.4.5 Profil çekme / pultrüzyon (pultrusion)

Pultrüzyon işlemi sürekli sabit kesitli kompozit profil ürünlerin üretilebildiği düşük maliyetli seri üretim yöntemidir. Pull ve Extrusion kelimelerinden türetilmiştir. Sisteme beslenen sürekli takviye malzemesi reçine banyosundan geçirildikten sonra 120-150 °C'ye kadar ısıtılmış şekillendirme kalıbından geçirilerek sertleşmesi sağlanır. Kalıplar genellikle krom kaplanmış parlak çelikten yapılmaktadır. Sürekli elyaf kullanılmasından dolayı takviye yönünde çok yüksek mekanik mukavemet elde edilir. Enine yükleri karşılayabilmek için özel dokumalar kullanılmalıdır.



Şekil 1.8. Pultrüzyon Prosesi (ANONYMOUS-b, 2007).

1.4.6 Hazır kalıplama / compression molding (SMC, BMC) yöntemi

Hazır kalıplama bünyesinde cam elyafı, reçine, katkı ve dolgu malzemeleri içeren kalıplamaya hazır, hazır kalıplama bileşimleri olarak adlandırılan kompozit malzemelerin (SMC, BMC) sıcak pres kalıplarla ürüne dönüştürülmesidir. Karmaşık şekillerin üretilebilmesi, metal parçaların bünye içine gömülebilmesi, farklı cidar kalınlıkları gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca ürünün iki yüzü de kalıp ile şekillenmektedir. Diğer kompozit malzeme üretim tekniklerinin olanak vermediği delik gibi komplike şekiller elde edilebilmektedir. Iskarta oranı düşüktür. Bu yöntemin dezavantajları; kalıplama bileşimlerinin buzdolaplarında saklanma gerekliliği, kalıpların metal olmasından dolayı diğer kalıplardan daha maliyetli olması ve büyük parçaların üretimi için büyük ve pahalı preslere ihtiyaç duyulmasıdır. Hazır kalıplama yönteminde kullanılan bileşimler içeriklerine göre çeşitlilik göstermekle beraber en çok iki tür hazır kalıplama bileşimi kullanılmaktadır.

1.4.6.1 Hazır kalıplama pestili / SMC (Sheet Moulding Composites)

SMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ile dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan pestil biçiminde malzemedir. Sürekli lifler, 25-50 mm kırılmış olarak ve kompozitin toplam ağırlığının %25-30 oranında kullanılır.

1.4.6.2 Hazır kalıplama hamuru / BMC

BMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ve dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan hamur biçiminde malzemedir.

Hazır kalıplama bileşimlerinin avantajları; çok geniş tasarım esnekliği, düzgün yüzey, kolayca boyanabilme ve kalıp içinde yüzeyin kaplanabilmesi, geri dönüştürülebilme ve hazırlığında geri dönüşmüş malzeme kullanabilme, metal gömme parçaların yerleştirilmesi ile montaj kolaylığı, yüksek alev dayanımı ve sıcaklık dayanımıdır.

Bu yöntem RTM' ye benzer bir yöntemdir. Farklılığı reçine/elyaf karışımının kalıp dışarısında karışmış ve eritilerek basınç altında boş kalıp içine enjekte ediliyor olmasındadır. Sadece düşük viskoziteye sahip termoset reçineler bu yöntemde kullanılabilir. Diğer yöntemlere göre daha hızlıdır. Çocuk oyuncaklarından uçak parçalarına kadar birçok ürün bu yöntemle üretilmektedir.

1.4.7 Vakum bonding / vakum bagging yöntemi

Kompozit malzeme (genellikle geniş sandviç yapılar) önce bir kalıba yerleştirilir, ardından bir vakum torbası en üst katman olarak yerleştirilir. İçerideki havanın emilmesiyle vakum torbası, yatırılan malzemenin üzerine 1 atmosferlik basınç uygulayarak aşağıya çekilir. Sonraki aşamada tüm bileşim bir fırına yerleştirilerek reçine kür işlemi için ısıtılır. Bu yöntem sıklıkla elyaf sarma ve yatırma teknikleri ile bağlantılı olarak uygulanır. Kompozit malzeme tamir işlemlerinde de vakum bagging yöntemi kullanılmaktadır.

1.4.8 Otoklav / autoclave bonding yöntemi

Termoset kompozit malzemelerin performanslarını arttırmak için elyaf/reçine oranını arttırmak ve malzeme içinde oluşabilecek hava boşluklarını tamamen gidermek gerekmektedir. Bunun sağlanması için malzemeye yüksek ısı ve basınç uygulanması gerekir. Vakum bagging yöntemindeki gibi sızdırmaz bir torba ile elyaf/reçine yatırmasına basınç uygulanabilir. Fakat 1 atmosferden fazla, düzenli ve kontrol edilebilir bir basıncın uygulanabilmesi için dışsal basınca ihtiyaç duyulur. Bu uygulama için, otoklav yönteminde de uygulanan ve karmaşık şekillerde en çok kontrol edilebilen metod, dışarıdan sıkıştırılmış gazın kompozit malzemenin içinde bulunduğu kaba verilmesidir.

Otoklav kesin basıncın, ısının ve emişin kontrol edilebildiği basınçlı bir kaptır. Vacuum bagging yöntemi ile benzerdir. Fırın yerine bir otoklav kullanılır. Böylece özel amaca yönelik yüksek kalitede kompozit üretebilmek için kür şartları tam olarak kontrol edilebilir. Bu yöntem diğerlerine oranla daha uzun sürede uygulanır ve daha pahalıdır.

1.4.9 Preslenebilir takviyeli termoplastik / glass mat reinforced thermoplastics (GMT)

Keçe türünde elyaf takviyesi içeren termoplastik reçine ile yapılmış plaka şeklinde preslenebilir kalıplamaya hazır özel amaçlı bir takviyeli termoplastik çeşidini tanımlamaktadır. GMT nin hazırlanması SMC ye benzemektedir. Ekstruder den çekilen bir termoplastik levha üzerine yumuşak haldeyken bir elyaf takviyesi yerleştirilir. Bu katmanların üzerine bir diğer termoplastik levhada yumuşakken yerleştirilerek soğuk halde silindirleri arasından geçirilir. Sertleşen plakalar kesilerek preslenmeye hazır duruma getirilir.

1.5 Kompozit Malzeme Kullanım Alanları

Kompozit malzemeler gittikçe artan oranlarda ve yeni sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Uzun zaman uçak sanayisindeki ihtiyaçların yönlendirdiği kompozit malzeme gelişimleri son dönemde yeni birçok sektörde birçok farklı amaç için kullanılmaktadır.

1.5.1 Kompozit malzemelerin genel kullanım alanları

Havacılık sanayi: Özellikle ileri kompozit malzemeler havacılık sanayinde çok geniş uygulama alanları bulmaktadır. Kompozit malzemelerinin hafifliklerine oranla üstün mekanik özellikleri, uçaklarda ve helikopterlerde sadece mekân içi değil yapısal parçalarında polimer esaslı kompozitlerle üretilmesine neden olmaktadır.

B2 bombardıman uçağı gövde panelleri; karbon fiber+epoksi

A380 yolcu uçağı kanat panelleri ve flapler; karbon fiber+epoksi

- A380 yolcu uçağı burun bölümü (radome); CTP
- A380 yolcu uçağı dikey stabilizer; aramid fiber+epoksi

Denizcilik sanayi:

- Yelkenli gövdesi; CTP ve polimer köpük üstüne cam, aramid karbon dokumaları ile kaplanması
- Yat, tekne arkası platform
- Basamaklar; CTP
- Yelken direği; Kevlar+epoksi



Şekil 1.9. CTP Deniz Araçları

Spor araçları: Kompozit malzemelerin popüler olduğu yeni sektörler arasında spor araç ve gereçleri her geçen gün daha da öne çıkmaktadır. Özellikle ağırlığın azalması, dolayısıyla hareket kabiliyetinin artması ve dayanıklılığın artmasına neden olan cam ve karbon elyafı takviyeli kompozitler kullanılmaktadır.

Kompozitler kano, sörf ve yatlar için çok önemli olan malzeme yorgunluğu ve darbe dayanımı konusunda üstün özelliklere sahiptirler. Dağ bisikletleri en iyi katılık/ağırlık oranı ve en düşük ağırlık özellikleri kazanmak için karbon elyafı ile üretilmektedir. Korozyona dayanım, şok emme ve sağlamlık gibi üstün özellikler kazandırmaktadır. Ayrıca golf sopası, tenis raketi gibi spor ürünlerinde ağırlığı düşürmek için karbon elyafı takviyeli kompozit malzemelerden üretilmektedirler.

- Su kayağı; Termoplastik prepreg
- Kar kayağı; Ahşap üzerine sarılmış karbon, aramid, cam elyafı karışımı+epoksi kano küreği; (%33 Cam+Poliftalamid)
- Su kaydırakları: CTP
- Sörf tahtaları; CTP
- Bisiklet; (Karbon+Poliamid 6), yaklaşık 1kg ağırlığında
- Reebok spor ayakkabı; termoplastik poliüretan, petek (honeycomb)

- Golf sopası; Karbon fiber+epoksi
- Tenis raketi; Aramid (Kevlar)+epoksi
- Zıpkın gövdesi; Karbon fiber+epoksi
- Palet; karbon fiber+epoksi

Korozyona dayanıklı ürünler:

- Su tankı; CTP
- Mazgal olukları; CTP
- Yeraltı boruları;
- Marketlerde dondurulmuş gıda reyonu kaplaması; CTP
- Rasathane kubbesi; CTP
- Açık saha dolapları: CTP
- Çit; CTP
- İlan panoları; CTP

Sağlık:

- Tekerlekli sandalye; cam veya karbon elyaf takviyeli polyester
- Tıbbi tetkik cihazları dış muhafazaları; CTP

Ulaşım:

- Traktör kaporta
- Kabin
- Oturma birimi; SMC
- Toplu taşıma araçları oturma birimi; SMC
- Konteyner tabanı; GMT
- Otobüs havalandırma kanalları
- Port bagaj parçaları
- Gösterge paneli; CTP
- Açık alan servis (golf arabası) araçları kaporta, tavan; CTP
- Teleferik; CTP, maça teleferiği

Kompozit prepreg ve dokuma malzemeler türleri artan oranlarda tren konstrüksiyonunda maliyet ve ağırlık düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. İskelette ağırlığın düşürülmesi enerji

tasarrufu sağlamakla beraber daha hızlı araçların geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca trenlerde malzemelerin yüksek katılığa sahip olmaları iskeletin desteklenmesine gerek olmaması anlamına gelmektedir ki böylece yolcu taşıma bölümüne ayrılan mekân arttırılabilmektedir. Tren konstrüksiyonunda genellikle kolay ve hızlı değişebilen levhalar kullanılır. Böylece tekil zarar gören paneller hızla değiştirilebilmektedir.

Otomotiv: Otomobil firmaları müşterilerinin ihtiyaçlarına karşılık vermek için ve çevresel şartların baskısı altında daha hafif otomobiller üretmektedirler. Hafif otomobiller daha çabuk hızlanabilen, daha çabuk durabilen, ilerlemek için daha küçük bir motora ve daha az benzine ihtiyaç duyan araç anlamına gelmektedir.

- Fitre kutusu; Mercedes, %35 Cam+Poliamid 66
- Pedallar; %40 Cam+poliamid 6
- Dikiz aynası; %30 cam+ABS
- Hava giriş manifoldu; BMW, Ford, Mercedes, %30 Cam+poliamid 6
- Otomobil gösterge paneli;
- Otomobil spoiler; CTP
- Otomobil yan gövde iskeleti; Ford, CTP
- Otomobil kaporta; Corvette, CTP

Formula 1 arabaları: Arabanın tüm ağırlığı 605 kilogramı aşmamalıdır. Tasarım mühendisleri en az ağırlıkla en sağlam çözümü bulmak durumundadırlar. Daha önceleri yarış arabalarında hafif bir metal olan alüminyum kullanılmaktaydı, artık kompozit malzemeler ile daha düşük ağırlıklarla sertlik iki katına katlanabilmektedir. Ayrıca karmaşık parçaların kompozit malzemelerle üretilebilmesi F1 otomobillerin üretiminde kullanılan gerekli parça sayısını azaltmaktadır. Alüminyumla 200'den fazla parçayla üretilen gövde ve şase 5 parçaya düşürülmüştür. Kompozit malzemeler metal civatalar gibi bağlantı parçaları ile birleştirilmek yerine epoksi reçinesi ile birbirlerine bağlanmaktadır. F1 arabalarında aşağıda belirtilenlerle beraber birçok parça yapımında kompozit malzeme kullanılmaktadır.

- Motor kaplaması
- Burun kapağı
- Ön ve arka kanatlar, spoiler
- Ana gövde. mühendislik
- Elektrik dağıtım panoları; CTP

Yapı sektörü:

- Köprü tabanı; CTP
- Trabzanı; CTP
- Yürüme yolları; CTP
- Taşıyıcı konstruksiyon; CTP
- Bina balkon korkuluğu; CTP
- Kapı; CTP
- Taşıyıcı konstruksiyon, yüzme havuzu, kapı saçağı, yer karoları; SMC
- Bina kaplama panelleri: CTP
- Küvet; CTP
- Lavabo; CTP
- Sokak lambası; CTP

Şehircilik: Bu alanda kompozitler, toplu konut yapımında, çevre güzelleştirme çalışmalarında (heykel, banklar, elektrik direkleri v.s.) kullanılmaktadır. Üreticinin çok sayıda standart ürünü kısa zamanda imal edebilmesi, montajdan tasarruf ve ucuz maliyet imkânları, kullanıcıya da yüksek yalıtım kapasitesi, hafiflik ve yüksek mekanik dayanım olanakları sağlamaktadır.

Ev aletleri: Masa, sandalye, televizyon kabinleri, dikiş makinesi parçaları, saç kurutma makinesi gibi çok kullanılan ev aletlerinde ve dekoratif ev eşyalarında kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Bu şekilde komple ve karışık parça üretimi, montaj kolaylığı, elektriksel etkilerden korunum ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır.

Elektrik ve elektronik sanayi: Kompozitler, başta elektriksel izolasyon olmak üzere her tür elektrik ve elektronik malzemenin yapımında kullanılmaktadır.

İş makineleri: İş makinelerinin kapakları ve çalışma kabinleri yapımında da kompozit malzemeler kullanılmaktadır.

1.5.2 Tarım makinalarında kompozitin kullanım alanları

Seralar, tahıl toplama siloları, su boruları ve sulama kanalları yapımında kompozitler özel bir öneme sahiptirler. Kompozit malzemelerden yapılan bu örnekler, ışık geçirgen olarak

da kullanılabilmesi, seralarda ve aydınlık kapalı mekanların oluşturulmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. CTP ışık geçirgen levhaların, dolu gibi sert, hasar yaratacak hava koşullarına olan direnci, hafifliği ve cama yakın kırılma indisi sayesinde, sera örtüsü olarak kullanılması, sera tarımı yapabilen bölgelerde kullanımının hızla artması beklenmektedir. Işık geçirgenliği, doğa şartlarına ve korozyona dayanıklılık, düşük yatırım ve kolay montaj gibi avantajlar sağlamaktadır.

Özellikle düşük yoğunluk, hammaddenin ucuz oluşu, değişik üretim teknikleri ve düşük maliyet unsurları ile üretilebilmeleri, renk seçeneklerinin çokluğu tarım mühendisliğinde de plastik matrisli kompozit malzeme kullanımının artmasına neden olmuştur. Traktörlerin toprak, bitki, insan ve meteorolojik birçok etmenle karşı karşıya oluşu, malzeme seçiminde titiz davranmayı gerektirir. Bilindiği gibi klasik tarım alet ve makineleri öncelikle hantal yapıları ile basit konstrüksiyonları ile göze çarpmaktadır. Ancak modern tarım alet ve makinelerinde hafifliğin sağlanması ve çevre şartlarına dayanıklılığın artması gerçekleştirilmiştir. Bunun temelinde de özellikle plastik matrisli kompozitlerin kullanılmış olması vardır. Cam lifle güçlendirilmiş plastik malzemeler, özellikle tarımda aranan yüksek dayanım, hafiflik, sıcağa-soğuğa, neme, korozyona karşı dayanım, düşük maliyet ve basit imalata cevap verebilecek özellikler içermektedir (**Eker ve Akdoğan 2003**).

Gelişen teknoloji tarım makineleri imalatında da yerini hızla almaktadır. Plastik malzeme kullanılarak üretilen traktörlerde yakıt tasarrufu sağlanırken sistem verimliliği de artmaktadır.



Şekil 1.10. Kompozit Traktör Gövde Panelleri



Şekil 1.11. Kompozit Biçerdöver Gövde Paneli



Şekil 1.12. Kompozit Pamuk Toplama Makinası Gövde Paneli

1.6 Plastik Matrisli Kompozit Malzemenin Mekanik Davranışı

Plastik matrisli kompozit malzemenin mekanik davranışını belirleyen bazı özellikler vardır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.

1.6.1 Mekanik karakterizasyon

Kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin ayarlanması çeşitli parametreleri değiştirmek suretiyle mümkün olmaktadır. Bu parametreler; takviye ve matris malzemesinin

cinsi, takviye malzemesinin oranı ve birlikte kullanılan lif ve matris cinsine göre değişen lif/matris arabirim kayma gerilmesidir. Bu nedenle herhangi bir yükleme durumunda kompozitin mukavemetinin nasıl olacağını bilinebilmesi için bu parametrelerden her birinin ayrı ayrı nasıl davrandığını bilmek gerekir (**Yazıcı ve Ülkü 2003**).

Lif-matris ara yüzeyi: Lif matris ara yüzeyinin yapısı ve özellikleri, kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerinde önemli rol oynar. Ara yüzeyin kayma kuvveti, kompozit malzemenin mukavemeti ve rijitliğinin kontrol edilmesinde en önemli parametredir (**Karahan ve Telli 1998**).

Matris yapıda boşluklar söz konusu ise elyaflarla temas azalacaktır. Nem absorpsiyonunda elyaf ile matris bağımlı bozan olumsuz bir özelliktir (**Ünal 2007**).

Lif yönlmesi: Kompozitlerde lifler kuvvet yönüne ya paralel veya dik yönde yada rastgele dağılmış durumda bulunurlar. Lifler yönlmiş durumda iken kompozit büyük ölçüde anizotrop olur. Lifler rastgele dağıtılmış ise düzlemsel boyutta izotrop olur. Kompozit malzemenin çekme mukavemetleri liflerin kopmasıyla sona erer (**Turhan 2007**).

Lif takviyeli kompozitler: Elyafın matris içinde yerleşimi kompozit yapının mukavemetini etkileyen önemli bir unsurdur. Uzun elyafların matris içinde birbirine paralel yerleştirilmeleri ile elyaf doğrultusunda yüksek mukavemet sağlanırken, elyaflara dik doğrultuda oldukça düşük mukavemet elde edilir. İki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerde her iki yönde de eşit mukavemet sağlanırken, matris yapısında homojen dağılmış kısa elyaflarda izotrop bir yapı oluşturmak mümkündür (**Saçak 2005**).

Elyafın mukavemeti kompozit yapının mukavemeti açısından çok önemlidir. Ayrıca elyafın uzunluk/çap oranı arttıkça matris tarafından elyaflara iletilen yük miktarı da artmaktadır. Elyaf yapısının hatasız olması da mukavemet açısından çok önemlidir.

Elyaf hacim oranı: Takviye olarak kullanılan liflerin miktarı arttıkça kompozitin mukavemet değeri yükselir, sertliği artar. (**Ülkü ve Korkmaz 1988**). Plastik kompozitlerin en önemli özellikleri yüksek özgül mukavemet (mukavemet/özgül ağırlık) ve özgül elastisite modülüdür. Bu özellikleri nedeni ile diğer malzemelere üstün durumdadırlar. Örneğin çeliklerde özgül mukavemet 110 Nm/gr olmasına karşın, Cam lifi-polyesterde 620 Nm/gr, Karbon-epoksi de 700Nm/gr, Kevlar-epoksi de 886Nm/gr dır. Liflerin özgül elastisite modülü alüminyumunkinin beş katı kadardır.

Şekil 1.13'te elyaf takviyesi ile plastik malzemenin çekme dayanımının artışı görülmektedir.



Şekil 1.13. Kompozit Yapı ile Geliştirilen Çekme-Uzama Özelliği (Sayman 1978)

1.6.2 Termal karakterizasyon

Termal analiz, bir maddenin kontrollü bir biçimde ısıtılması ya da soğutulması sırasındaki fiziksel değişimlerinin sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçüldüğü ve yorumlandığı bir grup tekniktir (Skoog ve ark. 1998). Termal analiz, maddenin ağırlık kaybını, dönüşüm sıcaklıklarını ve enerjilerini, boyut değişimlerini ve viskoelastik özelliklerini belirlememize yardımcı olur. Polimerlerin camlaşma sıcaklığı (T_g) ve kristal erime sıcaklığı (T_m) bu maddenin kullanılabilirlik sıcaklık limitlerini belirleyen önemli değerlerdir. Kısmen kristal bir polimerin katı bir madde olarak kullanılabilmesi için çalışma sıcaklığı T_g ve T_m sıcaklıklarının altında olmalıdır. Polimer lastik olarak kullanılacaksa T_g değerinin üzerinde, T_m değerinin altında bir sıcaklıkta bulunmalıdır. Polimerlerin T_m sıcaklığında katı halden sıvı hale dönüştüğü, T_g sıcaklığında ise katı halden elastik konuma dönüştüğü görülür (Akovalı ve ark. 1984). Termal yöntemler arasında diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA) en çok kullanılan tekniklerdir.

Plastik matrisli kompozit malzemelerin mühendislik uygulamalarında geniş kullanım alanı bulması, tarım mühendisliğinde de bu malzemeye olan ilgiyi arttırmıştır. Tarımda kullanılan traktör, alet ve makinalarının toprak, bitki, insan, hayvan, meteorolojik birçok

etmenle karşı karşıya oluşu, imalatta kullanılan malzemenin seçiminde titiz davranmayı gerektirmektedir. Traktörlerde kullanılan metal malzemeler yeterli korozyon dayanımına sahip olmadığından her yıl büyük miktarlarda korozyon giderleri olmaktadır. Makinelerdeki korozyon zararları, tarımsal amaçların gerçekleşmesini zorlaştırmaktadır. Tarım alet ve makinelerinde sıkça rastlanılan korozyonun önlenmesinde başarıya ulaşmak için, korozyon direnci yüksek kompozit malzeme kullanmak gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmada gerek konstrüksiyon gerekse malzeme açısından iyileştirme, temel hedef olarak alınmıştır.

Cam lifle güçlendirilmiş kompozit malzemeler, tasarım esnekliği, kolay üretim, diğer malzemelerle bağdaşma olanağı, kendinden renklendirme olanağı, hava koşullarına dayanım, düşük maliyet gibi avantajlar sayesinde traktörlerde ihtiyaçlarına cevap verebilecek özellikler içermektedir. Bu nedenlerle araştırmada traktör kaporta aksamı için uygun olabilecek kompozit yapısal şekli belirlenmeye çalışılmıştır.

Tarım traktörlerinde kaporta aksamında kullanılan plastik matrisli kompozit malzemelerin yapısal özellikleri, uygulama verileri yanında, laboratuvar koşullarında oluşturulan yeni yapı şekilleri üzerinde ayrı ayrı incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerde kırılmış, dokuma ve keçe şeklindeki cam elyafların termoset plastik esaslı matrisler ile birleşmesiyle oluşan kompozit malzemelerin mekanik özellikleri test edilmiştir. Matris reçinenin kimyasal yapısının, takviye çeşidinin, malzeme kalınlığının ve kür işleminin kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiş, traktörlerde kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Traktör kaportası için uygun olabilecek matris ve takviye çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada traktörler için yeterli mekanik dayanıma sahip ve ucuz ortoftalik polyeester esaslı matris malzeme ve kimyasal dayanımı daha yüksek Bisfenol-A vinilester esaslı matris malzeme ile ucuz, istenilen özellikleri karşılayabilen cam elyaf, takviye malzemesi olarak kullanılmıştır.

Laboratuvar koşullarında hazırlanan kompozit numuneleri ile özel A ve B firmalarına ait traktör kaporta kompozit numunelerin çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, sertlik gibi mekanik özellikleri deneysel yöntemlerle saptanmıştır. Ayrıca termal analiz yöntemlerinden Dinamik Mekanik Analiz Metodu ile HDT ve Tg değerleri tespit edilmiştir. Deneylelerden elde edilen değerlere Tek Yönlü Varyans Analiz (ANOVA) yöntemi ve Tukey testi uygulanarak istatistikî sonuçlar ortaya konulmuştur.

2. LİTERATÜRÜN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

Yazıcı ve Ülkü (2003) yaptıkları çalışmada iki boyutlu rastgele dağılmış kısa cam elyaf takviyeli polyester matrisli kompozit plakalarda çekme hızının kompozit mukavemeti üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada bir, iki, üç tabakalı kompozitler üretilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre çekme hızı arttıkça kompozit mukavemetinde düşme görülmektedir. Bu düşüşte lif/matris ara biriminin önemli rol oynadığını belirtmektedirler.

Turhan (2007), cam elyaf takviyeli plastik esaslı kompozit malzemelerde, cam elyafının değişik oranlarda kullanılmasının mekanik özelliklere etkisini araştırmıştır. Toplam 9 farklı elyaf hacim oranı olan malzemelerden 90 adet deney yapmıştır. Deneyler sonucunda CTP malzeme içinde elyaf oranı arttıkça malzemenin mukavemeti artarken, sünekliğinin azaldığını tespit etmiştir.

Khan ve ark. (2002) cam lif takviyeli kompozit malzemelerde matris elemanı olarak kullanılan iki reçine sisteminin polyester ve vinil esterin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma artan sıkıştırıcı gerilme oranlarının polyester ve vinil esterin mekanik özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Polyester reçinelerinin elastiklik sınırında ve maksimum germede ölçülen gerilme oranlarının vinil ester reçinelerinden daha büyük olduğu olduğunu belirtmektedirler.

Garoushi ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada kısa lif hacminin ve lif uzunluğunun, kısa lif takviyeli kompozit (FRC) malzemenin bazı mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buna göre $(2 \times 2 \times 25 \text{mm}^3)$ ve $(9.5 \times 5.5 \times 3 \text{mm}^3)$ test örnekleri kısa, rastgele dağılmış liflerden yapılmış ve farklı lif miktarları (%0-%22) ve lif uzunlukları (1-6mm) ile hazırlanmıştır. Kontrol örnekleri lif takviyesi içermemektedir. Test örnekleri kuru olarak muhafaza edilmiş ya da su içinde 5–55°C arasında 10000 tur yaptırılmıştır. ISO 10477 göre üç nokta bükme testi ve durgun sıkıştırma testleri uygulanmıştır. Yaygın bir test makinesi esneme özelliklerini ve yük dayanım kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır. Elde edilen verilerin karşıtlık analizi ve doğrusal bir gerileme modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kuru şartlarda en yüksek esneme gücü ve kırılma yük değerleri %22 lifli örnek için 330MPa ve 2308N olarak ve 5mm lif uzunluğu için 281 MPa ve 2222 N olarak ölçülmüştür.

Somg ve Du (2002) yaptıkları çalışmada; elyaf olarak sürekli cam elyaf (E-camı) matris malzemesi olarak polyester kullanmak suretiyle tek doğrultuda bir kompozit malzeme üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin çekme dayanımlarının elyaf/hacim oranı ve elyaf yönü ile

değişimi incelenmiştir. Elyaf/hacim oranı arttıkça çekme dayanımının da arttığı gözlenmiştir. Ayrıca elyaf/hacim oranı arttıkça makro sertlikte belli bir değere kadar artmaktadır. Elyaf/hacim oranı sabit alınarak yapılan deneylerde, en yüksek aşınma direncinin paralel konumda, en düşük aşınma direncinin dik konumda olduğunu belirlemişlerdir.

Epoksi vinilester reçineleri birçok kimyasallara karşı çok iyi direnç göstermesinden ve diğerlerine göre daha iyi termal ve mekanik özelliklere sahip olmasından dolayı polimerik kompozitlerde en çok kullanılan reçinelerdendir (**Silva ve ark. 2001**).

Kompozitler statik ve dinamik yüklere ve ayrıca kimyasal ortamlara karşı çok iyi direnç gösterirler. Titreşimleri ve gürültüyü azaltırlar. Taşıtlarda ön ve arka tampon, yay ve akümülatör kutusu gibi çeşitli elemanları kompozitlerden yapılmaktadır. Ayrıca bazı taşıt gövdelerinin tamamı kompozitlerden üretilmektedir (**Harte ve ark. 2003**).

Sandviç kompozit yapılar yüksek eğilme kabiliyetinde ve düşük ağırlıktadırlar. Sandviç yapılar tipik olarak bükülme yükünü taşıyan dış tabakalar ile kopmaya karşı direnç gösteren düşük yoğunluklu çekirdekten oluşur. Darbe anında yüksek enerji absorpsiyonu yüzünden sandviç yapılar tasarımcılar tarafından büyük ilgi görmektedir. Taşımacılıkta sandviç yapılar otobüslerde çatı panellerinde, yüksek hızlı lokomotiflerin ön kabinlerinde kullanılmaktadır (**Potluri ve ark. 2003**).

E-cam lifleri çok güçlü olduklarından kompozitlerde en çok kullanılan takviye malzemeleridir. **Vaidya ve ark. (2003)** polipropolen ve E camı takviyeli kompoziti, %40 ağırlık tasarrufu sağlayan otobüs zemin malzemesi olarak kullanmışlardır.

Yuanjian ve ark. (2007) dokunmamış kenevir lif takviyeli polyesterin gerilme ve yorulma özelliklerini belirlemek için bir dizi deney yapmışlardır. Karşılaştırma yapmak amacıyla $\pm 45^\circ$ cam elyaf takviyeli polyester aynı deneylere tabi tutulmuştur. %44 lif ağırlık oranına sahip kenevir lifli kompozitin 53MPa gerilme ve 6.2 GPa modül değerleri, %42 lif ağırlık oranına sahip cam lifli kompozitin 43MPa ve 5.9 GPa değerlerine eşittir. Bu sonuçlara göre kenevir lifli kompozitin, bazı kritik olmayan gerilmelere dayanan yapılar için cam lifli kompozitlerin yerini alma potansiyeline sahip olduğunu bildirmektedirler.

Ning ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada termoplastik kompozit malzeme kullanarak bir otobüs gövde paneli tasarlamış ve analiz etmişlerdir. Tasarım E-cam lif/polipropilen dış tabakalar ve düşük ağırlık, yüksek mukavemet sağlayan polipropilen petek çekirdeği ile bir sandviç kompozit yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yük 11.7 kN'a ulaşıncaya gövde panelinde hasar oluştuğu gözlenmiştir. Termoplastik kompozit gövde paneli, geleneksel alüminyum gövdeli otobüs ile karşılaştırıldığında %55 den daha fazla ağırlık tasarrufu sağlanmıştır.

Araçların ağırlıklarının azaltılması yakıt tasarrufu sağlar ve bakım maliyetlerini azaltır. Lif takviyeli polimerler gibi hafif ağırlıkta kompozit malzemeler geleneksel çelik ve alüminyum elemanların yerini almaya başlamıştır.

Tekalur ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada E-cam lifli ve karbon lifli kompozitlerin mekanik davranışlarını karşılaştırmışlardır. Karbon lifli kompozit daha yüksek çekme modülü göstermiştir. E-cam lifli kompozitin ortalama çekme modülü 29.2GPa iken karbon lifli kompozitin 56.7GPa olarak ölçülmüştür. Ayrıca bu iki farklı kompozit malzemenin darbelere karşı verdikleri tepkileri de karşılaştırmışlardır. Karbon lifli kompozitlerde ani yıkıcı hasar meydana gelirken E-cam lifli kompozitlerde ise ilerleyen bir hasar eğilimi gözlenmiştir.

Jeong ve ark. (2006) cam lif takviyeli polimer kompozitten üretilen liman sistemi uygulamalarını ve güvenliğini değerlendirmek için deneysel bir araştırma yapmışlardır. Buna göre laboratuarda statik ve yorulma testleri yapmışlardır. Sonuçlar geliştirilen cam lif takviyeli polimer liman sistemlerinin, çelik ve beton gibi var olan sistemlerin yerini alabilecek kadar beklenen dayanıklılığı ve sertliği sağladığını göstermiştir. Ayrıca bu sistemin liman yapım süresini, işçiliğini ve gereken malzemeleri azaltabileceği vurgulanmıştır.

John Deere firması tarım araç gereçleri için üretim maliyetlerini azaltırken soyayı plastiğe dâhil etmek için araştırmalar yapmıştır. Bu araştırmalar sonucunda Envirez adlı doymamış polyester reçinesi yenilenebilir kaynak olarak üretilmiştir. Envirez reçinesi biçerdöverlerin yan gövde panelleri üretiminde, tarımsal, yapısal, yat ve taşıma endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılmakta olan SMC kompozitlerine oranla daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. Kullanılmakta olan tarım araçlarının SMC mekanik değerleri: çekme dayanımı 81 MPa, esneme dayanımı 208 MPa, soya reçinesinin çekme dayanımı 102 MPa, esneme dayanımı 194 MPa olarak bulunmuştur (**Frattini 2008**).

Hamerton ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada polimerlerin ve kompozitlerin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Dinamik mekaniksel termal analiz (DMTA) metodu ile T_g cam geçiş sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Karbon fiber takviyeli kompozitler vakum yöntemi ile hazırlanmıştır. Reçinelerin takviyesiz haldeyken T_g değerleri ile karbon lifleri takviyelendirildikten sonra T_g değerleri karşılaştırılmıştır. Takviyesiz reçinenin T_g değerlerinin takviyeli olanlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Takviyesiz reçine T_g değeri 220 °C aynı reçinenin takviyeli T_g değeri 165 °C olarak bulunmuştur.

Sakin (2004) yaptığı çalışmada cam-fiber takviyeli polyester kompozitlerin eğilme yorulması davranışlarını incelemek için, 800, 500, 300 ve 200 gr/m² lik cam elyaf dokumalar ile 225,450 ve 600 gr/m² lik rasgele cam keçe ve polyester reçinesi kullanmıştır. RTM

yöntemi ile elde edilen bu numuneler 0/90°lik ve ±45°lik yönlerinde kesilmiştir. Böylece dokuz değişik yapı elde etmiştir. Ayrıca RTM metodu için yeni bir kalıp tasarlanmış ve cam fiberlerin tam ıslatılması için bu kalıp üzerinde basit bir yöntem uygulamıştır. Test sonuçlarına göre en yüksek yorulma ömrü, 800 gr/m²lik cam dokuma kullanılan 0/90°lik yönlü kompozitlerde tespit edilmiştir. Test sonuçlarının, cam dokuma liflerinin alansal yoğunluğu, açısı, gerginliği ve tam ıslatılıp ıslatılmamasından etkilendiği görülmüştür.

Demircioğlu (2006) çalışmasında cam elyaflardan oluşan takviye sisteminin epoksi matrisle birleştirilmesiyle rasgele cam elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemeler üretmiş, değişen cam elyaf boynunun ve oranının kompozit yapı üzerine etkilerini incelemiştir. Eğilme ve çekme uzaması değerlerinin artan elyaf oranı ile azaldığı elyaf boyu ile arttığını belirlemiştir.

Yöney (2007) çalışmasında 1.5 dtex/38 mm uzunluğunda bambu elyafı, Nm 0.93 bambu fitili ve ağartılmamış % 100 keten elyafı kullanılarak vinilester reçine ile farklı takviye yüzdelerinde çeşitli kompozit yapılar üretmiştir. Üretilen doğal kökenli kompozit yapıların izod darbe dayanımı, çekme dayanımı ve üç nokta eğilme testleri yaparak kırık yüzey analizleri elektron mikroskobunda incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre bambu elyaf takviyeli kompozitlerde 3mm ve üstü uzunluklarda lif kullanımının mekanik özellikleri arttırdığını görmüştür. Keten elyaf takviyeli numunelerde ise bambu elyafına göre daha iyi mekanik değerler elde edilmiştir. Keten elyafında yağ ve vaks tabakası uzaklaştırıldığında, işlem görmemiş elyafa göre daha iyi bir matris lif kaynaşmasının meydana geldiği görülmüş ve darbe dayanımında % 50'ye varan artışlar gözlemlenmiştir.

Karadeniz (1989) çalışmasında elyaf takviyeli plastik kompozitlerin mekanik özelliklerinden çekme dayanımını araştırmıştır. Elyaf doğrultusu çekme yönüne paralel seçilmiştir. Takviye malzemesinin kompozit malzemedeki oranının artmasının çekme dayanımını arttırdığını bulmuştur.

Choi ve ark. (2001) çalışmalarında küçük yolcu arabaları için düşük ağırlıklı kompozit gövde panelleri hazırlamışlardır. Kapı, çatı ve yan gövde panelleri cam/karbon takviyeleri ile elle yatırma tekniği ile hazırlanmıştır. Kaput düşük yoğunluklu SMC den yapılmıştır. SMC malzemelerinin fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Paneller için optimum kalınlığı belirlemişlerdir. Deney sonuçlarında kompozit malzemelerin çok büyük ağırlık ve yakıt tasarrufu sağladığını, iyi darbe dayanımına sahip olduğunu, paslanma olmadığını tespit etmişlerdir.

Ulçay ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada aynı tip reçinenin farklı miktarları farklı kumaşlar üzerinde, farklı ortamda ve değişik sürelerde kürlemişler sonuçları ortaya koymuşlar, kür işleminin kumaşın yapısını bozmayacak uygun sıcaklık ve sürede yapılması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Mısıroğlu (1996) çalışmasında CTP malzemelerde cam elyaf takviyenin mekanik özelliklere etkisini araştırmış ve cam takviyeli polimerlerde cam liflerin artırılması ile dayanımın arttığını belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada kompozit malzeme üretiminde matris malzemesi olarak farklı iki tip reçine, takviye malzemesi olarak da kırpıntı, dokuma ve keçe formunda cam elyaf kullanılmıştır. Ayrıca katılaştırıcı, hızlandırıcı gibi kimyasallar, normal kurutma fırını, elektronik tartı ve pek çok test cihazlarından yararlanılmıştır.

3.1.1 Matris malzemeleri (reçineler)

Çalışmada biri genel kullanım amaçlı ortoftalik polyester diğeri bisfenol-A epoksi vinil ester olmak üzere iki farklı reçine kullanılmıştır. Reçineler sıvı haldedir. İşlemlerin seri olarak yapılabilmesi için bir hızlandırıcı ve katılaştırıcı ile birlikte kullanılmıştır. Reçineler üretici firma olan Poliya Polyester ve Yardımcı Maddeler Sanayi'den temin edilmiş olup , katı ve sıvı haldeki özellikleri Çizelge 3.1-3.42 te verilmiştir.

Çizelge 3.1.Ortoftalik Polyester Reçinenin Sıvı Haldeki Özellikleri (ANONYMOUS-c, 2007)

Özellik	Birim	Değer
Brookfield viskozitesi	Cp.23 °C, ISO 2555	550
Jel süresi	dk.23 °C, ISO 2535	11
Monomer oranı	%,	37

Çizelge 3.2. Polyester Reçinenin Sertleşmiş Haldeki Özellikleri (Takviyesiz) (ANONYMOUS-c, 2007)

Özellik	Birim	Değer
HDT	C, ISO 0075-B	64
Barkol sertliği	ASTM_D2583	45
Eğilme dayanımı	MPa, ISO 0178	117
Çekme dayanımı	MPa, ISO 0527	68
Darbe dayanımı	kJ/m ² , ISO 0180	13

Çizelge 3.3. Vinilester Reçinenin Sıvı Haldeki Özellikleri (ANONYMOUS-c, 2007)

Özellik	Birim	Değer
Brookfield viskozitesi	Cp, 23 °C, ISO 2555	400
Jel süresi	dk, 23 °C, ISO 2535	20
Monomer oranı	%	42

Çizelge 3.4. Vinilester Reçinenin Sertleşmiş Haldeki Özellikleri (Takviyesiz)
(ANONYMOUS-c, 2007)

Özellik	Birim	Değer
HDT	°C, ISO 0075-B	100
Barkol sertliği	ASTM-D 2583	35
Eğilme dayanımı	MPa, ISO 0178	160
Çekme dayanımı	MPa, ISO 0527	80
Darbe dayanımı	kJ/m ² , ISO 0180	17

3.1.2 Takviye malzemeleri

Cam elyafın üç tipi kullanılmıştır. Her numunede elyaf/reçine oranı 1/2 olarak sabit tutulmuştur. Bu takviye malzemeleri;

A) Kırılmış demetler: TEKS sayısı 2400g/1000m, E tipi cam elyaf demetlerinin kesilmesi ile üretilmiştir. Cam elyaf sanayinin ürünüdür.

B) Cam dokuma: Cam fitillerinin bükümsüz hasır şeklinde meydana getirdiği dokuma tipi kullanılmıştır. Birbirine dik yönlü iki eksenlidir. Biaksiyel dokumadır. Cam sanayinin ürünüdür.

C) Cam keçe: E-Camı ile genel amaçlı el yatırması uygulamaları için geliştirilmiştir. İyi ağırlık dağılımı, çabuk ve kolay ıslanma, çok kolay işlenebilme özellikleri ile geniş kullanım alanına sahip cam sanayinin ürünüdür. Birim alan ağırlığı 300(+-%5)g/m²'dir. Özellikle sandviç yapıdaki kamyon kasası, düz laminant uygulamalar için geliştirilmiş keçedir. Cam sanayinin ürünüdür.

3.1.3 Kimyasallar

Sertleştirici: Polyester reçinenin polimerleşmesi, katalizör aracılığı ile zincirlerin ağ şeklinde birleşmesi ve reçinenin sıvı halden katı hale geçmesidir. Katalizör, doymamış polyester veya reaktif monomer zincirlerinin ağ şeklini almasını başlatır. Bunlar organik peroksitlerdir. Bu çalışmada sertleştirici olarak Poliya Polyester ve Yardımcı Maddeler Sanayi'den temin edilen MEK-PEROKSİT (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) kullanılmıştır. Firma, 23 °C de ortalama 10-11 dakikalık jelleşme süresi için genel amaçlı polyesterde %1, vinil ester reçinede %2

MEK-PEROKSİT kullanımını önermiştir. Metil etil keton peroksit renksiz, %50lik çözelti halinde bulunur. Ortam sıcaklığına ve istenilen jelleşme süresine bağlı olarak değişik oranlarda kullanılır.

Hızlandırıcı: Hızlandırıcı olarak, Poliya Polyester ve Yardımcı Maddeler Sanayi'den temin edilen kobalt (%1 lik) kullanılmıştır. Firma, 23 °C de ortalama 10-11 dakikalık jelleşme süresi için genel amaçlı polyester reçinede %1, vinil ester reçinede %6 oranlarında kobalt kullanımını önermiştir. Kobalt naftanat su yoğunluğunda, koyu mor, çözelti halinde bulunur. Ortam sıcaklığına ve istenilen jelleşme süresine bağlı olarak değişik oranlarda kullanılabilir.

Kalıp ayırıcı: Plastik matrisli kompozitlerde ürünün kalıptan kolaylıkla çıkarılmasını sağlamak için kullanılır. Kalıp yüzeyine sürülen kalıp ayırıcılar, kalıbı kompozit malzemedan izole eden bir film tabakası oluştururlar. Kalıp ayırıcı olarak Poliya Polyester ve Yardımcı Maddeler Sanayi'den temin edilen Poliya Polivaks kullanılmıştır.

Ayrıca kompozit numune hazırlama sırasında kullanılan tüm araç ve gerece bulaşan reçineleri temizlemek amacı ile teknik aseton kullanılmıştır.

3.1.4 Denemelerde kullanılan cihazlar

Tartım işlemleri elektronik tartıda yapılmıştır. Reçineler küçük plastik kaplarda ayrı ayrı tartılmıştır. Numunelerin hazırlanması 23x50cm ölçülerindeki cam plakalarda yapılmıştır. Oluşturulan kompozit katmanların cam plakalara yapışmasını önlemek için pamuk yardımı ile vaks sürülmüştür. Reçinelerin takviye elyaf ve dokumalara emdirilmesi rulo fırça ile sağlanmıştır. Kompozit numunelerden mekanik test numunelerinin kesilmesi elmas ile yapılmıştır. Numunelerin en ve boy ölçümleri elektronik kumpas ile yapılmıştır. Kür işlemleri 0-500 °C sıcaklık aralığında çalışan fırında, çekme-eğilme testleri; Shimadzu AGS10KNG markalı universal cihazı ile; 1mm/dak çekme hızında, darbe testleri; 0.5J ile 5.5J arasında darbe enerjisine sahip Ceast Resil 50 markalı cihaz ile oda sıcaklığında ve sertlik ölçümü; takviyeli-takviyesiz plastikler için barkol numarası cinsinden sertlik ölçen Barkol sertlik cihazı ile yapılmıştır. Numunelerin atmosferik şartlara uygunluğu; 5 °C/dak soğutmalı ve -20° C' ye kadar nem alma özelliklerine sahip iklimlendirme kabini (Climate Chamber) cihazı, dinamik mekanik analizleri; -150 °C ile 600 °C arasında üç nokta eğme prensibine göre gerilme- çekme testleri uygulayan Q800 marka test cihazı ile yapılmıştır.

3.2 Metod

Laboratuar şartlarında hazırlanan kompozit numuneler cam kalıpları üzerinde el yatırma tekniği ile üretilmiştir.

1- Cam kalıplar, üzerinde biriken toz ve kirlere temizlenmek amacıyla temiz ve kuru bez ile silinmiştir. Kalıp ayırıcı olarak, yumuşak bir bez ile vaks sürülüp, birkaç dakika bekletildikten sonra temiz bir bez ile parlatılmıştır.

2- Çalışmada soğuk sertleşme yöntemi seçilerek hızlandırıcı olarak kobalt naftalat, katılaştırıcı olarak metil etil keton peroksit çözeltisi kullanılmıştır (**ANONYMOUS-c, 2007**). Bu kimyasalların tartımları yapılarak reçine içine katılmıştır.

3- Hazırlanan bu reçinenin bir kısmı cam kalıplara sürülmüştür. Sürülen reçine üzerine önceden tartılmış cam elyaf kırpıntıları ve tartılıp kalıba göre kesilmiş dokumalardan istenileni takviye olarak yerleştirilip rulo yardımı ile alttaki reçine cam elyaf takviyesine emdirilmiştir. Reçinenin geriye kalan kısmı yine fırça darbeleri ile takviyeye emdirilmiştir. Emdirilme işleminde kalıbın orta kısmından başlayarak kenara doğru gelinmiştir. Bu şekilde hava kabarcıklarının daha kolay giderilmesi gerçekleştirilmiştir. Reçine-elyaf dağılımının homojen olmasına özen gösterilmiştir. Bu işlem her bir numune için tekrarlanmıştır.

4- İki ve dört tabakalı kompozit numune hazırlanmasında ilk tabaka uygulamasından sonra hava kalma olasılığını gidermek için yaklaşık yarım saat reçinenin ön sertliğe ulaşması beklenilmiştir. İkinci tabaka da aynı yöntemle yatırılmıştır.

5- Dört tabakalı kompozitlerde ardı ardına 3 kat uygulandıktan sonra 1 saat beklenilmiştir. Çünkü polimerizasyon reaksiyonu ekzotermik bir reaksiyondur ve fazla tabakalarda ısı çıkışı nedeni ile yapılan üründe çatlama ve yanma meydana gelebilir. Beklemeden sonra 4. tabakada aynı yöntemle yatırılmıştır.

6- Her çeşit numuneden ikişer adet hazırlanarak oda sıcaklığında polimerizasyonun tamamlanması beklenilmiştir.

Kür işlemleri; soğuk sertleşme ile üretilen cam takviyeli polyester ürünlerinde en iyi özellikleri elde etmek için sertleşme sonrası sıcak işleme tabi tutulmasıdır. (ANONYMOUS-a, 2008).

7- Hazırlanan numunelerin birer adetlerine 50, 80 ve 110 °C de birer saat aynı anda ısıl işlem (kür) uygulanmıştır. Kür sıcaklıkları, Poliya Polyester ve Yardımcı Maddeler Sanayi tarafından önerilmiştir.

Kompozit numunelerin kalıptan zarar görmeden çıkarabileceği en erken süre kalıp çıkarma süresi olarak adlandırılır. Kalıptan çıkarma süresi DIN 16945 ile tanımlanan sertleşme süresinden daha uzundur (ANONYMOUS-a, 2008). Çalışmada laboratuvar koşullarında hazırlanan numunelerinin kalıptan çıkarma süresi 15 gün olarak belirlenmiştir.

8- Kalıptan çıkarılarak mekanik testleri yapılmıştır.

Laboratuvar şartlarında hazırlanan kompozit numune grupları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.5. Laboratuvar Koşullarında Hazırlanan Numunelerin Kodları

Grup	Kompozit malzeme
A	Ortoftalik Reçine Ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz
B	Ortoftalik Reçine Ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü
C	Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz
D	Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli, 2 Tabakalı Kürlü
E	Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz
F	Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü
G	Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz
H	Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü
I	Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürsüz
J	Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürlü
K	Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz
L	Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş 2 Tabakalı Kürlü
M	Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş 4 Tabakalı Kürsüz
N	Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş 4 Tabakalı Kürlü
O	Vinil Ester Reçine Cam Keçe 4 Tabakalı Kürsüz
P	Vinil Ester Reçine Cam Keçe 4 Tabakalı Kürlü

3.2.1 Çekme testi

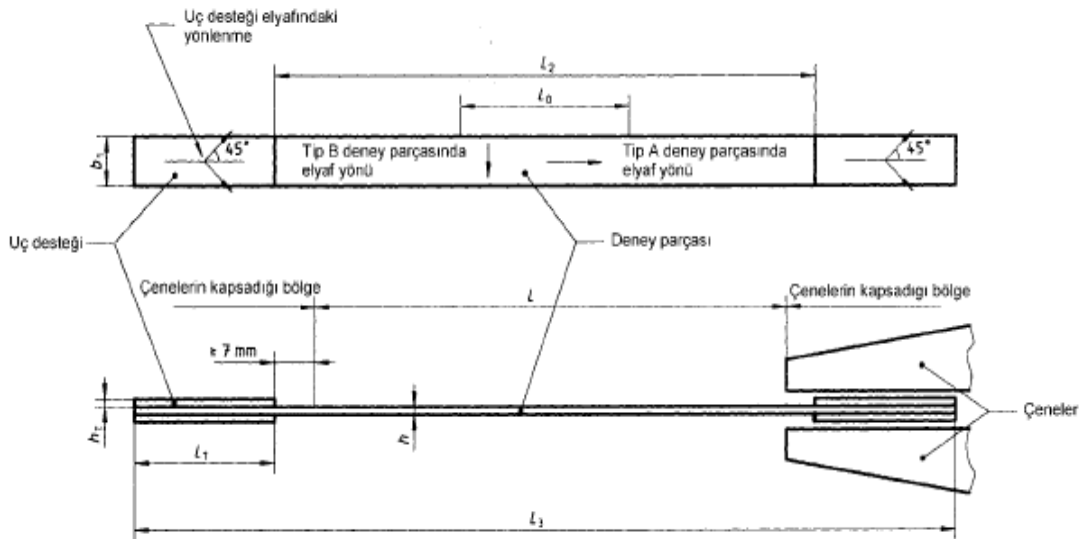
Laboratuvar koşullarında oluşturulan kompozit malzemelerin çekme dayanımları çekme deneyleri ile belirlenmiştir. Hazırlanan numuneler (ANONYMOUS-a, 1993) Shimadzu AGS10KNG markalı üniversal cihazı ile,1mm/dak çekme hızında test edilmiştir. ±0.1%

hassasiyetli çekme makinesinin deney parçalarını tutucu çeneleri kendiliğinden sıkışma özelliğine sahiptir. Deney parçalarının kalınlığına göre değiştirilebilmektedir. Makine deney grafiklerini çizebilme ve deney sonuçlarını rapor şeklinde sunabilme düzeneğine sahiptir. Çekme makinesi şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Shimadzu AGS10KNG Cihazı (ANONYMOUS-b, 2008)

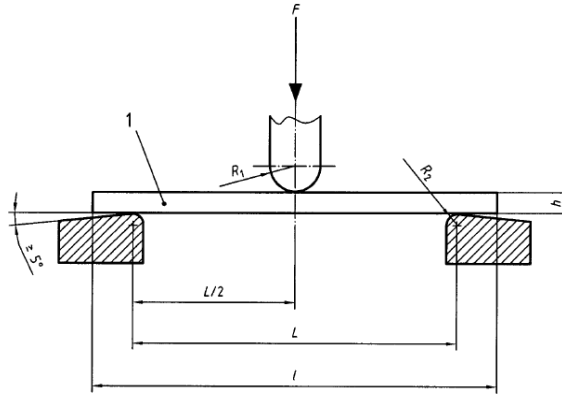
Hesaplamalar çekme cihazını kontrol eden bilgisayar üzerinde çalışan yazılım tarafından yapılmıştır. Aynı yazılım üzerinde elastik modülü, max yük, çekme dayanımı, max yükteki uzama, kopma yükü, kopmadaki uzama verilmektedir. Her bir kompozit malzeme grubu için yapılmış olan deneylerden elde edilen sonuçların ortalaması alınarak, çekme dayanımı belirlenmiştir. Şekil 3.2’de deneylerde kullanılan standart çekme numunesi görülmektedir.



Şekil 3.2. Standart Çekme Numunesi (ANONYMOUS-a, 1993)

3.2.2 Eğilme testi

Hazırlanan numunelere (ANONYMOUS-b, 1993) eğilme testi, çekme testinin yapıldığı shimadzu AGS 10 KNG serisi cihazında aparat değişikliği yapılarak yapılmıştır. Cihazın destekleri arasındaki mesafe ve çalışma değerleri numunelerin en ve kalınlık ölçülerine göre yapılmıştır. Hesaplamalar cihazı kontrol eden bilgisayar üzerinde çalışan yazılım tarafından yapılmıştır. Aynı yazılım üzerinde elastiklik modülü, max yük, eğilme dayanımı, max yükteki uzama, kopma yükü, kopmadaki uzama verilmiştir. Şekil 3.3' de numunenin teste başlandığı anda cihaz üzerindeki konumu verilmiştir.



Şekil 3.3. Eğilme Testinin Başladığı Anda Numunenin Cihaz Üzerindeki Konumu (ANONYMOUS-b, 1993)

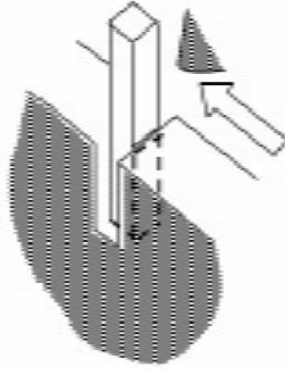
3.2.3 Darbe testi

Hazırlanan numunelere (ANONYMOUS-c, 1993) 5.5j' luk çekiç ile darbe testi uygulanmıştır. Testlerin gerçekleştiği ortam oda sıcaklığındadır. Deneyler CEAST RESİL 50 serisi darbe cihazında 3.460 m/s sabit darbe hızlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). Darbe cihazını kontrol eden bilgisayara numunelerin en ve kalınlık ölçüleri verilerek çalışma koşulları yüklenmiştir. Hesaplamalar darbe cihazını kontrol eden bilgisayara bağlı yazılım tarafından yapılmıştır. Bu yazılımda absorblanan enerji joule olarak görülmektedir.



Şekil 3.4. Ceast Resil 50 Cihazı (ANONYMOUS-b, 2008)

Şekil 3.5’te darbe testine başlandığı anda numunenin cihaz üzerindeki konumu gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Darbe Testi (Ün 2007)

3.2.4 Barkol sertliğinin ölçülmesi

Ölçümde Barkol sertlik aparatı kullanılmıştır (ANONYMOUS-d, 1993). Plastik, polyester ve yumuşak metallerin sertlik testi için basit, taşınabilir bir ayardır. Aparata basınç uygulandığında iğne kompozit deney numunelerinin içine batar ve aparatın üzerindeki göstergeden sertlik değeri okunur. Şekil 3.6’da aparat ve sertlik ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Barkol Sertlik Ölçüm Cihazı (ANONYMOUS-c, 2008)

3.2.5 Atmosferik şartlara dayanımın ölçülmesi

Atmosferik şartlara uygunluk traktör kaporta malzemeleri için en önemli tasarım kriterlerindedir. Nem, sıcaklık ve ısı değişikliklerinin kompozit malzeme üzerine etkileri iklimlendirme kabinlerinde test edilmiştir. Bu test için, laboratuarda her iki reçine içinde cam keçe ile takviyelendirilmiş 4 tabakalı kompozit laboratuvar numuneleri oluşturulmuştur. Cam keçenin takviye olarak kullanılmasının nedeni kullandığımız elle yatırma tekniğine en uygun takviye malzemesi olmasındandır. Numuneler, uygulamada kullanılan traktör kaporta malzeme kalınlığına uygun olması için 4 tabaka olarak hazırlanmıştır.

Numuneler için iklim şartları;

- 10 °C 3 saat çalışma
- 10 °C ve %18 nem ile 3 saat çalışma
- 4 saatte 40 °C ye ısıtma
- 40 °C 3 saat çalışma
- 40 °C ve %80 nem ile 3 saat çalışma
- 4 saatte -10 °C soğutma

olarak belirlendi. Bu döngüde ASTM D 5096'daki standart iklimlendirme döngüsü ve traktörün çalıştığı atmosfer koşulları dikkate alınmıştır.

Bu iklimlendirme döngüsü 6 gün tekrarlandıktan sonra numunelere çekme, darbe ve eğilme testleri yapılmıştır. Deney, Star Teknik Angelantoni grubu iklimlendirme kabininde gerçekleştirilmiştir. Kabin, sıcaklık ve nem kontrollü olarak üretilmiştir. Yüksek çevresel performansa sahiptir. Nemlendirme sistemi saf su ile sağlanır. Çift buhar jeneratörü ile numune üzerindeki yoğuşma engellenir. Renkli ekrana sahip kontrol paneli bulunmaktadır. İklimlendirme kabininin şekli Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. İklimlendirme Kabini (ANONYMOUS-d, 2007)

3.2.6 HDT ve T_g değerlerinin tespiti

Bu çalışmada amacımız; laboratuvar koşullarında oluşturulan kompozit numelerin deformasyona uğramadan kullanılabilecekleri sıcaklıkları tespit etmektir. Matris olarak kullanılan plastik esaslı reçine HDT ve T_g değerlerinin belirleyicisi olduğundan, ortoftalik ve vinil ester reçineler için yalnızca keçe takviye malzemesi kullanılmıştır. Keçe takviyenin el yatırma tekniğinde kullanımı kolaydır.

Öncelikle ortoftalik esaslı ve bisfenol-A vinilester reçineler cam keçe ile takviyelen dirilerek 4 tabaka olarak hazırlanmıştır. Malzemeler oda sıcaklığında sertleştirilmiş ve bir grup kürsüz, diğer grupsa kür işlemine tabi tutularak Q800 TA Dynamic Mechanical Analyzer cihazında test edilmişlerdir (ANONYMOUS-a, 2003).



Şekil 3.8. Dinamik Mekanik Özellik Test Cihazı Q800 (ANONYMOUS-b, 2008)

HDT, basınç altındaki malzemede deformasyonun (bozulmanın) başladığı sıcaklıktır. Kür işlemi uygulanmamış ve kür işlemi uygulanmış plakalardan parçalar kesilmiş (ANONYMOUS-a, 2003) ve değerler hesaplanmıştır.

HDT testinde test edilecek parçalara ön yük uygulaması gerekmektedir. Bu yük için kullanılacak sabit basınç ise kullanılacak metoda bağlı olarak değişmektedir. Deneyde P:1,8MPa olarak kullanılmıştır.

Son olarak da malzemenin esneyeceği (displacement) maksimum nokta aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (ANONYMOUS-a, 2003).

F: Malzemenin esneyeceği maksimum nokta (mm)

$F : (2/3).P.(T^2.W/L)$ (ANONYMOUS-a, 2003).

P: 1,8MPa

T: Kalınlık

W: Genişlik

L : Uzunluk (50mm sabit)

Bu hesaplamalar, test sonuçları ile birlikte Çizelge 4.55'de gösterilmiştir. T_g ile tanımlanan camsı geçiş sıcaklığı değerinin tespiti için hazırlanan numuneler ile test gerçekleştirilmiştir. Cihazın sıcaklık aralığı 30 °C den 120 °C ye kadar dakikada 2 °C artacak şekilde ayarlanmıştır (ANONYMOUS-b, 2003).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Araştırma sonuçları; laboratuvar şartlarında hazırlanan ortoftalik ve vinil ester matrisler için kırpık elyaf, keçe ve 90⁰ dokuma takviye malzemeleri kullanılarak oluşturulan kompozit malzemelere toplam 4 tekerrürlü olacak şekilde mekanik testlerden çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı testleri ile atmosferik şartlara dayanım ve termodinamik testler uygulanmıştır. Elde edilen deney sonuçları çizelge ve şekil formatında gösterilmiştir.

Deney sonuçlarına istatistikî yöntemlerden Anova testi uygulanarak traktör kaporta aksamı için en uygun olan matris ve takviye malzeme çeşidi tespit edilmeye çalışılmıştır.

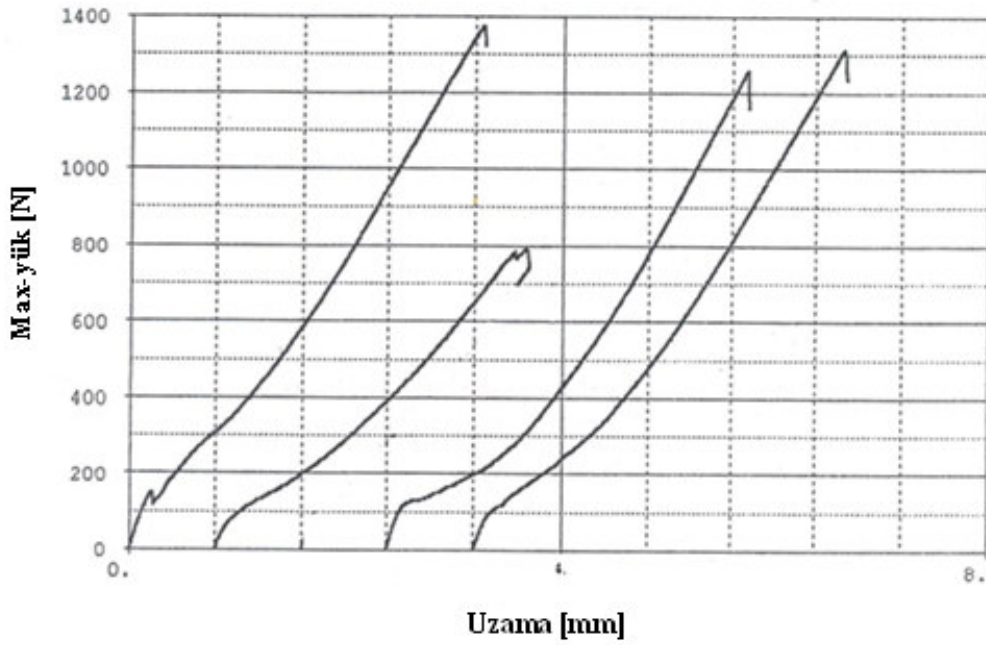
4.1 Çekme Deneyi Sonuçları

Çalışmada çekme deneylerinden elde edilen elastik modülü, maksimum yük, çekme dayanımı, maksimum uzama, kopma yükü ve kopmadaki uzama değerleri Çizelge 4.1-4.18 ve Şekil 4.1-4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1'de ortoftalik reçine ve kırpık elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit malzemeye ait çekme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanımı 61.34722 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numunenin çekme deneyi grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Grafikte çift akma noktası görülmüştür. Bu durum malzemenin plastik şekil değiştirmesi sırasında küçük atomların yada kırpılmış elyafların kümeleşerek kaymaya engel olması, akma noktasını yükseltmesi nedeniyle gerçekleşmiştir. Numunede bazı noktalarda bir bölge diğer bölgelerden daha fazla şekil değiştirdiği ve kesit alanda büyük bir bölgesel daralma olduğu için şekil değiştirmeler üniform olmamıştır.

Çizelge 4.1. Ortoftalik Reçine Ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	2025.89	140.211	65.1658	2.84522	140.211	2.85044	10.5500	2.00000
2	1923.85	138.342	64.2006	2.48783	78.0082	2.50522	10.5500	2.40000
3	1872.43	133.342	58.4447	1.94652	59.1435	3.00087	10.7000	2.40000
4	1783.91	128.229	57.5778	2.91478	123.6402	2.91739	10.4000	2.10000
Ortalama	1901.52	135.031	61.34722	2.548588	100.2507	2.81848	10.5500	2.225

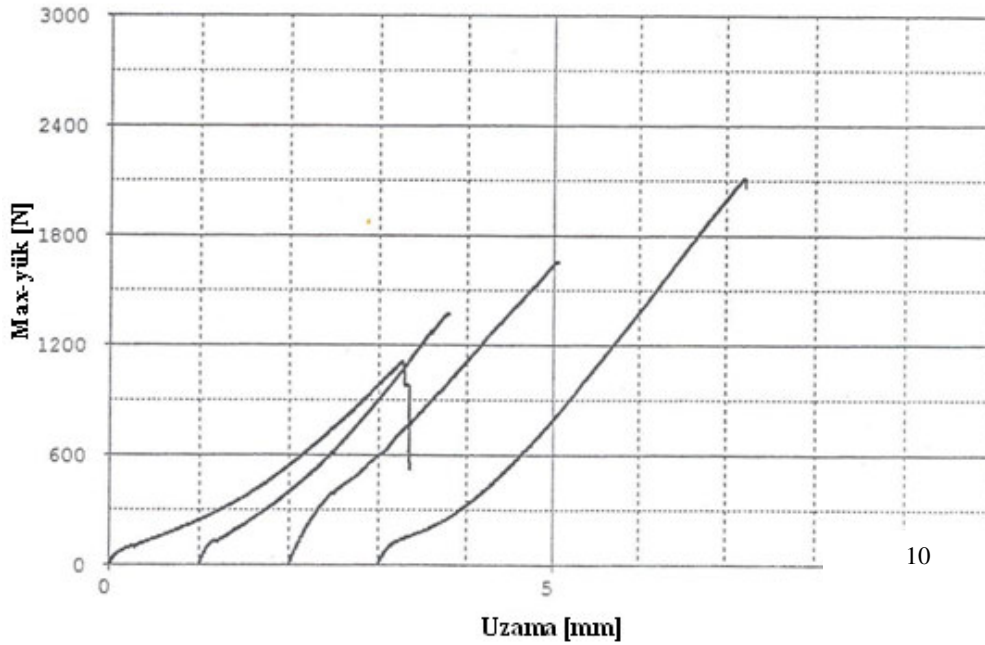


Şekil 4-1. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.2’de ortoftalik reçine ve kırılmış elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit malzemeye ait çekme deneyi değerleri verilmiştir. Çekme dayanımlarında kürsüze oranla artış gözlenmiştir. Ortalama çekme dayanım değeri 68.7014 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numunenin çekme deneyi grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Ortoftalik Reçine ve Kırılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanım [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	1904.49	172.933	70.2495	2.84826	154.044	2.91304	11.6000	2.550
2	1873.72	169.446	65.7992	2.41513	139.191	2.42957	11.0000	2.400
3	1734.92	165.508	62.4315	2.64696	168.253	2.65043	10.3800	1.900
4	2067.89	214.905	76.3255	3.65870	211.846	3.66696	10.6200	2.600
Ortalama	1895.25	180.698	68.7014	2.89326	168.333	2.91500	10.9000	2.362

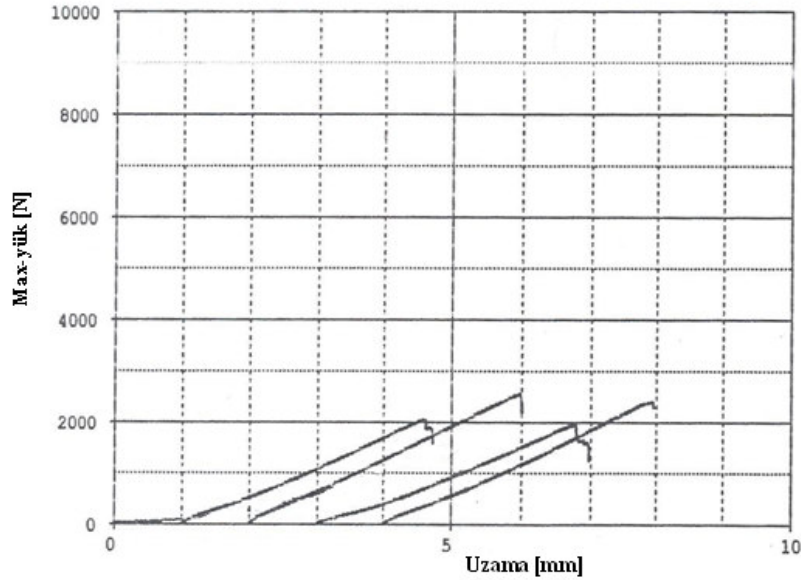


Şekil 4.2. Ortoftalik Reçine ve Kırılmış Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Malzemeye Ait Çekme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.3'te ortoftalik reçine ve 90° dokunmuş cam takviyeli 2 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Dokunmuş cam elyaf takviyede ortalama çekme dayanımı değeri 137.172 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numunenin çekme grafiği Şekil 4.3'te gösterilmektedir. Numuneler kırpık elyaf takviyeye göre uniform oranda şekil değiştirmiştir.

Çizelge 4.3. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanım [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	3645.92	209.296	127.881	3.14696	174.371	3.23826	10.7000	1.50000
2	4027.76	258.498	154.290	3.45609	240.908	3.47739	10.6000	1.55000
3	3172.11	196.805	112.733	3.24957	144.799	3.45217	10.7000	1.60000
4	4065.40	243.457	153.784	3.41304	236.064	3.43565	10.3500	1.50000
Ortalama	3727.798	227.014	137.172	3.316415	199.0355	3.400868	10.5875	1.5375

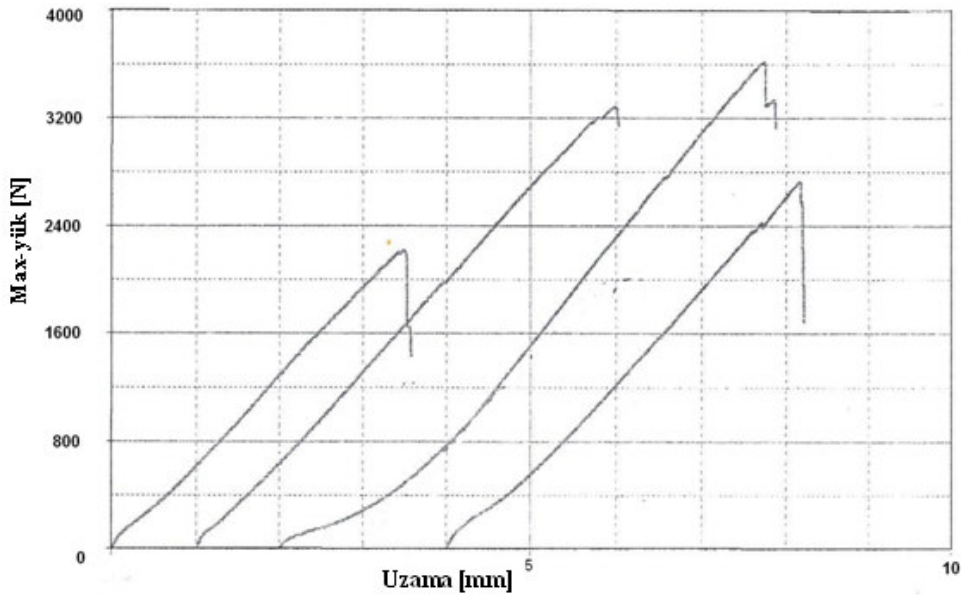


Şekil 4.3. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.4'te ortoftalik reçine ve 90° dokunmuş cam takviyeli 2 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Kür işleminin çekme dayanımını arttırdığı görülmüş ortalama çekme dayanımı 166.5083 MPa'a yükselmiştir. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	3892.45	225.867	122.884	3.03000	147.603	3.11043	10.3000	1.7
2	410955	334.721	190.543	4.34913	324.524	4.37304	10.7000	1.6
3	4046,99	369.137	184.364	4.13043	321.210	4.23913	11.9000	1.6
4	3916.61	277.617	168.242	3.61957	192.726	3.66000	9.30000	1.7
Ortalama	3991.4	301.8355	166.5083	3.782283	246.5158	3.84565	10.55	1.65

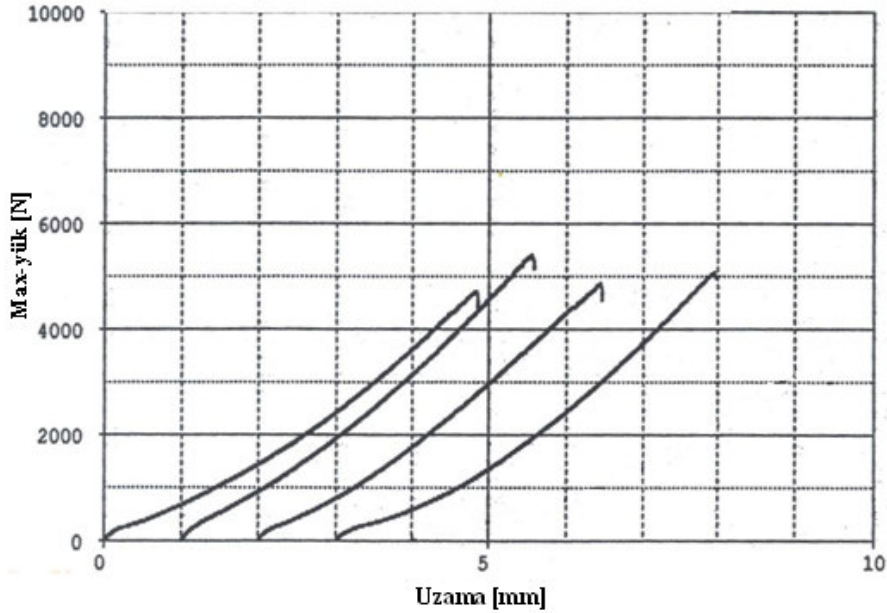


Şekil 4.4. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.5'te ortoftalik reçine ve 90° dokunmuş cam takviyeli 4 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Diğer numunelere oranla çok daha fazla bir dayanım sergilemiştir. Ortalama çekme dayanımı 184.2915 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.5'te gösterilmiştir. İyi bir lif matris ara yüzeyi olduğundan numunelerde eşit gerilme-şekil değiştirme görülmüştür.

Çizelge 4.5. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [kgf]
1	2325.15	480.796	155.919	4.21304	466.775	4.22000	10.8000	2.80000
2	3447.47	550.391	203.679	3.96130	534.586	3.98522	10.6000	2.50000
3	3205.84	494.052	188.155	3.86609	476.972	3.88261	10.3000	2.50000
4	2319.93	517.251	189.413	4.31304	507.308	4.32870	10.3000	2.60000
Ortalama	2824.598	510.6225	184.2915	4.088368	496.4103	4.104133	10.5000	2.60000

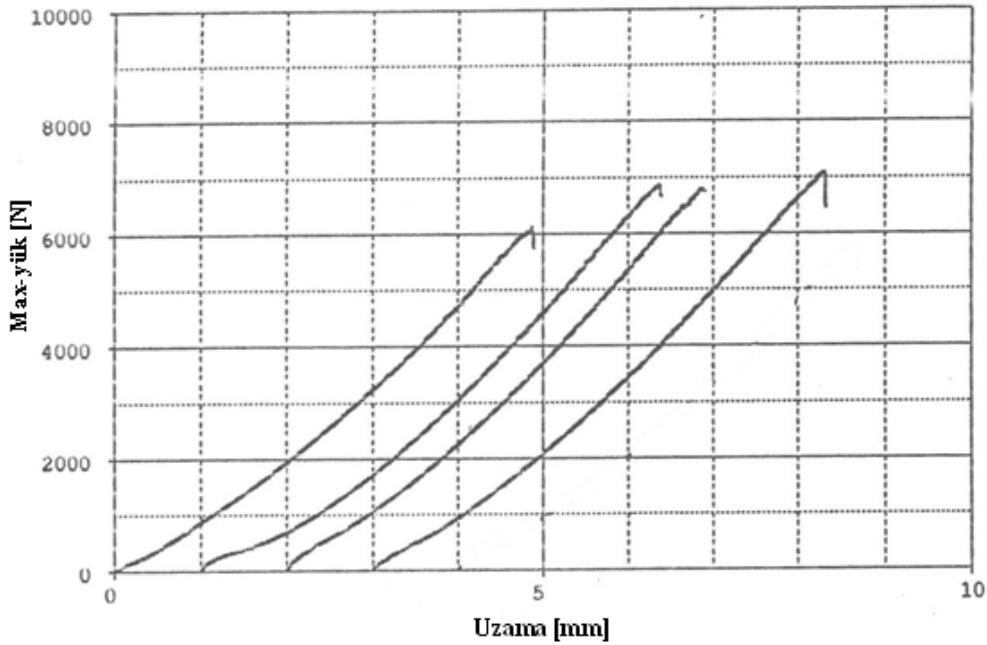


Şekil 4.5. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.6’da ortoftalik reçine ve 90° dokunmuş cam takviyeli 4 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanım değeri 213.1383 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	2632.21	621.772	152.437	4.24174	591.690	4.24696	10.0000	4.00000
2	4193.86	691.877	271.834	4.22783	688.818	4.26174	9.60000	2.60000
3	3275.86	722.723	236.447	4.61870	673.522	4.62609	10.9000	2.75000
4	3045.43	580.983	191.835	4.02565	551.156	4.04174	10.8000	2.75000
Ortalama	3286.84	654.3388	213.1383	4.27848	626.2965	4.294133	10.325	3.02500

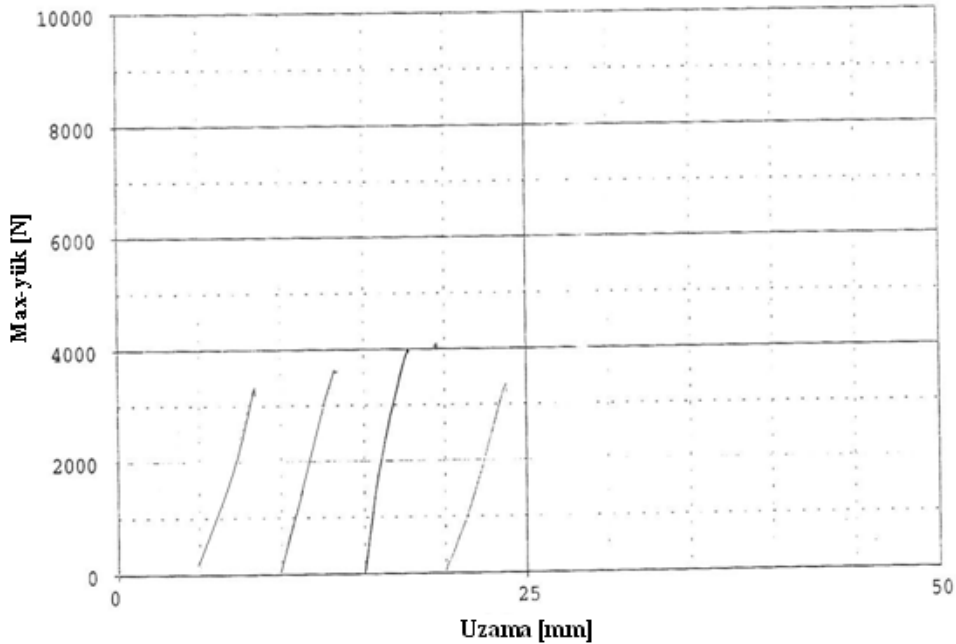


Şekil 4.6. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.7’de ortoftalik reçine cam keçe takviyeli 4 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. 4 tabakalı olmasına rağmen 90^0 dokuma cam elyaf takviye oranla çekme dayanımı daha düşüktür. Ortalama çekme dayanımı 86.04875 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	2083.85	341.859	81.6090	2.99435	338.035	3.01565	10.4000	3.95000
2	2877.66	369.137	85.3371	2.86522	365.823	2.89130	10.1000	4.20000
3	5718.39	408.396	93.0443	2.37870	404.062	2.40696	10.2000	4.22000
4	2019.85	344.919	84.2046	3.28870	342.624	3.30000	10.3000	3.90000
Ortalama	3174.938	366.0778	86.04875	2.881743	362.636	2.903478	10.25	4.06750

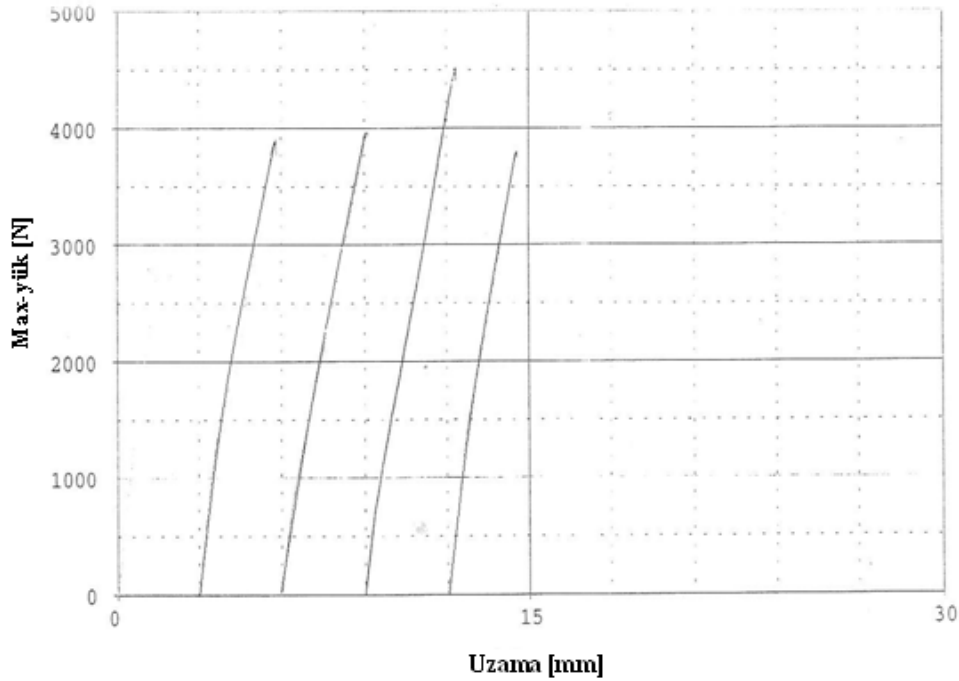


Şekil 4.7. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.8’de ortoftalik reçine cam keçe takviyeli 4 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Çekme dayanım değeri kür işlemi ile artmıştır. Ortalama çekme dayanım değeri 89.86758 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanım [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	5318.10	450.204	95.3497	2.32217	448.165	2.32870	10.6200	4.36000
2	5549.65	398.709	88.4407	2.46043	389.021	2.47130	10.1400	4.36000
3	4370.07	404.572	90.7593	2.69087	401.513	2.72783	9.65000	4.53000
4	5331.91	388.257	84.9206	2.22261	383.923	2.23826	10.1900	4.40000
Ortalama	5142.433	410.4355	89.86758	2.42402	405.6555	2.441523	10.15	4.41250

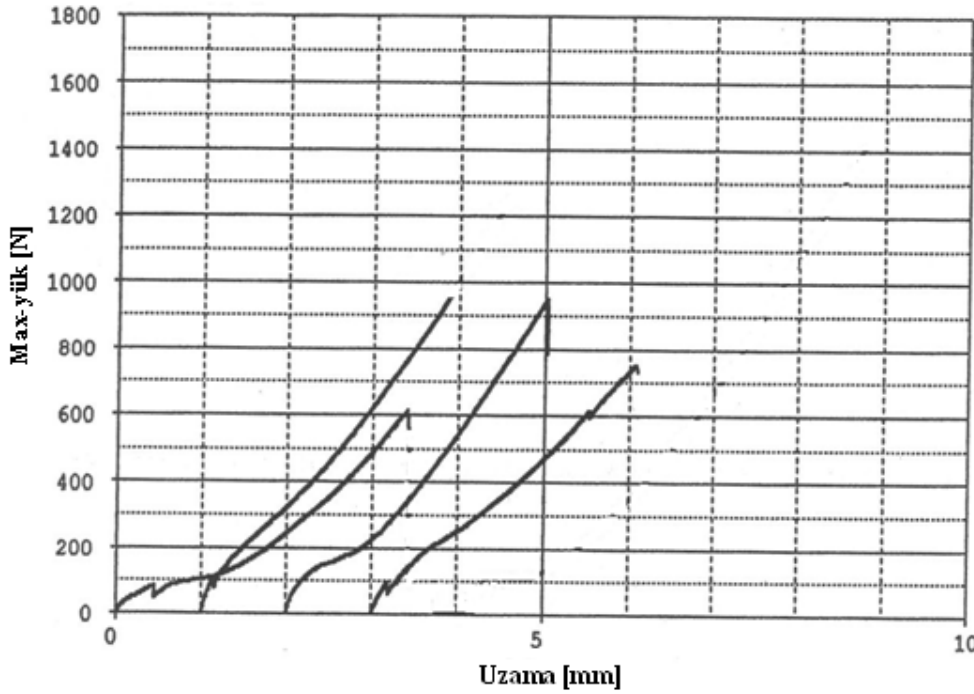


Şekil 4.8. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.9’da vinil ester reçine kırpık cam elyaf takviye kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri gösterilmiştir. Aynı takviyenin, ortoftalik reçineye göre çekme dayanımı değeri artmıştır. Ortalama çekme dayanımı 77.90488 MPa olarak bulunmuştur. Numunenin çekme grafiği şekil 4.9’da gösterilmiştir. Kırpık elyafların kümeleşerek kaymaya engel olası nedeniyle numunelerde homojen gerilme-şekil değiştirme grafiği oluşmamıştır.

Çizelge 4.9. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	1680.41	62.2026	68.7518	2.96174	100.1630	2.68140	10.8800	1.95000
2	1586.13	96.6181	77.4937	2.62478	96.6181	2.62870	10.5000	1.90000
3	1672.26	76.4787	84.0136	2.66913	75.7139	2.68696	10.5000	2.10000
4	1736.45	93.270	81.3604	4.13130	112.760	2.68696	10.6500	2.15000
Ortalama	1668.81	82.14235	77.90488	3.096738	96.31375	2.671005	10.6325	2.02500

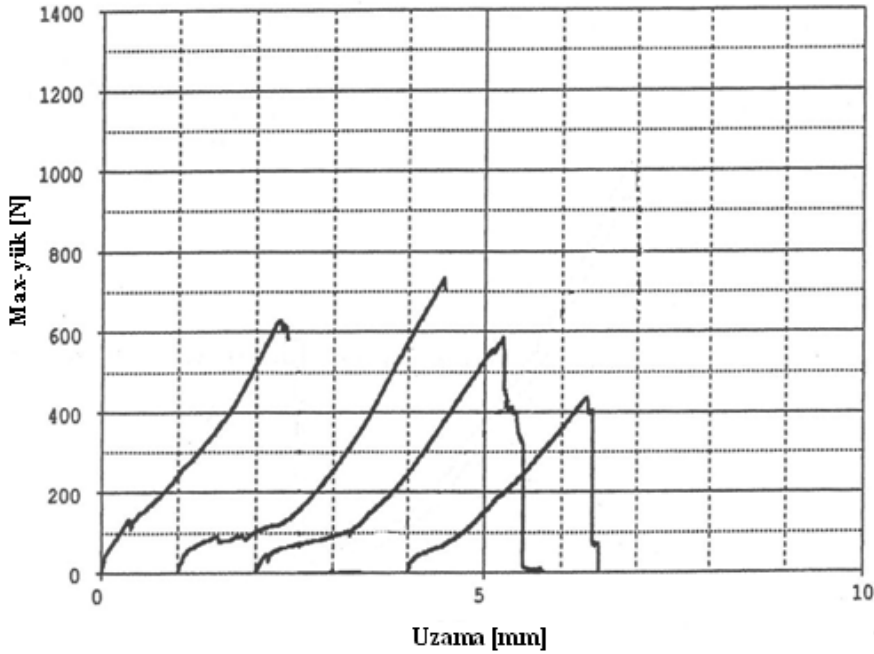


Şekil 4-9. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.10'da vinil ester reçine kırpık cam elyaf takviye kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Kür işlemi aynı numunenin çekme dayanımını arttırmıştır. Ortalama çekme dayanımı değeri 88.7146 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Kür işlemi kırpık elyafın kümeleşerek kaymasına engel olamamıştır. Çift akma noktaları görülmüştür.

Çizelge 4.10. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	1680.41	63.9871	85.7626	2.00217	69.8810	2.99410	10.5900	2.30000
2	1421.38	74.6942	86.4391	3.01391	71.8899	3.02609	10.5800	1.90000
3	1520.19	59.3984	92.2537	2.81609	68.4411	2.89124	10.4800	1.90000
4	1316.25	44.3576	90.4033	2.02391	70.2215	3.10201	10.4000	2.05000
Ortalama	1540.66	60.6093	88.7146	2.46402	70.10838	3.00336	10.5125	2.0375

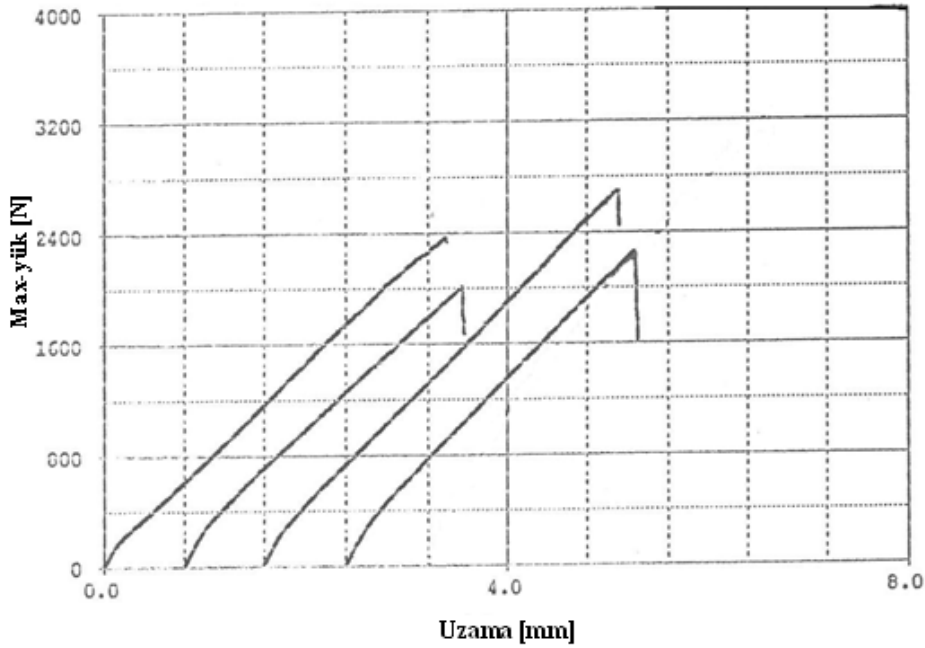


Şekil 4-10. Vinil Ester Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviye Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.11’de vinil ester reçine 90° dokunmuş cam takviyeli 2 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanım değeri 160.174 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Dokuma cam elyaf takviye ile iyi bir lif matris ara yüzeyi olduğundan gerilme-şekil değiştirme homojen olmuştur.

Çizelge 4.11. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	5346.72	240.908	164.267	2.93348	240.908	2.93478	10.2000	1.41000
2	5833.44	203.688	140.293	2.38348	172.841	2.39913	10.1700	1.40000
3	6092.83	273.283	183.075	3.04826	261.812	3.06000	11.0900	1.32000
4	6420.72	229.436	153.061	2.49739	167.998	2.52609	10.5000	1.40000
Ortalama	5923.428	236.8288	160.174	2.715653	210.8898	2.73	10.4900	1.38250

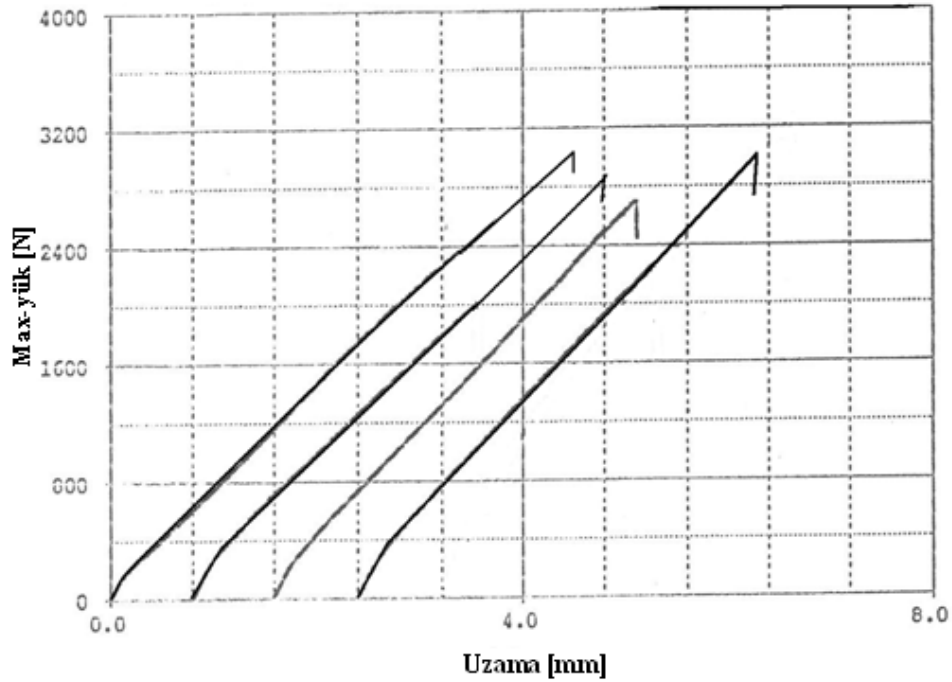


Şekil 4-11. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.12’de vinil ester reçine 90° dokunmuş cam takviyeli 2 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanım değeri 207.1023 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Kür işlemi çekme dayanımını daha da arttırmıştır.

Çizelge 4.12. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	4510.41	294.021	201.531	3.061	296.11	3.211	10.2000	1.41000
2	5016.21	319.018	210.445	3.910	305.02	3.921	10.1700	1.40000
3	4727.13	311.143	207.213	3.771	301.41	3.763	11.0900	1.32000
4	4814.74	317.421	209.220	3.820	302.18	3.819	10.5000	1.40000
Ortalama	4767.123	310.4008	207.1023	3.6405	301.18	3.6785	10.4900	1.38250

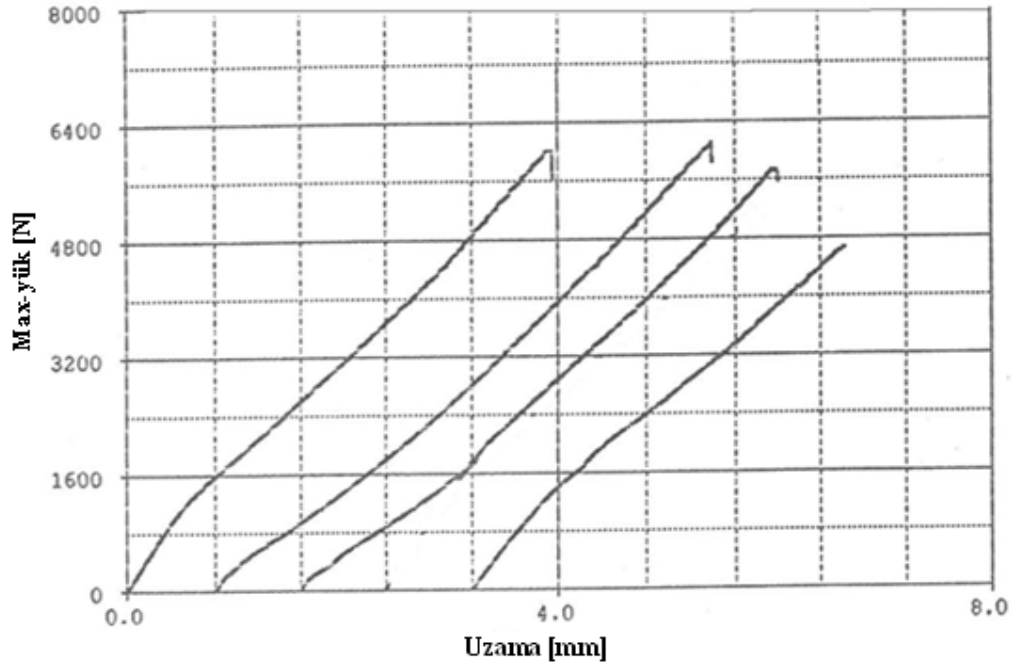


Şekil 4.12. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.13’de vinil ester reçine 90° dokunmuş cam takviyeli 4 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortoftalik reçine ve diğer takviye çeşitlerine oranla maksimum çekme dayanımı oluşmuştur. Ortalama çekme dayanım değeri 261.545 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	12802.2	612.339	288.059	3.41304	592.200	3.43478	10.3200	2.02000
2	5361.30	621.517	280.423	3.99043	613.359	3.99130	10.3500	2.10000
3	12128.8	583.787	258.406	3.11957	574.100	3.12783	10.5500	2.10000
4	9850.87	474.423	219.292	2.97870	474.423	2.98000	10.2000	2.08000
Ortalama	10035.79	573.0165	261.545	3.375435	563.5205	3.383478	10.3550	2.07500

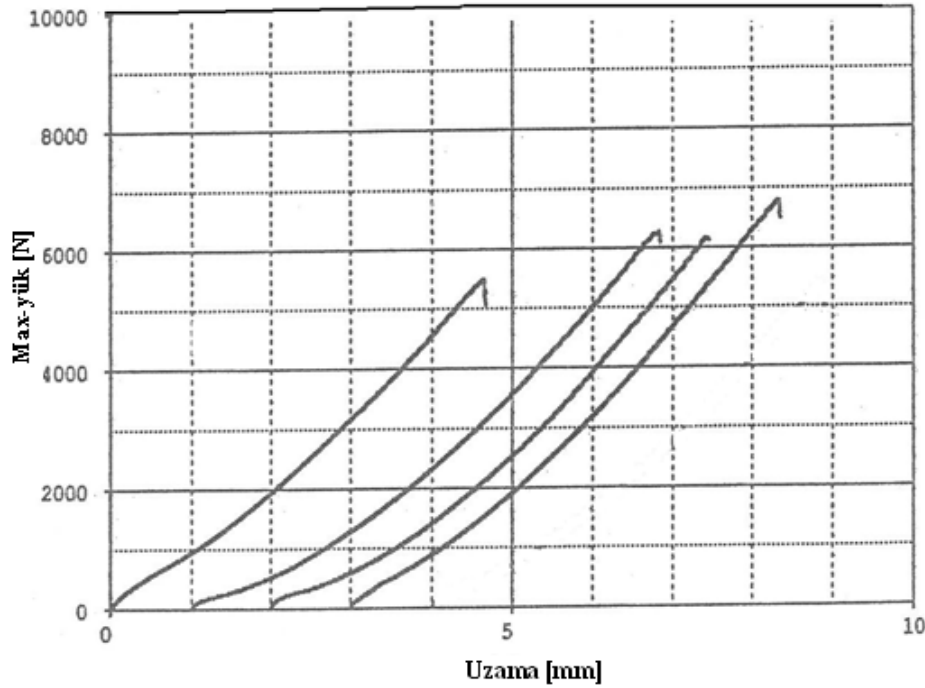


Şekil 4.13. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.14'te vinil ester reçine 90° dokunmuş cam takviyeli 4 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Kür işlemi ile çekme dayanımı artmıştır. Ortalama çekme dayanımı 283.355 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	3876.54	636.557	285.828	5.06870	624.576	5.07739	10.4000	2.10000
2	2958.79	627.380	281.707	4.72435	624.576	4.73739	10.4000	2.10000
3	4550.48	689.838	333.251	4.63217	670.973	4.64609	10.1500	2.00000
4	3356.19	542.998	232.634	4.22043	505.269	4.25217	10.5000	2.18000
Ortalama	3685.5	624.1933	283.355	4.661413	606.3485	4.67826	10.3625	2.09500

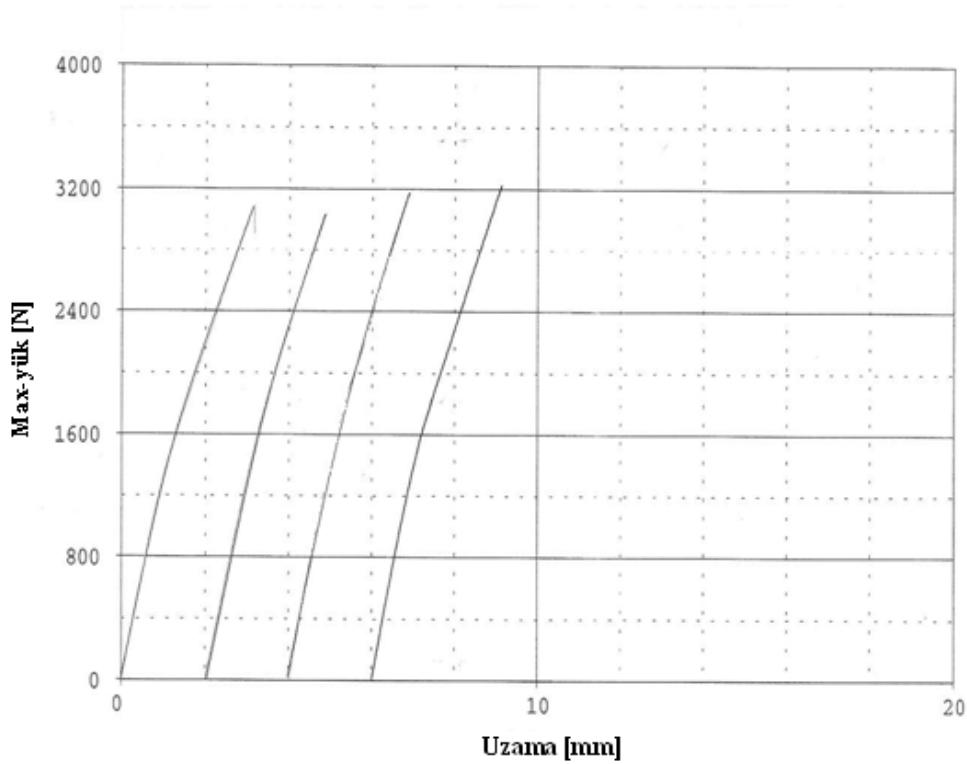


Şekil 4.14. Vinil Ester Reçine 90° Dokunmuş Cam Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.15'te vinil ester reçine cam keçe takviyeli 4 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanımı değeri 120.312 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	5939.07	315.092	115.941	2.74304	315.092	2.74435	10.3300	2.58000
2	6026.06	309.738	121.054	2.48304	309.738	2.48435	9.4000	2.55000
3	6000.00	323.505	120.598	2.52826	323.250	2.53130	10.4500	2.77000
4	6347.31	328.603	123.655	2.72087	328.603	2.72000	10.260	2.54000
Ortalama	6078.11	319.2345	120.312	2.618803	319.1708	2.62000	10.110	2.61000

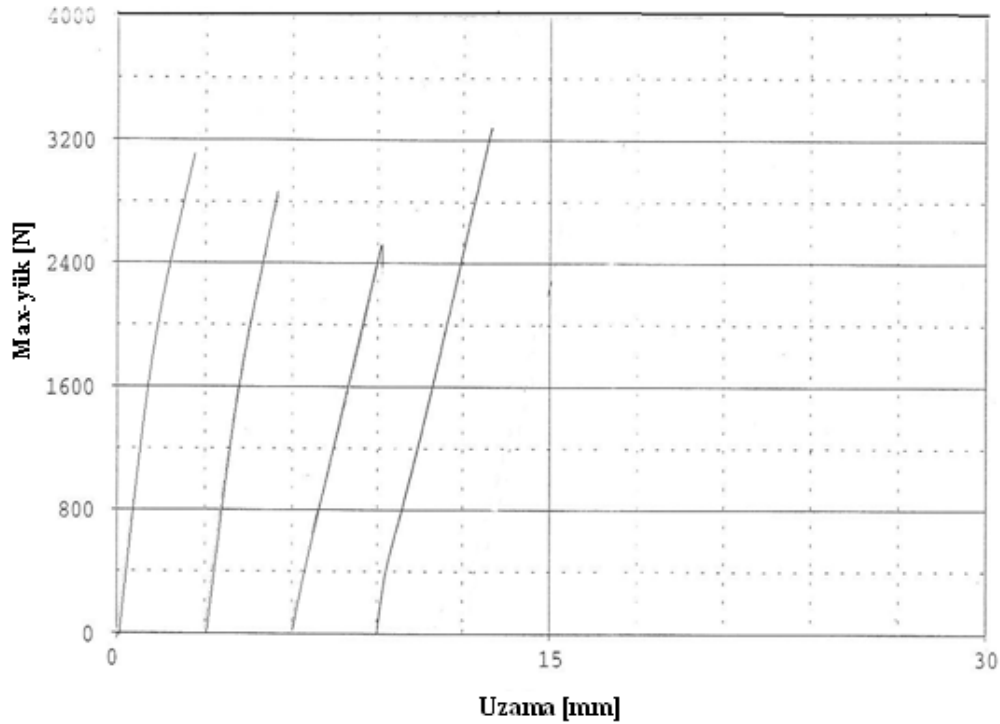


Şekil 4.15. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.16'da vinil ester reçine cam keçe takviyeli 4 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanımı değeri 119.7663 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	6845.07	357.155	138.795	2.66522	357.155	2.66261	10.3000	2.45000
2	6594.51	289.344	109.134	2.17652	288.579	2.18348	10.4000	2.50000
3	5353.08	258.243	103.720	2.75696	258.243	2.75826	10.3900	2.35000
4	5371.09	334.466	127.416	3.46478	333.447	3.46783	10.3800	2.48000
Ortalama	6040.938	309.802	119.7663	2.76587	309.356	2.768045	10.3675	2.44500

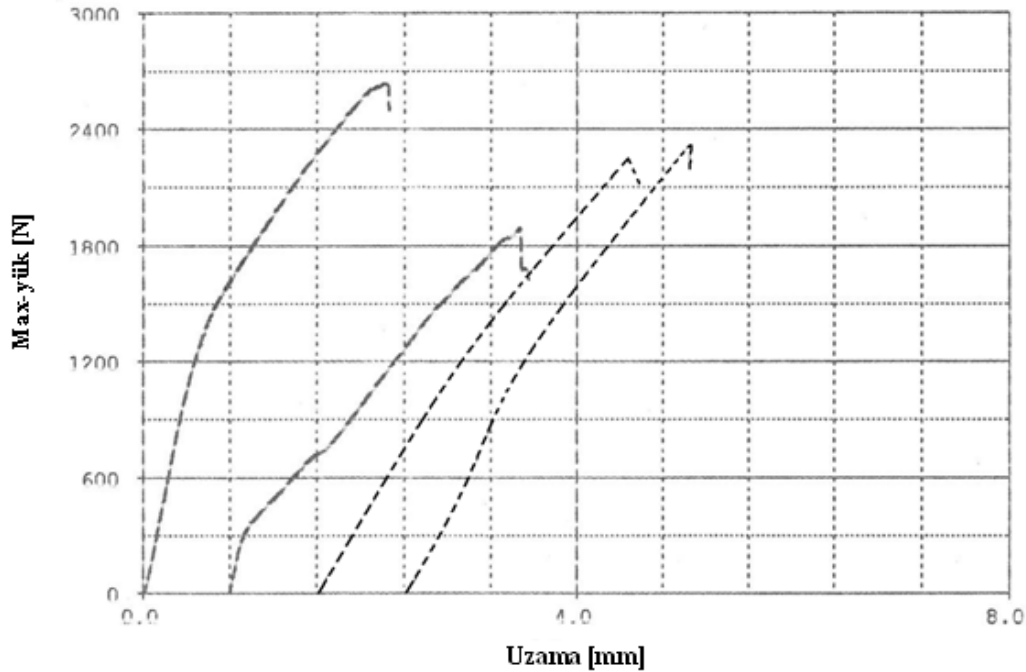


Şekil 4.16. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.17’de A firmasında üretilen traktör parçalarına ait çekme değerleri verilmiştir. Ortalama çekme dayanımı değeri 44.2478 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait çekme grafiği Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Kalınlıkları fazla olmasına rağmen çekme dayanımı değerleri laboratuvar koşullarında oluşturulan kompozit numunelere oranla düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.17. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Çekme Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	6350.49	268.440	52.0765	1.93652	260.027	1.96435	10.3800	4.87000
2	1341.52	192.216	36.4190	2.31957	166.978	2.38783	10.2900	5.03000
3	3745.01	228.819	40.8971	2.07130	199.157	2.01723	10.1360	4.7301
4	3950.00	231.700	46.7102	2.21415	225.807	2.11042	10.2901	4.9200
Ortalama	3846.005	230.328	44.2478	2.12805	213.003	2.17609	10.3350	4.95000

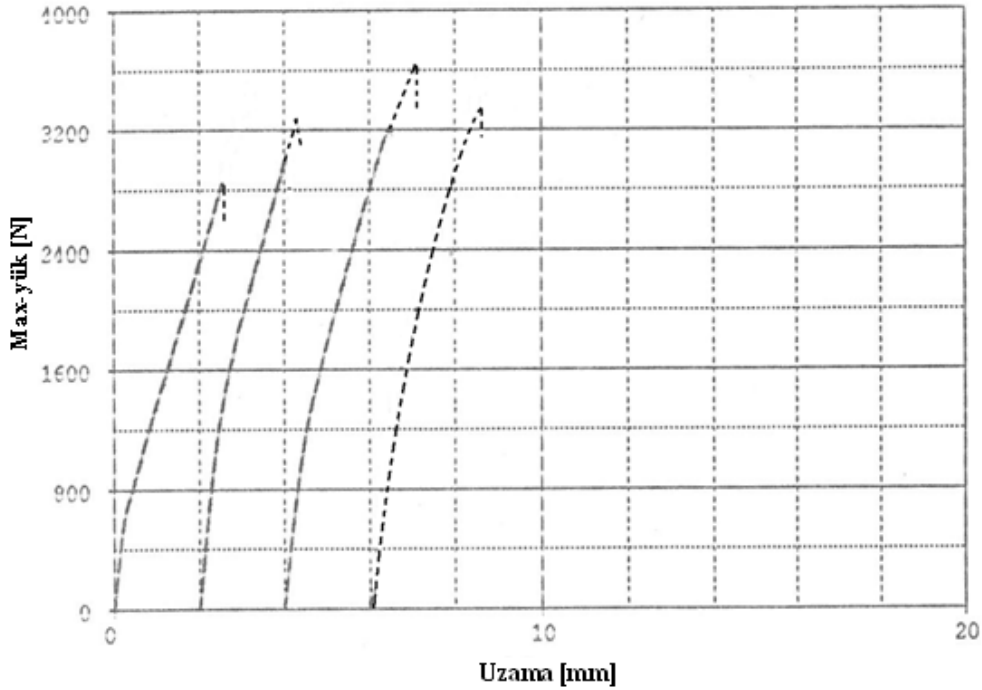


Şekil 4.17. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Çekme Grafiği

Çizelge 4.18’de B firmasından alınan numunelere ait değerler verilmiştir. Aynı numuneye ait grafik şekil 4.18’de gösterilmiştir. Ortalama çekme dayanımı değeri 75.7105 MPa olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.18. B Firmasından Alınan Numunelere Ait Değerler

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [Kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [Kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
1	7433.58	308.974	70.4621	1.81217	284.755	1.84261	10.1900	4.22000
2	6408.08	327.838	76.1848	2.18132	323.390	2.19478	10.0000	4.22000
3	7545.70	361.234	80.4846	2.32087	356.390	2.33043	10.4300	4.22000
4	7119.32	333.100	74.9890	1.99872	322.002	2.12055	10.1354	4.2200
Ortalama	7129.12	332.682	75.7105	2.10478	321.5117	2.122607	10.20667	4.2200



Şekil 4.18. B Firmasından Alınan Numunelere Ait Grafik

Çizelge 4.19. Çekme Deneyi Toplu Sonuçları

Kompozit grubu	Elastik modülü [MPa]	Max-Yük [kgf]	Çekme dayanımı [MPa]	Max-yükteki uzama [%]	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama [%]	Numune boyu [mm]	Kalınlık [mm]
A	1901.52	135.031	61.347	2.54858	100.250	2.81848	10.55	2.225
B	1895.25	180.698	68.7014	2.89326	168.333	2.91500	10.90	2.362
C	4065.47	243.457	153.784	3.41304	236.064	3.43565	10.35	1.500
D	3991.40	301.835	166.508	3.78228	246.515	3.84565	10,55	1.650
E	2824.59	510.622	184.291	4.08836	496.410	4.10413	10,50	2.600
F	3286.84	654.338	213.138	4.27848	626.296	4.29413	10.325	3.025
G	3174.93	366.077	86.048	2.88174	362.636	2.90347	10,25	4.067
H	5142.43	410.435	89.867	2.42402	405.655	2.44152	10.15	4.412
I	1668.81	82.142	77.904	3.09673	96.313	2.67100	10.63	2.025
J	1540.66	60.609	88.7146	2.46402	70.108	3.00336	10.51	2.037
K	5923.42	236.828	160.174	2.715653	210.889	2.73000	10.49	1.382
L	4767.12	310.400	207.102	3.64050	301.180	3.67850	10.49	1.38250
M	10035.79	573.016	261.545	3.37543	563.520	3.38347	10.35	2.075
N	3685.50	624.193	283.355	4.66141	606.348	4.67826	10.36	2.09500
O	6078.11	319.234	120.312	2.61880	319.1708	2.62000	10.11	2.61000
P	6040.93	309.802	119.766	2.76587	309.356	2.768045	10.36	2.44500

4.2 Çekme Deneyleri Sırasındaki Numune Örnekleri



Şekil 4.19. Vinil Ester Matrisli Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri



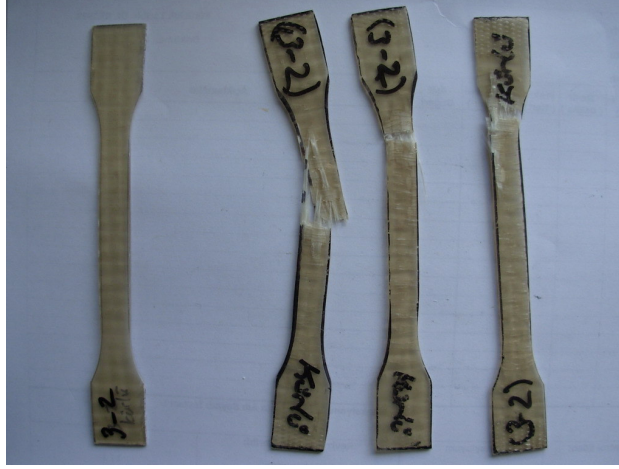
Şekil 4.20. Vinil Ester Matrisli Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.21. Ortoftalik Matrisli 90^0 Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.22. A ve B Firmalarına Ait Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.23. Vinil Ester matrisli 90^0 Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 2 Tabakalı Kompozit Numunenin Çekme Deneyi Sonrası Örnekleri

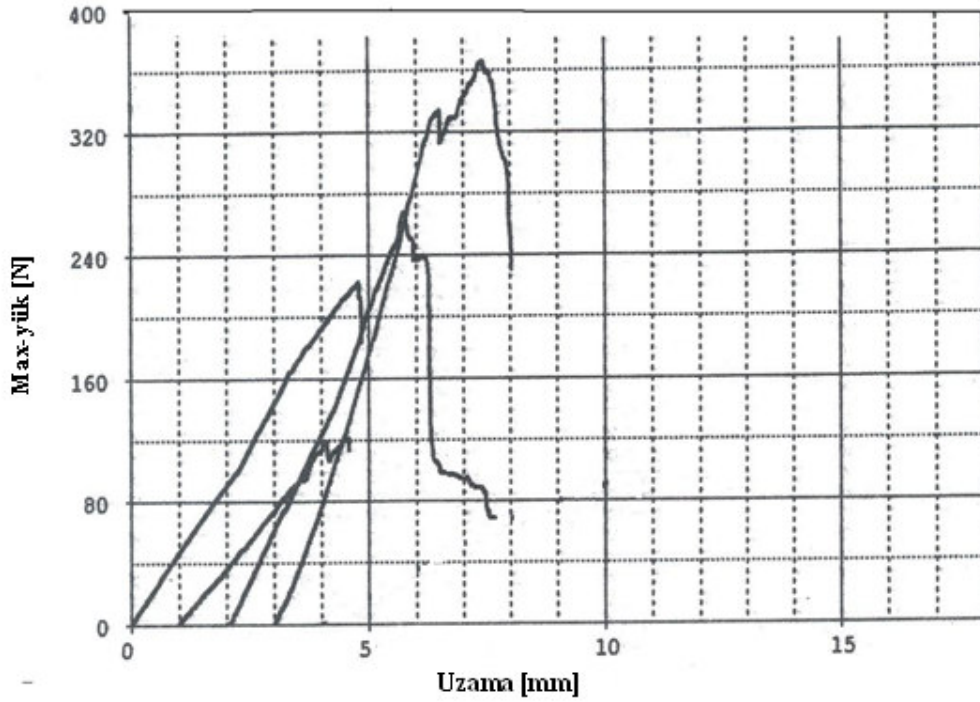
4.3 Eğilme Deneyi Sonuçları

Eğilme deneylerinden elde edilen elastik modülü, max yük, eğilme dayanımı, max yükteki uzama, kopma yükü ve kopmadaki uzama değerleri Çizelge 4.20-4.36'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.20'de ortoftalik reçine ve kırık cam elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 195.335 MPa olarak bulunmuştur. Eğilme dayanım değerleri incelendiğinde minimum 94.7919 MPa ve maksimum 286.183 MPa arasında değiştiği saptanmıştır. Bu değişim kırık cam elyaf takviyenin reçine ile iyi bir ara yüzey oluşturmamasından kaynaklanmıştır. Bunda elle yatırma yönteminin de etkili olduğu görülmüştür. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	4677.63	22.6122	199.137	4.16784	19.5530	4.21524	10.0000	2.68000
2	3087.66	12.3513	94.7919	3.34590	12.2875	3.35955	9.8000	2.90000
3	5150.16	27.2901	201.228	3.54587	20.4481	4.3843	10.2000	2.90000
4	7122.35	37.2451	286.183	4.01374	23.7466	4.57025	10.5000	2.80000
Ortalama	5009.45	24.8746	195.335	3.76833	19.0088	4.132335	10.1250	2.82000

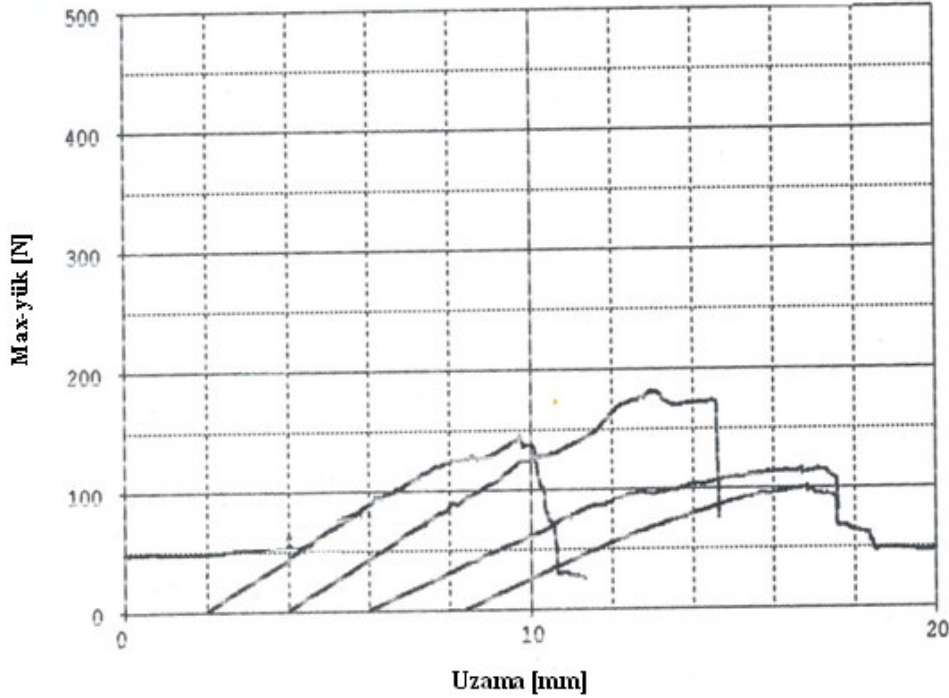


Şekil 4.24. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.21’de ortoftalik reçine ve kırpık cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 178.817 MPa olarak bulunmuştur. Kür işlemi eğilme dayanımını arttırmıştır. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.25’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan, Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	4218.82	14.7221	165.789	4.63950	7.54929	5.60220	10.4500	2.50000
2	4886.85	18.5206	238.879	5.16758	8.14498	6.13440	9.90000	2.40000
3	4367.57	11.7777	172.093	5.85895	9.22843	6.10843	10.4000	2.20000
4	3426.99	10.608	138.507	4.86698	7.35470	5.56472	10.3000	2.30000
Ortalama	4491.08	13.9071	178.817	5.13325	8.06935	5.852438	10.2625	2.35000

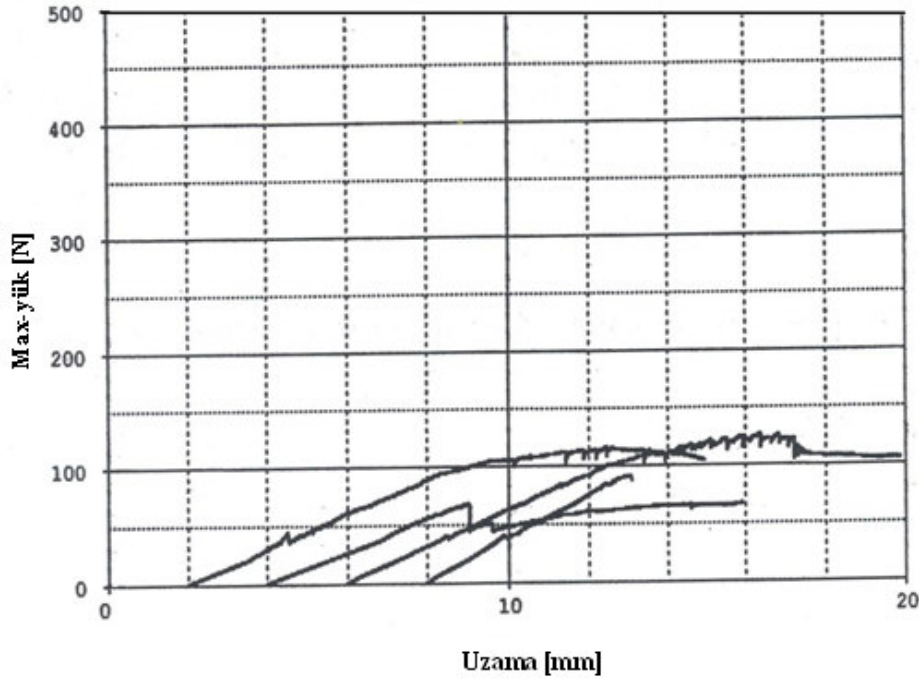


Şekil 4.25. Ortoftalik Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.22’de ortoftalik reçine ve 2 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri gösterilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 258.2225 MPa olarak bulunmuştur. Numuneye ait kopma yükü ve kopmadaki uzama değerleri ölçülememiştir. Bu durum numunede ani kopma veya kırılma olmamasıyla açıklanabilir. Kopma yerine sünme olmaktadır. Şekil 4.26’da bu durum görülmektedir.

Çizelge 4.22. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	8415.43	11.7267	276.652	0.34902	-----	-----	10.1800	1.75000
2	8490.32	11.7777	277.855	4.39089	-----	-----	10.1800	1.75000
3	8070.55	12.8229	282.609	4.48092	-----	-----	10.3000	1.80000
4	8685.44	9.29216	195.774	2.24464	-----	-----	10.2000	1.86000
Ortalama	8415.437	11.4048	258.2225	2.86636	-----	-----	10.215	1.79000

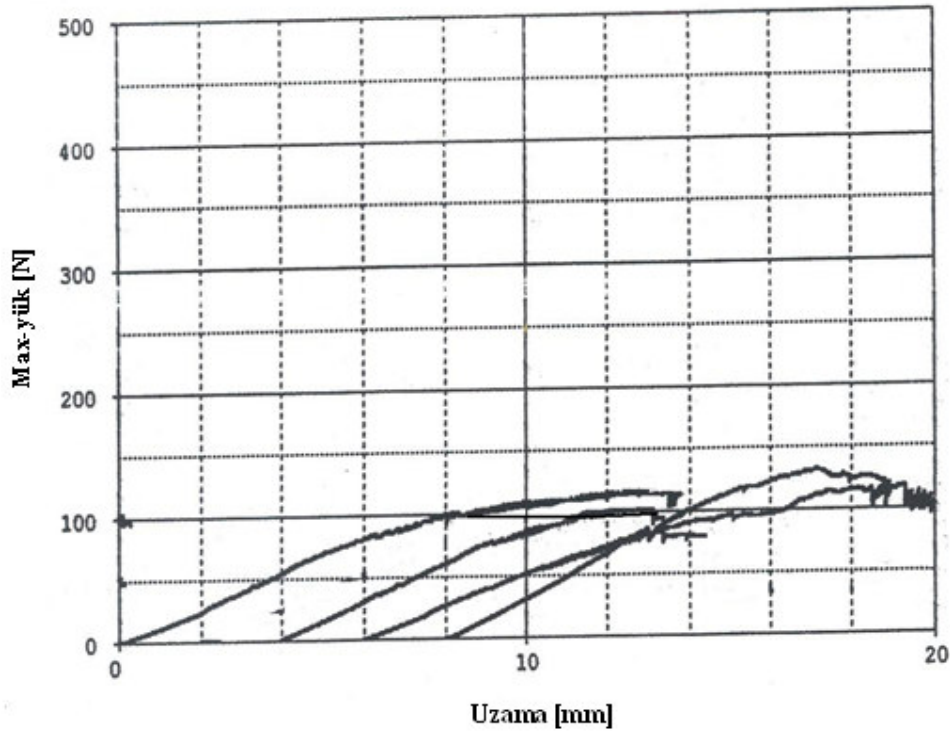


Şekil 4.26. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.23'te ortoftalik reçine ve 2 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri gösterilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 323.5113 MPa olarak bulunmuştur. Numuneye ait kopma yükü ve kopmadaki uzama değerleri ölçülememiştir. Kopma yerine sünme olmaktadır. Şekil 4.27'de bu durum görülmektedir.

Çizelge 4.23. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	11446.6	11.6120	329.126	5.02795	-----	-----	10.8000	1.55000
2	10362.4	12.3385	347.541	4.21594	-----	-----	10.2000	1.60000
3	11069.4	11.2041	315.587	3.48365	-----	-----	10.2000	1.60000
4	9692.90	13.3837	301.791	3.92418	-----	-----	10.1800	1.79000
Ortalama	10642.83	12.1345	323.5113	4.16293			10.345	1.63500

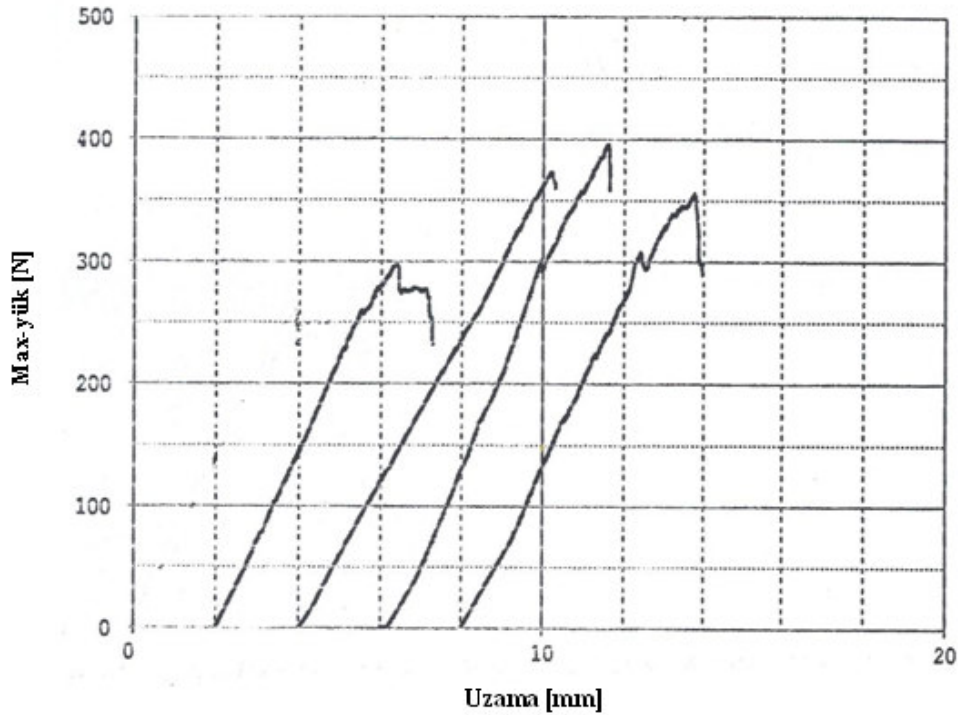


Şekil 4.27. Ortoftalik Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.24'te ortoftalik reçine ve 4 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 379.5478 MPa olarak bulunmuştur. Bu numune 4 tabakalı dokuma cam elyaf takviyeli olduğundan kalınlık ve sertliği artmış rijitliği de artmıştır. Bu nedenle sünme yerine kopma gerçekleşmiştir. Şekil 4.28'de de eğilme deneyi grafiğinde bu durum görülmektedir.

Çizelge 4.24. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	11288.5	30.2855	302.530	2.84407	23.7211	3.40848	10.1000	2.70000
2	10380.0	37.9207	385.593	3.93811	36.8499	4.00807	10.3000	2.65000
3	13247.1	40.2533	453.301	3.35460	37.7295	3.38580	10.4500	2.50000
4	9865.2	36.1871	376.767	3.60298	29.8294	3.72466	10.4500	2.60000
Ortalama	11195.2	36.1616	379.5478	3.43494	32.0324	3.631753	10.3250	2.61250

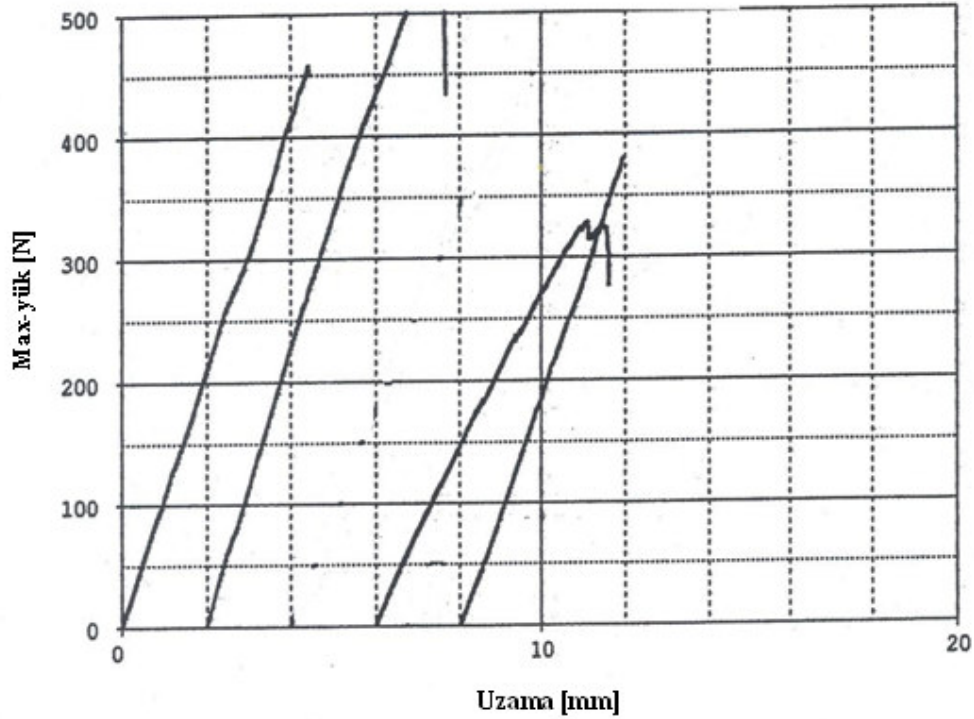


Şekil 4.28. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.25'te ortoftalik reçine ve 4 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 318.2343 MPa olarak bulunmuştur. Kür işleminin ortoftalik reçinede eğilme dayanımını azalttığı saptanmıştır. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	11182.20	46.6647	352.564	3.29890	46.6647	3.29890	10.1300	3.10000
2	9815.51	56.6452	381.476	4.17966	45.7342	4.31513	10.8000	3.18000
3	7801.202	33.4212	248.338	3.79663	29.1383	4.17682	10.3000	3.10000
4	9081.27	38.7237	290.559	2.94475	38.7237	2.94401	10.2000	3.10000
Ortalama	9470.046	43.8637	318.2343	3.55498	40.0652	3.68371	10.3575	3.12000

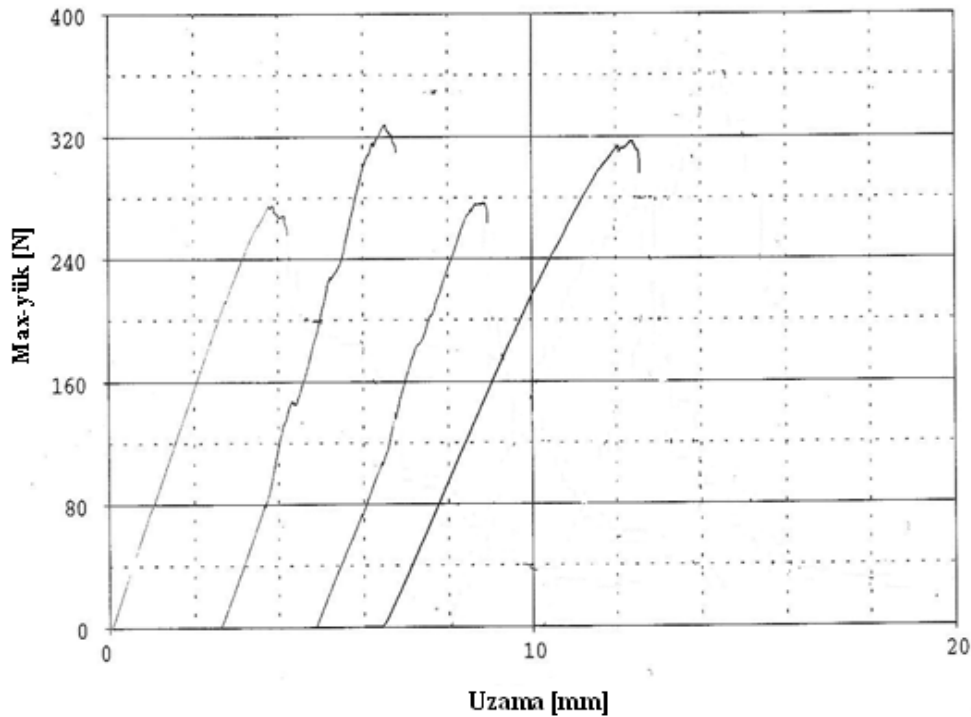


Şekil 4.29. Ortoftalik Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.26'da ortoftalik reçine ve cam keçe takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 176.275 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	7036.81	28.0549	145.649	2.86527	2.54929	7.68920	10.2800	4.20000
2	7451.19	33.4594	189.779	2.68276	3.18024	6.82651	10.2200	4.03000
3	7762.78	32.2995	215.851	3.47851	2.56204	6.51400	10.1800	3.72000
4	6988.47	29.0619	153.821	2.97947	2.54929	6.61473	10.1800	4.18000
Ortalama	7309.813	30.7189	176.275	3.00150	2.71021	6.91111	10.2150	4.03250

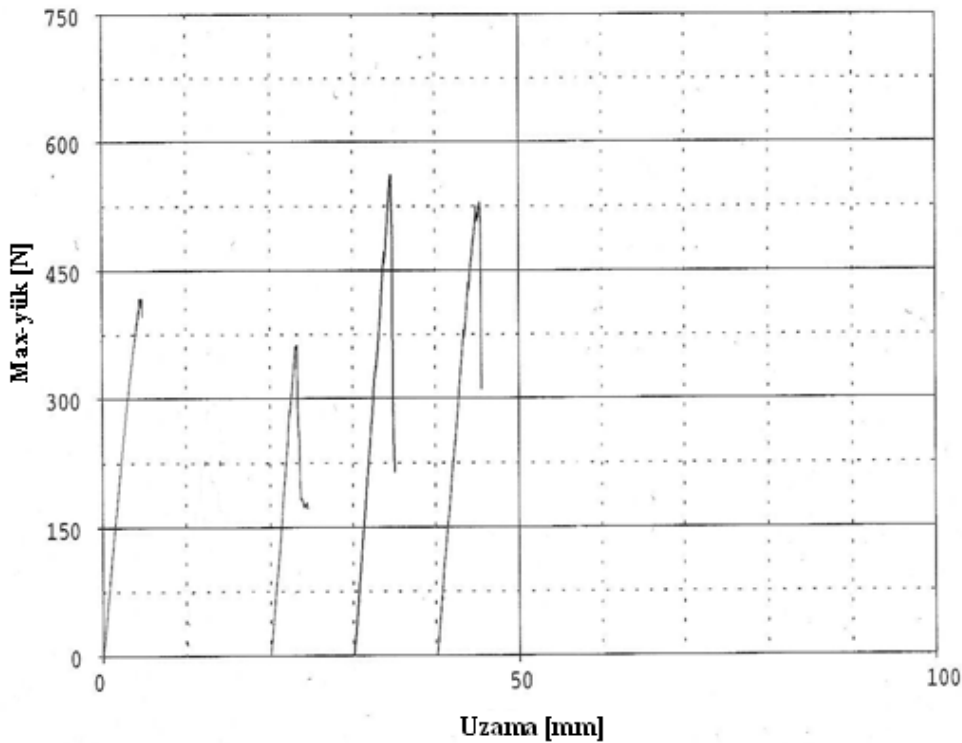


Şekil 4.30. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.27’de ortoftalik reçine ve cam keçe takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 198.2818 MPa olarak bulunmuştur. Numunede ani kopma veya kırılma oluşmadığından kopma yükü ve kopmadaki %uzama değerleri ölçülmemiştir. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	6399.27	43.0320	177.517	3.17516	-----	-----	10.6000	4.64000
2	7066.31	46.9774	159.404	3.22839	-----	-----	10.1000	4.65000
3	7320.56	57.2060	229.256	3.24090	-----	-----	10.5000	4.73000
4	7412.07	54.0704	226.950	3.62385	-----	-----	10.6000	4.60000
Ortalama	7049.553	50.3214	198.2818	3.31707			10.4500	4.65500

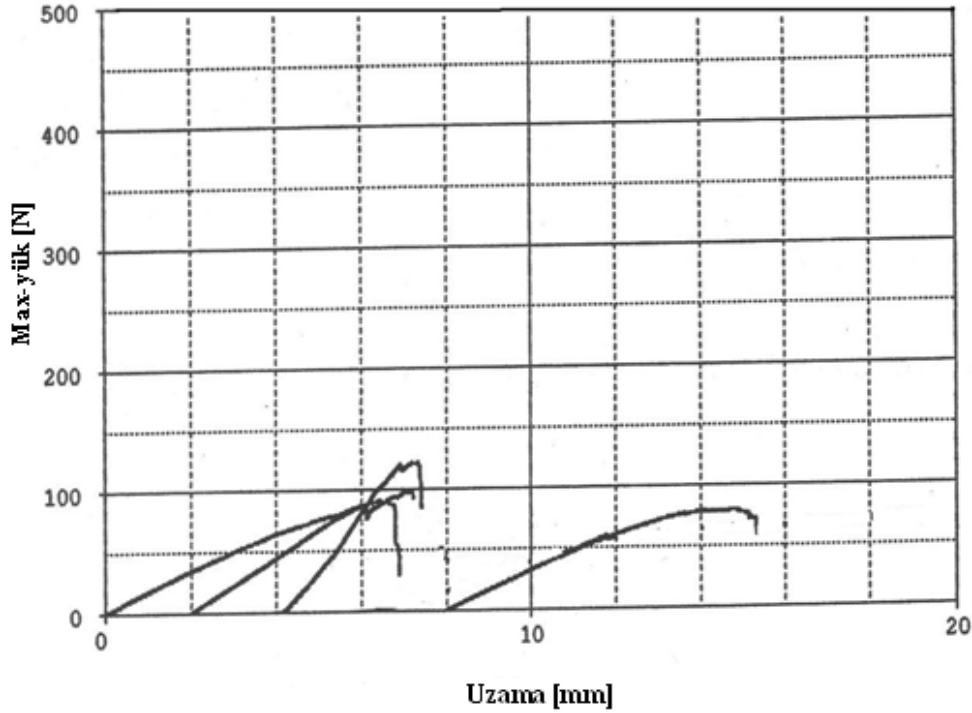


Şekil 4.31. Ortoftalik Reçine ve Cam Keçe Takviyeden Oluşan, Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.28’de vinil ester reçine ve kırpık cam elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 174.1648 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Kırpık elyafın reçine içerisine homojen olarak dağıtılamamasından ve el yatırma tekniği ile yeterince ıslatılamamasından homojen grafikler elde edilememiştir.

Çizelge 4.28. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [Mpa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	7733.30	9.22843	214.862	2.78705	5.68372	2.96957	9.75000	1.80000
2	7897.16	10.0059	142.281	2.83094	7.63632	2.84818	9.95000	2.28000
3	8502.81	12.4405	142.479	2.07636	5.54929	3.38957	9.50000	2.60000
4	7981.630	8.08125	197.037	2.86587	6.84485	3.07650	9.85000	1.75000
Ortalama	8028.725	9.93902	174.1648	2.64005	6.42854	3.070955	9.7625	2.10750

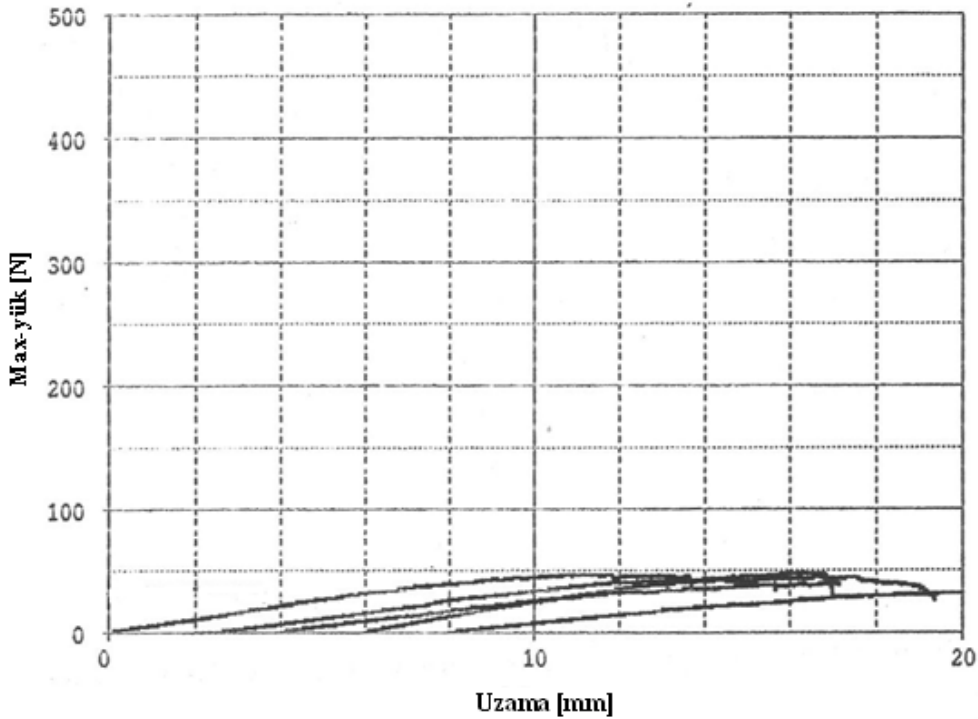


Şekil 4.32. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.29'da vinil ester reçine ve kırık cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 118.1126 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.33'te gösterilmiştir. Elastik modül değeri makine ölçüm limitleri dışında olduğundan ölçülememiştir.

Çizelge 4.29. Vinil Ester Reçine ve Kırık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	-----	46.9069	114.785	4.80624	4.05337	5.58348	10.4000	1.70000
2	-----	48.4365	118.528	5.82563	3.40330	6.11510	10.4000	1.70000
3	-----	39.8964	116.878	4.84084	2.74049	5.43328	10.4500	1.55000
4	-----	45.5048	122.2595	4.96782	2.57478	6.25576	10.7000	1.95000
Ortalama	-----	45.1861	118.1126	5.11013	3.19298	5.84690	10.4875	1.72500

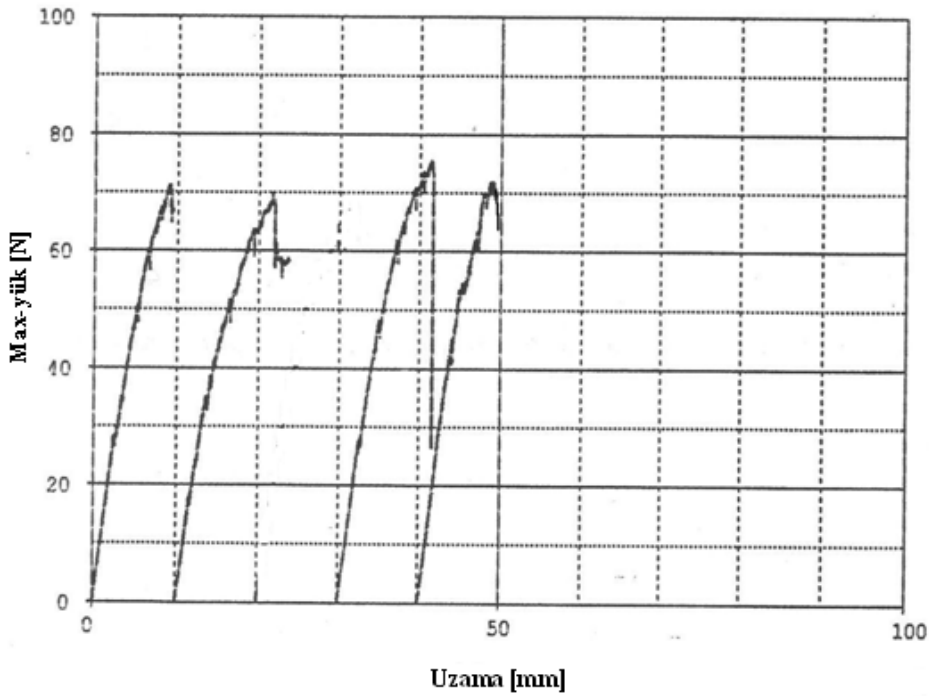


Şekil 4.33. Vinil Ester Reçine ve Kırık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.30'da vinil ester reçine ve 2 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanımı değeri 257.56 MPa olarak bulunmuştur. Numunede ani kopma veya kırılma oluşmadığından kopma yükü ve kopmadaki %uzama değerleri ölçülememiştir. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.34'te gösterilmiştir. Dokuma cam elyaf takviyede reçine içinde dağılım homojen olduğundan benzer eğriler elde edilmiştir.

Çizelge 4.30. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	-----	75.273	261.694	3.04920	-----	-----	10.4000	1.40000
2	-----	68.5759	271.322	3.80246	-----	-----	10.2000	1.35000
3	-----	76.8611	264.488	3.87421	-----	-----	10.6000	1.42000
4	-----	73.1646	232.736	3.12210	-----	-----	10.7000	1.47000
Ortalama	-----	73.4686	257.56	3.46199	-----	-----	10.4750	1.41000

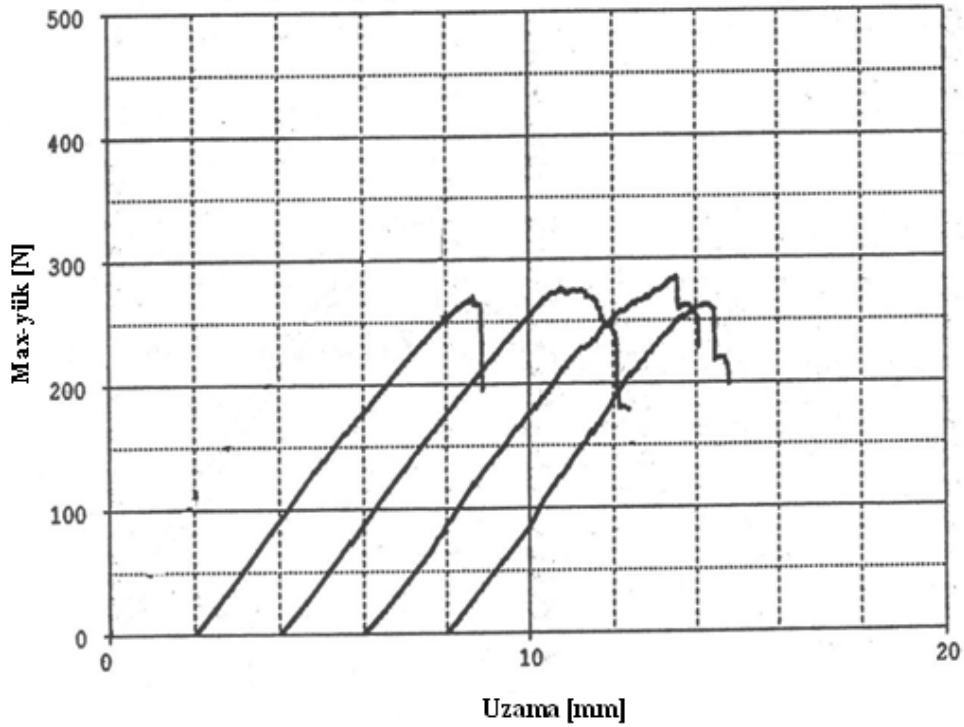


Şekil 4.34. Vinil Ester Reçine ve 2 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.31’de vinil ester reçine ve 4 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. 4 tabakalı dokunmuş cam elyaf takviyeli numunelerde eğilme dayanımı artarken sünme yerine kırılma olmuştur. Ortalama eğilme dayanım değeri 400.8453 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.35’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	12229.8	27.4686	377.818	3.54578	20.7767	3.66673	10.8500	2.22000
2	11621.8	28.1186	378.048	3.61079	25.9900	4.19126	11.1000	2.22000
3	12629.6	29.0746	424.417	3.89141	23.4534	4.16412	10.9000	2.15000
4	13183.6	26.8185	423.098	3.20974	20.4453	3.49197	10.1800	2.14000
Ortalama	12416.2	27.8700	400.8453	3.56443	22.6663	3.87852	10.7575	2.1825

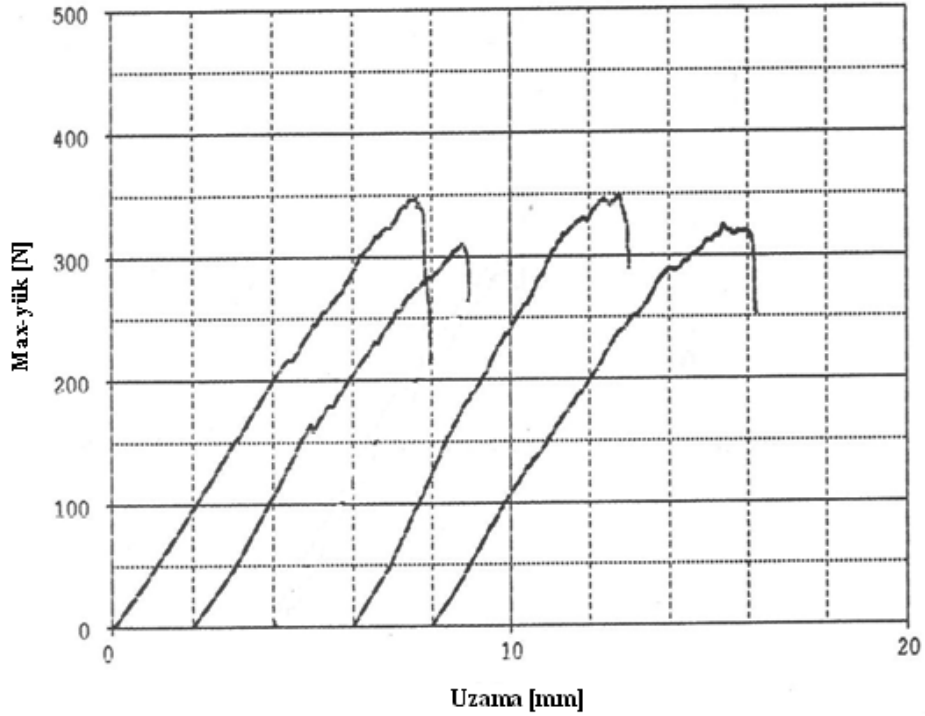


Şekil 4.35. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.32’de vinil ester reçine ve 4 tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviyeden oluşan kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Kürlü numuneye göre eğilme dayanım değerinde artış gözlenmiştir. Ortalama eğilme dayanım değeri 523.9198 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.32. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	15449.5	35.4223	558.035	3.92160	22.9308	4.11149	10.1000	2.15000
2	16786.7	31.5474	509.604	3.49616	27.3156	3.58465	9.85000	2.15000
3	15506.2	35.4861	491.005	3.65445	29.8394	3.78378	10.5000	2.25000
4	18400.2	33.1662	537.035	3.72481	26.5763	4.13431	10.3000	2.10000
Ortalama	16535.65	33.9055	523.9198	3.69925	26.6655	3.903558	10.1875	2.1625

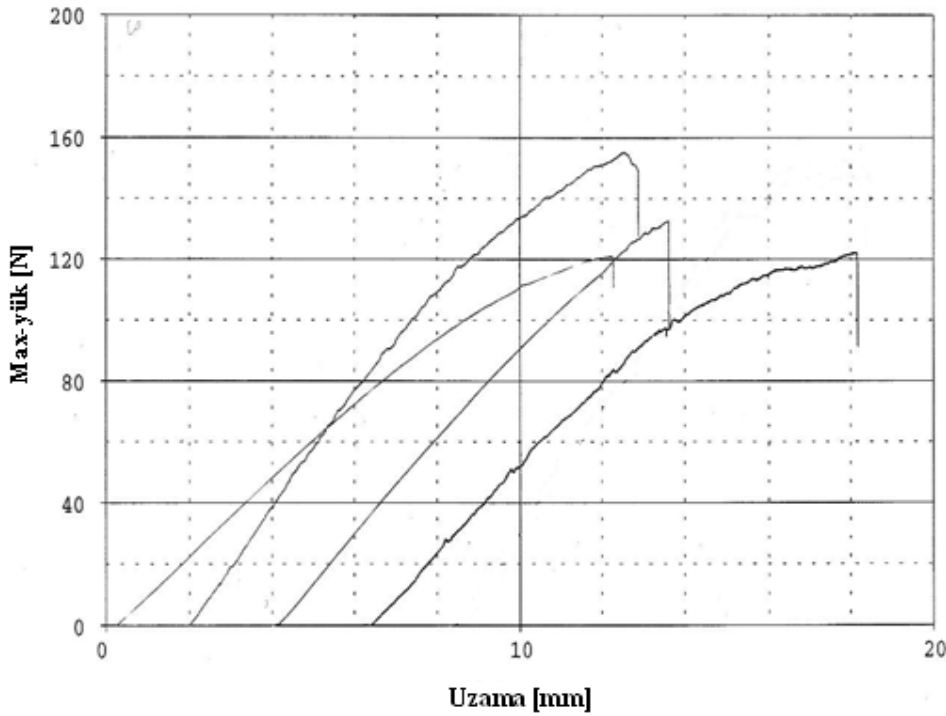


Şekil 4.36. Vinil Ester Reçine ve 4 Tabakalı 90° Dokunmuş Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.33'te vinil ester reçine cam keçe takviyeden oluşan 4 tabakalı kürsüz kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanım değeri 224.2428 MPa olarak bulunmuştur. Bu değer dokuma cam elyaf takviyeden oluşan 4 tabakalı numunenin değerinden daha düşüktür. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.37'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	7270.30	12.3385	231.044	3.98607	12.0708	4.01171	10.1100	2.23000
2	7252.69	13.5112	216.651	3.38853	11.1913	3.39718	10.1100	2.41000
3	7473.64	12.4532	219.711	4.08897	9.54709	4.12112	10.0000	2.31000
4	8281.66	15.4232	229.565	3.25525	13.7789	3.83826	10.1200	2.50000
Ortalama	7569.573	13.4315	224.2428	3.67970	11.6470	3.842068	10.085	2.36250

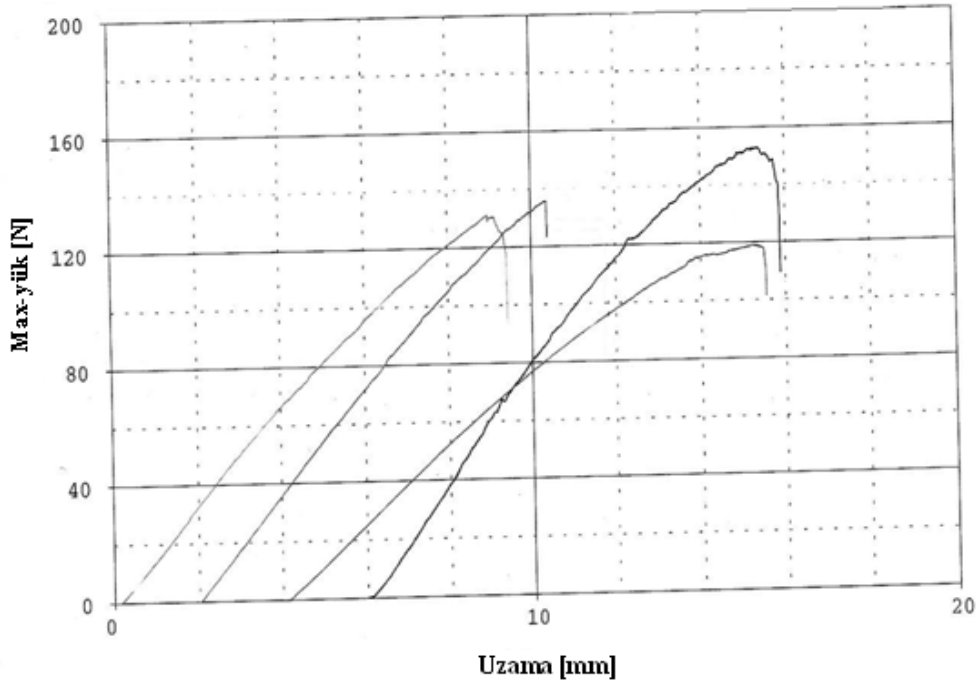


Şekil 4.37. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.34'te vinil ester reçine cam keçe takviyeden oluşan 4 tabakalı kürlü kompozit numuneye ait eğilme deneyi değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanım değeri 234.129 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.38'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.34. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	8861.30	13.3965	234.319	3.04704	10.2094	3.20201	10.0000	2.32000
2	9007.54	13.8553	231.566	2.88317	9.6490	3.38248	10.2000	2.35000
3	8489.14	12.1473	243.167	3.55198	10.9364	3.65164	10.0800	2.16000
4	8667.97	15.5889	227.464	3.45386	12.3895	3.64674	10.1600	2.52000
Ortalama	8756.49	13.7470	234.129	3.23401	10.7962	3.47072	10.1100	2.33750

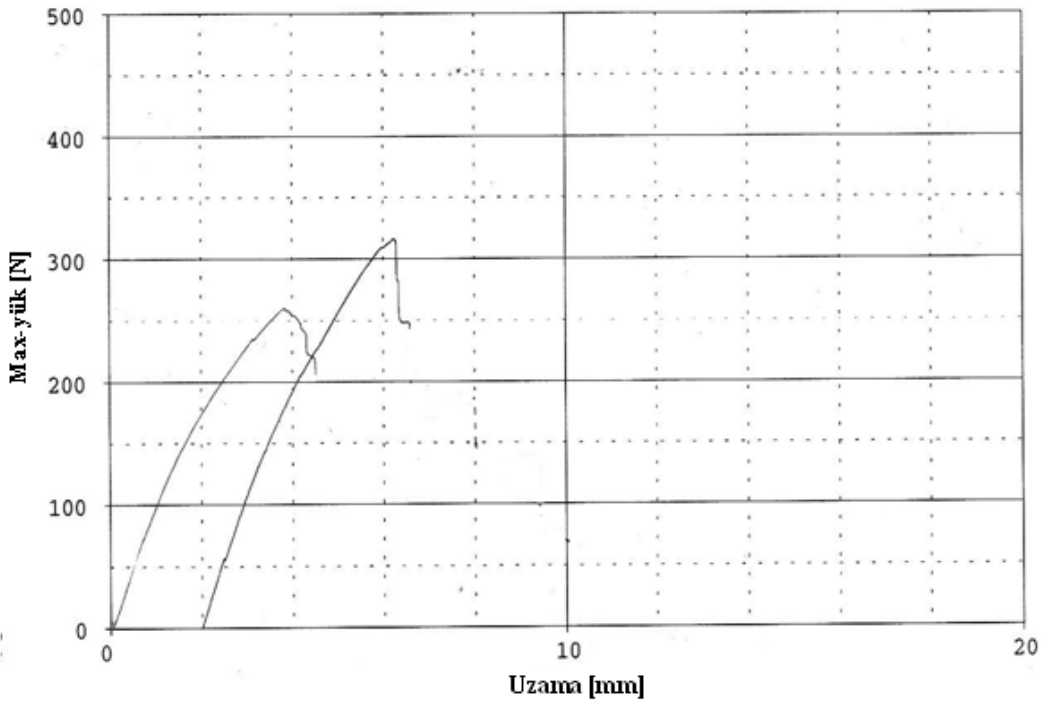


Şekil 4.38. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Eğilme Deneyi Grafiği

Çizelge 4.35'te A firmasına ait traktöre kaporta parçası eğilme test değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanım değeri 139.545 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.39'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.35. A Firmasına Ait Kaporta Parçası Eğilme Test Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	11104.0	26.6018	127.420	1.84954	21.4650	2.16605	10.1000	4.87000
2	10518.0	32.3377	151.670	2.02896	32.5743	2.4378	10.4000	4.85000
Ortalama	10811.0	29.46975	139.545	1.93925	27.01965	2.301925	10.25	4.86000

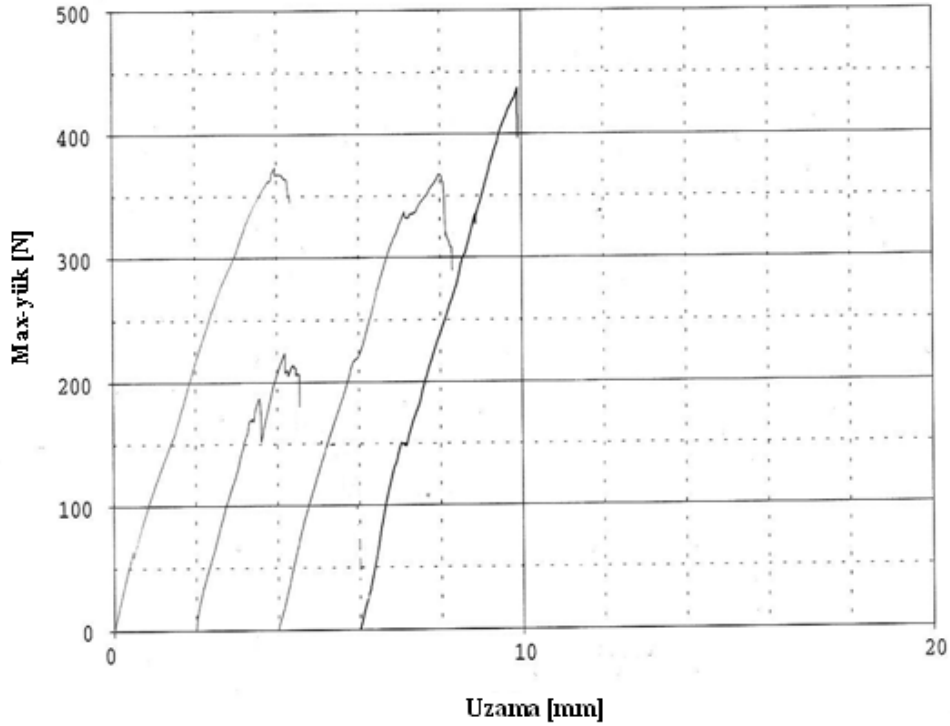


Şekil 4.39. A Firmasına Ait Traktöre Kaporta Parçası Eğilme Test Grafiği

Çizelge 4.36'da B firmasına ait kompozit malzeme eğilme test değerleri verilmiştir. Ortalama eğilme dayanım değeri 188.167 MPa olarak bulunmuştur. Aynı numuneye ait eğilme deneyi grafiği Şekil 4.40'ta gösterilmiştir.

Çizelge 4.36. B Firmasına Ait Kompozit Malzemeye Ait Eğilme Test Değerleri

Numune no	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
1	10156.6	38.0736	205.042	2.43633	35.2821	2.66519	9.9100	4.20000
2	10572.6	22.8416	123.011	1.35044	2.6002	2.55568	9.9100	4.20000
3	12295.6	37.5128	194.751	2.45325	30.2782	2.64182	10.2800	4.20000
4	13264.0	44.5616	229.864	2.41779	41.6426	2.42337	10.2000	4.23000
Ortalama	11572.2	35.7474	188.167	2.16445	27.4494	2.57152	10.0750	4.20750



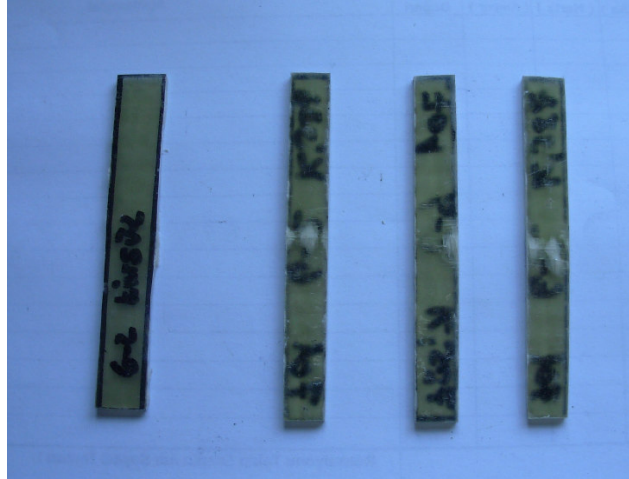
Şekil 4.40. B Firmasına Ait Kompozit Malzemenin Eğilme Test Grafiği

Çizelge 4.37. Eğilme Deneyi Toplu Sonuçları

Kompozit grubu	Elastik modülü [MPa]	Max-yük [kgf]	Eğilme dayanımı [MPa]	Max yükteki uzama %	Kopma yükü [kgf]	Kopmadaki uzama %	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]
A	5009.45	24.874	195.335	3.76833	19.5530	4.215	10.125	2.820
B	4491.08	13.907	178.817	5.13325	8.0693	5.852	10.262	2.350
C	8415.437	11.404	258.2225	2.86636	8.9480	2.259	10.215	1.790
D	10642.83	12.134	323.5113	4.16293	-----	-----	10.345	1.635
E	11195.2	36.161	379.5478	3.43494	32.0324	3.631	10.325	2.612
F	9470.046	43.863	318.2343	3.55498	40.0652	3.683	10.357	3.120
G	7309.813	30.718	176.275	3.00150	2.7102	6.911	10.215	4.032
H	7049.553	50.3214	198.281	3.31707	-----	-----	10.450	4.655
İ	8028.725	9.9390	174.164	2.64005	6.4285	3.070	9.762	2.107
J	-----	45.1861	118.112	5.11013	3.1929	5.846	10.487	1.725
K	-----	25.8700	326.340	3.36443	21.6663	3.478	10.757	2.182
L	-----	73.4686	257.560	3.46199	-----	-----	10.475	1.410
M	16535.65	33.9055	523.919	3.69925	26.6655	3.903	10.187	2.162
N	12416.2	27.8700	400.845	3.56443	22.6663	3.878	10.757	2.182
O	7569.573	13.4315	224.242	3.67970	11.6470	3.842	10.085	2.362
P	8756.49	13.7420	234.129	3.23401	10.7962	3.470	10.110	2.337



Şekil 4.41. Ortoftalik Reçine Kırpık Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri



Şekil 4.42. Ortoftalik Reçine 90⁰ Dokuma 4 Tabakalı Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri



Şekil 4.43. Ortoftalik Reçine 90⁰ Dokuma 2 Tabakalı Kompozit Numunenin Eğilme Deneyi Sonrası Görüntüleri

4.4 Darbe Deneyi Sonuçları

Her numune için 4 tekerrürlü gerçekleştirilen test değerleri ve bu değerlerin ortalamaları Çizelge 4.38-4.54'de gösterilmektedir. Testler ISO 180 nolu standarda göre yapılmıştır.

Yapılan darbe deneyleri sonuçlarında; darbe dayanımının reçine çeşidi, malzemenin et kalınlığı, sertliği ve uygulanan kür sıcaklıkları ile ilgili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.38. Ortoftalik Reçine ve Kırılmış Cam Elyaf Takviyeli Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Testi Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	2.589	47.0	115.374
2	2.061	37.4	65.429
3	3.023	54.9	123.388
4	3.967	72.0	111.120
Ortalama	2.910	58.825	103.828

Çizelge 4.39. Ortoftalik Reçine ve Kırpılmış Cam Elyaf Takviyeli, Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Testi Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	1.635	29.7	72.154
2	1.425	25.9	66.867
3	1.739	31.6	78.492
4	1.646	29.9	65.188
Ortalama	1.611	29.275	70.675

Çizelge 4.40. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	1.123	20.04	62.302
2	1.100	20.0	60.732
3	1.062	19.3	63.822
4	0.996	18.1	54.204
Ortalama	1.095	19.36	60.275

Çizelge 4.41. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	0.834	15.2	59.571
2	1.540	28.0	94.363
3	0.885	16.1	52.585
4	1.482	26.9	88.057
Ortalama	1.511	21.55	73.644

Çizelge 4.42. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	4.047	73.5	160.468
2	3.710	67.4	133.405
3	3.223	58.6	128.458
4	3.729	67.7	124.841
Ortalama	3.677	66.8	136.793

Çizelge 4.43. Ortoftalik Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviye 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	3.385	61.5	111.404
2	3.208	58.2	104.063
3	2.527	45.9	85.850
4	4.133	75.0	141.517
Ortalama	3.313	60.2	110.709

Çizelge 4.44. Ortoftalik Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	1.119	20.02	62.148
2	0.828	14.3	59.387
3	1.125	20.92	63.662
4	1.000	19.81	60.147
Ortalama	1.018	18.7625	61.336

Çizelge 4.45. Ortoftalik Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	2.827	49.8	117.613
2	2.166	36.1	65.125
3	3.189	68.0	123.142
4	2.202	38.5	74.115
Ortalama	2.596	48.1	94.99875

Çizelge 4.46. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	2.125	38.6	64.668
2	1.959	35.6	77.584
3	1.974	35.8	67.143
4	2.110	38.3	87.917
Ortalama	2.042	37.1	74.328

Çizelge 4.47. Vinil Ester Reçine ve Kırpık Cam Elyaf Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	0.404	7.3	58.297
2	0.740	13.4	55.807
3	0.522	9.5	31.071
4	1.285	23.3	66.305
Ortalama	0.656	11.9	46.448

Çizelge 4.48. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 2 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	1.089	19.8	73.631
2	0.851	15.5	64.178
3	0.909	16.5	60.864
4	1.216	22.1	78.706
Ortalama	1.153	18.475	69.344

Çizelge 4.49. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kJ/m ²)
1	3.775	68.5	158.162
2	2.306	41.9	104.580
3	2.598	47.2	115.662
4	3.049	55.4	135.878
Ortalama	2.932	45.7	128.570

Çizelge 4.50. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürlü Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kJ/m ²)
1	1.658	82.8	68.280
2	1.742	87.0	71.625
3	1.629	81.4	68.076
4	1.776	88.7	76.145
Ortalama	1.701	85.0	71.032

Çizelge 4.51. Vinil Ester Reçine ve 90° Dokunmuş Cam Takviyeden Oluşan 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numuneye Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	1.608	80.3	62.750
2	1.466	73.2	65.565
3	1.697	84.8	69.281
4	2.001	100.0	77.481
Ortalama	1.693	84.6	68.769

Çizelge 4.52. Vinil Ester Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürsüz Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	0.672	7.3	35.485
2	0.842	14.2	53.202
3	1.124	23.67	64.410
4	0.987	18.63	56.758
Ortalama	0.90625	15.95	52.46375

Çizelge 4.53. Vinil Ester Reçine ve Keçe Cam Takviyeden Oluşan Kürlü Kompozit Numuneye Ait İzot Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	2.214	36.61	77.003
2	2.416	38.58	78.645
3	1.987	39.80	89.344
4	1.943	38.73	87.842
Ortalama	2.14	38.43	83.2085

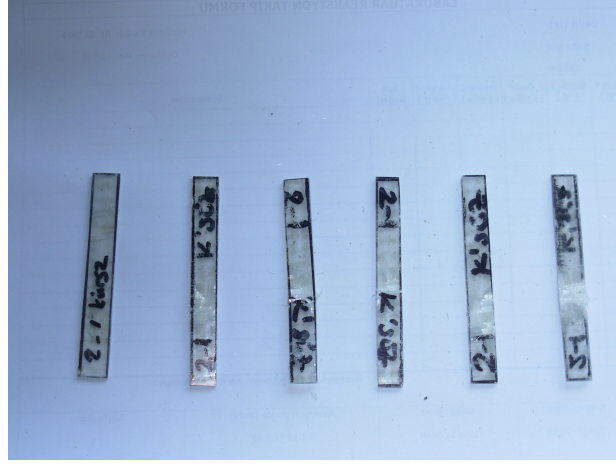
Çizelge 4.54. A Firmasında Üretilen Traktör Parçalarına Ait Darbe Test Sonuçları

Numune no	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
1	0.8	18.4	58.640
2	1.121	20.0	60.737
3	1.125	20.1	62.102
4	0.834	15.2	59.675
Ortalama	0.97	18.425	60.2885

Çizelge 4.55. Darbe Dayanımı Toplu Test Sonuçları

Kompozit malzeme grubu	Absorblanan enerji (J)	%	Darbe dayanımı (kj/m ²)
A	1.611	29.27	70.675
B	2.910	58.82	103.828
C	1.095	19.36	60.275
D	1.511	21.55	73.644
E	3.313	60.20	110.709
F	3.677	66.82	136.793
G	1.018	18.76	61.336
H	2.596	48.10	94.998
İ	0.656	11.91	46.448
J	2.042	37.10	74.328
K	1.153	18.47	69.344
L	2.932	45.70	128.570
M	1.693	84.60	68.769
N	1.701	85.0	71.032
P	2.14	38.43	83.208
O	0.9062	15.95	52.463

4.5 Darbe Deneyi Test Numune Görüntüleri



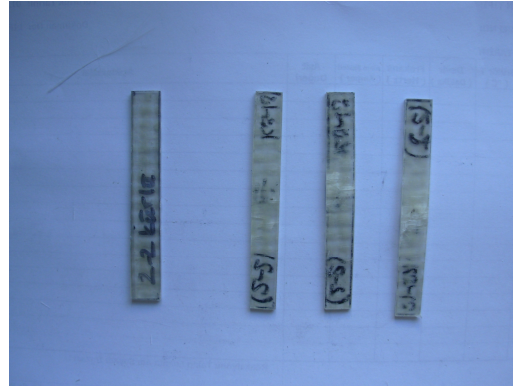
Şekil 4.44. Ortoftalik Matrisli 90⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.45. Vinil Ester Matrisli 90⁰ Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 2 Tabakalı Kürlü Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.46. Vinil Ester Matrisli 90^0 Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kürsüz Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.47. Ortoftalik Matrisli 90^0 Dokuma Cam Elyaf Takviyeli 4 Tabakalı Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri



Şekil 4.48. A ve B Firmalarına Ait Kompozit Numunenin Darbe Deneyi Sonrası Örnekleri

4.6 Barkol Sertlik Test Sonuçları

Sertlik kavramı, mukavemet değerlendirilmesi, aşınma dayanımı, işlenebilirlik gibi önemli kavramlara öncülük eder. Numunelerin sertlikleri, plastik ve kompozit malzemeler için kullanılan barkol sertliği olarak ölçülmüştür. Reçine çeşidine göre sertlik değerlerinde çok büyük farkların olmadığı tespit edilmiştir. Ortoftalik ve vinil ester matrislerin sertlik değeri arasında çok büyük farklılık gözlenmemiştir.

Kür işlemi sertlik değerlerini arttırmıştır. Malzemelerin kalınlığı arttıkça sertlikte artmıştır. Barkol sertlik değerleri Çizelge 4.56'da toplu halde verilmiştir. Ortoftalik reçine 4 tabakalı 90° cam dokuma takviyeli kürlü kompozit numune en sert malzemedir. Aynı zamanda darbe dayanımı da en fazla olan malzemedir.

Çizelge 4.56. Barkol Sertlik Testi Değerleri

Grup	Barkol sertlik değeri
A	50-55
B	60
C	>50
D	>60
E	>60
F	>70
G	>60
H	>50
I	>50
J	>60
K	>60
L	>65
M	>65
N	>70
O	>60
P	>60

4.7 Atmosferik Şartlara Dayanım Test Sonuçları

Atmosferik şartlara dayanımda takviye malzemesinin yapısı etkili olmadığı göz önüne alınarak her bir reçine için 300 gr/m² lik cam keçe'den oluşan 4 tabakalı kompozit numuneler hazırlanmıştır. Numunelere kür işlemi uygulanmamıştır. Numuneler oluşturulan iklim döngüsünde (3.2.5'te) bekletildikten sonra mekanik testler uygulanmıştır. Test öncesi ve test sonrası mekanik değerler karşılaştırılmıştır. Test sonuçları Çizelge 4.57'de verilmiştir. Bu değerlere göre ortoftalik matrisli kompozit numunede atmosferik koşullardan dolayı mekanik özelliklerde değişme olmazken, vinil ester matrisli kompozit numunelerde mekanik özelliklerde iyileşme tespit edilmiştir.

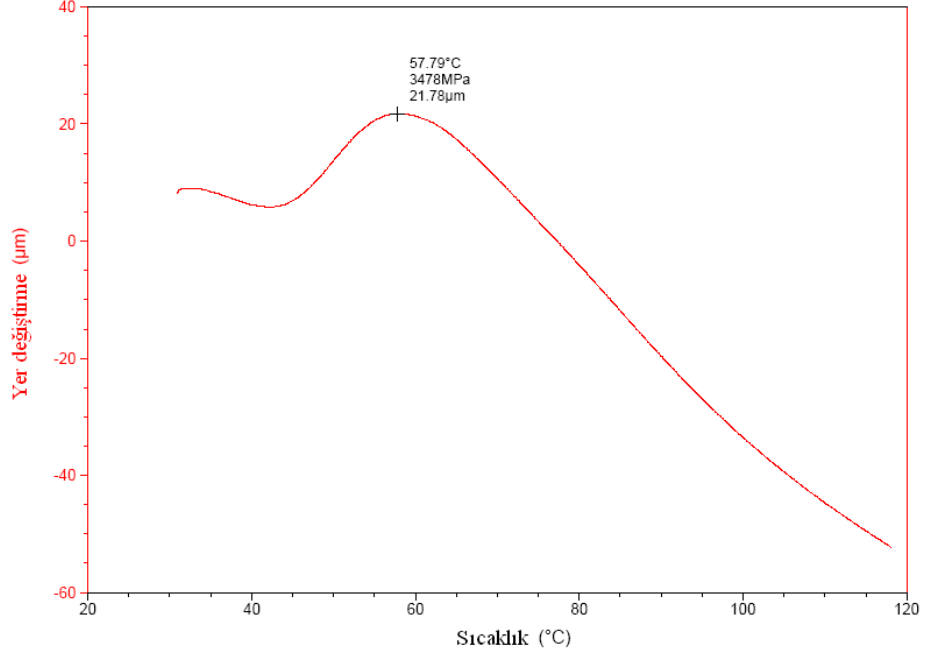
Çizelge 4.57. Atmosferik Koşullara Dayanım Test Değerleri

Ortoftalik reçine			Vinil ester reçine	
Örnek isimleri	Deney öncesi	Deney sonrası	Deney öncesi	Deney sonrası
ÇEKME (MPA)	83.8	83.65	116.3	140.3
ÇEKME MOD. (MPA)	4179	3288	2308	1347
ÇEKME(%)	2.53	2.79	2.25	2.86
EĞİLME (MPA)	85.4	181.4	129	147
EĞİLME MOD. (MPA)	6089	10637	6136	7880
EĞİLME (%)	3.73	1.43	3.3	2.22
DARBE(kj/m ²)	64.5	64.37	72.4	85.4
BARKOL	55	~60	> 50	65
LOI(%O ₂)	24		23	

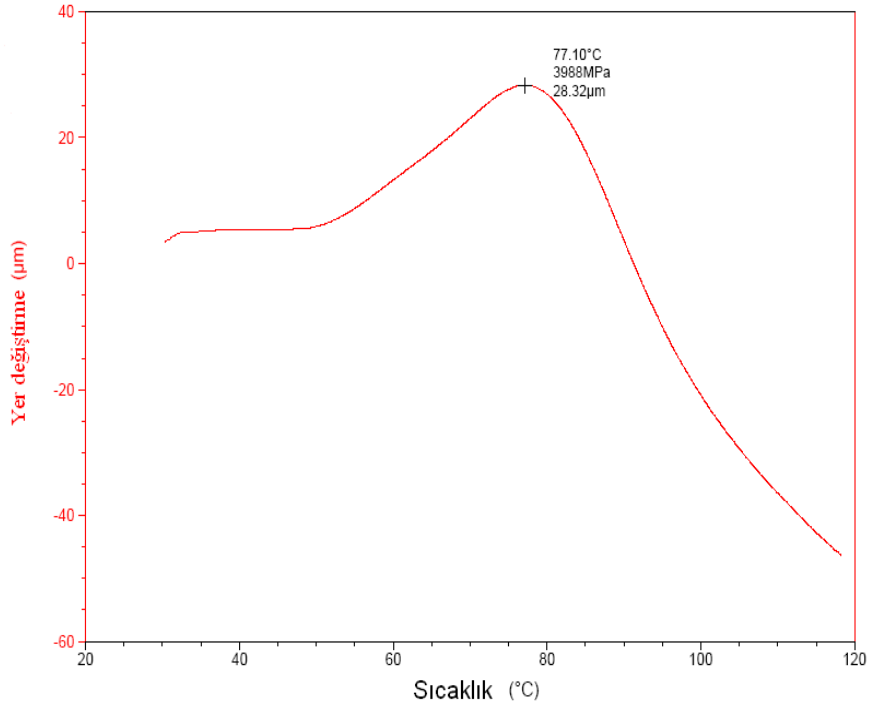
4.8 HDT Tayini Test Sonuçları

HDT ölçümlerinde, yer değiştirmede önce negatif yönde artış olmuştur. Başlangıçta bu şekilde bir negatif artış malzemenin sıcaklıkla genleştiği anlamına gelir.

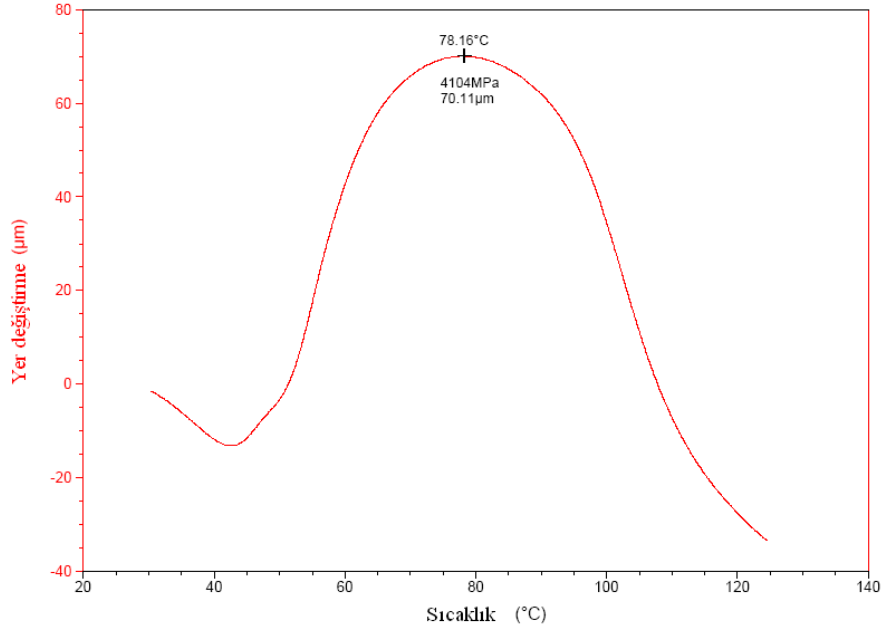
Kür işleminin HDT ve T_g üzerine olumlu etkisi gözlenmiştir. Aynı zamanda vinilester reçinenin, ortoftalik reçineye oranla daha yüksek sıcaklık dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir.



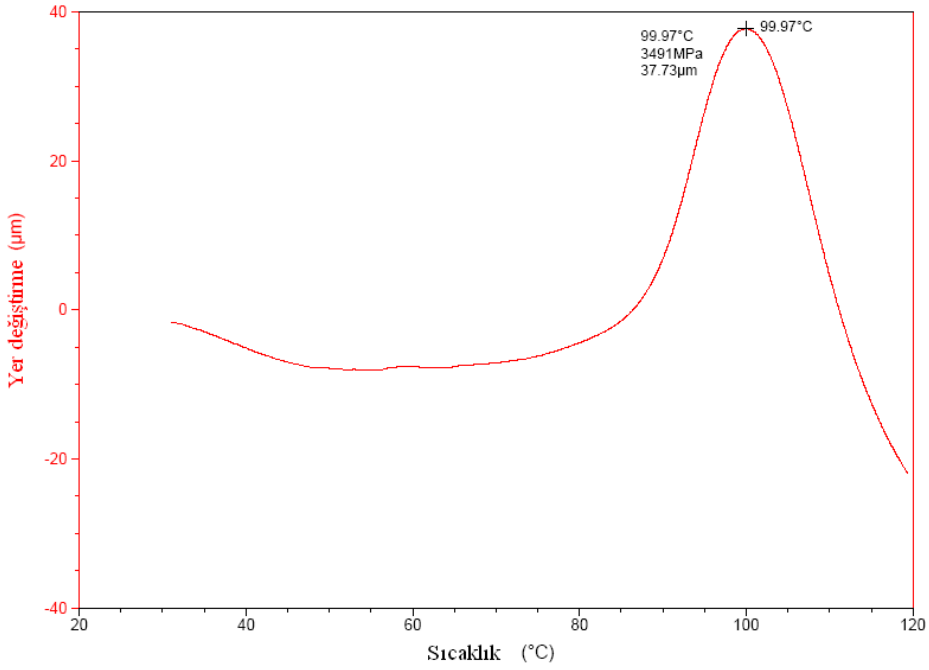
şekil 4.49. Ortoftalik Reęine Cam Keęe Takviyeli Kuruřuz Numuneye Ait DMA Test Sonuęları (HDT °C)



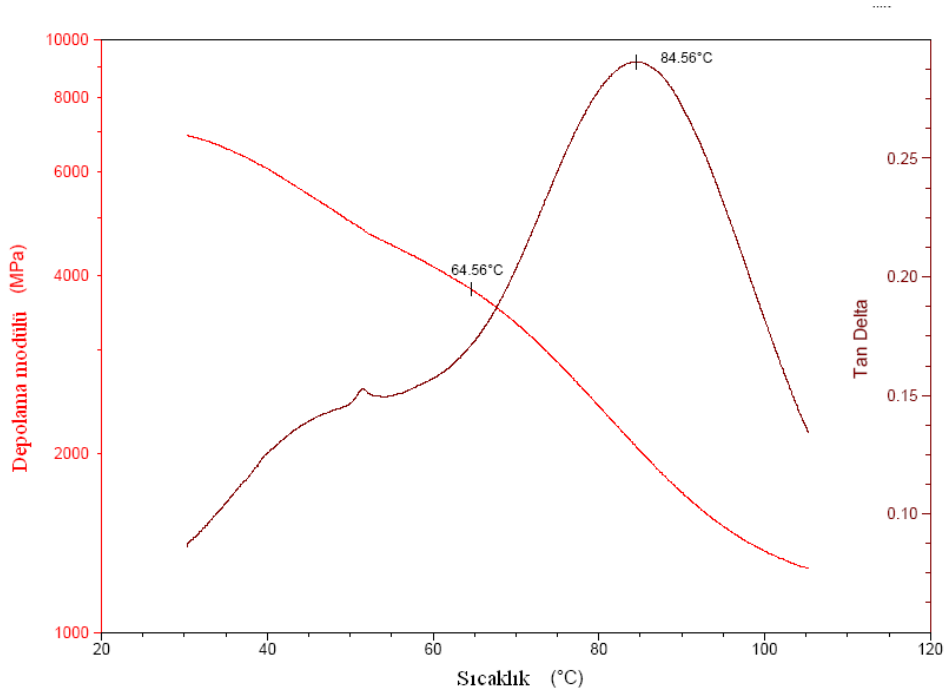
şekil 4.50. Ortoftalik Reęine Cam Keęe Takviyeli Kurlu Numuneye Ait DMA Test Sonuęları (HDT °C)



şekil 4.51. Vinil Ester Reęine Cam Keęe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuęları (HDT °C)



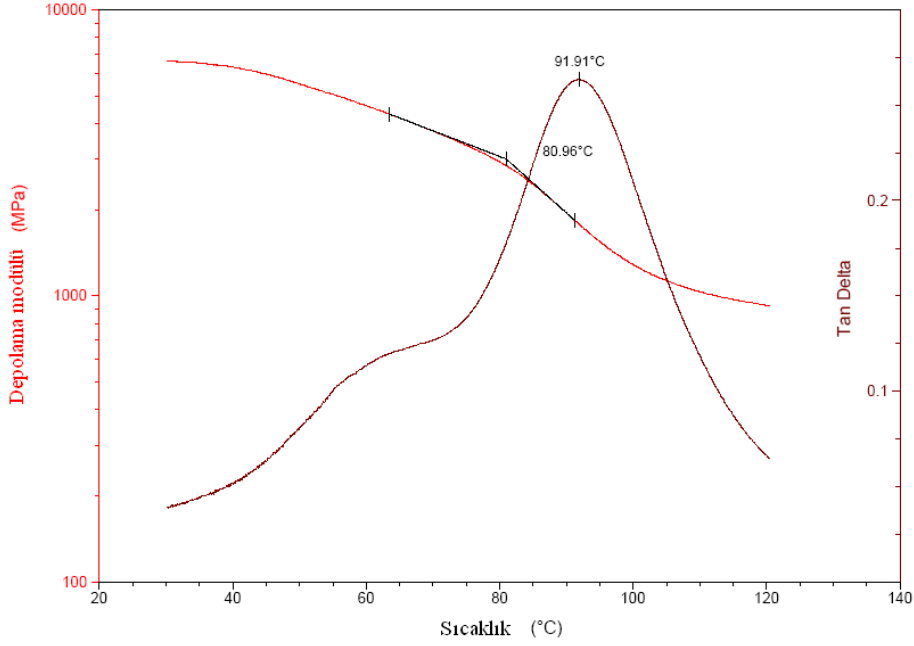
şekil 4.52. Vinil Ester Reęine Krl Numuneye Ait DMA Test Sonuęları (HDT °C)



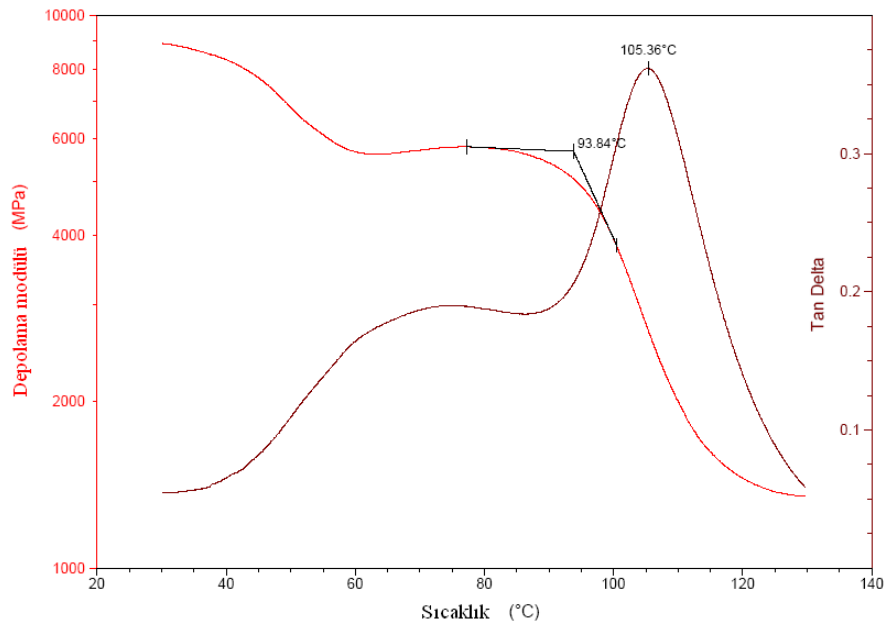
Şekil 4.53. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T_g °C)

4.9 Camsı Geçiş Sıcaklığı T_g (Glass Transition Temperature) Değeri Tayini Sonuçları

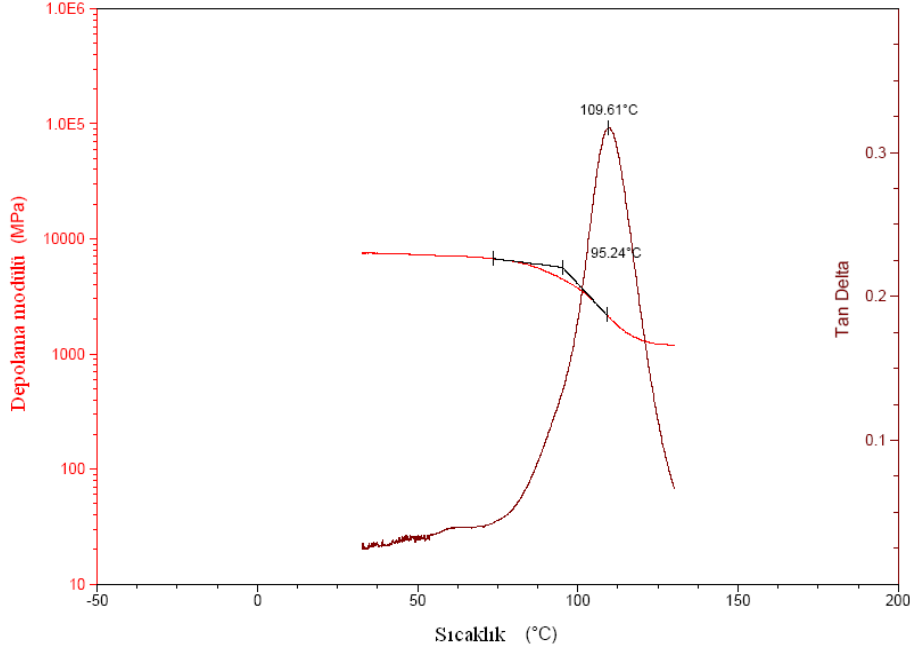
T_g hesaplamalarında grafiklerde iki farklı yerden T_g hesaplanır. Tablolarda iki eğri gözlenmektedir. Soldaki eğri (kırmızı renkli) absorblanan enerji ve sağdaki eğri (pembe renkli) tanjant deltadır. Tabloya da tanjant delta ya göre hesaplanmış T_g değerleri konulmuştur. HDT ve T_g değerleri birbirleriyle tutarlıdır.



Şekil 4.54. Ortoftalik Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T_g °C)



Şekil 4.55. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürsüz Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T_g °C)



Şekil 4.56. Vinil Ester Reçine Cam Keçe Takviyeli Kürlü Numuneye Ait DMA Test Sonuçları (T_g °C)

Camsı geçiş sıcaklığı T_g , bir polimer esasl malzemenin, yumuşak veya sert olduğuna karar verilen sıcaklıktır. CGS'nin altındaki sıcaklıklarda polimer sert yani camsı yapıdadır. T_g 'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise polimer yumuşaktır. Bu yumuşaklık pek arzu edilmez çünkü bu durumdaki bir polimer esasl malzeme tamamen kullanım dışıdır. Camsı geçiş sıcaklığı bir polimer malzemenin karakteristik özelliğidir. Bu nedenle polimerleri daha çok T_g leri ile tanımlarız. T_g sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda iç hareketlilik artar, malzeme yumuşar, bunun sonucu olarak da çok önemli olan fiziksel ve mekanik özellikler düşer. Tüm bu sayılan nedenlerle T_g , polimer malzemeler için çalışma sıcaklığını ve şartlarını kısıtlayan en önemli faktördür.

Çizelge 4.58'de malzemenin esneyeceği (displacement) maksimum nokta (p), malzemenin ölçüleri (T,W), uygulanacak ön yük (F), HDT ve T_g test değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.58. HDT ve T_g Test Değerleri

	Ortoftalik - kürsüz		Ortoftalik- kürlü		Vinil ester- kürsüz		Vinil ester- kürlü	
P (MPa.)	1.8	-	1.8	-	1.8	-	1.8	-
T (mm.)	2	2.1	2.07	2.07	2.05	1.9	2.02	1.98
W (mm.)	13.2	12.6	13.15	13.1	13.21	12.9	13.01	13.0
F (Pre-Load) (N)	1.26	-	1.36	-	1.33	-	1.27	-
D (mm.)	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-
HDT (°C)	57.8	-	77	-	78.16	-	100	-
T _g (°C)	-	84.5	-	91.9	-	105.3	-	109.6

Vinil ester reçine kürlü için HDT değeri 100, T_g değeri 109.6 °C olup en yüksek termal dayanımlı numunedir.

4.10 Reçine Türüne Göre Mekanik Özelliklerin İstatistikî Bulguları

Mekanik özelliklerden eğilme, çekme ve darbeye dayanma düzeylerinin ortalamalarının vinilester ve ortoftalik reçinelere göre deney sonucu elde edilen verilere göre istatistikî olarak birbirinden farklı olup olmadığı t test sonucu (**Çakıcı ve ark, 2000**) sonucu Çizelge 4.59-4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4. 59. Mekanik Özelliklerin Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları

	Reçine Grubu	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Ortalamanın standart hatası
Eğilme dayanımı	Vinilester reçine	28	276,14068	133,138262	25,160766
	Ortoftalik reçine	28	256,42882	86,921566	16,426632

		t	Serbestlik derecesi	Sig. (2-Taraflı)	Ortalama farkları	Ortalama farklarının standart hatası
Eğilme dayanımı	Eşit varyans varsayımında	,656	54	,515	19,711857	30,048268
	Eşit varyans olmadığı varsayımında	,656	46,478	,515	19,711857	30,048268

Çizelge 4.60. Çekme Dayanımlarının Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları

	Reçine grubu	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Ortalamanın standart hatası
Çekme dayanımı	Ortoftalik	32	125,8759	58,51355	10,34383
	Viniester	32	164,0146	75,00757	13,25959

		t	Serbestlik derecesi	Sig. (2-Tarafli)	Ortalama farkları	Ortalama farklarının standart hatası
Çekme dayanımı	Eşit varyans varsayımında	- 2,268	62	,027	-38,13862	16,81700
	Eşit varyans olmadığı varsayımında	- 2,268	58,534	,027	-38,13862	16,81700

Çizelge 4.61. Darbe Dayanımlarının Reçine Türlerine İlişkin t Testi Sonuçları

	Reçine grubu	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Ortalamanın standart hatası
Darbe dayanımı	Ortoftalik	32	75,1045	25,21545	4,45750
	Viniester	32	89,0310	30,70074	5,42718

		t	Serbestlik derecesi	Sig. (2-Tarafli)	Ortalama farkları	Ortalama farklarının standart hatası
Darbe dayanımı	Eşit varyans varsayımında	- 1,983	62	,052	-13,92650	7,02307
	Eşit varyans olmadığı varsayımında	- 1,983	59,744	,052	-13,92650	7,02307

Bu sonuçlara göre %5 önem seviyesinde t test sonucu;

Çekmeye dayanma düzeylerin reçine türlerinden vinilester ve ortoftalik reçine çeşitleri için ortalamalar arasında test sonucu $p>0,05$ olduğundan bir farklılığın olmadığı ortaya konulmuştur.

Eğilme dayanma düzeylerin reçine türlerinden vinilester ve ortoftalik reçine için ortalamalar arasında test sonucu $p<0,05$ olduğundan bir farklılığın olduğu ortaya konulmuştur.

Darbeye dayanma düzeylerin reçine türlerinden vinilester ve ortoftalik reçine için ortalamalar arasında test sonucu $p>0,05$ olduğundan bir farklılığın olmadığı ortaya konulmuştur.

4.11 Kompozit Malzemelerde Mekanik Özelliklerin Reçine Türlerine Göre Farklılığının İstatistikî Testi

Mekanik özelliklerin kompozit malzemelerde reçine türlerine göre farklılığının testi için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Mekanik özelliklerden eğilme, çekme ve darbe dayanımları deney sonuçları ele alınarak vinil ester ve ortoftalik reçine türleri bakımından dayanımda fark gösterip göstermediği teste tabi tutulmuştur. Farklılığın olduğu durumda bu farklılığın hangi takviye grubundan kaynaklandığı Tukey testi sonucu belirlenmiştir.

4.11.1 Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) testi ile belirlenmiş, farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye reçine çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar aşağıda çizelge 4.62-4.65’ da verilmiştir.

Çizelge 4 .62. Ortoftalik Reçine Takviye Çeşitlerine Göre Eğilme Dayanımına İlişkin

Ortalamalar

	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	4	176,27500	32,612634	16,306317	124,38102	228,16898	145,649	215,851
Keçe Kürlü	4	198,28175	35,232215	17,616108	142,21943	254,34407	159,404	229,256
Dokuma 4 Tab. Kürsüz	4	379,54775	61,686177	30,843089	281,39128	477,70422	302,530	453,301
Dok 4 Tab. Kürlü	4	318,23425	60,081766	30,040883	222,63075	413,83775	248,338	381,476
Dokuma 2 tab. Kürlü	4	323,51125	19,523638	9,761819	292,44479	354,57771	301,791	347,541
Kırpık Elyaf Kürlü	4	178,81700	42,611739	21,305870	111,01221	246,62179	138,507	238,879
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	220,33475	43,980631	21,990315	150,35175	290,31775	194,791	286,183
Toplam	28	256,42882	86,921566	16,426632	222,72416	290,13349	138,507	453,301

Çizelge 4.63. Ortoftalik Reçine Çeşitlerinin Mekanik Özelliklerden Eğilme Dayanımına İlişkin Varyan Analiz Tablosu

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralarındaki	162441,310	6	27073,552	13,682	,000
İçindeki	41553,374	21	1978,732		
Toplam	203994,684	27			

Çizelge 4.64. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Eğilme Dayanımı Çoklu Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güvenliği aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe Kürlü	-22,006750	31,454190	,991	-124,25750	80,24400
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-203,272750(*)	31,454190	,000	-305,52350	-101,02200
	Dok 4 Tab. Kürlü	-141,959250(*)	31,454190	,003	-244,21000	-39,70850
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-147,236250(*)	31,454190	,002	-249,48700	-44,98550
	Kırpık Elyaf Kürlü	-2,542000	31,454190	1,000	-104,79275	99,70875
	Kırpık Elyaf Kürsüz	-44,059750	31,454190	,795	-146,31050	58,19100
Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	22,006750	31,454190	,991	-80,24400	124,25750
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-181,266000(*)	31,454190	,000	-283,51675	-79,01525
	Dok 4 Tab. Kürlü	-119,952500(*)	31,454190	,015	-222,20325	-17,70175
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-125,229500(*)	31,454190	,010	-227,48025	-22,97875
	Kırpık Elyaf Kürlü	19,464750	31,454190	,995	-82,78600	121,71550
	Kırpık Elyaf Kürsüz	-22,053000	31,454190	,991	-124,30375	80,19775
Dokuma 4 Tab. Kürsüz	Keçe Kürsüz	203,272750(*)	31,454190	,000	101,02200	305,52350
	Keçe Kürlü	181,266000(*)	31,454190	,000	79,01525	283,51675
	Dok 4 Tab. Kürlü	61,313500	31,454190	,473	-40,93725	163,56425
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	56,036500	31,454190	,573	-46,21425	158,28725
	Kırpık Elyaf Kürlü	200,730750(*)	31,454190	,000	98,48000	302,98150
	Kırpık Elyaf Kürsüz	159,213000(*)	31,454190	,001	56,96225	261,46375
Dok 4 Tab. Kürlü	Keçe Kürsüz	141,959250(*)	31,454190	,003	39,70850	244,21000
	Keçe Kürlü	119,952500(*)	31,454190	,015	17,70175	222,20325
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-61,313500	31,454190	,473	-163,56425	40,93725
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-5,277000	31,454190	1,000	-107,52775	96,97375
	Kırpık Elyaf Kürlü	139,417250(*)	31,454190	,004	37,16650	241,66800
	Kırpık Elyaf Kürsüz	97,899500	31,454190	,066	-4,35125	200,15025
Dokuma 2 Tab. Kürlü	Keçe Kürsüz	147,236250(*)	31,454190	,002	44,98550	249,48700
	Keçe Kürlü	125,229500(*)	31,454190	,010	22,97875	227,48025

	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-56,036500	31,454190	,573	-158,28725	46,21425
	Dok 4 Tab. Kürlü	5,277000	31,454190	1,000	-96,97375	107,52775
	Kırpık Elyaf Kürlü	144,694250(*)	31,454190	,003	42,44350	246,94500
	Kırpık Elyaf Kürsüz	103,176500(*)	31,454190	,047	,92575	205,42725
Kırpık Elyaf Kürlü	Keçe Kürsüz	2,542000	31,454190	1,000	-99,70875	104,79275
	Keçe Kürlü	-19,464750	31,454190	,995	-121,71550	82,78600
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-200,730750(*)	31,454190	,000	-302,98150	-98,48000
	Dok 4 Tab. Kürlü	-139,417250(*)	31,454190	,004	-241,66800	-37,16650
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-144,694250(*)	31,454190	,003	-246,94500	-42,44350
	Kırpık Elyaf Kürsüz	-41,517750	31,454190	,835	-143,76850	60,73300
Kırpık Elyaf Kürsüz	Keçe Kürsüz	44,059750	31,454190	,795	-58,19100	146,31050
	Keçe Kürlü	22,053000	31,454190	,991	-80,19775	124,30375
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-159,213000(*)	31,454190	,001	-261,46375	-56,96225
	Dok 4 Tab. Kürlü	-97,899500	31,454190	,066	-200,15025	4,35125
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-103,176500(*)	31,454190	,047	-205,42725	-,92575
	Kırpık Elyaf Kürlü	41,517750	31,454190	,835	-60,73300	143,76850

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.65. Ortoftalik Reçine İçin Eğilme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Keçe Kürsüz	4	176,27500		
Kırpık Elyaf Kürlü	4	178,81700		
Keçe Kürlü	4	198,28175		
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	220,33475	220,33475	
Dok 4 Tab. Kürlü	4		318,23425	318,23425
Dokuma 2 Tab. Kürlü	4			323,51125
Dokuma 4 Tab. Kürsüz	4			379,54775
p		,795	,066	,473

Çizelgelerde Varyans analizi sonucu ortoftalik reçine takviye çeşitlerinin mekanik özelliklerden eğilme dayanımına göre deney sonucu $p < 0,05$ olduğundan farklılık arz ettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye grubundan ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Buna göre çizelge 4.65' te mekanik özelliklerden eğilme dayanımının ortoftalik reçine alt takviye gruplarına bakıldığında bunlardan keçe kürsüz, kırpık elyaf kürlü keçe kürlü ve kırpık elyaf kürsüz bir grup oluştururken, kırpık elyaf kürsüz ve dokuma 4 tabakalı kürlü ise başka bir grupta toplanmaktadır. Benzer şekilde dokuma 4 tabakalı kürlü, dokuma 2 tabakalı kürlü ve dokuma 4 tabakalı kürsüz başka bir grubu oluşturmaktadır. Buna göre dokuma 4 tabakalı kürsüz, ortoftalik keçe kürsüz grubuna göre daha fazla eğilme

dayanımı arz etmektedir. Aralarındaki fark 203,27 MPa dır ve anlamlık düzeyi $p < 0,05$ tir. Benzer şekilde ortoftalik reçinelerden dokuma 4 tabakalı kürlü keçe kürsüze göre daha fazla eğilme dayanımına sahip ve aralarındaki fark 141,98 MPa olup anlamlık düzeyi %5 altındadır. Aynı şekilde ortoftalik reçine dokuma 2 tabakalı kürlü ortoftalik reçinelerden keçe kürsüze göre daha fazla değere sahip olup aralarındaki fark 147,23 MPa dır. Kalan diğer ortoftalik reçine keçe kürlü, kırpık elyaf kürlü ve kırpık elyaf kürsüzün ortoftalik reçinelerden keçe kürsüz arasındaki eğilme dayanımları bakımından bir farkın olmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.65'te istatistik araştırma sonucu ortoftalik reçinede en fazla eğilme dayanımı 2 tabakalı dokuma kürlü ve 4 tabakalı dokuma kürsüz kompozit numunelerde olduğu ortaya konulmuştur.

4.11.2 Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının vinil ester reçine takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden eğilme dayanımının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile belirlenmiş, farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye reçine çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır.

Ek 1,2,3'te gösterilen çizelgelerde Varyans analizi sonucu vinilester reçine için takviye çeşitlerinin mekanik özelliklerden eğilme dayanımı deney sonuçları $p < 0.05$ olduğundan farklılık arzettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye malzemesinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır.

Çizelge 4.66. Vinil Ester Reçine İçin Eğilme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Tukey

Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Kırpık Elyaf Kürlü	8	148,46475			
Kırpık Elyaf Kürsüz	8	197,24975			
Keçe Kürsüz	8	200,25813			
Keçe Kürlü	8	216,20538	216,20538		
Dokuma 2 Tab.Kürlü	8		290,54175	290,54175	
Dokuma 4 Tab.Kürlü	8			359,53975	
Dokuma 4 Tab. Kürsüz	8				451,73375
p		,153	,088	,138	1,000

Buna göre Çizelge 4.66'da mekanik özelliklerden eğilme dayanımının vinil ester reçine için takviye malzeme gruplarına bakıldığında; kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz, keçe kürsüz, keçe kürlü bir grup oluştururken, keçe kürlü, dokuma 2 tabakalı kürlü 2. grupta toplanmaktadır. Benzer şekilde dokuma 2 tabakalı kürlü ve dokuma 4 tabakalı kürlü 3. grubu, dokuma 4 tabakalı kürsüz ise 4. grubu oluşturmaktadır.

Dokuma 4 tabaka kürsüz vinil ester reçine grubu, vinil ester keçe kürsüz grubuna göre daha fazla eğilme dayanımına sahip olup aralarındaki fark 251.475 MPa'dır ve anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Benzer şekilde vinil ester reçinelerden dokuma 4 tabakalı kürlü keçe kürsüze göre daha fazla eğilme dayanımına sahip olup aralarındaki fark 159.281 MPa'dır. Anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Aynı şekilde dokuma 2 tabakalı kürlü keçe kürsüze göre daha fazla eğilme dayanımı arz etmektedir. Aralarındaki fark 90.283MPa'dır. Vinil ester reçine grubunda dokuma 4 tabakalı kürsüz keçe kürlüye göre daha fazla eğilme dayanımına sahip olup fark 235.528 MPa ve $p<0.05$ dir. Vinil ester reçine grubunda dokuma 4 tabakalı kürlü, keçe kürlüye göre daha fazla eğilme dayanımına sahip olup aralarında 143.334 MPa eğilme dayanımı farkı vardır. Vinil ester 4 tabaka kürsüz, 4 tabakalı kürlüye göre daha fazla eğilme dayanımı göstermektedir. Anlamlık düzeyi $p<0.05$, aralarındaki fark 92.194 MPa dır. Vinil ester reçine grubundan dokuma 4 tabakalı kürsüz, dokuma 2 tabakalı kürlüye göre daha fazla eğilme dayanımlı olup aralarındaki fark 161.192 MPa dır. Vinil ester reçine gruplarından dokuma 4 tabakalı kürsüz, kırpık elyaf kürlü gruba göre daha fazla eğilme dayanımlı olup aralarındaki fark 303.269 MPa, anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir.

Benzer şekilde dokuma 4 tabaka kürlü, kırpık elyaf kürlüye göre daha fazla eğilme dayanımlı olup aralarındaki fark 211.075 MPa dır. Dokuma 2 tabaka kürlü, kırpık elyaf kürlüye göre daha fazla çekme dayanımlı olup, fark 142.077 MPa dır. Vinil ester reçine grupları için dokuma 4 tabaka kürsüz, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla eğilme dayanımlı olup anlamlık düzeyi $p<0.05$, fark 254.484 MPa dır. Dokuma 4 tabaka kürlü, kırpık elyaf kürsüze göre daha fazla eğilme dayanımı arz etmektedir. Aralarında 162.290 MPa fark vardır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüze göre daha fazla eğilme dayanımlı olup aralarındaki fark 93.292 MPadır. Kalan diğer vinil ester reçine kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz, keçe kürsüz ve keçe kürlü arasında eğilme dayanımlarında bir farkın olmadığı ortaya konmuştur.

Çizelge 4.66'daki istatistik araştırma sonucu dokuma 4 tabakalı kürsüz takviye malzemeli kompozit numunenin vinil ester reçine için en yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu ortaya konulmuştur.

4.11.3 Mekanik özelliklerden çekme dayanımlarının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden çekme dayanımının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile belirlenmiş, farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye reçine çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır.

Ek 4,5,6'da gösterilen çizelgelerde Varyans analizi sonucu ortoftalik reçine için takviye çeşitlerinin mekanik özelliklerden çekme dayanımı deney sonuçları $p < 0.05$ olduğundan farklılık arz ettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye malzemesinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır.

Çizelge 4.67. Ortoftalik Reçine İçin Çekme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Tukey

Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	61,347225			
Kırpık Elyaf Kürlü	4	68,701425			
Keçe Kürsüz	4	86,048725	86,048725		
Keçe Kürlü	4	89,867575	89,867575		
2 Tab Dok. Kürsüz	4		137,172000	137,172000	
2 Tab Dok. Kürlü	4			166,508250	166,508250
4. Tab. Dok. Kürsüz	4			184,224000	184,224000
4 Tab Dok Kürlü	4				213,138250
p		,694	,091	,145	,152

Buna göre çizelge 4.67'de mekanik özelliklerden çekme dayanımının ortoftalik reçine için takviye malzemesi alt gruplarına bakıldığında kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz bir grubu, keçe kürlü, keçe kürsüz ve dokuma kürsüz ise 2. grubu, benzer şekilde dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma kürsüz ve dokuma 4 tabakalı kürsüz 3. grubu, dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma 4 tabaka kürsüz ve dokuma 4 tabaka kürlü 4. grubu oluşturmaktadır.

Dokuma 4 tabaka kürsüz, keçe kürsüze göre daha fazla çekme dayanımına sahip olup aralarındaki fark 98.175 MPa anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. Ortoftalik reçine grubu 4 tabakalı kürlü, keçe kürsüze göre daha fazla çekme dayanımlıdır. Aralarında 128.089 MPa lık fark vardır. Anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir . Ortoftalik reçine için dokuma 2 tabakalı kürlü, ortoftalik reçine grubundan keçe kürsüze göre daha fazla çekme dayanımlı olup aralarındaki fark 80.459

MPa dır. Dokuma 4 tabaka kürsüz, keçe kürlüye göre daha fazla çekme dayanımına sahiptir. Fark 94.356 MPa'dır. Dokuma 4 tabakalı kürlü, keçe kürlüye göre daha fazla çekme dayanımlıdır, fark 123.270 MPa, anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Dokuma 2 tabakalı kürlü keçe kürlüye göre daha fazla çekme dayanımı arz etmektedir. Aralarındaki fark 76.640 MPa dır. Benzer şekilde Dokuma 4 tabaka kürlü, dokuma 2 tabaka kürsüzden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 75.966 MPa dır. Aynı şekilde dokuma 4 tabakalı kürsüz, kırpık elyaf kürlüden daha fazla çekme dayanımlı olup , fark 115.5222 MPa dır. Dokuma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlüye göre daha fazla çekme dayanımlı olup fark 144.436'dır. 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlüye göre daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 97.806 MPa ve anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Vinil ester reçine gruplarından dokuma 2 tabakalı kürsüz, kırpık elyaf kürlüye göre çekme dayanımı fazladır. Fark 68.470 MPadır. aynı şekilde dokuma 4 tabakalı kürsüz, kırpık elyaf kürsüzden çekme dayanımı fazla fark 122.876 MPa dır. Dokunma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla çekme dayanımına sahip olup aralarındaki fark 151.791 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 105.161 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürsüz kırpık elyaf kürsüzden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 75.824 MPa olup anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Kalan diğer ortoftalik reçine, kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz, keçe kürlü, keçe kürsüz arasında çekme dayanımlarında bir farkın olmadığı ortaya konmuştur.

Çizelge 4.67'de istatistik araştırma sonucu ortoftalik reçine için en yüksek çekme dayanımına sahip kompozit malzemeler, dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma 4 tabaka kürsüz ve dokuma 4 tabaka kürlü takviye malzemelilerin olduğu belirlenmiştir.

4.11.4 Mekanik özelliklerden çekme dayanımlarının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden çekme dayanımının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) test ile belirlenmiş, farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye reçine çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Ek çizelge 7,8,9'da verilmiştir

Çizelge 4.68. Vinil Ester Reçine İçin Çekme Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Tukey

Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	77,9047			
Kırpık Elyaf Kürlü	4	88,7147			
Keçe Kürlü	4	119,7588	119,7588		
Keçe Kürsüz	4	120,3120	120,3120		
2 Tab Dok. Kürlü	4		160,1740	160,1740	
2 Tab Dok. Kürsüz	4			207,1023	
4 Tab Dok Kürlü	4				261,5450
4. Tab. Dok. Kürsüz	4				276,6050
p		,120	,155	,064	,966

Varyans analizi sonucu vinil ester reçine için takviye çeşidinin mekanik özelliklerinden çekme dayanımına göre deney sonucu $p < 0.05$ olduğundan farklılık arz ettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye malzemelerinden oluştuğunu ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Çizelge 4.68’de vinil ester reçine için kırpık elyaf kürsüz, kırpık elyaf kürlü, keçe kürlü ve keçe kürsüz bir grup oluştururken keçe kürlü, keçe kürsüz ve dokuma 2 tabaka kürlü 2.grubu, dokuma 2 tabakalı kürlü ve dokuma 2 tabakalı kürsüz 3. grubu, dokuma 4 tabaka takviye malzemeli olandır kürlü ve kürsüz 4. grubu oluşturduğu ortaya konulmuştur.

Buna göre vinil ester için dokuma 4 tabaka kürsüz, keçe kürsüzden daha fazla çekme dayanımlıdır. Aralarındaki fark 156.293 MPa olup, anlamlık düzeyi %5 in altındadır. Dokuma 4 tabakalı kürlü, keçe kürsüzüne göre daha fazla çekme dayanımına sahip olup fark 141.233 MPa dır. Aynı şekilde dokuma 2 tabakalı kürsüz, keçe kürsüzüne göre daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 86.790 MPa dır. Benzer şekilde dokuma 4 tabakalı kürsüz, keçe kürlüye göre daha fazla çekme dayanımlı olup fark 156.846MPadır. Anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. vinil ester reçine için dokuma 4 tabakalı kürlü, keçe kürlüden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 141.786 dır. Dokuma 2 tabakalı kürsüz, keçe kürlüden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 87.343 MPa dır. Aynı şekilde vinil ester reçine için dokuma 4 tabaka kürsüz, dokuma 2 tabaka kürlüden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 116.431 MPa dır. Dokuma 4 tabaka kürlü, dokuma 2 tabaka kürlüden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 101.301 MPa dır. Anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. Aynı şekilde dokuma 4 tabaka kürsüz, dokuma 2tabaka kürsüzden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 69.502 MPa dır. Dokuma 4 tabakalı kürlü, dokuma 2 tabakalı kürsüzden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 54.442 MPa dır. Dokuma 4 tabaka kürsüz,

kırpık elyaf kürlüden daha fazla çekme dayanımlı olup fark, 187.890 MPa dır. Dokuma 4 tabaka kürlü, kırpık elyaf kürlüden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 172.830 MPadır. Dokuma 2 tabaka kürsüz, kırpık elyaf kürlüden daha dayanımlı olup fark 118.387 MPa dır. Dokuma 2tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlüden daha fazla çekme dayanımına sahip olup fark 71.459 MPa, anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Aynı şekilde dokuma 4 tabaka kürsüz, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla çekme dayanımlıdır. Fark 198.700MPadır. dokuma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla çekme dayanımlı olup fark 183.640 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha dayanımlı olup fark 82.269 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürsüz, kırpık elyaf kürsüzden daha dayanımlı olup fark 129.197 MPa dır. Anlamlık düzeyi $p<0.05$ dir. Vinil ester reçine için çekme dayanımları bakımından kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz, keçe kürsüz, keçe kürlü aralarında bir farkın olmadığı ortaya konmuştur.

Çizelge 4.68'e göre istatistik araştırma sonucu vinil ester reçine için en yüksek çekme dayanımı 4 tabaka dokuma kürsüz ve 4 tabaka dokuma kürlü takviye malzemeli kompozit numuneleridir.

4.11.5 Mekanik özelliklerden darbe dayanımlarının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden darbe dayanımının vinil ester reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile testi belirlenmiş, farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar ek çizelge 10,11,12'de verilmiştir.

Çizelge 4.69. Vinil Ester Reçine İçin Darbe Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Tukey

Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Keçe Kürsüz	4	52,713750		
Kırpık Kürsüz	4	52,870000		
4.Tab Dok. Kürsüz	4	68,769250	68,769250	
2. Tab. Dok. Kürsüz	4	69,344750	69,344750	
4.Tab Dok. Kürlü	4	71,031500	71,031500	
Kırpık Kürlü	4	74,328000	74,328000	
Keçe Kürlü	4		83,208500	
2.Tab. Dok. Kürlü	4			128,570500
p		,254	,716	1,000

Varyans analizi sonucu vinil ester reçine için takviye çeşidinin mekanik özelliklerinden darbe dayanımına göre deney sonucu $p < 0.05$ olduğundan farklılık arz ettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye malzemelerinden oluştuğunu ortaya koymak için Tukey testi uygulanmıştır. Buna göre çizelge 4.69'da mekanik özelliklerden darbe dayanımının vinil ester reçine için takviye malzemesi alt gruplarına bakıldığında bunlardan keçe kürsüz, kırpık elyaf kürsüz, dokuma 4 tabakalı kürsüz, dokuma 2 tabakalı kürsüz, dokuma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlü bir grup oluştururken, dokuma 4 tabakalı kürsüz, dokuma 2 tabakalı kürsüz, dokuma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlü ve keçe kürlünün 2. grubu dokuma 2 tabakalı kürlü 3. grubu oluşturduğu ortaya konulmuştur.

Buna göre vinil ester reçine için keçe kürlü, keçe kürsüze göre daha fazla darbe dayanımına sahip olup aralarındaki fark 30.494 MPa olup anlamlık düzeyi %5 in altındadır. Dokuma 2 tabakalı kürlü keçe kürsüzden daha fazla darbe dayanımına sahip olup aralarındaki fark 75.856 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, keçe kürlüden daha fazla darbe dayanımlı olup fark 45.362 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma 4 tabakalı kürsüzden daha fazla darbe dayanımlıdır. Aralarındaki fark 589.801 MPa dır. Anlamlık düzeyi $p < 0.05$ tir. Aynı şekilde dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma 4 tabakalı kürlüden daha fazla darbe dayanımına sahip olup fark 57.539 dur. Dokuma 2 tabakalı kürlü, dokuma 2 tabakalı kürsüzden daha fazla darbe dayanımlıdır. Aralarındaki fark 59.225 MPa dır. Anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. Benzer şekilde dokuma 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürlüden daha fazla darbe dayanımlıdır. Fark 54.242 MPa dır. Keçe kürlü kırpık elyaf kürsüzden daha fazla darbe dayanımlı olup aralarındaki fark 30.338 MPa dır. Dokuma 2 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla darbe dayanımlıdır. Aralarındaki fark 75.705 MPa olup anlamlık düzeyi $p < 0.05$ tir. Geriye kalan 4 tabaka dokuma kürsüz, 2 tabaka dokuma kürsüz, 4 tabaka dokuma kürlü ve kırpık elyaf kürlü takviye malzemelerinin darbe dayanım değerleri arasında bir farkın olmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.69'a göre vinil ester reçine için en fazla darbe dayanımlı 2 tabaka dokuma kürlü kompozit numune olduğu ortaya konulmuştur.

4.11.6 Mekanik özelliklerden darbe dayanımlarının ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın testi

Mekanik özelliklerden darbe dayanımının Ortoftalik reçine için takviye çeşitlerine göre farklılığın olup olmadığını Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) testi ile belirlenmiş,

farklılığın olduğu durumlarda bu farklılığın hangi takviye reçine çeşidinden ileri geldiğini ortaya koymak için Tukey testi yapılmıştır. Sonuçlar ek çizelge 13,14,15'te verilmiştir.

Çizelge 4.70. Ortoftalik Reçine İçin Darbe Dayanımına Göre Takviye Malzemesi Alt Grup Tablosu

Tukey				
Takviye grup	Tekrar sayısı	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2. Tab. Dok. Kürsüz	4	60,265000		
Keçe Kürsüz	4	61,336000		
Kırpık Kürsüz	4	70,675250	70,675250	
2.Tab. Dok. Kürlü	4	73,644000	73,644000	
Keçe Kürlü	4	94,998750	94,998750	94,998750
Kırpık Kürlü	4	103,827750	103,827750	103,827750
4.Tab Dok.Kürsüz	4		110,708500	110,708500
4.Tab Dok. Kürlü	4			136,793000
p		,055	,095	,073

Varyans analizi sonucu ortoftalik reçine için takviye çeşidinin mekanik özelliklerinden darbe dayanımına göre deney sonucu $p < 0.05$ olduğundan farklılık arz ettiği ortaya konulmuştur. Bu farklılığın hangi takviye malzemelerinden oluştuğunu ortaya koymak için Tukey testi (**Çakıcı ve ark. 2003**) yapılmıştır. Buna göre mekanik özelliklerden darbe dayanımlarında ortoftalik reçine için 2 tabakalı dokuma kürsüz, keçe kürsüz, kırpık elyaf kürsüz, 2 tabakalı dokuma kürlü, keçe kürlü, kırpık elyaf kürlü bir grup oluştururken kırpık elyaf kürsüz, 2 tabakalı kürlü, keçe kürlü, kırpık elyaf kürlü ve 4 tabakalı dokuma kürsüz başka bir grubu oluşturmaktadır. Benzer şekilde keçe kürlü, kırpık elyaf kürlü, 4 tabakalı dokuma kürsüz ve 4 tabakalı dokuma kürlü de başka bir grupta toplanmaktadır. Buna göre; ortoftalik reçine için dokuma 4 tabakalı kürsüz, keçe kürsüze göre daha fazla darbe dayanımlıdır. Aralarındaki fark 49.372 kJ/m^2 olup anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. Dokuma 4 tabakalı kürlü, keçe kürsüze göre daha fazla darbe dayanımlıdır. Aralarındaki fark 75.457 kJ/m^2 dir. Benzer şekilde dokuma 4 tabakalı kürlü, dokuma 2 tabakalı kürlüden daha fazla darbe dayanımlı olup aralarındaki fark 63.149 kJ/m^2 dir. Dokuma 4 tabakalı kürsüz, dokuma 2 tabakalı kürsüzden daha fazla darbe dayanımına sahip olup aralarındaki 76.528 kJ/m^2 , anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir. Benzer şekilde dokuma 4 tabakalı kürlü, kırpık elyaf kürsüzden daha fazla darbe dayanımlı olup fark 66.117 kJ/m^2 ve anlamlık düzeyi $p < 0.05$ dir.

Ortoftalik reçine için keçe kürsüz, keçe kürlü, 2 tabakalı dokuma kürlü, 2 tabakalı dokuma kürsüz, kırpık elyaf kürlü, kırpık elyaf kürsüz arasında darbe dayanım değerleri bakımından bir farkın olmadığı ortaya konmuştur.

Çizelge 4.70'de istatistik araştırma sonucu ortoftalik reçinede en fazla darbe dayanımlı 4 tabakalı dokuma kürlü kompozit numune olduğu ortaya konulmuştur.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Traktör kaportasında kullanılan kompozit malzemenin iyileştirilmesi için geniş çaplı deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle plastik matrisli elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu malzemenin traktör kaportalarında kullanımını öne çıkaran özelliklerden bir tanesi, istenilen özelliklerde üretilebilme imkânı sunabilmesidir. Traktör kaportalarında kullanılan malzemede istenilen özellikleri elde etmek için kompozit malzeme bileşenlerinden matris ve takviye çeşidinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ortoftalik ve vinilester reçineler ile elyaf, keçe ve dokuma tipli cam elyaf takviyeler kullanılarak bunların mekanik özellikleri araştırılmıştır. Takviye çeşidinin, malzeme kalınlığının, reçine çeşidinin ve kür işlemi uygulamanın mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

Ayrıca hazırlanan laboratuvar numunelerinde traktörlerin çalıştığı atmosferik şartlara dayanımları test edilmiştir. Termodinamik analizleri yapılmış HDT ve T_g değerleri bulunmuştur.

Deney sonuçları iki aşamalı olarak yorumlanmış, birinci aşamada deneylerden elde edilen değerlerle oluşturulan çizelge ve grafikler yorumlanmış, sonuçlar A ve B firmalarına ait kompozit parçaların mekanik değerleri ile kıyaslanmıştır. İkinci aşamada ise varyans analizleri yapılarak traktör kaporta aksamı için uygun matris ve takviye çeşidi tespit edilmiştir.

5.1 Çekme Deneyi Bulguları

Kullanılan termoset plastik reçinenin yapısı ve takviye çeşidine bağlı olarak numunelerin elastik modülleri, çekme dayanımları ve kopmadaki % uzama değerleri bulunmuştur. Yapılan çekme deneyleri sonucunda laboratuvar şartlarında hazırlanan kompozit numunelerin çekme dayanımları ile A ve B firmalarına ait traktör kaporta kompozit malzemelerin çekme dayanımları karşılaştırıldığında, laboratuvar şartlarında hazırladığımız 90⁰ dokuma takviyeli kompozit numunelerin çekme dayanımları piyasada kullanılmakta olan kompozit traktör kaporta parçalarının çekme dayanımı değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

Kür işlemleri uygulanmamış numunelerde; matris cinsine bağlı olmaksızın kırpık cam elyaf ile takviyelendirilmiş kompozit numunelerin çekme dayanımları, elastik modülleri ve kopmadaki % uzama değerleri diğer takviye çeşitlerine göre en azdır. Bulunan değerler, ortoftalik ve vinilester reçinelerin kırpık elyaf ile takviyelendirmelerdeki teorik değerlere çok yakın değildir. Bu da rastgele dağıtılmış kırpık elyaf takviye ile kompozit oluşturulmasında elyaf/matris ara yüzey özelliklerinin kompozit malzemenin mekanik özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Ortoftalik matris ve kırpık elyaf takviye ile kompozit numunenin çekme dayanımı 61.3472 MPa, elastik modülü 1901.52 MPa, kopmadaki % uzama 2.81848 olarak, vinil ester ve kırpık elyafli kompozit numunenin çekme dayanımı 77.948 MPa, elastik modülü 1668.81 MPa, kopmadaki % uzama 2.661005 olarak bulunmuştur.

En yüksek çekme dayanımı, 4 tabakalı, 90° cam dokuma takviyeli kompozit numunelerde bulunmuştur. Bu değerler ortoftalik matris için 184.2914MPa, vinilester matris için 261.545 MPa'dır.

TURHAN (2007) yaptığı çalışmada; CTP malzemelerde, cam elyafın mekanik özellikleri ve matris içindeki oranı kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin belirleyicisi konumunda olduğunu, DEMİRCİOĞLU (2006) yaptığı çalışmada; artan elyaf boyunun kompozit malzemelerin çekme, eğilme dayanımlarını arttırıcı yönde etkilediğini belirtmektedirler. Bu sonuçlarda laboratuvar deney sonuçlarımıza benzerdir.

Kür işlemleri uygulanmış numunelerde; kür işlemleri, tüm kompozit numunelerin çekme dayanımlarını arttırmıştır. Özellikle 2 ve 4 tabakalı cam takviyeli numunelerde iyileşme daha fazla olmuştur. Bunun nedeni; kalın kompozit yapılarda polimer kütlelerine daha fazla enerji transferi gerekmesidir. Bu da kür işlemleri ile sağlanmaktadır.

5.2 Eğilme Deneyi Bulguları

Laboratuvar koşullarında hazırlanan kompozit numunelerin bazılarında yapılan eğilme testlerinde kopma yükü ve kopmadaki uzama değerleri ölçülemediği görülmüştür. Bunun nedeni bu numunelerde matrisin çeşidine bağlı olmaksızın ani kopma veya kırılma olmamasıdır. Kopma yerine sünme olmaktadır.

Süneklik malzemenin kopmaksızın dayanabileceği şekil değiştirme miktarıdır. Kuvvet etkisi ile numune kırılma yerine boyun vermeye başlamıştır. İki tabakalı 90° dokunmuş cam elyaf takviye çeşidinde eğilme testinde sünme görülmüştür. Kalınlığı 4 mm' nin üzerindeki numunelerde kırılma olmuştur.

5.3 Darbe Testi Bulguları

Darbe testi, malzemenin ani yük altında kırılmadan enerjiyi absorbe etme yeteneğini ölçer. Darbe enerjisi, yük aniden uygulandığında numunenin kırılması için gerekli enerji miktarıdır. Sertliği fazla olan numunelerin darbe dayanımlarında yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Laboratuvar koşullarında oluşturulan yeni yapı kompozit numuneler üzerinde uygulanan ayrı ayrı deneyler ile traktör kaporta aksamına en uygun matris ve takviye çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneyler ile;

1- Cam lifle güçlendirilmiş plastik malzemeler, özellikle tarım alet ve makinelerinde önemli olan ısı, nem, korozyon gibi çevre ve doğa koşullarına uzun süre dayanabilme yeteneği nedeniyle klasik malzemelerin yerine kullanılabilceği ve vinil ester esaslı reçinenin atmosferik şartlara dayanımının ortoftalik reçineye göre daha iyi olduğu,

2- Mekanik özelliklerdeki kayıpların lif ve matris ara yüzeyindeki bozulmadan kaynaklandığı, bu nedenle traktör kaportalarında kullanılacak kompozit malzeme oluşumunda lif ve matris ara yüzeyi bağlanmasının hatasız olması, oluşturulan ara yüzeyin çevresel etkilere direnc göstermesi gerektiği, aksi halde çekme, eğilme ve darbe değerlerinde düşme olabileceği,

3- Ortoftalik ve vinil ester reçineler için keçe ve kırpık elyaf takviyelerin varyans analizi sonucu mekanik özelliklerden çekme, eğilme ve darbe dayanımları arasında çok büyük fark olmadığı,

4- Laboratuvar şartlarında hazırlanan kompozit numunelerde bozulmanın başladığı sıcaklıklar ortoftalik reçine için 84.5 °C, vinil ester reçine için 109.6 °C olarak bulunmuştur. Traktörlerin çalışma sıcaklıkları ortalama 40-45°C kabul edildiğinde, her iki reçine çeşidinde kullanılabilirlik sıcaklık değerlerinin traktörler için uygun olduğunu göstermektedir.

Traktörlerin çalışma koşulları farklılık göstermektedir. Traktörlerin kullanıldığı tarlanın toprak yapısı, arazi koşulları traktörün maruz kaldığı hasarların tanımlanmasında önemli faktörlerdendir. Traktörler tarla sürmek dışında römork ile beraber boş veya dolu olarak toprak, asfalt ve mıcırlı asfalt gibi farklı özellikteki yollarda taşımacılıkta da kullanılmaktadır. Ayçiçeği gibi yüksek saplı bitkiler, ağaç dalları ve dikkatsiz sürücüler gibi

sebeplerle tarım ürünlerine ve çevredeki nesnelere çarpabilmektedir. Ayrıca hava şartları da traktörlerin kullanım ömrünü etkileyen önemli faktörlerdendir. Tüm bu faktörler göz önüne alınarak traktör kaporta aksamında kullanılacak en uygun matris ve takviye çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır.

Uygun bir tasarım gerçekleştirebilmek için korozyon dayanımının, mekanik özellik olarak da darbe dayanımının yüksek olması, matris ile takviye arasında iyi bir ara yüzey bağını oluşabilmesi, kolay ıslanabilirlik ve imal edilebilirlik aranacak kriterler olarak seçilmiştir.

Seçilen ortoftalik ve vinil ester reçine matrislerin mekanik özellikleri t testi ile karşılaştırıldığında çekme ve darbe dayanımları bakımından farklı olmadıkları görülmüştür. Ancak araştırma konusu traktör olduğu için mekanik özellikler yanında atmosferik şartlara dayanım (korozyon dayanımı) göz önüne alındığında, dayanımı yüksek olan vinil ester reçinenin, ortoftalik reçineye göre traktör kaporta aksamı için daha uygun matris malzeme olduğu görülmüştür. Ayrıca vinil ester reçinenin viskozitesi, ortoftalik reçineye göre düşük olduğundan takviye malzemesini ıslatması daha kolay olmaktadır.

Deneylerden elde edilen sonuçlar ile varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde; vinil ester reçine için en yüksek darbe dayanımı 90⁰ cam elyaf dokuma ile takviyelendirilmiş iki tabakalı kürlü numunede bulunmuştur. Traktör kaporta aksamında 90⁰ cam elyaf dokuma takviye çeşidi kullanılarak iki tabakalı olarak üretilen kompozitlerde tüm yönlerde yüksek darbe dayanımı elde edilebilir. Soğuk bekletme sonrası 50, 80, 110⁰C de birer saat uygulanan kür işleminin de darbe dayanımını arttırdığı gözlenmiştir.

Seçilen bu takviye malzemesinin eğilme ve çekme dayanım grafikleri incelendiğinde sünek malzeme özelliği gösterdiği görülmektedir.

Bu çalışmada; traktör kaporta aksamında vinil ester esaslı matris malzeme ile 90⁰ cam elyaf dokuma takviye malzemesi kullanılarak, 2 tabakalı kompozit malzeme oluşturulup 50, 80, 110⁰C de kür işlemi uygulandığında uzun ömürlü ve güçlü traktörler üretilebileceği sonucuna varılmıştır.

EKLER:**EK.1. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Çeşitlerinin Mekanik Özelliklerden Eğilme Dayanımına İlişkin Ortalamaları**

	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	8	200,25813	33,689886	11,911173	172,09268	228,42357	145,649	231,044
Keçe Kürlü	8	216,20538	30,300142	10,712718	190,87382	241,53693	159,404	243,167
Dok 4 Tab. Kürsüz	8	451,73375	89,223863	31,545399	377,14073	526,32677	302,530	558,035
Dok 4 Tab. Kürlü	8	359,53975	61,620256	21,786050	308,02393	411,05557	248,338	424,417
Dokuma 2 Tab. Kürlü	8	290,54175	39,117946	13,830282	257,83833	323,24517	232,736	347,541
Kırpık Elyaf Kürlü	8	148,46475	42,840761	15,146496	112,64898	184,28052	114,785	238,879
Kırpık Elyaf Kürsüz	8	197,24975	45,144517	15,960997	159,50799	234,99151	142,281	286,183
Toplam	56	266,28475	111,846567	14,946126	236,33204	296,23746	114,785	558,035

EK 2. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Çeşitlerinin Mekanik Özelliklerden Eğilme Dayanımına İlişkin Varyans Analiz Tablosu

Anova

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralarındaki	553528,570	6	92254,762	33,609	,000
İçindeki	134502,428	49	2744,948		
Toplam	688030,998	55			

EK 3. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Eğilme Dayanımı Çoklu

Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe Kürlü	-15,947250	26,196123	,996	-96,47504	64,58054
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-251,475625(*)	26,196123	,000	-332,00342	-170,94783
	Dok 4 Tab. Kürlü	-159,281625(*)	26,196123	,000	-239,80942	-78,75383
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-90,283625(*)	26,196123	,019	-170,81142	-9,75583
	KırpıkElyaf Kürlü	51,793375	26,196123	,442	-28,73442	132,32117
	KırpıkElyaf Kürsüz	3,008375	26,196123	1,000	-77,51942	83,53617
Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	15,947250	26,196123	,996	-64,58054	96,47504
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-235,528375(*)	26,196123	,000	-316,05617	-155,00058
	Dok 4 Tab. Kürlü	-143,334375(*)	26,196123	,000	-223,86217	-62,80658
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-74,336375	26,196123	,088	-154,86417	6,19142
	Kırpık Elyaf Kürlü	67,740625	26,196123	,153	-12,78717	148,26842
	KırpıkElyaf Kürsüz	18,955625	26,196123	,990	-61,57217	99,48342
Dokuma 4 Tab. Kürsüz	Keçe Kürsüz	251,475625(*)	26,196123	,000	170,94783	332,00342
	Keçe Kürlü	235,528375(*)	26,196123	,000	155,00058	316,05617
	Dok 4 Tab. Kürlü	92,194000(*)	26,196123	,015	11,66621	172,72179
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	161,192000(*)	26,196123	,000	80,66421	241,71979
	Kırpık Elyaf Kürlü	303,269000(*)	26,196123	,000	222,74121	383,79679
	Kırpık Elyaf Kürsüz	254,484000(*)	26,196123	,000	173,95621	335,01179
Dok 4 Tab. Kürlü	Keçe Kürsüz	159,281625(*)	26,196123	,000	78,75383	239,80942
	Keçe Kürlü	143,334375(*)	26,196123	,000	62,80658	223,86217
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-92,194000(*)	26,196123	,015	-172,72179	-11,66621
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	68,998000	26,196123	,138	-11,52979	149,52579
	KırpıkElyaf Kürlü	211,075000(*)	26,196123	,000	130,54721	291,60279
	KırpıkElyaf Kürsüz	162,290000(*)	26,196123	,000	81,76221	242,81779
Dokuma 2 Tab. Kürlü	Keçe Kürsüz	90,283625(*)	26,196123	,019	9,75583	170,81142
	Keçe Kürlü	74,336375	26,196123	,088	-6,19142	154,86417
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-161,192000(*)	26,196123	,000	-241,71979	-80,66421
	Dok 4 Tab. Kürlü	-68,998000	26,196123	,138	-149,52579	11,52979
	Kırpık Elyaf Kürlü	142,077000(*)	26,196123	,000	61,54921	222,60479
	KırpıkElyaf Kürsüz	93,292000(*)	26,196123	,014	12,76421	173,81979
Kırpık Elyaf Kürlü	Keçe Kürsüz	-51,793375	26,196123	,442	-132,32117	28,73442
	Keçe Kürlü	-67,740625	26,196123	,153	-148,26842	12,78717
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-303,269000(*)	26,196123	,000	-383,79679	-222,74121
	Dok 4 Tab. Kürlü	-211,075000(*)	26,196123	,000	-291,60279	-130,54721
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-142,077000(*)	26,196123	,000	-222,60479	-61,54921
	Kırpık Elyaf Kürsüz	-48,785000	26,196123	,514	-129,31279	31,74279
Kırpık Elyaf Kürsüz	Keçe Kürsüz	-3,008375	26,196123	1,000	-83,53617	77,51942
	Keçe Kürlü	-18,955625	26,196123	,990	-99,48342	61,57217
	Dokuma 4 Tab. Kürsüz	-254,484000(*)	26,196123	,000	-335,01179	-173,95621
	Dok 4 Tab. Kürlü	-162,290000(*)	26,196123	,000	-242,81779	-81,76221
	Dokuma 2 Tab. Kürlü	-93,292000(*)	26,196123	,014	-173,81979	-12,76421
	Kırpık Elyaf Kürlü	48,785000	26,196123	,514	-31,74279	129,31279

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

EK 4. Ortoftalik Reçine Takviye Çeşitlerine Çekme Dayanımına İlişkin Ortalamaları

	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	4	86,048725	4,9178782	2,4589391	78,223283	93,874167	81,6090	93,0443
Keçe Kürlü	4	89,867575	4,3725432	2,1862716	82,909883	96,825267	84,9206	95,3497
4. Tab. Dok. Kürsüz	4	184,224000	20,1603519	10,0801760	152,144381	216,303619	155,9190	203,6790
4 Tab Dok Kürlü	4	213,138250	52,0479238	26,0239619	130,318389	295,958111	152,4370	271,8340
2 Tab Dok. Kürlü	4	166,508250	30,5645660	15,2822830	117,873205	215,143295	122,8840	190,5430
2 Tab Dok. Kürsüz	4	137,172000	20,4334030	10,2167015	104,657896	169,686104	112,7330	154,2900
Kırpık Elyaf Kürlü	4	68,701425	6,0071603	3,0035802	59,142692	78,260158	62,4315	76,3255
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	61,347225	3,8882935	1,9441468	55,160082	67,534368	57,5778	65,1658
Toplam	32	125,875931	58,5135455	10,3438312	104,779548	146,972314	57,5778	271,8340

EK 5. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Çeşilerinin Çekme Dayanımına İlişkin Varyans

Analiz Tablosu

Anova

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralardaki	92453,928	7	13207,704	23,163	,000
İçindeki	13684,957	24	570,207		
Toplam	106138,885	31			

EK 6. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Çekme Dayanımı Çoklu

Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye Grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe kürlü	-3,8188500	16,8850012	1,000	-59,740503	52,102803
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-98,1752750(*)	16,8850012	,000	-154,096928	-42,253622
	4 Tab Dok Kürlü	-127,0895250(*)	16,8850012	,000	-183,011178	-71,167872
	2 Tab Dok. Kürlü	-80,4595250(*)	16,8850012	,002	-136,381178	-24,537872
	2 Tab Dok. Kürsüz	-51,1232750	16,8850012	,091	-107,044928	4,798378

	Kırpık Elyaf Kürlü	17,3473000	16,8850012	,965	-38,574353	73,268953
	Kırpık Elyaf Kürsüz	24,7015000	16,8850012	,819	-31,220153	80,623153
Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	3,8188500	16,8850012	1,000	-52,102803	59,740503
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-94,3564250(*)	16,8850012	,000	-150,278078	-38,434772
	4 Tab Dok Kürlü	-123,2706750(*)	16,8850012	,000	-179,192328	-67,349022
	2 Tab Dok. Kürlü	-76,6406750(*)	16,8850012	,003	-132,562328	-20,719022
	2 Tab Dok. Kürsüz	-47,3044250	16,8850012	,141	-103,226078	8,617228
	Kırpık Elyaf Kürlü	21,1661500	16,8850012	,907	-34,755503	77,087803
	Kırpık Elyaf Kürsüz	28,5203500	16,8850012	,694	-27,401303	84,442003
4. Tab. Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	98,1752750(*)	16,8850012	,000	42,253622	154,096928
	Keçe Kürlü	94,3564250(*)	16,8850012	,000	38,434772	150,278078
	4 Tab Dok Kürlü	-28,9142500	16,8850012	,680	-84,835903	27,007403
	2 Tab Dok. Kürlü	17,7157500	16,8850012	,961	-38,205903	73,637403
	2 Tab Dok. Kürsüz	47,0520000	16,8850012	,145	-8,869653	102,973653
	Kırpık Elyaf Kürlü	115,5225750(*)	16,8850012	,000	59,600922	171,444228
	Kırpık Elyaf Kürsüz	122,8767750(*)	16,8850012	,000	66,955122	178,798428
4 Tab Dok Kürlü	Keçe Kürsüz	127,0895250(*)	16,8850012	,000	71,167872	183,011178
	Keçe Kürlü	123,2706750(*)	16,8850012	,000	67,349022	179,192328
	4. Tab. Dok. Kürsüz	28,9142500	16,8850012	,680	-27,007403	84,835903
	2 Tab Dok. Kürlü	46,6300000	16,8850012	,152	-9,291653	102,551653
	2 Tab Dok. Kürsüz	75,9662500(*)	16,8850012	,003	20,044597	131,887903
	KırpıkElyaf Kürlü	144,4368250(*)	16,8850012	,000	88,515172	200,358478
	Kırpık Elyaf Kürsüz	151,7910250(*)	16,8850012	,000	95,869372	207,712678
2 Tab Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	80,4595250(*)	16,8850012	,002	24,537872	136,381178
	Keçe Kürlü	76,6406750(*)	16,8850012	,003	20,719022	132,562328
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-17,7157500	16,8850012	,961	-73,637403	38,205903
	4 Tab Dok Kürlü	-46,6300000	16,8850012	,152	-102,551653	9,291653
	2 Tab Dok. Kürsüz	29,3362500	16,8850012	,665	-26,585403	85,257903
	Kırpık Elyaf Kürlü	97,8068250(*)	16,8850012	,000	41,885172	153,728478
	Kırpık Elyaf Kürsüz	105,1610250(*)	16,8850012	,000	49,239372	161,082678
2 Tab Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	51,1232750	16,8850012	,091	-4,798378	107,044928
	Keçe Kürlü	47,3044250	16,8850012	,141	-8,617228	103,226078
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-47,0520000	16,8850012	,145	-102,973653	8,869653
	4 Tab Dok Kürlü	-75,9662500(*)	16,8850012	,003	-131,887903	-20,044597
	2 Tab Dok. Kürlü	-29,3362500	16,8850012	,665	-85,257903	26,585403
	Kırpık Elyaf Kürlü	68,4705750(*)	16,8850012	,009	12,548922	124,392228
	Kırpık Elyaf Kürsüz	75,8247750(*)	16,8850012	,003	19,903122	131,746428
Kırpık Elyaf Kürlü	Keçe Kürsüz	-17,3473000	16,8850012	,965	-73,268953	38,574353
	Keçe Kürlü	-21,1661500	16,8850012	,907	-77,087803	34,755503
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-115,5225750(*)	16,8850012	,000	-171,444228	-59,600922
	4 Tab Dok Kürlü	-144,4368250(*)	16,8850012	,000	-200,358478	-88,515172
	2 Tab Dok. Kürlü	-97,8068250(*)	16,8850012	,000	-153,728478	-41,885172
	2 Tab Dok. Kürsüz	-68,4705750(*)	16,8850012	,009	-124,392228	-12,548922
	Kırpık Elyaf Kürsüz	7,3542000	16,8850012	1,000	-48,567453	63,275853
Kırpık Elyaf Kürsüz	Keçe Kürsüz	-24,7015000	16,8850012	,819	-80,623153	31,220153
	Keçe Kürlü	-28,5203500	16,8850012	,694	-84,442003	27,401303
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-122,8767750(*)	16,8850012	,000	-178,798428	-66,955122
	4 Tab Dok Kürlü	-151,7910250(*)	16,8850012	,000	-207,712678	-95,869372
	2 Tab Dok. Kürlü	-105,1610250(*)	16,8850012	,000	-161,082678	-49,239372
	2 Tab Dok. Kürsüz	-75,8247750(*)	16,8850012	,003	-131,746428	-19,903122
	Kırpık Elyaf Kürlü	-7,3542000	16,8850012	1,000	-63,275853	48,567453

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

EK 7. Vinil Ester Reçine Takviye Çeşitlerine Göre Çekme Dayanımına İlişkin

Ortalamaları

	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	4	120,3120	3,21007	1,60504	115,2041	125,4199	115,94	123,66
Keçe Kürlü	4	119,7588	16,22753	8,11376	93,9371	145,5804	103,72	138,77
4. Tab. Dok. Kürsüz	4	276,6050	42,75617	21,37809	208,5704	344,6396	232,63	333,25
4 Tab Dok Kürlü	4	261,5450	30,84661	15,42331	212,4612	310,6288	219,29	288,06
2 Tab Dok. Kürlü	4	160,1740	18,13888	9,06944	131,3110	189,0370	140,29	183,08
2 Tab Dok. Kürsüz	4	207,1023	3,94588	1,97294	200,8235	213,3810	201,53	210,45
Kırpık Elyaf Kürlü	4	88,7147	3,12352	1,56176	83,7445	93,6849	85,76	92,25
Kırpık Elyaf Kürsüz	4	77,9047	6,66327	3,33164	67,3020	88,5075	68,75	84,01
Toplam	32	164,0146	75,00757	13,25959	136,9714	191,0577	68,75	333,25

EK 8. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Çeşitlerinin Çekme Dayanımına İlişkin Varyans

Analiz Tablosu

Anova

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralarındaki	164054,239	7	23436,320	54,314	,000
İçindeki	10355,956	24	431,498		
Toplam	174410,195	31			

EK 9. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Çekme Dayanımı Çoklu

Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe Kürlü	,55325	14,68840	1,000	-48,0935	49,2000
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-156,29300(*)	14,68840	,000	-204,9397	-107,6463
	4 Tab Dok Kürlü	-141,23300(*)	14,68840	,000	-189,8797	-92,5863
	2 Tab Dok. Kürlü	-39,86200	14,68840	,166	-88,5087	8,7847
	2 Tab Dok. Kürsüz	-86,79025(*)	14,68840	,000	-135,4370	-38,1435
	Kırpık Elyaf Kürlü	31,59733	14,68840	,413	-17,0494	80,2440
	Kırpık Elyaf Kürsüz	42,40728	14,68840	,120	-6,2394	91,0540
Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	-,55325	14,68840	1,000	-49,2000	48,0935
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-156,84625(*)	14,68840	,000	-205,4930	-108,1995

	4 Tab Dok Kürlü	-141,78625(*)	14,68840	,000	-190,4330	-93,1395
	2 Tab Dok. Kürlü	-40,41525	14,68840	,155	-89,0620	8,2315
	2 Tab Dok. Kürsüz	-87,34350(*)	14,68840	,000	-135,9902	-38,6968
	Kırpık Elyaf Kürlü	31,04408	14,68840	,435	-17,6026	79,6908
	Kırpık Elyaf Kürsüz	41,85403	14,68840	,129	-6,7927	90,5007
4. Tab. Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	156,29300(*)	14,68840	,000	107,6463	204,9397
	Keçe Kürlü	156,84625(*)	14,68840	,000	108,1995	205,4930
	4 Tab Dok Kürlü	15,06000	14,68840	,966	-33,5867	63,7067
	2 Tab Dok. Kürlü	116,43100(*)	14,68840	,000	67,7843	165,0777
	2 Tab Dok. Kürsüz	69,50275(*)	14,68840	,002	20,8560	118,1495
	Kırpık Elyaf Kürlü	187,89033(*)	14,68840	,000	139,2436	236,5370
	KırpıkElyaf Kürsüz	198,70028(*)	14,68840	,000	150,0536	247,3470
4 Tab Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	141,23300(*)	14,68840	,000	92,5863	189,8797
	Keçe Kürlü	141,78625(*)	14,68840	,000	93,1395	190,4330
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-15,06000	14,68840	,966	-63,7067	33,5867
	2 Tab Dok. Kürlü	101,37100(*)	14,68840	,000	52,7243	150,0177
	2 Tab Dok. Kürsüz	54,44275(*)	14,68840	,021	5,7960	103,0895
	Kırpık Elyaf Kürlü	172,83033(*)	14,68840	,000	124,1836	221,4770
	Kırpık Elyaf Kürsüz	183,64028(*)	14,68840	,000	134,9936	232,2870
2 Tab Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	39,86200	14,68840	,166	-8,7847	88,5087
	Keçe Kürlü	40,41525	14,68840	,155	-8,2315	89,0620
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-116,43100(*)	14,68840	,000	-165,0777	-67,7843
	4 Tab Dok Kürlü	-101,37100(*)	14,68840	,000	-150,0177	-52,7243
	2 Tab Dok. Kürsüz	-46,92825	14,68840	,064	-95,5750	1,7185
	Kırpık Elyaf Kürlü	71,45933(*)	14,68840	,001	22,8126	120,1060
	Kırpık Elyaf Kürsüz	82,26928(*)	14,68840	,000	33,6226	130,9160
2 Tab Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	86,79025(*)	14,68840	,000	38,1435	135,4370
	Keçe Kürlü	87,34350(*)	14,68840	,000	38,6968	135,9902
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-69,50275(*)	14,68840	,002	-118,1495	-20,8560
	4 Tab Dok Kürlü	-54,44275(*)	14,68840	,021	-103,0895	-5,7960
	2 Tab Dok. Kürlü	46,92825	14,68840	,064	-1,7185	95,5750
	Kırpık Elyaf Kürlü	118,38758(*)	14,68840	,000	69,7409	167,0343
	Kırpık Elyaf Kürsüz	129,19753(*)	14,68840	,000	80,5508	177,8442
Kırpık Elyaf Kürlü	Keçe Kürsüz	-31,59733	14,68840	,413	-80,2440	17,0494
	Keçe Kürlü	-31,04408	14,68840	,435	-79,6908	17,6026
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-187,89033(*)	14,68840	,000	-236,5370	-139,2436
	4 Tab Dok Kürlü	-172,83033(*)	14,68840	,000	-221,4770	-124,1836
	2 Tab Dok. Kürlü	-71,45933(*)	14,68840	,001	-120,1060	-22,8126
	2 Tab Dok. Kürsüz	-118,38758(*)	14,68840	,000	-167,0343	-69,7409
	Kırpık Elyaf Kürsüz	10,80995	14,68840	,995	-37,8368	59,4567
Kırpık Elyaf Kürsüz	Keçe Kürsüz	-42,40728	14,68840	,120	-91,0540	6,2394
	Keçe Kürlü	-41,85403	14,68840	,129	-90,5007	6,7927
	4. Tab. Dok. Kürsüz	-198,70028(*)	14,68840	,000	-247,3470	-150,0536
	4 Tab Dok Kürlü	-183,64028(*)	14,68840	,000	-232,2870	-134,9936
	2 Tab Dok. Kürlü	-82,26928(*)	14,68840	,000	-130,9160	-33,6226
	2 Tab Dok. Kürsüz	-129,19753(*)	14,68840	,000	-177,8442	-80,5508
		-10,80995	14,68840	,995	-59,4567	37,8368

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

EK 10. Vinil Ester Reçine Takviye Çeşitlerine Göre Darbe Dayanımına İlişkin

Ortalamaları

	Tekrar sayısı	Ortalama	Standart sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	4	52,713750	12,5780091	6,2890045	32,699331	72,728169	35,4850	65,4100
Keçe Kürlü	4	83,208500	6,2835087	3,1417544	73,210035	93,206965	77,0030	89,3440
4.Tab Dok.Kürsüz	4	68,769250	6,3941396	3,1970698	58,594747	78,943753	62,7500	77,4810
4.Tab Dok. Kürlü	4	71,031500	3,7773826	1,8886913	65,020841	77,042159	68,0760	76,1450
2.Tab. Dok. Kürlü	4	128,570500	23,6024709	11,8012354	91,013702	166,127298	104,5800	158,1620
2. Tab. Dok. Kürsüz	4	69,344750	8,2588007	4,1294003	56,203155	82,486345	60,8640	78,7060
Kırpık Kürlü	4	74,328000	10,6489793	5,3244897	57,383098	91,272902	64,6680	87,9170
KırpıkKürsüz	4	52,870000	15,2071685	7,6035843	28,672001	77,067999	31,0710	66,3050
Toplam	32	75,104531	25,2154541	4,4575047	66,013391	84,195672	31,0710	158,1620

EK 11. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Çeşitlerinin Darbe Dayanımına İlişkin Varyans

Analiz Tablosu

Anova

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralarındaki	16042,036	7	2291,719	14,993	,000
İçindeki	3668,357	24	152,848		
Toplam	19710,393	31			

EK 12. Vinil Ester Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Darbe Dayanımı Çoklu

Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe Kürlü	-30,4947500(*)	8,7420878	,034	-59,447783	-1,541717
	4.Tab Dok.Kürsüz	-16,0555000	8,7420878	,603	-45,008533	12,897533
	4.Tab Dok. Kürlü	-18,3177500	8,7420878	,445	-47,270783	10,635283
	2.Tab. Dok. Kürlü	-75,8567500(*)	8,7420878	,000	-104,809783	-46,903717
	2. Tab. Dok. Kürsüz	-16,6310000	8,7420878	,562	-45,584033	12,322033
	Kırpık Kürlü	-21,6142500	8,7420878	,254	-50,567283	7,338783
	Kırpık Kürsüz	-,1562500	8,7420878	1,000	-29,109283	28,796783
	Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	30,4947500(*)	8,7420878	,034	1,541717
4.Tab Dok. Kürsüz		14,4392500	8,7420878	,716	-14,513783	43,392283
4.Tab Dok. Kürlü		12,1770000	8,7420878	,852	-16,776033	41,130033

	2.Tab. Dok. Kürlü	-45,3620000(*)	8,7420878	,001	-74,315033	-16,408967
	2. Tab. Dok. Kürsüz	13,8637500	8,7420878	,754	-15,089283	42,816783
	Kırpık Kürlü	8,8805000	8,7420878	,967	-20,072533	37,833533
	Kırpık Kürsüz	30,3385000(*)	8,7420878	,035	1,385467	59,291533
4.Tab Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	16,0555000	8,7420878	,603	-12,897533	45,008533
	Keçe Kürlü	-14,4392500	8,7420878	,716	-43,392283	14,513783
	4.Tab Dok. Kürlü	-2,2622500	8,7420878	1,000	-31,215283	26,690783
	2.Tab. Dok. Kürlü	-59,8012500(*)	8,7420878	,000	-88,754283	-30,848217
	2. Tab. Dok. Kürsüz	-,5755000	8,7420878	1,000	-29,528533	28,377533
	Kırpık Kürlü	-5,5587500	8,7420878	,998	-34,511783	23,394283
	Kırpık Kürsüz	15,8992500	8,7420878	,614	-13,053783	44,852283
4.Tab Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	18,3177500	8,7420878	,445	-10,635283	47,270783
	Keçe Kürlü	-12,1770000	8,7420878	,852	-41,130033	16,776033
	4.Tab Dok. Kürsüz	2,2622500	8,7420878	1,000	-26,690783	31,215283
	2.Tab. Dok. Kürlü	-57,5390000(*)	8,7420878	,000	-86,492033	-28,585967
	2. Tab. Dok. Kürsüz	1,6867500	8,7420878	1,000	-27,266283	30,639783
	Kırpık Kürlü	-3,2965000	8,7420878	1,000	-32,249533	25,656533
	Kırpık Kürsüz	18,1615000	8,7420878	,456	-10,791533	47,114533
2.Tab. Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	75,8567500(*)	8,7420878	,000	46,903717	104,809783
	Keçe Kürlü	45,3620000(*)	8,7420878	,001	16,408967	74,315033
	4.Tab Dok. Kürsüz	59,8012500(*)	8,7420878	,000	30,848217	88,754283
	4.Tab Dok. Kürlü	57,5390000(*)	8,7420878	,000	28,585967	86,492033
	2. Tab. Dok. Kürsüz	59,2257500(*)	8,7420878	,000	30,272717	88,178783
	Kırpık Kürlü	54,2425000(*)	8,7420878	,000	25,289467	83,195533
	Kırpık Kürsüz	75,7005000(*)	8,7420878	,000	46,747467	104,653533
2. Tab. Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	16,6310000	8,7420878	,562	-12,322033	45,584033
	Keçe Kürlü	-13,8637500	8,7420878	,754	-42,816783	15,089283
	4.Tab Dok. Kürsüz	,5755000	8,7420878	1,000	-28,377533	29,528533
	4.Tab Dok. Kürlü	-1,6867500	8,7420878	1,000	-30,639783	27,266283
	2.Tab. Dok. Kürlü	-59,2257500(*)	8,7420878	,000	-88,178783	-30,272717
	Kırpık Kürlü	-4,9832500	8,7420878	,999	-33,936283	23,969783
	Kırpık Kürsüz	16,4747500	8,7420878	,573	-12,478283	45,427783
Kırpık Kürlü	Keçe Kürsüz	21,6142500	8,7420878	,254	-7,338783	50,567283
	Keçe Kürlü	-8,8805000	8,7420878	,967	-37,833533	20,072533
	4.Tab Dok. Kürsüz	5,5587500	8,7420878	,998	-23,394283	34,511783
	4.Tab Dok. Kürlü	3,2965000	8,7420878	1,000	-25,656533	32,249533
	2.Tab. Dok. Kürlü	-54,2425000(*)	8,7420878	,000	-83,195533	-25,289467
	2. Tab. Dok. Kürsüz	4,9832500	8,7420878	,999	-23,969783	33,936283
	Kırpık Kürsüz	21,4580000	8,7420878	,261	-7,495033	50,411033
Kırpık Kürsüz	Keçe Kürsüz	,1562500	8,7420878	1,000	-28,796783	29,109283
	Keçe Kürlü	-30,3385000(*)	8,7420878	,035	-59,291533	-1,385467
	4.Tab Dok. Kürsüz	-15,8992500	8,7420878	,614	-44,852283	13,053783
	4.Tab Dok. Kürlü	-18,1615000	8,7420878	,456	-47,114533	10,791533
	2.Tab. Dok. Kürlü	-75,7005000(*)	8,7420878	,000	-104,653533	-46,747467
	2. Tab. Dok. Kürsüz	-16,4747500	8,7420878	,573	-45,427783	12,478283
	Kırpık Kürlü	-21,4580000	8,7420878	,261	-50,411033	7,495033

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

EK 13. Ortoftalik Reçine Takviye Çeşitlerine Göre Darbe Dayanımına İlişkin Ortalamaları

	Tekrar sayısı	Ortalama	Stantard sapma	Standart hata	Ortalamanın 95% güven aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt sınır	Üst sınır		
Keçe Kürsüz	4	61,336000	1,9392389	,9696194	58,250238	64,421762	59,3870	63,6620
Keçe Kürlü	4	94,998750	29,6199188	14,8099594	47,866849	142,130651	65,1250	123,1420
4.Tab Dok.Kürsüz	4	110,708500	23,1786905	11,5893453	73,826031	147,590969	85,8500	141,5170
4.Tab Dok. Kürlü	4	136,793000	16,1689692	8,0844846	111,064562	162,521438	124,8410	160,4680
2.Tab. Dok. Kürlü	4	73,644000	20,6441464	10,3220732	40,794556	106,493444	52,5850	94,3630
2. Tab. Dok. Kürsüz	4	60,265000	4,2330221	2,1165110	53,529317	67,000683	54,2040	63,8220
Kırpık Kürlü	4	103,827750	26,0995542	13,0497771	62,297535	145,357965	65,4290	123,3880
Kırpık Kürsüz	4	70,675250	5,9972483	2,9986242	61,132290	80,218210	65,1880	78,4920
Toplam	32	89,031031	30,7007407	5,4271755	77,962234	100,099829	52,5850	160,4680

EK 14. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Çeşitlerinin Darbe Dayanımına İlişkin Varyans Analiz Tablosu

Anova

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Sig. (P)
Aralarındaki	20695,478	7	2956,497	8,325	,000
İçindeki	8523,121	24	355,130		
Toplam	29218,600	31			

EK 15. Ortoftalik Reçine İçin Takviye Malzemesine Göre Darbe Dayanımı Çoklu Karşılaştırması

Tukey

(I) Takviye grup	(J) Takviye grup	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	Sig.	%95 Güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Keçe Kürsüz	Keçe Kürlü	-33,6627500	13,3253529	,232	-77,795158	10,469658
	4.Tab Dok.Kürsüz	-49,3725000(*)	13,3253529	,021	-93,504908	-5,240092
	4.Tab Dok. Kürlü	-75,4570000(*)	13,3253529	,000	-119,589408	-31,324592
	2.Tab. Dok. Kürlü	-12,3080000	13,3253529	,981	-56,440408	31,824408
	2. Tab. Dok. Kürsüz	1,0710000	13,3253529	1,000	-43,061408	45,203408
	Kırpık Kürlü	-42,4917500	13,3253529	,065	-86,624158	1,640658
	Kırpık Kürsüz	-9,3392500	13,3253529	,996	-53,471658	34,793158
Keçe Kürlü	Keçe Kürsüz	33,6627500	13,3253529	,232	-10,469658	77,795158
	4.Tab Dok.Kürsüz	-15,7097500	13,3253529	,930	-59,842158	28,422658
	4.Tab Dok. Kürlü	-41,7942500	13,3253529	,073	-85,926658	2,338158
	2.Tab. Dok. Kürlü	21,3547500	13,3253529	,744	-22,777658	65,487158
	2. Tab. Dok. Kürsüz	34,7337500	13,3253529	,202	-9,398658	78,866158
	Kırpık Kürlü	-8,8290000	13,3253529	,997	-52,961408	35,303408
	Kırpık Kürsüz	24,3235000	13,3253529	,610	-19,808908	68,455908
4.Tab Dok.Kürsüz	Keçe Kürsüz	49,3725000(*)	13,3253529	,021	5,240092	93,504908
	Keçe Kürlü	15,7097500	13,3253529	,930	-28,422658	59,842158
	4.Tab Dok. Kürlü	-26,0845000	13,3253529	,528	-70,216908	18,047908
	2.Tab. Dok. Kürlü	37,0645000	13,3253529	,147	-7,067908	81,196908
	2. Tab. Dok. Kürsüz	50,4435000(*)	13,3253529	,017	6,311092	94,575908
	Kırpık Kürlü	6,8807500	13,3253529	,999	-37,251658	51,013158
	Kırpık Kürsüz	40,0332500	13,3253529	,095	-4,099158	84,165658
4.Tab Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	75,4570000(*)	13,3253529	,000	31,324592	119,589408
	Keçe Kürlü	41,7942500	13,3253529	,073	-2,338158	85,926658
	4.Tab Dok.Kürsüz	26,0845000	13,3253529	,528	-18,047908	70,216908
	2.Tab. Dok. Kürlü	63,1490000(*)	13,3253529	,002	19,016592	107,281408
	2. Tab. Dok. Kürsüz	76,5280000(*)	13,3253529	,000	32,395592	120,660408
	Kırpık Kürlü	32,9652500	13,3253529	,253	-11,167158	77,097658
	Kırpık Kürsüz	66,1177500(*)	13,3253529	,001	21,985342	110,250158
2.Tab. Dok. Kürlü	Keçe Kürsüz	12,3080000	13,3253529	,981	-31,824408	56,440408
	Keçe Kürlü	-21,3547500	13,3253529	,744	-65,487158	22,777658
	4.Tab Dok. Kürsüz	-37,0645000	13,3253529	,147	-81,196908	7,067908
	4.Tab Dok. Kürlü	-63,1490000(*)	13,3253529	,002	-107,281408	-19,016592
	2. Tab. Dok. Kürsüz	13,3790000	13,3253529	,969	-30,753408	57,511408
	Kırpık Kürlü	-30,1837500	13,3253529	,351	-74,316158	13,948658
	KırpıkKürsüz	2,9687500	13,3253529	1,000	-41,163658	47,101158
2. Tab. Dok. Kürsüz	Keçe Kürsüz	-1,0710000	13,3253529	1,000	-45,203408	43,061408
	Keçe Kürlü	-34,7337500	13,3253529	,202	-78,866158	9,398658
	4.Tab Dok.Kürsüz	-50,4435000(*)	13,3253529	,017	-94,575908	-6,311092
	4.Tab Dok. Kürlü	-76,5280000(*)	13,3253529	,000	-120,660408	-32,395592
	2.Tab. Dok. Kürlü	-13,3790000	13,3253529	,969	-57,511408	30,753408
	Kırpık Kürlü	-43,5627500	13,3253529	,055	-87,695158	,569658

	Kırpık Kürsüz	-10,4102500	13,3253529	,993	-54,542658	33,722158
Kırpık Kürlü	Keçe Kürsüz	42,4917500	13,3253529	,065	-1,640658	86,624158
	Keçe Kürlü	8,8290000	13,3253529	,997	-35,303408	52,961408
	4.Tab Dok.Kürsüz	-6,8807500	13,3253529	,999	-51,013158	37,251658
	4.Tab Dok. Kürlü	-32,9652500	13,3253529	,253	-77,097658	11,167158
	2.Tab. Dok. Kürlü	30,1837500	13,3253529	,351	-13,948658	74,316158
	2. Tab. Dok. Kürsüz	43,5627500	13,3253529	,055	-,569658	87,695158
	Kırpık Kürsüz	33,1525000	13,3253529	,247	-10,979908	77,284908
Kırpık Kürsüz	Keçe Kürsüz	9,3392500	13,3253529	,996	-34,793158	53,471658
	Keçe Kürlü	-24,3235000	13,3253529	,610	-68,455908	19,808908
	4.Tab Dok.Kürsüz	-40,0332500	13,3253529	,095	-84,165658	4,099158
	4.Tab Dok. Kürlü	-66,1177500(*)	13,3253529	,001	-110,250158	-21,985342
	2.Tab. Dok. Kürlü	-2,9687500	13,3253529	1,00 0	-47,101158	41,163658
	2. Tab. Dok. Kürsüz	10,4102500	13,3253529	,993	-33,722158	54,542658
	Kırpık Kürlü	-33,1525000	13,3253529	,247	-77,284908	10,979908

* Ortalama fark 0.05 seviyesinde önemlidir.

KAYNAKLAR

- 1) ANONYMOUS, 1981, Reinforced Plastics August.
- 2) ANONYMOUS-a, 1993, ISO 527.
- 3) ANONYMOUS-b, 1993, ISO 178.
- 4) ANONYMOUS-c, 1993, ISO 180.
- 5) ANONYMOUS-d, 1993, ASTM-D 2583.
- 6) ANONYMOUS, 1997, Cam Elyaf Bülteni, Sayı 4.
- 7) ANONYMOUS-a, 2003, ISO 0075-B.
- 8) ANONYMOUS-b, 2003, ASTM E 1640-04.
- 9) ANONYMOUS-a, 2007. Poliya Aş. Sunum
- 10) ANONYMOUS-b, 2007. www.globalcomposites.com.,(erişim tarihi, 15 Ocak 2007).
- 11) ANONYMOUS-c, 2007, Poliya Poliester Vinilester ve Jelkot Seçim Kılavuzu.
- 12) ANONYMOUS-d, 2007. www.startek.com. , (erişim tarihi, 15 Aralık 2007).
- 13) ANONYMOUS-a, 2008. www.cam.elyaf.com. , (erişim tarihi, 15 Ağustos 2008).
- 14) ANONYMOUS-b, 2008. www.tainst.com. , (erişim tarihi, 15 Aralık 2008)
- 15) ANONYMOUS-c, 2008. www.ptli.com. , (erişim tarihi, 15 Ağustos 2008).
- 16) Arıkan A (2001). Flexibility Improvement Of Short Glass Fiber Reinforced Epoxy. (Y. Lisans Tezi), ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 17) Altınel E (2006). Kompozitlerin Darbe Davranışına, İmpektör Geometrisi, Plaka Boyutu ve Kalınlığın Etkisi. Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.
- 18) Akovalı G, Pulat G, Alyürük E (1984). Temel ve Uygulamalı Polimer. TÜMKA, Ankara, 374-375.
- 19) Aktaş R, Otabatmaz İ (1995). Kompozit Malzemeler ve Havacılık Sanayiindeki Uygulamaları. TMMOB Makine Müh.Odası, Seminer Notları.

- 20) Baschek G, Hartwig G, Zahradnik F (1999). Effect Of Water Absorption In Polymers At Low and High Temperatures. *Polymer*, 40: 343-344.
- 21) Brandrup J, Immergut E H, and Grulke E A . (1999). *Advanced Polymers Handbook*. Published By John Wiley and Sons.
- 22) Bor Z Jang (1994). *Advanced Polymer Composites*. Published by ASM.
- 23) Buckley C, Harding J, Hou J, Ruiz C, Trojanowski A (2001). Deformation Of Thermosetting Resins At Impact Rates Of Strain Part I: Experimental Study. *Journal Of The Mechanics and Physics Of Solids*, 49: 1517-1538.
- 24) Çakıcı M, Oğuzhan A, Özdil T (2000). *Temel İstatistik 1*. 166-177
- 25) Çakıcı M, Oğuzhan A, Özdil T (2003). *Temel İstatistik 2*. 122-135
- 26) Chen W, Lu F, Cheng M (2002). Tension and Compression Tests Of Two Polymers Under Quasistatic and Dynamic Loading. *Polymer Testing*, 21: 113-121.
- 27) Choi C H, Park S S, Hwang T W (2001). Development Of Composite Body Panels For A Lightweight Vehicle. *Engineering Technical Paper*. 2001-01-0102.
- 28) Demircioğlu G (2006). Kısa Cam Takviyeli Epoksi Kompozit Malzemelerde Elyaf Boyutunun Etkisi. (Y. Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 29) Eker B, Akdoğan A (2003). Tarım Mühendisliğinde Plastik Matrisli Kompozit Malzemenin Kullanımı. *Makine Tek*, Sayı: 65, 32-33.
- 30) Ersoy M S (2005). Lif Takviyeli Polimerik Kompozit Malzeme Tasarımı. (Y.Lisans Tezi), Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- 31) Frattini S. (2008). ‘Demand Is Increasing For Renewable Resourced Resins’. *JEC Composite Magazine*:38.
- 32) Enşici A (2004). Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler ve Ürün Tasarımında Kullanımları. İTÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, TurkCAD/CAM net.
- 33) Harte AM, McNamara JF, Roddy ID (2004). A Multilevel Approach To The Optimization Of A Composite Light Rail Vehicle Bodyshell. *Composite Structures*, 63: 447–453.
- 34) Hamerton I, Barton J M, Chaplin A, Howlin B J, Shaw S J (2001). The Development Of Novel Functionalised Aryl Cyanate Esters. Part 2. Mechanical Properties Of The Polymers and Composites. *Polymer*:42, 2307-2319.

- 35) Hacıalıoğlu İ H (2008). Kompozit Dergisi, Ocak-Şubat 2008, 06-09 Mart Kompozit Fuarı Özel Sayısı, 10-11, 14-15.
- 36) Hexcel Corporation (2000). Mechanical Properties Of Hexcel Honeycomb Materials. Tech. Report No. TSB 120, TSB 122, USA.
- 37) Jeong J, Lee Y-H, Park K-T, Hwang Y-K (2007). Field and Laboratory Performance Of A Rectangular Shaped Glass Fiber Reinforced Polymer Deck. Composite Structures, 81: 622–628.
- 38) Judge JF (1996). The Coming Revolution. Airline Management and Marketing.
- 39) Karadeniz E (1989). Elyaf Takviyeli Plastik Kompozitlerin Mukavemeti.(Y. Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü. İstanbul.
- 40) Kompozit Dergisi, (Ocak-şubat-Mart 2008), Kompozit Fuarı Özel Sayısı, 10-11, 14-15.
- 41) Khan M, Simpson G, Townsend C (2002). A Comparison Of The Mechanical Properties In Compression Of Two Resin Systems. Material Letters, 52: 173-179.
- 42) Kuş A, Karahan M, Telli S (1998). Kevlar Lifleriyle Takviyeli Kompozit Malzemelerde, Lif-Matris Arabirim Özelliklerinin İncelenmesi.6.Denizli Malzeme Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- 43) Lubin G (1969). Handbook Of Fiberglass and Advanced Plastic Composites. Van Nostrand Reinhold Company, NewYork, 143-181, 46-84.
- 44) Mallick P K (1997). Composite Engineering Handbook, Marcel Dekker, Newyork.
- 45) Mısıroğlu M (1996). Cam Elyaf Takviyenin Mekanik Özelliklere Etkisi. (Y. Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- 46) Nazareth da Silva A L, Teixeira S C S, Widal A C C, Coutinho F M B (2001). Mechanical Properties Of Polymer Composites Based On Commercial Epoxy Vinyl Ester Resin and Glass Fiber. Polymer Testing, 20: 895–899.
- 47) Ning H, Janowski G M, Vaidya U K, Humsan G (2007). Thermoplastic Sandwich Structure Design and Manufacturing For The Body Panel Of Mass Transit Vehicle. Composite Structures, 80: 82–91.
- 48) Potluri P, Kusak E, Reddy TY (2003). Novel Stitch-Bonded Sandwich Composite Structure. Compos. Struct., 59: 251–260.
- 49) Philips N L (2001). Design With Advance Composite Materials. Springer-Verlag, The Design Council, Great Britain Younossi O., Kennedy M., Graser J. Cl., Military Airframe Costs The Effects of Advanced Materials and Manufacturing Processes, Project Air Force, RAND, Pittsburg, USA.

- 50) Smith W F, Çev:Kımkıoğlu N G, (2001). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Literatür, İstanbul.
- 51) Sayman O, Aksoy S (1978). Kompozit Malzemeler. Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Yayınları, İzmir, 1-30.
- 52) Saçak M (2005). Polimer Teknolojisi. Gazi Kitapevi, Ankara, 277-294, 226-227.
- 53) Sakin R (2004). Bilgisayar Destekli, Çok Numuneli Eğilme Yorulması Test Cihazı Tasarımı ve Cam-Fiber Takviyeli Polyester Kompozitlerde Eğilme Yorulması Davranışının İncelenmesi (Doktora tezi), Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Bölümü. Balıkesir.
- 54) Sufyan K. Garoushi, Lippo V. J. Lassila, Pekka Vallittu (2006). Short Fiber Reinforced Composite: The Effect Of Fiber Length and Volume Fraction. The Journal of Contemporary Dental Practice, 7: 5.
- 55) Song H W and Du X W (2002). Off-Axis Crushing Of GFRP Tubes. Composites Science and Tecnology, 62: 2065-2073.
- 56) Skoog DA, Holler FJ, Nieman TA (1998). Principles Of Instrumental Analysis 5 ed. Saunders College Publishing, London, 546-553, 798-808.
- 57) Shah Khan M Z, Simpson G, Townsend C R (2002). A Comparison Of The Mechanical Properties In Compression Of Two Resin Systems. Materials Letters 52: 173–179.
- 58) Şahin Y (2000). Kompozit Malzemelere Giriş, Gazi Kitapevi, Ankara, 8-14, 38-60.
- 59) Tanoğlu M, Toğulga M (2005). Kompozit Malzemeler ve Jeotermal Uygulamalar. Jeotermal Enerji Semineri.
- 60) Tekalur S A, Shivkumar K, Shukla A (2007). Mechanical Behavior and Damage Evolution In E-glass Vinyl Ester and Carbon Composites Subjected To Static and Blast Loads.Composites: Part B, Article In Press, Avaible Online At www.sciencedirect.com
- 61) Turhan M (2007). CTP'lerin Mekanik Özelliklerine Elyaf Hacim Oranlarının Etkisinin Araştırılması. (Y. Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.
- 62) Uluçay Y (1989). The Effect On Surface Treament On The Bonding Properties Of Specrafibers For USA In Composites Structures. Maryland College Park University, USA.
- 63) Ulçay Y, Akyol M, Gemci R (2002). Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi:7, 1.
- 64) Ünal O (2007). Yapı Malzemesi Ders Notları Kompozit Malzemeler. Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi.

- 65) Ün H (2007). İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malzeme Bilgisi Ders Notları. Pamukkale Üniversitesi.
- 66) Ülkü S ve Korkmaz B (1988). Farklı Kompozisyonlardaki Polyesterin Mekanik Özelliklerinin Yapıya bağlı olarak Deneysel ve Teorik Olarak incelenmesi. Balıkesir Kongresi Bildiriler Kitabı.
- 67) Vaidya UK, Samalot F, Pillay S, Janowski GM, Husman G, Gleich (2003). Design and Manufacture Of Woven Reinforced Glass/Polypropylene Parts. J. Manuf Sci Eng 125: 333–43.
- 68) Wu HC, Mu B, Warnemuende K (2003). Failure Analysis Of FRP Sandwich Bus Panels By Finite Element Method. Composites: Part B 34:51-59.
- 69) Yazıcı M, Ülkü S (2003). İki Boyutlu Rasgele Dağılı E-Cam Lifi/Polyester Matris Kompozitlerde Yükleme Hızının Mukavemet Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Müh.Mimarlık Fak. dergisi, Cilt 8, Sayı 1.
- 70) Yuanjian T, Isaac DH, (2007). Impact and Fatigue Behaviour Of Hemp Fibre Composites. Composites Science and Technology, Article In Press, Available Online At www.sciencedirect.com (erişim tarihi, 20 Şubat 2008).
- 71) Yöney H (2007). El Yatırma Yöntemi İle Elyaf Takviyeli Kompozit Yapıların Üretilmesi ve Özellikleri (Y.Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Teknoloji Eğitimi Anabilimdalı. İstanbul.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca tecrübesi, yardımları ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli danışman Hocam Prof.Dr. Bülent EKER'e, yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr.Ayşegül AKDOĞAN EKER'e, önerileriyle beni yönlendiren sevgili Hocam Prof.Dr. Poyraz ÜLGER başta olmak üzere Prof.Dr. Selçuk ARIN'a, Prof.Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na, Prof.Dr.Bahattin AKDEMİR'e ve tarım makineleri bölümündeki öğretim elemanlarına, Yrd.Doç.Dr. Adil OĞUZHAN'a, POLİYA A.Ş' ye, özellikle mekanik testleri yaparken büyük desteğini gördüğüm POLİYA A.Ş AR-GE Mühendisi Öner İZGİN ve diğer çalışanlara, yazım sırasında desteğiyle yanımda olan Öğretim Görevlisi Dr.Abdullah BİLEKKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Göstermiş oldukları sonsuz sevgi, manevi destek ve sabır için aileme , büyük emeği olan eşim İsmail BECENEN'e, kızlarım Elif ve Esin'e, annem Resmiye SELVİ ve ağabeyim Yener SELVİ'ye teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nilgün BECENEN

Doğum Yeri ve Yılı : Edirne-1968

Medeni Hali : Evli

İş Adresi : Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Edirne.

Öğrenim Durumu:

1985-1989: Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü (Lisans)

1993-1996: T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı (Yüksek Lisans)

Konu: Mikroemasyonların Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi.

2005- : Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü (Doktora)

Konu: Traktör Kaportalarında Kullanılan Plastik Matriksli Kompozit Malzemelerin Yapısal Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma

İş Deneyimi:	Yıl	Yer	Görev
	1989-1993	Mensucat Santral A.Ş Edirne	Terbiye Mühendisi

Akademik Görevler:

1994- : T.Ü. Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Öğretim Görevlisi

Katıldığı Bilimsel Toplantılar ve Yayınlar:

1- XII. Ulusal Kimya Kongresi, 'Mikroemasyonların Fizikokimyasal Özellikleri', 1998, Edirne.

2- Balkan Conference of Young Scientist, 'The position of Turkey in the world cotton trading', 2005, Plovdiv, Bulgaria.

3- Balkan Conference of Young Scientist, 'The foreign trade performance of Turkish textile sector in the 21st century 2005', Plovdiv, Bulgaria.

4- Engineering, technology and education, 'Designing criterias of the composite materials' 2008, Yambol, Bulgaria.