

POLİMER ESASLI KARBON FİBER TAKVİYELİ MALZEMENİN KETEN İPLİĞİ İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Canan Filiz¹ ve Ömer Bayraktar²
Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat
Mühendisliği A.B.D., Ankara

Abdilmecit Gültaş³
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmalat
Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET

Kompozit malzemeler son zamanlarda havacılık, uzay ve otomobil sektörleri başta olmak üzere birçok mühendislik uygulamalarında geliştirilebilen özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Yüksek mukavemet, hafif olmaları, iyi korozyon ve yorulma direnci gibi birçok avantajından dolayı polimer esaslı kompozit malzemeler gittikçe artan oranda tercih edilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada örülmüş karbon elyaf (prepreg) takviyeli epoksi reçine esaslı kompozit malzeme, doğal elyaf olan kendir ipliği ile omurga oluşturacak şekilde güçlendirilmiştir. Çalışma kapsamında sadece iki kat prepreg, bu iki katman prepreg arasına örgülü kendir yerleştirilerek güçlendirilmiş kompozit ve örgü arasına epoksi ilave edilmiş parça üretilmiştir. Üç farklı kombinasyon ile üretilen numunelere çekme ve üç nokta eğilme testleri uygulanmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmaya göre, takviye elemanı olarak kullanılan doğa dostu, düşük maliyetli ve yoğunluğu düşük olan kendir ipliğinin takviye elemanı olarak kullanılması ile kompozit malzemenin eğilme performansının arttığı tespit edilmiştir. Üretim sırasında prepreg'in üzerine epoksinin ilave edilmesi ile kompozit malzemenin çekme mukavemetinde artış gözlemlenirken, düşen süneklik özelliği ve gevrekliğinin artması sonucu eğilme performansında azalma görülmüştür. Yapılan çalışma ile kendir ipliğinin malzemenin performansını arttırması sonucu kompozit malzemelerde takviye elemanı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

GİRİŞ

Kompozit malzemeler son zamanlarda havacılık, uzay ve otomobil sektörleri başta olmak üzere çoğu mühendislik uygulamalarında geliştirilebilen özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler geleneksel diğer malzemelere göre daha yüksek özellikler göstermektedir [Gültaş vd, 2018]. Kompozit malzemeler; belirli bir amaca yönelik olarak en az iki farklı malzemenin bir araya getirilmesiyle meydana gelen malzeme grubudur. Bileşenlerin hiç birinde tek başına mevcut olmayan özellik iki malzemenin bir araya gelmesi ile elde edilmektedir. Diğer bir deyişle, amaçlanan doğrultuda bileşenlerin daha üstün özelliklere sahip bir malzeme oluşturması hedeflenmektedir.

Kompozit malzemeler genellikle matris dediğimiz ana faz ile takviye fazı olarak iki fazdan oluşur. Matris fazın ve ikincil fazın istenilen özellikleri verecek oranda fiziksel karışımı ile kompozit malzeme üretilir. Takviye fazı olan fiber malzeme kompozit malzemenin mukavemetini ve yük taşıma kabiliyetini sağlar. Matris fazı ise malzemedeki plastik deformasyona geçişte oluşabilecek

¹ İmalat Müh. Böl., E-posta: cananflz@gmail.com

² Araştırma görevlisi, İmalat Müh. Böl., E-posta: omerbayraktar@gazi.edu.tr

³ Prof. Dr., İmalat Müh. Böl., E-posta: aguldas@gazi.edu.tr

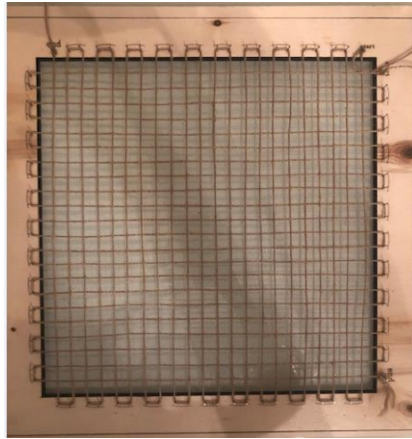
çatlak ilerlemelerinde önleyici bir rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasına geciktirici etki yapmaktadır. Matris olarak kullanılan malzemenin diğer bir amacı ise fiber malzemeleri yük altında bir arada tutmak ve yükü lifler arasında homojen olarak dağıtmaktır [Tekeli,2007].

Literatürde birçok araştırmacı kompozit malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için çalışmalar yapmıştır. Fiberlerin gerdirilmesi ile elyaf/ doğrusallaştırılarak maksimum çekme mukavemeti ve eğilme dayanımı artmaktadır [Bayraktar, GÜLDAŞ, 2017]. Nano karbon parçacıkların kompozit malzemeye eklenmesiyle (Hacimce %2), malzemenin mekanik özelliklerini arttırdığı gözlenmektedir [Zhou, Pervin, Jeelani, Mallick, 2008]. (Chisholm, Mahfuz, Rangari, Ashfaq, & Jeelani, 2005) çalışmalarında hacimce %1,5 SiC partiküllerini Karbon/Epoksi kompozit malzemeye ekleyerek eğilme dayanımında %39.2 artış gözlemlenmiştir. Biyo-kompozitlerin endüstriyel uygulama örneklerini daha iyi anlamak amacı ile yapılan çalışmada kendir takviye edilen numunelerde hacim oranının %20 ile %30 arasında olduğu durumlarda en yüksek mekanik özellikler elde edilmiştir [Durante, Formisano, Boccarusso, Langella, Carrino, 2017]. Literatür incelendiğinde kompozit malzemelerde selüloz esaslı katkı ve takviye elemanlarının kullanıldığı görülmektedir [Taşdemir vd, 2008].

Gerçekleştirilen çalışmada karbon elyaf/prepreg takviyeli polimer esaslı kompozit malzeme, kendir ipliği ile omurga oluşturacak şekilde güçlendirilmiştir. Kendir (kendir-kenevir) ülkemizde yaklaşık 2 milyon ton üretilen bir malzeme olup ucuz, doğal ve geri dönüşümü olan bir selüloz esaslı bir tarımsal üründür [Kurtuluş, 2010]. Çalışma kapsamında sadece iki kat prepreg den oluşan, iki kat prepreg arasına örgülü kendirden oluşan, iki kat prepreg arasına yerleştirilen kendir örgüye epoksi ilave edilmesiyle oluşan kompozit malzemeler üretilmiştir. Bu kompozit malzemelerin çekme ve eğilme mukavemetleri incelenmiştir.

YÖNTEM

Deneyisel çalışmalar kapsamında prepreg, epoksi ve kendir ile 3 farklı kombinasyon kullanılarak numuneler üretilmiştir. Kendir takviyeli kompozit malzeme üretimi esnasında 10 mm aralıklı adıma sahip örgü kullanılmıştır.



Şekil 1: Üretilen keten/kendir örgü

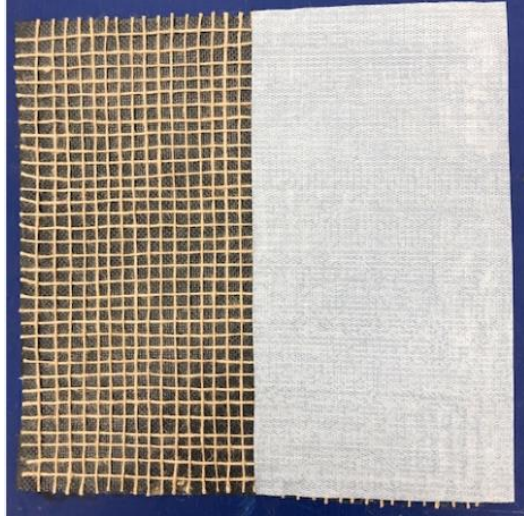
Numune-1 için yalnız iki katman prepreg kullanılarak lamine üretilmiştir. Numune-2’de ise iki prepreg arasına 10 mm adıma sahip örgülü kendir yerleştirilmiştir. Numune-3’te ise prepreg arasına yerleştirilen örgülü kendir, epoksi ile güçlendirilmiştir. Üretilen plaka üzerinden numuneler alınarak çekme ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kompozit plaka üretiminde aşağıdaki malzemeler kullanılmıştır.

Karbon Elyaf: Örgülü yapıda karbon prepreg kullanılmıştır. Kullanılan prepreg havacılık sektöründe de sıklıkla kullanılan BMS-256 TYPE:4 CLASS:2 malzemesidir.

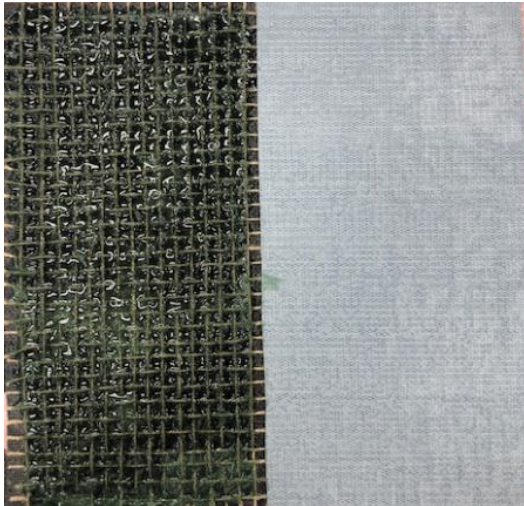
Epoxy Reçine/Sertleştirici: Laminaları arasında matris fazı olarak kullanılmıştır. LOCTITE EA 9396 kiti kullanılmış olup, yüzde 75 reçine yüzde 25 sertleştirici oranlarında karışım oluşturulmuştur.

Kendir/Keten Örgü: Kendir ipliklerden, lazerde kesilen özel boyutlarda hazırlanan kasnaklar üzerine örgü hazırlanmıştır. 300x300 mm boyutlarındaki prepreg malzeme üzerine kasnaklarda üretimi yapılmış olan örgülü kendir konulmuştur. Parçanın sağ yarısına Numune 2 için kendir

üzerine prepreg eklenmiştir (Şekil 2). Parçanın sol tarafına ise Numune-3 için epoksi ilave edilerek, prepreg ile en üst katman hazırlanmıştır (Şekil 3).

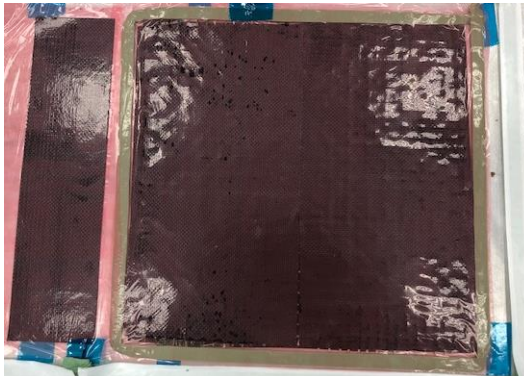


Şekil 2: Kendir örgü yerleştirilmiş prepreg görünümü



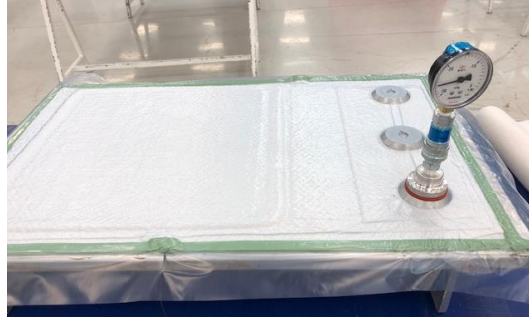
Şekil 3: Üzerindeki kendir örgüye epoksi ilave edilmiş prereg görünümü (solda), iki prepreg arasında kendir örgünün görünümü (sağda)

Hazırlanan numuneler otoklav öncesi torbalanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4: Üretilen parçaların görünümü

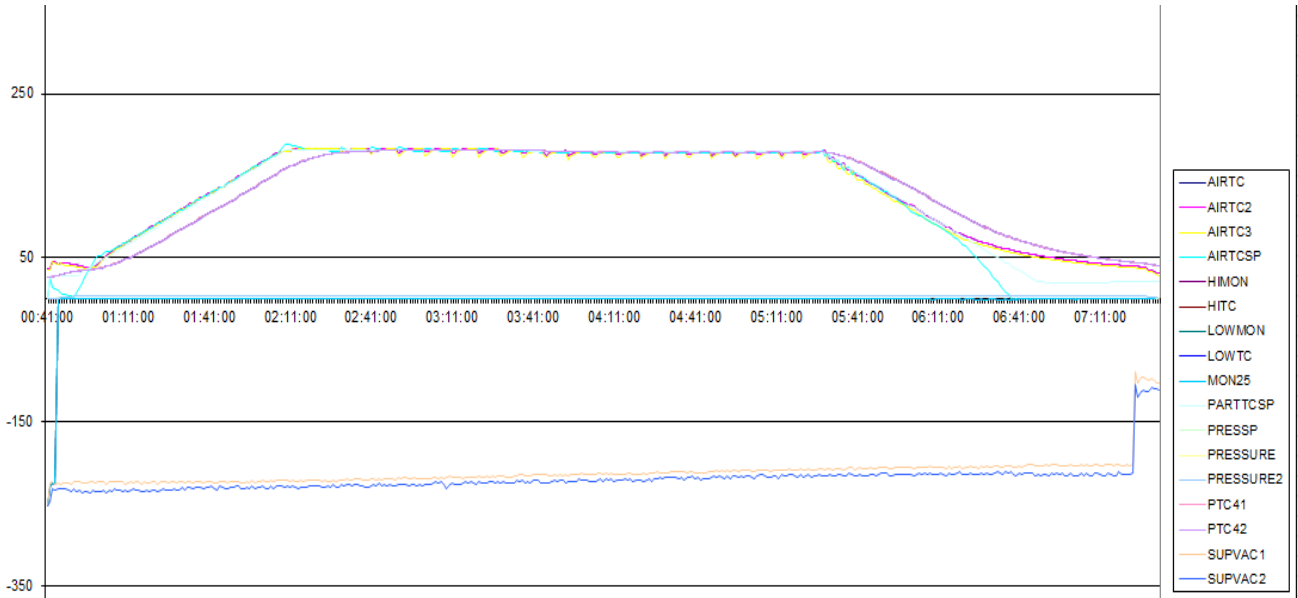
Hazırlanan parçalar otoklav öncesi 3 farklı noktaya yerleştirilen portlar yardımı ile vakumlanmıştır. Yapılan ölçümlerde vakum boyunca herhangi bir sızma yaşanmamış vakumlama işlemi sorunsuz tamamlanmıştır. Thermo couple yerleştirilen parçalar otoklav fırınına alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Otoklav hazırlık görünümü

Parçalar kullanılan prepreg ve epoksinin özellikleri göz önüne alınarak 2,9 bar basınç ve 179 °C sıcaklıkta otoklava alınmıştır. Kırılma işlemi otoklavda 125 dakika bekleme süresi olmak üzere toplamda 7 saat 6 dakika 52 saniyede tamamlanmıştır.

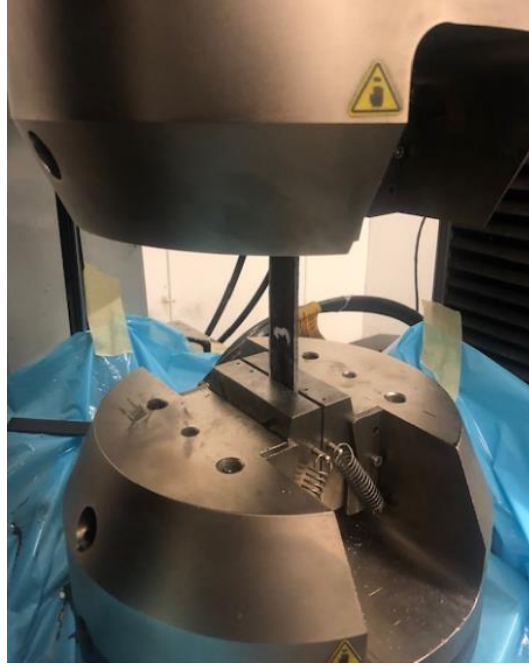
Otoklav süresi boyunca herhangi bir sızma veya kaçak sorunu yaşanmamıştır (Şekil 6).



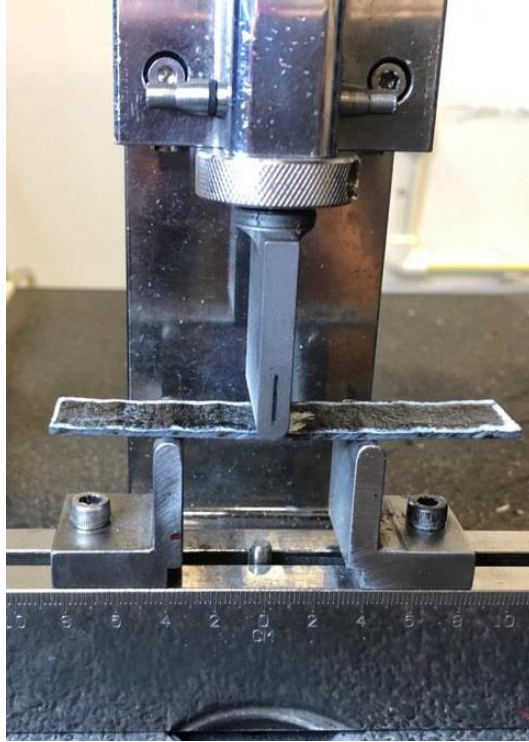
Şekil 6. Otoklav grafik görünümü

UYGULAMALAR

Üretilen parçalardan eğilme ve çekme testleri için 5'er adet toplamda 30 adet test numunesi daire testere ile kesilerek alınmıştır. Numune kesim işlemleri testler sırasında hatalı deney numuneleri çıkarılarak ortalama 3'er adet numune için deney verileri elde edilmiştir. Testlerde lamina prepreg parça Numune-1, örgü takviyeli prepreg Numune-2, epoksi ilaveli örgülü prepreg Numune-3 olarak adlandırılmıştır. Çekme ve eğilme testleri INSTRON marka 5960 serisi test cihazı kullanılmıştır. Çekme testleri EN 2561 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Standartlar gereği numune boyutlandırılması 25mmx180mm olarak belirlenmiş ve numuneler elde edilmiştir. Kalınlık değerleri teste tutulacak numuneler üzerinden en az 3 noktadan yapılan ölçümlerin ortalama değerli olarak alınmıştır. Çekme testi standartları gereği parçalara uygulanan hız 2 mm/dk'dır. Eğilme testlerinde Numune-1 ve Numune-2'ye ASTM D2344 standartlarında test uygulanırken, Numune-3'e ASTM D790 standartlarında test uygulanmıştır. Standartlara uygun olarak numunelere 1 mm/dk hız ile kuvvet uygulanmıştır. Çekme testine ait görünüm Şekil 7'de verilirken, eğilme testine ait görünüm Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 7:Çekme test görünümü



Şekil 8: Eğilme test görünümü

Çekme deneyine ait deney verileri Çizelge 1’de, eğilme deneyine ait veriler ise Çizelge 2’de verilmiştir.

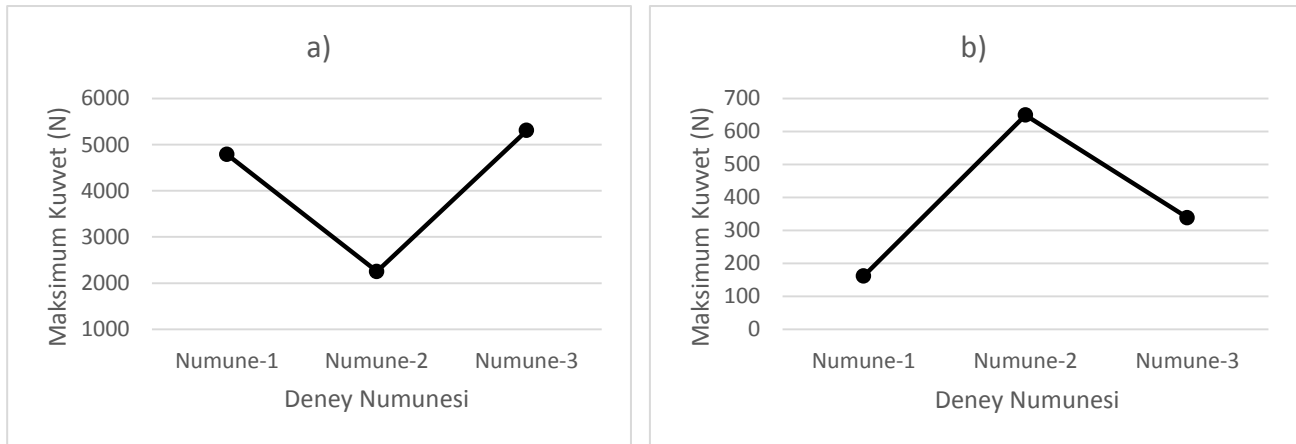
Çizelge1: Çekme Deneyi Sonuç Tablosu

Deney Numunesi	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]	Maksimum Kuvvet [N]
Numune-1	27,5	0,53	4786,24
Numune-2	25,5	0,6	2160,94
	25,1	0,7	1957,21
	26,9	0,55	2636,77
		Ortalama	2251,640
Numune-3	31,3	2,1	5950,32
	25,2	2	4882,05
	25,2	2,15	5085,09
		Ortalama	5305,820

Çizelge2: Eğilme Deneyi Sonuç Tablosu

Deney Numunesi	Genişlik [mm]	Kalınlık [mm]	Maksimum Kuvvet [N]
Numune-1	11,5	0,5	163,371
	11,13	0,42	159,457
	11,38	0,46	161,388
		Ortalama	161,405
Numune-2	10	2	655,831
	13	1,12	720,42
	13,12	1,44	572,632
		Ortalama	649,628
Numune-3	13,3	2	324,274
	15,1	1,85	374,386
	12,76	2	317,125
		Ortalama	338,595

Eğilme ve çekme testine ait grafikler şekil 9'da verilmiştir.



SONUÇLAR

Kendir takviyesinin kompozit malzemeler üzerindeki etkisini inceleyen çalışmada; Numune-1 için yalnız iki katman prepreg kullanılarak lamine üretilmiştir, Numune-2’de ise iki prepreg arasına 10 mm adımı sahip örgülü kendir yerleştirilmiştir. Numune-3’te ise prepreg arasına yerleştirilen örgülü kendir, epoksi ile güçlendirilmiş ve epoksi kullanımının etkisi araştırılmıştır. Üretilen plaka üzerinden numuneler alınarak çekme ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonrası elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Kendir ipliksiz iki kat prepregten üretilen numunenin çekme testindeki maksimum dayandığı kuvvet 4786,24 N iken Numune-2’de %53 azalış ile 2251,6 N, Numune-3’te ise %10,86 artış ile 5305,8 N olarak elde edilmiştir.
- Numune-1 için gerçekleştirilen eğilme testinde maksimum dayandığı kuvvet 161,4 iken Numune-2’de %302,4 artış ile 649,6 N, Numune-3’te ise %109,8 artış ile 338,6 N olarak ölçülmüştür.
- Uygulanan testler sonrası biyo-tabanlı ve preprega göre nispeten uygun fiyatlı olan kendirin takviye edilmesi sonrası eğilme performansında artış gözlemlenmiştir.
- Epoksinin ilave edilmesi sonrası çekme testlerinde uygulanabilir maksimum kuvvet değeri en yüksek çıkmıştır. Epoksisiz kendir iplikli numunede karbon elyafın kuru kalmasından dolayı en düşük maksimum kuvvet değeri elde edilmiştir.
- Eğilme testlerinde düşük ataletli Numune-1 beklediği gibi en düşük eğilme performansını vermiştir. Epoksili numunede eğilme testlerinde bir artış olmasına rağmen, aşırı epoksinin malzemeye verdiği gevreklikten dolayı beklenen performansı gösterememiştir. En yüksek eğilme mukavemetini ise epoksisiz kendir takviyeli numune göstermiştir.
- Kendir ipliğinin malzemenin performansını arttırması sonucu kompozit malzemelerde takviye elemanı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

ÖNERİLER

- Farklı boyutlardaki kendir örgülerin üretime dahil edilmesi sonucu optimum boyut tespit edilebilir.
- Maliyet analizlerini çalışmaya dahil etmek amaçlı farklı katman sayılarına sahip numunelere test uygulanabilir.
- Ağırlığın öneminin belirtilmesi adına eşit ağırlıktaki numunelere mekanik testler uygulanabilir.

Kaynaklar

- Bayraktar, Ö., GÜldaş, A., 2017. *A new approach to fabricate carbon fiber reinforced polymer with roller pre-stretching method and characterization of their mechanical properties.*, Polymer Composites, 40(2), s. 489-495.
- Chisholm, N., Mahfuz, H., Rangari, V. K., Ashfaq, A., & Jeelani, S. 2005. *Fabrication and mechanical characterization of carbon/SiC-epoxy nanocomposites.* Composite Structures, 67(1), 115–124.
- Durante, M., Formisano, A., Boccarusso, L., Langella, A., Carrino, L., 2017. *Creep behaviour of polylactic acid reinforced by woven hemp fabric*, Composites Part B 124, 16-22.
- Guldas, A., Zeyveli, M., Kaya, S., Altug, M., 2018. *Investigation of Rheological and Mechanical Properties of Wood Flour-Reinforced Polypropylene.* Material Science and Engineering Technology, 49, 73-82.
- Kurtuluş, Mehtap, 2020. *Lignoselülozik Materyallerden Termokatalitik İşlemlerle Suda Çözündürülen Polisakkaritlerin Moleküler Yapılarının İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

- M. Tasdemir Et Al, 2008. *Properties of Recycled Polycarbonate/Waste Silk and Cotton Fiber Polymer Composites*. International Journal of Polymeric Materials , vol.57, pp.797-805.
- Tekeli, S., 2007. *Örgülü Kompozit Malzemenin (Glass Epoxy) ANSYS ve ABAQUS ile Gerilme Analizleri ve Deneysel Kırılma Tokluğunun Hesaplanması*, Lisans Tezi, Dokuz Eylül Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zhou, Y., Pervin, F., Jeelani, S., Mallick, P.K., 2008. *Improvement in mechanical properties of carbon fabric–epoxy composite using carbon nanofibers.*, Journal of Materials Processing Technology, 198(1-3).