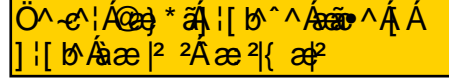




T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



BİTİRME PROJESİ ←



**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPARTİKÜL KATKILI ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ  
EPOKSİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GÖKHAN DEMİRCAN- 190506012**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Murat KISA**

**2022-2023 Güz Dönemi**

**ŞANLIURFA**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	2
1. GİRİŞ .....	3
1.1. Projenin Önemi ve Amacı .....	3
1.2. Nanokompozitler .....	3
1.2.1. Metal matrisli nanokompozitler .....	4
1.2.2. Seramik matrisli nanokompozitler .....	5
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
2.1. Materyal.....	7
2.1. Yöntem .....	8
3. TARTIŞMA ve BULGULAR.....	10
3.1. Deneyler .....	10
3.1.1. Çekme Deneyi .....	11
4. SONUÇ .....	14
5. KAYNAKLAR.....	15

## ÖZET

Özgeçmişten itibaren, otomotiv, deniz, havacılık gibi yüksek performans isteyen yerlerde yaygın olarak kullanılırlar. Bu kompozitler alüminyum ve çelik gibi geleneksel malzemelere kıyasla yüksek dayanım, korozyon direnci ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır. Özellikle karbon, cam ve aramid elyaflarla takviye edilmiş termoset kompozitler, mühendislik cihazları, makinalar ve yapılarda geniş bir kabul görmüştür. Kullanılan elyaflar içinde aramid elyafların yüksek dayanım değerlerine sahip olması, hafifliği, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve kimyasallara karşı dirençli olması bu elyafları en ilgi çekici elyaflardan biri haline getirmiştir. Son zamanlarda elyaf takviyeli polimer kompozitlerin mekanik özelliklerini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Matris malzemelerinin çeşitli seramik nanopartiküller ile birleştirilmesi bu konudaki umut verici yaklaşımlardan birisidir. Bu seramik nanopartiküllerden alümina'nın ( $Al_2O_3$ ) yüksek dayanım değerleri, oksidasyona karşı direnci ve ısıya ve sıcaklığa karşı yüksek dirence sahip olması bu partikülleri önemli bir katkı malzemesi haline getirmiştir. Bu çalışmada katkı malzemesi olarak silan bağlayıcı ajanı ile modifiye edilmiş alümina nanopartikülleri kullanılarak iki farklı yöntemle aramid elyaf takviyeli kompozitler üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Birinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında epoksi reçinesine homojen bir şekilde dağıtılmış ve bu epoksi reçinesi ile saf aramid elyaflar kullanılarak nanokompozitler üretilmiştir. İkinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında elyaf malzemesinin yüzeyine eklenmiş ve bu elyaflarla saf epoksi reçinesi birleştirilerek nanokompozitler üretilmiştir. Üretilen bu nanokompozitlerin mekanik özellikleri incelendikten sonra her iki yöntem birleştirilerek nanokompozitin mekanik özellikleri daha da arttırılmaya çalışılmıştır. Bunun için gerilme değerlerinin maksimum olduğu %4 katkılı aramid elyaf ile %1 katkılı epoksi reçinesi birleştirilmiş ve yeni bir nanokompozit üretilmiştir. Ayrıca nanopartikül modifiye işleminin olumlu sonuç vermediğini gözlemlemek için aynı oranlar kullanılarak modifiye edilmemiş nanopartiküller ile başka bir nanokompozit üretilmiştir. Sonuç olarak modifikasyon işleminin maksimum birim şekil değiştirme, elastisite modülü ve tokluk değerlerini arttırdığı gözlemlenmiş ve ayrıca yöntemleri birleştirmenin maksimum birim şekil değiştirme ve tokluk değerlerine olumlu katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Elyaf takviyeli polimer kompozitler uzay, otomotiv, deniz, havacılık gibi yüksek performans isteyen yerlerde yaygın olarak kullanılırlar. Bu kompozitler alüminyum ve çelik gibi geleneksel malzemelere kıyasla yüksek dayanım, korozyon direnci ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır. Özellikle karbon, cam ve aramid elyaflarla takviye edilmiş termoset kompozitler, mühendislik cihazları, makinalar ve yapılarda geniş bir kabul görmüştür. Kullanılan elyaflar içinde aramid elyafların yüksek dayanım değerlerine sahip olması, hafifliği, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve kimyasallara karşı dirençli olması bu elyafları en ilgi çekici elyaflardan biri haline getirmiştir. Son zamanlarda elyaf takviyeli polimer kompozitlerin mekanik özelliklerini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Matris malzemelerinin çeşitli seramik nanopartiküller ile birleştirilmesi bu konudaki umut verici yaklaşımlardan birisidir. Bu seramik nanopartiküllerden alümina'nın ( $Al_2O_3$ ) yüksek dayanım değerleri, oksidasyona karşı direnci ve ısıya ve sıcaklığa karşı yüksek dirence sahip olması bu partikülleri önemli bir katkı malzemesi haline getirmiştir. Bu çalışmada katkı malzemesi olarak silan bağlayıcı ajanı ile modifiye edilmiş alümina nanopartikülleri kullanılarak iki farklı yöntemle aramid elyaf takviyeli kompozitler üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Birinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında epoksi reçinesine homojen bir şekilde dağıtılmış ve bu epoksi reçinesi ile saf aramid elyaflar kullanılarak nanokompozitler üretilmiştir. İkinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında elyaf malzemesinin yüzeyine eklenmiş ve bu elyaflarla saf epoksi reçinesi birleştirilerek nanokompozitler üretilmiştir. Üretilen bu nanokompozitlerin mekanik özellikleri incelendikten sonra her iki yöntem birleştirilerek nanokompozitin mekanik özellikleri daha da arttırılmaya çalışılmıştır. Bunun için gerilme değerlerinin maksimum olduğu %4 katkılı aramid elyaf ile %1 katkılı epoksi reçinesi birleştirilmiş ve yeni bir nanokompozit üretilmiştir. Ayrıca nanopartikül modifiye işleminin olumlu sonuç vermediğini gözlemlemek için aynı oranlar kullanılarak modifiye edilmemiş nanopartiküller ile başka bir nanokompozit üretilmiştir. Sonuç olarak modifikasyon işleminin maksimum birim şekil değiştirme, elastisite modülü ve tokluk değerlerini arttırdığı gözlemlenmiş ve ayrıca yöntemleri birleştirmenin maksimum birim şekil değiştirme ve tokluk değerlerine olumlu katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanopartikül,  $Al_2O_3$ , Kompozit, Aramid, Mekanik özellikler

Özgeçmişten itibaren, otomotiv, deniz, havacılık gibi yüksek performans isteyen yerlerde yaygın olarak kullanılırlar. Bu kompozitler alüminyum ve çelik gibi geleneksel malzemelere kıyasla yüksek dayanım, korozyon direnci ve hafiflik gibi avantajlar sağlamaktadır. Özellikle karbon, cam ve aramid elyaflarla takviye edilmiş termoset kompozitler, mühendislik cihazları, makinalar ve yapılarda geniş bir kabul görmüştür. Kullanılan elyaflar içinde aramid elyafların yüksek dayanım değerlerine sahip olması, hafifliği, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve kimyasallara karşı dirençli olması bu elyafları en ilgi çekici elyaflardan biri haline getirmiştir. Son zamanlarda elyaf takviyeli polimer kompozitlerin mekanik özelliklerini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Matris malzemelerinin çeşitli seramik nanopartiküller ile birleştirilmesi bu konudaki umut verici yaklaşımlardan birisidir. Bu seramik nanopartiküllerden alümina'nın ( $Al_2O_3$ ) yüksek dayanım değerleri, oksidasyona karşı direnci ve ısıya ve sıcaklığa karşı yüksek dirence sahip olması bu partikülleri önemli bir katkı malzemesi haline getirmiştir. Bu çalışmada katkı malzemesi olarak silan bağlayıcı ajanı ile modifiye edilmiş alümina nanopartikülleri kullanılarak iki farklı yöntemle aramid elyaf takviyeli kompozitler üretilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Birinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında epoksi reçinesine homojen bir şekilde dağıtılmış ve bu epoksi reçinesi ile saf aramid elyaflar kullanılarak nanokompozitler üretilmiştir. İkinci yöntemde modifiye edilmiş nanopartiküller epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında elyaf malzemesinin yüzeyine eklenmiş ve bu elyaflarla saf epoksi reçinesi birleştirilerek nanokompozitler üretilmiştir. Üretilen bu nanokompozitlerin mekanik özellikleri incelendikten sonra her iki yöntem birleştirilerek nanokompozitin mekanik özellikleri daha da arttırılmaya çalışılmıştır. Bunun için gerilme değerlerinin maksimum olduğu %4 katkılı aramid elyaf ile %1 katkılı epoksi reçinesi birleştirilmiş ve yeni bir nanokompozit üretilmiştir. Ayrıca nanopartikül modifiye işleminin olumlu sonuç vermediğini gözlemlemek için aynı oranlar kullanılarak modifiye edilmemiş nanopartiküller ile başka bir nanokompozit üretilmiştir. Sonuç olarak modifikasyon işleminin maksimum birim şekil değiştirme, elastisite modülü ve tokluk değerlerini arttırdığı gözlemlenmiş ve ayrıca yöntemleri birleştirmenin maksimum birim şekil değiştirme ve tokluk değerlerine olumlu katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

# 1. GİRİŞ

Özgül ağırlık ve mekanik özellikleri açısından bakıldığında, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri, matris polimerin mekanik özellikleri ile dolgu malzemesinin mekanik özellikleri arasında bir ortalamadır.

Özgül ağırlık ve mekanik özellikleri açısından bakıldığında, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri, matris polimerin mekanik özellikleri ile dolgu malzemesinin mekanik özellikleri arasında bir ortalamadır.

## 1.1. Projenin Önemi ve Amacı

Özgül ağırlık ve mekanik özellikleri açısından bakıldığında, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri, matris polimerin mekanik özellikleri ile dolgu malzemesinin mekanik özellikleri arasında bir ortalamadır.

Elyaf takviyeli polimer kompozitler sahip oldukları üstün mekanik özelliklerinden dolayı, pek çok geleneksel metalik malzemelere kıyasla önemli ölçüde üstün bir performans göstermektedir. Bu kompozitlere nanopartikül ekleyerek mekanik özelliklerini arttırmak mümkündür.

Üçüncü olarak, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri, matris polimerin mekanik özellikleri ile dolgu malzemesinin mekanik özellikleri arasında bir ortalamadır.

Son zamanlarda nanoboyutlu malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar bu malzemelerin geleceğe dair önemli teknolojilerden biri olduğunu göstermiştir. Bilim adamlarının bu konu üzerinde yoğunlaşmasının temel nedeni maddelerin nanoboyuta düşerken fiziksel özelliklerinden farklı olarak sıra dışı özellikler ve işlevsellik göstermeleridir. Nano malzemelere bu sıra dışı özellikleri kazandıran, boyutları nano seviyeye düşürülmüş partiküllere nanopartikül denir.

Bu çalışmada matris malzemesi olarak epoksi termoset polimeri, elyaf malzemesi olarak örgü aramid elyaflar, nanopartikül olarak da silan bağlayıcı ajanı ile modifiye edilmiş alümina ( $Al_2O_3$ ) nanopartiküller kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı literatürde kullanılan iki farklı yöntemle, nanokompozit üretimine giriş yapmak ve iki yöntemi de ayrı ayrı analiz ederek avantaj ve dezavantaj olan yönlerini irdeleyip avantajlı yönlerini birleştirerek daha yüksek mekanik özelliklere sahip yeni hibrid kompozitler üretmektir.

## 1.2. Nanokompozitler

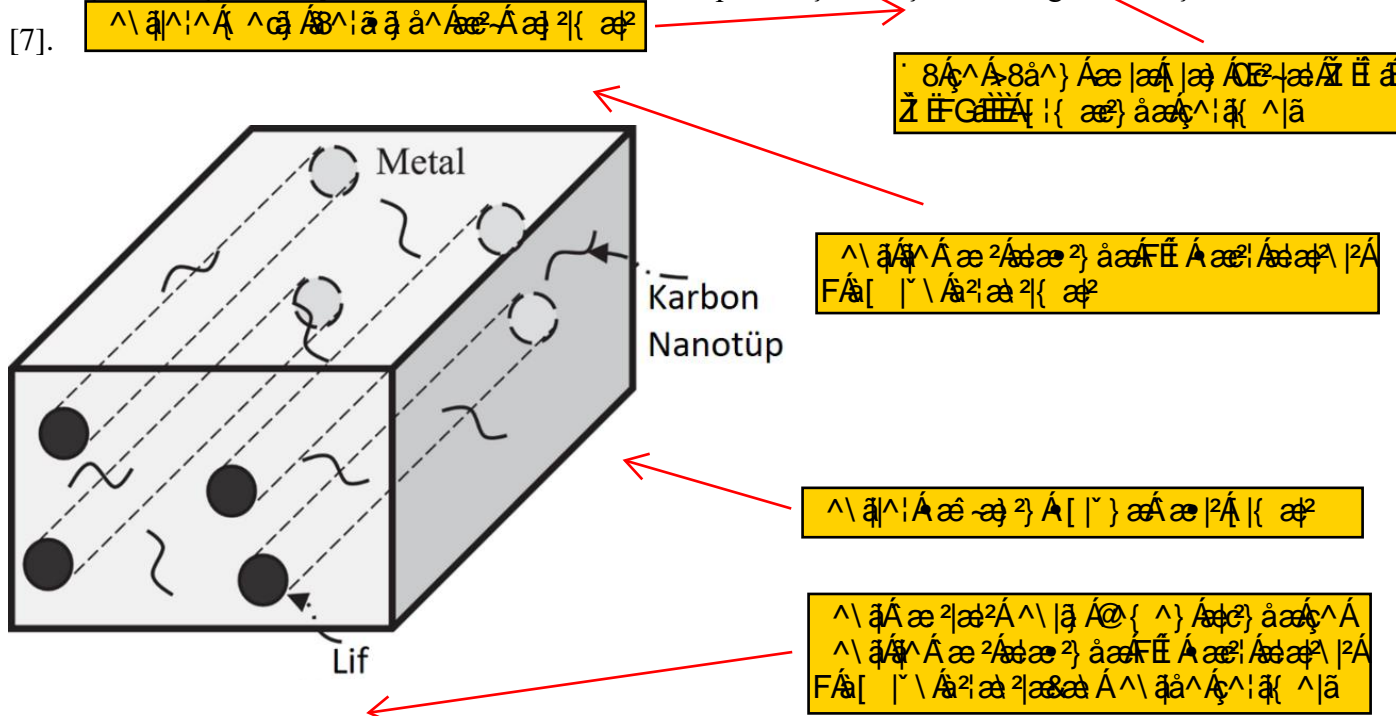
Özgül ağırlık ve mekanik özellikleri açısından bakıldığında, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özellikleri, matris polimerin mekanik özellikleri ile dolgu malzemesinin mekanik özellikleri arasında bir ortalamadır.

Geleneksel kompozitler, iki veya daha fazla malzemenin her birinin en iyi özelliklerini harmanlamak amacıyla bir araya getirilmesi ile oluşturulur. Nanokompozitler ise iki veya daha fazla malzemenin en az birinin nanoboyutta ( $10^{-9}$  m) olmak şartı ile bir araya getirilmesi ile oluşur [1]. Nanoboyuttaki malzemeler geniş yüzey alanına sahiptir. Bu yüzden mikro partiküllerden nanopartiküllere geçişte malzemenin özelliklerinde önemli ölçüde değişimler meydana gelir. Nanopartiküllerin kullanılması ile kompozitlerin mekanik, elektriksel,

manyetik, optik, termal özelliklerinde önemli ölçüde artış gözlemlenir. Nanokompozitler; metal matrisli nanokompozitler, seramik matrisli nanokompozitler ve polimer matrisli nanokompozitler olarak üç gruba ayrılır.

### 1.2.1. Metal matrisli nanokompozitler

Metal matrisli kompozitlerin (MMK) nanopartiküller ile takviye edilmesi ile metal matrisli nanokompozitler (MMNK) oluşur. Çok sayıda uygulama alanı için uygun olan bu kompozitler gelecek vaat eden kompozit malzemelerdir. Nanopartiküller, matris malzemelerini; aşınma direnci, sönümlenme özellikleri ve mekanik mukavemet bakımından geliştirebilir [2, 3]. Al, Mg ve Cu gibi bazı metaller; karbürler, nitrürler, oksitler ve karbon nanotüpler gibi seramik nano partiküller ile kullanılarak nanokompozitler üretilebilir. Bu malzemelerin sentezlenmesindeki temel sorun, takviye fazının, erimiş metal tarafından düşük ıslatılabilirliğinden meydana gelmekte olup, bu, geleneksel döküm yöntemleriyle senteze izin vermemektedir. Nanokompozitlerin üretimi için literatürde çeşitli alternatif yollar sunulmuştur. Üretim yöntemleri iki ana gruba ayrılabilir: ex situ ve in situ. Ex situ sentez yolu, sıvı veya toz haline getirilmiş metallere nano-takviye katmaktan oluşur. İn situ proseslerde ise işlem sırasında reaksiyonla beraber oluşmuş seramik nanobileşikler kullanılır [4-6]. Ex situ yöntemi ile oluşturulmuş lif takviyeli metal matrisli bir nanokompozitin şeması Şekil 1.'de gösterilmiştir [7].



Şekil 1. Lif takviyeli metal matrisli karbon nanotüp kompozitin şeması

### 1.2.2. Seramik matrisli nanokompozitler

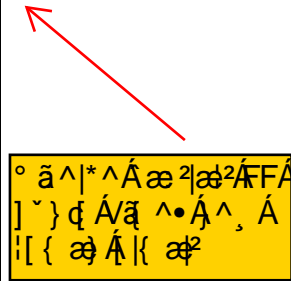
Seramik matris kompozitler (SMK'ler) kompozit materyallerin bir alt grubu olmalarının yanı sıra bir seramik alt grubudurlar. Seramik bir matrise gömülü seramik liflerden oluşurlar. Matris ve lifler herhangi bir seramik materyalden oluşabilir, bu sayede karbon ve karbon fiberler de bir seramik materyal olarak düşünülebilir.

Seramikler iyi aşınma direncine, yüksek termal ve kimyasal kararlılığa sahiptirler. Ancak, kırılğandırılar. Bu bağlamda, seramiğin düşük tokluğu, endüstride daha geniş kullanımlar için engel teşkil etmektedir. Seramik-matris nanokompozitler sahip oldukları yüksek mekanik özelliklerden dolayı bu sınırlamanın üstesinden gelmektedir. Seramik matrisinde iplikler, lifler, levhalar veya partiküller gibi enerji tüketen bileşenlerin kullanılması, kırılma tokluğunun artmasına neden olabilir. Bu takviyeler çatlakları saptırır ve / veya köprüleme elemanları sağlar, çatlağın daha fazla açılmasını engeller.

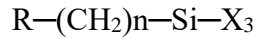
Seramik matris nanokompozitlerinin hazırlanması için birçok yöntem tarif edilmiştir. En yaygın metodolojiler, geleneksel toz yöntemi, polimer öncü metodu, püskürtme pirolizi, buhar teknikleri ve sol-jel prosesini içeren kimyasal yöntemlerdir. Çizelge 1.'de bazı metotlar, avantajları ve sınırlandırmalar yer almaktadır.

Çizelge 1. Seramik nanokompozitlerin üretim metotlarının avantaj ve sınırlandırmaları

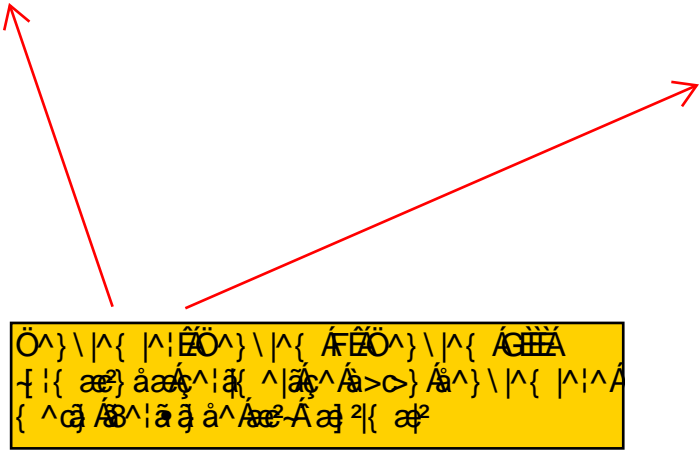
Metod	Avantaj	Sınırlandırmalar
Toz Metodu	Basit	Düşük oluşum hızı, yüksek sıcaklık, aglomerasyon, zayıf faz dispersiyonu, üründe sekonder faz oluşumu
Polimer Öncü Metodu	Daha ince parçacıklar hazırlama imkânı	Ultra ince parçacıkların aglomerasyonu ve dispersiyonundan dolayı homojen olmayan ve faz ayrımlı malzemeler oluşması
Sol-jel Metodu	Daha iyi takviye dispersiyonu	Basit, düşük işlem sıcaklığı; çok yönlü, yüksek kimyasal homojenlik; hassas stokiyometri kontrolü; yüksek saflıkta ürünler; metal-oksijen bağları içeren üç boyutlu polimerlerin oluşumu; tek veya çoklu matrisler



Silan bağlama ajanları, farklı reaktiviteye sahip iki fonksiyonel gruba sahip organosilikon bileşiklerdir. İki fonksiyonel gruptan biri organik maddeler ile ve diğeri inorganik maddeler ile reaksiyona girer. Genel yapısı Denklem 1.'deki gibidir:



(1)



## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Nanokompozit üretimi için nanopartikül olarak Alüminyum Oksit ( $Al_2O_3$ ) nanopartiküller seçilmiştir. Teknik özellikleri Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 2. Alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) nanopartikülün teknik özellikleri

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Nanopartikülün Teknik Özellikleri	
Safılık	%99.5+
Renk	Beyaz
Ortalama Partikül Boyutu	78 nm
Spesifik Yüzey Alanı	20 m <sup>2</sup> /g
Morfoloji	Neredeyse Küre Şeklinde
Kristalografik Yapı	Romboedrik

Nanopartikülleri modifiye etmenin epoksi lif ara yüzeyindeki uyumluluğu arttırdığı ve böylece nanokompozitin mekanik özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir. Bu çalışmada  $Al_2O_3$  nanopartiküllerinin yüzeyini modifiye etmek için silan bağlayıcı ajanı olarak 2-(3,4-Epoxycyclohexyl)ethyltrimethoxysilane kullanılmıştır. Bu modifiye işlemi için çözücü olarak ekstra saf tetrahidrofuran kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak Çizelge 3'de teknik özellikleri gösterilen MGS L 285 laminasyon reçinesi ile H287 sertleştiricisi kullanılmıştır.

Çizelge 3. Reçine ve sertleştiricinin teknik özellikleri

MGS L 285 Laminasyon Reçinesi		H287 sertleştiricisi	
Yoğunluk	1.18-1.23 g/cm <sup>3</sup>	Yoğunluk	0.93-0.96 gr/ cm <sup>3</sup>
Vizkosite	600-900 mPas	Vizkosite	80-120 mPas
Epoksi eşdeğeri	155-170 gr/eşdeğer	Amin Değeri	450-500 mgr KOH/gr
Epoksi değeri	0.59-0.65 eşdeğer/100gr	Refraktör indeksi	1.4950-1.4990
Refraktör indeksi	1.525-1.530		



Takviye malzemesi olarak aramid elyaflar kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 4.'de verilmiştir. Aramid elyafların yüzeyini modifiye etmek için çözücü olarak izo propil alkol kullanılmıştır.

Çizelge 4. Aramid elyaf teknik özellikleri

Aramid Elyaf		
Dokuma Stili	4H Saten	
Lif	Kevlar 49 ya da eşdeğeri / 2400 dtex	
Alan Ağırlığı	326 ± 4% g/m <sup>2</sup>	
Kalınlık	400 ± 15% µm	
İplik	Argaç	Çözücü
	6.7 ± 0.3 cm	6.7 ± 0.3 cm
Çekme Dayanımı	Argaç	Çözücü
	> 2000 N/cm	> 2000 N/cm

## 2.1. Yöntem

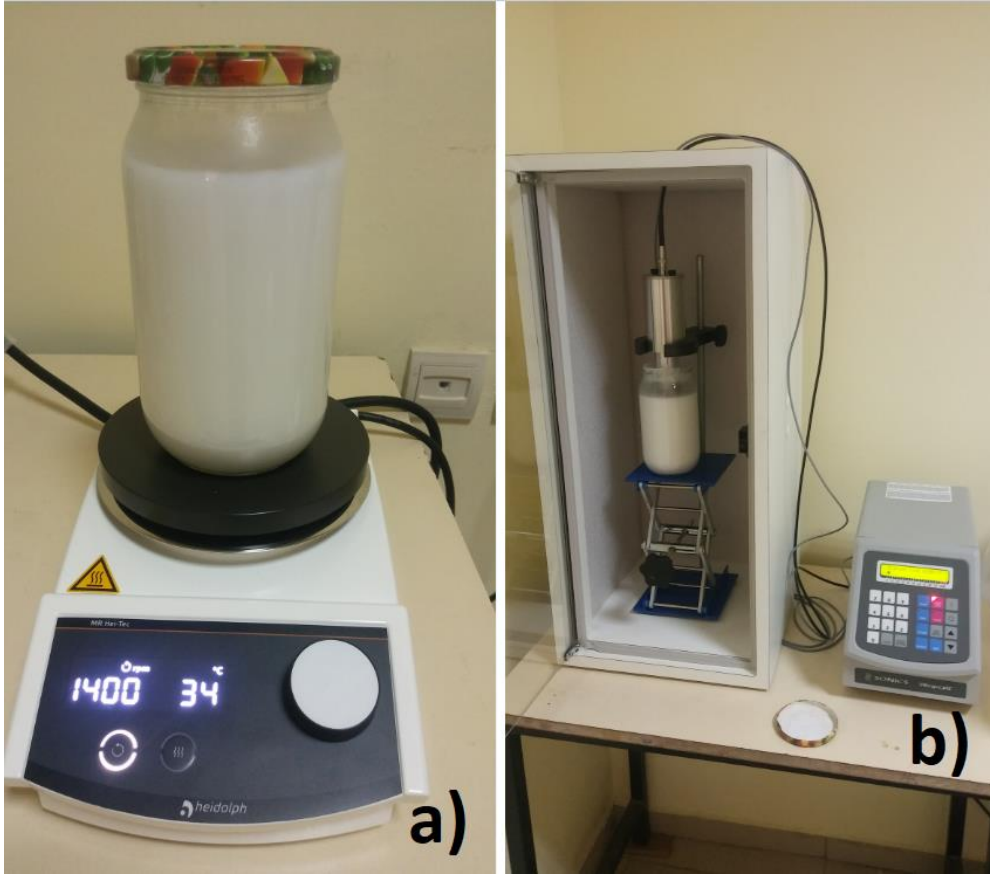
Satın alınan alüminyum oksit nanopartiküller öncelikle içerisindeki nemden arındırmak amacı ile 110 °C'de 24 saat boyunca fırında bekletilmiştir. Nanopartiküllerin yüzeyini modifiye etmek için Şekil 2.'de gösterilen nemden arındırılan nanopartiküllerden 100 gram, silan bağlayıcı ajanından 50 gram ve tetrahidrofurandan 625 mililitre alınarak koloidal bir karışım oluşturulmuştur.



Şekil 2.a. Silan bağlayıcı ajanı b. Nanopartikül c. Tetrahidrofuran

ÓáÁ\ \ áá^ Ááá É&Á^8^} \ | | Á  
{ ^ç& o áá \ | Á \ | áá æ 2|æ 2Á  
\* 4! • ^ | á \ | Á | | æ áá ^ | á \ | Á

Bu karışım 5 dakika boyunca 1400 dev/dk hızda manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra sıcaklığın 60 °C'yi aşmayacağı bir ortamda %40 genlik değerinde 20 dakika boyunca ultrasonik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcı ve ultrasonik karıştırıcı Şekil 3.'de gösterilmiştir.



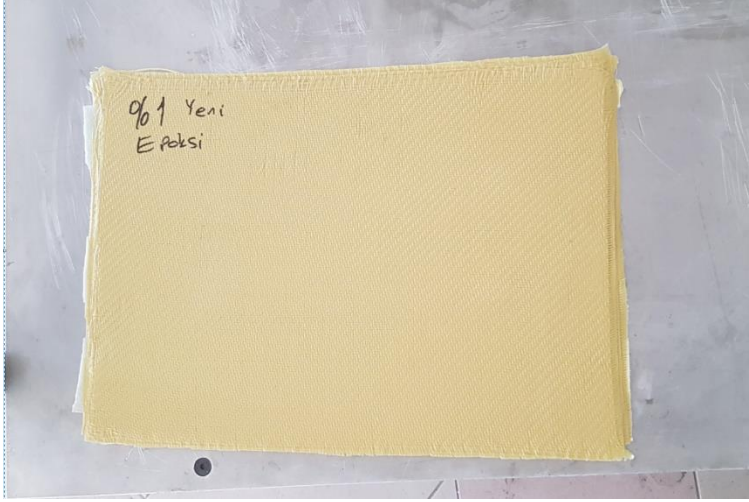
Şekil 3.2.a. Manyetik karıştırıcı b. Ultrasonik karıştırıcı

Daha sonra bu karışım 1 gün boyunca buzdolabında bekletilerek nanopartiküllerin kabın dibine çökmesi sağlanmıştır. Partiküllerin yüzeyinde kalan fazla silan bağlayıcı ajanından kurtulmak için, çöken partiküllerin üzerinde kalan çözücü karışımdan uzaklaştırılmış ve kalan partiküller tekrar tetrahidrofur ile karıştırılarak yıkanmıştır. Bu işlem 3 kere tekrar edilmiş ve partiküller oda koşullarında 1 gün bekletilerek çözücünün tamamen uçması sağlanmıştır. Bekletilme işleminden sonra kalan partiküller Şekil 3.'de görüldüğü gibi tabaka şeklinde kaldığı için son işlem olarak bu tabaka şeklindeki partiküller bilyalı değirmende 300 dev/dk hızda 5 dakika boyunca öğütülmüştür.

### 3. TARTIŞMA ve BULGULAR

#### 3.1. Deneyler

Kompozit plakalar Şekil 4.'deki gibi üretilmiş ve plakaların mekanik özelliklerini belirlemek için sırası ile çekme deneyi, basma deneyi, üç nokta eğme deneyi ve charpy darbe deneyleri uygulanmış ve tokluk değerleri incelenmiştir.



Şekil 4. Üretilen nanokompozit plaka örneği

Bu deneyleri yapabilmek için plakalar Çizelge 5.'de gösterilen standartlara göre kesilmiştir.

Çizelge 5. Yapılan deneylerin standartları

Deney Adı	Deney Standartları	Numune Boyutları (mm)	Açıklık Mesafesi (mm)	Deney Hızı (mm/dk)
Çekme Deneyi	ASTM D3039	250 x 25 x 3.2	-----	2
Basma Deneyi	ASTM D6641-16e1	140 x 13 x 3.2	-----	1.3
Üç Nokta Eğme Deneyi	ASTM D790	127 x 12.7 x 3.2	42	1
Charpy Darbe Deneyi	İSO 179-1 Normal, Yatay, Çentiksiz	80 x 10 x 3.2	62	-----

### 3.1.1. Çekme Deneyi

Çekme deneyi numuneleri ASTM D3039 standardına göre hazırlanmış ve ardından gibi deney gerçekleştirilmiştir.

Çekme deneyi en basit haliyle bir test numunesinin karşıt uçlarını bir test makinesinde karşılıklı tutturarak gerçekleştirilen bir deneydir. Makine tarafından bir çekme kuvveti uygulanır, bu da test parçasının kademeli uzamasına ve nihai olarak kırılmasına neden olur. İşlem sırasında, kuvvet uzama verileri kaydedilerek, test parçasının uygulanan gerilme kuvveti altında nasıl deforme olduğu izlenir. Çekme deneyi, bir malzemenin birkaç önemli mekanik özelliğini nicelleştirebilir. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi olmakla beraber bunlarla sınırlı değildir.

- Elastisite modülü (young modülü) ve poisson oranı
- Akma mukavemeti, maksimum çekme mukavemeti
- Süneklik ve tokluk özellikleri
- Gerinim sertleşmesi özelliği

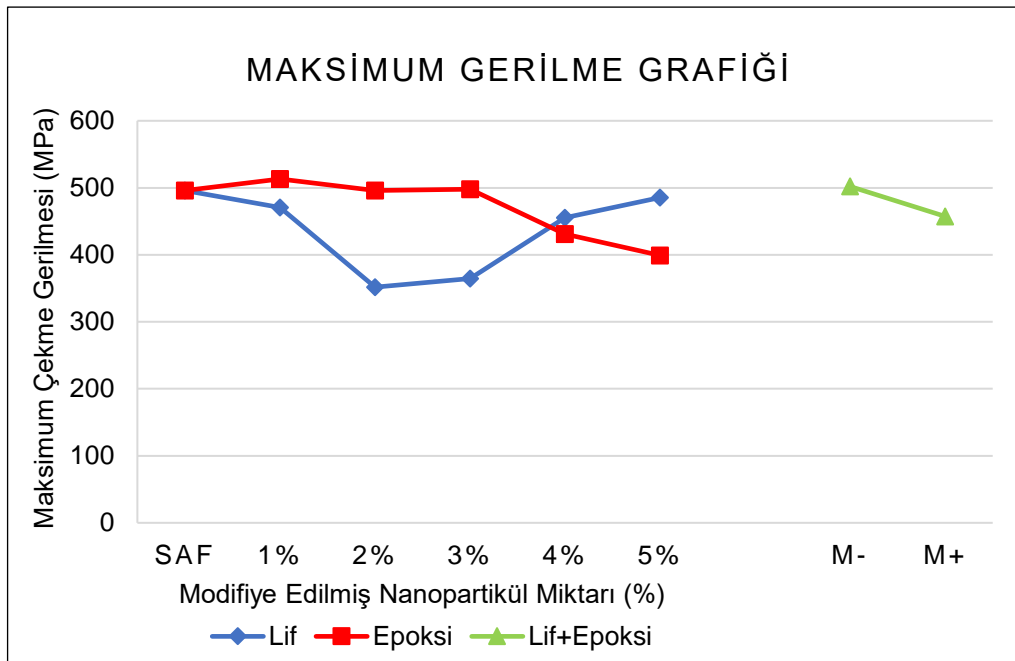
Çekme testi malzemenin mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli testlerden biridir. Bu deney çeşitli nedenlerden dolayı yapılabilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Mühendislik uygulamaları için en iyi malzemeyi seçebilmek adına çekme deneyi yapılabilir.
- Bir malzemeyi tanımlamak için o malzemenin çekme özellikleri, malzeme spesifikasyonlarına dahil edilebilir.
- Çekme özellikleri genellikle yeni materyallerin ve süreçlerin geliştirilmesi sırasında ölçülür, böylece farklı materyaller ve süreçler karşılaştırılabilir.
- Çekme özellikleri, bir malzemenin aksenal gerilmeden farklı olarak çeşitli yüklemelere tabi tutulduğunda farklı davranışlarını öngörebilmek için kullanılabilir.

Çekme deneyi sonucunda numunelerin maksimum gerilme, maksimum birim şekil değiştirme, elastisite modülü ve tokluk değerleri elde edilmiştir. Şekil 5’de maksimum gerilme grafiği gösterilmiştir. Grafiklerin değerleri Çizelge 6.’da verilmiştir.

Çizelge 6. Nanokompozitlerin çekme deneyindeki maksimum gerilme değerleri

	Lif (MPa)	Epoksi (MPa)		Lif+Epoksi (MPa)
Saf	495.875	495.875	M-	501.962
1%	470.821	513.154	M+	457.343
2%	351.744	496.027		
3%	364.631	498.091		
4%	455.401	431.079		
5%	485.492	399.116		



Şekil 5. Nanokompozitlerin çekme deneyindeki maksimum gerilme grafiği

Grafiklerde mavi ile gösterilen çizgi modifiye edilmiş lif ile üretilen nanokompoziti, kırmızı ile gösterilen çizgi modifiye edilmiş epoksi ile üretilen nanokompoziti gösterirken, yeşil çizgi iki yöntemin birleştirilmesinden oluşturulan nanokompoziti (Lif+Epoksi) göstermektedir. Modifiye edilmemiş nanopartikülleri kullanarak her iki yöntemin birleştirilmesinden oluşturulan nanokompozit ‘‘M-’’ ile, modifiye edilmiş nanopartikülleri kullanarak her iki

yöntemin birleştirilmesinden oluşturulan nanokompozit ‘M+’ ile gösterilmiştir. Bundan sonraki bütün çizelgelerin şekillerde gösterimi bu şekildedir.

Maksimum gerilme verileri incelendiğinde en yüksek artışın %3.48 ile %1 katkılı epoksi oranında gerçekleştiği görülmektedir. Bu değer epoksi için %1’den sonra düşmeye başlamış ve %5 değerinde minimum sonuca ulaşmıştır. Life bakıldığında bu değer %3 oranına kadar düşerken, %3’ten sonra %5’e kadar artma gözlemlenmiş ancak lif için hiçbir oranda saf kompozit geçilememiştir. İki yöntemin birleştirildiği değer (M+) incelendiğinde saf kompozite göre %7.77’lik bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu da iki yöntemi birleştirmenin maksimum gerilme değerine olumlu etki etmediği manasına gelmektedir. Aynı yöntemler modifiye edilmemiş nanopartiküller kullanılarak birleştirildiğinde (M-), bu değer M+’ya göre %8.89’luk bir artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir. Nanopartikülleri modifiye etmenin çekme gerilmesi için olumlu bir etki oluşturmadığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar silan bağlayıcı ajanı ile modifiye edilmiş nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partiküllerini %2 oranında kullanarak cam elyaf takviyeli epoksi nanokompozitler üreten Akınyede ve ark. (2009)’nın elde ettikleri sonuçlara benzer çıkmıştır. Saf kompozitin maksimum gerilme değerinin life katılmış halinden yüksek geldiğini, epoksiye katmanın life katmaktan daha olumlu sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada sadece %2 oranını kullandıklarından ileri kıyaslama yapılamamıştır.

## 4. SONUÇ

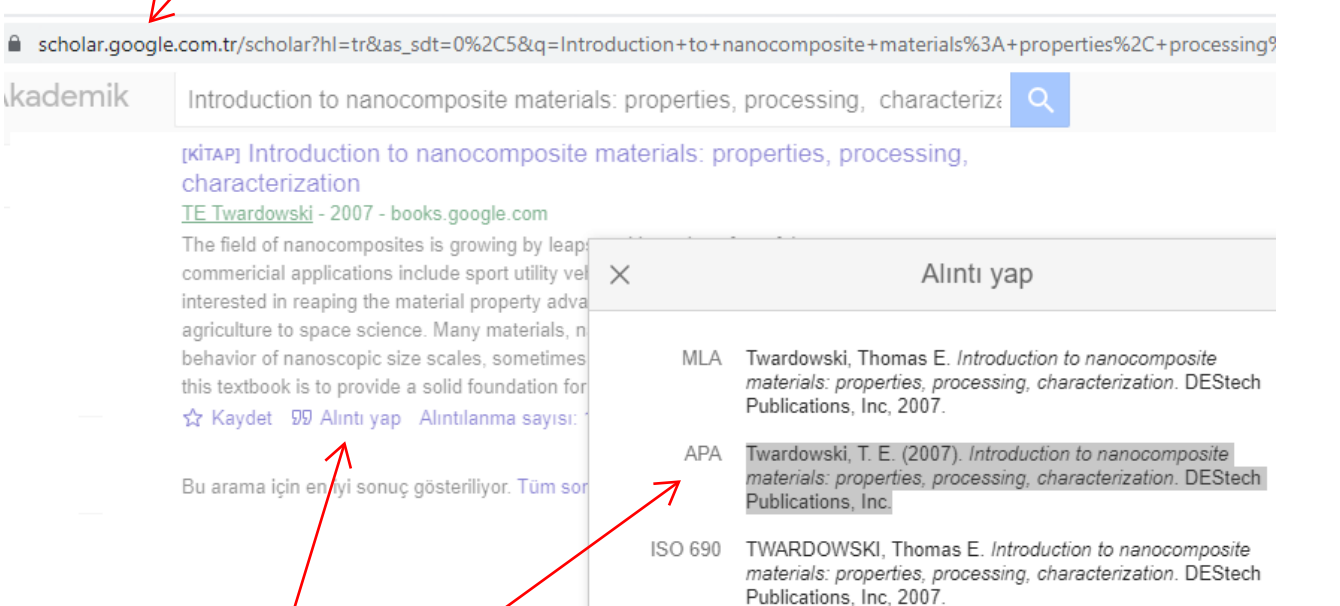
Bu çalışmada aramid elyaf takviyeli epoksi nanokompozitler üretilmiş ve bunların mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada yüzeyi modifiye edilmiş  $Al_2O_3$  nanopartiküller, epoksiye göre kütlece %1, %2, %3, %4 ve %5 oranında alınmıştır. Plakalar ilk aşamada yüzeyi modifiye edilmiş nanopartikülleri sadece epoksiye karıştırarak elde edilmiş daha sonra sadece life katılarak elde edilmiştir. Katılma oranlarına göre en iyi mekanik iyileşme, gerilme cinsinden, en çok maksimum eğilme gerilmesinde elde edildiğinden dolayı, buradaki optimum oranlar alınarak (%4 Lif+ %1 Epoksi) hem epoksiye hem life modifiye edilmiş nanopartikül katılmış ve iki ayrı yöntem birleştirilmiştir. Numunelere çekme deneyi, basma deneyi, üç nokta eğme deneyi ve darbe deneyi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yöntemleri birleştirmenin çekme deneyi, basma deneyi ve eğilme deneyi için maksimum gerilme değerlerini, elastisite modülü değerini ve sehimi negatif yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Öte yandan yöntemleri birleştirmek aynı deney grupları için maksimum birim şekil değiştirme ve çekme için tokluk özelliklerini dikkate değer bir şekilde arttırmıştır. Darbe deneyine bakacak olursak sönmölenen enerjide artış gözlemlenmiş olsa da bu artış oranı (%0.61) dikkate değer biçimde yüksek çıkmamıştır. Yöntemleri birleştirmenin en olumlu sonuç verdiği deney ve özellik ise basma deneyinde %18.59'luk bir artış ile maksimum birim şekil değiştirme özelliği olmuştur.

## 5. KAYNAKLAR

1. Twardowski, T. E. (2007). Introduction to nanocomposite materials: properties, processing, characterization. DESTech Publications, Inc.
2. Neouze, M. A., & Schubert, U. (2008). Surface modification and functionalization of metal and metal oxide nanoparticles by organic ligands. Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly, 139(3), 183-195.
3. Raju, B. R., Suresha, B., Swamy, R. P., & Kanthraju, B. S. G. (2013). Investigations on mechanical and tribological behaviour of particulate filled glass fabric reinforced epoxy composites.
4. Salih, S. I., Salih, W. M., & Hameed, M. A. A. (2016). Preparation and characterization of polymers blends hybrid Nano composites for structural applications. Advances in Natural and Applied Sciences, 10(15), 90-104.
5. Zhang, H. J., Zhang, Z. Z., & Guo, F. (2010). A study on the sliding wear of hybrid PTFE/Kevlar fabric/phenolic composites filled with nanoparticles of TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub>. Tribology Transactions, 53(5), 678-683.
6. Shah, A., Wang, Y., Huang, H., Zhang, L., Wang, D., Zhou, L., .. & Zhang, Z. (2015). Microwave absorption and flexural properties of Fe nanoparticle/carbon fiber/epoxy resin composite plates. Composite Structures, 131, 1132-1141.
7. URL-1, <http://web.harran.edu.tr/makine> , Erişim tarihi 22 Aralık 2022.

**@q • @Q |æ È [ [ \* ^ È [ { È Da | • â ^ Á à à à Á æ æ ^ } â Á æ æ ² | Á / æ æ ² | È**



scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as\_sdt=0%2C5&q=Introduction+to+nanocomposite+materials%3A+properties%2C+processing%2C+characteriz

Introduction to nanocomposite materials: properties, processing, characterization

TE Twardowski - 2007 - books.google.com

The field of nanocomposites is growing by leaps and bounds. Commercial applications include sport utility vehicles, aircraft, and spacecraft. Researchers interested in reaping the material property advantages of nanocomposites in agriculture to space science. Many materials, not only at the atomic level, but also at the behavior of nanoscopic size scales, sometimes this textbook is to provide a solid foundation for understanding the field.

Kaydet Alıntı yap Alıntılanma sayısı:

Bu arama için en iyi sonuç gösteriliyor. Tüm sonuçları görüntüle

Alıntı yap

MLA Twardowski, Thomas E. *Introduction to nanocomposite materials: properties, processing, characterization*. DESTech Publications, Inc, 2007.

APA Twardowski, T. E. (2007). *Introduction to nanocomposite materials: properties, processing, characterization*. DESTech Publications, Inc.

ISO 690 TWARDOWSKI, Thomas E. *Introduction to nanocomposite materials: properties, processing, characterization*. DESTech Publications, Inc, 2007.



GMNGT

T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİ İÇİN  
**BİTİRME ÖDEVİ VE MAKİNA PROJESİ FAALİYET İZLEME FORMU<sup>1</sup>**

**ÖĞRENCİNİN:**


No	Adı	Soyadı	Yaptığı çalışma	Danışmanı
190506012	Gökhan	Demircan	<input type="radio"/> Makina Projesi <input checked="" type="radio"/> Bitirme Ödevi	Prof. Dr. Murat KISA
Çalışmanın ana başlığı				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> NANOPARTİKÜL KATKILI ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ				

**Öğrencinin son rapor dönemi içerisinde yapmış olduğu çalışmalar**

Proje için malzeme alımı gerçekleştirildi. Çalışmanın sağlıklı yürütülebilmesi için gerekli literatür taraması yapıldı. Proje ekibi ile toplantı gerçekleştirilerek projenin işleyişi ile ilgili zaman şablonu oluşturuldu.

**Altta ki kısım öğrenci tarafından doldurulacaktır-(Uygun kutucuğu işaretleyiniz).**

Danışmanınız ile görüşme sıklığınız	<input checked="" type="radio"/> 15 Günde bir	<input type="radio"/> Haftada bir	<input type="radio"/> Diğer: .....
Geçen rapor dönemi içerisinde çalışmanızdaki gelişme (size göre)	<input type="radio"/> Çok iyi	<input checked="" type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz

Öğrencinin imzası	Tarih	Değerlendirme Formunun ait olduğu dönem
	22.10.2022	1. Ara Rapor 2022-2023 GÜZ Dönemi

**Bu kısım danışman tarafından doldurulacaktır.**

Öğrenci çalışma raporunu zamanında getiriyor mu	<input checked="" type="radio"/> Evet	<input type="radio"/> Hayır	
Öğrencinin genel performansı	<input checked="" type="radio"/> Çok iyi	<input type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz
Öğrenci hakkında diğer görüşler	..... ..... ..... .....		

<sup>1</sup> Bu formun web sitesinde ilan edilen rapor dönemlerinde bir, öğrenci tarafından doldurularak danışmanına verilmesi gerekmektedir. Proje notlarının değerlendirilmesi belirlenen tarihlerde verilen raporlar ile birlikte yazım kurallarına göre yazdığımız Makine projesi/Bitirme ödevi kitapçığı ve komisyon önünde sunumunuza göre danışman ve bölüm jüri üyeleri tarafından verilir.

**T.C.**  
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİ İÇİN**  
**BİTİRME ÖDEVİ VE MAKİNA PROJESİ FAALİYET İZLEME FORMU<sup>1</sup>**

**ÖĞRENCİNİN:**


No	Adı	Soyadı	Yaptığı çalışma	Danışmanı
190506012	Gökhan	Demircan	<input type="radio"/> Makina Projesi <input checked="" type="radio"/> Bitirme Ödevi	Prof. Dr. Murat KISA
Çalışmanın ana başlığı				
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPARTİKÜL KATKILI ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ</b>				

**Öğrencinin son rapor dönemi içerisinde yapmış olduğu çalışmalar**

Lif takviyeli polimer kompozitler vakum destekli reçine infüzyon yöntemi ile üretildi. Üretilen kompozit plaka tezgâhtan söküldü ve ASTM standartlarına göre su takviyeli testere ile test için hazır hale getirildi. Çekme, eğilme ve basma testleri gerçekleştirildi.

**Altta kısm öğrenci tarafından doldurulacaktır-(Uygun kutucuğu işaretleyiniz).**

Danışmanınız ile görüşme sıklığınız	<input checked="" type="radio"/> 15 Günde bir	<input type="radio"/> Haftada bir	<input type="radio"/> Diğer: .....
Geçen rapor dönemi içerisinde çalışmanızdaki gelişme (size göre)	<input type="radio"/> Çok iyi	<input checked="" type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz

Öğrencinin imzası	Tarih	Değerlendirme Formunun ait olduğu dönem
	19.11.2022	2. Ara Rapor 2022-2023 GÜZ Dönemi

GÖRÜLÜMÜZ

**Bu kısım danışman tarafından doldurulacaktır.**

Öğrenci çalışma raporunu zamanında getiriyor mu	<input checked="" type="radio"/> Evet	<input type="radio"/> Hayır	
Öğrencinin genel performansı	<input checked="" type="radio"/> Çok iyi	<input type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz
Öğrenci hakkında diğer görüşler	..... ..... ..... .....		

<sup>1</sup> Bu formun web sitesinde ilan edilen rapor dönemlerinde bir, öğrenci tarafından doldurularak danışmanına verilmesi gerekmektedir. Proje notlarının değerlendirilmesi belirlenen tarihlerde verilen raporlar ile birlikte yazım kurallarına göre yazdığımız Makine projesi/Bitirme ödevi kitapçığı ve komisyon önünde sunumunuza göre danışman ve bölüm jüri üyeleri tarafından verilir.

**T.C.**  
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİ İÇİN**  
**BİTİRME ÖDEVİ VE MAKİNA PROJESİ FAALİYET İZLEME FORMU<sup>1</sup>**

**ÖĞRENCİNİN:**


No	Adı	Soyadı	Yaptığı çalışma	Danışmanı
190506012	Gökhan	Demircan	<input type="radio"/> Makina Projesi <input checked="" type="radio"/> Bitirme Ödevi	Prof. Dr. Murat KISA
Çalışmanın ana başlığı				
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPARTİKÜL KATKILI ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ</b>				

**Öğrencinin son rapor dönemi içerisinde yapmış olduğu çalışmalar**

Mekanik testler sonucunda elde edilen sonuçlar için grafikler çizildi. Grafiklerin yorumları literatürden karşılaştırmalı bir şekilde yapıldı. Danışman ile iletişime geçilerek sonuçların doğru yorumlanıp yorumlanmadığı tespit edildi ve proje defteri yazım aşamasına geçildi.

**Altta kısm öğrenci tarafından doldurulacaktır-(Uygun kutucuğu işaretleyiniz).**

Danışmanınız ile görüşme sıklığınız	<input checked="" type="radio"/> 15 Günde bir	<input type="radio"/> Haftada bir	<input type="radio"/> Diğer: .....
Geçen rapor dönemi içerisinde çalışmanızdaki gelişme (size göre)	<input type="radio"/> Çok iyi	<input checked="" type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz

Öğrencinin imzası	Tarih	Değerlendirme Formunun ait olduğu dönem
	25.12.2022	3. Ara Rapor 2022-2023 GÜZ Dönemi

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

**Bu kısım danışman tarafından doldurulacaktır.**

Öğrenci çalışma raporunu zamanında getiriyor mu	<input checked="" type="radio"/> Evet	<input type="radio"/> Hayır	
Öğrencinin genel performansı	<input checked="" type="radio"/> Çok iyi	<input type="radio"/> İyi	<input type="radio"/> Yetersiz
Öğrenci hakkında diğer görüşler	..... ..... ..... .....		

<sup>1</sup> Bu formun web sitesinde ilan edilen rapor dönemlerinde bir, öğrenci tarafından doldurularak danışmanına verilmesi gerekmektedir. Proje notlarının değerlendirilmesi belirlenen tarihlerde verilen raporlar ile birlikte yazım kurallarına göre yazdığımız Makine projesi/Bitirme ödevi kitapçığı ve komisyon önünde sunumunuza göre danışman ve bölüm jüri üyeleri tarafından verilir.



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
BİTİRME ÖDEVİ DEĞERLENDİRME FORMU



Öğrenci Adı: Gökhan Demircan

Öğrenci No: 190506012

2022-2023 Güz

1. Sunum

1. Sunum çalışmayı açıklamaya yeterli içeriğe sahip mi? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20puan] <input type="checkbox"/> Kısmen [10puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0puan]	Puan 20	
2. Sunum içeriği ve şekilleri genel sunum kurallarına uygun olarak şekil ve yazılar dengeli miydi? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0puan]	Puan 20	
3. Sununu yapılan proje belirtilen sürede (15 +5 dk) tamamlandı mı? <input type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input checked="" type="checkbox"/> 5 dakika aşıldı [10 puan] <input type="checkbox"/> 5 dakikadan fazla aşıldı [0puan]	Puan 10	
4. Sunumun genel organizasyonu iyi miydi? <input checked="" type="checkbox"/> Çok iyi organizasyon ve sunum. [20 puan] <input type="checkbox"/> İyi organizasyon ve sunum. [15 puan] <input type="checkbox"/> Ortalama organizasyon ve sunum. [10 puan] <input type="checkbox"/> Kötü organizasyon ve sunum. [0 puan]	Puan 20	
5. Sunanın soruları yanıtlaması nasıldı? <input checked="" type="checkbox"/> Tüm soruları güvenle yanıtladı. [20 puan] <input type="checkbox"/> Bir kaç soruya yanıtı iyi değildi. [15 puan] <input type="checkbox"/> Bir çok soruya yanıtı iyi değildi. [10 puan] <input type="checkbox"/> Hiçbir soruya doğru yanıt vermedi. [0puan]	Puan 20	
1. kısmın toplam puanı (A)		Puan 90

2. Planlama, Çalışma Takvimi ve Organizasyon

6. Proje çalışması ile ilgili olarak hangi aşamaların bulunduğu ve bunların ne zaman yapılacağına dair çalışma başlangıcında plan yapıldı mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [25 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 25	
7. Proje çalışması takvimi döneme yayılmış mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [25 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 25	
8. Proje çalışması sırasında öğrenci danışmanı ile kaç defa görüşmüş? <input type="checkbox"/> En az 10 defa [25 puan] <input checked="" type="checkbox"/> 5 – 10 defa [15 puan] <input type="checkbox"/> 2-5 defa [10 puan] <input type="checkbox"/> 1 defa veya hiç [0 puan]	Puan 15	
9. Yapılan çalışma ve sonuçları Proje Kitabında yeterli düzeyde açıklanmış ve tartışılmış mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [25 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 25	
2. kısmın toplam puanı (B)		Puan 90

3. Bilimsel İçerik ve Mühendislik Becerisini Geliştirmeye Katkı

10. Çalışmada Mühendislik standartları ve gerçekçi kısıtlar dikkate alınıp proje Ödevi Kitabında yeterli düzeyde açıklanmış mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 20	
11. Çalışılan konunun neden seçildiği, uygulamadaki önemi, nerelerde nasıl uygulanabileceği yeterince incelenip tartışılmış mı ve bitirme kitapçığına konmuş mu? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 20	
12. Çalışılan konunun detayları (proje detayları, hesaplama kriterleri vb) kitapçıkta yeterince ve anlaşılır şekilde açıklanmış mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 20	
13. Elde edilen sonuçlar yeterli düzeyde kitapçıkta yorumlanmış mı? <input checked="" type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 20	
14. Çalışma sonucunda uygulamada kullanılabilir sonuçlar elde edilmiş mi? <input type="checkbox"/> Evet [20 puan] <input checked="" type="checkbox"/> Kısmen [10 puan] <input type="checkbox"/> Hayır [0 puan]	Puan 10	
3. kısmın toplam puanı (C)		Puan 90

Not: Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı tarafından Bitirme Ödevi dersi ile ilgili olarak alınan Bölüm Kurul Kararı gereği Disiplin içi ve çok disiplinli takımlarda etkin biçimde çalışabilme becerisinin; bireysel çalışabilme becerisinin öğrencilerin tümüne kazandırılması amaçlandığından bu vasfı karşılamayan projeler BAŞARISIZ olarak değerlendirilecektir.

Lütfen Bitirme Ödevinin “Disiplin İçi ve Çok Disiplinli Entegre Proje Çalışmaları” ile ilgili değerlendirmelerinizi yazınız.

**Bu çalışma İnşaat Mühendisliği bölümü ile entegre yapılmıştır. Çalışmada elde edilen lif takviyeli kompozitlerin betonlarda kullanımı ayrıca incelenmiştir.**

Öğrenci Puanı (A+B+C) /3

A	B	C	TOPLAM
90	90	90	90

Doç. Dr. Kasım Mermerdaş

Öğretim Elemanı Adı Soyadı, İmza  
Prof. Dr. Murat KISA

Prof. Dr. Murat KISA



Harran Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Bölümü  
Deney Tasarım Projesi



Adı Soyadı : Gökhan Demircan  
Numarası : 190506012  
Proje Yılı : 2022-2023 Güz Dönemi  
Projenin Ait Olduğu Laboratuvar : Mekanik Laboratuvarı  
Tasarım : Isıl Tasarım  Mekanik Tasarım

Ü: [ b̂ Á^ } ^ Áæ æ² Á | b̂ • áæ Á^ Á^  
f | Á ~ daæ áæ \ | ^ Á \ | } ^ | ááÉ

**Projenin Adı:**

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPARTİKÜL KATKILI ARAMİD ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

**Tasarım Yöntemi:**

Üretilecek kompozit deney setinin tasarımı ticari olarak kullanılan deney setleri analiz edilerek gerçeğine yakın boyutlarda öncelikle Solidworks ortamında tasarlandı. Tasarımın uygunluğu bilgisayar ortamında test edildikten sonra üretimi gerçekleştirecek parçaların temini için çeşitli firmalar ile görüşüldü ve parça teminleri gerçekleştirildi. Mekanik test ölçümü için üst parça alt hazneye yerleştirildi. Alt haznedeki parçalar kontrol edilerek montaj işlemi gerçekleştirdi.

**Tasarım Amacı:**

Tasarımın amacı kompozit malzemelerin çekme dayanımını pahalı cihazlar olmadan da tespit edebilmektir. Bu kapsamda tasarım sonun örnek bir çekme testi uygulaması yapıldı ve çekme gerilmesi, birim şekil değişimi ve elastisite modülleri tespit edildi.

Ü: [ b̂ á Á^ ~ || æ² æ² Á } Áæ Á Áæ á Á^ | 8 \ 8á² • 20á Á^ Á  
| [ ~ | Áæ² | æ { æ² á² É

**Kullanılan Gerçekçi Kısıtlar ve Koşullar:**

**Üretilebilirlik:** Tasarımın üretilebilirliği tespit edilerek imalat süreci gerçeğe uygun gerçekleştirdi.  
**Ekonomi:** Yapılan tasarımın ekonomik olarak uygun olup olmadığı tespit edildi.  
**Sürdürülebilirlik:** Yapın deneylerin bu aparat sayesinde tekrarlanabilir olduğu tespit edildi.

Önerilen tasarım projesi gerçekçi kısıtları ve koşulları içerecek bir ana tasarım projesi olmaya **UYGUNDUR/UYGUN DEĞİLDİR.**

Müdek Komisyonu Başkanı  
Dr. Öğrt. Üyesi Yusuf İŞIKER

Tarih  
22.11.2022

İmza

KEVANKING

Ü: [ b̂ } á Á^ • ÖÖSCÁ^ \* ~ } Á | ~ } Á | ( æ² ² Á [ { á ~ [ ] Áæ \ æ² æ² } æ² | æ² | æ² Á  
ç^ Á ç | æ Á ~ daæ áæ : æ² Á | æ² á² É

## Kullanılabilecek Gerçekçi Kısıtlar ve Koşullar:

Gerçekçi kısıtlar ve koşullar tasarımın niteliğine göre, ekonomi, çevre sorunları, sürdürülebilirlik, üretilebilirlik, etik, sağlık, güvenlik, sosyal ve politik sorunlar gibi ögeleri içerirler. Bu kapsamda, öğrencilerimizin Maliyet Analizi zorunlu olmak üzere aşağıda yer alan diğer başlıklardan çalışmaya uygun olan en az 2 kısıt seçerek toplamda en az 3 kısıtı Tasarım çalışmalarında kullanmaları gerekmektedir.

**Ekonomi:** Bu kapsamda yapılacak çalışmalarda Maliyet analizi, Geri kazanım oranı, Yıpranma ve amortisman hesaplamaları, Yenileme Analizleri, Mühendislik projelerinin ekonomik fizibilite raporları, ürün ve işleme maliyetleri gibi konulara değinilmelidir.

**Maliyet Analizi:** Bir ürün tasarımında üretimine kadar geçen süreçlerde iş gücü, hammadde, üretim imkanları, tesis ekonomikliği, ürün işleme maliyetleri, enerji maliyetleri gibi yer alan tüm aşamaların neticesinde ürünün tüm maliyetinin ortaya çıkarılması gibi çalışmalar.

**Çevre sorunları:** Ürünün işleme, üretim gibi aşamalarında harcanan enerjinin azaltılması ve dolayısıyla çevreye atılan zararlı maddelerin azaltılması, alternatif ve yenilenebilir enerjilerin kullanılması ile çevreye yayılan zararlı gaz salınımlarının azaltılması, doğaya geri dönüşüm problemi olan malzemelere alternatif malzeme seçilmesi gibi çalışmalar.

**Sürdürülebilirlik:** Karar verilen bir ürün tasarımı için belirlenen malzemenin ömrünün ne kadar olduğu, kullanıldıktan sonra hurda, çöp gibi bir daha kullanılmayacak bir duruma gelmesi mi veya tekrar işlenerek aynı veya başka bir ürüne dönüşümünün mümkün olup olmadığı veya dönüşüyorsa ne kadar sürede ve hangi miktarda tekrar geri kazanılacağı ile ilgili çalışmalar.

**Üretilebilirlik:** Bir tasarımın üretilebilir olması için malzeme ve üretim yöntemi seçiminden başlayıp hangi aşamalardan geçmesi gerektiğine dair çalışmalar.

**Etik:** Yapılacak çalışmaların mühendislik etiği açısından değerlendirilmesi.

**Sağlık:** Çalışmalarda kullanılacak yöntemlerin ve malzemelerin insan sağlığına olumsuz bir etkisinin olup olmadığına ait inceleme.

**Güvenlik:** Tasarımı yapılan çalışma için seçilen malzemelerin mühendislik açısından güvenlik kriterleri yönünde bir değerlendirme, çalışmalarda kullanılacak yöntemlerin herhangi bir iş kazasına sebebiyet verip vermediğine dair iş güvenliği açısından yapılacak değerlendirme.

**Sosyal ve politik sorunlar:** Çalışmaların sosyal ve politik etkenlerin önemli olduğu askeri ve savunma sanayii gibi alanlarda, ülkemizin sosyal ve politik değerleri açısından, stratejik ve toplumsal çıkarlar açısından yapılacak değerlendirmeler.