

## DENİZ SUYUNUN FARKLI TABAKA KALINLIKLIL KOMPZİT PLAKALARIN DARBE DAVRANIŞINA ETKİSİ

Ümran ESENDEMİR<sup>1</sup>, Özge GÖKSU<sup>2</sup>

Accepted: 2023-12-26  
DOI: 10.47118/somatbd.1407840

### ÖZET

Bu çalışmada; deniz suyunun kompozit plakaların darbe davranışına zamana bağlı etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada 100x100 mm boyutlarında iki farklı kalınlıkta (2 mm ve 4mm) 8 ve 16 tabakalı plakalar kullanılmıştır. Deniz suyu ortamında 3 ve 6 aylık süreler boyunca numuneler kapalı bir kavanozda oda sıcaklığında bekletildikten sonra darbe testleri yapılmıştır. Deniz suyu ortamında bekletilen numuneler ile oda sıcaklığında bekletilen numuneler arasındaki kıyaslamalarda çökme, darbe enerjisi, maksimum kuvvet, hız ve zaman verileri kullanılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda genel olarak numunelerin deniz suyunda bekleme süresi, darbe enerjisi arttıkça ve tabaka kalınlığı azaldıkça; kompozit numunelerin çökme değerlerinin arttığı, darbe dayanımlarının ise azaldığı görülmüştür. Darbe dayanımlarındaki en fazla azalma ise 6 ay deniz suyunda bekletilen 8 tabakalı ince numunelerde görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Kompozit malzeme, Darbe enerjisi, Deniz suyu, Plaka kalınlığı

## EFFECT OF SEA WATER ON IMPACT BEHAVIOR OF COMPOSITE PLATES WITH DIFFERENT LAYER THICKNESS

### ABSTRACT

In this study; the effect of sea water on the impact behavior of composite plates depending on time was investigated experimentally. 8 and 16 layered plates with two different thicknesses (2 mm and 4 mm) with dimensions of 100x100 mm were used in the study. Impact tests were carried out after the samples were kept in a closed jar at room temperature for 3 and 6 months in a seawater environment. The data of collapse, impact energy, maximum force, velocity and time were used for comparisons between samples kept in seawater environment and samples kept at room temperature. As a result of the experimental study, as the the keeping time of the samples in seawater, impact energy increases and the layer thickness decreases; It was observed that the impact strength of the composite samples decreased and the deflection values increased, generally. The greatest decrease in impact strength was seen in 8-layer thin samples that were kept in seawater for 6 months.

**Keywords:** Composite material, Sea water, Impact energy, Plate thickness

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl. Isparta/TÜRKİYE

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bil. Enst.Mak.Müh.ABD, Isparta/TÜRKİYE

## 1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler havacılık denizcilik, otomotiv sektörü gibi birçok yerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Denizcilik sektöründe cam elyaf takviyeli kompozitlerin daha az su emme ve korozyon direncinin yüksek olmasından dolayı kullanımı her geçen gün artmaktadır. Havacılık denizcilik, otomotiv gibi farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanılan kompozit yapılar çeşitli sebeplerden darbe enerjilerine uğramaktadırlar. Bu darbe enerjileri de matris çatlağı, delaminasyon fiber kırılması ve delinme gibi hasar tiplerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Düşük hızlı darbeye maruz kompozit plakaların darbe davranışları üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Deniz ve arkadaşları cam/epoksi kompozit plakaları farklı sürelerde (3,6,9 ve 12 ay) deniz suyunda beklettikten sonra numunelere farklı darbe enerjilerinde darbe testleri yapmışlardır [1]. Darbe dayanımları üzerinde; küçük çaplı borularda deniz suyunun etkisinin darbe enerjisine göre daha az olduğu, büyük çaplı borularda ise deniz suyunun etkisinin darbe enerjisinden daha etkili olduğu belirtilmiştir. Vijay ve arkadaşları SiCp katkılı cam epoksi kompozitlerin mekanik davranışı üzerine deniz suyunun etkisini incelemişler ve deniz suyunun kompozitin çekme mukavemetini düşürdüğünü belirtmişlerdir [2]. Esendemir ve Karaca farklı hidroklorik asit çözeltisinde farklı sürelerde bekletilen kompozit plakalara darbe testleri uygulamışlar ve asidik ortamın kompozit numunelerin taşıma kapasitelerini düşürdüğünü ve numuneleri gevreklettiğini belirtmişlerdir [3]. Karakuzu ve arkadaşları tabakalı kompozit plakaların darbe davranışına deniz suyunun etkisini incelemişlerdir [4]. Darbe testleri, üç farklı darbe enerjisi ( 10 J, 20 J, 30 J) ve vurucu kütlelerinde ( 5 kg, 10 kg, 15 kg) gerçekleştirilmiştir. Deniz suyundaki tuzun, deniz, darbe enerjisinin ve darbe ucu kütlelerinin kompozit plakaların darbe dayanımını etkilediğini belirtmişlerdir. Islam ve arkadaşları kompozit pervaneli deniz araçlarının darbe dayanımlarının artırılması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır [5]. Bu amaçla; laminat kalınlığı, istifleme sırası, darbe açısı, su difüzyonu, sıvı-yapı etkileşimi gibi faktörleri göz önünde bulundurarak uygun deniz aracı pervanesi tasarımı yapmışlardır. Othmana ve arkadaşları karbon fiber takviyeli epoksi kompozitlerin suda bekletilmesinin darbe davranışına etkisini incelemişlerdir [6]. Numuneler 368 saat distile suya daldırılmıştır. Nemli numunelere 15 J ile 85 J arasında değişen darbe enerjilerine tabi tutulmuşlardır. Darbe sonrası bası dayanımları kuru numunelerle karşılaştırma yapılmış ve suda bekletilen numunelerin hasar alanlarının kuru numunelere göre daha fazla artış gösterdiği belirtilmiştir. Amora ve arkadaşları cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin darbe dayanımlarına farklı asit çözeltilerinin etkilerin incelemişler ve korozyon ortamının ve bekletme süresinin darbe dayanımlarını düşürdüğünü belirtmişlerdir [7]. Kaybal ve arkadaşları; 2,4 ve 6 ay deniz suyunda bekletilmiş cıvata ile birleştirilmiş kompozit yapıların düşük hızlı darbe performansını deneysel olarak incelemişlerdir [8]. Darbe testleri 15J, 20J ve 25J darbe enerjilerinde yapmışlardır. Numunelerin, deniz suyunda bekletilme süresi arttıkça yük taşıma kapasitelerinin azaldığı görülmüştür. Pai ve arkadaşları aramit-bazalt/ epoksi hibrit kompozitlerin hasar özellikleri ve düşük hızlı darbe davranışına farklı yaşlanma koşullarının etkisini incelemişlerdir [9]. Ortam koşulu (25 °C), sıfırın altındaki durum (- 10 °C) ve nem durumu (40 °C) olmak üzere üç farklı sıcaklıkta yaşlandırma yapmışlardır. Yaşlandırma işleminden sonra numunelere 10J ve 15J olmak üzere iki farklı darbe enerjisinde darbe testine tabi tutmuşlardır. Sıfırın altında yaşlandırılan numunelerin diğer yaşlanma koşullarına göre darbe dayanımının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir

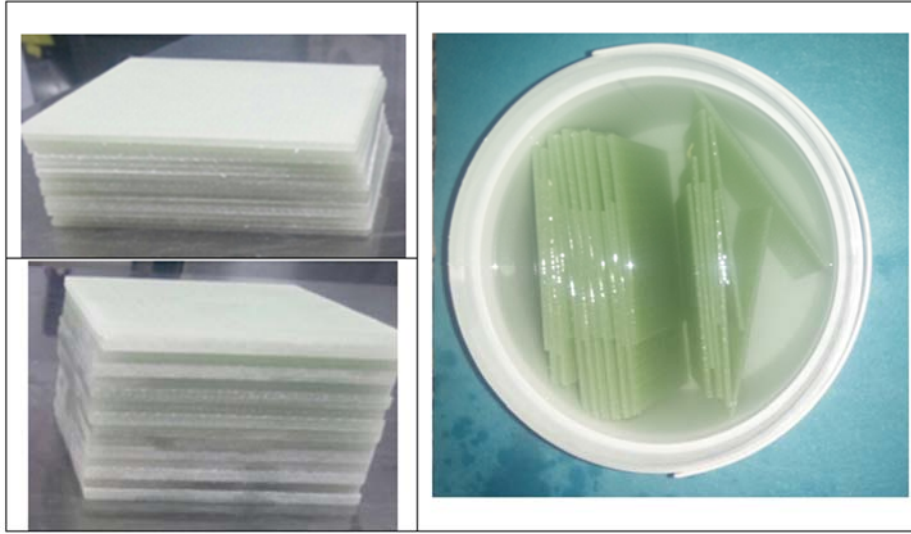
Cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler korozyon dirençlerinin yüksek olmasından dolayı denizcilik alanında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu deniz araçları; buz kütlelerine, deniz hayvanlarına, su altında yüzen molozlara, iskeleye ve tekne gibi diğer deniz araçlarına

çarparak düşük hızlı darbelere maruz kalabilmektedirler. Bu çalışmada 3 ay ve 6 ay deniz suyunda bekletilen 8 ve 16 tabakalı kompozit numunelerin 30 J ve 50 J darbe enerjileri altında darbe davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Kuvvet- çökme, hız- zaman, kuvvet- zaman ve absorbe edilen enerji-zaman eğrileri çizilmiştir. Deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe davranışları ile oda sıcaklığında bekletilen kuru numunelerin darbe davranışları karşılaştırılmıştır.

## 2. DARBE TESTLERİ

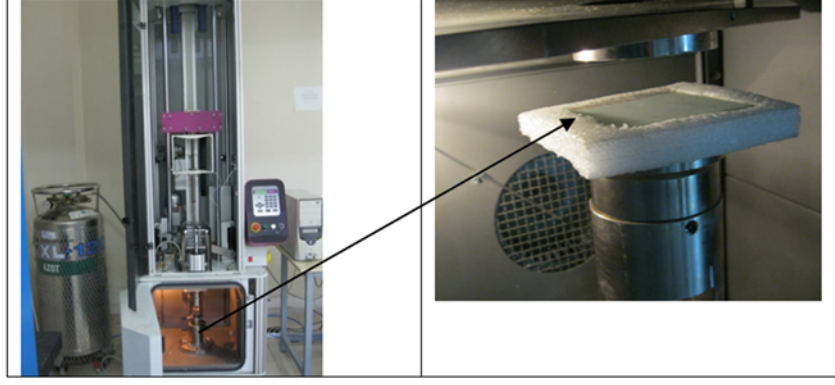
Darbe testlerinde kullanacağımız  $[+45/-45/0/90]_s$  ve  $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$  oryantasyon açısına sahip kompozit numuneler IZOREEL (Kompozit İzole Malzemeler, İzmir) firmasında üretilmiştir. 2 mm ve 4 mm kalınlığında üretilen kompozit tabakalar darbe testleri için 100x100 mm ölçülerinde kesilmiştir. Her bir parametre için 3'er adet test numunesi hazırlanmıştır.

Darbe testleri yapılmadan önce hazırlanan üç farklı gruptaki numunelerden ilk grup; kuru (oda sıcaklığı) ortamda, ikinci grup % 3,8 tuz oranına sahip deniz suyunda 3 ay ve üçüncü grup % 3,8 tuz oranına sahip deniz suyunda 6 ay boyunca bekletilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Darbe testlerinde kullanılan numunelerin fotoğrafı

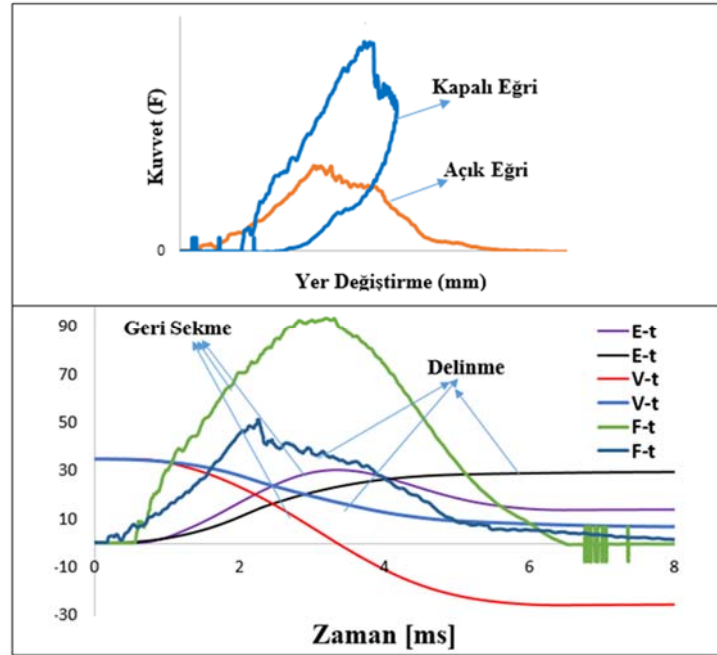
Darbe testleri oda sıcaklığında iki farklı darbe enerjisi (30J ve 50J) altında yapılmıştır. Deneyler darbe test cihazında, ortam sıcaklığında ve deniz suyunda bekletilen (3 ay, 6 ay) tüm ince ve kalın tabakalı numuneler için üçer kez tekrar edilerek ortalamaları alınmıştır. Bu çalışmada toplam 36 adet test numunesi kullanılmıştır. Darbe testleri Dokuz Eylül Üniversitesi'nde Fractovis Plus darbe test cihazında yapılmıştır (Şekil 2). Kompozit plakaların üzerine, 3,49 m/s ve 4,51 m/s hızlarında 12,7 mm çapında 4,926 kg ağırlığında yarım küre şeklindeki vurucu ile darbe uygulanmıştır.



Şekil 2. Darbe Test Cihazı Fotoğrafi

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

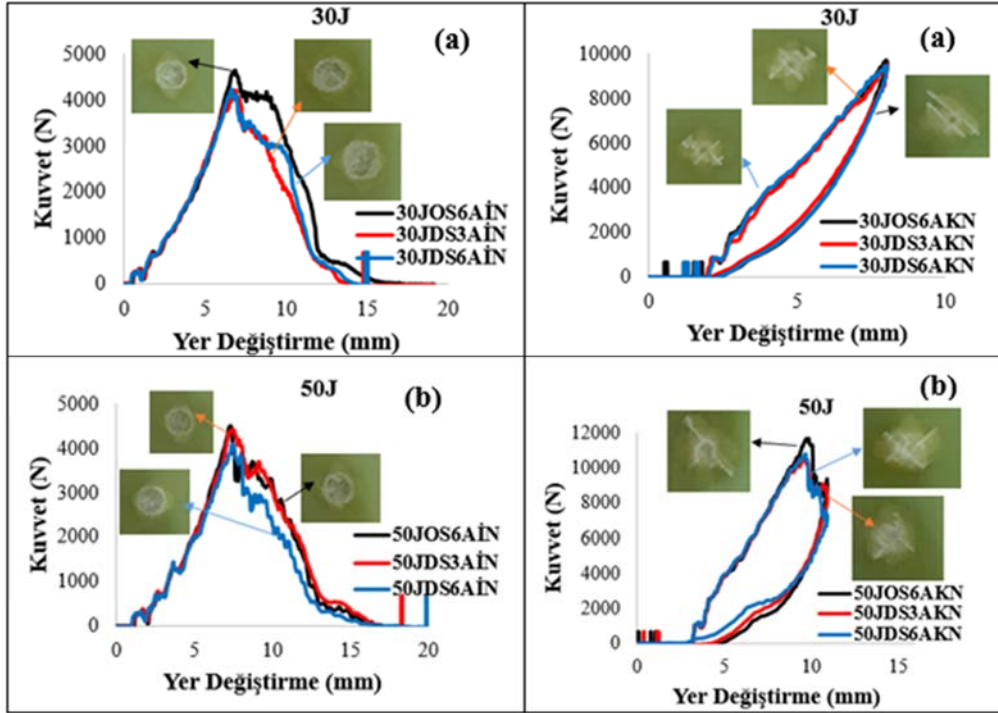
Şekil 3'te darbe enerjisinin şiddetine bağlı olarak, darbe testleri sonucunda elde edilen grafiklere örnek olarak; kuvvet-yer değiştirme (F-d), kuvvet-zaman (F-t), absorbe edilen enerji-zaman ( $E_a$ -t) ve hız-zaman (V-t) eğrileri verilmiştir. Vurucunun numune yüzeyinden geri sekmesi (rebounding), vurucu ucunun numuneye saplanması (penetration) ve vurucunun numuneyi delip geçmesi (perforation) gibi üç özel durumun belirlenmesi ve ayrıca açık eğri ve kapalı eğri tiplerinin anlaşılması bu grafikler aracılığı ile belirlenmektedir.



Şekil 3. Kuvvet-yer değiştirme(F-d), Kuvvet-zaman (F-t), hız-zaman (V-t) eğrileri ve Absorbe edilen enerji-zaman (E-t).

### 3.1. Bekletilme süresinin etkisi

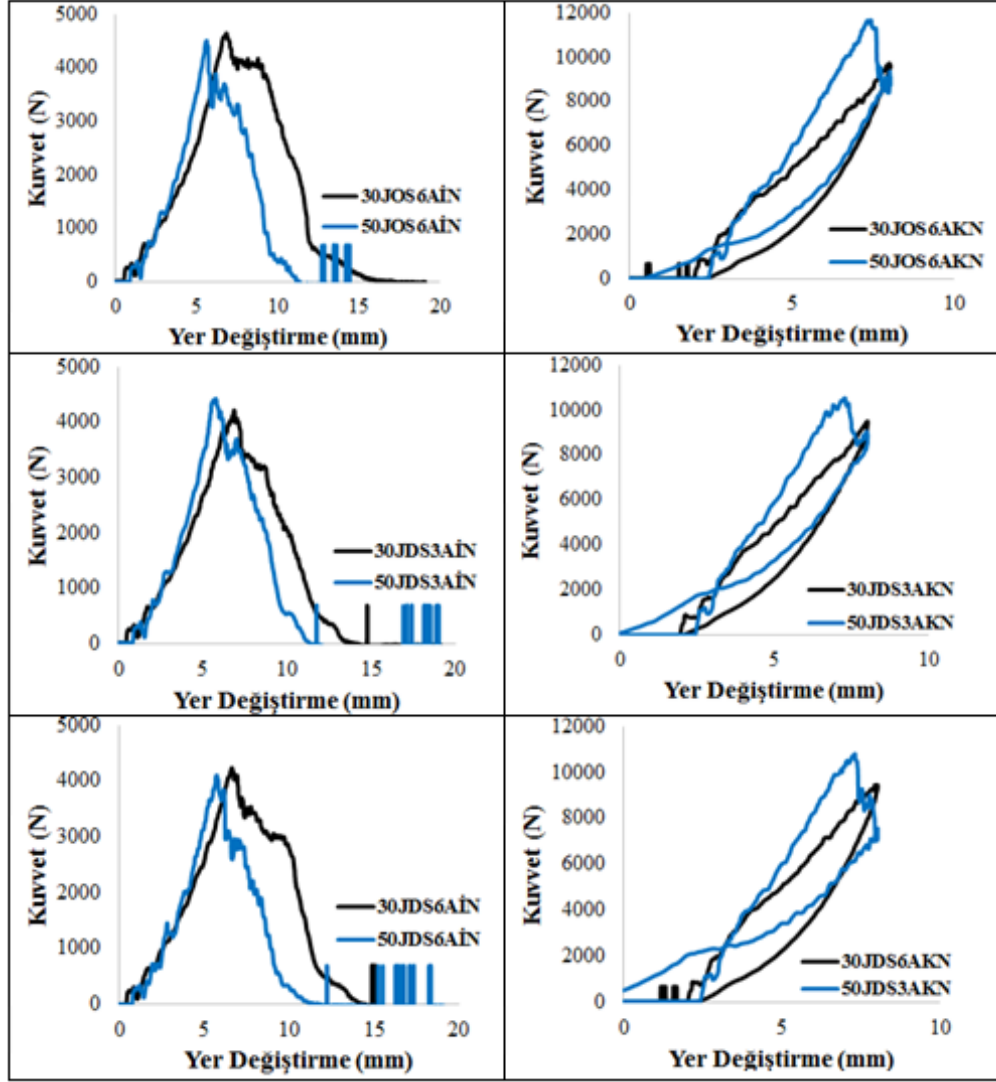
6 ay oda sıcaklığında 3 ay ve 6 ay deniz suyunda bekletilen  $[+45/-45]_2/(0/90)_2$  ve  $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]$  oryantasyon açısına sahip 8 ve 16 tabakalı numunelere iki farklı darbe enerjisi (30 J, 50 J) uygulanmıştır [10]. Şekil 4' de 30 J ve 50 J darbe enerjileri uygulanmış kompozit numunelere ait kuvvet-yer değiştirme eğrileri verilmiştir. Darbe hasarı geri sekme (kapalı eğri), nüfuziyet (saplanma) ve delinme (açık eğri) olmak üzere üç şekilde meydana gelir. Geri sekmede numune darbe enerjisinin bir kısmını absorbe ederken, diğer kısmını darbe ucunun numune yüzeyinde geri sekmesinde kullanır. Nüfuziyet darbe ucu enerjisinin hemen hemen tümünü numuneye aktararak numune ile beraber hareket eder. Delinmede ise temas kuvveti maksimum değere yükselir sonra minimuma düşer ve delinme meydana gelir [11]. 30 J darbe enerjisi uygulanan kompozit numunelerde bekletilme süresi arttıkça ince (8 tabaka) numunelerde darbe dayanımının azaldığı görülürken kalın numunelerde (16 tabaka) ise darbe dayanımlarında bir değişme görülmemiş, değerler hemen hemen aynı çıkmıştır. 50 J darbe enerjisi uygulanan numunelerde ise ince numunelerin darbe dayanımlarında azalma görülmüştür. Kalın numunelerde ise deniz suyunda 3 ve 6 ay bekletilen numunelerin darbe dayanımları oda sıcaklığında bekletilen numunelerin darbe dayanımlarına göre azalma görülmüştür. Oda sıcaklığında ve farklı sürelerde deniz suyunda bekletilen numunelerde 30 J darbe enerjisinde açık eğri görülürken 50 J darbe enerjisinde kapalı eğri görülmüştür. Farklı sürelerde deniz suyunda bekletilen numunelerin eğri tipi değişmemiş, oda sıcaklığında bekletilen numunelerin eğri tipiyle aynı çıkmıştır.



Şekil 4. 30J ve 50J darbe enerjileri altında oda sıcaklığı, 3 ve 6 ay deniz suyunda bekletilen ince (a) ve kalın (b) numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri

### 3.2. Darbe enerjisinin etkisi

6 ay ortam sıcaklığında [9], 3 ay ve 6 ay deniz suyunda bekletilen  $[+45/-45/0/90]_s$  ve  $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$  oryantasyon açısına sahip 8 ve 16 tabakalı numunelerin darbe dayanımlarına darbe enerjisinin etkisini görmek için numunelere iki farklı darbe enerjisi (30 J ve 50 J) uygulanmıştır. Şekil 5'de çeşitli darbe enerjileri uygulanmış kompozit numunelere ait kuvvet-yer değiştirme eğrileri verilmiştir.



Şekil 5. Farklı darbe enerjileri uygulanan oda sıcaklığı, 3 ve 6 ay deniz suyunda bekletilen ince ve kalın numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri

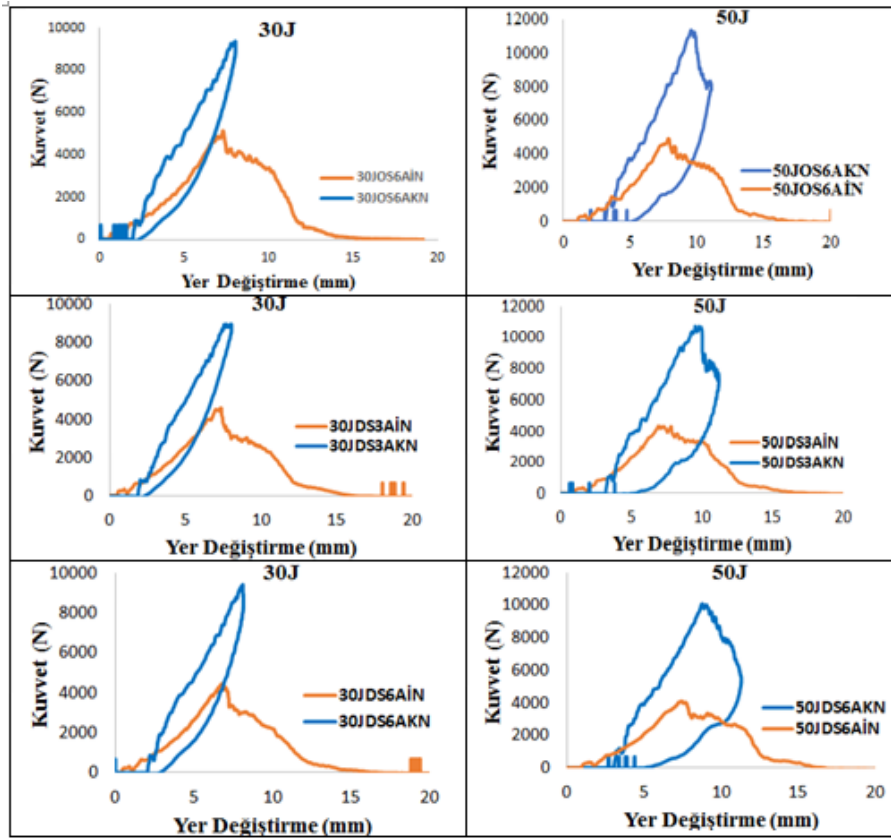
Darbe enerjisi arttıkça numunelerin yük taşıma kapasiteleri azaldığı kuvvet-yer değiştirme eğrilerinden görülmektedir. Bu azalma kalın numunelerde daha belirgin şekilde görülmektedir.

Mathivanan ve Jerald, 3.14 J, 4.71 J, 6.28 J, 7.8 J ve 15.7 J darbe enerjilerine maruz kompozit malzemelerin darbe davranışını deneysel olarak incelemişler ve darbe enerjisi azalmasıyla kompozit numunenin darbe dayanımlarının arttığı belirtilmiştir [12]. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla bu çalışmadan elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur.

### 3.3. Tabaka kalınlığının etkisi

Oda sıcaklığında ve farklı sürelerde deniz suyunda bekletilen 2 mm ( $[+45/-45/0/90]_s$ ) ve 4 mm ( $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_{s,c}$ ) kalınlığındaki kompozit numunelerin darbe dayanımları incelenmiştir. Şekil 6'da 30 J ve 50 J darbe enerjisi uygulanan bu numunelere ait kuvvet-yer değiştirme eğrileri verilmiştir.

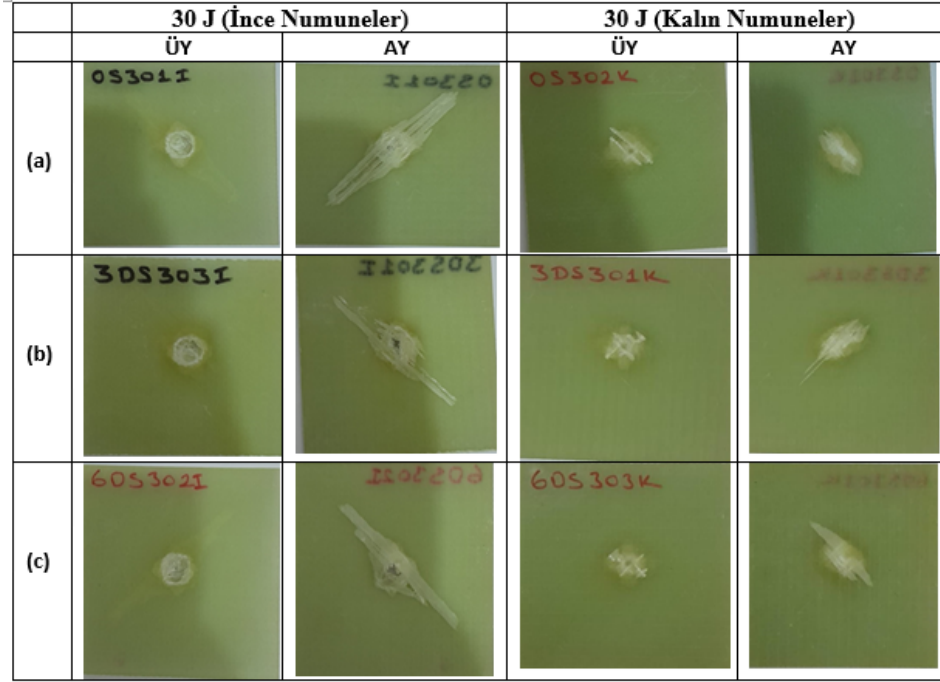
Şekil 6'dan görüleceği üzere ortam sıcaklığında ve deniz suyunda bekletilen (3 ay, 6 ay) tüm kalın tabakalı numunelerde kapalı eğri görülürken ince tabakalı numunelerde açık eğri görülmüştür. Numunelerin deniz suyunda bekletilmesi eğri tipini değiştirmemiştir. Tabaka kalınlığının artması darbe dayanımını artırmaktadır.



Şekil 6. 30 J ve 50 J darbe enerjisi uygulanan ortam ve deniz suyunda bekletilen 2 mm ve 4 mm kalınlığındaki kompozit numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri



Şekil 7’de 30 J darbe enerjisi uygulanmış ortam sıcaklığında ve deniz suyunda bekletilen (3 ay, 6 ay) ince (2 mm) ve kalın numunelerin (4 mm) Üst (ÜY) ve Alt (AY) yüzeylerin fotoğrafları verilmiştir



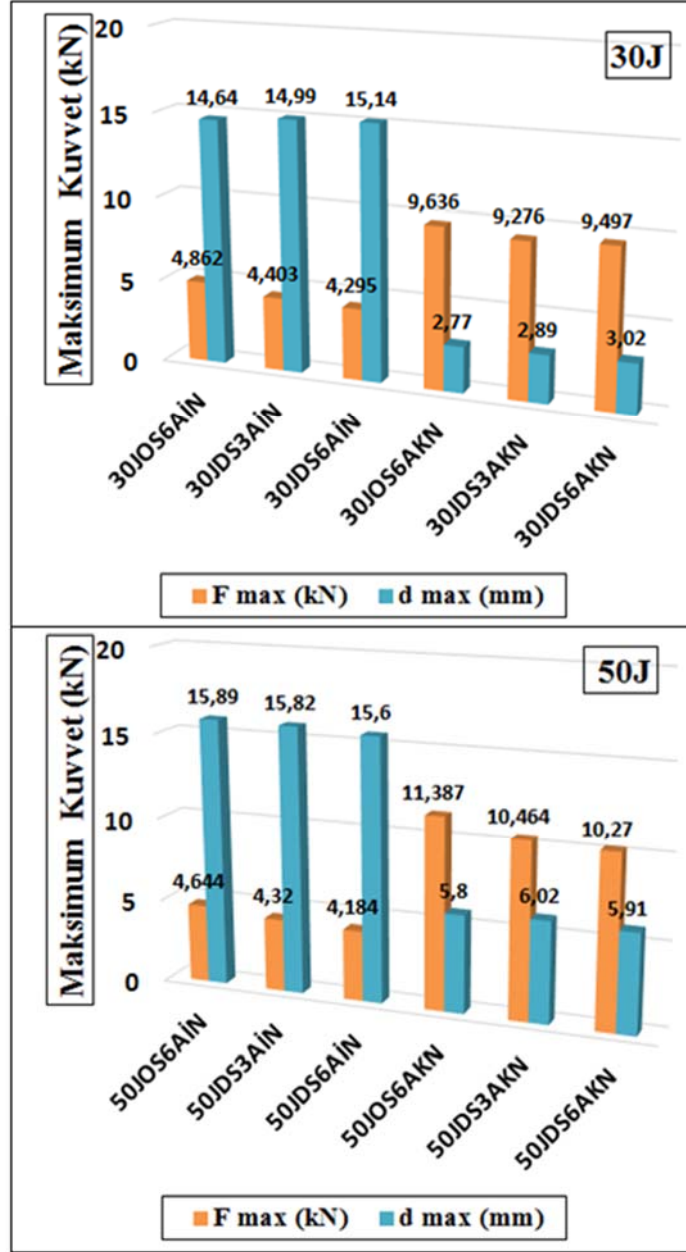
Şekil 7. 30 J Darbe Enerjisi Uygulanmış Ortam Sıcaklığında (a), 3 Ay Deniz Suyunda (b), 6 Ay Deniz Suyunda (c) Bekletilen İnce ve Kalın Numunelerin Üst (ÜY) ve Alt (AY) Yüzeylerin Fotoğrafları

Şekil 7’den görüleceği üzere tüm ortamlar için numune kalınlığı arttıkça hasarın azaldığı ve eğilmeden dolayı darbe uygulanmış üst yüzeydeki hasarın darbe uygulanmamış alt yüzeye göre daha az olduğu görülmüştür.

#### 3.4. Deniz Suyunun Maksimum kuvvet ve çökmeye etkisi

Şekil 8’de tüm ortamlar için ince ve kalın numunelere ait ortalama maksimum kuvvet ve çökme değerleri verilmiştir.





Şekil 8. 30 J ve 50 J darbe enerjisi uygulanan oda sıcaklığında ve deniz suyunda bekletilen 2 mm ve 4 mm kalınlığındaki kompozit numunelerin maksimum kuvvet ve çökme değerleri

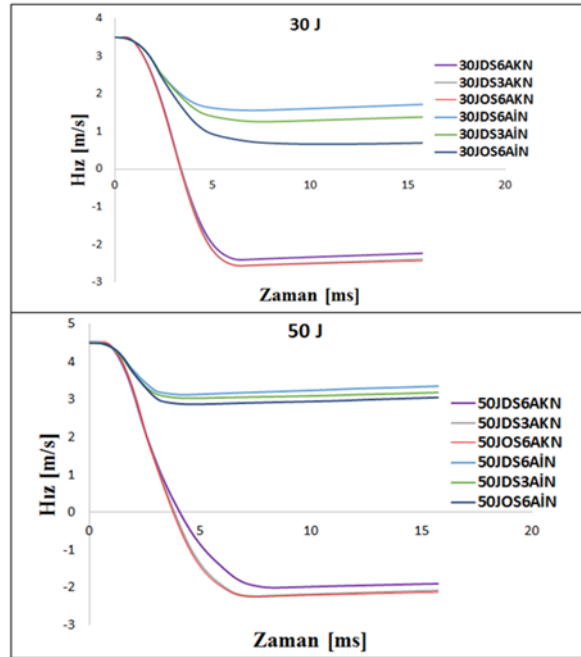
Şekil 8'den görüleceği üzere genel olarak deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını düşürmektedir. Deniz suyunda bekletilme süresi arttıkça bu düşüş daha da artmaktadır. Bu çalışmadaki elde edilen sonuçlar literatürle uyum içindedir. Erklığ ve arkadaşları [13] çalışmalarında 25 °C deniz suyunda bekletilen test numunelerinin darbe

dayanımlarında % 27,3 lük bir düşüş meydana geldiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Strait ve arkadaşları [14] deniz suyunun cam fiber takviyeli epoksi kompozitlerin darbe davranışına etkisini incelemişler ve deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca; Şekil 8'den görüleceği üzere tüm ortamlar için tabaka kalınlığının artması ile çökme değerleri azalmakta, darbe dayanımları ise artmaktadır. Naik ve arkadaşları [15] düşük darbe enerjisine maruz 4.5 mm ile 8 mm arasında değişen kalınlıklara sahip polimer matrisli örgü kompozitlerin darbe davranışını incelemişlerdir. İnceleme sonucunda plaka kalınlığı artması ile çökmelerin azaldığı ve yük taşıma kapasitelerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca; Esendemir ve Caner [16] ile Öndürücü ve Karacan [17] yaptıkları çalışmalarında plaka kalınlığının artmasıyla darbe dayanımlarının arttığından bahsetmişlerdir. Bu sonuçlar da bu çalışma ile uyumlu bir sonuç göstermiştir.

Kompozit plakalar maruz kaldıkları darbe enerjisine ve tabaka kalınlığına göre hasar tipleri değişmektedir. Bu hasarlar matrislerin çatlaması, delaminasyon, fiberlerin kırılması, delinme şeklinde olmaktadır. Hız-zaman, kuvvet-zaman, absorbe edilen enerji-zaman ve kuvvet- zaman eğrileri gibi eğriler yardımlarıyla hasar tiplerini gözlemlenebilir.

Şekil 9-11'de 30 J ve 50 J darbe enerjisi altındaki farklı ortamlarda bekletilen (oda sıcaklığı, deniz suyu 3 ay ve 6 ay) numunelere ait hız-zaman, absorbe edilen enerji-zaman ve kuvvet-zaman eğrileri gösterilmiştir.

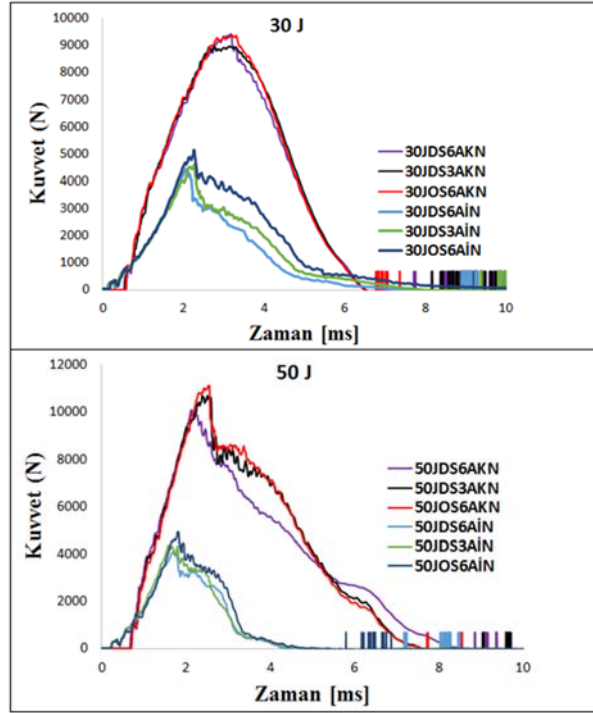
Hız- zaman grafiklerinden görüleceği üzere; vurucunun numune yüzeyinden geri sekmesi durumunda, yukarı doğru hareket eden vurucu, negatif bir hıza sahip olur (Şekil 9 kalın numunelerde). Vurucunun numuneyi delip geçmesi durumunda ise geri sekme meydana gelmediğinden vurucu pozitif bir hıza sahip olacaktır (şekil 9 ince numuneler).



Şekil 9. 30J ve 50J Darbe enerjisi altındaki oda sıcaklığında ve deniz suyunda bekletilen numunelerin Hız-Zaman Eğrileri

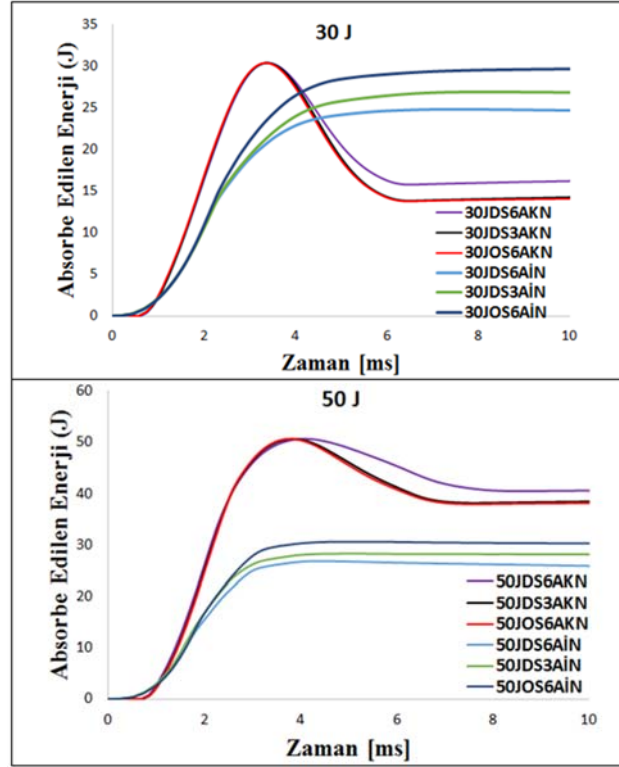
16 tabakalı kalın numunelerdeki kuvvet-zaman grafikleri incelendiğinde eğri dağa benzeyen parabolik şeklindedir (Şekil 10). 8 tabakalı ince numunelerde ise numunede delinme

meydana geldiğinde kuvvetin sıfır vurucu ve numune arasında sürtünme meydana geldiğinden eğrinin uç kısmı yatay eksene paralel ilerlemiştir (Şekil 10).



Şekil 10. 30J ve 50J Darbe enerjisi altındaki oda sıcaklığında ve deniz suyuunda bekletilen numunelerin Kuvvet- Zaman Eğrileri

Tüm ortamlar için absorbe edilen enerji- zaman grafiklerinden görüleceği üzere vurucunun numune yüzeyinden geri sekmesi durumunda vurucunun sahip olduğu enerjinin hepsi numune tarafından absorbe edilemez ve absorbe edilemeyen darbe enerjisi de vurucunun numune yüzeyinden geri sekmesi için harcanır. Bu durum kalın numunelerde görülmektedir (Şekil 11). Vurucunun numuneyi delip geçmesi durumunda ise, vurucu ile numune arasındaki sürtünme kısmının altında kalan alanın da darbe cihazının programı tarafından hesaplanan absorbe edilen enerji miktarına katılmasından dolayı eğrinin yukarı doğru yönlendiği ince numunelerde görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. 30J ve 50J Darbe enerjisi altındaki oda sıcaklığında ve deniz suyunu bekletilen numunelerin Absorbe Edilen Enerji-Zaman Eğrileri

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; düşük darbe hızlarına maruz bırakılmış kompozit plakaların darbe dayanımları üzerine deniz suyunun etkisi deneysel olarak incelenmiştir. 3 ay ve 6 ay deniz suyunu bekletildikten sonra darbe testine tutulan numunelerden elde edilen sonuçlarla, 6 ay oda sıcaklığında (kuru ortam) bekletildikten sonra darbe testine tutulan numunelerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Numunelerin oda sıcaklığında (kuru ortam) ve deniz suyunu (3 ay ve 6 ay) bekletilmesi eğri tipini değiştirmemiştir.

- Tüm ortamlar için düşük (30 J) ve yüksek (50 J) darbe enerjilerinde 8 tabakalı ince numunelerde açık eğri görülürken, 16 tabakalı kalın numunelerde kapalı eğri görülmüştür.

- Hasar alanı, darbe uygulanan üst yüzeyde daha azdır.

- Numunelerin farklı sürelerde (3 ay ve 6 ay) deniz suyunu bekletildikten sonra aynı darbe enerjisine maruz kalması numunelerin yük taşıma kapasitesini azaltmaktadır. 30 J darbe enerjisi altında deniz suyunu 3 ay ve 6 ay bekletilen 8 tabakalı (ince) numunelerin oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre yük taşıma kapasitesinde sırasıyla % 9,44 ve %11 azalma görülürken 16 tabakalı (kalın) numunelerde ise sırasıyla % 3,7 ve % 1.89 azalma görülmüştür. Buradan kalın numuneleri deniz suyunu bekletilmesi numunelerin darbe dayanımları üzerine etkisi çok fazla olmadığı görülmüştür. 50 J darbe enerjisi altında deniz suyunu 3 ay ve 6 ay bekletilen 8 tabakalı (ince) numunelerin oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre yük taşıma kapasitesinde sırasıyla

% 6,97 ve % 9,99 azalma görülürken 16 tabakalı (kalın) numunelerde ise sırasıyla % 8.1 ve % 9.8 azalma görülmüştür. Numunelerin deniz suyunda bekletilme süresi arttıkça darbe dayanımları azalmaktadır.

-Numunelerin farklı sürelerde (3 ay ve 6 ay) deniz suyunda bekletildikten sonra aynı darbe enerjisine maruz kalması numunelerin maksimum çökme değerlerinde genel olarak bir artış görülmesine sebep olmuştur. 30 J darbe enerjisi altında deniz suyunda 3 ay ve 6 ay bekletilen 8 tabakalı (ince) numunelerin oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre maksimum çökme değerlerinde sırasıyla % 2,3 ve % 3,3 artış görülürken 16 tabakalı (kalın) numunelerde ise sırasıyla % 4,3 ve % 9 artış görülmüştür. 50 J darbe enerjisi altında deniz suyunda 3 ay ve 6 ay bekletilen 8 tabakalı (ince) numunelerin oda sıcaklığında bekletilen numuneye göre maksimum çökme değerleri yaklaşık olarak aynı kalırken, 16 tabakalı (kalın) numunelerde ise sırasıyla % 3,79 ve % 1.8 artış görülmüştür.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Deniz, M.E., Karakuzu,R., İçten B.M., (2013). Transverse impact and axial compression behaviorso of glass/epoxy pipes subjected to seawater and impact Loading. *International Journal of Damage Mechanics*, 22(7), 1071-1085.
- [2] Vijay, R.B., Shivdarshan, B., (2018). Effect of moisture absorption on tensile properties of SiC<sub>p</sub> filled glass fiber reinforced epoxy composite material. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 9(11):1347-1350.
- [3] Esendemir, Ü., Karaca, H., 2019. Düşük hızlı darbe yüküne maruz kompozit plakalara asidik ortamın etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(1), 26-33.
- [4] Karakuzu, R., Çalık, İ.C., Deniz, M.E., 2017. Tabakalı kompozit plakların darbe davranışı üzerine deniz suyu etkisinin araştırılması. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* 7(2/2), 1-12.
- [5] Islam, F., Caldwell, R., Phillips, A.W., St John, N. A., Prusty, B.G., 2022. A review of relevant impact behaviour for improved durability of marine composite propellers, *Composites Part C: Open Access* 8, 100251.
- [6] Othmana, R., Khashabaa, U.A., Almitania, K.H., 2021. Compression after impact of CFRE composites immersed in distilled water, *International Journal of Crashworthiness*, Vol. 26, No. 5, 490–500.
- [7] Amaro AM, Reis PNB, Neto MA, Louro C. 2013. Eeffect of different acid solutions on glass/epoxy composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32(14), 1018–1029.
- [8] Kaybal, HB., Ulus, H., Eskizeybek, V., Avcı, A., 2021. An experimental study on low velocity impact performance of boltedcomposite joints-part 2: Influence of long-term seawater aging, *Composite Structures*, 272, 113571.
- [9] Pai, Y., Dayananda Pai., K., Vijaya Kini, M., 2023. Effect of ageing conditions on the low velocity impact behavior and damage characteristics of aramid-basalt/epoxy hybrid interply composites, *Engineerinf Failure Analysis*, 152, 107492.
- [10] Caner, A.Y., 2016. Zamana Bağlı Olarak Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışına Soğuk Ortamın Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Isparta.
- [11]. Sayer, M., 2009. Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışlarının İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 134s, Denizli.
- [12] Mathivanan, N.R., Jerald, J. 2010. experimental investigation of woven e-glass composite laminates subjected to low-velocity impact at different energy levels. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 9(7): 643-652.

- [13] Erkliđ, A., Ođuz, Z.A., Bozkurt, Ö.Y., 2021. An experimental investigation on the charpy impact response of glass/epoxy composites aged in seawater. *The International Journal of Materials and Engineering Technology* 004, 51-60.
- [14] Strait, L.H., Karasek, M.L., Amateau, M.F., 1992. Effects of seawater immersion on the impact resistance of glass fiber reinforced epoxy composites. *Journal of Composite Materials*, 26(14):2118-2133.
- [15] Naik, N.K., Meduri, S., Sekher, Y. C. 2000. Polymer matrix woven fabric composites subjected to low velocity impact: part II-effect of plate thickness, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 19 (13), 1031-1055.
- [16]. Esendemir, Ü., Caner, A.Y., 2018. Tabakalı kompozit malzemelerin darbe davranışının deneysel olarak incelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 207-215.
- [17]. Öndürücü, A., Karacan, A., 2018. Tabakalı cam elyaf kompozitlerin darbe davranışının deneysel olarak incelenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6(3), 435 – 447.