



## CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN DELMESİNDE TAKIM ÇAPININ İTME KUVVETİ VE TİTREŞİM ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Burak ÖZDEMİR<sup>1\*</sup>, Erkan BAHÇE<sup>2</sup>, Mehmet Sami GÜLER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal University, Hekimhan Mehmet Emin Sungur Vocational School, 44400, Hekimhan, Malatya, Türkiye

<sup>2</sup>İnönü University, Faculty of Engineering, Department of Machinery, 44280, Malatya, Türkiye

<sup>3</sup>Ordu University, Technical Science Vocational School, 52200, Altınordu, Ordu, Türkiye

**Özet:** Bu çalışmada, CETP (Cam Elyaf Takviyeli Polimer) kompozit malzemenin delinmesinde takım çapının oluşan itme kuvveti ve titreşim üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla CETP plaka diğer delme parametreleri sabit tutularak 5, 7,5 ve 10 mm çapında takımlarla delinmiştir. Delme süresince itme kuvveti ve titreşim ölçümü yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda takım çapının artışı ile itme kuvvetinin arttığı ve titreşimin azaldığı görülmüştür. Ayrıca daha yüksek çaplarda takımın daha düşük salınım gösterdiği ve kararlı bir delme işlemi yaptığı tespit edilmiştir. Çalışmanın, CETP kompozit malzemelerde uygun delik kalitesini sağlayacak takım çapı seçimi için yol gösterici olması beklenmektedir. Bununla birlikte itme kuvveti ve titreşimin olumsuz etkilerini tespit noktasında araştırmacılara destek sunacaktır.

**Anahtar kelimeler:** : Delme, Takım çapı, İtme kuvveti, Titreşim


### Investigation of the Effect of Tool Diameter on Thrust Force and Vibration in Drilling Glass Fiber Reinforced Polymer Composites


**Abstract:** In this study, the effects of tool diameter on thrust force and vibration in drilling of GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) composite material were investigated. For this purpose, GFRP composite plate was drilled with 5, 7.5 and 10 mm diameter tools while keeping other drilling parameters constant. During drilling, thrust force and vibration measurements were made. As a result of the statistical analysis of the obtained data, it was seen that the thrust force increased and the vibration decreased with the increase in the tool diameter. In addition, it was determined that the tool showed lower oscillation at higher diameters and made a stable drilling process. It is expected that the study will guide the selection of the tool diameter that will provide the appropriate hole quality in GFRP composite materials. In addition, it will provide support to researchers in detecting the negative effects of thrust force and vibration.


**Keywords:** Drilling, Tool diameter, Thrust force, Vibration

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Malatya Turgut Özal University, Hekimhan Mehmet Emin Sungur Vocational School, 44400, Hekimhan, Malatya, Türkiye

E mail: burak.ozdemir@ozal.edu.tr (B. ÖZDEMİR)

Burak ÖZDEMİR  <https://orcid.org/0000-0002-5870-0398>

Erkan BAHÇE  <https://orcid.org/0000-0001-5389-5571>

Mehmet Sami GÜLER  <https://orcid.org/0000-0003-0414-7707>

**Gönderi:** 23 Ocak 2023

**Kabul:** 23 Şubat 2023

**Yayınlanma:** 01 Nisan 2023

**Received:** January 23, 2023

**Accepted:** February 23, 2023

**Published:** April 01, 2023

**Cite as:** Özdemir B, Bahçe E, Güler MS. 2023. Investigation of the effect of tool diameter on thrust force and vibration in drilling glass fiber reinforced polymer composites. BSJ Eng Sci, 6(2): 68-73.

### 1. Giriş

Kompozit malzemeler, yüksek dayanım, düşük ağırlık, esneklik gibi özellikleri nedeniyle çeşitli endüstride kullanımı artan ve üzerinde yoğun bir şekilde araştırma yapılan malzemelerdendir (Karaca, 2016). Kullanım alanının çeşitliliği beraberinde aşılması gereken yeni problemler doğurmuştur. Özellikle üretilen kompozit malzemelerin birleştirme veya montaj işlemlerinde katmanlı yapının getirdiği bazı sorunlarla karşılaşmaktadır (Başar ve ark., 2020). İçeriğindeki reçine ve lifli yapı nedeniyle sıcak birleştirme işlemlerinden ziyade çoğunlukla yapıştırma veya aparatlı birleştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Özellikle otomotiv ve havacılık gibi alanlarda sökülebilir birleştirme türleri daha ön plana çıkmaktadır (Kırhasanoğlu ve Turgut, 2021). Bu birleştirme türünde cıvata, pim, perçin bağlantıları kullanımı yaygın olmakla

birlikte delik delme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Özellikle delme işleminde delik çevresinde ve katmanlar arasında ciddi deformasyonlar olmaktadır. Tabakalar arası ayrılma, elyaf çekmesi, delik giriş ve çıkışında oluşan delaminasyon gibi deformasyonlar kompozit yapının dayanım ve işletme ömrünü etkilediği görülmektedir (Çelik ve Kılıçkap, 2012; Okay ve Islak, 2021; Yenigun ve Kılıçkap, 2021). Bu kapsamda deliklerin iç pürüzlülüğü, giriş ve çıkış çapak oluşumu, delaminasyon ve geometrik hassasiyet delme sürecinde kontrol edilebilir faktörler olarak ortaya çıkmaktadır (Bilge ve Motorcu, 2017; Bilge ve ark., 2017a; Bilge ve ark., 2017b). Bu faktörlerin ortaya çıkmasını sağlayan işleme parametreleri ve bunların sonucu olan itme kuvveti ve titreşim kontrol altına alınması gereken bileşenlerdir. Delmedeki itme kuvveti ve titreşim farklı matkap çaplarından etkilenmektedir (Kalidas ve ark., 2022). Bu aşamada,



uygulanacak montajın mekanik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak yapılan takım çapı seçimine, delme kalitesini bozan itme kuvveti ve titreşim değerlerini de dahil etmek gerekmektedir. Optimum bağlantı elemanı sınırları içerisinde delik kalitesini en iyileyen çap seçimi, malzemenin mekanik dayanımını artırırken işleme maliyetlerini düşürmesi beklenmektedir.

Kompozitlerin delinmesi ile ilgili yapılan çalışmalar cam fiber, karbon fiber ve doğal kompozitler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmalarda farklı delme parametreleri ile yapılan delme sonucunda itme kuvveti, titreşim veya her iki faktörün delaminasyon, yüzey pürüzlülüğü, delik geometrisi ve takım aşınması üzerine etkileri incelenmiştir (Bayraktar, 2018). KETP (karbon elyaf takviyeli polimer) ve CETP kompozit malzemelerin delinmesinde, delme esnasında oluşan itme kuvveti ve titreşim kompozit malzemelerin delik giriş ve çıkışında delaminasyona neden olmaktadır (Kavad ve Ark., 2014; Yardımeden ve ark., 2014; Seeholzer ve ark., 2019). Özellikle düşük ilerleme ve devirde giriş bölgelerindeki delaminasyon ve çapağın azaldığı tespit edilmiştir. İlerleme genel olarak titreşim üzerinde daha fazla etkiye sahiptir (Hussein ve ark., 2018). Titreşim ve yüksek devirin sıcaklığı artırması çapak oluşumunu artırmaktadır. KETP delinme sürecinde takım aşınması ile titreşimin artmakta, delik kalitesi olumsuz etkilenmektedir (Hussein ve ark., 2019). Artan titreşim takımın kesme yeteneğini azaltmaktadır. Bu durum ilerlemenin etkisi ile itme kuvvetini artırıcı etki göstermektedir (Li ve ark., 2019; Svinth ve ark., 2022). Daha düşük dayanıma sahip doğal kompozitlerde titreşim ve itme kuvveti delme süreci içerisinde farklı davranışlar gösterebilmektedir. Özellikle ilerlemenin artması ile zayıf olan liflerin kesilmeden kopması titreşim ve itme kuvvetinde ani değişikliklere neden olmaktadır (Özdemir ve ark., 2023). Farklı çaplarda takım kullanılarak KETP malzemenin delinmesinde, takım çapının artması ile itme kuvvetinin arttığı görülmüştür (Basmacı ve Yörük, 2020). Takımın kesme ağızının artması ise itme kuvvetini azaltmıştır (Gaga ve Dilibal, 2020). Literatürde genellikle delme parametrelerinin titreşim ve itme kuvveti odaklı delik kalitesine etkileri incelenmiştir. Bu çalışma literatürden farklı olarak takım çapındaki değişimin titreşim ve itme kuvveti üzerine etkilerine odaklanmıştır.

Çalışmada CETP malzeme üzerinde üç farklı çapta takım kullanılarak delik açılmıştır. Delme süresince titreşim ve itme kuvveti ölçülmüştür. Tekrarlı yapılan deney sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve takım çapının titreşim ve itme kuvveti üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

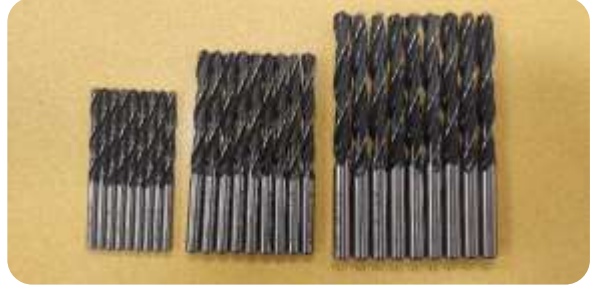
## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada 45-45 elyaf yönelim açısına sahip, sık örgülü, epoksi reçine esaslı ticari CETP plaka kullanılmıştır. Plaka 400x140x10 mm boyutlarındadır (Şekil 1). Deneylerde 5 mm, 7,5 mm ve 10 mm çap, 118° uç açısına sahip HSS matkaplar kullanılmıştır (Şekil 2). Delikler

her deney için 0,2 mm/dev ilerleme ve 1250 dev/dak devir parametreleri ile delinmiştir. Sonuçların doğruluğu açısından her bir delik 9 defa tekrarlanmıştır. Aşınma etkisi dikkate alınarak her delikte yeni bir takım kullanılmıştır. Delme işlemi Taksan marka dik işleme merkezli CNC tezgahında yapılmıştır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan CETP kompozit malzeme.



Şekil 2. Deneyde kullanılan 5mm, 7,5 mm ve 10mm HSS takımlar.

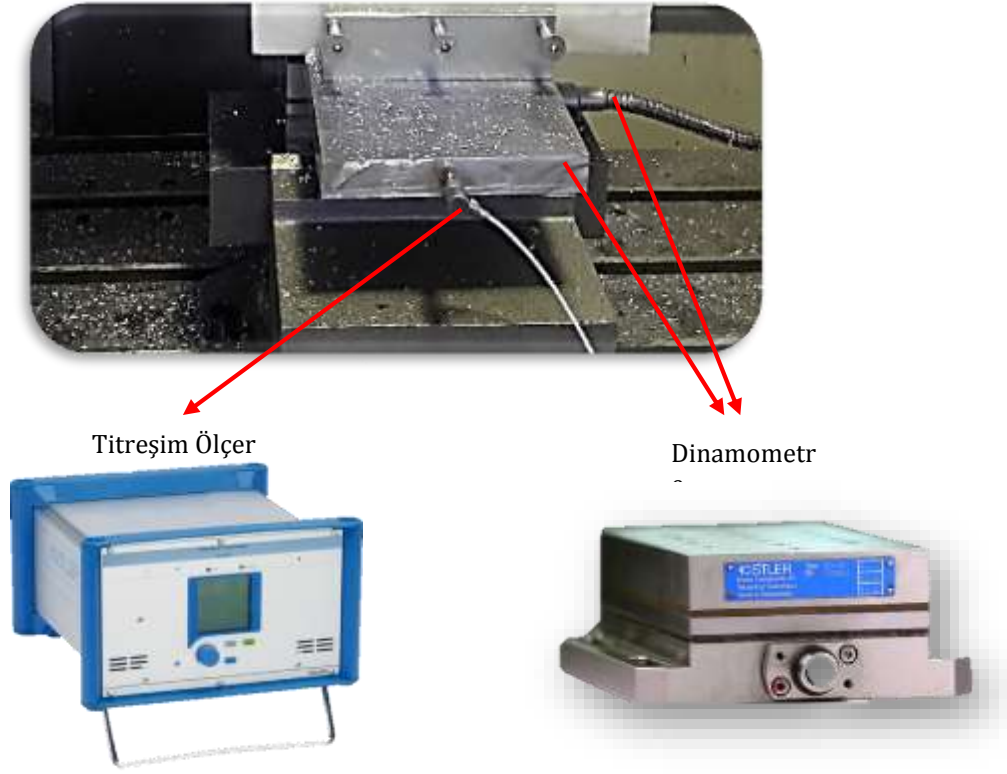
Deney sırasında itme kuvvetinin belirlenmesi için Kistler 9257B tipi 8 bileşenli piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometreden elde edilen sinyallerin verilere dönüştürülmesi için Kistler 5070 çok kanallı amplifikatör kullanılmıştır. Elde edilen sinyallerin işlenmesi Kistler Dynoware 2825A-02-01 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Titreşim ölçümlerinde, düşük empedansa sahip Kistler 8702B500 tipi ivme ölçer kullanılmıştır (Şekil 3). İvme ölçer, NI9234 DAQ kart ile bilgisayar bağlantısı sağlanmıştır. Deneyler esnasında oluşan titreşim verilerini bilgisayar ortamına almak için Labview paket programı kullanılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi için SPSS 22 paket programında istatistiksel analiz yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

CETP kompozit malzeme her bir takım çapı için 9 defa delinmiş, ortalama titreşim ve itme kuvveti değerleri alınmıştır. Titreşim ve kuvvet sinyallerinin 0,0002 sn'de bir alınması nedeni ile tek bir deliğin yaklaşık 25.600 verisi bulunmaktadır. Bu sebeple özet istatistik tablolar (Tablo 1 ve Tablo 2) ve grafikler sunularak sonuçlar yorumlanmıştır.

Takım çapına göre maksimum titreşim değerleri 5, 7,5, 10 mm için sırasıyla 5,8612, 5,3924, 4,9563 mm/sn<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2). Takım çapı artışı ile titreşim azalmıştır.

İtme kuvveti değerleri incelendiğinde, 5, 7,5 ve 10 mm takımlar için sırasıyla maksimum 113,586, 153,641, 172,03 N şeklinde artarak değişmektedir (Tablo 1).



Şekil 3. Dinamometre ve titreşim ölçer cihazları.

Tablo 1. İtme kuvveti değerleri

Takım Çapı	Maksimum	İtme Kuvveti (N)	
		Minimum	Ortalama
5	113,596	10,1776	29,3101
7,5	153,641	13,6544	36,1672
10	172,03	14,9752	38,5494

Tablo 2. Titreşim değerleri

Takım Çapı	Maksimum	Titreşim (m/sn <sup>2</sup> )		
		Minimum	Ortalama	Genlik
5	5,8612	-3,9229	4,3759	9,7841
7,5	5,3924	-3,6264	4,3003	9,0188
10	4,9563	-3,5714	3,6707	8,5277

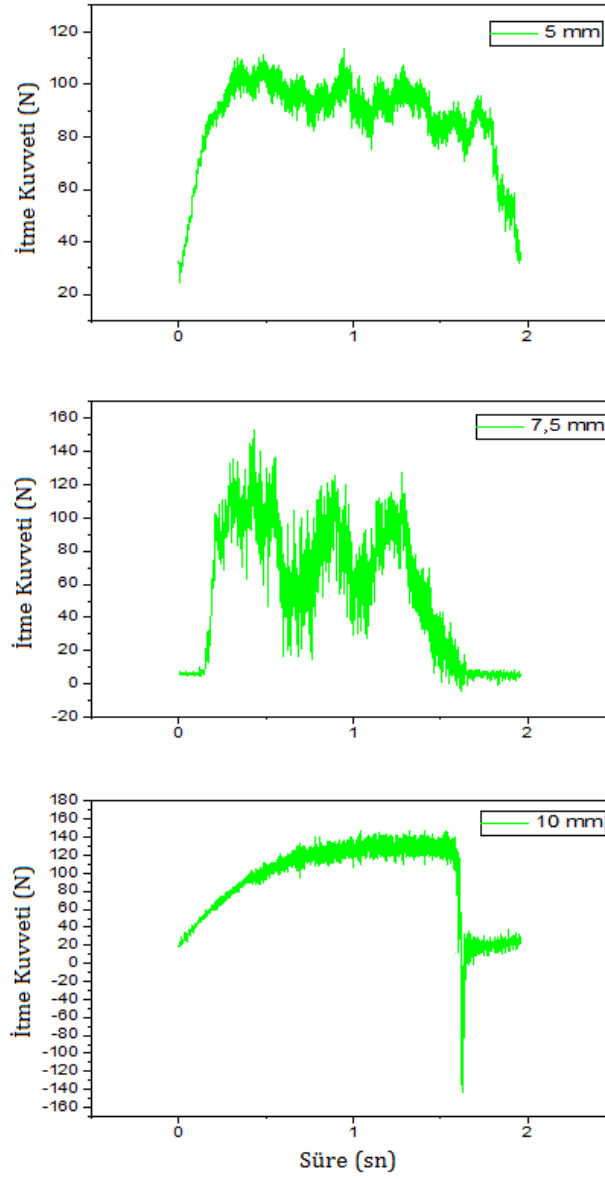
Takım çapı itme kuvveti arasında  $r=0,032$ ;  $P<0,05$  olması sebebi ile anlamlı bir korelasyon vardır.

Takım çapının artması ile itme kuvvetinin artmasının temel sebebi takımın temas noktasının daha fazla alandan talaş kaldırmak zorunda olmasıdır (Meral ve ark., 2011). Aynı ilerleme ve devirde takım daha fazla alanı taramak zorunda kalmakta ve bu durum iş parçasının takım hareketinin zıt yönünde baskı yapmasına neden olmaktadır.

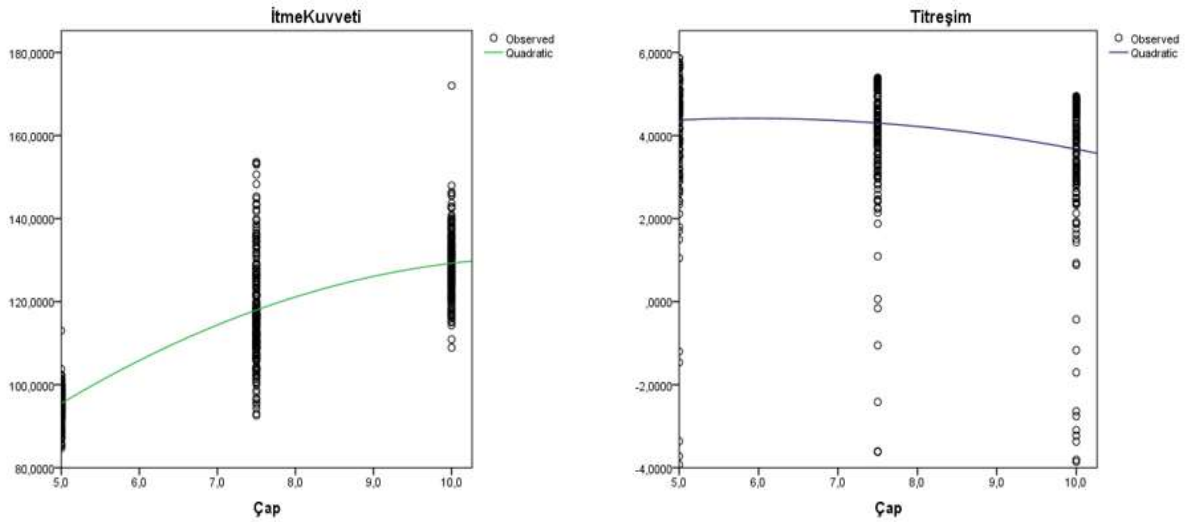
Şekil 4'de takım çapına göre itme kuvveti grafiği sunulmuştur. Grafikte görüldüğü üzere takım çapının artışı itme kuvvetini artırmakta fakat kuvvet stabilitesi artmaktadır. 5 mm takım çapında itme kuvveti daha dağınık seyretmekte, 7,5 mm çapta bölge bölge dağınıklık azalmakta, 10 mm çapta ise daha stabil bir trend görülmektedir. Bunun sebebi takımın malzemeye temas

yüzey alanının artmasıdır

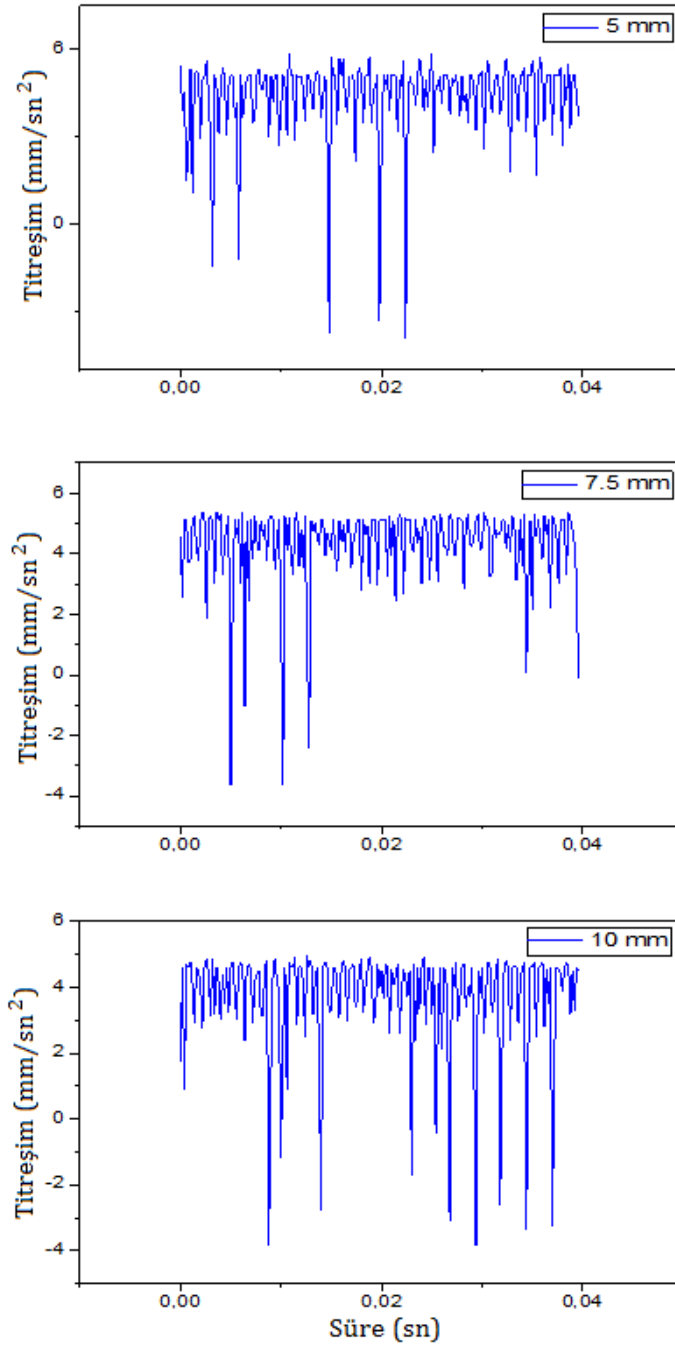
Delme işleminde kesit kalınlığının artması takımın daha rijit olmasını sağlamaktadır. Rijit takımların bağlama noktası ile uç kısmı arasındaki salınımları daha düşük olmaktadır. Ayrıca itme kuvvetinin artışı ile takım malzeme ile daha sağlam bir temas kurmakta ve bu durum titreşimi azaltmaktadır (Guibert ve ark. 2008). Diğer parametreler sabitken takım çapının değişmesi durumunda itme kuvveti ve titreşim zıt yönde etki göstermektedir (Şekil 5). Takım çapı ile titreşim arasındaki korelasyon  $r=-0,183$ ;  $P<0,05$  olması nedeniyle anlamlı ve negatif yönlüdür. Şekil 6'da titreşim grafikleri görülmektedir. Titreşim dağılımı tüm takımlar için birbirine yakın seyretmektedir. Verilen genlik değerleri takım çapı arttıkça azalmaktadır. Bu titreşimin daha kararlı hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 4. Takım çapına göre kuvvet grafiği.



Şekil 5. İtme Kuvveti ve titreşimin takım çapına göre değişimi.



Şekil 6. Takım çapına göre titreşim grafiği.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada diğer delme parametreleri sabitken farklı takım çapları kullanılarak CETP malzeme delinmiştir. Delme süresince itme kuvveti ve titreşim ölçümü yapılmıştır. Takım çapının itme kuvveti ve titreşim üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- İtme kuvveti 5, 7,5 ve 10 mm takımlar için sırasıyla maksimum 113,586, 153,641, 172,03 N şeklinde gerçekleşmiştir. Takım çapı arttıkça itme kuvveti artmıştır.
- Titreşim 5, 7,5, 10 mm için sırasıyla 5,8612, 5,3924, 4,9563 mm/sn<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir. Takım çapı

arttıkça titreşim azalmıştır.

- Kesit kalınlığının artışı takımın rijitliğini artırmış ve itme kuvvetinin artışı ile takım malzeme ile daha sağlam bir temas kurmuştur. Bu durum titreşimi azaltıcı etki göstermiştir.
- Takım çapı arttıkça takımın stabil olma durumu artmış, salınımı azalmış ve kararlılığı artmıştır.
- Takım çapı, itme kuvveti ve titreşim değerlerinin birbirlerine olan etkileri istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar CETP malzemelerin delinmesinde, delik kalitesini artırıcı takım çapı seçiminde yol gösterici olacaktır.



**Katkı Oranı Beyanı**

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	B.Ö.	E.B.	M.S.G.
K	20	80	20
T		100	
Y	100		
VTI	80	10	10
VAY	20	70	10
KT	100		
YZ	90	10	
KI		20	80
GR	100		
PY			100
FA	33	33	34

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

**Çatışma Beyanı**

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

**Kaynaklar**

Basmacı G, Yörük AS. 2020. Karbon fiber takviyeli kompozit malzemenin kuru ve kriyojenik şartlarda delinebilirliğinin deneysel araştırılması. Mehmet Akif Ersoy Üniv Fen Bil Enst Derg, 11(2): 164-175.

Başar G, Fedai Y, Akın HK. 2020. Kompozit malzemelerin delme işleminde itme kuvvetinin taguchi metodu ile optimizasyonu ve regresyon analizi ile tahmini. Çukurova Üniv Müh-Mim Fak Derg, 35(4) 969-982.

Bayraktar S. 2018. Assessment of cutting performance on drilling with different drilling methods of fiber reinforced polymer composites: A literature review. J Fac Eng Arch Gazi Univ, 33(2): 609-626.

Bilge T, Motorcu AR, Ivanov A. 2017a. Kompakt laminant kompozit malzemenin tungsten karbür takımlarla delinmesinde delaminasyon faktörünün değerlendirilmesi. Pamukkale Üniv Müh Bil Derg, 23(4): 427-436.

Bilge T, Motorcu AR, Ivanov A. 2017b. Kompakt laminatın delinmesinde boyutsal tamlık için delme parametrelerinin gri ilişkisel analiz ile optimizasyonu. Uluslararası Teknoloji Bil Derg, 9(2): 1-22.

Bilge T, Motorcu AR. 2017. Kompakt laminat kompozitlerin parmak freze ile delinmesinde takım aşınmasının yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal tamlık üzerine etkileri. İleri Teknoloji Bil Derg, 6(3): 180-192.

Çelik YH, Kılıçkap E. 2012. G10 Epgc 201 kompozit malzemenin delinmesinde oluşan deformasyona etki eden parametrelerin araştırılması. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 04-05 Ekim 2012, Ankara, Türkiye, pp: 206-211.

Gaga LA, Dilibal S. 2020. Havacılık alanında kullanılan karbon prepreg kompozit malzemelerin talaşlı imalatını etkileyen parametrelerin incelenmesi. Int J 3D Print Technol Digital Industry, 4 (3): 225-238. DOI: 10.46519/ij3dptdi.817343.

Guibert N, Paris H, Rech J. 2008. A numerical simulator to predict the dynamical behavior of the self-vibratory drilling head. Int J Machine Tools Manufact, 48(6): 644-655.

Hussein R, Sadek A, Elbestawi MA, Attia MH. 2018. Low-frequency vibration-assisted drilling of hybrid KETP/Ti6Al4V stacked material. Int J Adv Manufact Technol, 98(9): 2801-2817.

Hussein R, Sadek A, Elbestawi MA, Attia MH. 2019. An investigation into tool wear and hole quality during low-frequency vibration-assisted drilling of KETP/Ti6Al4V stack. J Manufact Mater Proces, 3(3): 63.

Kalidas VK, Abu Hassan SB, Chadalavala H. 2022. A Comparative study on drill tool effect on vibration and delamination characteristics of FRPs. J Nat Fibers, 19(16): 13943-13957.

Karaca F. 2016. Cam elyaf takviyeli plastik kompozitlerde delme parametrelerinin deformasyon faktörüne etkisinin araştırılması. Fırat Üniv Müh Bil Derg, 28(2): 23-27.

Kavad BV, Pandey AB, Tadavi MV, Jakharia HC. 2014. A review paper on effects of drilling on glass fiber reinforced plastic. Procedia Technol, 14: 457-464.

Kırhasanoğlu EÖ, Turgut Y. 2021. Karbon elyaf takviyeli kompozitlerin istifli delinmesinde delik çıkış hasarının deneysel araştırılması. Gazi Müh Bil Derg, 7(2): 152-159.

Li C, Xu J, Chen M, An Q, El Mansori M, Ren F. 2019. Tool wear processes in low frequency vibration assisted drilling of KETP/Ti6Al4V stacks with forced air-cooling. Wear, 426: 1616-1623.

Meral G, Dilipak H, Sarıkaya M. 2011. Aısı 1050 malzemenin delinmesinde ilerleme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün regresyon metoduyla modellenmesi. TÜBAP Bil Derg, 4(1): 31-41.

Okay F, Islak S. 2021. Alüminyum matrisli bor karbür takviyeli kompozit malzemeye uygulanan delik delme işleminde kesme parametrelerinin etkileri. İmalat Teknoloji Uyg, 2(1): 14-22.

Özdemir B, Yardımeden A, Bahce E, Kilickap E, Emir E. 2023. Analysis of drilling behaviour in jute fibres reinforced natural composites. J Nat Fibers, 20(1): 2159608.

Seeholzer L, Voss R, Marchetti L, Wegener K. 2019. Experimental study: comparison of conventional and low-frequency vibration-assisted drilling (LF-VAD) of KETP/aluminium stacks. Int J Adv Manufact Technol, 104(1): 433-449.

Svinth CN, Wallace S, Stephenson DB, Kim D, Shin K, Kim HY, Kim TG. 2022. Identifying abnormal KETP holes using both unsupervised and supervised learning techniques on in-process force, current, and vibration signals. Int J Prec Eng Manufact, 23(6): 609-625.

Yardımeden A, Kilickap E, Celik YH. 2014. Effects of cutting parameters and point angle on thrust force and delamination in drilling of CFRP. Mater Test, 56(11-12): 1042-1048.

Yenigun B, Kilickap E. 2021. Influence of hole quality on fatigue life of drilled CFRP with the different ply orientation angle. J Brazilian Soc Mechanical Sci Eng, 43: 1-14.