

**ABAKA DOĞAL KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE
DELİNMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

ABDURRAHMAN YOLDAŞ

HAZİRAN 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ABAKA DOĞAL KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE
DELİNMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

ABDURRAHMAN YOLDAŞ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

HAZİRAN 2022

DİYARBAKIR

**ABAKA DOĞAL KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE DELİNMESİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Abdurrahman YOLDAŞ tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşığıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ

Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

Danışman, **Makine Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Doç. Dr. Erkan BAHÇE (*)
Makine Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP (**)
Makine Mühendisliği, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Ahmet YARDIMEDEN
Makine Mühendisliği, Dicle Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 28 /06 /2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Abdurrahman YOLDAŞ

İmza:

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın fikir aşamasından örnekleme, deney setlerini oluşturma, analizlerin yorumlanması ve tez taslağındaki düzeltmeler konularına kadar gösterdikleri destek ve sabırdan dolayı danışmanım Prof. Dr. Erol Kılıçkap'a teşekkür ederim. Tezimin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiri ve öneriler için Jüri üyelerine ve deneysel çalışmamın her aşamasına yardımları ve yol göstericiliğı için Doç. Dr. Ahmet Yardımeden'e çok teşekkür ederim.

En önemlisi, bana araştırma hevesi aşıladıkları ve bana devamlı inandıkları için anneme, babama, eşime, kızım Esila ve oğlum Daran'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kaynak Araştırması.....	3
2. DOĞAL LİFLER	8
2.1 Bitkisel Lifler	8
2.1.1 Keten	10
2.1.2 Kenevir.....	10
2.1.3 Jüt.....	10
2.1.4 Kenaf.....	11
2.1.5 Rami	11
2.1.6 Sisal.....	11
2.1.7 Hindistan cevizi lifleri.....	12
2.1.8 Bambu	12
2.1.9 Pamuk.....	12
2.1.10 Abaka	12
2.2 Doğal Lifler İle Sentetik Liflerin Karşılaştırılması	13
2.3 Doğal Kompozitlerin İşlenmesi	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 DeneYlerde Kullanılan Kompozit Malzemelerin Üretimi.....	15
3.2 Statik Çekme Deneyi.....	17
3.3 DeneYlerde Kullanılan Tezgâh.....	17
3.4 DeneYlerde Kullanılan Kesici Takım.....	18

3.5	Deney Parametrelerinin Belirlenmesi	18
3.6	Sıcaklık Ölçümü.....	21
3.7	Deformasyon Ölçümü	22
4.	DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	23
4.1	Statik Çekme Deneyi.....	23
4.2	Delme Deneyi Sonuçları	25
4.2.1	Delme parametreleri – kesme kuvveti ilişkisi.....	27
4.2.2	Delme parametreleri – kesme sıcaklığı ilişkisi	33
4.2.3	Delme parametreleri – deformasyon ilişkisi	36
5.	SONUÇLAR	44
	KAYNAKLAR	46
	EKLER.....	54
	ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Lif bitkileri (a) Roselle; (b) Sisal; (c) Pamuk; (d) Hindistan cevizi; (e) Kenevir; (f) Bambu; (g) Muz; (h) Şeker kamışı; (i) Ananas yaprağı; (j) Keten; (k) Süpürge mısır; (l) Palmiye ağacı ve borassus meyvesi; (m) Kenaf; (n) Yılan otu; ve (o) Fil otu (Ramesh vd., 2017).....	9
Şekil 2.2 Kompozit malzemenin işlenmesi (Patel vd., 2018)	14
Şekil 3.1 Doğal abaka kumaşın ağırlığı ve boyutları	15
Şekil 3.2 Reçine ve sertleştirici görseli	16
Şekil 3.3 Abaka takviyeli kompozitlerin üretimine ait resimlerin üretim aşamaları .	16
Şekil 3.4 INSTRON 8801 statik çekme cihazı.....	17
Şekil 3.5 CNC işleme merkezi	18
Şekil 3.6 Deneylerde kullanılan kesici takım.....	18
Şekil 3.7 İş parçasının dinamometreye bağlantısı.....	20
Şekil 3.8 Deney düzeneğinin şematik resmi	21
Şekil 3.9 Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera.....	21
Şekil 3.10 Deformasyon ölçüm düzeneği	22
Şekil 3.11 Deformasyon görüntüsü.....	22
Şekil 4.1 ATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği.....	23
Şekil 4.2 CATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği	23
Şekil 4.3 KATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği	24
Şekil 4.4 ATP numunenin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel.....	24
Şekil 4.5 CATP numunenin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel	24
Şekil 4.6 KATP numunenin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel.....	25
Şekil 4.7 1 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	28
Şekil 4.8 17 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	28
Şekil 4.9 48 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	29
Şekil 4.10 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (ATPK)	29
Şekil 4.11 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (CATPK).....	30
Şekil 4.12 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (KATPK)	30
Şekil 4.13 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (ATPK).....	31
Şekil 4.14 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (CATPK)	31
Şekil 4.15 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (KATPK)	32

Şekil 4.16 İlerlemenin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (ATPK).....	34
Şekil 4.17 İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (ATPK).....	34
Şekil 4.18 Takviye malzemesinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (4000 dev/dak).....	35
Şekil 4.19 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (ATPK).....	39
Şekil 4.20 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (CATPK)	39
Şekil 4.21 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (KATPK).....	40
Şekil 4.22 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (1000 dev/dak)	40
Şekil 4.23 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (2000 dev/dak)	41
Şekil 4.24 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (3000 dev/dak)	41
Şekil 4.25 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (4000 dev/dak)	42

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Doğal lifler (Sanjay vd., 2017; Bharath vd., 2016; Aditya vd., 2017).....	8
Tablo 3.1 ATP, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesine ait parametreler	19
Tablo 3.2 Deneyleerde kullanılan dinamometreye ait teknik özellikler	20
Tablo 3.3 Termal kameranın özellikleri.....	21
Tablo 4.1 Delme deneyi parametreleri ve sonuçları	26
Tablo 4.2 Abaka takviyeli polimer kompozit (ATPK)'e ait deformasyon görüntüleri	36
Tablo 4.3 Cam abaka takviyeli polimer kompozit (CATPK)'e ait deformasyon görüntüleri.....	37
Tablo 4.4 Karbon abaka takviyeli polimer kompozit (KATPK)'e ait deformasyon görüntüleri.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
V	Devirdeki İlerleme Hızı
n	Dakikadaki Devir Sayısı
F	Kuvvet
D_{max}	Maksimum Delik Çapı

Kısaltma	Açıklama
DF	Deformasyon Faktörü
ATPK	Abaka Takviyeli Polimer Kompozit
CATPK	Cam Abaka Takviyeli Polimer Kompozit
KATPK	Karbon Abaka Takviyeli Polimer Kompozit
VİC	Vakum İnfüzyon Cihazı
VİY	Vakum İnfüzyon Yöntemi

ÖZET

ABAKA DOĞAL KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE DELİNMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Yoldaş, Abdurrahman
Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Bölümü
Danışman: Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Haziran 2022, 87 sayfa

Çevre dostu, doğa ile uyumlu, düşük maliyetli, nispeten iyi mekanik özellikler gibi yönlerinden dolayı, doğal elyaf takviyeli kompozitler cam ve karbon elyaf gibi sentetik kompozitlerin yerini almaktadır. Bitki bazlı doğal lifler yenilenebilir ham maddelerdir ve düşük yoğunlukları ile karakterize edilirler. Böylece, doğal lifli kompozitler yenilikçi bir malzeme sınıfını temsil eder. Kompozit malzemeler arzu edilen şekle yakın üretilebilmelerine rağmen, bazen geleneksel imalat yöntemlerinden bazıları da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, abaka takviyeli polimer (ATP) kompozit, dış yüzeylerinde birer tabaka cam elyaf olan cam abaka takviyeli polimer (CATP) kompozit ve dış yüzeylerinde birer tabaka karbon elyaf olan karbon abaka takviyeli polimer (KATP) kompozitler deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu kompozitlerin ilk önce çekme deneyine tabi tutularak çekme hasar yükleri belirlendi. Daha sonra, bu kompozitlerin delinmesinde iş mili devrinin ve ilerlemenin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörü üzerine etkileri araştırıldı. ATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvveti CATP ve KATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvvetinden düşük çıkmıştır. ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerin çekme deneyinden elde edilen maksimum hasar yükleri sırası ile 2884 N, 6864 N ve 22100 N olarak elde edilmiştir. ATP, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesinde oluşan kesme kuvvetleri iş mili devrinden ve ilerleme hızından etkilenmektedir. İş mili devrinin artması ile kesme sıcaklığı yükselmektedir. Bu da kesme kuvvetlerinin düşmesine neden olmaktadır. İlerlemenin artması kesme kuvvetlerini arttırmaktadır. İlerlemenin ve iş mili devrinin artması kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörü arttırmıştır. ATP doğal kompozitlerin delinmesinde daha düşük deformasyon oluşurken, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesinde cam ve karbon elyaf tabakaların varlığından dolayı daha yüksek deformasyon oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: Abaka, Deformasyon, Delme, Doğal Lifler, Kesme Kuvveti, Kesme Sıcaklığı, Kompozitler.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PRODUCTION AND DRILLING OF ABAKA NATURAL COMPOSITES

Yoldaş, Abdurrahman

Master of Science in Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

Haziran 2022, 87 pages

Natural fiber reinforced composites replace synthetic composites such as glass and carbon fiber due to their environmental friendliness, nature compatibility, low cost, and relatively good mechanical properties. Plant-based natural fibers are renewable raw materials and are characterized by their low density. Thus, natural fiber composites represent an innovative class of materials. Although composite materials can be produced close to the desired shape, some of the traditional manufacturing methods such as drilling, turning and milling are also sometimes used. In this study, abaca reinforced polymer (ARP) composite, glass abaca reinforced polymer (GARP) composite with a layer of glass fiber on the outer surfaces and carbon abaca reinforced polymer (CARP) composites with a layer of carbon fiber on the outer surfaces were used as experimental materials. First, these composites were subjected to tensile testing and their tensile damage loads were determined. Then, the effects of spindle speed and feed on the cutting force, cutting temperature and delamination factor in drilling these composites were investigated. The tensile strength obtained from ATP composites was lower than the tensile strength obtained from GARP and CARP composites. The maximum damage loads obtained from the tensile test of ATP, GARP and CARP composite samples were obtained as 2884 N, 6864 N and 22100 N, respectively. The cutting forces that occur in the drilling of ATP, GARP and CARP composites are affected by the spindle speed and feed rate. The cutting temperatures were raised with the spindle speed increases. This causes a decrease in cutting forces. The cutting forces are high at high feed rates. Increasing spindle speed and feed increased cutting temperature and delamination factor. While less deformation occurred in the drilling of ATP natural composites, higher deformation occurred in the drilling of GARP and CARP composites due to the presence of glass and carbon fiber layers.

Keywords: Abaca, Natural fibers, Composite, Drilling, Tensile, Force, Temperature, Deformation

1. GİRİŞ

Dünya genelinde artan çevre bilinci, çevre ile uyumlu malzemelerin tasarımını gündeme getirmiştir. Günümüzde cam, karbon vb. sentetik lifler, yüksek dayanım ve mekanik özelliklerinden dolayı polimer kompozitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Rout vd., 2001). Ancak bu lifler ilk üretim maliyetinin yüksek olması, geri dönüştürülebilmesindeki zorluklar, yüksek enerji tüketimi, biyolojik olarak parçalanamaması vb. özelliklerden dolayı ciddi dezavantajlara sahiptir (Bledzki ve Gassan, 1999).

Doğal elyaf takviyeli polimer (DETP) kompozitler, çevresel kaygılar ve maliyet düşürme gereksinimlerinden dolayı 2000'lerin başından beri çok sayıda endüstrinin ilgisini çekmektedir. Takviye malzemeleri olarak doğal liflerin çekiciliği, yüksek özgül mukavemeti, biyolojik olarak parçalanabilme özelliği ve nispeten düşük maliyeti olmasındandır. Doğal lif kaynağının takviye elemanı olarak kullanılmasıyla doğal elyaf takviyeli polimer kompozitlerin üretilmesi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Bu artışın nedeni, doğal elyaf kullanmanın suni elyaflara göre daha düşük yoğunluk, düşük maliyet, geri dönüştürülebilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilmesi söylenebilir (Tchana Toffe vd., 2019).

DETP kompozitlerin polimer matrisin daha ucuz, daha dayanıklı, çevre dostu, düşük yoğunluklu ve daha az aşındırıcı olması gibi birçok avantajı vardır. Bundan dolayı inşaat uygulamalarında, otomotiv sektöründe, denizcilik uygulamalarında, ulaşım sektöründe, sağlık alanında, spor ekipmanlarında vb. alanlarda ekonomik olarak kullanılmaktadır. Keten, kenaf, kenevir vb. gibi doğal elyaflar otomotiv, havacılık, paketlenme ve alternatif endüstriyel uygulamalar için tercih edilen plastik kompozitler inşaat üreticileri tarafından en çok tercih edilendir (Khondker vd., 2005; Bolduc, 2018).

DETP kompozitler, iki bileşen fazın, yani takviye fazının (doğal lifler) ve matris adı verilen sürekli bir fazın birleşimidir. Doğal lifler, bitkilerden, hayvanlardan veya minerallerden elde edilip edilmediğine göre kökenlerine göre sınıflandırılır (John ve Thomas, 2008). Bitki temelli doğal lifler, yaprak lifleri (ananas, sisal ve abaka gibi), gövde lifleri (kenevir, keten, rami, bambu, jüt ve kenaf gibi), sap lifleri (buğday, arpa,

çavdar, mısır ve pirinç gibi), tohum lifleri (pamuk, kapok ve hindistan cevizi gibi), meyve liflerinden (Hindistan cevizi) oluşmaktadır. Polimer matrisler iki tipe ayrılabilir, biri sentetik petrokimya bazlı sentetik matris (polyester, polipropilen, polietilen, epoksi vb.) ve diğeri doğal veya biyolojik bazlı biyobozunur matris olarak adlandırılır.

DETP kompozitlerin imalatı genel olarak birincil ve ikincil imalat olarak sınıflandırılabilir. Aslında, DETP kompozitler çoğunlukla elle yatırma, basınç altında kalıplama, vakum altında kalıplama, reçine transfer yöntemi gibi çeşitli birincil kompozit imalat yöntemleri ile üretilir ve bu da nihai ürünün net şekline yakın bir şekilde elde edilmesine neden olur. Bununla birlikte, bu kompozitlerin birleştirilmesinde, parçaların montaj gereksinimlerini karşılamak için hala delme, frezeleme veya tornalama gibi bazı ikincil işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle parçaların montajını kolaylaştırmak için talaşlı imalat özellikle delme zorunlu hale gelir.

Delme işlemi, kompozit parçalar için sıklıkla kullanılıp istenilen ölçü ve toleransların sağlanabildiği bir işlemdir. Çeşitli fiber takviyeli kompozitlerin delinmesi sırasında elde edilen deliklerin kalitesi ve bütünlüğü, delinmiş metallere oldukça farklıdır. Fiberlerin aşındırıcı yapısı, heterojenliği ve anizotropisi nedeniyle metal malzemelerin delinmesi ile karşılaştırıldığında aynı koşullar altında delinmiş fiber takviyeli polimer kompozitlerin delik yüzeyleri daha çok hasarlı ve pürüzlüdür. Ek olarak, reçine matrisinin zayıf termal iletkenliğinin yanı sıra bazı fiber takviyeli kompozitlerin tok ve aşındırıcı özelliklerinin kombinasyonu, bunların zayıf işlenebilirliklerine neden olur. Bu özelliklerin delinmiş kompozitler üzerindeki etkileri, fiber-reçine ayrılması, gerilme yoğunlaşması, pürüzlülük, çatlak gelişimi, takım kesici kenarında aşınma, parçalanma, kesilmemiş fiber, delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon gibi delme kaynaklı bazı ciddi hasarlara neden olur. Bu hasarlar arasında olan deformasyon delinmiş kompozit malzemelerdeki en kritik kusurlardandır. Bu hasarların oluşmaması veya minimumda tutulması için uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi delme performansı ve verimlilik açısından oldukça önemlidir.

Tez çalışmasında, doğal abaka elyaf kullanarak üç farklı kompozit malzeme üretilmiştir. Bu malzemelerden birincisi 10 tabakalı Abaka Takviyeli Polimer

Kompozit (ATPK), ikincisi dış yüzeylerinde birer tabaka cam elyaf olan Cam Abaka Takviyeli Polimer Kompozit (CATPK) ve üçüncüsü de dış yüzeylerinde birer tabaka karbon elyaf olan Karbon Abaka Takviyeli Polimer Kompozitlerdir (KATPK). Bu tez çalışmasının amacı, abaka takviyeli polimer kompozit, cam abaka takviyeli polimer kompozit ve karbon abaka takviyeli polimer kompozitlerin delinmesinde iş mili devrinin ve ilerlemenin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörü üzerine etkilerini deneysel ve analitik olarak analiz etmektir.

1.1 Kaynak Araştırması

Doğal elyaf takviyeli kompozitler, modern, orta ve yüksek teknoloji ürünlerinin imalatında umut verici alternatif malzemelerdir. Bununla birlikte, heterojen yapıları, metalik parçalarda nadir görülen işleme kusurlarına neden olur. Kompozitlerin delinmesi, kompozit bileşenlerin montajını ve sabitlenmesini kolaylaştırmak için önemli bir işleme sürecidir. Delinmiş delik çevresinde deformasyon hasarının meydana gelmesi ve delik içinde fiber çekilmesi, bu parçaların montaj performansını etkileyen kritik faktörlerdir. Abdul Kudus vd., (2022), görüntü işleme yöntemi kullanarak doğal fiber kompozitlerin delinmesi sırasında katman ayırması ve deformasyonu analiz etmişlerdir. Delme ile oluşan deformasyonu ve fiber çekilmesini karakterize etmek için dijital tarama ve izlemeyi kullanan yeni bir görüntü işleme yöntemi, delinmiş delik kalitelerini ölçmek için mevcut yöntemlerdeki sınırlamaları ele almak için geliştirilmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, matkap ucu çapının, ilerleme hızının ve iş mili hızının, hem deformasyon hem de delinmiş delik içindeki fiber çekilmesi üzerinde değişen etkilere sahip olduğunu göstermişlerdir.

Kompozit malzemelerin işlenmesi, üretim süreçleri üzerine modern araştırmalarda önemli ve güncel bir konudur. Optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi, kompozitlerin işlenebilirlik çalışmasında en önemli unsurlardan biridir. Optimizasyon, özellikle makinelerin çalıştırılmasında önemli bir pratik öneme sahiptir. Deliklerin doğruluğunu artırmak için takımın mümkün olduğunca her zaman iyi durumda olması gerekir. Takımın iyi durumda olmasını sağlamak için matkap çapı, iş mili hızı ve ilerleme hızı gibi işleme parametrelerinin optimizasyonu zorunludur. Jayabal ve Natarajan (2010), genetik algoritma yöntemleri kullanılarak hindistan cevizi lifi takviyeli kompozitlerin delinmesinde itme kuvveti, moment ve takım aşınmasını

etkileyen parametrelerin optimizasyonunu yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, lif elyaf takviyeli kompozitlerin delinmesinde delme parametrelerinin itme kuvveti, moment ve takım aşınması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Parametrelerin optimum değerlerini, Box-Behnken tasarımı, Nelder-Mead ve genetik algoritma yöntemleri kullanılarak belirlemişlerdir.

Athijayamani vd., (2010), roselle ve sisal fiber hibrit polyester kompozitin mekanik özellikleri ve işlenebilirliği üzerine alkali ile işlenmiş fiberlerin etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmalarında, doğal lifli hibrit polyester kompozitin daha iyi mekanik özellikleri ve işlenebilirliği elde etmek amacıyla, ısıyla sertleşen matris için takviye dolgusu olarak alkali ile işlem görmüş roselle ve sisal lifleri kullanılmışlardır. Roselle ve sisal lifleri 2, 4, 6 ve 8 saatlik farklı sürelerde %10 sodyum hidroksit solüsyonu işlemine tabi tutulmuş ve kompozit numunenin kırık yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Yüksek tokluk ile birlikte mukavemet ve sertlikte bir iyileşme, liflerin %10 NaOH solüsyonu kullanılarak işlenmesiyle elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Dilli Babu vd., (2013), işleme parametrelerinin ve farklı liflerin yüzeyin deformasyon ve pürüzlülüğü üzerindeki etkisini belirlemek için tek yönlü doğal kompozitlerde frezeleme deneyleri yaptılar. En uygun işleme parametrelerini, Taguchi tasarımı kullanarak tespit etmişlerdir. Onlar, İlerleme ve kesme hızının deformasyon faktörünü etkilediğini belirtmişlerdir.

Chegdani vd., (2015), doğal elyaf takviyeli plastiklerin işlenmesinde kaplanmış takımların etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. İşleme deneyleri, tek yönlü keten elyaf takviyeli polipropilen reçine (UDF/PP) üzerinde üç farklı kesici takım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Profil frezeleme testleri yapmak için kaplanmamış tungsten karbür, titanyum diborid (TiB_2) kaplı ve elmas kaplı kullanıldı. Onlar, takım kaplamasının yüzey kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Balasubramanian vd., (2016), izoftalik polyester reçinesi ve jüt lifi ile bir kompozit malzeme hazırlamış ve bunları frezeleme işlemine tabi tutmuşlardır. Onlar Taguchi

yöntemini kullanarak hız, ilerleme ve kesme derinliği gibi parametrelerin kesme kuvveti ve kesme momentinin üzerine etkilerini belirlemişlerdir.

Zurayyen vd., (2017), muz lifi ile güçlendirilmiş doğal kompozitlerin işlenmesinde deformasyon etkileyen işleme parametrelerini araştırmışlardır. İlerleme hızının artmasıyla deformasyonun arttığını gözlemlediler. Yüksek kesme hızının deformasyon faktöründe azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Patel vd., (2018), kenevir lifi ile güçlendirilmiş kompozitlerde kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin kesme kuvveti, moment ve defromasyon üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Optimallik koşulları, varyans ve RM analizi ile analiz edildi. İlerlemenin kesme derinliğinden daha fazla itme etkisine sahip olduğunu bildirdiler.

Vinayagamoorthy ve Rajmohan (2018), çeşitli işleme faktörlerinin ve ölçümünün, işleme parametrelerinin işlenebilirlik üzerindeki etkisinin ve biyokompozitlerin işlenmesi sırasındaki optimal koşulların ayrıntılı bir incelemesini yaptı. Yüzey pürüzlülüğü gibi işleme performansı doğrudan frezeleme parametresinden etkilenir.

Bin Harun vd., (2015), kenaf lifi ile güçlendirilmiş plastik kompozitin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki öğütme faktörlerinin önemini Taguchi yöntemini kullanarak çalışmışlardır. Optimizasyon, yüzey pürüzlülüğünü (Ra) en aza indirmek için incelenen freze parametreleri aralığı için en uygun koşulu belirlemek için gerçekleştirilir. Yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme hızı, kenaf elyaf takviyeli kompozitin frezelenmesi sırasında düşük yüzey pürüzlülüğüne neden olur. Kesme hızı kritik bir kesme hızını aşarsa, polimerize kompozit malzemelerde polimerik bir yumuşama meydana gelir. Bu nedenle, polimer esaslı kompozit malzemelerin işlenmesinden elde edilen yüzey cilaları, metal işlemede elde edilenlerden farklıdır (Izamshah, 2013)

Vinayagamoorthy vd., (2018), *Vetiveria zizanioides* ile güçlendirilmiş polyester kompozitlerin delinmesiyle ilgili işleme sırasındaki kusurları ve kuvvetleri araştırdı.

Fabrikasyon kompozit üzerinde bir dizi delme deneyi yaptılar. Hız besleme, iş mili hızı, uç açısı ve takım çapı girdi değişkenleri olarak kabul edildi.

Doğal lifler ve ayrıca matris arasındaki yüzey uyumluluğu, kompozitlerin işlenmiş yüzeyini önemli ölçüde etkiler. Lifler arasındaki düşük yapışma, yüzey temasının, işlem sırasında kenar boyunca temel lifler arasında kesintiye uğramasına neden olacaktır (Charlet vd., 2011).

Chegdani vd., (2015), polipropilen ile güçlendirilmiş bambu, sisal ve miscanthus gibi doğal lif çeşitlerinin öğütme sırasındaki tribolojik davranış üzerindeki etkisini incelemiştir. Bambu ile güçlendirilmiş kompozitin işleme sonrasında daha iyi yüzey dokusu gösterdiğini bildirmişlerdir.

Athijayamani vd., (2010), hibrit roselle/sisal kompozitte HSS matkap uçlarını kullanarak bir dizi deney gerçekleştirdi ve yapay sinir ağı (YSA) ve regresyon modelleri (RM'ler) aracılığıyla itme ve torku karşılaştırdı. Çıkış değişkenleri olarak itme kuvveti ve tork, açıklayıcı değişkenler olarak ilerleme, kesme hızı ve delme boyutları alınmıştır. Sonuç, ANN modelinin çıktı değişkenlerinin tahmininde daha gerçekçi olduğunu göstermektedir.

Bajpai ve Singh (2013) deneyiyle, sisal fiber ile güçlendirilmiş PP kompozit malzemelerin delme davranışı üzerinde iki tür matkap geometrisinin (dolu ve içi boş şekiller) etkisini tespit etti. Diğer parametreler ise kesme hızı ve ilerlemedir. Dolu ve içi boş matkap uçlarının kesme mekanizmasının tamamen farklı olduğunu ve bu nedenle işleme sırasında oluşan kusurlar ve kuvvetler üzerinde etkisi olduğunu anlamışlardır.

Jayabal ve Natarajan (2011), matkap çapının, iş mili hızının ve ilerlemenin itme kuvveti, moment ve takımın aşınması üzerindeki etkisini RSM tekniği ile optimize etmek için hindistan cevizi lifi ile güçlendirilmiş kompozit üzerinde yüksek hız çeliği matkapla delme işlemleri uygulamışlardır.

Chandramohan ve Marimuthu (2011), RM ile sisal, muz ve roselle doğal lifleri ile güçlendirilmiş polimerik kompozitlerde, ilerleme ve kesme hızının kesme kuvveti ve torkun üzerine etkisini araştırmaktadırlar. Düşük ilerleme değerlerinde kesme hızının itme kuvveti üzerinde önemsiz bir etkiye sahip olduğunu, artan kesme hızı ile torkun azaldığını tespit etmişlerdir.

Ünüvar vd., (2022), erozyon aşınmasına karşı direnç için geliştirilmiş saf cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) kompozitlerin ve ilave edilen GFRP kompozitlerinin delme işlemi sırasında meydana gelen delaminasyon üzerindeki optimizasyon ve işleme parametrelerinin etkisine odaklanmışlardır. Delme parametrelerinin delaminasyona katkısı Taguchi yöntemi ve varyans analizi (ANOVA) kullanılarak araştırılmış. İşleme parametreleri ile delaminasyon arasındaki ilişki, yanıt yüzeyi metodolojisi kullanılarak modellenmiştir. Yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM) kullanılarak ikinci dereceden regresyon ile işleme parametreleri arasında korelasyonlar kurulmuş. Saf cam elyaf epoksi ve SiO₂- ve Al₂O₃ katkılı GFRP malzemelerin deneysel plan kullanılarak delinmesinde delik giriş ve çıkışındaki delaminasyon faktörleri elde edilmiştir. Delik çıkışlarındaki delaminasyon faktörleri, delik girişlerindeki delaminasyon faktörlerinden daha büyük bulunmuştur. Delik çıkışında Al₂O₃/SiO₂ katkılı GFRP kompozitlerine kıyasla GFRP/epoksi kompozitte en küçük delaminasyon değerleri elde edilmiştir. Kompozitlerin işlenebilirliğinin araştırılmasında, malzeme bir değişken olarak ele alındığında, malzemenin delaminasyon üzerinde kesme parametrelerinden daha fazla etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Üç malzeme arasında en iyi işlenebilirliğe sahip malzeme girişte Al₂O₃ katkılı GFRP kompozit olmuş. Delik çıkışında saf GFRP/epoksi kompozitin delinmesinde iyi işlenebilirlik elde edilmiş. Besleme hızının delaminasyon üzerindeki etkisinin kesme hızından daha büyük olduğu ve kesme hızının etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Talaş kaldırma oranını maksimize etmek, delaminasyonu minimize etmek için oluşturulan çok amaçlı fonksiyonun optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve optimum delme parametreleri elde edilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda Al₂O₃ ve SiO₂'de epoksi ile lifler arasında güçlü bir bağ olmamasından dolayı saf epoksi GFRP kompozitlerine göre delaminasyon miktarının arttığı tespit edilmiştir. Saf epoksi GFRP, Al₂O₃ katkılı GFRP ve SiO₂ katkılı GFRP kompozitlerin delaminasyon miktarlarının sırasıyla arttığı, bu üç malzemenin basınç ve çekme dayanımlarının azaldığı gözlenmiştir.

2. DOĞAL LİFLER

Doğal lifler, petrol kökenli malzemelerin ve suni liflerin yerini alacak bir tür yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yeni nesil takviyelerdir. Doğal lifler, bitkilerden, hayvanlardan veya minerallerden gelen kökenlerine göre alt bölümlere ayrılır. Bitki lifleri, bambu, pamuk ve hindistan cevizi lifinde olduğu gibi esas olarak selülozdan yapılırken, hayvan lifleri genellikle keratin ve kollajen gibi proteinlerden oluşur. Keten, kenaf ve kenevir lifleri, diğer sak lifi türlerine kıyasla üstün mekanik özellikleri, özellikle yüksek çekme özellikleri ile birlikte bol miktarda bulunmaları nedeniyle kompozit uygulamaları için en yaygın ve gelecek vaat eden sürdürülebilir lifler olarak görülmektedir. Tablo 2.1'de, bitkisel, hayvansal ve mineral kökenli doğal lifler verilmiştir.

Tablo 2.1 Doğal lifler (Sanjay vd., 2017; Bharath vd., 2016; Aditya vd., 2017)

Doğal Lifler	Bitki Kökenli (Selüloz/Lignoselüloz)	<i>Gövde Elyafı</i>	<i>Keten, Kenevir, Jüt, Kenaf, Rami. Bambu, Isırgan otu</i>
		<i>Yaprak Elyafı</i>	<i>Abaka, Muz, Ananas, Sisal, Hurma</i>
		<i>Tohum</i>	<i>Pamuk, Kapok, Pirinç kabuğu</i>
		<i>Meyve Elyafı</i>	<i>Hindistan cevizi</i>
		<i>Sap</i>	<i>Buğday, Arpa, Mısır, Yulaf, Pirinç, Çavdar</i>
	Hayvan Kökenli	<i>Kıl Kökenli</i>	<i>Yün, Angora yünü, Lama, Kaşmir, Keçi kılı, At kılı, Deve tüyü, Kaşgora</i>
		<i>Salğı Kökenli</i>	<i>İpek, Yabani ipek, Örümcek ağı</i>
	Mineral		<i>Asbest, Seramik lifler, Metal lifler</i>

Bitki lifleri endüstri tarafından en yaygın olarak kabul edilen liflerdir ve araştırma topluluğu tarafından en çok analiz edilen liflerdir. Bu, temel olarak kısa büyüme dönemi, yenilenebilirlik ve daha geniş kullanılabilirlikten kaynaklanmaktadır (Cicala vd., 2010).

2.1 Bitkisel Lifler

Bitki liflerinin özellikleri genellikle bitkinin tipine, olgunluk derecesine, büyümenin coğrafi konumuna ve hava koşullarına bağlıdır. Rejenere edilmiş liflerin aksine, doğal liflerin özellikleri tekrar üretilemez; bu nedenle her durumda takviyeli kompozitlerin özellikleri kaçınılmaz olarak farklı olacaktır. Bitki liflerinin ana bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignindir ve bunların oranı bitkinin tipine, yaşına ve bitkinin elde

edildiği bölgeye bağlıdır. Doğal liflerin maliyeti, sentetik, çelik ve cam liflerinin maliyetinden önemli ölçüde daha düşüktür ve doğal liflerin fiyatı/modülü, yapay liflerinkinden birkaç kat daha düşüktür. Bu nedenle, doğal kaynaklı elyafların toplam elyaf pazarına katkısı sürekli artmaktadır (Rogovina vd .,2019). Lif elde etmek için kullanılan başlıca bitkiler Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Lif bitkileri (a) Roselle; (b) Sisal; (c) Pamuk; (d) Hindistan cevizi; (e) Kenevir; (f) Bambu; (g) Muz; (h) Şeker kamışı; (i) Ananas yaprağı; (j) Keten; (k) Süpürge mısır; (l) Palmiye ağacı ve borassus meyvesi; (m) Kenaf; (n) Yılan otu; ve (o) Fil otu (Ramesh vd., 2017).

Pamuk, araştırmacılar tarafından en çok yayınlanan doğal elyaf olup, onu ananas ve bambu takip etmektedir. Son yıllarda hindistan cevizi, keten, kenevir ve jüt gibi lifler de araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Buna karşılık, seçilen doğal liflerden abaka ve rami gibi türler daha az yayınlanmış türlerdir.

2.1.1 Keten

Keten bitkisi, *Linum usitatissimum*, tüm dünyada yetiştirilmektedir. İnsanlar tarafından kullanılan ilk bitkilerden biridir. Keten'e ait ilk uygulamalar 6000 yıl önce Mısır'da bulunmuştur. Dünyanın en eski lif bitkilerinden biri olan keten, ılıman bölgelerde yetişir. Keten lifi daha çok katma değeri yüksek olan tekstil pazarında kullanılmaktadır.

Kompozitlerin güçlendirilmesi için ketenin başarılı kullanımı, içindeki yüksek selüloz içeriğinden ve diğer gövde liflerinin benzer parametrelerini aşan sertlik sağlayan yüksek derecede kristallikten kaynaklanmaktadır. Sapın ortasından izole edilen lifler, daha yüksek mukavemet ve sertlik modülü değerlerine sahiptir (Charlet vd., 2007).

2.1.2 Kenevir

Kenevir, (*Cannabis sativa*), endüstriyel kenevir olarak da adlandırılan, saksı lifi veya yenilebilir tohumları için yetiştirilen Cannabaceae familyasına ait bir bitkidir. Günümüzde kenevir tekstil lifleri, kâğıt, yağ, mum ve biyoyakıt üretiminde kullanılmaktadır. Kenevir Orta Asya kökenlidir. Sıcak bir iklim sayesinde kenevir Şili, Hindistan, Japonya, Afganistan, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer birçok ülkede yetiştirilmektedir. Kimyasal bileşimin değişkenliği, kenevir liflerinin mekanik özelliklerinde bir farklılığa neden olur. Bitkinin yaşının da mukavemet özellikleri üzerinde büyük bir etkisi vardır: tamamen olgunlaşmış bir bitkinin, kısmen olgunlaşmış olandan daha yüksek bir çekme mukavemetine sahip olduğu bulunmuştur (Kandachar ve Brouwer, 2002).

2.1.3 Jüt

Jüt, pamuktan sonra en ucuz ve en önemli doğal liflerden biridir. Jüt üretimi dünyanın en bitkisi olarak kabul edilir. Jüt bitkisinin lifleri kabuğun altında bulunur ve gövdenin odunsu orta kısmını çevreler. Kabuğa en yakın lif şeritleri genellikle gövdenin tüm uzunluğu boyunca uzanır. Bir jüt mahsulü genellikle çiçekler döküldüğünde, ancak bitkilerin tohum kabukları tamamen olgunlaşmadan hasat edilir. Jüt daha önce

kesilirse lif zayıftır; tohum olgunlaşana kadar bırakılırsa, lif güçlüdür ancak daha kalındır ve karakteristik parlaklığından yoksundur.

2.1.4 Kenaf

Kenaf, (*Hibiscus cannabinus*), ebegümece veya ebegümece familyasının (*Malvaceae*) hızlı büyüyen bitkisi ve onun lifi, sak lifi gruplarından biridir. Bitki, lifin bazen Gine keneviri olarak bilindiği Afrika'da yabani olarak yetişir. Kenaf, Orta ve Güney Afrika, Hindistan ve Bangladeş'te yetişir. Kenaf, günde 10 cm büyüeyebilen, 3 m yüksekliğe ve 3-5 cm çapa ulaşabilen hızlı büyüyen bir bitkidir (Nishino, 2004). Özellikleri itibariyle kenaf jüt liflerine yakındır ve yapısı diğer doğal liflerin yapısına benzer. Kenaf, hem termoplastik hem de termoset matrisleri güçlendirmek için kullanılmaktadır.

2.1.5 Rami

Rami, *Urticaceae* (*Boehmeria*), Doğu Asya'ya özgü ısırgan otu ailesi *Urticaceae*'de bulunan çiçekli bir bitkidir. Rami sak liflerine aittir, Çin'de ve Brezilya'da yetiştirilmektedir. Rami yılda 3-5 kez hasat edilir. 7-20 yıl büyür ve yüksekliği 1.0-2.5 m'ye ulaşır. Rami, endüstriyel dikiş ipliği, ambalaj malzemeleri, balık ağları ve filtre bezleri gibi ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Aynı zamanda, sıklıkla diğer tekstil lifleriyle karıştırılarak, ev eşyaları ve giysiler için kumaşlar haline getirilir. Kâğıt üretiminde daha kısa lifler ve atıklar kullanılır.

2.1.6 Sisal

Sisal, ticari olarak Brezilya ve Doğu Afrika'da üretilen bir agavdır (*Agave sisalana*). Sisal, ağırlıklı olarak Tanzanya ve Brezilya'da yetişir ve ayrıca Çin ve Kenya'da da yetiştirilir. Bitkinin ömrü 7-10 yıldır. Sisal, (*Agave sisalana*), *Asparagaceae* familyasının bitkisi ve lifi, yaprak lif grubunun en önemlisidir. Bitki sapı, yaklaşık 38 cm çapında, yaklaşık 90 cm yüksekliğe kadar büyür. Sisal halatlar ve sicimler denizcilik, tarım, denizcilik ve genel endüstriyel kullanım için yaygın olarak kullanılmaktadır ve lif ayrıca hasır, kilim, tuhafiyeye ve fırçalarda da yapılmaktadır. Olgunlaştıktan sonra lifler yapraklardan çıkarılır ve toplam kütlelerinin sadece %4'ünü oluştururlar (Frollini vd., 2004).

2.1.7 Hindistan cevizi lifleri

Hindistan cevizi, dış kabuğu sert, içi yumuşak meyveleri ifade eder ve yaprakları özel makineler yardımıyla hindistan cevizinden ayrılır. Hindistan cevizi lifleri hindistancevizi yan ürünleridir ve yerel pazarlarda nispeten ucuzdur. Olgunlaşmamış hindistan cevizi lifleri, olgunlaştıkça kahverengi (kahverengi lifler) olan beyaz bir renge (beyaz lifler) sahiptir. Liflerin kimyasal bileşimi hindistan cevizinin olgunlaşma derecesine bağlıdır. Hindistan cevizi lifleri, doğal lifler arasında en yüksek lignin içeriği ile karakterize edilir. Nispeten suya dayanıklı olan ve az miktarda tuzlu su emen tek lif türüdür (Rogovina vd., 2019).

2.1.8 Bambu

Bambular, Poaceae çim ailesinin Bambusoideae alt familyasında yer alan, yaprak dökmeyen çok yıllık çiçekli bitkilerin çeşitli bir grubudur. Dev bambular, çim ailesinin en büyük üyeleridir. Bambu bitki ailesine aittir ve bazı Asya ülkelerinde (Hindistan, Çin ve Endonezya) yetişir. Bilinen doğal lifler arasında bambu, düşük yoğunluk ve yüksek mekanik mukavemetin en uygun kombinasyonuna sahiptir; yani, yüksek bir özgül sertliğe ve mukavemete sahiptir. Bu, onu cam elyaflarla karşılaştırmayı mümkün kılar. 1250'den fazla bambu türü vardır ve bazılarının özgül gücü bazı durumlarda çeliğin gücünü aşmaktadır.

2.1.9 Pamuk

Pamuk, doğal liflerin en bilinen temsilcisidir ve ağırlıklı olarak tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır ve buna olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Elyaf elde etme sürecinde, pamuk güçlü bir esneme işlemine tabi tutulur; Sonuç olarak, liflerin uzunluğu çaplarından 1000-3000 kat daha fazladır. Pamuktan üretilen selüloz, diğer doğal liflerden ekstrakte edilen selüloza kıyasla maksimum kirlilik olmaması ile karakterize edilir.

2.1.10 Abaka

Abaka, (*Musa textilis*), Musaceae familyasının bitkisi ve yaprak lif grubu içinde ikinci sırada yer alan lifidir. Abaca lifi, diğer yaprak liflerinin çoğundan farklı olarak, bitki yaprak saplarından elde edilir. Abaca, Manila keneviri olarak da bilinir. Görünüşü muz bitkisine benzer, ancak özellikleri ve kullanımları tamamen farklıdır. Asya'ya özgü bir Musacea ailesi bitkisidir ve Filipinler ve Endonezya'nın Doğusu da dahil olmak üzere

nemli bölgelere ekilir. Ekvador ve Kosta Rika'da da ticari olarak yetiştirilmektedir. Abaca lifleri, ipler, dokuma kumaşlar, çay poşetleri, filtre kağıdı ve banknot üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

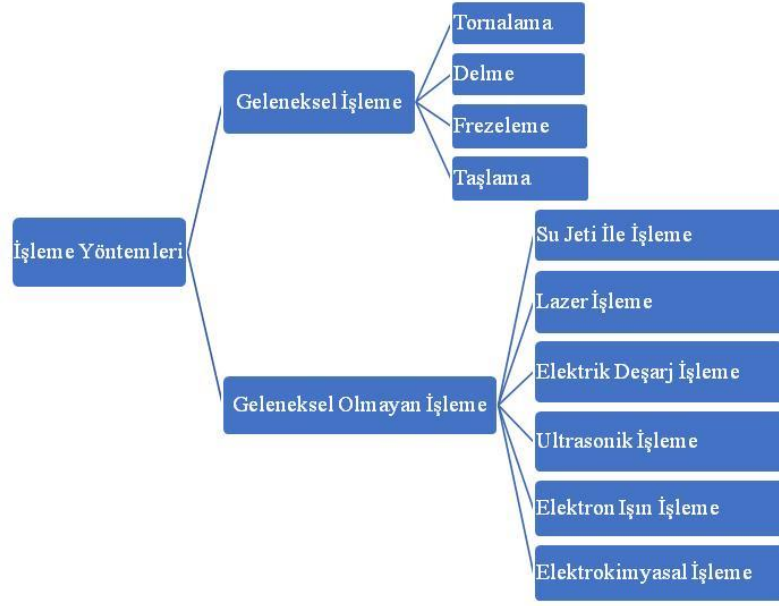
2.2 Doğal Lifler İle Sentetik Liflerin Karşılaştırılması

Doğal liflerin kullanımının sentetik liflerin kullanımına göre birçok avantajı vardır. Doğal liflerin genellikle sentetik liflere göre bulunabilirlik, düşük maliyet, düşük yoğunluk, kabul edilebilir modül/ağırlık oranı, yüksek akustik sönümlenme, düşük üretim enerjisi, düşük karbon salınımı ve biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi çeşitli faydalara sahiptir (Mohanty, 2005). Bazı araştırmacılar; doğal liflerin, cam ve karbon gibi geleneksel takviye edici liflerden çok daha az maliyetli olduğunu ve üretilmelerinde daha az enerji gerektiğini belirtmektedirler (Huda vd., 2008).

2.3 Doğal Kompozitlerin İşlenmesi

Kompozitler, net şekle yakın bir nihai ürüne kadar çeşitli imalat yöntemleri kullanılarak üretilir. Bununla birlikte, belirli nihai şekli ve gerekli toleransı elde etmek için ikincil işlemlere ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle, işleme süreci, karmaşık montajlarda kompozit bileşenlerin diğer parçalara birleştirilmesini kolaylaştırmak için ortak bir çözümdür.

Kompozit malzemeler heterojendir (malzeme özellikleri bir noktadan diğerine değişir) ve izotropiktir. Bu nedenle kompozit malzemelerin işlenmesi, geleneksel malzemelerin işlenmesine kıyasla daha zordur. Ayrıca, suni elyafın aşındırıcı doğası, kesici takımın aşınmasına ve yüzey kalitesinin kötüleşmesine neden olur (Shyha vd., 2010; Madhavan vd., 2015). Şekil 2.2'de kompozit maddelerin işlenmesinde kullanılan bazı işleme yöntemleri verilmiştir.



Şekil 2.2 Kompozit malzemenin işlenmesi (Patel vd., 2018)

Bir kompozitin işlenebilirliği matrise ve takviyeye elamanının özelliklerine bağlıdır. Kullanılan takviyenin özellikleri, kompozit malzemenin işlenmesinin kolaylığını belirleyecektir. Kompozit işleme sırasında oluşan kesme kuvvetleri, kusurlar şeklinde hasarlar meydana getirir. Kusurlara örnek olarak, lif kopması, lif çekilmesi, matrisin kesilmesi ve çatlaması, matris içinde küçük boşlukların oluşması vb. verilebilmektedir (Bhatnagar vd., 1993).

Doğal kompozitlerin işlenebilirliği, ağırlıklı olarak elyaf tipi, oryantasyonu, kullanılan reçine tipi ve mekanik ve termal özellikleri tarafından belirlenmektedir. Doğal kompozitlerin işlenmesiyle ilgili hasarların analizi, işleme için en uygun koşulların ve ayrıca işlenebilirliği iyileştirmek için kompozit bileşenlerin en uygun oranının seçilmesine yardımcı olacaktır (Herrera-Franco vd., 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde, doğal abaka elyaf kullanarak üç farklı kompozit malzemenin üretimi yapılarak delinebilirliği deneysel olarak araştırılacaktır.

3.1 Deneyleerde Kullanılan Kompozit Malzemelerin Üretimi

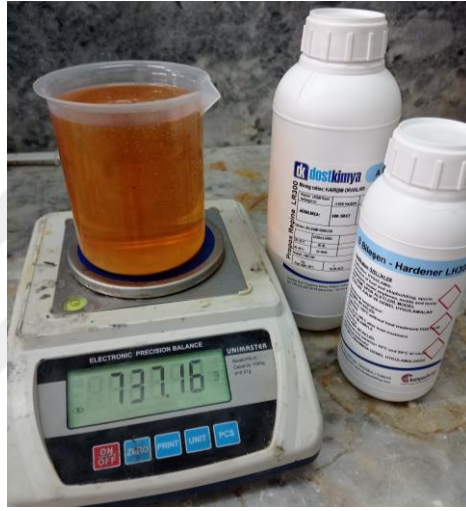
Deneyleerde kullanılacak olan kompozitler, elyaf olarak abaka, cam fiber ve karbon fiber ve matris olarak LR300 epoksi reçine ve LH300 sertleştirici kullanılarak üretildi. Epoksi reçine ve sertleştiricinin karışım oranı ağırlıkça 100:50±2gr'dır. LR300 epoksi reçine 1,15 g/cm³ ve LH300 sertleştirici 1,05 g/cm³ yoğunluğunda ve vizkozitelerisi 600-900 mPas'dır. Abaka kumaş 600 mm x 8000 mm boyutlarında ve 370,46 gr ağırlığındadır (Şekil 3.1).



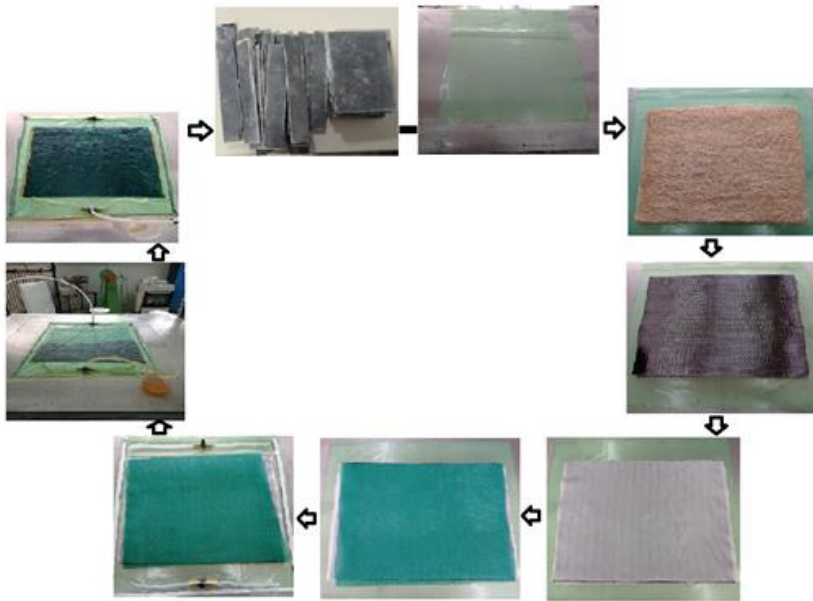
Şekil 3.1 Doğal abaka kumaşın ağırlığı ve boyutları

Kompozit üretimi için abaka, cam ve karbon fiber kumaşları 500 mm x 500 mm ölçülerinde kesildi. Vakum infüzyon yöntemi ile doğal abaka elyaf kullanarak üç farklı kompozit malzeme üretildi. Bu malzemelerden birincisi 10 tabakalı Abaka Takviyeli Polimer (ATP) kompozit, ikincisi dış yüzeylerinde birer tabaka cam elyaf olan Cam Abaka Takviyeli Polimer (CATP) kompozit ve üçüncüsü de dış yüzeylerinde birer tabaka karbon elyaf olan Karbon Abaka Takviyeli Polimer (KATP) kompozitlerdir.

Vakum infüzyon cihazı, 1500 mm x 1200 mm boyutlarında bir tablaya ve 9000 watt rezistanslı dijital sıcaklık kontrollü ve 0.2 Pa vakum basıncına, 1HP güce sahip bir vakum pompasına sahiptir. Propox Resin LR300 reçine ve Hardener Propox LH300 sertleştirici üretici firmanın önerisi doğrultusunda 100:50±2gr oranında karıştırıldı (Şekil 3.2). Daha sonra nemden arındırılmış elyaflar kullanılarak ATP, CATP ve KATP kompozit malzemeler üretildi. Üretilen malzemelerden, çekme numunesi için 20 mm x 250 mm boyutunda ve delme deneyleri için de 40 mm x 250 mm boyutlarında kesildi. ATP, CATP ve KATP doğal kompozitlerin üretim aşamasına ait görseller Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.2 Reçine ve sertleştirici görseli



Şekil 3.3 Abaka takviyeli kompozitlerin üretimine ait resimlerin üretim aşamaları

3.2 Statik Çekme Deneyi

Vakum infüzyon yolu ile üretilen ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerin çekme testleri Dicle Üniversitesi Merkezi laboratuvarında bulunan, kapasitesi 100 kN yük kapasitesine sahip Instron marka BS8801 tipindeki üniversal test cihazında (Şekil 3.4) gerçekleştirilmiştir. Deneyle 1mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir. ATP, CATP ve KATP kompozit numunelere ait yük-uzama verileri bilgisayara aktarılmış ve bu malzemelere ait grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 3.4 INSTRON 8801 statik çekme cihazı

3.3 Deneylerde Kullanılan Tezgâh

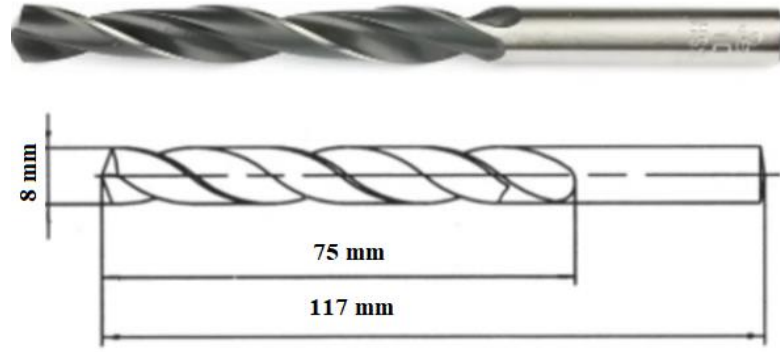
Kompozit malzemelerin delinmesinde, Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarında bulunan, 600 mm x 400 mm işleme kapasitesine sahip iş mili maksimum 10.000 dev/dak dönme devri olan Brother marka S500X1 model CNC dikey işleme merkezi kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 CNC işleme merkezi

3.4 Deneylerde Kullanılan Kesici Takım

Deneylerde, Metabo marka (DIN338) 8 mm çapında 118° uç açısına sahip kesici takım kullanılmıştır. Kesici takıma ait resim Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6 Deneylerde kullanılan kesici takım

3.5 Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

ATP, CATP ve KATP kompozit malzemelerin delinmesinde; 1000, 2000, 3000 ve 4000 dev/dak iş mili devri ve 0.05, 0.1, 0.15 ve 0.20 mm/dev ilerleme değerleri seçilmiştir. ATP, CATP ve KATP kompozit malzemelerin delinmesine ait delme deneyleri Tablo 3.1'de verilen sıra ile yapılmıştır.

Tablo 3.1 ATP, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesine ait parametreler

<i>Malzeme Numunesi</i>	<i>Deney No</i>	<i>İş Mili Devri n, (dev/dak)</i>	<i>İlerleme Oranı f, (mm/dev)</i>
<i>ATP</i>	1	1000	0.05
	2	1000	0.1
	3	1000	0.15
	4	1000	0.20
	5	2000	0.05
	6	2000	0.1
	7	2000	0.15
	8	2000	0.20
	9	3000	0.05
	10	3000	0.1
	11	3000	0.15
	12	3000	0.20
	13	4000	0.05
	14	4000	0.1
	15	4000	0.15
	16	4000	0.20
<i>CATP</i>	17	1000	0.05
	18	1000	0.1
	19	1000	0.15
	20	1000	0.20
	21	2000	0.05
	22	2000	0.1
	23	2000	0.15
	24	2000	0.20
	25	3000	0.05
	26	3000	0.1
	27	3000	0.15
	28	3000	0.20
	29	4000	0.05
	30	4000	0.1
	31	4000	0.15
	32	4000	0.20
<i>KATP</i>	33	1000	0.05
	34	1000	0.1
	35	1000	0.15
	36	1000	0.20
	37	2000	0.05
	38	2000	0.1
	39	2000	0.15
	40	2000	0.20
	41	3000	0.05
	42	3000	0.1
	43	3000	0.15
	44	3000	0.20
	45	4000	0.05
	46	4000	0.1
	47	4000	0.15
	48	4000	0.20

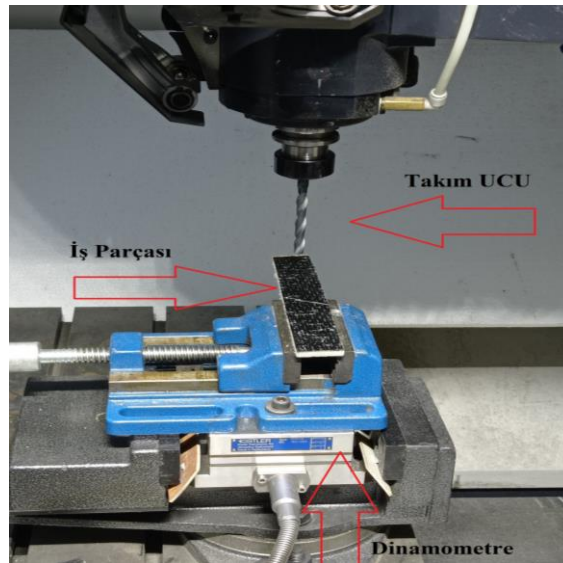
3.6. Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü

ATP, CATP ve KATP kompozit malzemelerin delinmesinde, delme kuvvetlerini belirlemek için Dicle Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarı'nda yer alan -5 ila 10 KN arasında ölçüm yapabilen Kistler marka 9257B üç bileşenli kuvvet ölçüm cihazı (dinamometre) kullanılmıştır. Dinamometrenin teknik özellikleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

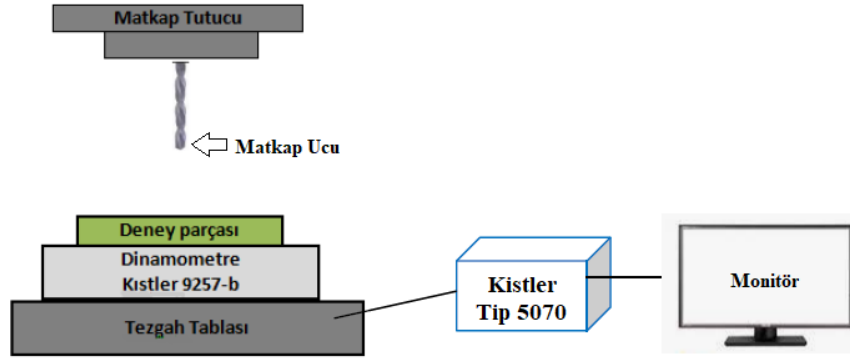
Dinamometreden bilgisayara sinyal iletmek için KİSTLER 5070-A çok kanallı amplifikatörü kullanılmıştır. Daha sonra veriler değerlendirilmiş ve Windows işletim sistemine uyumlu Kistler DynoWare 2825A yazılımı kullanılarak gerekli grafikler elde edilmiştir. İş parçası ile dinamometre arasındaki bağlantı Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Deney düzeneğinin şematik resmi ise Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Deneylerde kullanılan dinamometreye ait teknik özellikler

Özellikler	Ölçüm Birimi	Tip 9257B
Ölçüm Aralığı (F_x)	kN	-5.0, 10.0
Ölçüm Aralığı (F_y)	kN	-5.0, 10.0
Ölçüm Aralığı (F_z)	kN	-5.0, 10.0
Eksen Sayısı	-	3
İşlem Sıcaklık Aralığı	°C	0...70
Uzunluk	Mm	170
Genişlik	Mm	100



Şekil 3.7 İş parçasının dinamometreye bağlantısı



Şekil 3.8 Deney düzeneğinin şematik resmi

3.6 Sıcaklık Ölçümü

ATP, CATP ve KATP kompozit malzemelerin delinmesinde, işlem esnasında oluşan kesme sıcaklığı Testo 868 marka termal kamera kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.9). Termal kameranın özellikleri Tablo 3.3’ te verilmiştir.



Şekil 3.9 Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera

Tablo 3.3 Termal kameranın özellikleri

<i>Özellik</i>	<i>Değeri</i>
Odak	Sabit odaklı
İnfrared Çözünürlük	160x120 piksel
Görüntü yenileme oranı	9 Hz
SuperResolution (IFOV)	2.1 mrad
SuperResolution (Piksel)	320x240 piksel
Min. odak mesafesi	<0.5 m
Görüş alanı	31° x23°
Termal duyarlılık	100 mK
Spektral aralık	7,5... 14 µm

3.7 Deformasyon Ölçümü

ATP, CATP ve KATP kompozit malzemelerin delinmesi sırasında delik çevresinde oluşan deformasyonu ölçmek için dijital bir mikroskop (Dino-Lite) kullanılmıştır (Şekil 3.10).

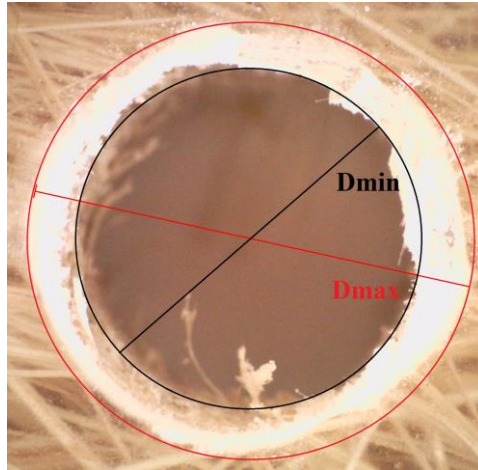


Şekil 3.10 Deformasyon ölçüm düzeneği

Deformasyon faktörü için önce deliğin etrafındaki maksimum çap (D_{maks}) ölçüldü. Ardından, deformasyon faktörünün değerini bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$DF = \frac{D_{maks}}{D_{min}} \quad (1.1)$$

Formülde, D_{maks} deformasyon alanındaki maks. çapı ve D_{min} ise matkap çapını ifade etmektedir (Şekil 3.11).

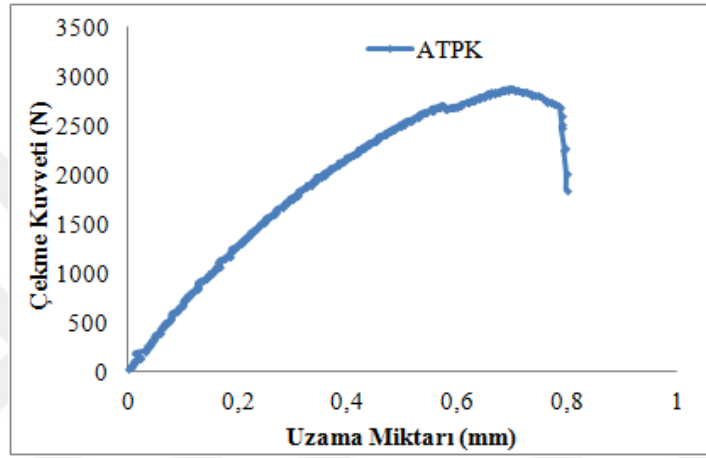


Şekil 3.11 Deformasyon görüntüsü

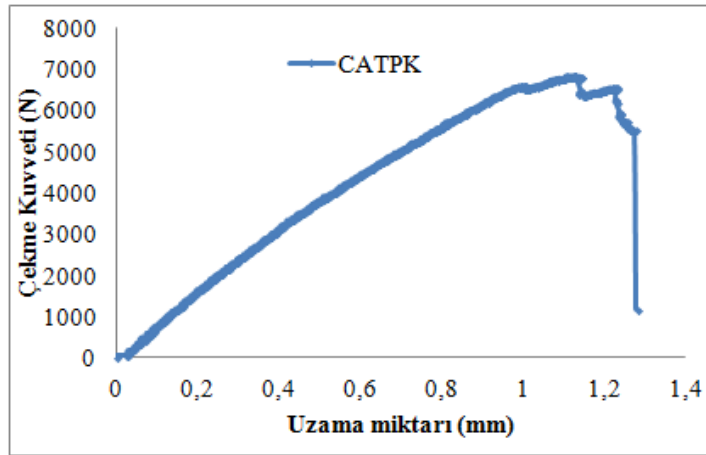
4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Statik Çekme Deneyi

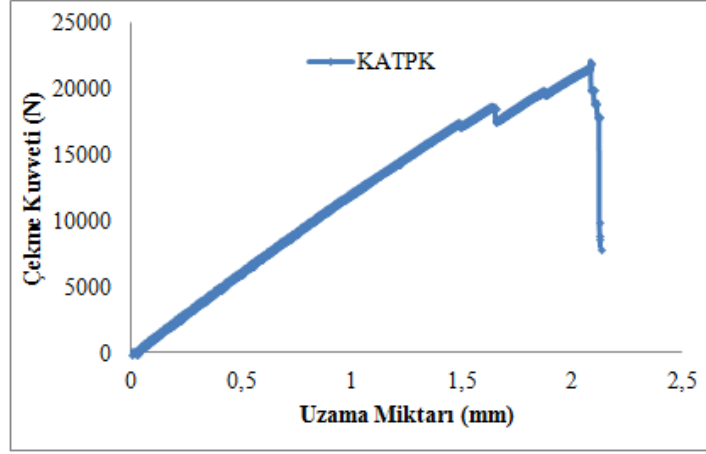
Vakum infüzyon yöntemi ile üretilmiş ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerinin statik çekme deneylerinden elde edilen çekme kuvveti- uzama miktarı grafikleri Şekil 4.1-4.3'te ve çekme deneylerine ait görsel ve malzemelerin kırılma şekilleri Şekil 4.4-4.6'da gösterilmiştir.



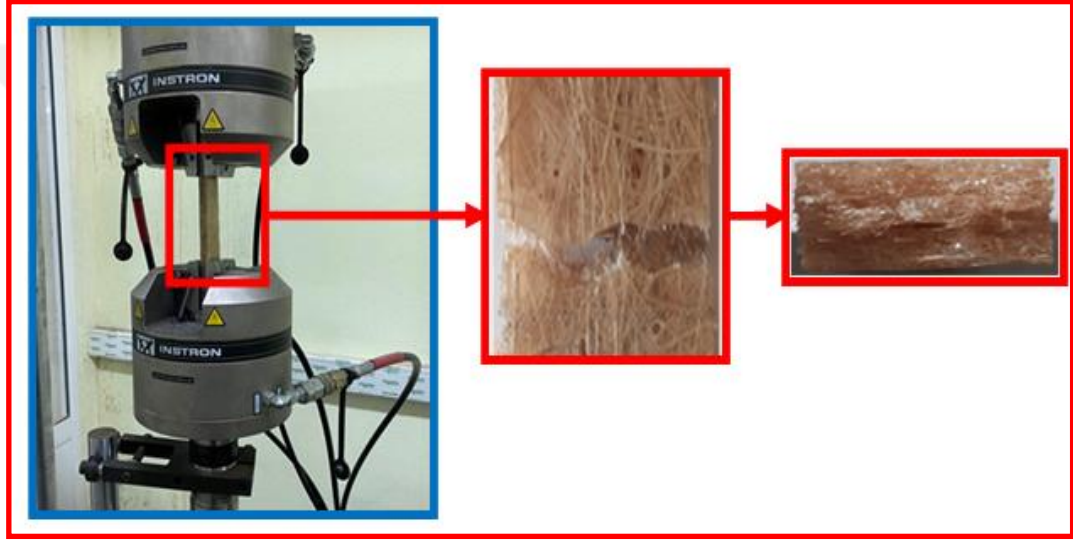
Şekil 4.1 ATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği



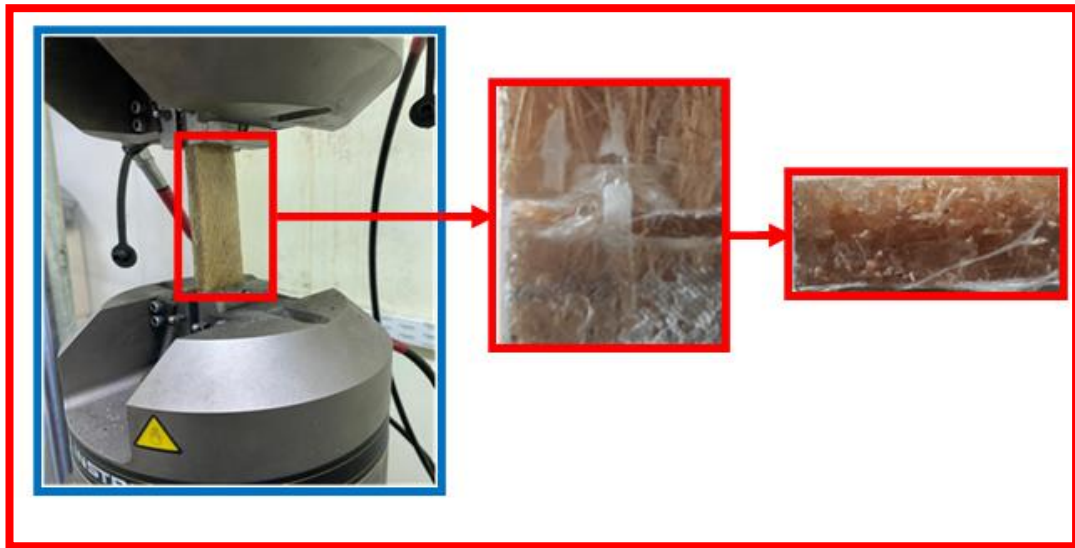
Şekil 4.2 CATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği



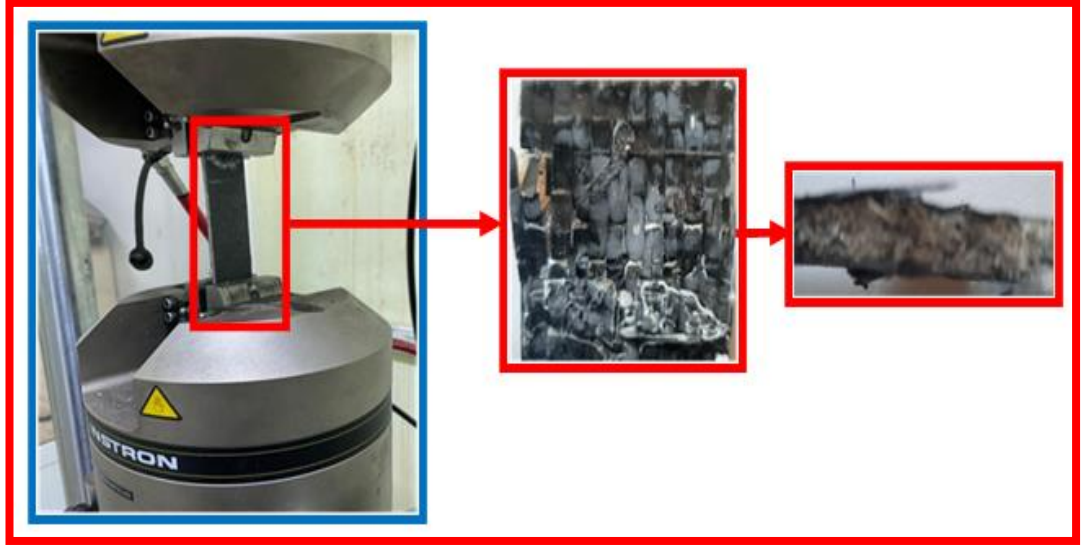
Şekil 4.3 KATP kompozit numunesinin kuvvet-uzama grafiği



Şekil 4.4 ATP numunesinin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel



Şekil 4.5 CATP numunesinin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel



Şekil 4.6 KATP numunenin çekme deneyine ve kırılma yüzeyine ait görsel

Şekil 4.1-4.3'te ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerinin boyuna çekme kuvveti-uzama miktarı eğrileri değerlendirilmiştir. ATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvveti CATP ve KATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvvetinden düşük çıkmıştır. Abaka fiberlerin dış yüzeylerine eklenen cam elyaf ve karbon elyaf ile kompozitlerin boyuna çekme kuvvetlerinin arttığı tespit edilmiştir. ATP kompozit numunelerin çekme deneyinden elde edilen maksimum hasar yükü 2884 N'dur. Abaka liflerden oluşan tabakaların dış yüzeylerine birer tabaka cam elyaf kumaş eklenmesi ile üretilen CATP kompozit numunelerin maksimum hasar yükü 6864 N olarak elde edilmiştir. Abaka liflerden oluşan tabakaların dış yüzeylerine birer tabaka karbon elyaf kumaş eklenmesi ile üretilen KATP kompozit numunelerin maksimum hasar yükü 22100 N olarak elde edilmiştir. Üretilen ATP, CATP ve KATP kompozitlerin çekme yükü, numuneye uygulanan kuvvetlerin fiberlere, matrise ve fiber-matris arayüzüne aktarma yeteneğine bağlıdır.

4.2 Delme Deneyi Sonuçları

Vakum infüzyon yöntemi ile üretilmiş ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerinin delinmesinde; dönme devri (n) ve ilerleme oranı (f) gibi parametrelerin deformasyon faktörü (DF), kesme kuvveti (F), kesme sıcaklığı (T) üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen değerler Tablo 4.1'te verilmiş olup kesme parametreleri ile elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

Tablo 4.1 Delme deneyi parametreleri ve sonuçları

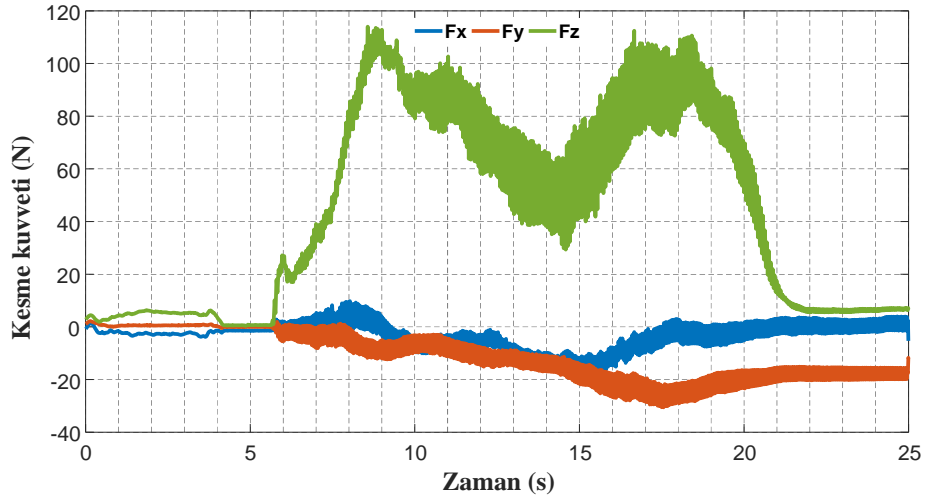
<i>Malzeme</i>	<i>Deney No.</i>	<i>İş Mili Devri n, (dev/dak)</i>	<i>İlerleme Oranı f, (mm/dev)</i>	<i>Kesme Kuvveti F, (N)</i>	<i>Kesme Sıcaklığı T, (°C)</i>	<i>Deformasyon Faktörü, DF</i>
<i>ATPK</i>	1	1000	0.05	50	91,4	1,085
	2	1000	0.1	52	98,5	1,135
	3	1000	0.15	60	114	1,162
	4	1000	0.20	63	124,4	1,190
	5	2000	0.05	61	92	1,094
	6	2000	0.1	65	104	1,163
	7	2000	0.15	69	117	1,189
	8	2000	0.20	73	128,2	1,204
	9	3000	0.05	68	96,4	1,11
	10	3000	0.1	72	108	1,176
	11	3000	0.15	76	122	1,194
	12	3000	0.20	81	132	1,216
	13	4000	0.05	73	99	1,136
	14	4000	0.1	78	118,2	1,187
	15	4000	0.15	84	124	1,201
	16	4000	0.20	87	134	1,226
<i>CATPK</i>	17	1000	0.05	63	93,6	1,151
	18	1000	0.1	75	101,2	1,175
	19	1000	0.15	83	117,5	1,206
	20	1000	0.20	96	128	1,261
	21	2000	0.05	71	98	1,163
	22	2000	0.1	84	107,4	1,183
	23	2000	0.15	103	119	1,217
	24	2000	0.20	121	131	1,277
	25	3000	0.05	77	99,4	1,177
	26	3000	0.1	95	110	1,194
	27	3000	0.15	117	122	1,232
	28	3000	0.20	134	136,8	1,282
	29	4000	0.05	90	102	1,180
	30	4000	0.1	105	118,5	1,198
	31	4000	0.15	125	127	1,244
	32	4000	0.20	161	141	1,291
<i>KATPK</i>	33	1000	0.05	77	95	1,146
	34	1000	0.1	90	104	1,17
	35	1000	0.15	99	116	1,196
	36	1000	0.20	116	130	1,261
	37	2000	0.05	85	101	1,163
	38	2000	0.1	112	108,8	1,189
	39	2000	0.15	138	121	1,251
	40	2000	0.20	151	133	1,291
	41	3000	0.05	94	105	1,174
	42	3000	0.1	124	116	1,197
	43	3000	0.15	157	129	1,262
	44	3000	0.20	191	138,8	1,298
	45	4000	0.05	110	107	1,184
	46	4000	0.1	137	123,6	1,20
	47	4000	0.15	173	131	1,279
	48	4000	0.20	205	144,4	1,310

4.2.1 Delme parametreleri – kesme kuvveti ilişkisi

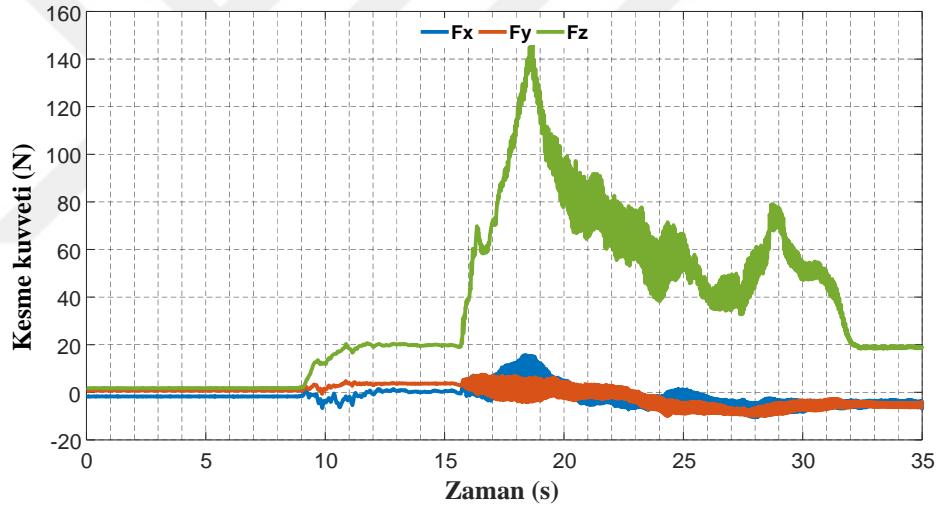
Kompozitlerin şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de delme işlemidir. Kesme hızı ve ilerleme gibi delme parametreleri; kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon oluşumu gibi delme performansı ile yakından ilişkili olduklarından, bunların uygun değerlerinin seçilmesi delme sürecinde önemli rol oynar. Matkap ucu ile iş parçası arasındaki sürtünme, yüksek delme kuvveti nedeniyle takım aşınmasına neden olur. Bazen talaş kaldırmanın zorluğu, özellikle yüksek mukavemetli malzemelerde talaş tıkanmasına ve matkap kırılmasına neden olur. Bu nedenle, ekonomik olduğu kadar prosesin verimli olması için literatürün ayrıntılı bir incelemesinden sonra optimum delme koşullarının belirlenmesi gereklidir.

Delme, bir delik oluşturmak için istenmeyen malzemeleri çıkarmak için çok noktalı bir aletin kullanıldığı bir işlem olarak tanımlanabilir. Talaş kaldırma, eğik işleme koşullarında gerçekleşir. Delme işleminde kesme sıcaklığı, kesici takımın performansını ve talaş ile matkap ucu arasında gelişen iş parçasının özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Delme işlemi sırasındaki sıcaklıklar, diğer kesme işlemlerine göre özellikle önemlidir ve delme işlemindeki ısı etkileri genellikle daha ciddidir. Matkaplar genellikle aşırı sıcaklıklara maruz kalır ve ısı üretimi küçük bir alanda oluşur. Belirli bir takım-iş parçası için ya da endüstriyel ihtiyaçlar için en uygun kesme koşullarının belirlenmesi esastır.

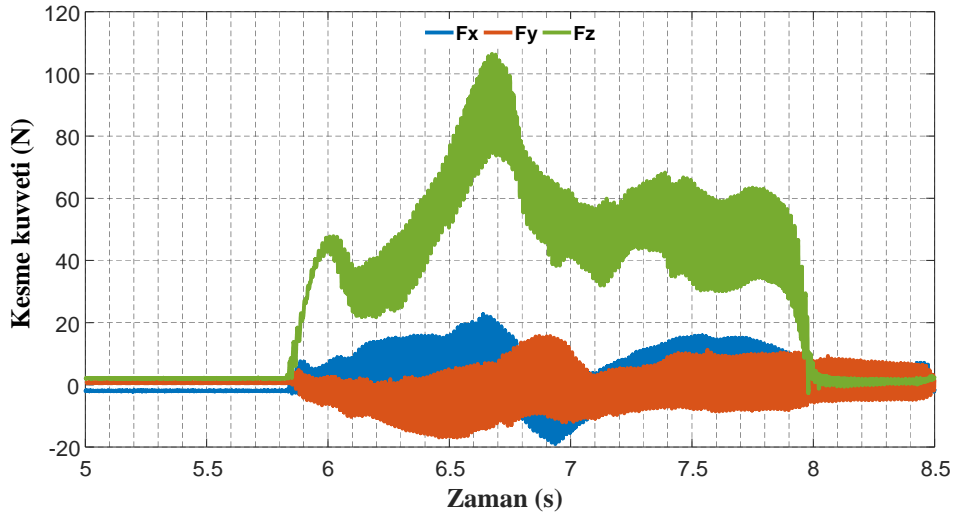
Kesme kuvvetlerinin, ilerleme oranı ve iş mili devri gibi işleme parametrelerinden nasıl etkilendiğini anlamak önemlidir. ATP, CATP ve KATP doğal kompozit malzemelerin farklı iş mili devirlerinde ve ilerleme değerlerinde delinmesiyle elde edilen kesme kuvveti zaman diyagramları Şekil 4.7-4.9'da verilmiştir. Ayrıca tüm numunelerde ilerlemenin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.10-4.12'de ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.13-4.15'te gösterilmiştir.



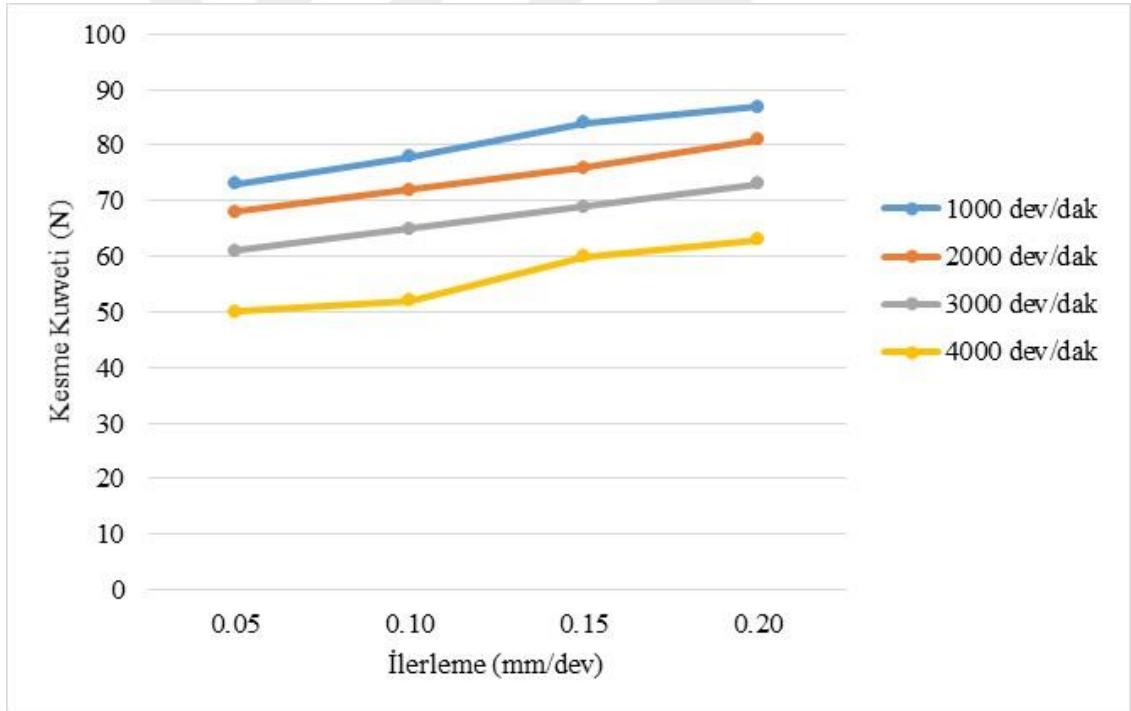
Şekil 4.7 1 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



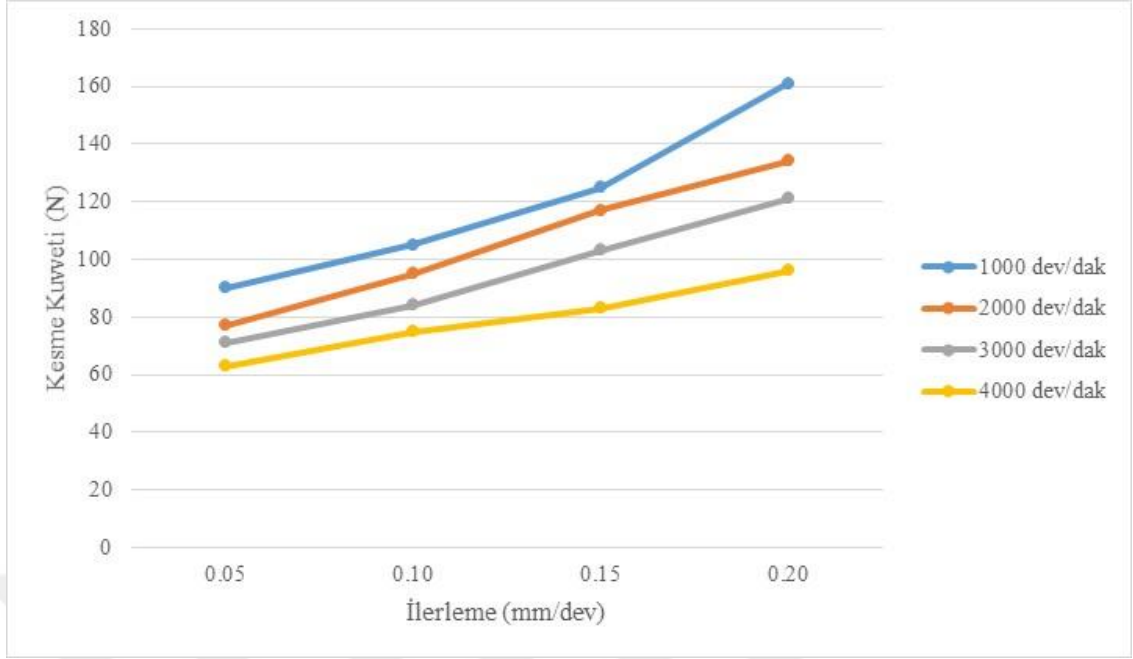
Şekil 4.8 17 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



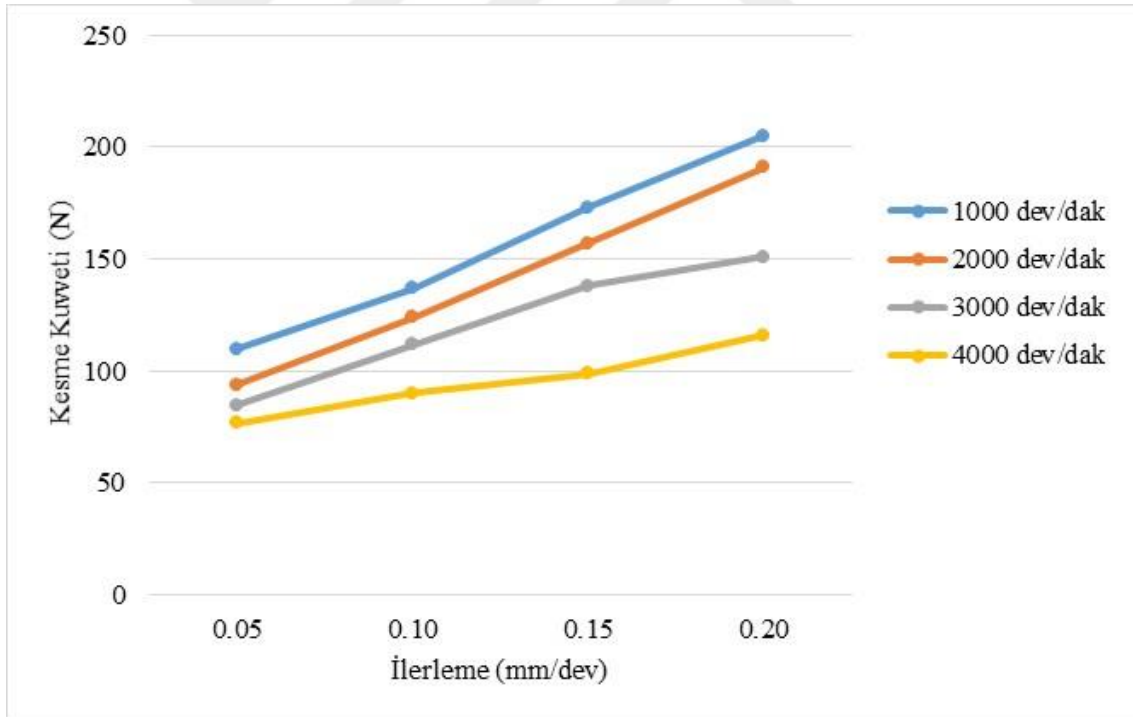
Şekil 4.9 48 no'lu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, n=4000 dev/dak, f=0.2 mm/dev)



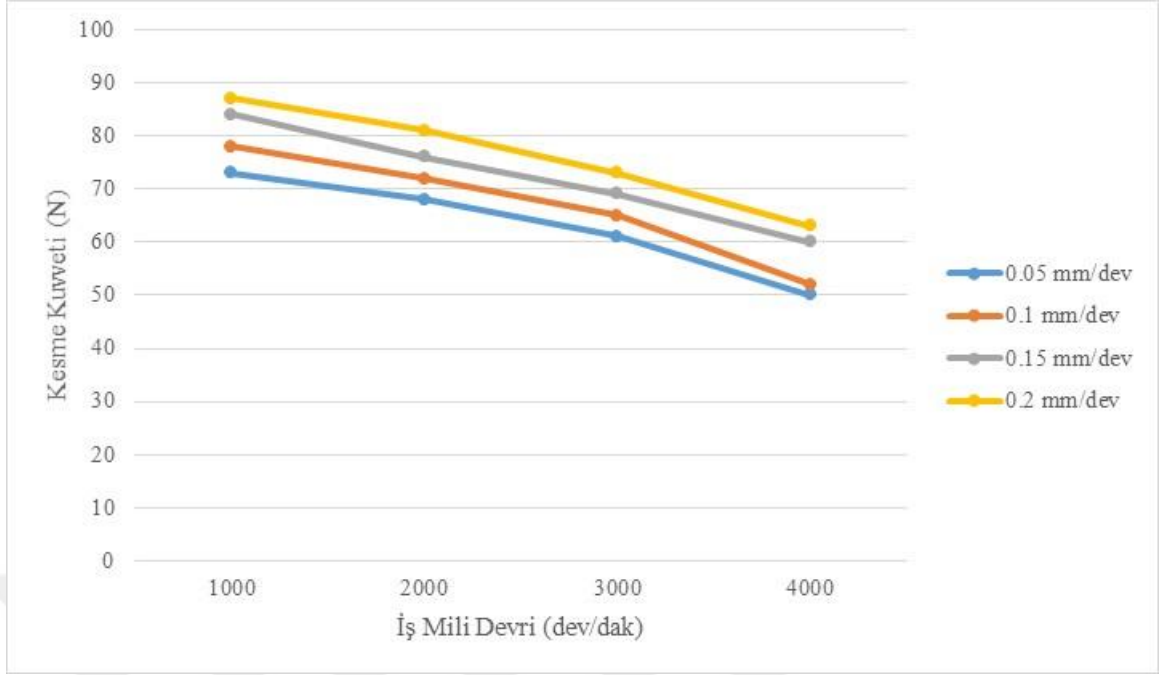
Şekil 4.10 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (ATPK)



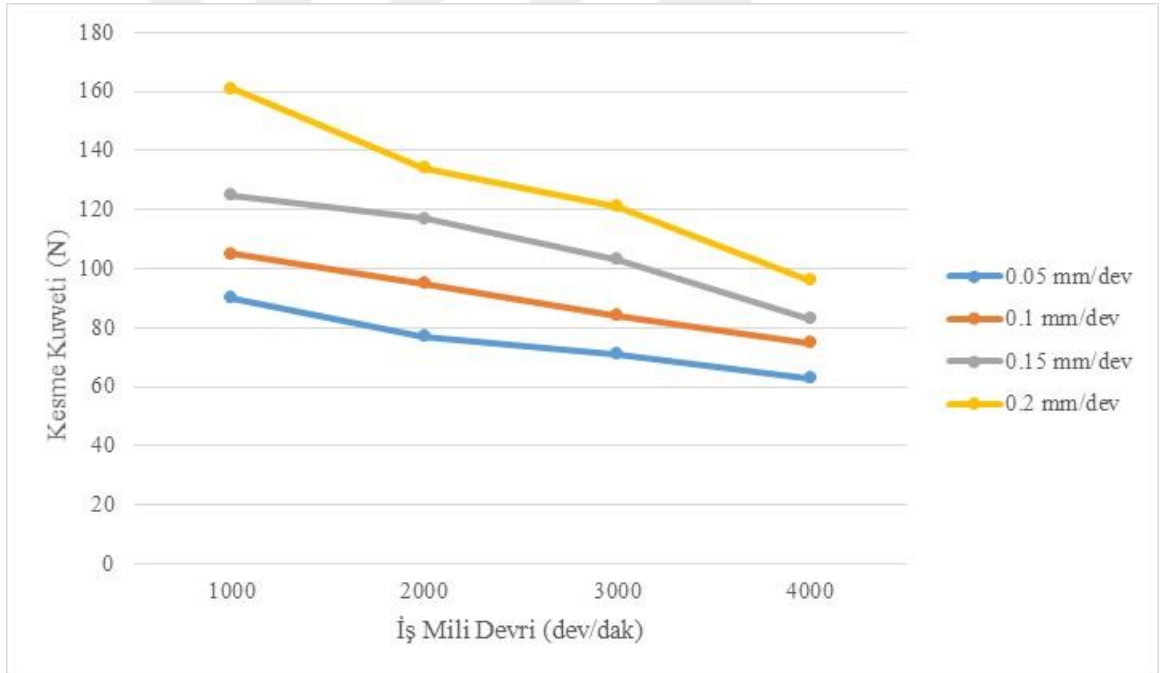
Şekil 4.11 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (CATPK)



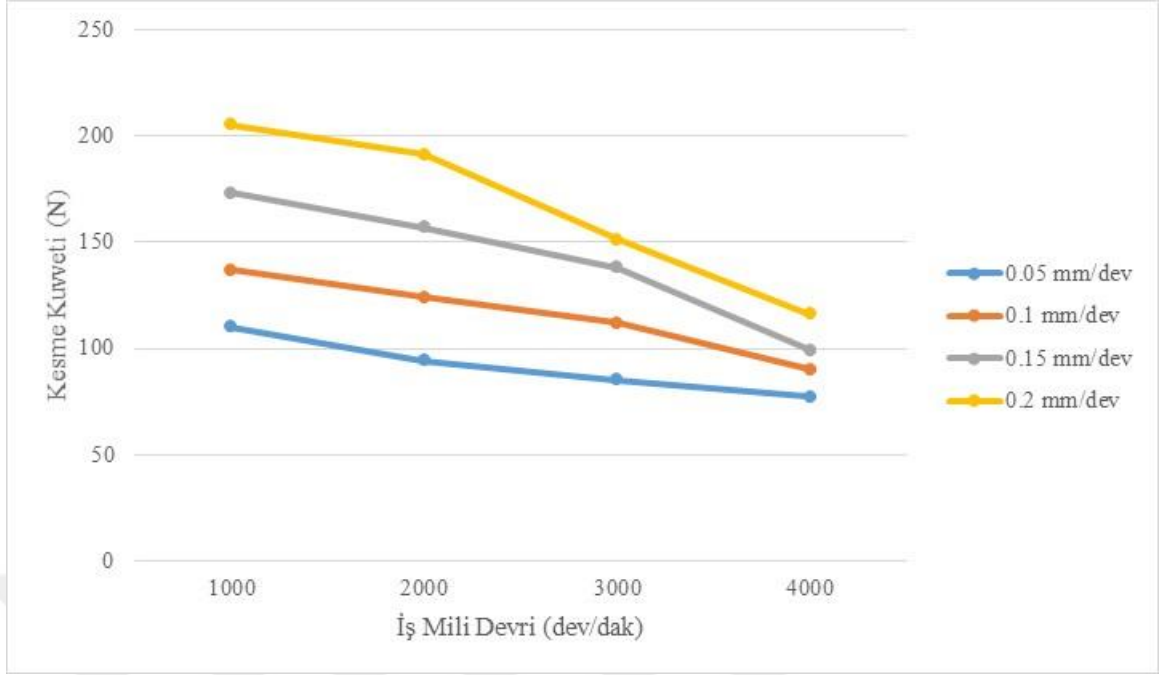
Şekil 4.12 İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (KATPK)



Şekil 4.13 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (ATPK)



Şekil 4.14 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (CATPK)



Şekil 4.15 İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (KATPK)

Abaka lifi takviyeli (ATP, CATP ve KATP) doğal kompozitlerin delinmesinde ilerlemenin kesme kuvveti üzerindeki etkisinin verildiği grafiklerden (Şekil 4.10-12), en düşük kesme kuvveti 0.05 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilirken en yüksek kesme kuvveti ise 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. ATP, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesinde, ilerleme miktarının artması kesme kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu artış, kesici takımın ATP, CATP ve KATP kompozit elyaflarını kesecek zaman bulamaması ve zorlanmasından kaynaklanmaktadır. İlerleme hızının artmasıyla kesme kuvvetindeki bu artışın nedenini; Alauddin vd., (1998), ilerleme hızı arttıkça kesici kenar başına düşen talaş yükünün artmasından kaynaklandığı şeklinde açıklamaktadırlar. İlerleme hızını artırmanın kesme kuvvetini artıran dinamik bir etkiye olduğu ve birim zamanda artan iş parçası/takım arayüzü etkileşimleri nedeniyle kesme kuvvetlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Özdemir, 2019). İlerlemenin artırılması, esas olarak kesme alanındaki birim zamandaki kesme hacminin artmasından kaynaklı olarak kesme kuvvetinde gözle görülür bir artışa yol açar. Velayudham ve Krishnamurthy (2007), yüksek ilerleme hızlarında, kesme sırasında ilerleme açısının arttığını etkin boşluk açısının azaldığını ve bunun da ilerleme kuvvetinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Efektif boşluk açısındaki azalma, kompozit malzemede sürtünmeyi artırır ve böylece daha yüksek bir ilerleme

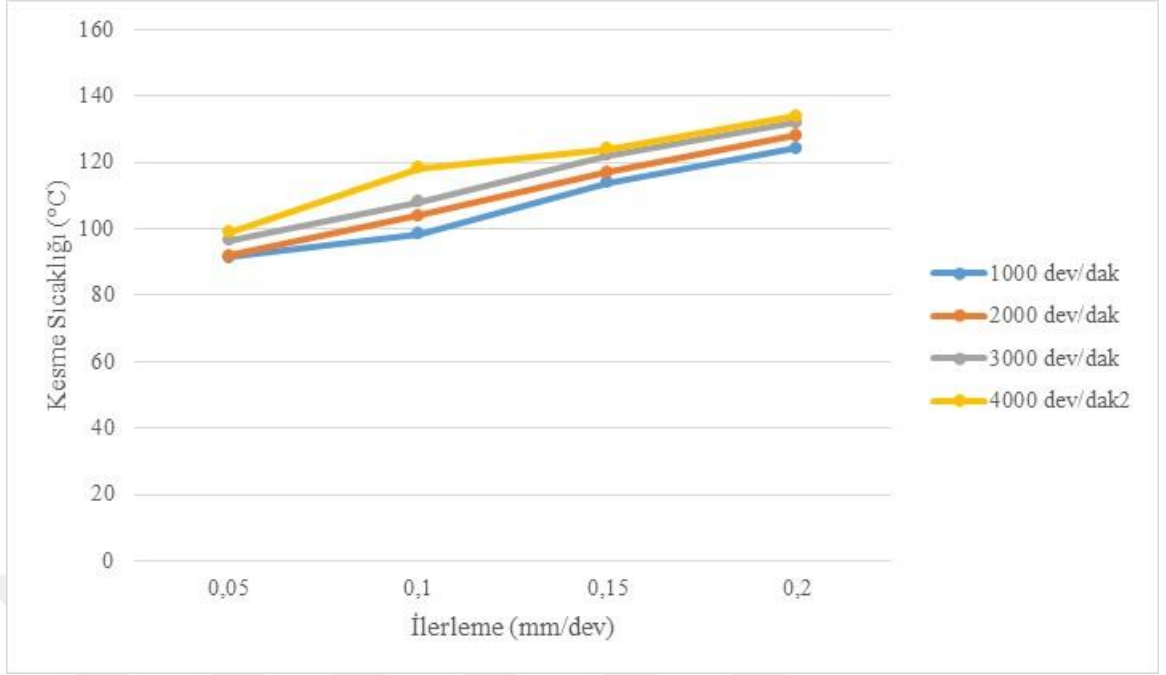
kuvveti değerine yol açar. Kesme kuvveti üzerine delme parametrelerinin etkisine benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (elik vd., 2019) (Bahçe vd., 2010).

Deneysel sonuçlara dayanarak, kesme kuvvetleri test edilen aralıktaki iş mili hızından etkilendiği fark edilmiştir. İş mili devrinin artması ile kesme kuvvetleri azalmaktadır. İş mili devri arttıa kesme hızı artacağından dolayı ısı üretimi de artar. Üretilen bu ısı, takım kenarı çevresinde birikir, bu da polimer matrisinin yumuşamasına yol açar, böylece daha düşük kesme kuvveti ile sonuçlanır. Kesme hızının artması ile kesici takım/ iş parçası arayüzündeki sıcaklığın artmasına ve artan sıcaklığın iş parçasının yumuşamasına neden olduğunu bu nedenle malzemeyi iş parçasından çıkarmak için daha düşük kesme kuvvetleri gerektiği Kiprawi vd., (2017) tarafından belirtilmiştir. Benzer sonuç Pecat vd., (2012), tarafından da bulunmuştur. Onlar, iş mili devrinin artması sonucu iş parçası sıcaklığının arttırmasından kaynaklı düşük kesme kuvveti elde edildiğini ve bunun medenin de termo-mekanik yükten kaynaklandığını belirtmişlerdir. Abaka lifi takviyeli (ATP, CATP ve KATP) doğal kompozitlerin delinmesinde, en düşük kesme kuvveti 4000 dev/dak iş mili devrinde elde edilirken en yüksek kesme kuvveti ise 1000 dev/dak iş mili devrinde elde edilmiştir.

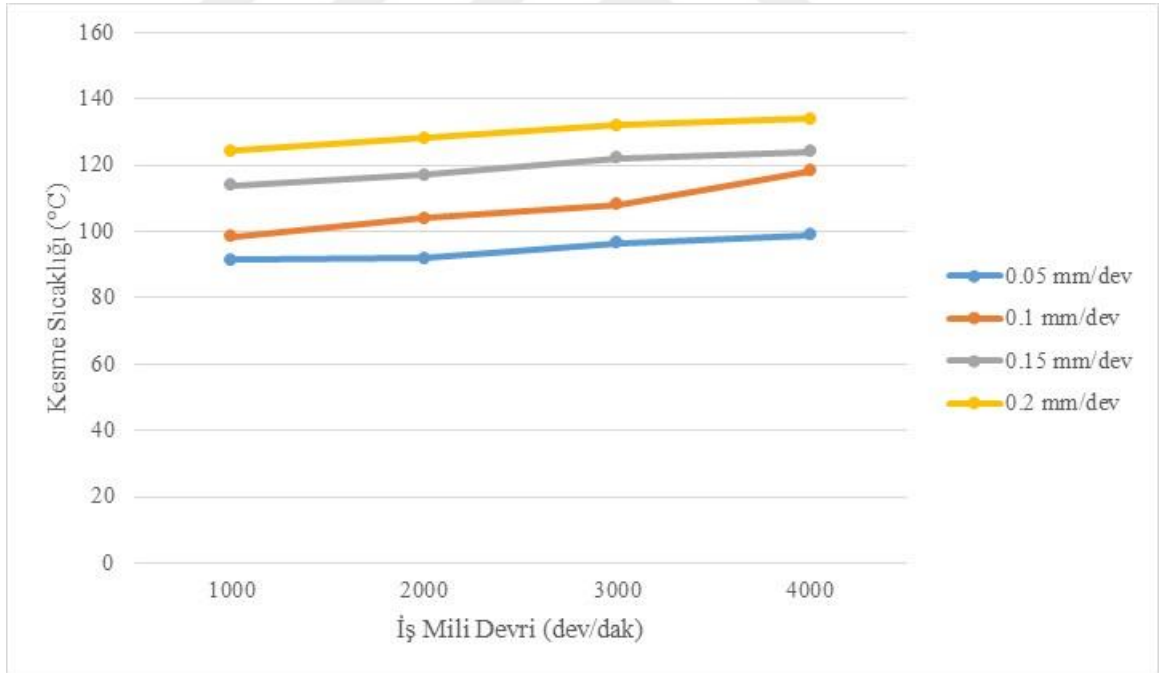
Deneysel sonuçlardan, malzeme türünün kesme kuvvetini etkilediği görülmektedir. Aynı delme parametrelerinde, en düşük kesme kuvveti ATP doğal kompozitten elde edilirken en yüksek kesme kuvveti ise KATP doğal kompozitten elde edilmiştir. CATP doğal kompozitin delinmesinde oluşan kesme kuvveti ise ATP doğal kompozit ile KATP doğal kompozitlerden elde edilen kesme kuvvetleri arasında bir değer olarak bulunmuştur.

4.2.2 Delme parametreleri – kesme sıcaklığı ilişkisi

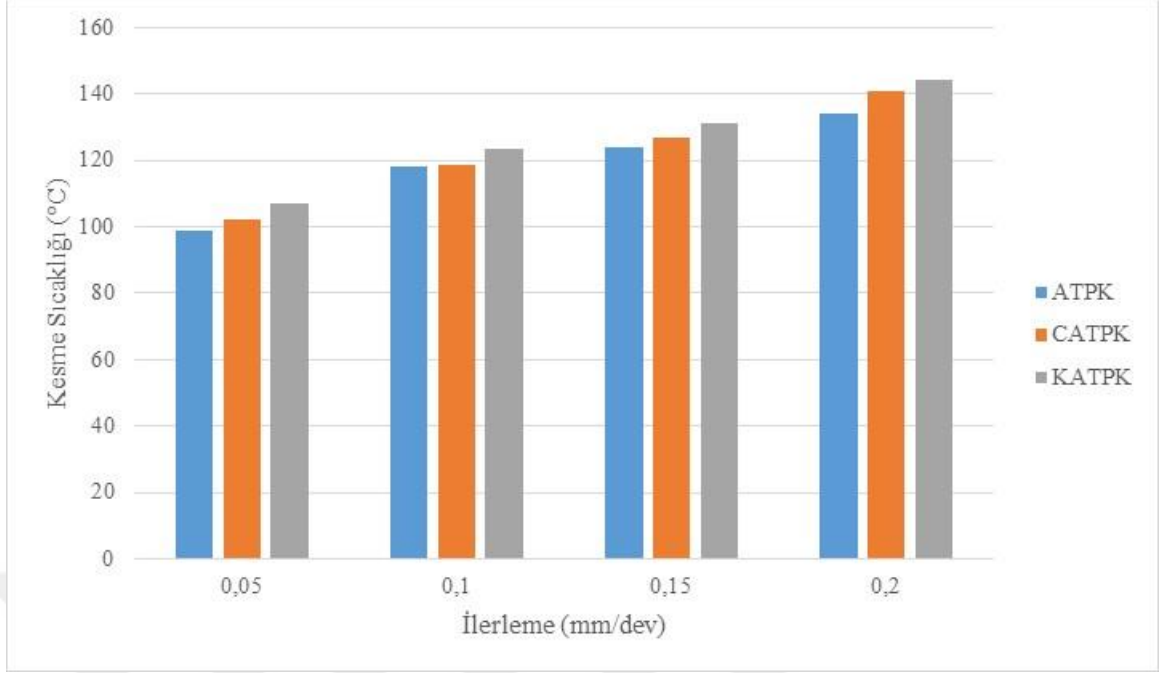
ATP, CATP ve KATP doğal kompozitlerin farklı iş mili devirlerinde ve ilerleme değerlerinde delinmesinde, ölçülen kesme sıcaklıklarının delme parametrelerinin kesme sıcaklığı üzerine etkileri Şekil 4.16-4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 İlerlemenin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (ATPK)



Şekil 4.17 İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (ATPK)



Şekil 4.18 Takviye malzemesinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (4000 dev/dak)

Şekil 16 ve 17'den ilerleme değerinin ve iş mili devrinin artması ile kesme sıcaklığının arttığı görülmüştür. Malzemelerin delinmesi işlemi sırasında, delme kuvvetinin etkisi nedeniyle, matkap ucu ve doğal kompozitlerde, yoğun sürtünme ve ısı üretecektir. Özellikle aksenal kuvveti (ilerleme kuvveti), delme ısısının oluşmasında daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle işleme parametrelerinin değişimi her şeyden önce delme kuvvetini etkileyerek delme sıcaklığını etkiler (Lotfi vd., 2021; Lotfi vd., 2020). Genel olarak, kesme kuvveti ne kadar yüksek olursa, ilerleme hareketi yoluyla malzeme sürtünmesinin üstesinden gelmek için matkap ucunun yaptığı enerji o kadar yüksek olduğuna, kesme ısısının ve delme sıcaklığının o kadar yüksek olduğuna inanılır.

ATP, CATP ve KATP doğal kompozitlerin delinmesinde, ATP kompozitin delinmesi sırasında oluşan kesme sıcaklığı CATP ve KATP doğal kompozitlerin delinmesinde oluşan kesme sıcaklığından daha düşük olarak ölçülmüştür. CATP ve KATP doğal kompozitlerin delinmesinde, bu kompozitlerin dış tabakalarında cam ve karbon elyaf olmasından dolayı kesme sıcaklığı yüksek olarak ölçülmüştür.

4.2.3 Delme parametreleri – deformasyon ilişkisi

Deformasyon, boyutsal ve geometrik toleranslar açısından düşük kalite ile sonuçlanan ve mekanik özellikleri bozduğu için bileşenin yapısal mukavemetini azaltma potansiyeline sahip olan, delme kaynaklı ciddi bir kusurlardan biridir. Kompozit malzemelerin delinmesinde deformasyonun büyüklüğü deformasyon faktörü (DF) ile ölçülür. Deformasyon faktörünün minimum düzeyde tutulması malzemelerin kullanımında önem arz etmektedir. Bunun için deformasyonu etkileyen parametrelerin doğru seçilmesi önemlidir.

ATP, CATP ve KATP doğal kompozitlerin 1000, 2000, 3000 ve 4000 dev/dak iş mili devirlerinde ve 0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20 mm/dev ilerleme değerinde delinmesinde oluşan deformasyonlara ait görüntüler tablo halinde Tablo 4.2-4.4'te verilmiştir. İlerleme değerinin deformasyon faktörü üzerine etkisi Şekil 4.19-4.21'de ve takviye malzemesinin deformasyon faktörüne etkisi Şekil 4.22-4.25'te verilmiştir.































Tablo 4.2 Abaka takviyeli polimer kompozit (ATPK)'e ait deformasyon görüntüleri

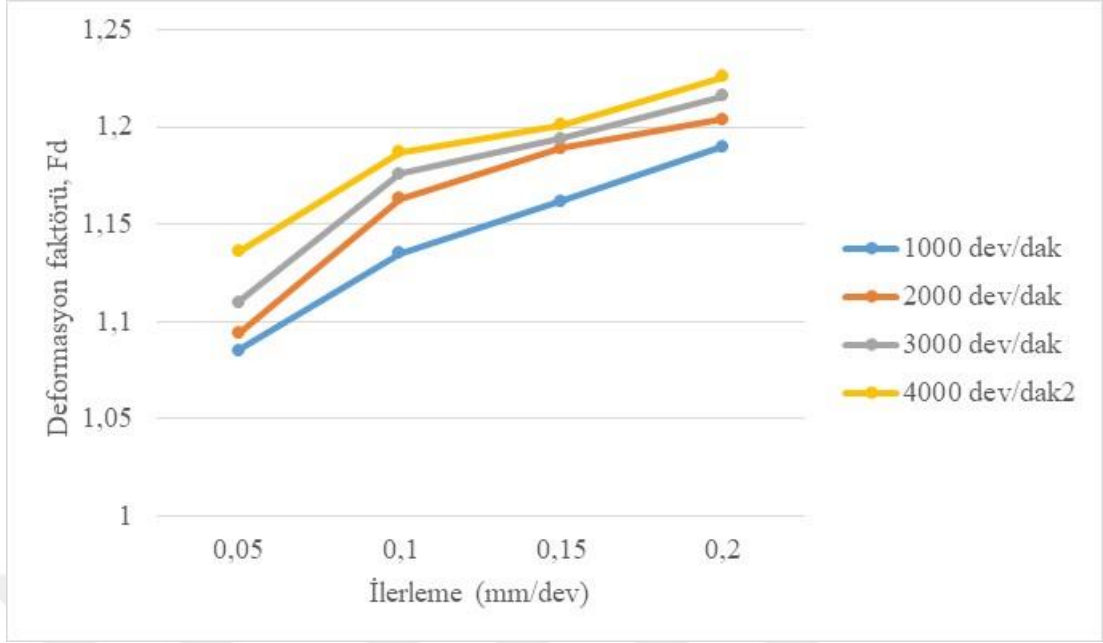
		İlerleme oranı (mm/dev)				
		0.05	0.10	0.15	0.20	
İş mili devri (dev/dak)	1000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	2000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	3000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	4000	Ön yüz				
		Arka yüz				

Tablo 4.3 Cam abaka takviyeli polimer kompozit (CATPK)'e ait deformasyon görüntüleri

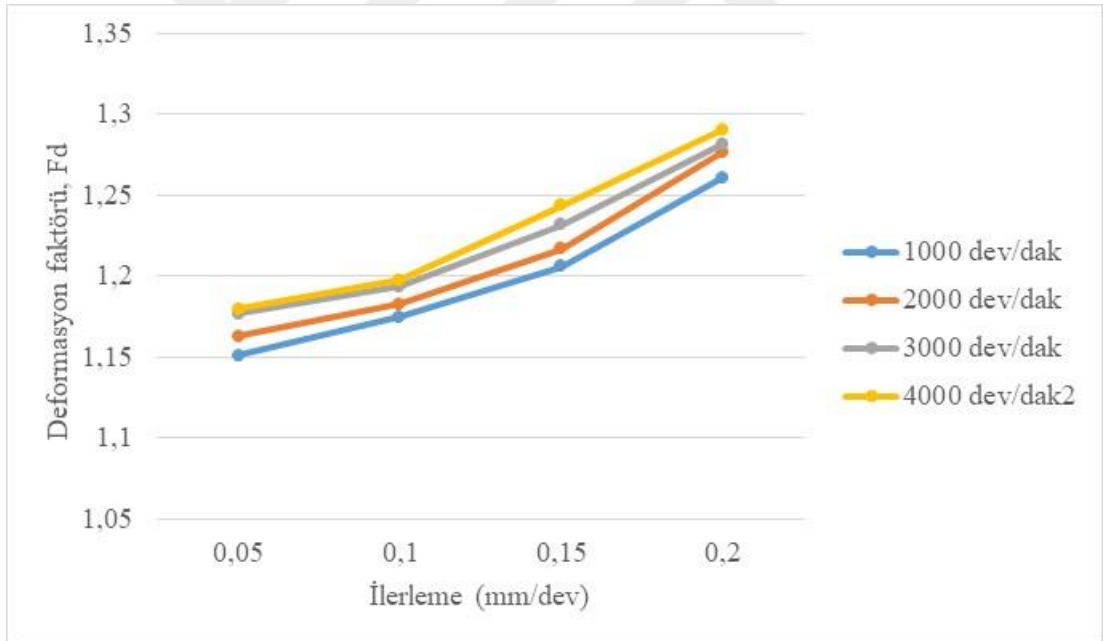
			İlerleme oranı (mm/dev)			
			0.05	0.10	0.15	0.20
İş mili devri (dev/dak)	1000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	2000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	3000	Ön yüz				
		Arka yüz				
	4000	Ön yüz				
		Arka yüz				

Tablo 4.4 Karbon abaka takviyeli polimer kompozit (KATPK)'e ait deformasyon görüntüleri

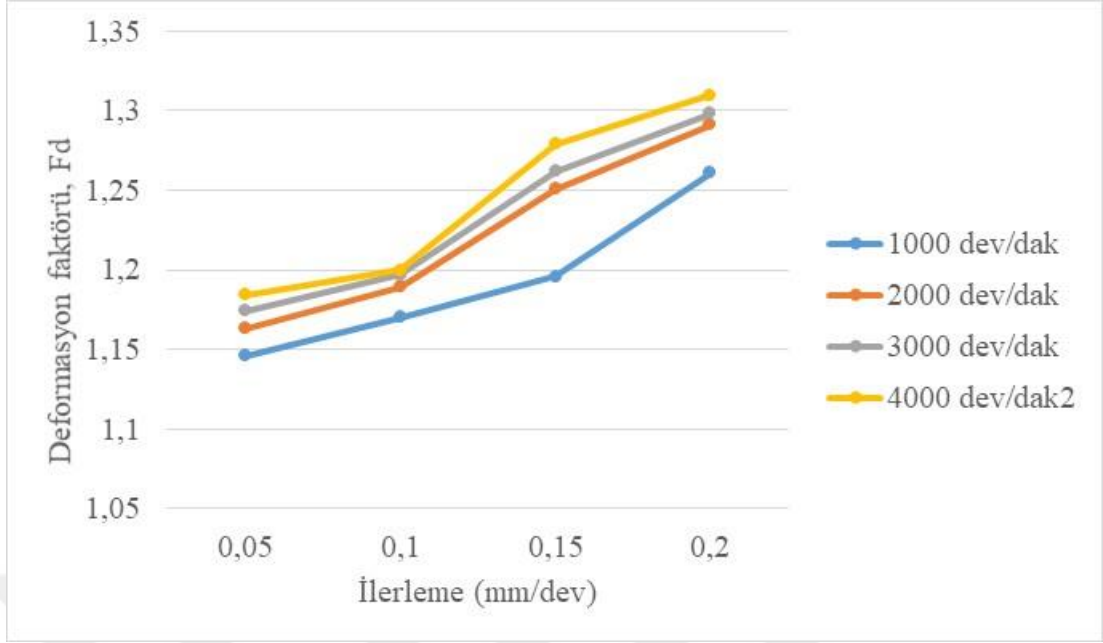
İş mili devri (dev/dak)		İlerleme oranı (mm/dev)			
		0.05	0.10	0.15	0.20
		1000	Ön yüz		
Arka yüz					
2000	Ön yüz				
Arka yüz					
3000	Ön yüz				
Arka yüz					
4000	Ön yüz				
Arka yüz					



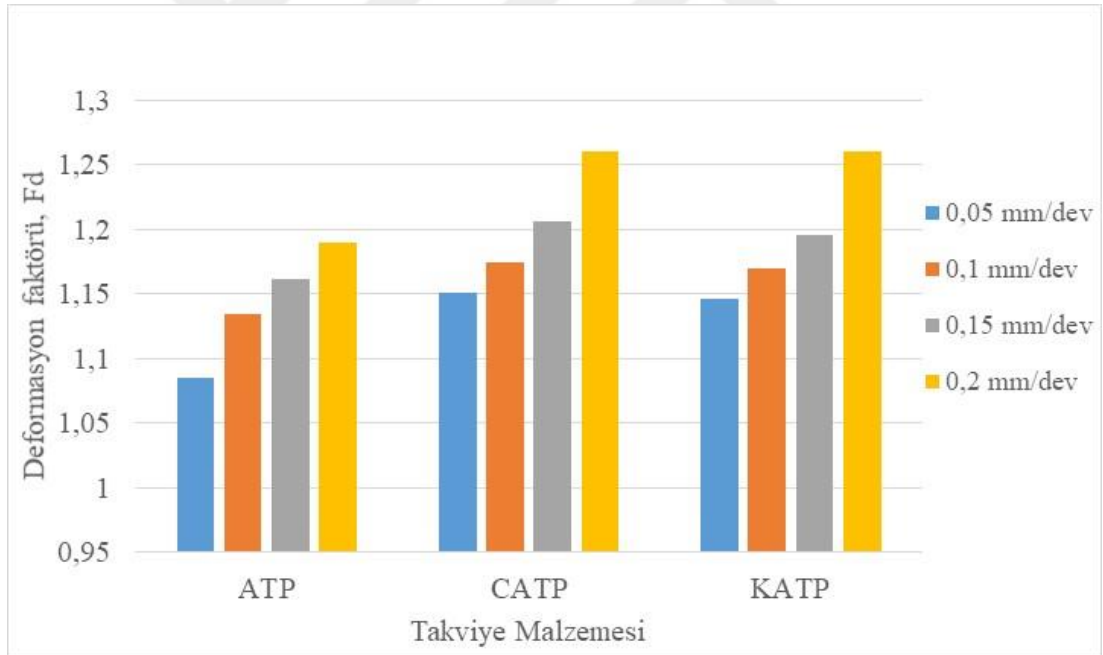
Şekil 4.19 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (ATPK)



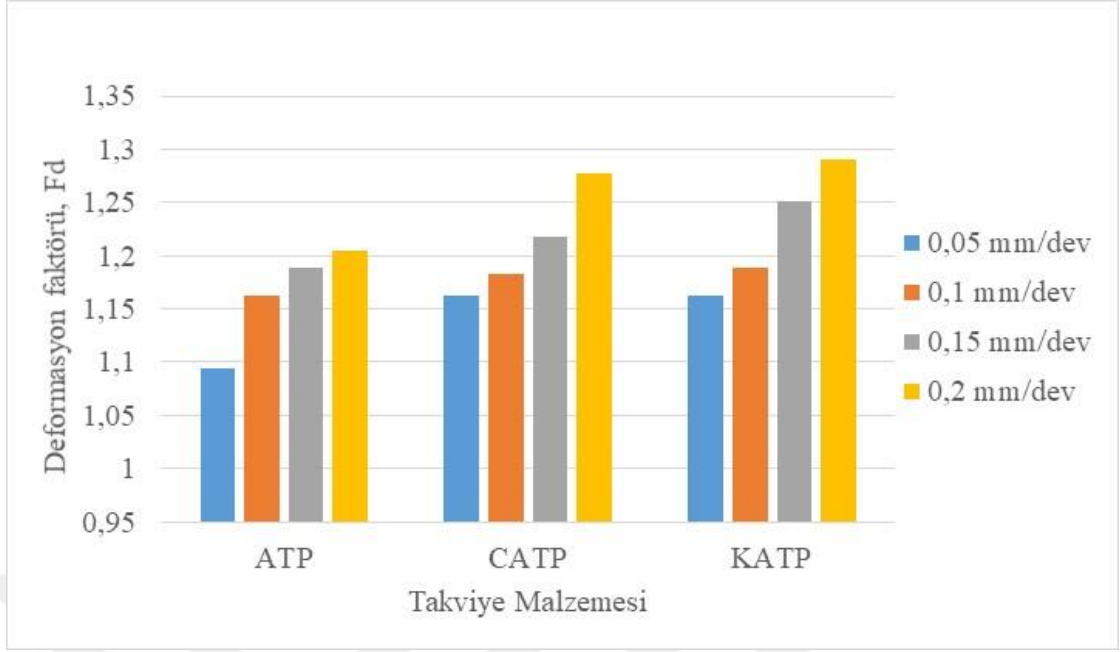
Şekil 4.20 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (CATPK)



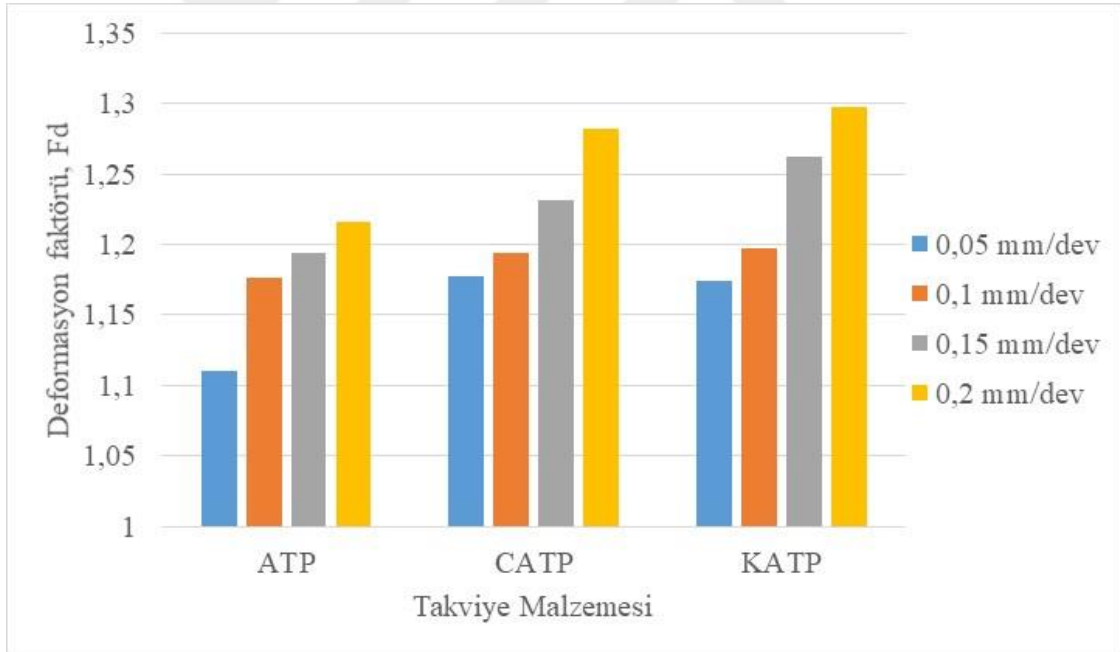
Şekil 4.21 İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (KATPK)



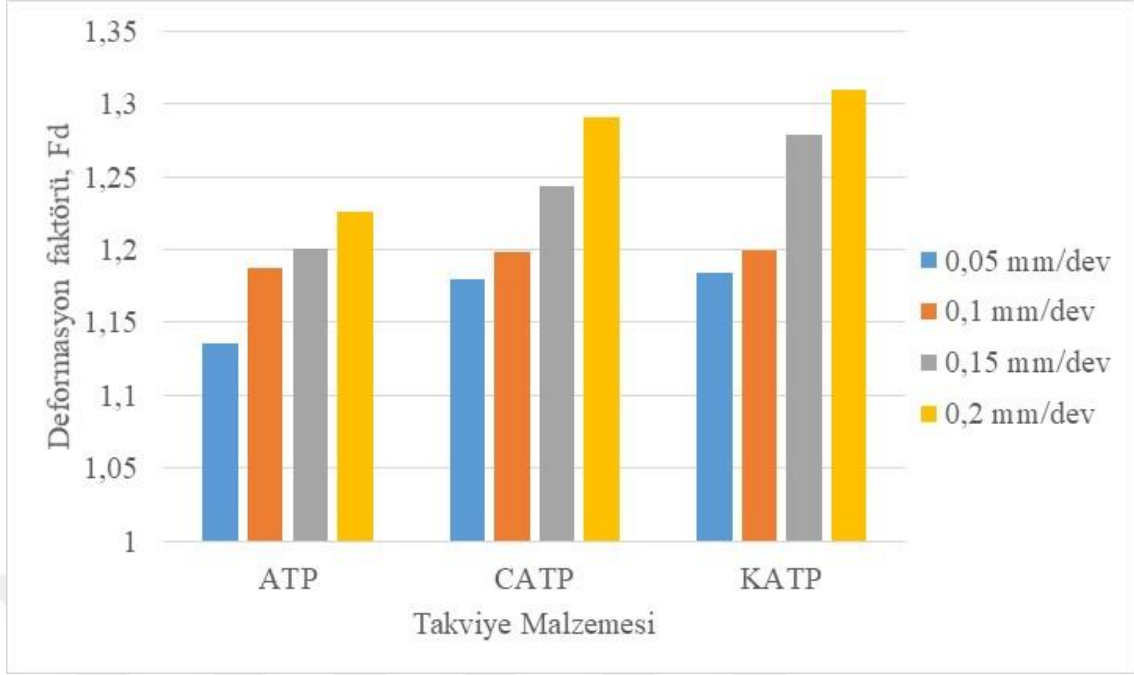
Şekil 4.22 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (1000 dev/dak)



Şekil 4.23 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (2000 dev/dak)



Şekil 4.24 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (3000 dev/dak)



Şekil 4.25 Takviye malzemesinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (4000 dev/dak)

Şekil 4.19 ve 4.25'ten, tüm kesme hızlarında ilerleme hızının artmasıyla deformasyon faktörünün arttığı görülmüştür. Benzer şekilde iş mili devrinin artması ile de deformasyon faktörü artmıştır. Sabit iş mili devrinde, ilerleme hızı artırılarak, 0,05 mm/dev'de minimum deformasyon faktörü gözlemlenirken, ilerlemeyi 0,20 mm/dev'e artırarak, daha yüksek deformasyon faktörü gözlemlendi. Yüksek ilerleme hızında delmede kesme mekanizması, liflerin yönüne dik olarak meydana gelen sıkıştırma kaynaklı çatlak ve takviye liflerinin yönü boyunca bükülme nedeniyle tabakalar arası kesme kırılmasını içerir. Yani kesici takım lifleri kesmeden ilerleme kuvvetinden dolayı lifleri koparmaya çalışır. Bu kopma lif kopması olabileceği gibi tabakalar arasında ayrılma şeklinde de olabilmektedir.

İlerleme hızının açılan deliklerin kalitesi üzerindeki etkisi daha belirgindir. İlerleme hızının artmasıyla delme kaynaklı deformasyonun arttığı görülmektedir. Düşük ilerleme değerine sahip delme işleminde, üretilen ısı çoğunlukla deliğin yan yüzeyine birikir. Matrisinin düşük termal iletkenliği nedeniyle, delik bölgesinin sıcaklığı artmaktadır. İlerleme hızındaki artışın iş parçası ile kesici takım arasındaki teması arttırdığına ve itme kuvvetinin yüksek olduğunu Krishnamorthy vd., (2009) belirlemişlerdir. İş mili devrinin artması ile kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörünün arttığı görülmüştür. Matris malzemesinin ısıl iletkenlik değerinin düşük

olması nedeniyle, delme işlemi sırasında oluşan ısı dışarı atılamamaktadır. Oluşan bu ısı matkap ucunun etrafında birikmekte ve bu durum matrisin yapısının bozulmasına neden olmuştur (Celik vd., 2019; Yardımeden vd., 2014; Kilickap vd., 2015). Artan sıcaklıkla matris yumuşamakta ve bu, fiber ile matris arasındaki bağ kuvvetini azalttığından yüksek deformasyona neden olmaktadır.

Matris çatlama, fiber çekilmesi, deformasyon, fiber ve matris ayrılması ve termal bozunma gibi bazı delme kaynaklı hasar nedeniyle düşük kaliteli delik nedeniyle montaj aşamasında kompozit parçaların reddedilme oranı yüksek olmakta ve bu da imalat endüstrileri için ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Tüm bu kusurlar arasında, boyutsal toleranslar ve yük taşıma kabiliyeti açısından bileşenin mekanik mukavemetini ve yapısal bütünlüğünü önemli ölçüde etkileyen en hayati yaşam sınırlayıcı faktörün deformasyon olduğu bulunmuştur (Lotfi vd., 2021; Lotfi vd., 2020).

ATP doğal kompozitin delinmesinde düşük deformasyon oluşurken, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyon daha yüksek olarak elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Tez çalışmasında, doğal abaka elyaf kullanarak üç farklı kompozit malzeme üretilmiştir. Bu malzemelerden birincisi abaka takviyeli polimer (ATP) kompozit, ikincisi dış yüzeylerinde birer tabaka cam elyaf olan cam abaka takviyeli polimer (CATP) kompozit ve üçüncüsü de dış yüzeylerinde birer tabaka karbon elyaf olan karbon abaka takviyeli polimer (KATP) kompozitlerdir. Bu kompozitlerin delinmesinde, iş mili devri ve ilerlemenin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörü üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ Abaka takviyeli polimer kompozit, cam abaka takviyeli polimer kompozit ve karbon abaka takviyeli polimer kompozitlerin üretimi, vakum infüzyon yöntemi ile başarıyla gerçekleştirilmiştir.
- ✓ ATP, CATP ve KATP kompozit numunelerinin statik çekme deneylerinden, en düşük hasar yükü ATP kompozitten elde edilmiştir. ATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvveti CATP ve KATP kompozit numunelerden elde edilen çekme kuvvetinden düşük çıkmıştır. ATP kompozit numunelerin çekme deneyinden elde edilen maksimum hasar yükü 2884 N'dur. CATP kompozit numunelerin maksimum hasar yükü 6864 N ve KATP kompozit numunelerin maksimum hasar yükü 22100 N olarak elde edilmiştir.
- ✓ ATP, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesi oluşan kesme kuvvetleri iş mili devrinden ve ilerleme hızından etkilenmektedir.
- ✓ İş mili devrinin artması ile kesme sıcaklığının yükselmektedir. Bu da kesme kuvvetlerinin düşmesine neden olmaktadır.
- ✓ İlerlemenin artması kesme kuvvetlerini arttırmaktadır. Kesme kuvveti üzerine ilerlemenin etkisi daha fazla olduğu görülmüştür.
- ✓ Malzeme türü kesme kuvvetini etkilemektedir. Aynı delme parametrelerinde, min. kesme kuvveti ATP doğal kompozitten elde edilirken maks. kesme kuvveti ise KATP doğal kompozitten elde edilmiştir. CATP doğal kompozitin delinmesinde oluşan kesme kuvveti, ATP doğal kompozit ile KATP doğal

kompozitlerden elde edilen kesme kuvvetleri arasında bir değer olarak bulunmuştur.

- ✓ İlerlemenin ve iş mili devrinin artması kesme sıcaklığını arttırmaktadır.
- ✓ ATP kompozitin delinmesi sırasında oluşan kesme sıcaklığı, CATP ve KATP doğal kompozitlerin delinmesinde oluşan kesme sıcaklığından daha düşük olarak ölçülmüştür. CATP ve KATP doğal kompozitlerin delinmesinde, bu kompozitlerin dış tabakalarında cam ve karbon elyaf olmasından dolayı kesme sıcaklığı yüksek olarak ölçülmüştür.
- ✓ Sabit kesme hızlarında ilerleme hızının artmasıyla deformasyon faktörü artmaktadır. Benzer şekilde iş mili devrinin artması ile de deformasyon faktörü artmıştır.
- ✓ Yüksek ilerleme hızında kesici takım lifleri kesmeden ilerleme kuvvetinden dolayı lifleri koparmaya çalıştığından deformasyon faktörü yüksek çıkmaktadır.
- ✓ İş mili devrinin artması ile deformasyon faktörünün de arttığı görülmüştür. İş mili devrinin artması ile kesme sıcaklığı artmıştır.
- ✓ ATP doğal kompozitin delinmesinde düşük deformasyon oluşurken, CATP ve KATP kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyon daha yüksek olarak elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aditya, P., Kishore, K., & Prasad, D. (2017). Characterization of Natural Fiber Reinforced Composites. *Int. J. Eng. Appl. Sci.*, 4, 26–32.
- AL-Oqla, F., & Salit, M. (2017). Material selection of natural fiber composites. In *Materials Selection for Natural Fiber Composites*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 107–168.
- Athijayamani, A., Natarajan, U., & Thiruchitrambalam, M. (2010). Prediction and comparison of thrust force and torque in drilling of natural fibre hybrid composite using regression and artificial neural network modelling. *Int J Mach Mach Mater*; 8: 131–145.
- Athijayamani, A., Thiruchitrambalam, M., Natarajan, U., & Pazhanivel, B. (2010). Influence of alkali-treated fibers on the mechanical properties and machinability of roselle and sisal fiber hybrid polyester composite. *Polymer Composites*, 31(4), 723-731.
- Babu, G., Babu, K., & Gowd BUM. (2013). Effect of machining parameters on milled natural fiber-reinforced plastic composites. *J Adv Mech Eng*; 1: 1–12.,doi:10.7726/jame.2013.1001.
- Bahçe, E., Kılıçkap, E., & Özel, C. (2010). Al-5005'in delinmesinde delme parametrelerinin çapak oluşumuna etkisinin araştırılması. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 242, 250.
- Balasubramanian, K., Sultan, M., Cardona, F., & et al. (2016). Machining analysis of natural fibre reinforced composites using fuzzy logic. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*; 152:1–8.
- Bharath, K., & Basavarajappa, S. (2016). Applications of biocomposite materials based on natural fibers from renewable resources: A review. *Sci. Eng. Compos. Mater.*, 23.
- Bin Harun, A., Haron, C., Ghani, J., & et al. (2015). Study the effect of milling parameters on surface roughness during milling kenaf fibre reinforced plastic. *Adv Environ Biol*; 9: 46–52.
- Bledzki, A. K., Mamun, A. A., Jaskiewicz, A., & Erdmann, K. (2010). *Compos. Sci. Technol.* 70, 854.

- Bledzki, K.A., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in polymer science*, 24(2), 221-274.
- Bolduc, S., & et al. (2018). Banana fiber/low-density polyethylene recycled composites for third world eco-friendly construction applications – Waste for Life Project Sri Lanka. *J Reinf Plast Compos*; 37: 1322–1331.
- Bousfield, G., Morin, S., Jacquet, N., & Richel, A. (2018). Extraction and refinement of agricultural plant fibers for composites manufacturing. *Comptes Rendus Chim.*, 21, 897–906.
- Carus, M., Eder, A., Dammer, L., Korte, H., Scholz, L., Essel, R., & et al. (2015). *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends in Automotive and Construction*; Nova-Institute: Hürth, Germany.
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2011). Drilling of natural fiber particle reinforced polymer composite material. *Int J Adv Eng Res Stud*; 1: 134–145.
- Charlet, K., & Beakou, A. (2011). Mechanical properties of interfaces within a flax bundle part I: experimental analysis. *Int J Adhes*; 31: 875–881.
- Charlet., K., Baley., C., Morvan., C., Jernot., J. P., Gomina., M., & Breard, J. (2007). *Composites, Part A* 38, 1912.
- Chegdani, F., Mezghani, S., & Mansori, M. (2015). Experimental study of coated tools effects in dry cutting of natural fiber reinforced plastics. *Surf Coatings Technol*; 284: 264–272.
- Cicala, G., Cristaldi, G., Recca, G., & Latteri, A. (2010). *Composites Based on Natural Fibre Fabrics*. In *Woven Fabric Engineering*; Dubrovski, P., Ed.; InTech: London, UK.
- Çelik, Y. H., Kilickap, E., & Kilickap, A. İ. (2019). An experimental study on milling of natural fiber (jute)-reinforced polymer composites. *Journal of composite materials*, 53(22), 3127-3137. .
- Çelik, Y. H., Kilickap, E., & Koçyiğit, N. (2019). Evaluation of drilling performances of nanocomposites reinforced with graphene and graphene oxide. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 100(9), 2371-2385.

- Davim, J., & Reis, P. (2005). Damage and dimensional precision on milling carbon fiber-reinforced plastics using design experiments. *J Mater Process Technol*; 160: 160–167.
- Davim, J., Mata, F., Gaitonde, V., & et al. (2010). *Machinability evaluation in unreinforced and reinforced PEEK composites using response surface models. J Thermoplast Compos Mater*; 23: 5–18.
- DeVallance., D. B., Gray., J., & Lentz, H. (2012). *Wood Fiber Sci.* 44, 310.
- Dilli Babu, G., Sivaji Babu, K., & Gowd, B. (2013). Optimization of machining parameters in drilling hemp fiber reinforced composites to maximize the tensile strength using design experiments. *Indian J Eng Mater Sci*; 20: 385–390.
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites Reinforced with Natural Fibers: 2000-2010. *Prog. Polym. Sci.*, 37 (11), 1552–1596.
- Franck, R. (2005). *Bast and Other Plant Fibres*; Woodhead Publishing: Oxford, UK; ISBN 9781855736849.
- Friedrich, K. (2015). *Multi-functionality of polymer composites: challenges and new solutions*. Norwich: William Andrew Publishing.
- Frollini., E., Paiva., J. M., Trindade., W. G., Razera., T. I., & Tita, S. B. (2004). In *Natural Fibers, Plastics, and Composites*, Ed. by F. T. Wallenberger and N. Weston (Kluwer Acad. Publ., New York).
- Hamdan, A., Sarhan, A., & Hamdi, M. (2012). An optimization method of the machining parameters in high-speed machining of stainless steel using coated carbide tool for best surface finish, *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 58 (1), 81–91.
- Henshaw, J. M., Han, W., Owens, A., & Thermoplast, J. (1996). *Compos. Mater.* 9, 4.
- Herrera-Franco, P., & Valadez-Gonzalez, A. (2004). Mechanical properties of continuous natural fibereinforced polymer composites. *Compos Part A Appl Sci Manuf*; 35: 339–345.
- Hodzic, A., & Shanks, R. (2014). *Natural Fibre Composites: Materials, Processes and Properties*; Woodhead Publishing: Oxford, UK; ISBN 0857099221.
- Huda, M., Drzal, L., Ray, D., Mohanty, A., & Mishra, M. (2008). Natural-fiber composites in the automotive sector. In *Properties and Performance of Natural-Fibre Composites*; Woodhead Publishing: Oxford, UK; ISBN 9781845692674.

- Ismail, S., Ojo, S., & Dhakal, H. (2017). Thermo-mechanical modelling of FRP cross-ply composite laminates drilling: delamination damage analysis. *Compos Part B Eng*; 108: 45–52.
- Izamshah, R., Azam, M., Hadzley, M., & et al. (2013). Study of surface roughness on milling unfilled-polyetheretherketones engineering plastics. *Procedia Eng*; 68: 654–660.
- Jayabal, S., & Natarajan, U. (2010). Optimization of thrust force, torque, and tool wear in drilling of coir fiber-reinforced composites using Nelder–Mead and genetic algorithm methods. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(1), 371-381.
- Jayabal, S., & Natarajan, U. (2011). Modelling and optimisation of thrust force, torque and tool wear in drilling of coir fibre reinforced composites using response surface method. *Int J Mach Mach Mater*; 9: 149–172.
- Ribeiro, J. E., César, M. B., & Lopes, H. (2017). Optimization of machining parameters to improve the surface quality. *Procedia Structural Integrity*, 5, 355-362.
- Jeyapragash, R., Srinivasan, V., & Sathiyamurthy, S. (2020). Jeyapragash R, Srinivasan V and Sathiyamurthy S. Mechanical properties of natural fiber/particulate reinforced epoxy composites - A review of the literature. In *Materials Today: Proceedings*, 22: 1223–1227).doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.146.
- John, M. J., & Thomas, S. (2008). Biofibres and Biocomposites. *Carbohydr. Polym.*, 71(3), 343–364.
- Kabir, M., Wang, H., Lau, K., & Cardona, F. (2012). Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Compos. Part B Eng.*, 43, 2883–2892.
- Kandachar, P., & Brouwer, R. (2002). *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* 702, 101. .
- Khondker, O., Ishiaku, U., Nakai, A., & et al. (2005). Fabrication mechanical properties of unidirectional jute/PP composites using jute yarns by film stacking method. *J Polym Environ*; 13: 115–126.
- Kiliçkap, E., Yardımeden, A., & Çelik, Y. H. (2015). Investigation of experimental study of end milling of CFRP composite. *Science and Engineering of Composite Materials*, 22(1), 89-95.

- Kim, H., Goda, K., Noda, J., & Aoki, K. (2013). *Adv. Mech. Eng.* 5, 1.
- Kiprawi, M. A., Yassin, A., Shazali, S. T., Islam, M. S., & Said, M. A. (2017). Study of cutting edge temperature and cutting force of end mill tool in high speed machining. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- Kıvık, T., Samtaş, G., & Çiçek, A. (2012). Taguchi method based optimisation of drilling parameters in drilling of AISI 316 steel with PVD monolayer and multilayer coated HSS drills. *Measurement*, 45(6), 1547-1557.
- Kudus, A., H., M., Ratnam, M., M., & Md Akil, H. (2022). Image processing method for delamination and fiber pull-out assessment during drilling of natural fiber composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 41(7-8), 309-327.
- Lotfi, A., Li, H., & Dao, D. V. (2020). Analytical and experimental investigation of the parameters in drilling flax/poly (lactic acid) bio-composite laminates. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109(1), 503-521.
- Lotfi, A., Li, H., Dao, D. V., & Prusty, G. (2021). Natural fiber–reinforced composites: A review on material, manufacturing, and machinability. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 34(2), 238-284.
- Lucintel. (2011). *Opportunities in Natural Fiber Composites*; Lucintel: Las Colinas, TX, USA.
- M. Nouari, G. List, F. Girot, & D. Coupard. (2003). Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys, *Wear* 255 (7–12) 1359–1368.
- M. Tolouei-Rad, & A. Shah. (2012). Development of a methodology for processing of drilling operations, *Int. J. Industrial Manuf. Eng.* 6 (12) 2660–2664.
- Madhavan, V., Lipczynski, G., Lane, B., & et al. (2015). *Fiber orientation angle effects in machining of unidirectional CFRP laminated composites. J Manuf Process*; 20: 431–442.
- Memon, A., & Nakai, A. (2013). *Adv. Mech. Eng.* 5, 1.
- Merino-Perez, J., Royer, R., Merson, E., & et al. (2016). Influence of workpiece constituents and cutting speed on the cutting forces developed in the conventional drilling of CFRP composites. *Compos Struct*; 140: 621–629.
- Mitra, B. (2014). Environment friendly composite materials. *Def. Sci. J.*, 64, 244–261.
- ML., R. (1965). Report of textiles from Çatal Hüyük. *Anatol Stud*; 15: 175–176.

- Mohanty, A., M., M., & G., H. (2000). *Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. Macromol Mater Eng; 276–277: 1–24.*
- Mohanty, A., Misra, M., Drzal, L., Selke, S., Harte, B., & Hinrichsen, G. (2005). *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*; Mohanty, A., Misra, M., Drzal, L., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; ISBN 978-0-8493-1741-5.
- Muessig, J. (2002). Influence of fiber fineness on the properties of natural fiber composites. In *Proceedings of the 4th International Wood and Natural Fiber Composites Symposium, Kassel, Germany, 10–11 April 2002.*
- Nam TH, Ogihara S, Tung NH, & al., e. (2011). Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly(butylene succinate) biodegradable composites. *Compos Part B Eng; 42: 1648–1656.*
- Ngo, T.-D. (2018). *Natural Fibers for Sustainable Bio-Composites. In Natural and Artificial Fiber-Reinforced Composites as Renewable Sources; InTech: London, UK.*
- Nishino, T. (2004). *In Green Composites: Polymer Composites and the Environment, Ed. by C. Baille (Woodhead Publ. Ltd., Cambridge), p. 49.*
- Onwubolu., G., & Kumar, S. (2006). Response surface methodology-based approach to CNC drilling operations, *J. Mater. Process. Technol. 171 (1) 41–47.*
- Özdemir, M. (2019). *Rami elyaf takviyeli kompozitin frezelenmesinin araştırılması. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Bajpai, P. K., & Singh, I. (2013). Drilling behavior of sisal fiberreinforced polypropylene composite laminates. *J Reinf Plast Compos; 32: 1569–1576.*
- Panchagnula, K., & Palaniyandi, K. (2018). Drilling on fiber reinforced polymer/nanopolymer composite laminates: a review. *J Mater Res Technol; 7: 180–189.*
- Patel, K., Gohil, P., & et al. (2018). Investigations of milling parameters on hemp fiber reinforced composite using ANOVA and regression. *Appl Mech Mater; 877: 177–182.*
- Pecat, O., Rentsch, R., & Brinksmeier, E. (2012). Influence of milling process parameters on the surface integrity of CFRP. *Procedia Cirp, 1, 466-470.*
- Pollitt, E. (2018). *Automotive Composites. Available online: www.globalhemp.com/2011/02/automotivecomposites.html (accessed on 11 July 2018).*

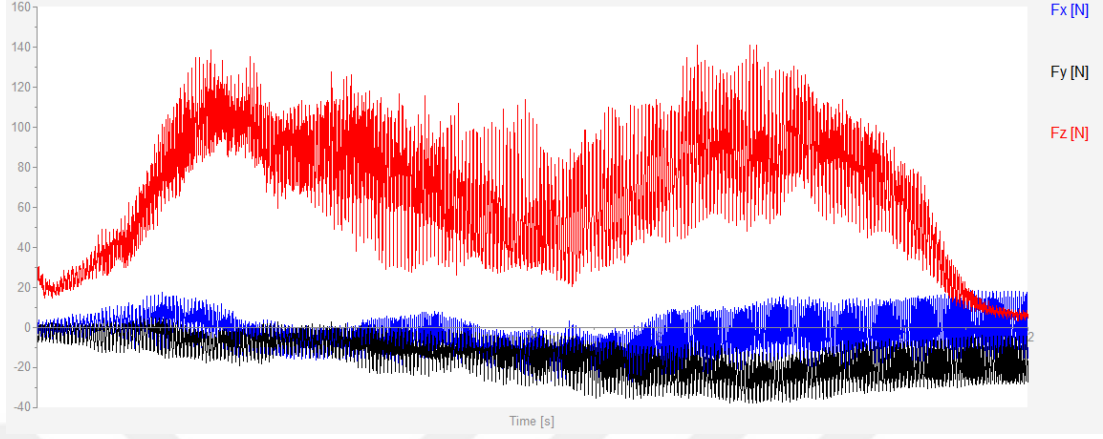
- Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 558–584.
- Rogovina, S., Prut, E., & Berlin, A. (2019). Composite Materials Based on Synthetic Polymers Reinforced with Natural Fibers. *Polym. Sci. Ser. A* 61, 417–438.
- Rout, J., Misra, M., Tripathy, S., Nayak, S., & Mohanty, A. (2001). The influence of fibre treatment on the performance of coir-polyester composites. *Composite Science and Technology*, 61(9), 1303-1310.
- Sanjay, M., Arpitha, G., & Yogesha, B. (2015). Study on Mechanical Properties of Natural—Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review. *Mater. Today Proc.*, 2, 2959–2967.
- Shyha, I., Soo, S. L., Aspinwall, D., & Bradley, S. (2010). Effect of laminate configuration and feed rate on cutting performance when drilling holes in carbon fibre reinforced plastic composites. *Journal of materials processing technology*, 210(8), 1023-1034
- Tchana Toffe, G., Oluwarotimi Ismail, S., Montalvão, D., Knight, J., & Ren, G. (2019). A scale-up of energy-cycle analysis on processing non-woven Flax/PLA tape and triaxial glass fibre fabric for composites. *Journal of Manufacturing and Materials Process*.
- Teti, R. (2002). Machining of composite materials. *CIRP Ann Manuf Technol*; 51: 611–634.
- Todor, M., Bulei, C., Heput, T., & Kiss, I. (2018). *Researches on the development of new composite materials complete/partially biodegradable using natural textile fibers of new vegetable origin and those recovered from textile waste*. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 294.
- Uhlmann, E., Richarz, S., Sammler, F., & et al. (2016). *High speed cutting of carbon fibre reinforced plastics*. *Procedia Manuf*; 6: 113–123.
- Ünüvar, A., Koyunbakan, M., & Bagci, M. (2022). Optimization and effects of machining parameters on delamination in drilling of pure and Al₂O₃/SiO₂-added GFRP composites. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(1), 657-675.

- Velayudham, A., & Krishnamurthy, R. (2007). Effect of point geometry and their influence on thrust and delamination in drilling of polymeric composites. *Journal of Materials Processing Technology*, 185(1-3), 204-209.
- Vinayagamorthy, R., & Rajmohan, T. (2018). Machining and its challenges on bio-fibre reinforced plastics: a critical review. *J Reinf Plast Compos*; 37: 1037–1050.
- Vinayagamorthy, R., Manoj, I., Narendra Kumar, G., & et al. (2018). A central composite design based fuzzy logic for optimization of drilling parameters on natural fiber reinforced composite. *J Mech Sci Technol*; 32:2011–2020.
- Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). *Compos. Sci. Technol.* 63, 1259.
- Witayakran, S., Smitthipong, W., Wangpradid, R., Chollakup, R., & Clouston, P. (2017). Natural Fiber Composites: Review of Recent Automotive Trends. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*; Elsevier Publishing: Amherst, MA, USA; ISBN 9780128035818.
- Yardimeden, A., Kilickap, E., & Celik, Y. H. (2014). Effects of cutting parameters and point angle on thrust force and delamination in drilling of CFRP. *Materials Testing*, 56(11-12), 1042-1048.
- Zurayyen, M., Mutalip, A., & Jamal, M. (2017). Effect of machining parameters on delamination during milled banana fiber reinforced polyester composites. *J Eng Sci Res*; 1: 9–13.

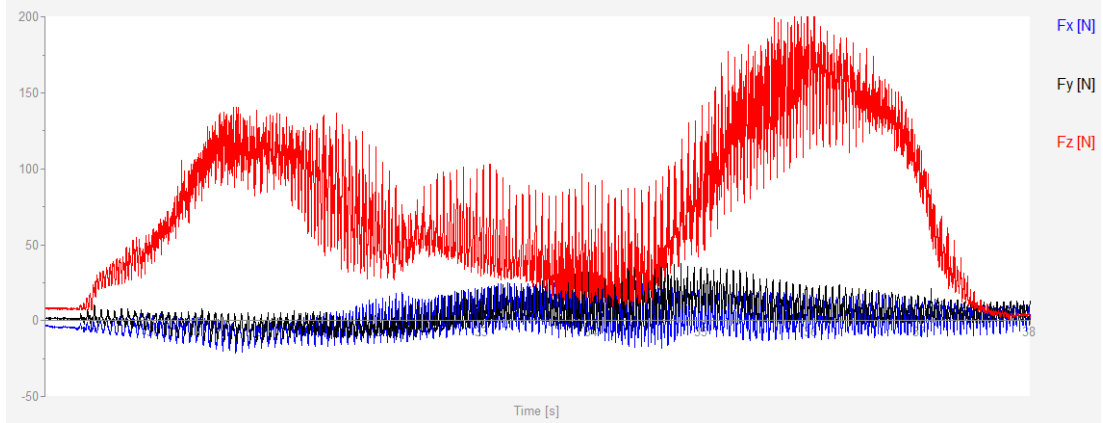
EKLER



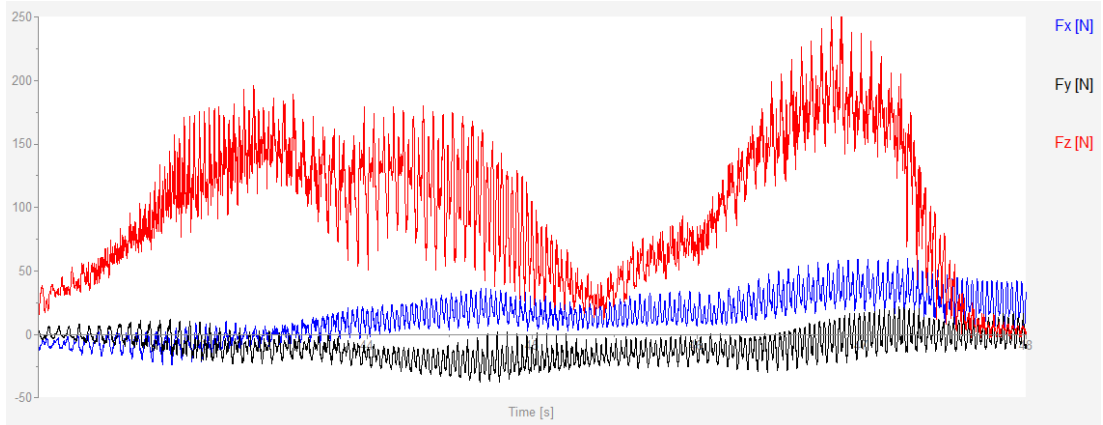
Ek 1 Üretilen kompozitlerin delinmesine ait kesme kuvveti-zaman grafikleri (ATPK)



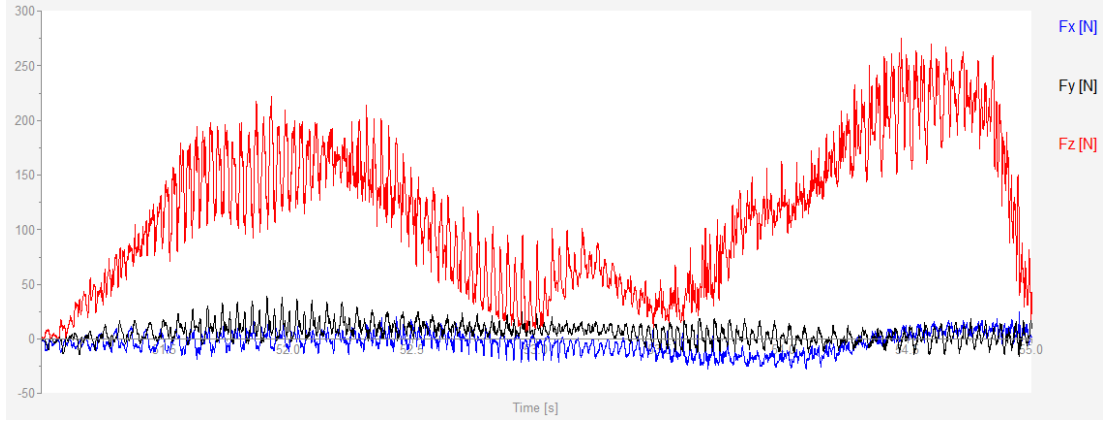
Şekil 1. A 1 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



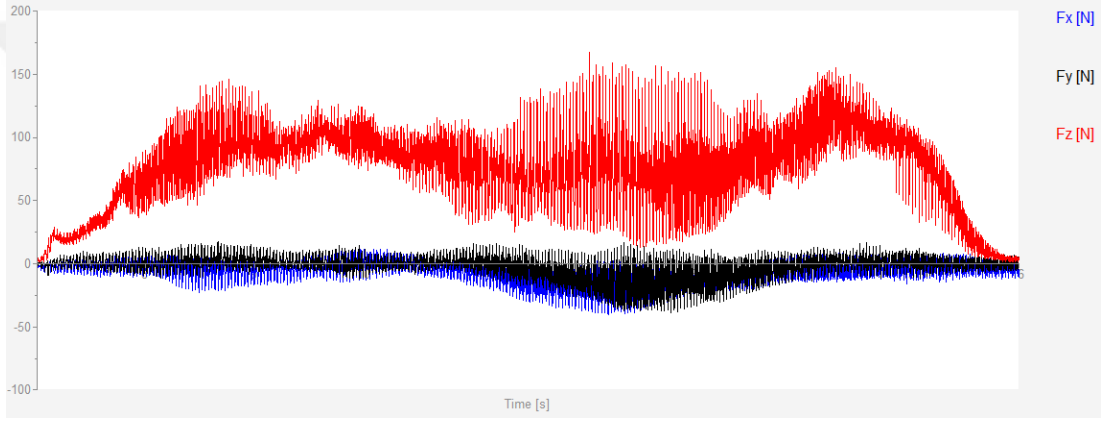
Şekil 1. B 2 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



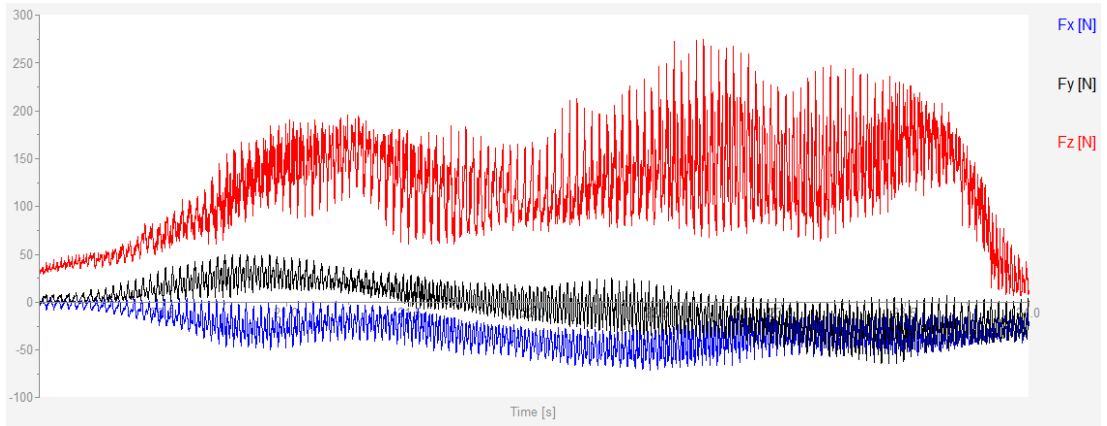
Şekil 1. C 3 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



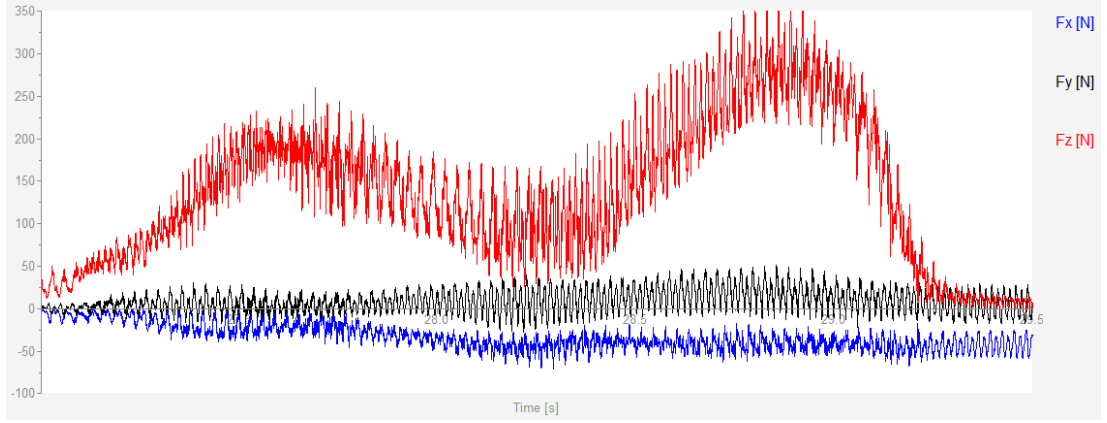
Şekil 1. D 4 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



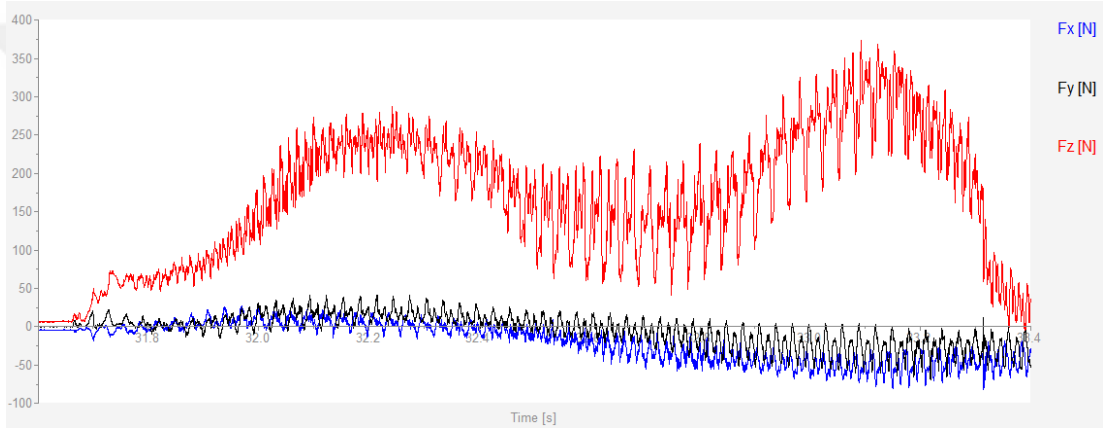
Şekil 1. E 5 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



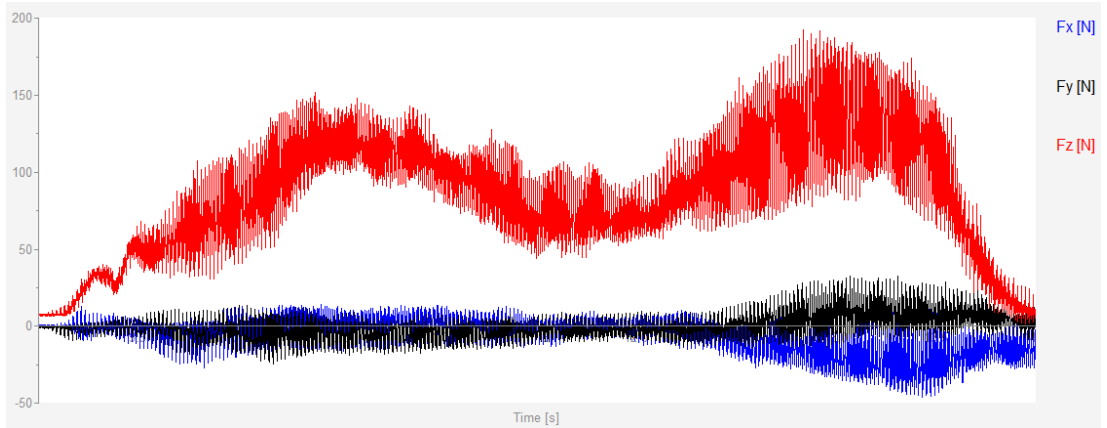
Şekil 1. F 6 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



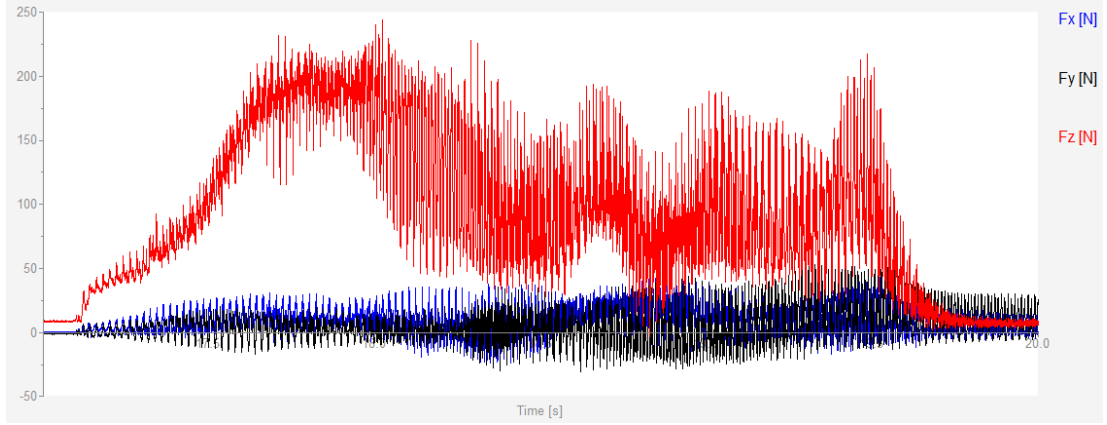
Şekil 1. G 7 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



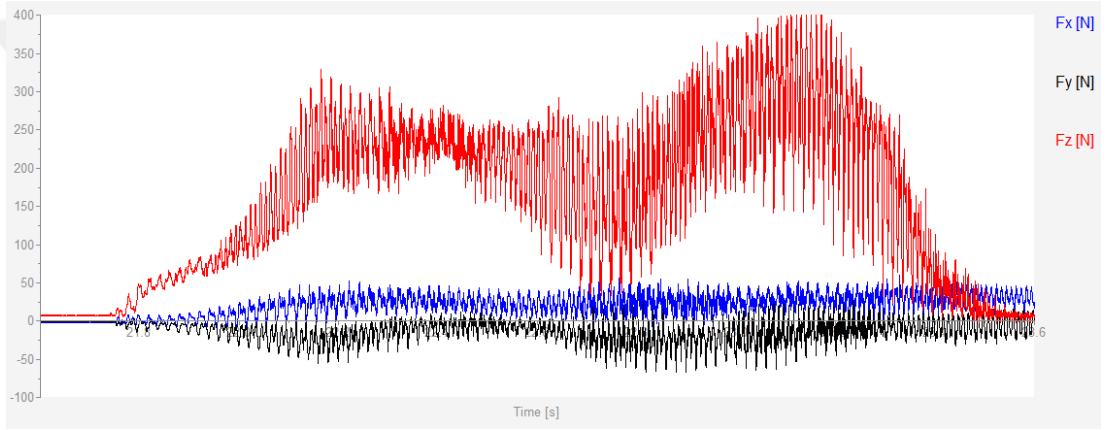
Şekil 1. H 8 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



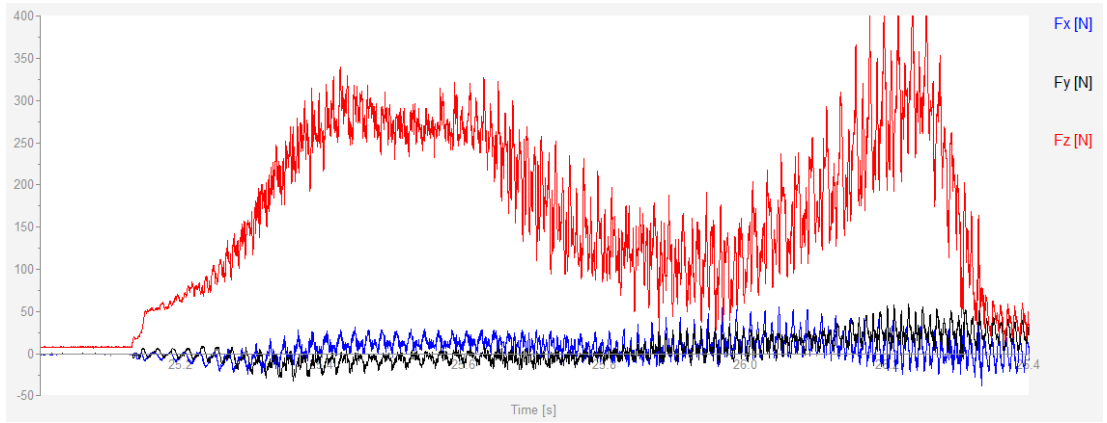
Şekil 1. İ 9 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



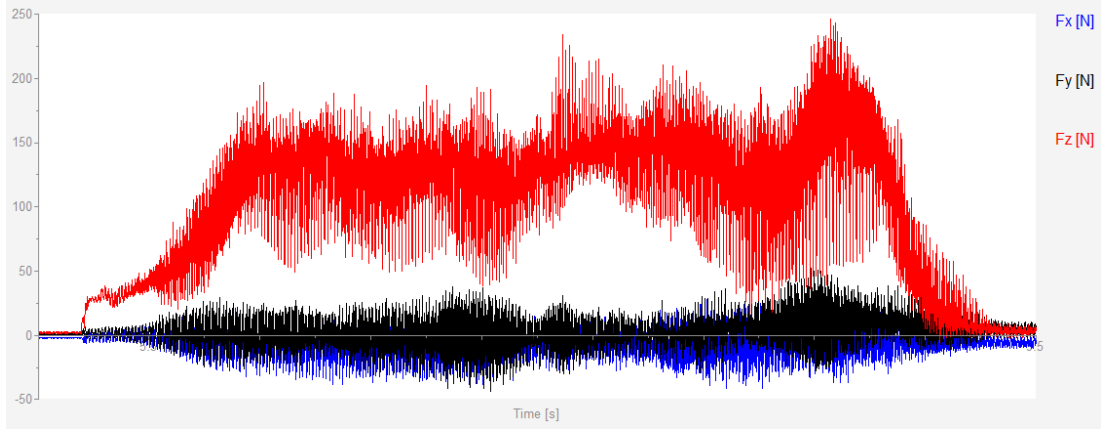
Şekil 1. J 10 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



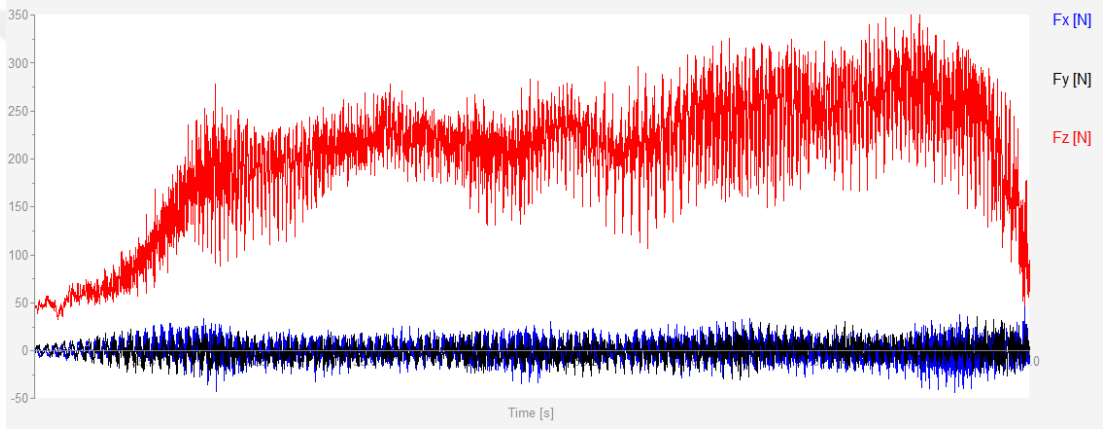
Şekil 1. K 11 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



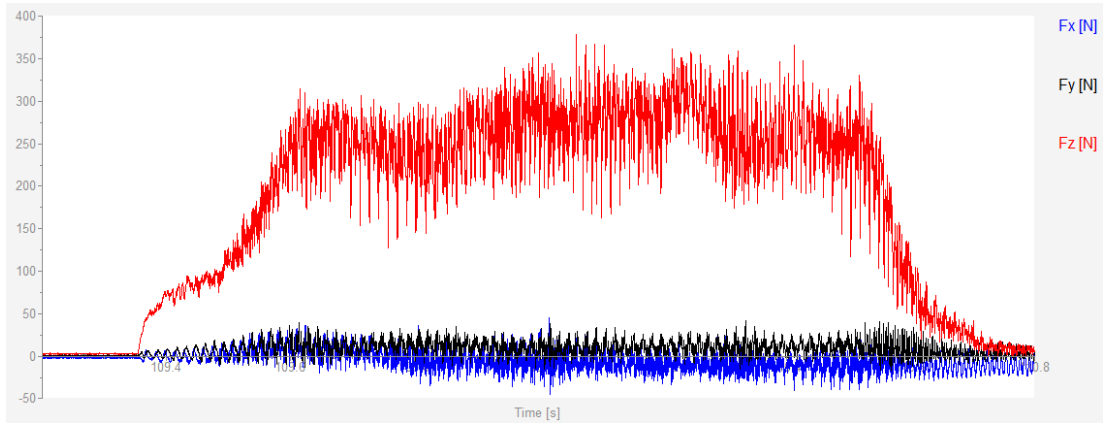
Şekil 1. L 12 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



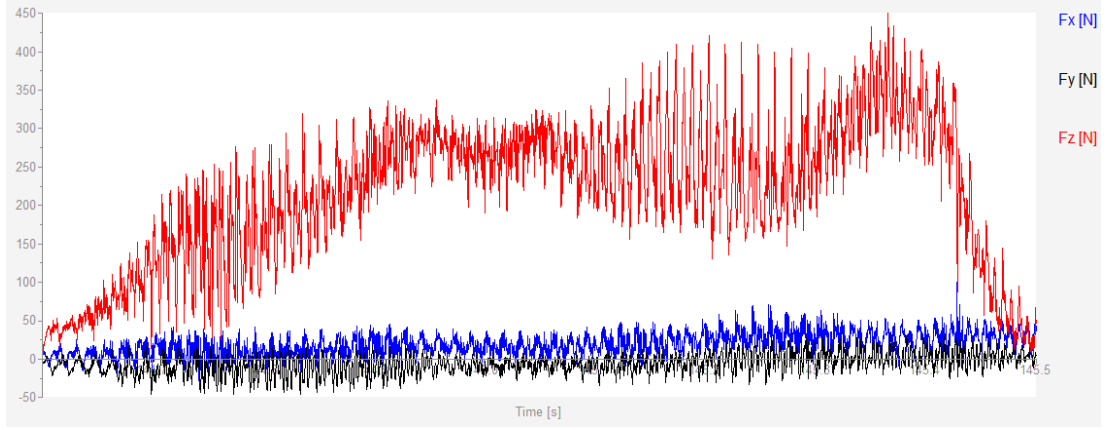
Şekil 1. M 13 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



Şekil 1. N 14 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



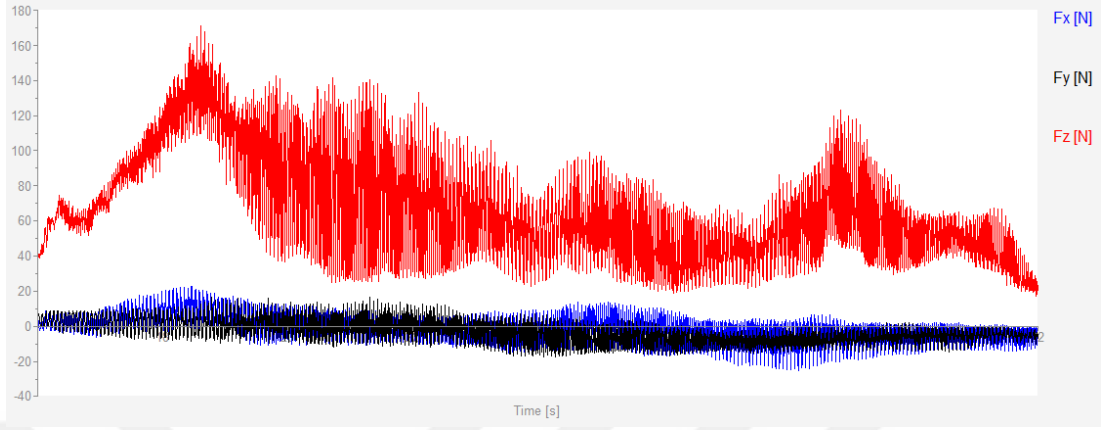
Şekil 1. O 15 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



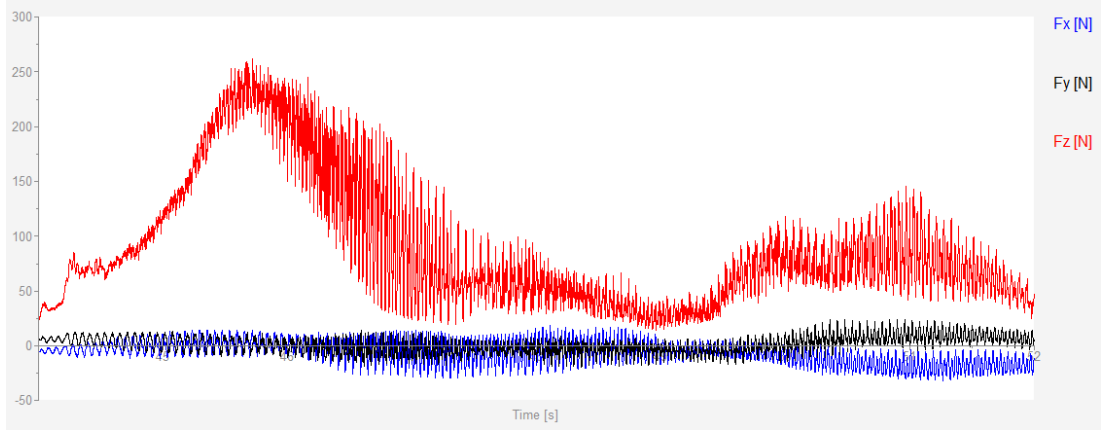
Şekil 1. P 16 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (ATPK, n=4000 dev/dak, f=0.2 mm/dev)



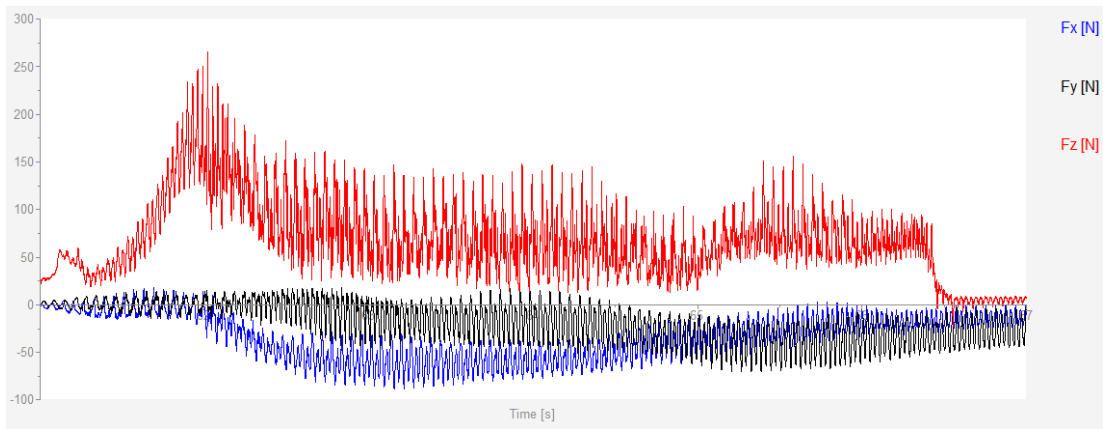
Ek 2 Üretilen kompozitlerin delinmesine ait kesme kuvveti-zaman grafikleri (CATPK)



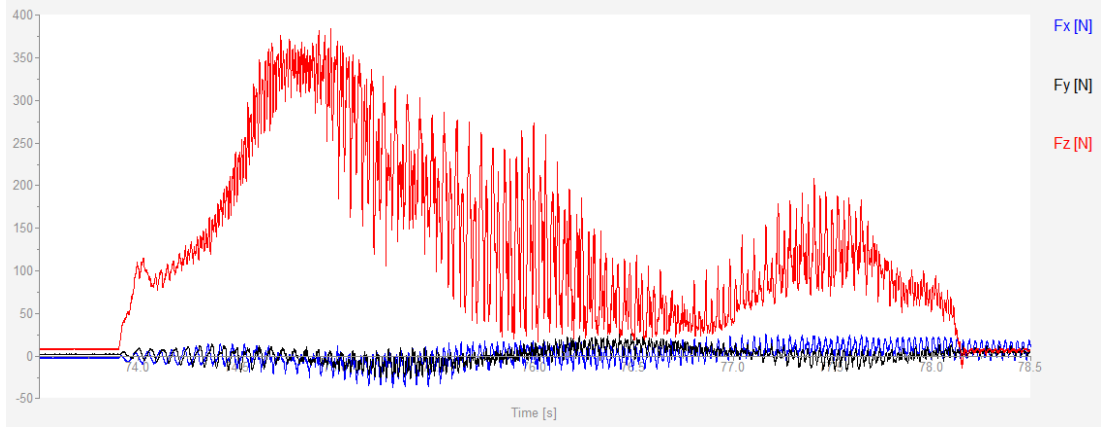
Şekil 2. A 17 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)



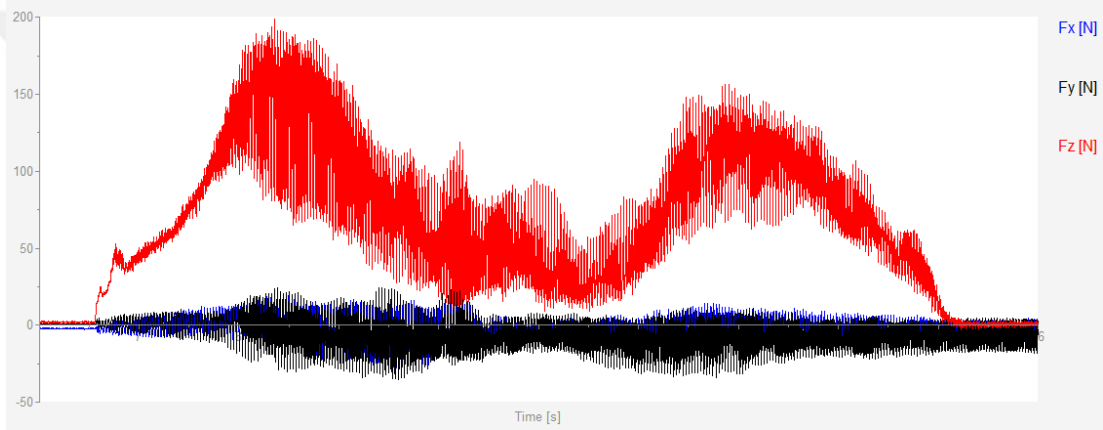
Şekil 2. B 18 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, n=1000 dev/dak, f=0.1 mm/dev)



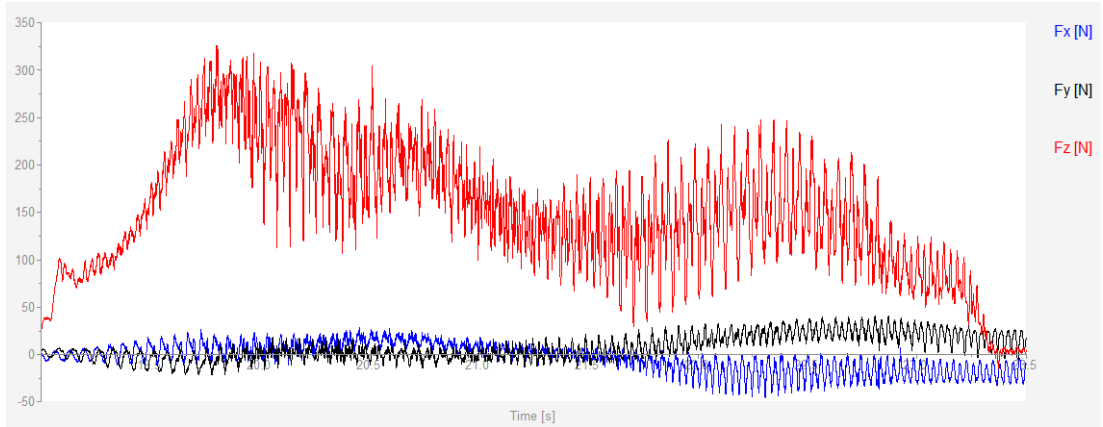
Şekil 2. C 19 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)



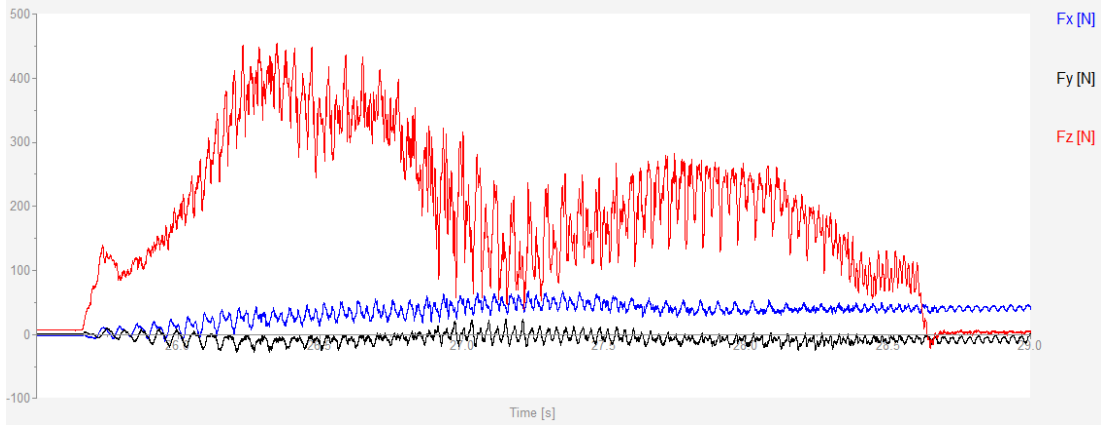
Şekil 2. D 20 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



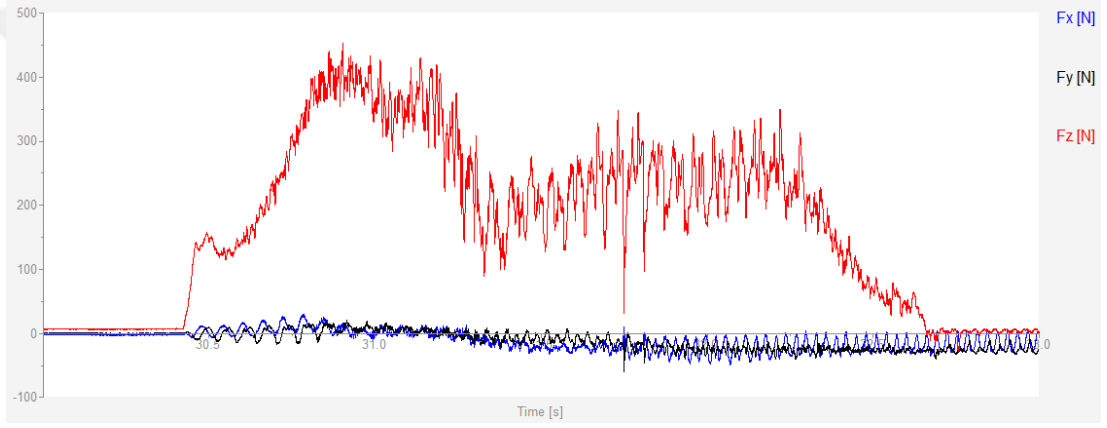
Şekil 2. E 21 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



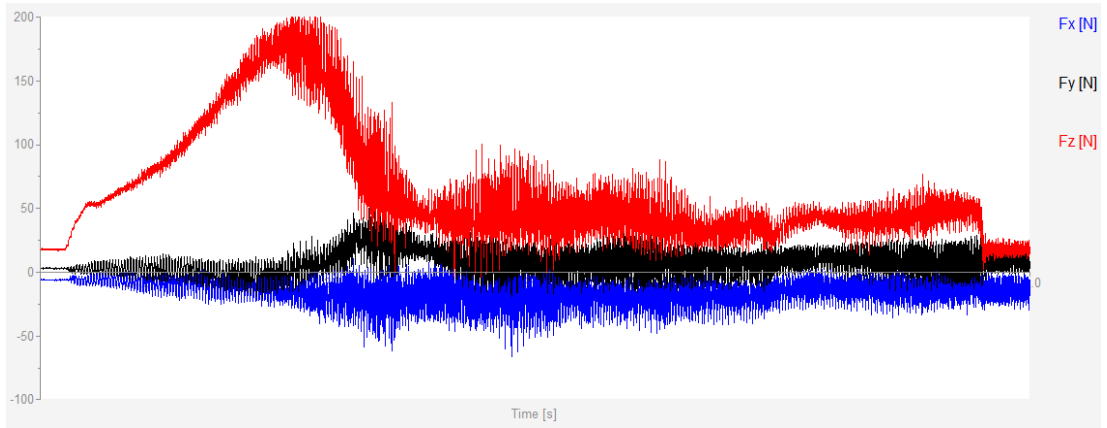
Şekil 2. F 22 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



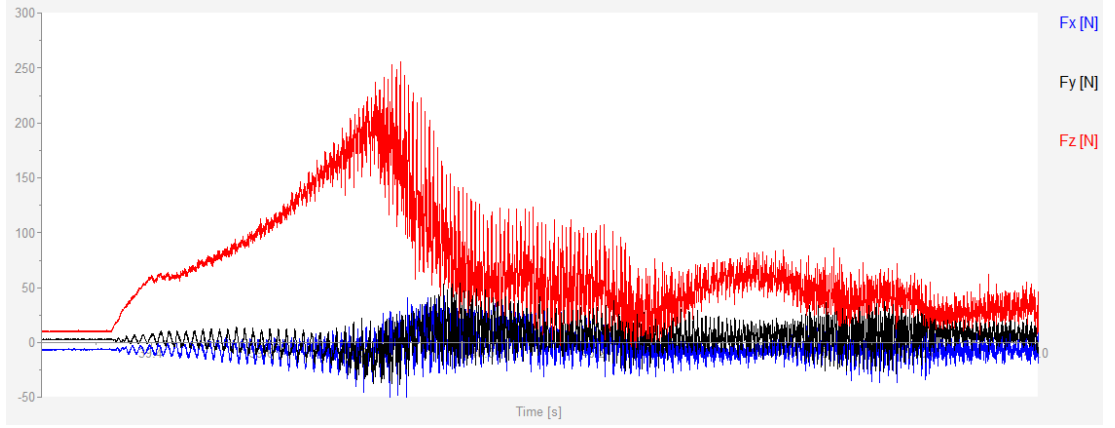
Şekil 2. G 23 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



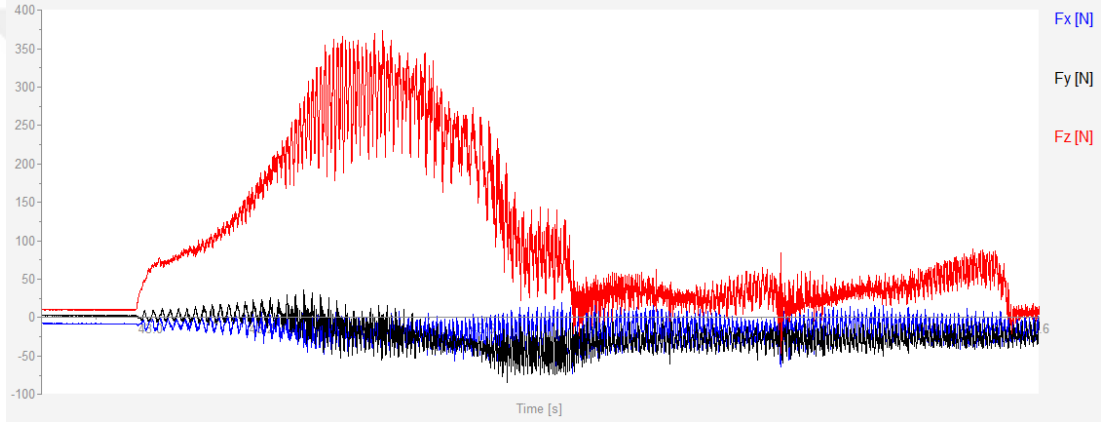
Şekil 2. H 24 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



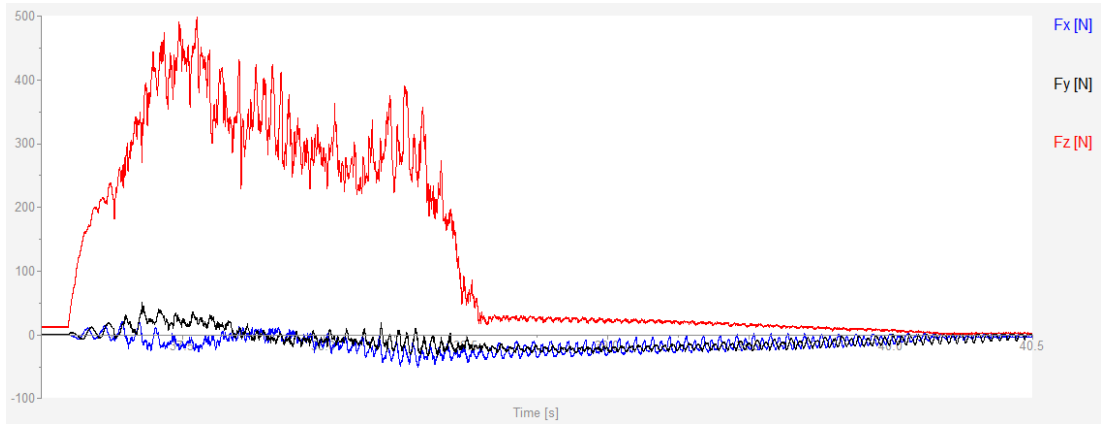
Şekil 2. İ 25 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



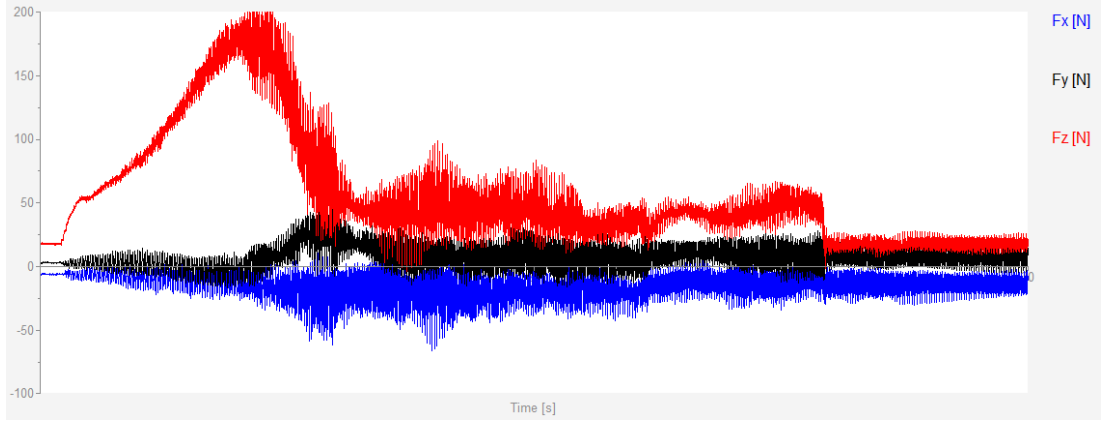
Şekil 2. J 26 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



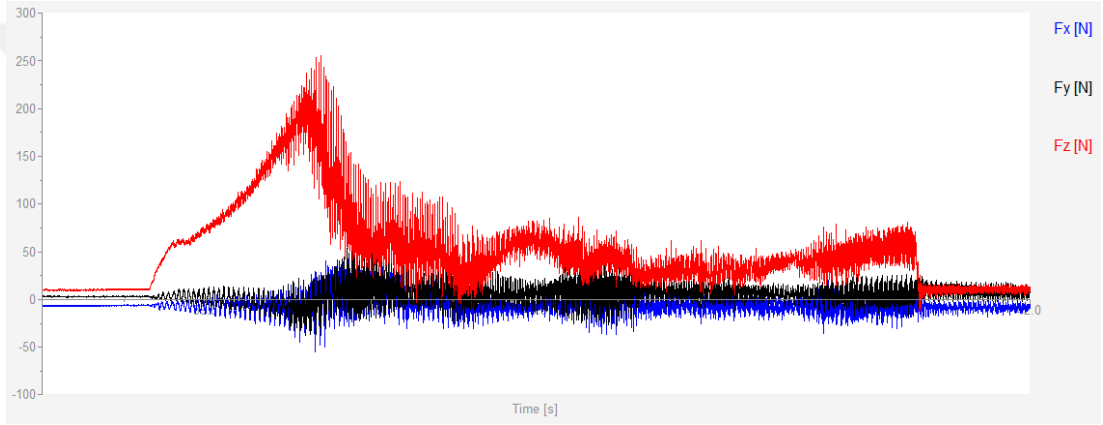
Şekil 2. K 27 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



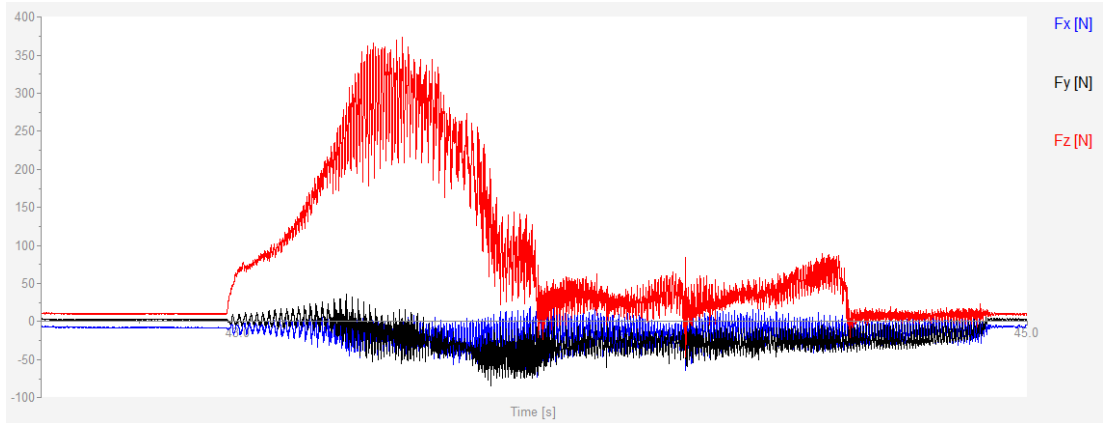
Şekil 2. L 28 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



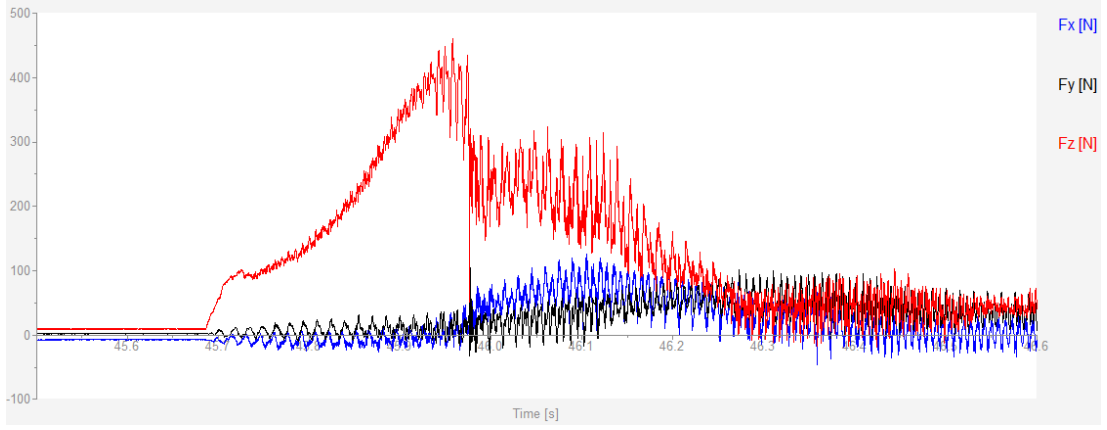
Şekil 2. M 29 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



Şekil 2. N 30 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



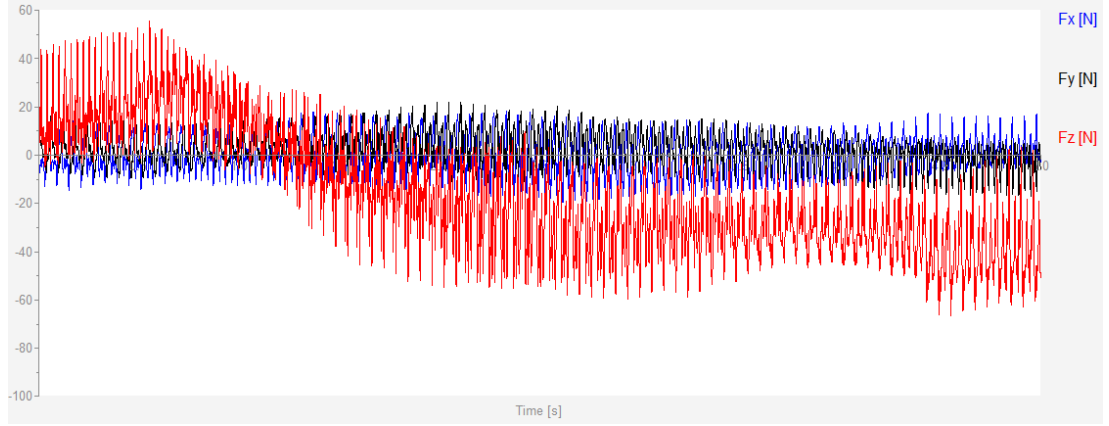
Şekil 2. O 31 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



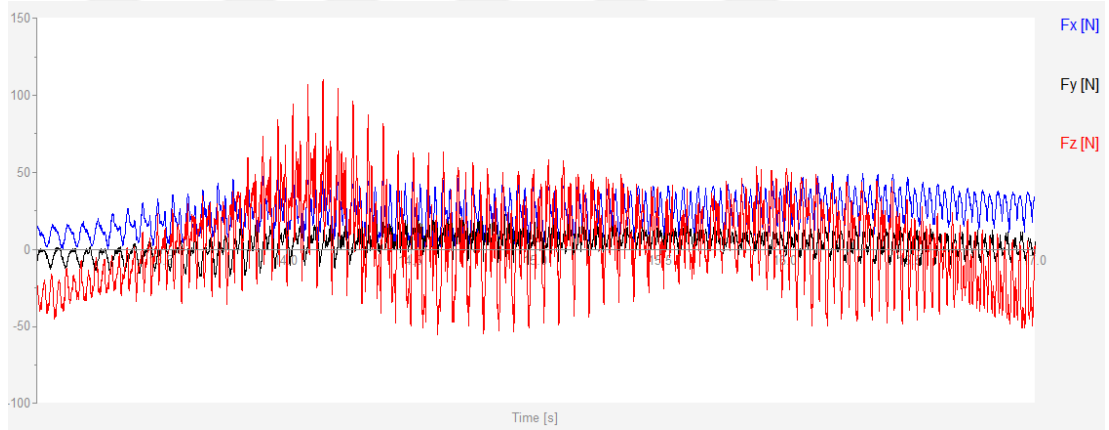
Şekil 2. P 32 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (CATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



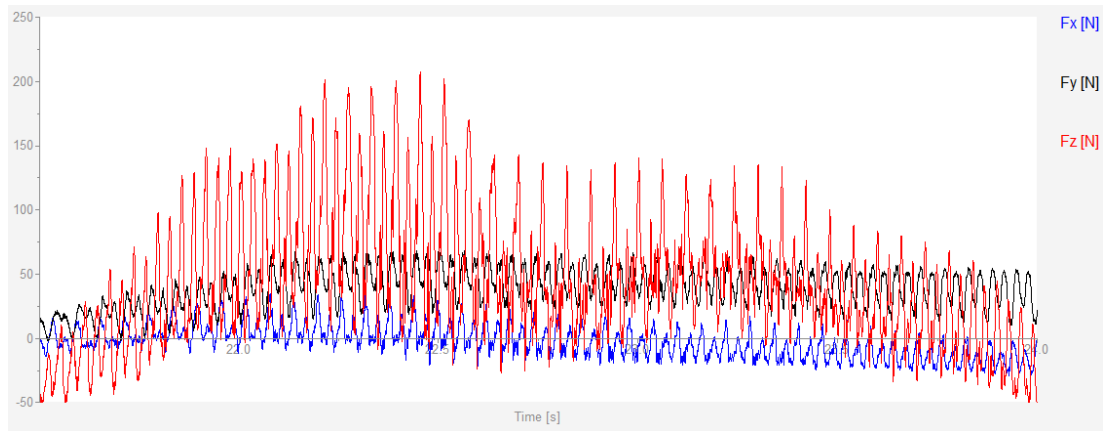
Ek 3 Üretilen kompozitlerin delinmesine ait kesme kuvveti-zaman grafikleri (KATPK)



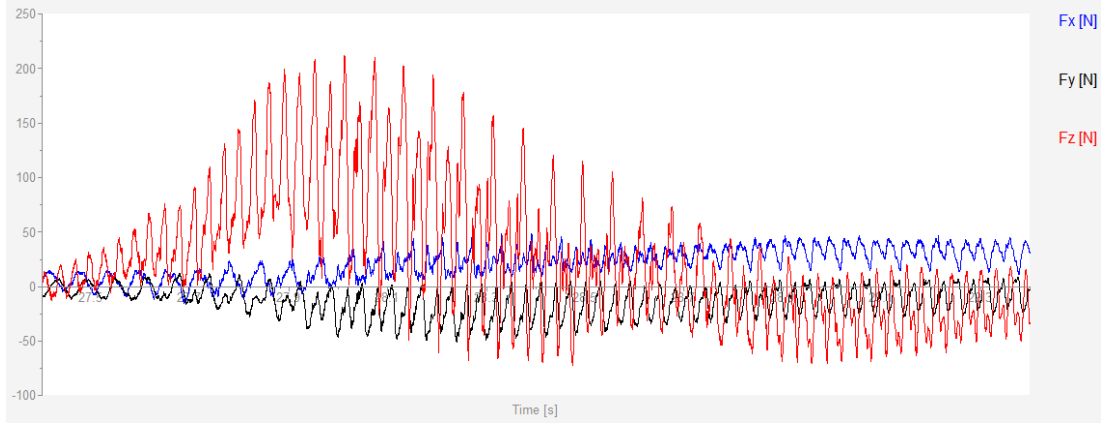
Şekil 3. A 33 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)



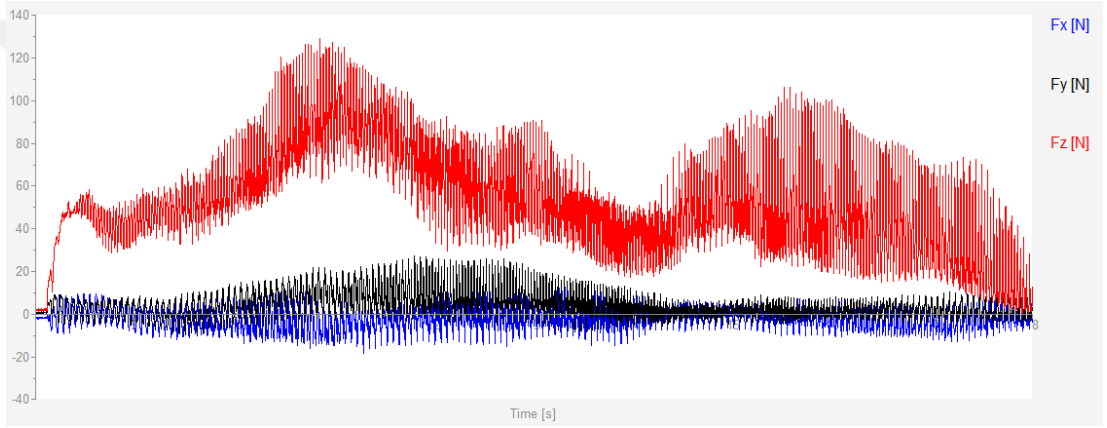
Şekil 3. B 34 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, n=1000 dev/dak, f=0.1 mm/dev)



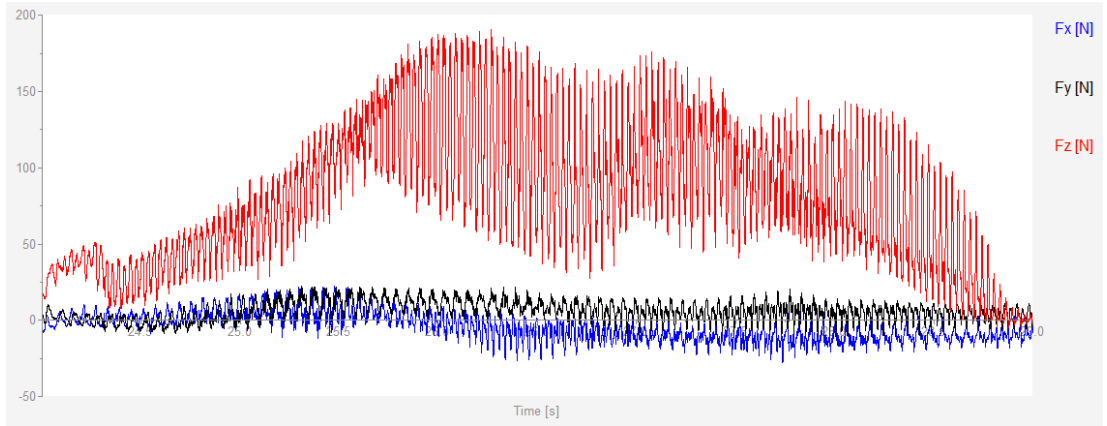
Şekil 3. C 35 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)



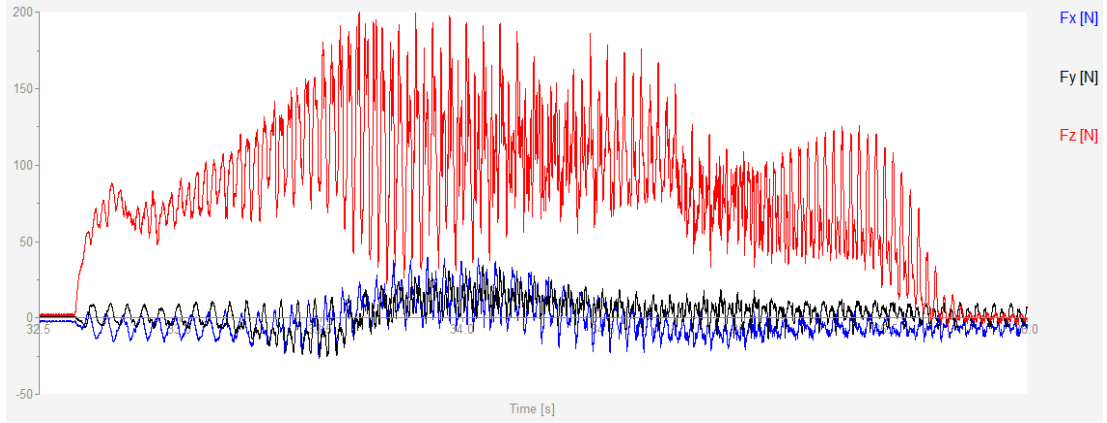
Şekil 3. D 36 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=1000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



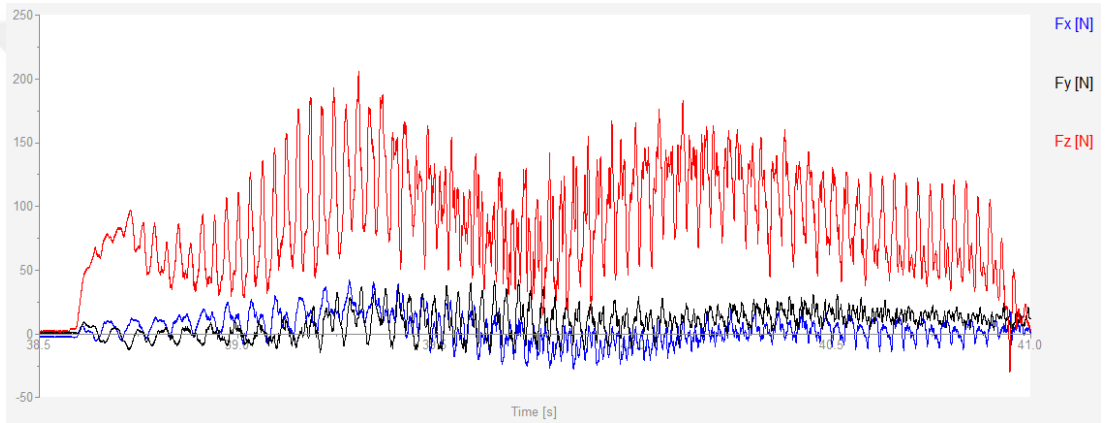
Şekil 3. E 37 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



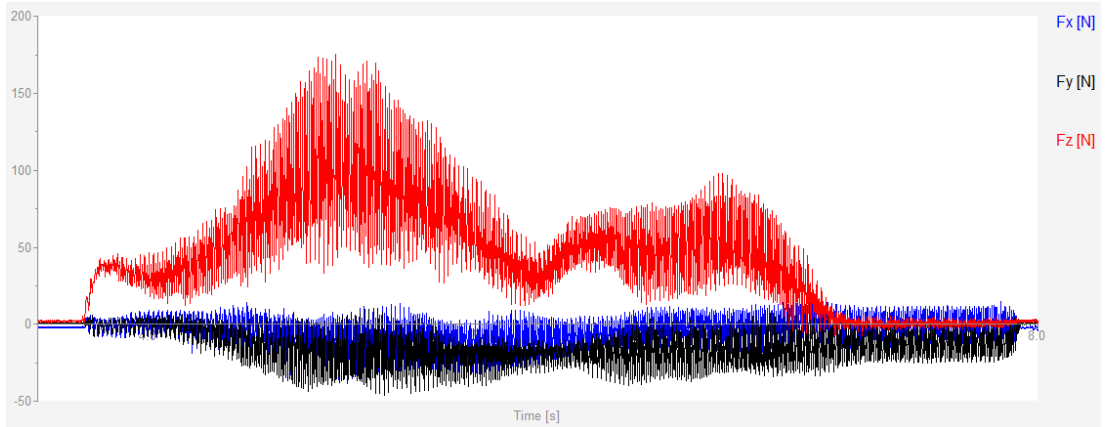
Şekil 3. F 38 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



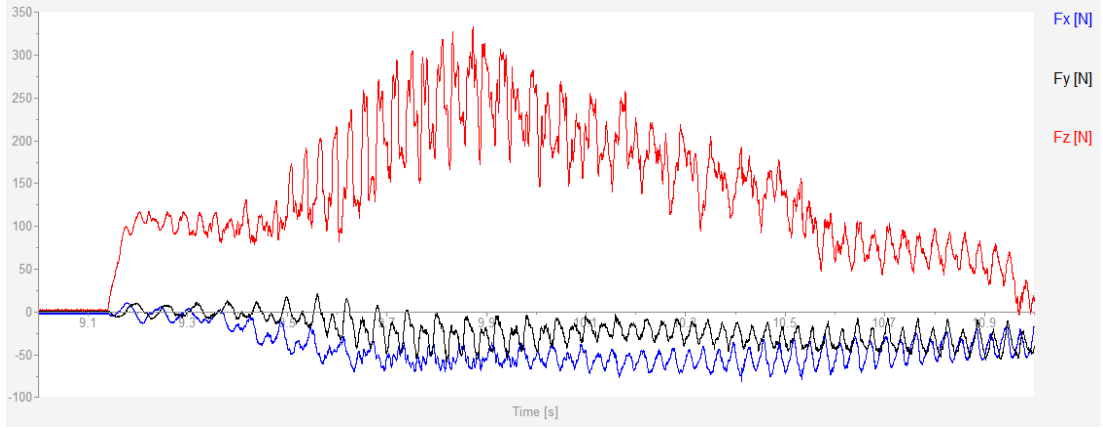
Şekil 3. G 39 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



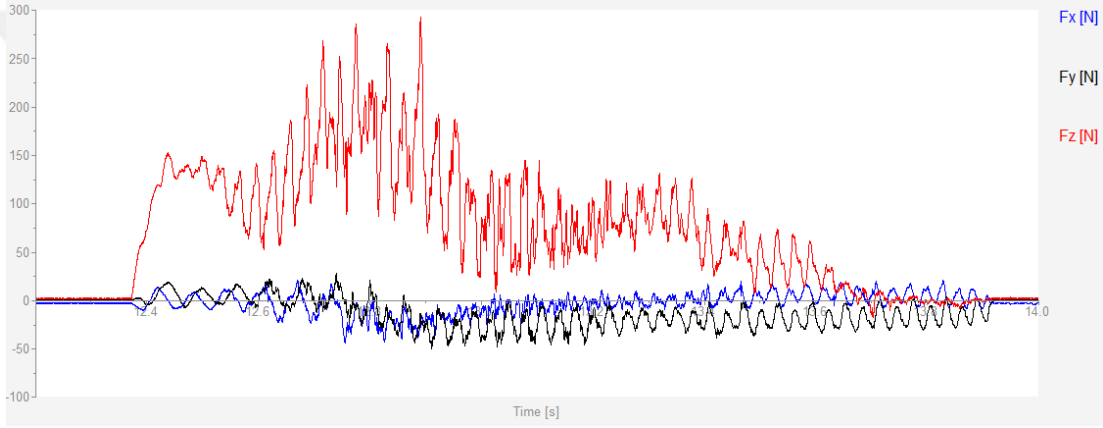
Şekil 3. H 40 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=2000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



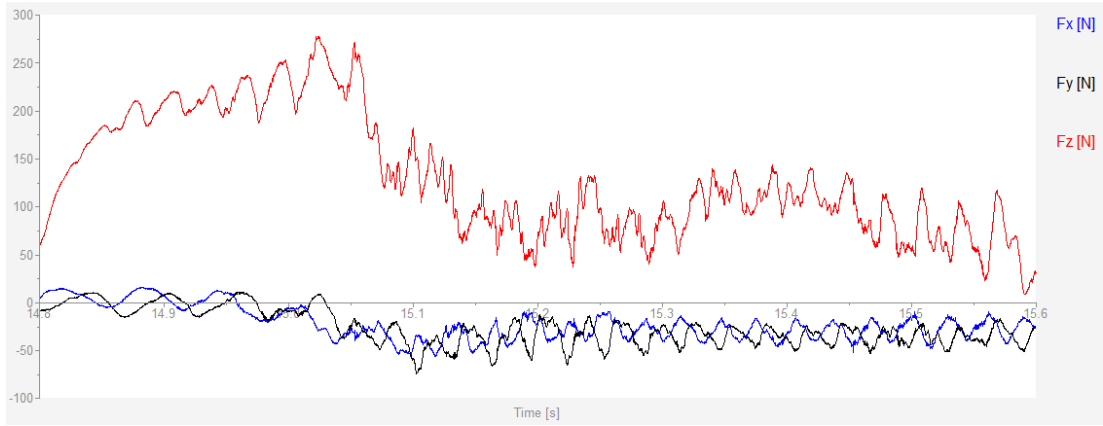
Şekil 3. İ 41 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



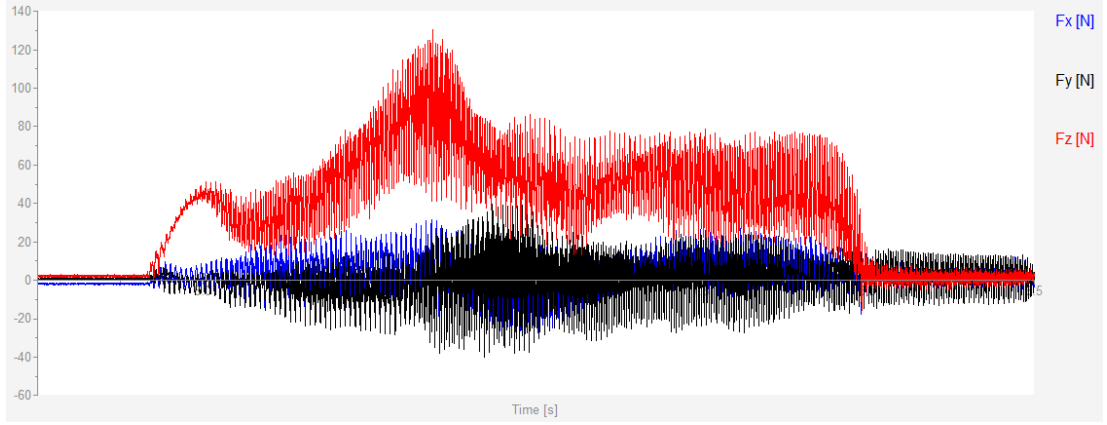
Şekil 3. J 42 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



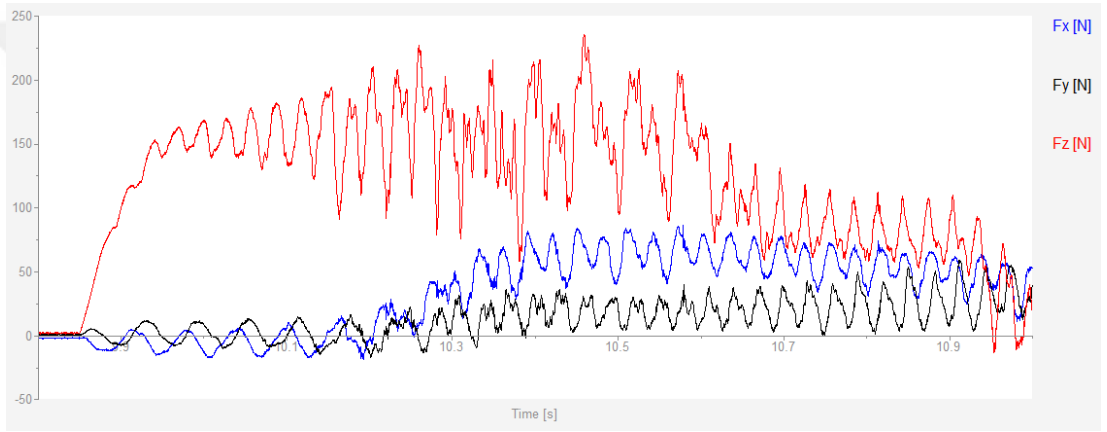
Şekil 3. K 43 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



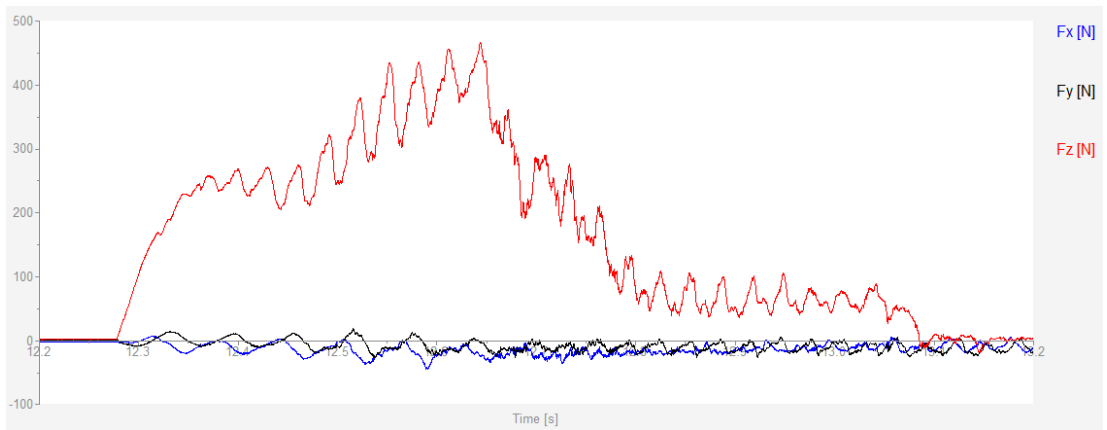
Şekil 3. L 44 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=3000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



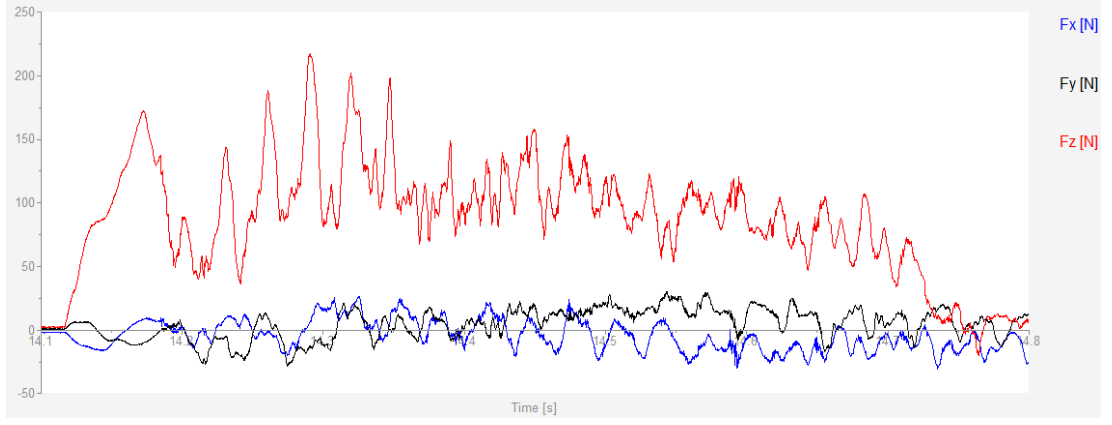
Şekil 3. M 45 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



Şekil 3. N 46 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.1$ mm/dev)



Şekil 3. O 47 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



Şekil 3. P 48 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği (KATPK, $n=4000$ dev/dak, $f=0.2$ mm/dev)



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Yoldaş, Abdurrahman
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	-

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2022
Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	2014
Lise	Atatürk Lisesi	2007

İş Denevimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2014-2017	Kredi ve Yurtlar Kurumu Halid Bin Velid Erkek Öğrenci Yurdu	Yurt Yönetim Personeli
2017-2022	D.H.M.İ Diyarbakır Havalimanı Müdürlüğü	Makine Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Özel İlgiler

Kitap okumak, müzik dinlemek, spor yapmak

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Abdurrahman Yoldaş		
Öğrenci No	20818001		
Ana Bilim Dalı	Makine Mühendisliği		
Program Türü	Proje <input type="checkbox"/>	Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/>	Doktora <input type="checkbox"/>
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Erol Kılıçkap		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Abaka Doğal Kompozitlerin Üretimi ve Delinmesinin Araştırılması		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	87		
Raporlama Tarihi	29.06.2022		
Benzerlik Oranı (%)	%24		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 29/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 24 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
Kaynaklar hariç
Alıntılar hariç/dâhil
Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Abdurrahman YOLDAŞ

Tarih: 06.07.2022

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

İmza:

Tarih: 06.07.2022

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Vedat ORUÇ

İmza:

Tarih: 06.07.2022