

# TEST VE DOĞRULAMA: YENİ NESİL KOMPOZİT YATAKLAMA ELEMANLARI

Mine ÜNLÜ CEBECİ  
Cem TANYERİ  
Doğancan KEÇELİOĞLU

## ÖZET

Hidrolik ve pnömatik sistemlerde kullanılan yataklama elemanları; aşınma direnci, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek yük taşıma kapasitesi gibi kritik performans kriterlerini karşılamak zorundadır. Ancak geleneksel yataklama malzemeleri, uzun süreli kullanımda sınırlı dayanım göstermekte ve sistem verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, son yıllarda geliştirilen kompozit bant yataklama elemanları, farklı bez tipleri, reçine bileşimleri, karışım oranları ve üretim yöntemleri açısından optimize edilerek daha yüksek performans hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, KKB kompozit bant yataklama elemanlarının performansını değerlendirmek amacıyla test ve doğrulama süreçleri incelenmiştir. Bu amaçla özel olarak tasarlanan bir yataklama test cihazı kullanılmış ve gerçekleştirilen deneyler sonucunda malzeme davranışı detaylı biçimde analiz edilmiştir. Deneysel çalışmalar kapsamında, yataklama sonucu oluşan kalıcı deformasyon miktarı ve sıcaklık artışına bağlı yük taşıma kapasitesindeki değişimler değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, kompozit bant yataklama elemanlarının farklı çalışma koşullarındaki performansını ortaya koymakta ve hidrolik-pnömatik sistemlerde kullanılabilirliğine yönelik önemli veriler sunmaktadır. Çalışmanın kapsamı, test cihazının tasarımı, uygulanan deney yöntemleri ve elde edilen sonuçların sistem performansına katkısı çerçevesinde şekillendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yataklama elemanları, kompozit bant yataklama, test cihazı, yataklama malzemeleri

## ABSTRACT

Guiding elements used in hydraulic and pneumatic systems are required to meet critical performance criteria such as wear resistance, low friction coefficient, and high load-carrying capacity. However, conventional bearing materials often show limited durability during long-term use, which may negatively affect system efficiency. Therefore, composite strip bearing elements developed in recent years have been optimized in terms of fabric type, resin composition, mixing ratios, and production methods to achieve higher performance.

In this study, the testing and validation processes of KKB composite strip Guiding elements were investigated. For this purpose, a specially designed Guiding test device was employed, and experimental studies were carried out to analyze material behavior in detail. The experiments focused on evaluating the amount of permanent deformation caused by Guiding operation and the variations in load-carrying capacity under elevated temperatures.

The findings reveal the performance characteristics of composite strip bearing elements under different operating conditions and provide valuable insights into their applicability in hydraulic and pneumatic systems. The scope of the study includes the design of the test device, the experimental

methods applied, and the contribution of the obtained results to overall system performance.

**Key words:** Guiding band, composite guiding band, guide band materials, test methods

## 1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, günümüzde rulmanlar, fren balataları, döşeme kaplamaları ve yataklama elemanları gibi çok sayıda endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yataklama elemanlarında, çelik esaslı muadillerine kıyasla düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Polimerik kompozitlerin tasarımı üzerine yürütülen çalışmalar, malzeme teknolojisindeki gelişmelerle birlikte hızla ilerlemekte olup; mühendislik polimerleri ve kompozitleri, birçok uygulamada geleneksel metal malzemelerin yerini alarak bakım maliyetlerini azaltma, ağırlık düşürme ve tasarımda esneklik sağlama potansiyeli sunmaktadır [1].

Hidrolik ve pnömatik sistemler; endüstriyel otomasyon, makine imalatı, demir-çelik, ulaşım ve enerji sektörlerinde yaygın olarak kullanılmakta olup, bu sistemlerin güvenilir ve uzun ömürlü çalışması kullanılan mekanik bileşenlerin performansına doğrudan bağlıdır. Yataklama elemanları, bu sistemlerde metal-metale teması önleme, aksenal olmayan yükleri taşıma ve sistem verimliliğini artırma gibi kritik işlevler üstlenmektedir [2]. Ancak yüksek basınç ve radyal yükler altında sürtünme kuvvetlerinin artması, uzun vadeli kullanımda aşınma ve enerji tüketimini artırarak sistem ömrünü sınırlayabilmektedir [3]. Geleneksel yataklama malzemeleri (ör. bronz, çelik, plastik bazlı malzemeler) bazı uygulamalarda yeterli performans göstermekle birlikte, değişken sıcaklık, yüksek yük ve düşük bakım gereksinimi gibi zorlu çalışma koşullarında sistem gerekliliklerini karşılamada yetersiz kalmaktadır.

Bu zorlukların aşılması amacıyla, son yıllarda kompozit bant yataklama elemanları geliştirilmiştir. Cam elyafı, karbon fiber veya aramid gibi farklı bez tiplerinin yüksek performanslı reçineler ve optimize edilmiş katkı maddeleri ile birleştirilmesi sayesinde düşük sürtünme, yüksek aşınma direnci, üstün yük taşıma kapasitesi ve geniş sıcaklık aralıklarında kararlı performans elde edilebilmektedir. Ancak bu elemanların gerçek çalışma koşullarındaki davranışını değerlendirebilmek için güvenilir test ve doğrulama yöntemlerine ihtiyaç vardır. Literatürde ise bu alanda standartlaşmış bir prosedür bulunmamakta, farklı araştırmacılar ve üreticiler kendi test düzeneklerini geliştirmektedir [4].

Bu ihtiyaca cevap verebilmek amacıyla, çalışmanın odağı, kompozit bant yataklama elemanlarının performansı, Kastaş ar-ge ekibi tarafından geliştirilen bir deney düzeneği kullanılarak sistematik biçimde incelenmiştir. Söz konusu düzener, hidrolik ve pnömatik sistemlerde karşılaşılan farklı yükleme koşullarının laboratuvar ortamında test edilmesine olanak tanımakta ve malzeme davranışının çeşitli çalışma senaryolarında değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Deneysel çalışmalar kapsamında, kalıcı deformasyon miktarı, sıcaklık artışına bağlı yük taşıma kapasitesindeki değişimler ve sürtünme kaynaklı etkiler ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu yöntem, malzeme davranışının farklı çalışma koşullarında nasıl değiştiğine dair kapsamlı veriler sunmakta ve mevcut literatüre kıyasla daha sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır.

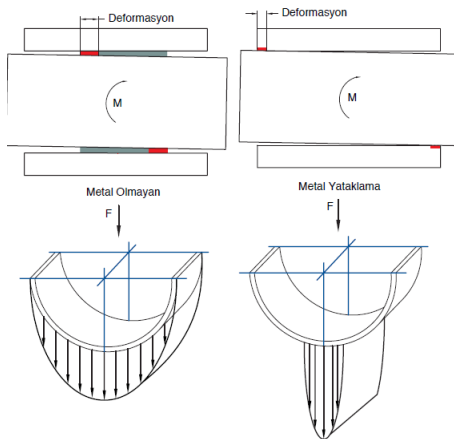
Elde edilen bulguların, kompozit bant yataklama elemanlarının endüstriyel uygulamalardaki uygunluğunu belirlemenin yanı sıra, ileride gerçekleştirilecek malzeme geliştirme ve tasarım optimizasyonu çalışmalarına da temel oluşturması beklenmektedir. Bu sayede çalışma, hem deneysel test metodolojilerine katkı sağlamakta hem de kompozit yataklama elemanlarının mühendislik uygulamalarında güvenle kullanılabilmesi için bilimsel bir çerçeveye sunmaktadır.

## 2. YENİ NESİL KOMPOZİT YATAKLAMA ELEMANI

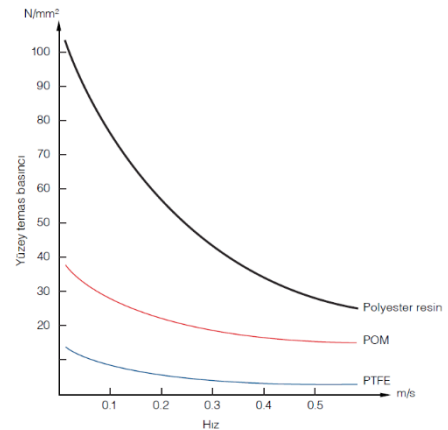
**Termoplastik Yataklama Elemanları:** POM (polioksimetilen) ve PA (poliamid) esaslı yataklama elemanları, çoğunlukla cam elyaf katkılı veya saf halde kullanılmaktadır. PA6 tabanlı kompozitlerde yapılan çalışmalar göstermiştir ki sıcaklık 25 °C'den 55 °C'ye çıktıkça Young modülü belirgin şekilde düşmekte ve maksimum temas basıncı azalmakta; bu da yük taşıma kapasitesinde önemli bir gerilemeye yol açmaktadır. [5] Bu malzemeler, düşük maliyetleri nedeniyle tercih edilmekte olup, özellikle hafif ve orta hizmet koşullarına uygun çözümler sunmaktadır. Ancak, termoplastik yapılarının karakteristiği gereği 60 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda yüzey temas basıncı düşmekte, buna bağlı olarak yük taşıma kapasiteleri azalmaktadır. Bu nedenle, yüksek sıcaklık ve ağır hizmet koşullarında kullanım sınırlıdır.

**PTFE Yataklama Elemanları:** Politetrafloroetilen (PTFE) esaslı yataklama elemanları, yüksek sıcaklık, agresif kimyasal ortamlar ve düşük sürtünme katsayısının kritik olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir. PTFE'nin tribolojik ve mekanik özellikleri, bronz, karbon veya molibden disülfid ( $MoS_2$ ) gibi katkıların oranı değiştirilerek optimize edilebilmektedir. Malzemenin iyi elastikiyet özellikleri, özellikle hassas hizalama gerektiren tasarımlarda avantaj sağlamaktadır. Bazı durumlarda, PTFE yataklamalar daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahip elemanlarla birlikte kullanılarak, ortamdaki yabancı partiküllerin tutulması ve silindir yüzeyine zarar vermesinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Uygulamalarda düşük temas basınçları nedeniyle, genellikle hafif ve orta hizmet uygulamalarında kullanılmaktadır. Kimyasal dayanım ve düşük sürtünme ihtiyacının yüksek olduğu uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Özellikle PTFE astarlı kompozit yataklarda yüksek sıcaklıklara çıkabilmektedir. [6]

**Kompozit Yataklama Elemanları:** Pamuk, polyester, aramid gibi tekstil takviyelerinin reçine sistemleri ve çeşitli dolgu malzemeleriyle birleştirilmesiyle elde edilen kompozit yataklama elemanları, yüksek yük taşıma kapasiteleri sayesinde ağır hizmet koşullarına uygun bir çözüm sunmaktadır. Lif takviyeli elastik yapıları, yataklama yüzeyinde homojen yük dağılımı oluşturarak radyal kuvvetlerin etkin şekilde karşılanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, aksel kaçıklık durumlarında elastik deformasyon yetenekleri sayesinde sistem stabilitesini korumaktadır. Reçine matris, malzemenin parça kopmalarına karşı bütünlüğünü artırırken, PTFE katkısı sürtünme kuvvetlerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Kompozit yataklama elemanları, değişken sıcaklık koşullarında boyutsal kararlılığını korumakta ve özellikle orta ve ağır hizmet silindir uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, sıcaklık ve hız artışına bağlı olarak yük taşıma kapasitesinde düşüş gözlenmektedir. Kompozit yapılar ağır hizmet koşullarında önemli avantajlar sunar; POM sürtünme testlerinde yüksek yük ve yüksek kayma hızı altında temas sıcaklığı ve aşınma hızı sınır değerlerine yaklaşmakta, ancak uygun lif/reçine kombinasyonları ile bu etkiler kontrol altına alınabilmektedir [7] Bu bağlamda, kompozit elemanlar sıcaklık ve hız değişimleri altında performans stabilitesi açısından termoplastik ve PTFE esaslı elemanlara kıyasla daha yüksek tolerans gösterebilmektedir.



Şekil 1: Metal olmayan/ Metal olan yataklama basınç dağılımı



Şekil 2: 60 °C'de yataklama elemanları yüzey temas basıncı- hız grafiği

Yeni nesil kompozit yataklama elemanları, mekanik özellikleri iyileştirilmiş sentetik liflerin (cam elyafı, aramid veya polyster bazlı dokuma kumaşlar) belirli oranlarda doymamış polyster reçine ile birleştirilmesiyle üretilmektedir. Liflerin yönlendirilmesi ve katman dizilimi, yük taşıma kapasitesi ve yüzey hassasiyetini optimize edecek şekilde tasarlanmakta olup, reçine sertleşme süresi, presleme sıcaklığı, uygulanan basınç ve vakum koşulları gibi üretim parametreleri sistematik biçimde kontrol edilmektedir. Bu sayede üretim sürecinde homojen malzeme dağılımı, yüksek bağ dayanımı ve tutarlı mekanik özellikler sağlanmaktadır.

Kompozit yapı, çekme ve basma dayanımı, elastik modül, darbe direnci ve yüzey aşınma hızı açısından geleneksel metal ve plastik yataklama malzemelerine kıyasla üstün performans göstermektedir. Özellikle düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci, dar toleranslı sistemlerde uzun ömürlü ve hassas çalışmayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca kompozit yapının ıslak ve kuru çalışma koşullarına adaptasyonu, sıcaklık değişimleri, yağsız çalışma ve mikro vibrasyonlar gibi çevresel faktörlere karşı yüksek direnç sağlamaktadır.

KKB kompozit yataklama elemanları, doğrusal, salınımlı ve düşük devirli dönme hareketlerinin bulunduğu uygulamalarda yüksek dayanıklılık ve güvenilir performans sergilemektedir. Bu elemanlar, zorlu operasyon koşullarında konvansiyonel metal veya plastik yataklamaların sınırlı performans gösterdiği durumlarda, yük taşıma kapasitesi, düşük sürtünme katsayısı ve üstün aşınma direnci ile öne çıkmaktadır. Bu tekniğin bilinen kısmını bilimsel temellere dayandırmak adına kompozit yataklama test cihazı tasarımı ve üretimi yapılarak devreye alınmıştır. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen sistematik testlerde, elde edilen sonuçlar hem kısa dönemli performans hem de uzun vadeli dayanıklılık açısından önemli veriler sunmaktadır. Bu veriler, kompozit yataklama elemanlarının tasarım optimizasyonuna ve endüstriyel uygulamalarda güvenli kullanımına bilimsel bir temel sağlamaktadır.



Şekil 3. KKB yataklama elemanı

### 3. TEST VE DOĞRULAMA

Statik ve dinamik yataklama elemanı test cihazı, yataklama elemanlarının silindirik yüzeyler içerisinde maruz kaldığı yüklerin laboratuvar ortamında gerçek çalışma koşullarına yakın biçimde simüle edilmesine olanak tanımaktadır. Kastaş Ar-Ge ekibi tarafından geliştirilen bu düzenek, yük taşıma kapasitesi ile yük altında oluşan aksel deformasyon (deplasman) arasındaki ilişkiyi nicel olarak değerlendirmeye imkân sağlamaktadır. Cihaz hem statik hem de dinamik test senaryolarını destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır ve farklı yüklemeye koşullarında malzeme performansını sistematik olarak incelemek için kullanılmaktadır.

#### 3.1 Statik Test Metodolojisi:

Statik test prosedüründe, test edilecek yataklama elemanı, önceden belirlenmiş toleranslarda

işlenmiş düz veya dairesel kesitli kanal aparatları içerisine hassas bir şekilde yerleştirilir. Bu yerleştirme sırasında, yataklama elemanının test sırasında kaymasını veya eksen dışı yüklenmesini engelleyecek uygun sıkıştırma ve hizalama kontrolleri gerçekleştirilir.

Test başlamadan önce, sistem kontrollü bir şekilde hedeflenen test sıcaklığına getirilir. Bu sıcaklık, genellikle yataklama elemanının kullanım alanındaki nominal servis sıcaklığına tekabül edecek şekilde belirlenir. Böylece malzeme genleşmeleri ve sıcaklık kaynaklı mekanik özellik değişimleri test sonuçlarına entegre edilebilir.

Isıl denge sağlandıktan sonra, test cihazı sabit hızda çalışan bir yük uygulama mekanizması (örneğin servo-hidrolik silindir) vasıtasıyla yataklama elemanına aksenal yönde kuvvet uygular. Bu kuvvet uygulaması sırasında, zamana bağlı olarak deformasyon miktarı hassas deplasman sensörleri aracılığıyla sürekli olarak izlenir ve kayıt altına alınır.

Statik test, yataklama elemanının teknik veri sayfalarında belirtilen **maksimum izin verilen yüzey basıncı** sınırına veya sistemin mekanik olarak izin verdiği **maksimum ezilme (kalıcı deformasyon) limitine** kadar sürdürülür. Böylece malzemenin elastik ve plastik deformasyon davranışları gözlemlenir.

Testin sonunda elde edilen verilerden;

- Yük – deplasman eğrisi çizilir,
- Elastik sınır ve akma noktası tayin edilir,
- Kalıcı deformasyon miktarı hesaplanır,
- Belirli bir deformasyon seviyesindeki yük taşıma kapasitesi (N/mm<sup>2</sup> cinsinden) raporlanır.

Bu test yöntemi, yataklama elemanının mekanik dayanımı ve ömrü hakkında öngörüle bulunmayı sağlar. Ayrıca tasarım aşamasında kanal geometrilerinin ve malzeme seçiminin doğruluğu açısından önemli bir mühendislik girdisi oluşturur.



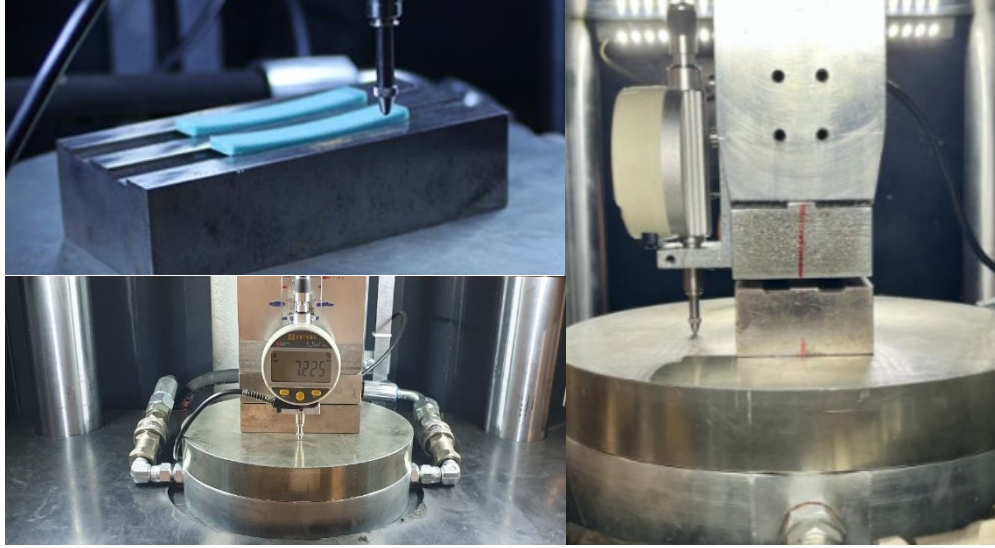
**Şekil 4:** Yataklama Test Cihazı

Çalışmanın giriş bölümünde, yataklama elemanlarının işlevi ve hidrolik-pnömatik sistemlerdeki kullanım amaçları verilmiştir. Devamında, kompozit yataklama elemanlarının yapısal özellikleri ile performanslarının değerlendirilmesi için kullanılan test cihazı hakkında bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ise, üç farklı tip kompozit yataklama elemanının deneysel

testleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

### 3.2 Yataklama Ürünlerinin Test Edilmesi

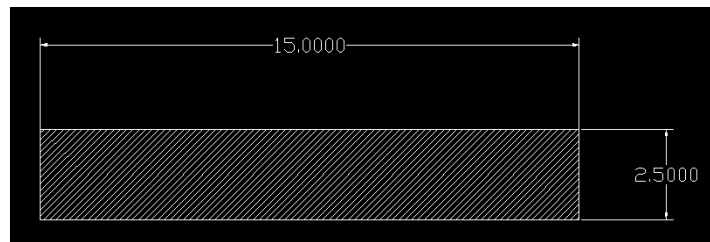
Çalışmada, Kastaş tarafından geliştirilen yeni nesil kompozit yataklama elemanı, mevcut ürün ve piyasadan temin edilen ürün olmak üzere üç farklı ürün test edilmiştir. Her bir numune, bant yataklamaya uygun kanal ölçüsünde hazırlanmış ve ilgili aparata yerleştirilerek test süreci başlatılmıştır.



Şekil 5: Test Adımları

24°C'de Kastaş tarafından geliştirilen yeni nesil ürün, mevcut ürün ve piyasadan tedarik edilen ürünlerin test sonuçları incelenmiş, yük taşıma kabiliyetinin etkilenme (düşüş) sırası çalışılmıştır.

Testi yapılan ürünün kesiti 15x2,5mm'dir.



Şekil 6: Ürün Kesiti

Test sonuçlarını yorumlarken kullanılan kısaltmalar aşağıda belirtilmiştir.

Kastaş tarafından geliştirilen yeni nesil kompozit yataklama: Yeni Nesil KKB

Mevcut kompozit bant yataklama: Numune 1

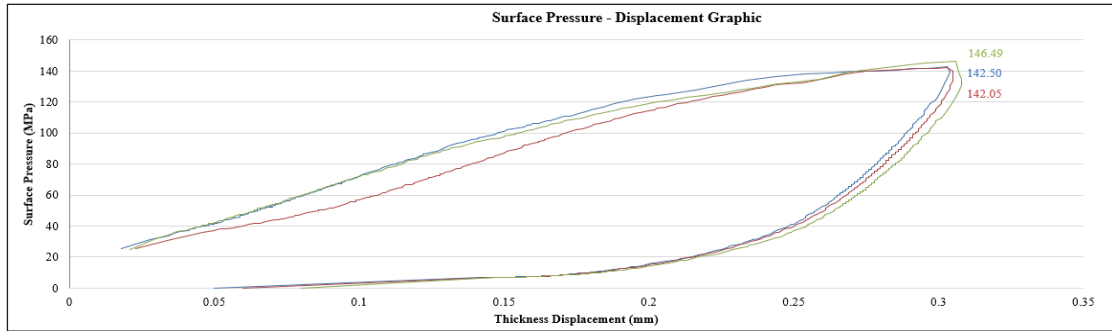
Piyasadan tedarik edilen yataklama: Numune 2

## 4.2 Test Sonuçlarının İncelenmesi

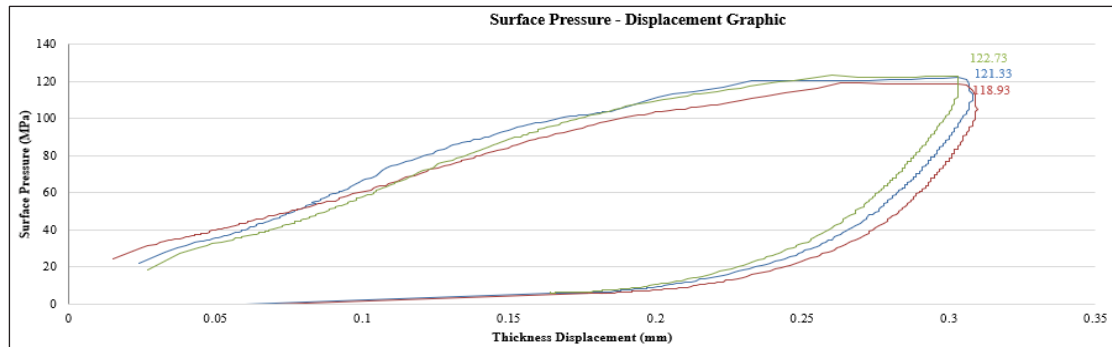
**Tablo 1:** 24°C-0.3 mm Deplasmanda Meydana Gelen Yüzey Basıncı Ve Kalıcı Deformasyon

24°C		
Test Ürün	0.3 mm Deplasman	
	Yüzey Basıncı	Kalıcı Deformasyon
	(MPa)	(mm)
Numune 2	120,99	-0,06
Numune 1	87,7	-0,06
Yeni Nesil KKB	143,68	-0,06

Yeni nesil kompozit yataklama KKB testi 3 test numunesi ile gerçekleştirilmiştir. Test monitöründen sırasıyla 146.49 MPa, 142.50 MPa ve 142.05 MPa değerleri okunmuştur.

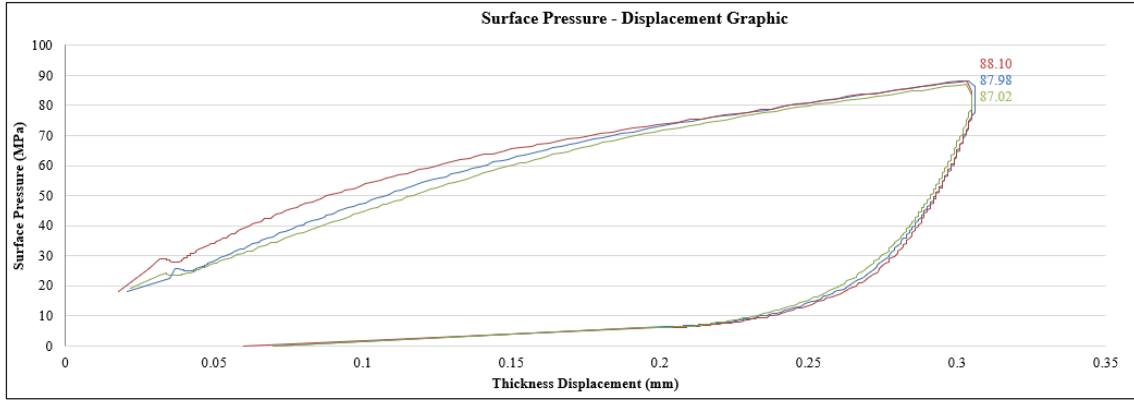


Mevcut kompozit yataklama numune1 testi 3 test numunesi ile gerçekleştirilmiştir. Test monitöründen sırasıyla 122.73 MPa, 121.33 MPa ve 118.93 MPa değerleri okunmuştur.



**Grafik 2:** Numune 1 Test Sonucu

Piyasadan tedarik edilen yataklama numune2, 3 test numunesi ile gerçekleştirilmiştir. Test monitöründen sırasıyla 88.10 MPa, 87.98 MPa ve 87.02 MPa değerleri okunmuştur.



**Grafik 3:** Numune 2 Test Sonucu

Ek olarak 80°C' de yeni nesil ürün, mevcut ürün: Numune 1 ve piyasadan tedarik edilen yataklama: Numune 2 ürünlerin test sonuçları incelenmiş, yük taşıma kabiliyetinin etkilenme (düşüş) sırası çalışılmıştır.

**Tablo 2:** 80°C-0.3 mm deplasmanda meydana gelen yüzey Basınçları ve Kalıcı Deformasyon

0.3 mm Deplasman				
Test Ürün	Sıcaklık (°C)	Yüzey Basıncı (MPa)	Yüzey Basıncı Sıcaklığa Bağlı Yüzdesel Düşüş (%)	Kalıcı Deformasyon(mm)
Numune 1	80	95,01	-21,47	-0,10
Numune 2	80	60,5	-31,01	-0,09
Yeni Nesil KKB	80	115,72	-19,46	-0,09

#### 4. SONUC

Bu çalışmada, hidrolik ve pnömatik sistemlerde kullanılan yataklama elemanlarının performansını değerlendirmek amacıyla geliştirilen test düzeneği kullanılarak üç farklı kompozit bant yataklama elemanı sistematik olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, malzemelerin yük taşıma kapasitesi, kalıcı deformasyon davranışı ve sıcaklığa bağlı mekanik özellik değişimlerini karşılaştırmalı biçimde ortaya koymuştur.

24 °C'de gerçekleştirilen testlerde, yeni nesil KKB kompozit yataklama elemanı, mevcut ürün ve

piyasadan tedarik edilen numuneye kıyasla daha yüksek yüzey basıncı değerlerine ulaşmış ve kalıcı deformasyon açısından benzer düzeyde stabil davranış sergilemiştir. Bu durum, yeni nesil malzemenin düşük sıcaklık koşullarında daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. 80 °C'de gerçekleştirilen deneylerde ise tüm numunelerde yük taşıma kapasitesinde azalma gözlenmiş, ancak bu azalma en düşük oranda yeni nesil KKB kompozit yataklama elemanında gerçekleşmiştir. Böylece yüksek sıcaklık koşullarında dahi malzemenin performans kararlılığını koruduğu doğrulanmıştır.

Elde edilen bulgular, yeni nesil kompozit yataklama elemanlarının, özellikle sıcaklık dalgalanmalarının yoğun olduğu ve yüksek yüklerin söz konusu olduğu endüstriyel uygulamalarda daha uzun ömürlü ve güvenilir bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, geliştirilen test düzeneği, yataklama elemanlarının hem kısa vadeli hem de uzun süreli performanslarının laboratuvar ortamında tekrarlanabilir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu durum, literatürde belirtilen standart test prosedürlerinin eksikliğini gidermeye yönelik önemli bir katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında, deneylerin belirli sıcaklık aralıkları ve sınırlı sayıda numune ile gerçekleştirilmiş olması yer almaktadır. Gelecekte, farklı lif tipleri, reçine sistemleri ve dolgu malzemeleri kullanılarak üretilmiş kompozitlerin karşılaştırılması, sürtünme katsayısı ve aşınma hızı gibi tribolojik parametrelerin uzun süreli testlerle değerlendirilmesi ve gerçek saha koşullarının daha kapsamlı biçimde simüle edilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile hem yeni nesil KKB kompozit bant yataklama elemanlarının endüstriyel uygulamadaki potansiyeli ortaya konulmuş hem de yataklama elemanlarının sistematik olarak test edilmesine yönelik bilimsel bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hidrolik ve pnömatik sistemlerde kullanılan yataklama teknolojilerinin geliştirilmesine katkı sunmakta ve gelecekte yapılacak malzeme optimizasyonu çalışmalarına temel oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] I.R. Ahmed, A.W. Yousry. Tribological Properties of Polyester Composites: Effect of Vegetable Oils and Polymer Fibers. Egypt. Edited by M. Saleh. 2012; 1.
- [2] P.J. Gamez-Montero, Misalignment Effects On The Load Capacity Of A Hydraulic Cylinder. Spain. 2008; 3
- [3] J. Pustavrh, A. Trajkovski, M.Polajnar. Analysis of Different Guide Elements' Designs in Hydraulic Cylinders. Slovenia. 2025; 2
- [4] Y.Anand, V. Dutta. Advanced Materials Manufacturing & Characterization, "Testing of Composites: A Review", Katra. 2012; 363
- [5] Study of the Influence of Temperature on Contact Pressures and Resource of Metal-Polymer Plain Bearings with Filled Polyamide PA6 Bushing, Myron Chernets. Switzerland 2022
- [6] *Performance of PTFE-Lined Composite Journal Bearings* (Harold E. Sliney ve F. J. Williams, NASA Technical Memorandum), Ohio, May 10-13, 1982
- [7] Influence of load, sliding speed and heat-sink volume on the tribological behaviour of polyoxymethylene (POM) sliding against steel; M. Shoaib, N. Siddiqui, Slovenia, 2022

## ÖZGEÇMİŞ

### Mine CEBECİ ÜNLÜ

1994 yılı Muğla doğumludur. 2018 yılında Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Aynı yıl Sistem Global Danışmanlık şirketinde Proje Danışmanı olarak çalışmaya başlamıştır. Akabinde soğutma sektöründe Ar-Ge mühendisi olarak farklı firmalarda görev yapmıştır. 2022 yılından bu yana Kastaş Sızdırmazlık Teknolojilerinde Kıdemli Ar-Ge mühendisi olarak çalışmaktadır.

### Cem TANYERİ

1986 yılı İzmir doğumludur. 2009 yılında SDÜ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2012 yılında Ege Üniversite Sosyal Bilimler Enstitüsünde İşletme yönetimi yüksek lisansını tamamlamıştır. 2022 yılında İKÇÜ Fen Bilimleri Fakültesi Malzeme Bölümünde Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. KLS Klima şirketinde üretim ve proje mühendisi olarak; Emas şirketinde satınalma mühendisi olarak çalışmıştır. 2013 yılından bu yana Kastaş Sızdırmazlık Teknolojilerinde çalışmakta ve Test Merkezi ve Simülasyon Müdürü görevini yerine getirmektedir.

### Doğancan KEÇELİOĞLU

1996 yılı İzmir doğumludur. 2020 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliğinden mezun olmuştur. 2021 yılında BSK Global şirketinde Tasarım Mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. Daha sonrasında Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri firmasında Proje ve Tasarım Mühendisi olarak çalışmaya başlamış ve şu anda aynı firmada Kıdemli Proje ve Tasarım mühendisi olarak meslek hayatına devam etmektedir.