

# SİLİNDİR İMALATINDA YATAKLAMA MALZEMELERİNİN ÖNEMİ

Arden AREVYAN

## ÖZET

Yataklama elemanları, Hidrolik ve Pnömatik silindir imalatında sızdırmazlığın yardımcı elemanları olarak önemli görevler üstlenirler. Silindirlerde kullanılan sızdırmazlık elemanlarının verimi ,yataklama elemanlarının doğru seçimine ve kalitesine yakından bağlıdır.

## GİRİŞ

Yataklama elemanlarının doğru seçimi için gereken temel bilgiler ve takip edilmesi gereken yolu özetlemek gerekirse;

- 1-Yataklama elemanlarının tarifi.
- 2-Yataklama malzemeleri seçimi için gereken temel bilgiler.
- 3-Taşıma kapasitesi hesap yöntemi.
- 4-Malzemelerin taşıma kapasiteleri ve değişik ortamlardaki davranışları.
- 5-Yataklama elemanlarının sistem basıncı üstündeki etkileri.
- 6-Yataklama elemanlarının koruyuculuk etkileri.
- 7-Farklı yataklama elemanlarının bir arada kullanma yöntemleri ve avantajları.

## 1-YATAKLAMA ELEMANLARININ TARİFİ

Eksenel veya radial hareket eden yüzeylerin birbirlerine temas etmeden hareket etmelerini minimum sürtünme ve maximum taşıma kapasitesiyle sağlayan elemanlara denir. Günümüzde metal yataklamaların yerini plastik elemanlar almıştır. Bunun nedeni metal yataklamaların esneme özelliklerinin az , yataklama yüzeylerinin dar, yağlama fonksiyonlarının düşük olmasıdır .

## 2-YATAKLAMA MALZEMELERİ SEÇİMİ İÇİN GEREKEN TEMEL BİLGİLER

Doğru yataklama seçimi birçok parametreye bağlıdır . Çalışma şartları dikkatle incelenmeli ve elde edilen bilgiler , malzeme özellikleriyle karşılaştırarak seçime gidilmelidir . Bu aşamada yapılacak hatalar ilerde sızdırmazlık elemanlarının çabuk devre dışı kalmasına ve madeni yüzeylerin hasar görmesine neden olacaktır.

- 2.A-Malzeme sürtünme katsayısının önemi.
- 2.B-Malzeme taşıma kapasitesi.
- 2.C-Sıcaklık etkisi altında deformasyon.
- 2.D-Kullanıldığı yüzey uygunluğu.
- 2.E-Çalışma ortamının uygunluğu.

## 2.A-Malzeme sürtünme katsayısının önemi

Yataklama olarak seçilen malzemelerin sürtünme katsayısının düşük olması , yataklanan yüzeyin hareketini kolaylaştırdığı gibi aşınmalarıda minimuma indirir. Ayrıca hareket için gereken enerjinin az olması hassas ve düşük basınçlı sistemlerde tercih sebebidir.

Düşük basınçlı pnömatik silindir ve valfler , yüksek hızlarda çalışan ve seri hareket eden silindir ve aksamlarının yataklanmasında sürtünme katsayısı ön plana çıkar.

Öncelikle PTFE ( Politetrafluoretilen ) yataklamalar bu uygulamalar için çok elverişlidir. Sırası ile Donatılı Fenol reçine yataklar ve Asetal reçine yataklar gelir.

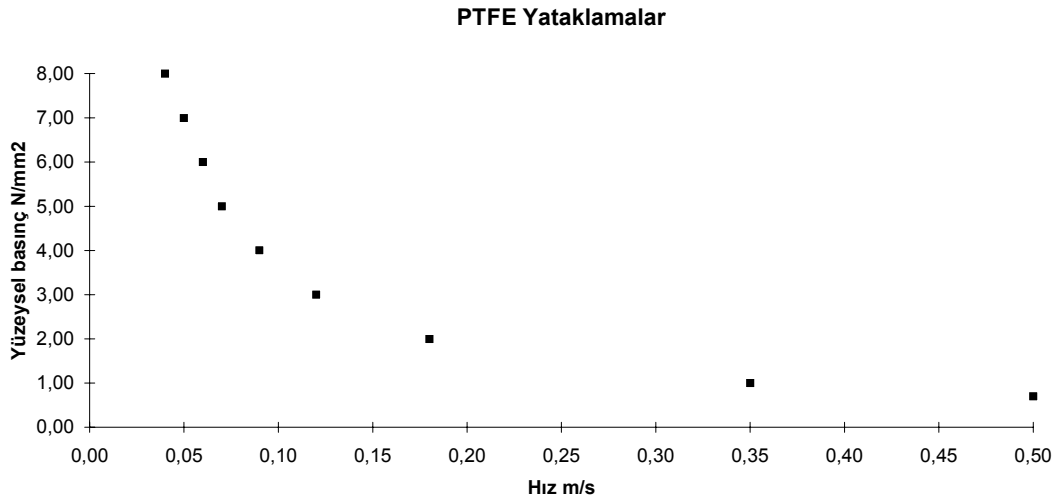
Yağlamalı ortamda sürtünme kat sayıları . PTFE / 0.05 - 0.09 , Fiber / 0.08 , Asetal / 0.10 - 0.20

## 2.B-Malzeme taşıma kapasitesi

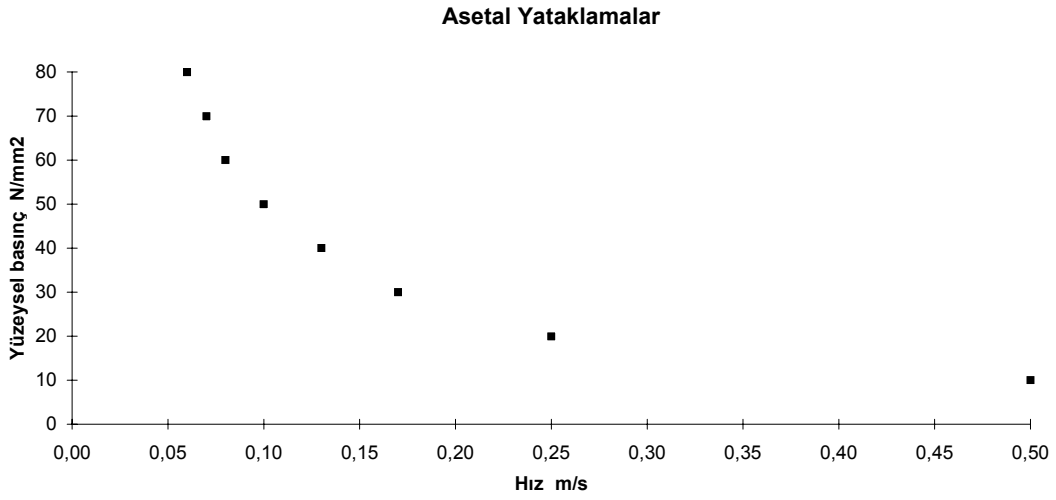
Yataklama yüzeyine dik gelen kuvvetler altında şekil değişikliğine uğramadan taşıyabileceği N/mm<sup>2</sup> cinsinden yüke taşıma kapasitesi denir.

Malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısı yük taşıma kapasitesini etkiler. Ortam sıcaklığından az etkilenen , nem emme kapasitesi düşük , genleşme ve sürtünme kat sayısı düşük malzemeler tercih edilmelidir.

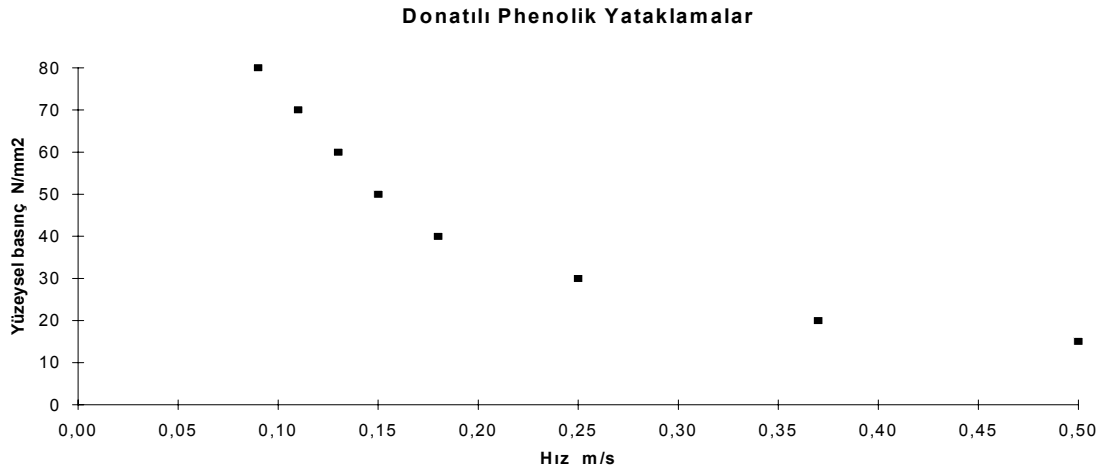
Yüzeysel hız faktörünün taşıma kapasitesi üstündeki etkisi aşağıdaki tablolarda olduğu gibidir.



**Şekil 1.** PTFE yataklamaların hız / baskı kuvveti diagramı



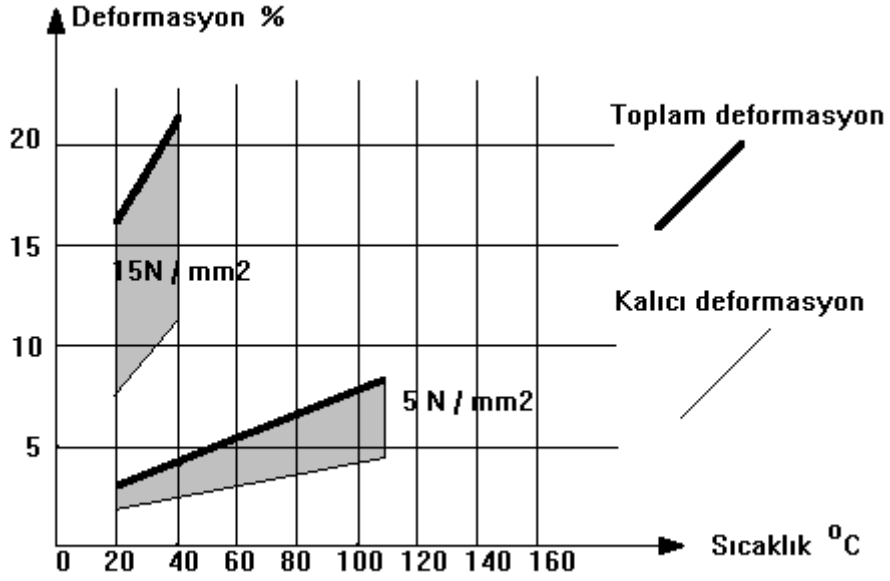
**Şekil 2.** Asetal reçin yataklamaların hız / baskı kuvveti diagramı



**Şekil 3.** Donatılı Fenol yataklamaların hız / baskı kuvveti diagramı

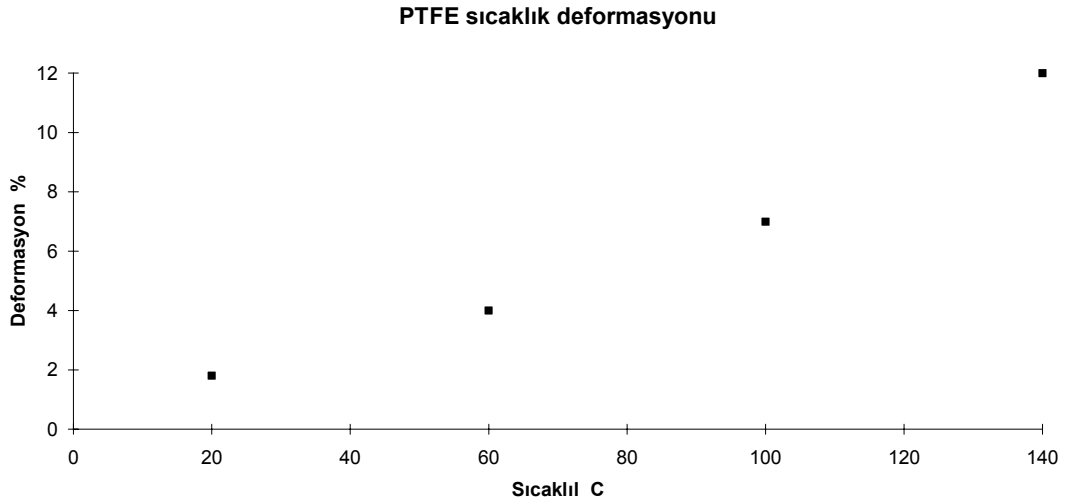
### 2.C-Sıcaklık etkisi altında deformasyon

Ortam sıcaklığı plastik malzemelerin yumuşamasına neden olur . İçerdikleri katkı maddeleri ve kimyevi yapıları sığağa karşı dirençlerini farklı kılar.



Şekil 4. PTFE malzemelerde kalıcı deformasyon

Fenol reçinelerde pamuklu donatı, acetal reçinelerde cam elyafı , PTFE malzemelerde bronz, karbon genişmeyi ve yumuşamayı kontrol altında tutar. Ancak malzemelerin yapısal karakterleri üstünde çok büyük farklılıklar yaratamazlar.



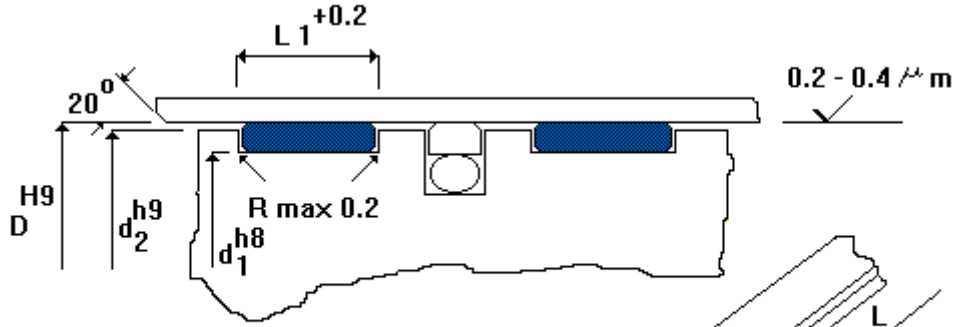
5 N / mm<sup>2</sup> yük altında 100 saat.

Şekil 5 . PTFE malzemenin baskı altında sıcaklık / deformasyon diagramı

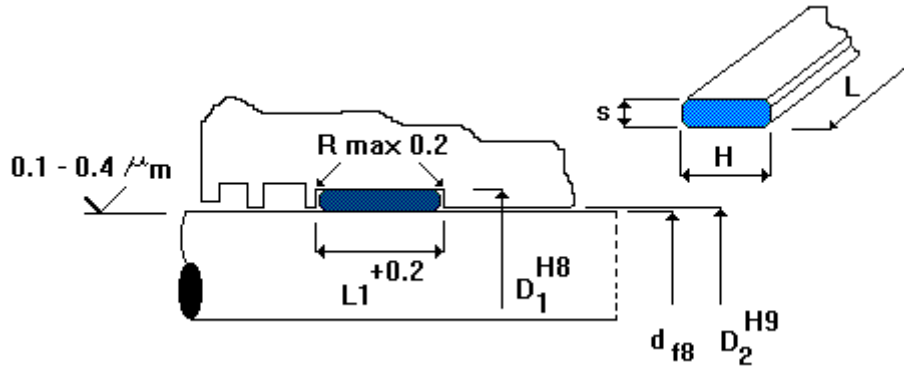
Sıcak ortamda enaz deformasyona maruz kalan malzeme Donatılı Fenol Reçinelerdir . Sırası ile Asetal reçineler ve PTFE gelir.

## 2.D-Kullanıldığı yüzey ve tolerans uygunluğu

Yataklama malzemesi	Özellik	Yüzey
PTFE + Bronz	Aşınmaya dayanıklı	Sert krom kaplı yüzey, sertleştirilmiş yüzey
PTFE + Karbon Grafit	Kimyasal ortam , su	Yumuşak yüzey , paslanmaz , alüminyum , bronz
PTFE + Karbon elyaf	Aşımaya dayanıklı	Pnömatik , hidrolik , su hidroliği . Yumuşak yüzey
PTFE + Cam elyaf	Su , buhar , hidrolik	Sertleştirilmiş yüzey , sert krom kaplı yüzey
UHMWPE	Gıda yönetmeliğine uygun , aşınmaya	Sertleştirilmiş yüzey , paslanmaz
Fiber	Ağır yük taşıma ve aşınmaya dayanıklı	Sert krom kaplı yüzey , sertleştirilmiş yüzey



Piston uygulamalarında yüzey ve yuva toleransları



Mil uygulamalarında yüzey ve yuva toleransları

## 2.E-Kullanıldığı ortama uygunluğu

UYGULAMA ALANLARI	Donatılı fenol reçine / Fiber	Asetal reçine	PTFE
Endüstriyel hidrolik	X	X	X
Zirai hidrolik		X	
Mobil hidrolik	X		
Su hidroliği			X
Gıda endüstri			X
Pnömatik		X	X

### Donatılı Fenol Reçine - Fiber

Taşıma kapasitesi yüksek ve sürekli çalışma sıcaklığı  $120^{\circ}\text{C}$  olan ağır şartlar için çok elverişlidir. Malzemenin kaliteli olması için pamuklu donatının yeterli sıklıkta ve bağlayıcı reçinenin katmanlar arasında kuvvetli yapıştırma özelliğine sahip olması gerekir , aksi takdirde malzemede laminal çözülmeler görülebilir.

Dairesel sarımlı dolu kütükten tornalanarak imal edildiği gibi belli kalınlık ve enlerde şerit halinde üretilmektedir. Şerit boyları 5-10 metre olup büyük çaplarda kullanılması tavsiye edilir. Küçük çaplı yuvalarda şekil verme zorluğu nedeniyle tercih edilmezler.

Şerit halinde üretilen ve fiber malzemeye benzerliği nedeniyle yanılıya yol açabilecek diğer bir malzeme Polyester yataklama şeritleridir. Özellikleri fiber malzemeden düşüktür . Sert ve yağ emme kapasiteleri yoktur.Parçacıkları bünyelerine kabul etmezler ve yüzey çizilmelerine neden olurlar.

Fiber yataklar , hidrolik sistemlerde sıkça karşılaşılan “ Dizel Effect “ olayına dayanıklıdır.

### Asetal Reçine

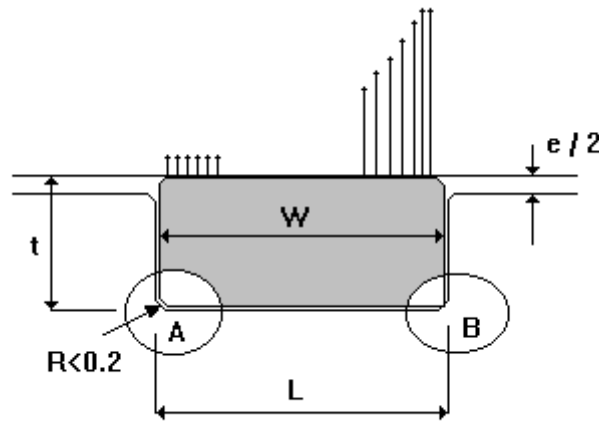
Termoplastik olan bu malzeme diğer plastiklerden daha ucuzdur. Katkılı ve katkısız tipleri mevcut olup, cam elyafı olanı en yaygın kullanılanıdır. Bu malzemenin sertliği ve buna bağlı olarak yük taşıma kapasitesi  $50-60^{\circ}\text{C}$  'den sonra azalmaya başlar bu nedenle ağır şartlarda ve sıcak ortamlarda kullanılması tavsiye edilmez.

### PTFE

Sürtünme , yapışma , hız ve kimyasal dayanım söz konusu olduğunda diğer bütün malzemeleri geride bırakır.Zayıf noktası , yumuşak olan bu malzeme yük altında kolay deforme olur , bu nedenle yük taşıma kapasitesi az ve akma sınırı düşüktür.

### 3-TAŞIMA KAPASİTESİ HESAP YÖNTEMİ VE BOYUTLANDIRMA

Plastik yataklamaların elastik deformasyon özelliğinden geniş bir yataklama yüzeyi elde etmek mümkündür. Yataklama yüzeyinin 50 % 'si yük karşılayabilme özelliğine sahiptir. Dinamik , ivme , titreşim ve açılma kuvvetler hesaplanırken ayrıca dikkate alınması gerekir.



Şekil 6. Yataklama yuvalarının doğru boyutlandırılması

Yataklama elemanlarının köşeleri yuvarlatılmış olması gerekir. Konum "A" da görüldüğü gibi yuvarlatılmış kenarlı yataklama sürtünme yüzeyine sabit bir baskı kuvveti uygular. Konum "B" de bu uygulamanın aksi görülmektedir. Kenarlı yuvarlatılmamış yataklama özellikle yataklama uç bölümlerinde çok aşırı baskı kuvvetleri oluşmasına neden olur. Hatalı uygulamalarda yataklama uç bölümlerinde parçalanma ve aşınma oluşur.

#### Boyutlandırma Parametreleri

W : Yataklama eni  
D : Yataklama çapı  
t : Yataklama et kalınlığı

Yataklama seçimi için gereken boyutlandırma bilgileri.

Yataklama eni yataklama çapını kesinlikle geçmemeli.  $W < D$

Uzun stroklu silindirlerde geniş yataklama kullanma yerine aralıklı birkaç yatak kullanılması tavsiye edilir.

Tavsiye edilen yataklama en / çap oranı ;

Mil yataklamaları için  $W > 0.20 \times D$

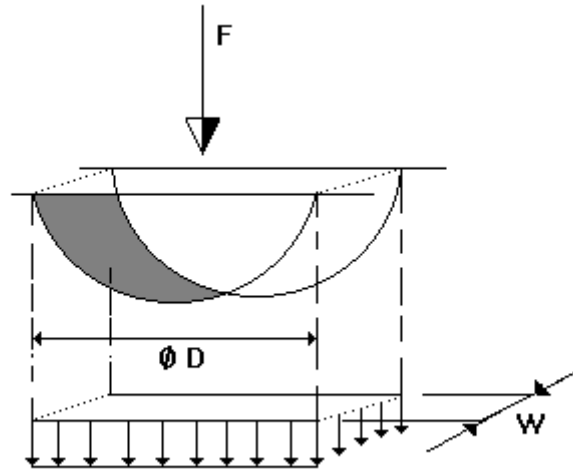
Piston yataklamaları için  $W > 0.10 \times D$

Tavsiye edilen yataklama en / kalınlık oranı  $W > 4 \times t$

Fiber yataklamaların şekil değişimleri oldukça azdır . Oda sıcaklığında 120 N/mm<sup>2</sup> yük altında 7 -8 % mertebesindedir. Kalın et kalınlıkları deformasyon açısından sakıncalı değildir , bu özelliğine rağmen küçük çaplarda kalın et kalınlığı tavsiye edilmez . Montaj zorluğu yanı sıra kanal işleme maliyetlerini artmasına neden olur.

Çaplara göre tavsiye edilen et kalınlıkları.

Çap / mm	Et kalınlığı / mm
12 - 50	1.50 - 2.00
40 - 280	2.50 - 3.00
160 - 400	4.00
350 - 1500	5.00



Şekil 7. Yataklama elemanlarının yük taşıma diagramı

## TAŞIMA KAPASİTESİ HESAP YÖNTEMİ

W = Yataklama eni (mm)  
 F = Radial kuvvet (N)  
 e = Emniyet katsayısı (2)  
 s = Yüzeysel basınç (N/mm<sup>2</sup>)  
 D = Silindir çapı (mm)  
 d = Mil çapı (mm)  
 V = Max hız (m/s)

Yataklama teorik yük dağılımının 50 % 'si plastik yataklamalar tarafından karşılandığı için kullanılan hesap yönteminde emniyet kat sayısı 2 seçilmiştir. Madeni yataklamalarda bu kat sayı çok daha fazladır.

Taşıma kapasitesi hesap yöntemi sonucu ihtiyaç duyulan yataklama eni hesaplanır.

### Örnek:

$$W = ( F \times e ) : ( s \times D )$$

$$F = 50.000 \text{ N}$$

$$e = 2$$

$$V = 0.25 \text{ m/s}$$

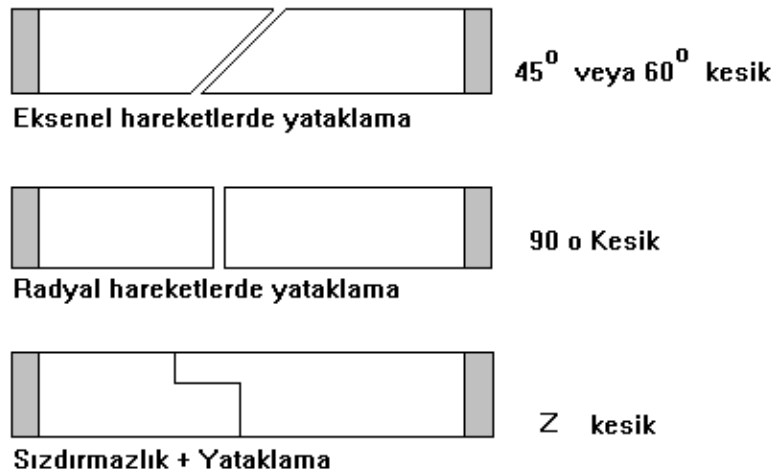
$$s = 30 \text{ N / mm}^2 \text{ ( bakınız Tablo : 3 )}$$

$$D = 150 \text{ mm}$$

$$W = ( 50.000 \times 2 ) : ( 30 \times 150 ) = 22.22 \text{ mm} \quad \text{Kullanılacak yatak eni 25 mm}$$

## 5-YATAKLAMA ELEMANLARININ SİSTEM BASINCI ÜSTÜNDEKİ ETKİLERİ

Yataklama elemanları kendi fonksiyonları dışında sistem basıncını tolere ederek sızdırmazlık elemanlarını koruyabilirler. Şayet bu yönde bir kullanım gerekiyorsa tercih edilecek malzeme öncelikle PTFE olmalıdır. Yumuşak oluşu ve yüzeye kolay uyum sağlaması akışkanın belli bir oranda sızdırmazlığını sağlar. Kesim şekli olarak özellikle " Z " kesik kullanılmalıdır.



Şekil 8. Muhtelif yataklama uygulamaları



Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta , “ k “ çalışma aralığı az veya hiç olmayan yataklamalar veya “ Z “ tipi yataklamalar sızdırmazlık elemanı yönünde hidrodinamik basınçların doğmasına nede olabilirler. Bu basınç , sistem basıncına eklendiğinde sızdırmazlık elemanlarına zarar verebilir.

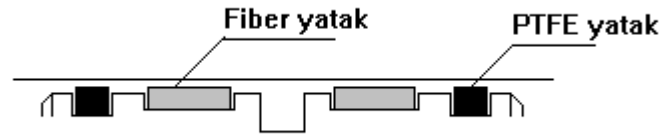
Normal uygulamalarda hidrodinamik basınçları önlemek için hareket yönünde yağ geçişini sağlayacak kanallar açılabilir.

## 6-YATAKLAMA ELEMANLARININ KORUYUCULUK ETKİLERİ

Filtrasyon eksiklikleri ,toz keçeleri yetersizliği ve bakım azlığı nedeniyle sistemde bulunan yağ veya diğer akışkanlarda parçacık ve kirlilik sıkça raslanan olaylardandır. Özellikle ufak madeni parçacıklar sert yüzeyler arasına sıkıştıklarında yüzeylerin aşınmasına ve çizilmesine neden olurlar. Bu şekilde zarar görmüş bir yüzeyde sızdırmazlık elemanı ömrü çok kısa olacağı gibi madeni parçacıkların sızdırmazlık elemanına doğrudan zararları oldukça fazladır.

Sitemde dolaşan bu parçacıklar doğru seçilecek yataklama elemanları tarafından yakalanır ve bünyelerinde depolanır. Özellikle PTFE yataklamalar yumuşak olmaları nedeniyle madeni parçacıkları bünyelerine çok kolay kabul ederler ve yüzey çizilmelerine engel olurlar.

Fiber yataklamaların da belli bir oranda parçacık emme kapasiteleri vardır ancak malzeme sertliği arttıkça yüzeyi çizme riski artar.



Piston yataklamaları için tercih edilen yöntem , dış bölgelerde PTFE yataklamalar yardımıyla parçacıkları orta bölgeden uzaklaştırmak ve belli bir oranda yük taşıtmak , ana yük taşıma görevini ikinci kademedeki kullanılacak Fiber yataklamalarla sağlamak. Böylece orta bölgede bulunan sızdırmazlık elemanını en üst seviyede korumaktır.

Hidrolik sistemlerde sıkça raslanan “ Dizel Effect “ olayından kaynaklanan zararları asgariye indirmek ve yanma noktasını sızdırmazlık elemanlarından uzaklaştırmak için Fiber yataklamalardan yararlanılır. Sıcağa ve basınca çok dayanıklı olan bu malzeme belli bir oranda problemleri çözümler.

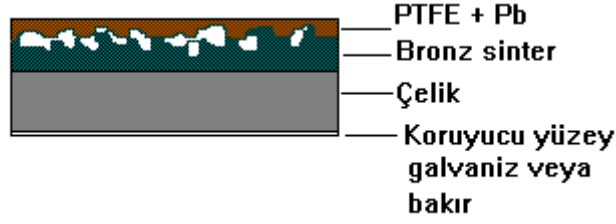
## 7-FARKLI YATAKLAMA MALZEMELERİ VE DEĞİŞİK KULLANIMLAR

Mevcut sistem ve malzemeler bazı uygulamalar için yetersiz kalabilir , veya malzemelerin iyi özelliklerinden faydalanarak farklı sistemler yaratılabilir.

### KENDİNDEN YAĞLAMALI BURÇLAR

Kendinden Yağlamalı Yataklar bu sınıf için iyi bir örnek oluşturur.

PTFE malzemenin düşük sürtünme ve kaydırma özelliklerinden faydalanarak üretilen bu malzeme mevcut diğer bütün yataklamalardan daha üstündür. Özellikle mil yataklaması olarak çok ağır şartlarda kullanılması tavsiye edilir.



Şekil 9. Kendinden yağlamalı yatak kesiti

Malzeme yapısı, çelik veya bronz bir gövde üstüne bronz sinter kaplama ve sürtünme yüzeyi olarak PTFE + kurşun malzemeden oluşmaktadır.

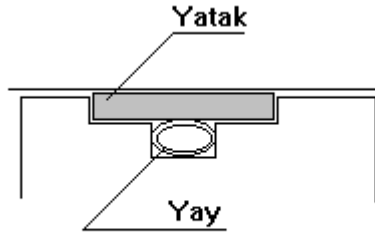
Uygulama yararları.

Yüksek yük taşıma kapasitesi .

Düşük sürtünme kat sayısı .Yağlamasız ortamda kuru çalışma özelliği.

Yüksek sıcaklıklarda kullanılabilme özelliği.

Malzeme akma sınırının çok yüksek olması .



Şekil 10. Yaylı yataklama kullanımı

Yataklamaların hassas ve uzun ömürlü olmaları için değişik yöntemler uygulanabilir. Yataklamaların aşınarak uğradıkları kalınlık kaybından oluşacak çapsal açıklıkları kontrol altına alabilmek için yay destekli yataklamalar kullanılması mümkündür. Bu uygulamanın sağlayacağı yararlar.

Teflon veya plastik yataklamada aşınma nedeniyle azalan kalınlığın yay tarafından tolere edilmesi.

Yataklamaların boşluksuz çalışması neticesi aksel kaçıklıkların ortadan kalkması.

Yataklamaların yüzeye uyguladığı baskı kuvvetinin sabit kalması.

Yataklanacak yükün geniş bir yataklama yüzeyi ile karşılanması.

## KOMPOZİT ELEMANLAR

Teflon ve polimer elyafların grafit dolgulu epoksi reçine bileşiminden imal edilen özel yataklamalarla çok ağır şartlarda iyi sonuçlar elde edilmesi mümkündür.

Dinamik ortam	140 N / mm <sup>2</sup>	10 exp 9 strok
Yüzeysel hız	0.3 m /s	
Sıcaklık	160 C	

## SONUÇ

Ortam çalışma şartları , yüzey malzemesi ve taşıma yükü esas alınarak yapılacak malzeme seçimi yuva tasarım ve toleranslara uygunluğu halinde maximum verim elde edilir. Yüzey ve sızdırmazlık elemanlarının ömürlü olması bu şartlara bağlıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] HECKER WERKE - Eurafon 4 / 85 edition
- [2] PARKER - PRADIFA - Sealing Handbook - March 1988
- [3] SEALPOOL - Bearing rings and strips - 1997 edition
- [4] BAL SEAL - Spring energized guide rings - 1991 edition

## ÖZGEÇMİŞ

1953 yılı İstanbul doğumludur.1981 yılında Yıldız İnşaat Fakültesini Yüksek Mühendis olarak bitirmiştir. 1981-1985 yılları arasında Enka inşaat / Enet firmasında Termik Santral toplu konu projelerinde betonarme statiker ve proje yönetmeni olarak görev yapmıştır . 1985-1993 yılları arasında Mert Teknik firmasında Sızdırmazlık Bölüm yöneticisi olarak görev yapmış, 1993 yılında O-Pak firması kurucularından olup halen bu firmanın yöneticiliğini yapmaktadır.