

# KALICI DEFORMASYONUN SIZDIRMAZLIK ÜSTÜNDEKİ ETKİSİ

Arden AREVYAN

## ÖZET

Sızdırmazlık elemanları seçimi öncelikle basınç , hız ve sıcaklık dayanımı ön plana alınarak yapılmakta , genellikle malzeme kalıcı deformasyonu gözardı edilmektedir. Bundan doğacak sonuçlar diğerlerinden farklı olmayıp sızdırmazlığı aynı oranda etkiler.

## GİRİŞ

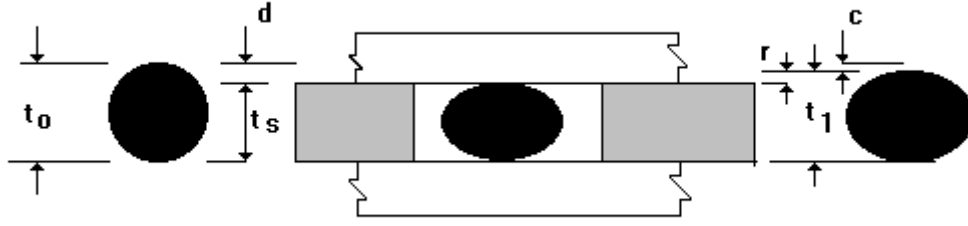
Sızdırmazlık elemanları imalatında yaygın olarak kullanılan Elastomer ve Plastomer malzemeler farklı kalıcı deformasyonlara sahip olup , uygulama şekli ve çalışma ortamlarına bağlı olarak büyük farklılıklar gösterirler. Olası problemler , aşamalı olarak ele alınarak ,aşağıda belirtilen bilgi akışı yardımıyla çözüme ulaştırılabilir.

- 1- Kalıcı deformasyon tarifi ve hesap yöntemi.
- 2- Elastomer ve Plastomer malzemelerde kalıcı deformasyon farklılığı.
- 3- Sıcak ortamda kalıcı deformasyon
- 4- Soğuk ortamda kalıcı deformasyon
- 5- Profil ve malzeme seçiminin kalıcı deformasyon üstündeki etkisi.
- 6- Hacimsal değişiklikler ve alınacak önlemler.
- 7- Malzeme sertlik etkisi.
- 8- Kompozit elemanlarda kalıcı deformasyon.
- 9- Zorunlu malzemeleri doğru kullanma yöntemleri.

## 1- KALICI DEFORMASYON TARİFİ VE HESAP YÖNTEMİ

Belli bir sıcaklıkta , belli bir zaman boyunca belli bir sıkışmaya tabii tutulmuş çalışma ortamı hava olan malzemenin ,sıkıştırma işlemi sona erdikten sonra yüzde cinsinden deformasyona kalıcı deformasyon adı verilir.

$$C = \frac{\text{Nominal kalınlık} - \text{Sıkıştırmadan sonraki kalınlık}}{\text{Nominal kalınlık} - \text{Sıkışan iki yüzey mesafesi}} \times 100$$



$t_0$  = Nominal kalınlık  
 $t_s$  = Sıkışan iki yüzey mesafesi  
 $t_1$  = Sıkışmadan sonraki kalınlık  
 $d$  = Deformasyon  
 $r$  = Geri dönüş  
 $c$  = Kalıcı deformasyon

$t_0 = 5.33$  mm  
 $t_s = 4.50$  mm  
 $t_1 = 5.00$  mm

$$c = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_s} \times 100 \quad c = \frac{5.33 - 5.00}{5.33 - 4.50} \times 100 = 37.5\%$$

Yuvasında sıkışmaya maruz bir o-ring bir süre sonra kalıcı deformasyona sahip olur .Sızdırmazlık yüzeyine uyguladığı kuvvette bir düşüşü gözlenir. Bu kuvvet düşüşü sızdırmazlık için elverişli malzemelerdir ancak buldukları ortam şartları , seçilen malzeme sertliği ve geometrik yapıları gözönüne alınması gereken noktalarlardır.

## 2 - ELASTOMER VE PLASTOMER MALZEMELERDE KALICI DEFORMASYON FARKLİLİĞİ

Elastomer malzemeler , baskı altında tutulduktan sonra eski boyutlarına ulaşmaya gayret ederler buna karşılık Plastomer malzemelerde bu özellik yok denecek kadar azdır.

Kimyasal ortama dayanıklılıkları nedeniyle tercih edilen plastomerlerin başında PTFE - Teflon gelir ancak kalıcı deformasyonu fazladır. Mecbur kaldıkça kullanılan PTFE o-ring ve contalar belli bir süre sonra sızdırmazlık açısından sakıncalar doğururlar. Bu malzemelerin doğru kullanım şekilleri daha sonraki bölümlerde yer verilecektir.

DIN 53517 24 Saat / 100 oC Elastomerlerin kalıcı deformasyonları

NBR 70 Shore 11 %  
 NBR 80 Shore 9 %  
 NBR 90 Shore 10 %  
 EPDM 70 Shore 23 %

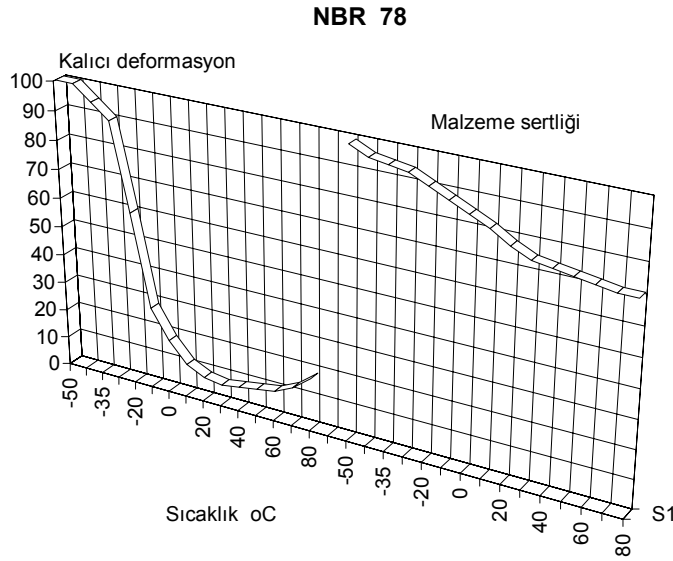
MVQ 70 Shore 23 % 24 Saat / 175 °C  
 FPM 80 Shore 7.5 % 24 Saat / 150 °C

Poliüretan 90 Shore 25 % 70 Saat / 70 °C

### 3 - SICAK ORTAMLARDA KALICI DEFORMASYON

Sıcak ortam kalıcı deformasyonu uzun vadede kötü yönde etkiler. Bunun nedeni sıcaklık arttıkça ilk aşamada malzeme sertliği azalır ancak sürekli sıcak ortamda kalan malzeme sertleşmeye ve kırılğan bir karakter almaya başlar, malzemenin bu periyodu hem sızdırmazlık hem de kalıcı deformasyon açısından çok tehlikelidir.

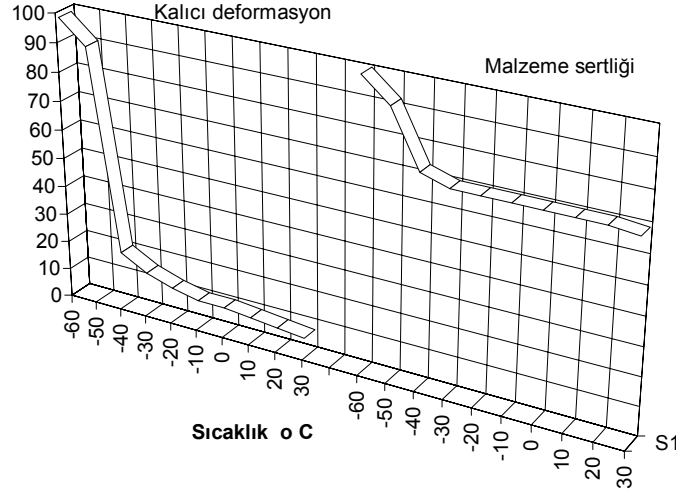
Kısa aralıklarla oluşan ortam sıcaklığı kalıcı deformasyon açısından sorun yaratmaz. Yumuşayan malzeme elastikiyetini koruduğu için yüzeydeki baskı kuvvetinde aşırı bir azalma olmaz.



### 4 - SOĞUK ORTAMLARDA KALICI DEFORMASYON

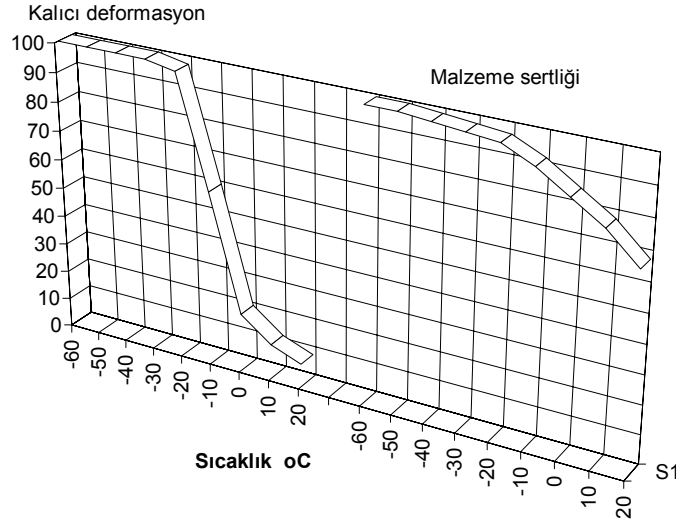
Soğuk ortamlarda kalıcı deformasyon etkisi daha tehlikeli boyutlardadır. Sıcaklık azaldıkça elastomer malzemelerin sertliği artar ve malzemeler elastik özelliklerini kaybederek yüzeye uyguladıkları baskı kuvvetini azaltırlar. Sıcaklık düşüşü devam etmesi halinde, malzeme sertliği artarak belli bir sıcaklıkta malzeme cam gibi kırılğan bir duruma gelir.

### MVQ / SİLİKON



Yağa dayanıklı elastomerler genellikle düşük sıcaklıklarda daha az elastikiyete sahiptirler. Buna karşılık yağa dayanıklı olmayan elastomerler düşük sıcaklıklarda elastikiyetlerini korurlar.

### FPM / Viton



Yağa dayanıklı elastomerler düşük sıcaklıklarda elastikiyetlerini katkı maddeleri yardımıyla koruyabilirler. Ancak katılan bu maddelerin kristalizasyon özelliğine önemle dikkat edilmesi gerekir. Düşük sıcaklıklarda kristalize olan katkı maddesi elastomeri rijit hale sokabilir.

Belli başlı Elastomerlerin - 40 Santigrad sıcaklıkta yüzde cinsinden kalıcı deformasyonları.

FPM - Viton	100%	
MVQ - Silikon	20 %	
MFQ - Flüorosilikon	40 %	
ACM - Poliakrilat	100 %	
NBR - Nitril	50 %	Düşük sıcaklık için özel formül

NBR - Nitril 100 % Standart formül

## 5- PROFİL VE MALZEME SEÇİMİNİN KALICI DEFORMASYON ÜSTÜNDEKİ ETKİLERİ

Sızdırmazlık fonksiyonu, bu amaç için kullanılan elemanın yüzeye yeterli kuvvet uygulaması halinde gerçekleşebilir. Sızdırmazlık kuvvetleri iki bölümde incelenir.



F1 : Ön sızdırmazlık baskı kuvveti.

Sistem basıncının " 0" olması halinde sızdırmazlık elemanının yüzeye uyguladığı kuvvetir.

Bu kuvvetin yeterli olmaması halinde sızdırmazlık sağlanamaz.

Kalıcı deformasyon , malzeme sertliği ve eleman geometrisi bu kuvvetleri etkiler.

F : Sistem sızdırmazlık baskı kuvveti.

Sistem çalışma basıncına geçtikten sonra sızdırmazlık elemanının yüzeye uyguladığı kuvvetir.

Bu kuvvetin sızdırmazlık için yetersiz olması söz konusu değildir çünkü sistem basıncı mevcut F1 kuvvetine ilave kuvvet oluşturur. Sızdırmazlık elemanının geometrisi oluşacak bu kuvvetin büyüklüğü üstünde rol oynar . Bu kuvvetin artması halinde dinamik yüzeylerle temas eden noktalarda aşınmalar başlar.

F1 ön baskı kuvvetinin yeterli düzeyde olması için dikkat edilecek noktalar.

Özellikle soğuk ortamlarda kalıcı deformasyonu ve sertlik değişimi az olan malzeme seçimine gitmek. Kalıcı deformasyonu yüksek olan malzeme kullanımı zorunlu olması halinde yardımcı malzemelerden faydalanarak kalıcı deformasyon etkisini mümkün oranda azaltmak.

Eleman dudak yapısı ve profil yardımıyla yeterli ön baskı kuvveti elde etmek.

Basınca duyarlı profil seçmek.

Kalıcı deformasyonu fazla olan malzemelerde hacımsal sıkışmaya maruz kalacak kesitlerden kaçınmak. Özellikle Poliüretan malzemelerde profil ve dudak seçimine dikkat etmek.

## 6- HACIMSAL DEĞİŞİKLİKLERİN ETKİSİ

Akışkanlara temas eden elastomer elemanlar hacımsal olarak değişikliğe uğrarlar. Şişme veya büzülme şeklinde kendini gösteren bu değişiklikler elastomer malzemenin sertlik ve kalıcı deformasyonunu farklılaştırır .

Şişme olayında malzeme sertliği azalır , kalıcı deformasyon artmaz. Hacımsal genişleme yüzey baskı kuvvetini artı yönde etkiler bu nedenle sızdırmazlık açısından bir sorun yaşanmaz.

Büzülmenin nedeni malzemede oluşan hacımsal kayıplardır. Sızdırmazlık ön baskı kuvvetini eksi yönde etkiler ve sızmalara neden olabilir.

Büzülme oranı düşük malzemeler tercih edilmeli , sıkıştırma oranı artırılarak baskı kuvveti istenilen düzeye çıkarılmalıdır.

## 7- MALZEME SERTLİK ETKİSİ

Elastomer malzemelerin baskı kuvveti , kullanılan malzemenin sertliğine , baskı altındaki kesitine ve sıkıştırma oranına bağlıdır.

Sertlik özelliğinden kaynaklanan problemler genellikle düşük basınç ve düşük sıcaklıklarda ortaya çıkar ve baskı kuvvetini etkileyerek sızmalara yol açar.

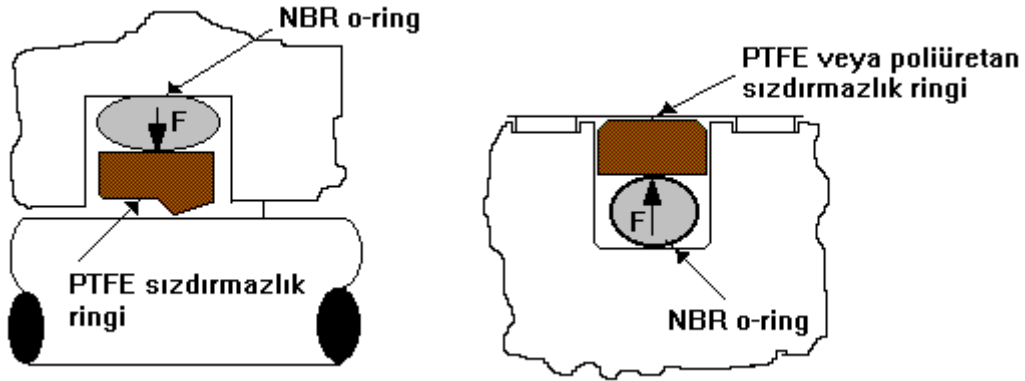
Düşük basınçlı ortamlarda yumuşak malzeme kullanılmalıdır .Malzemenin basınca cevap vermesi ve sızdırmazlığı sağlayacak baskı kuvvetini oluşturması ancak bu şekilde mümkün olabilir. Ancak malzemelerin kataloglarda belirtilen sertlikleri , oda sıcaklığındaki sertlikleridir ve sıcaklığın düşmesi halinde büyük farklılıklar gösterebilirler. Sertleşen malzemenin düşük basınçlara cevap vermesi mümkün değildir.

Oda sıcaklığında 70 Shore A olan malzeme -30 C 'da 85 Shore A olur , bu sertlik düşük basınç ortamı için elverişsizdir. Seçilecek 50 Shore A sertlikte bir malzeme aynı ortamda 70 Shore A 'ya ulaşır ve sızdırmazlık fonksiyonunu yitirmez.

Sıcaklığın artması durumunda malzeme sertliği azalır ve baskı kuvvetinde düşüşler kaydedilir. Ancak yumuşayan malzeme hacimsel olarak genişler , bu genişleme baskı kuvvetini pozitif yönde etkiler ve sızdırmazlıkta sorunu yaşanmaz.

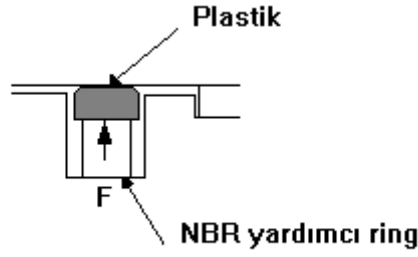
## 8- ZORUNLU MALZEMELERİ DOĞRU KULLANMA YÖNTEMLERİ

Çeşitli sızdırmazlık uygulamalarında , malzemelerin kalıcı deformasyonunun düşük olması , çalışma şartlarına bağlı olarak yetersiz kalabilir. Bu nedenle diğer özellikleri ön plana çıkar . Ancak bu malzemelerin kullanımı yardımcı elemanların varlığıyla mümkün olabilir.

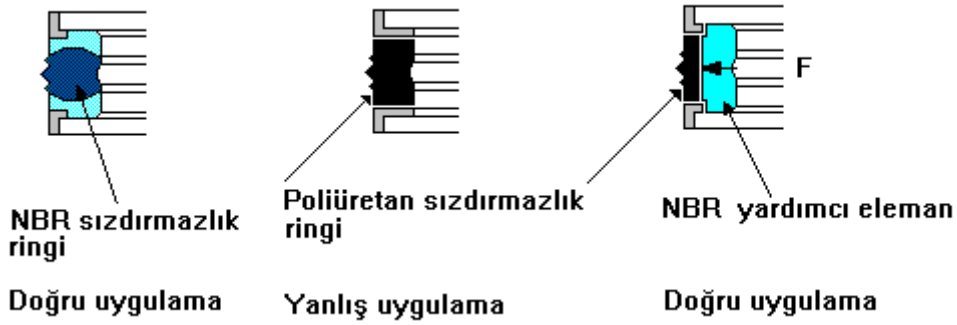


Değişik çalışma ortamlarına göre uygun malzemeler.

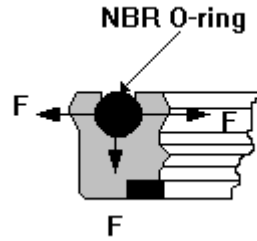
- Sürtünme : Poliüretan , Teflon .
- Yüksek basınç : Poliüretan , Teflon , plastik
- Yüksek sıcaklık : FPM ( Viton ) , Kalrez , Teflon
- Korozif ortam : Teflon , EPDM , Kalrez
- Yüksek hız : Teflon



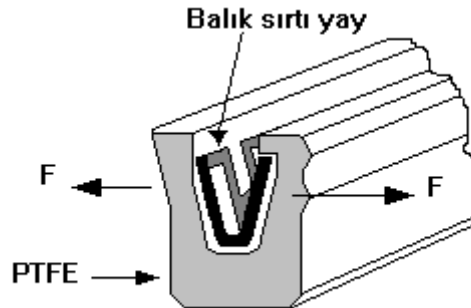
Birinci prensip , kalıcı deformasyonu yüksek malzemeleri sürekli baskı altında tutacak kesitlerden kaçınmak.



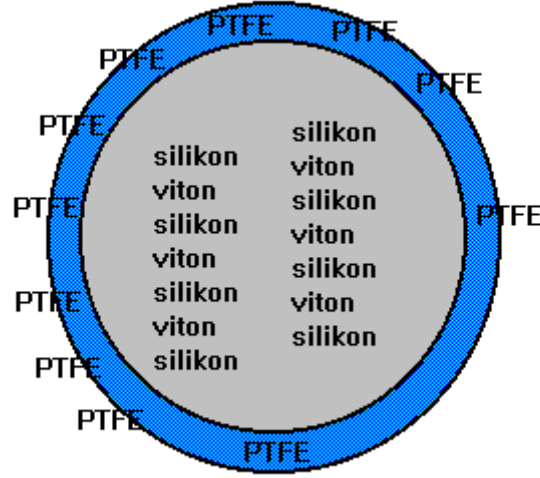
F1 ön baskı sızdırmazlık kuvvetini yeterli seviyede tutacak yardımcı elastomer elemanlardan faydalanmak.



Elastomerlerin yetersiz kalacağı çok sıcak ve korozif ortamlarda özel yay sistemlerinden faydalanarak ön baskı kuvveti oluşturmak.



Elastomerlerin yetersiz kaldığı kimyasal ve korozif ortamlarda kaplama ( Capsulated ) o-ring kullanmak gerekir. Kaplama malzemesi PTFE veya FEP , kimyasal dayanım , sürtünme ve yapışma açısından üstün özelliklere sahip malzemelerdir ancak yeterli elastikiyete sahip değildir.



FEB veya PTFE kaplı Elastomer o-ringler

## SONUÇ

Çalışma şartlarına uygun malzeme ve profil seçimiyle kalıcı deformasyon konusu korkulacak bir konu olmaktan çıkar ve kontrol altında tutulabilir. Ancak soğuk tabiat şartlarına sahip bölgelerde basınçlı sistemlerin devreye giriş anında oluşabilecek kaçaklar göz önünde tutulmalı. Soruna, verilen bilgiler ışığında kademeli olarak yaklaşarak çözüm üretilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Correlation between Laboratory Tests and Service Performance of Elastomeric Seals at Low Temperature - K. Nagdi, Bietingheim - Bissingen
- [2] PARKER - PRADIFA - Sealing Handbook - March 1988

## ÖZGEÇMİŞ

1953 yılı İstanbul doğumludur. 1981 yılında Yıldız İnşaat Fakültesini Yüksek Mühendis olarak bitirmiştir. 1981-1985 yılları arasında Enka / Enet firmasında Termik Santral, toplu konut projelerinde betonarme statiker 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.