Okan Üniversitesi MYO

MMAK212
HİDROLİK ve PNÖMATİK SİSTEMLER

Ders Yürütücüsü:
Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 8

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Ders Videoları + Sunumlar (.pdf) + Kaynaklar

http://**okanuni.eren.xyz** Web sayfası

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

HİDROLİK SİLİNDİRLER

Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Hidrolik Devre Elemanları:

Hidrolik Silindirler
(Doğrusal Hareketlendiriciler)

Hidrolik Silindirler

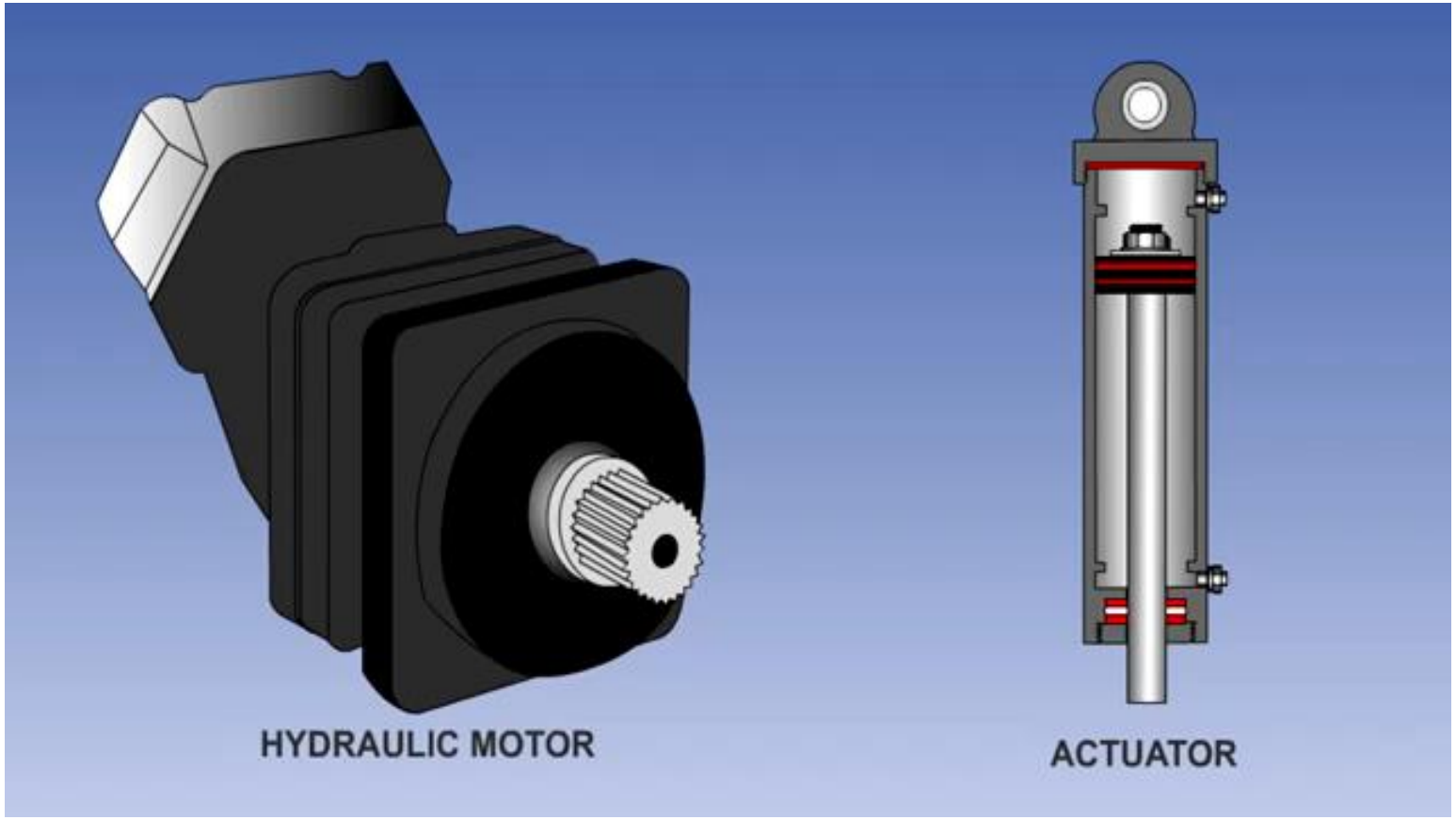
- **Hidrolik Hareketlendiriciler**
- **Hidrolik Silindiri Oluşturan Parçalar**
- **Yataklama Kavramı**
- **Sızdırmazlık Kavramı**
- **Hidrolik Silindir Çeşitleri**

Hidrolik Silindirler

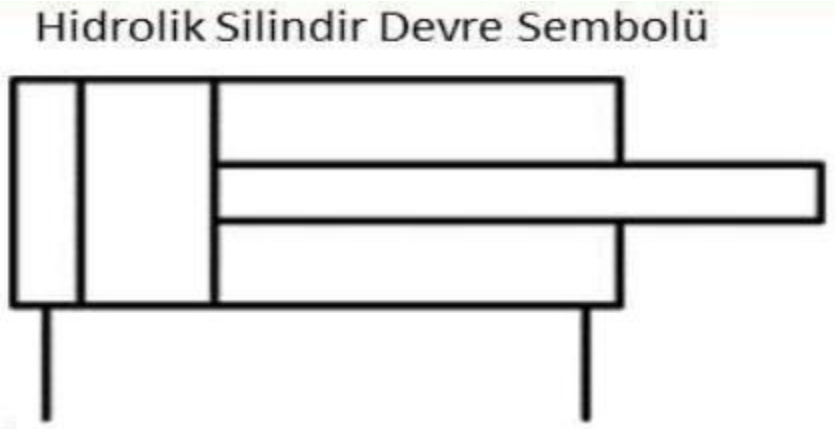
- Hidrolik silindirler, hidrolik devrede hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren, **doğrusal hareket (öteleme)** ve kuvvet elde edilen devre elemanlarıdır. Eyleyici, hareketlendirici, aktüatör, '*actuator*' vb. adlar alır.
- Hidrolik silindir tipleri:
  - Tek etkili, çift etkili, tandem, teleskobik, tek milli (kollu), çift milli vb.
- Piyasada hidrolik silindir için piston ve benzeri birçok farklı isimlendirme kullanılmasına karşın akışkan gücü terminolojisinde '**Hidrolik Silindir**' adı kullanılmaktadır.

Silindir ve Hidromotor (*Linear & Rotary Actuators*)

- *Örnek Animasyon*: Hidrolik Hareketlendiriciler (*hydraulic actuators*)
  - Hidromotor (Hidrolik Motor / Döner Aktüatör / *Hydraulic Motor / Rotary Actuator*)
  - Silindir (Hidrolik Silindir / Doğrusal Aktüatör / *Hydraulic Cylinder / Linear Actuator*)



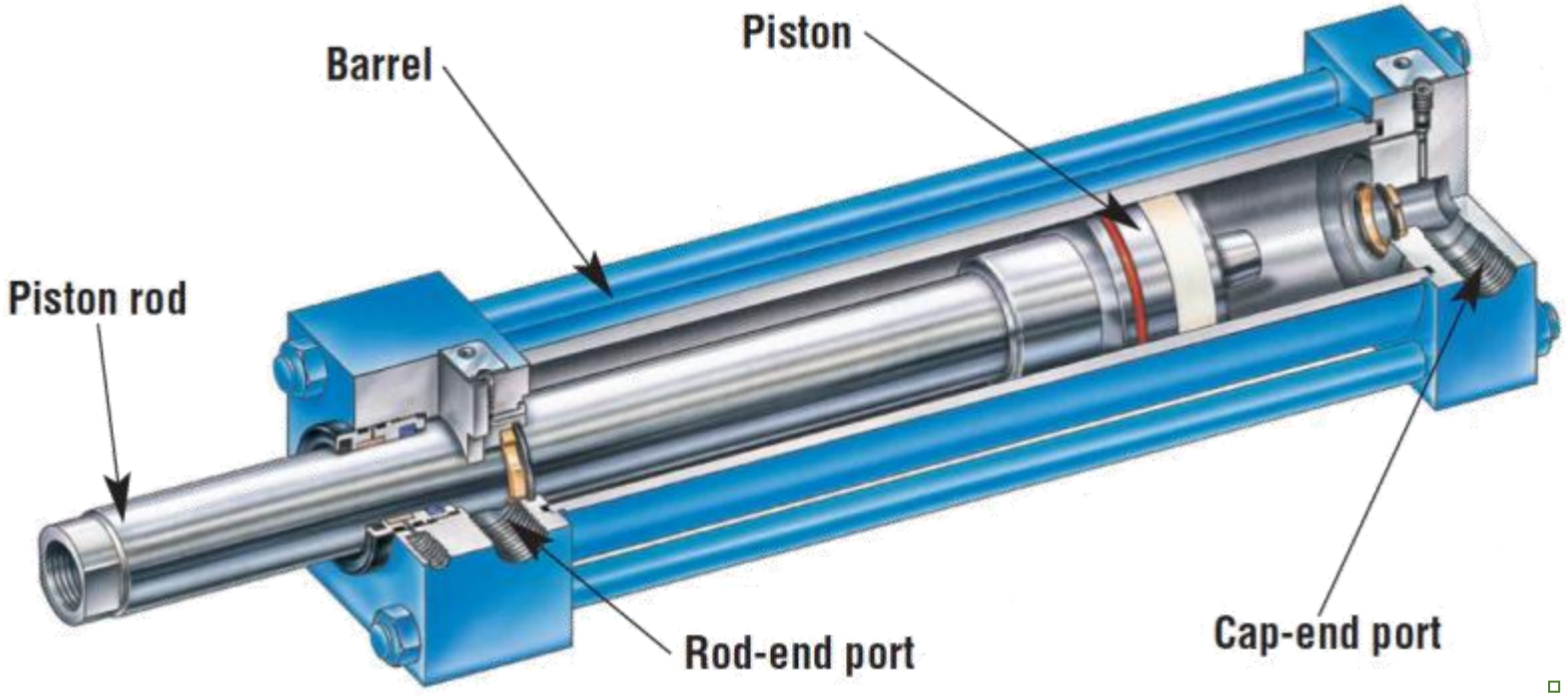
Hidrolik Silindirler



- Çift etkili tek milli hidrolik silindir

- Piyasada en çok karşılaşılan hidrolik silindir tipi çift etkili tek milli silindirlerdir.

Hidrolik Silindirler

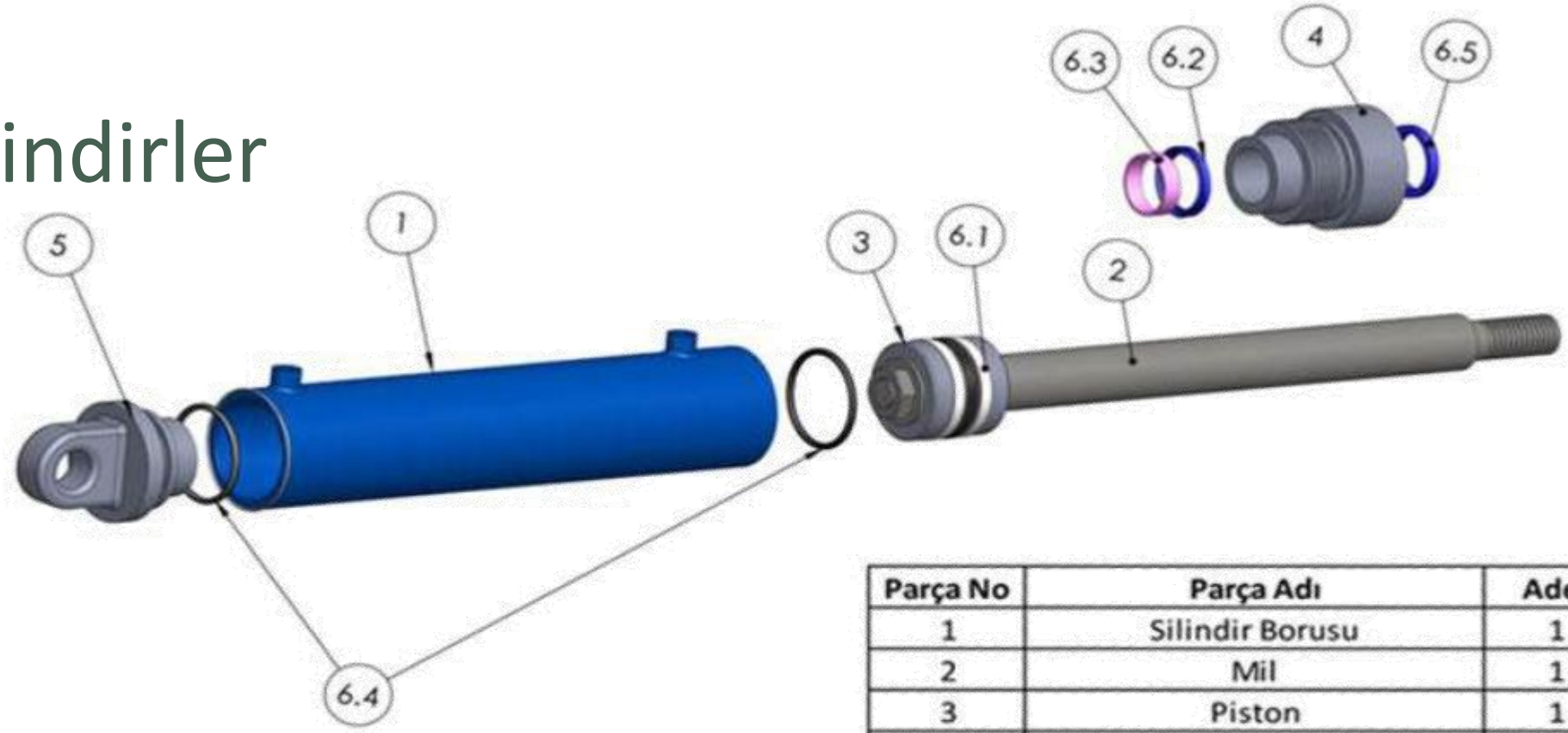


- **Çift Etkili Silindir**
  - *Barrel*: Kovan / Silindir
  - *Piston Rod*: Piston Mili
  - *Rod-end Port*: Mil tarafı delik / giriş
  - *Cap-end Port*: Kapak tarafı delik / giriş

Hidrolik Silindirler

- Bir hidrolik silindirin görevini yerine getirebilmesi, mutlaka içinde basınçlı yağın hapsedilmesine bağlıdır.
- İç ya da dış kaçaklar sonucu silindirde basınç kaybının kritik bir değere ulaşması halinde, bu kayıpların etkisiyle silindir görevini yapamaz hale gelebilir.
- Hidrolik silindirde oluşabilecek kaçakları engellemek için çeşitli bölgelerde **sızdırmazlık elemanları** kullanılır. Çok sayıda ve tipte malzemeden üretilen sızdırmazlık elemanlarının seçimi hidrolik silindirin konstrüksiyonuna ve çalışma koşullarına göre yapılır.

Hidrolik Silindirler



Parça No	Parça Adı	Adet
1	Silindir Borusu	1
2	Mil	1
3	Piston	1
4	Boğaz	1
5	Taban	1
6.1	Piston Sızdırmazlık elemanı	1
6.2	Boğaz sızdırmazlık elemanı	1
6.3	Boğaz yataklaması	1
6.4	O-Ring	2
6.5	Toz keçesi (sıyırıcı)	1

- Hidrolik silindiri oluşturan elemanlar
  - Silindir borusu, mil, piston, boğaz, taban,
  - Sızdırmazlık elemanları (o-ring, keçe), yataklar

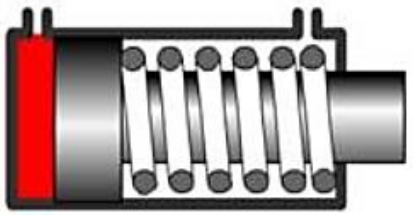
Hidrolik Silindirler

ÇİFT ETKİLİ HİDROLİK SİLİNDİRLER

A-) Tek milli silindirler
B-) Çift milli silindirler

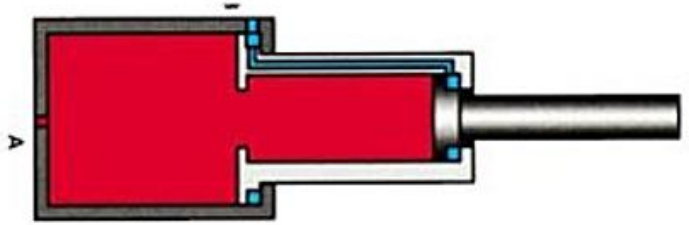
TEK ETKİLİ HİDROLİK SİLİNDİRLER

A-) Dalma tipi(plunger) silindirler
B-) Yay geri dönüşlü silindirler



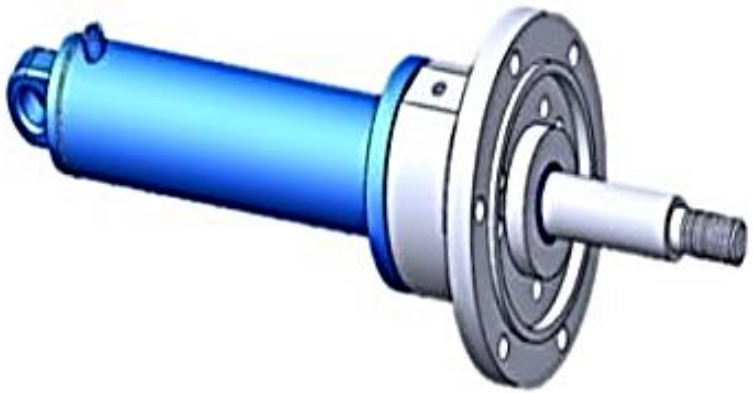
ÖZEL HİDROLİK SİLİNDİRLER

A-) Teleskopik silindirler
B-) Tandem silindirler
C-) Hızlı İlerleme silindirleri
D-) Servo Silindirler

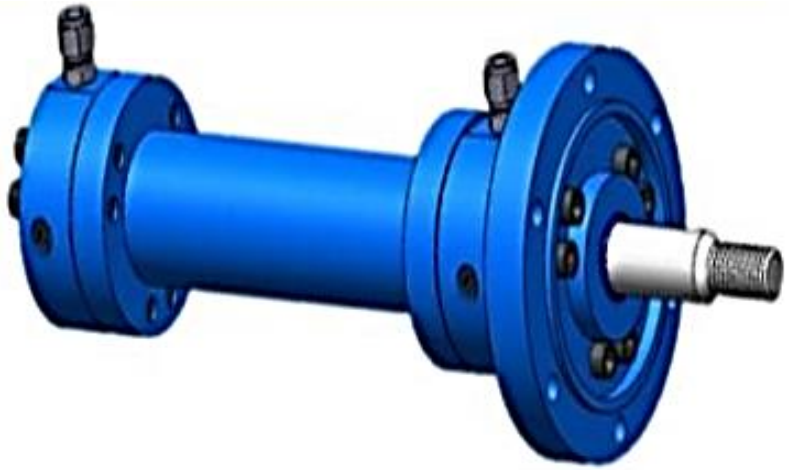


Hidrolik Silindirler

Hafif hizmet tasarım örneği



Orta hizmet tasarım örneği



Ağır hizmet tasarım örneği

- *Örnek Görsel*: *Hafif*, *Orta* ve *Ağır* hizmet tipi hidrolik silindir örnekleri

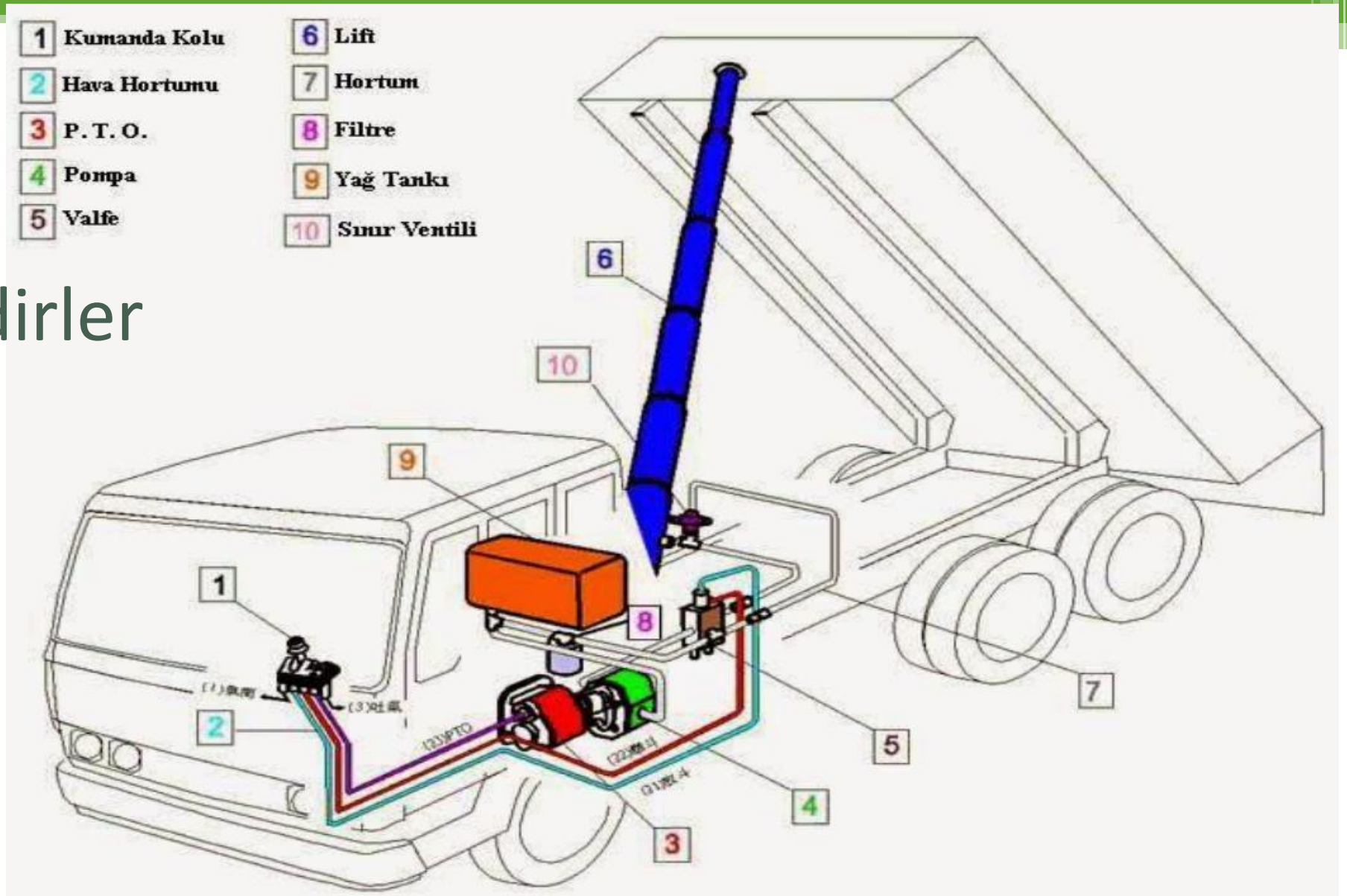
Hidrolik Silindirler

(a) Kapak kendinden vidalı

(b) Kapakta cıvatalı

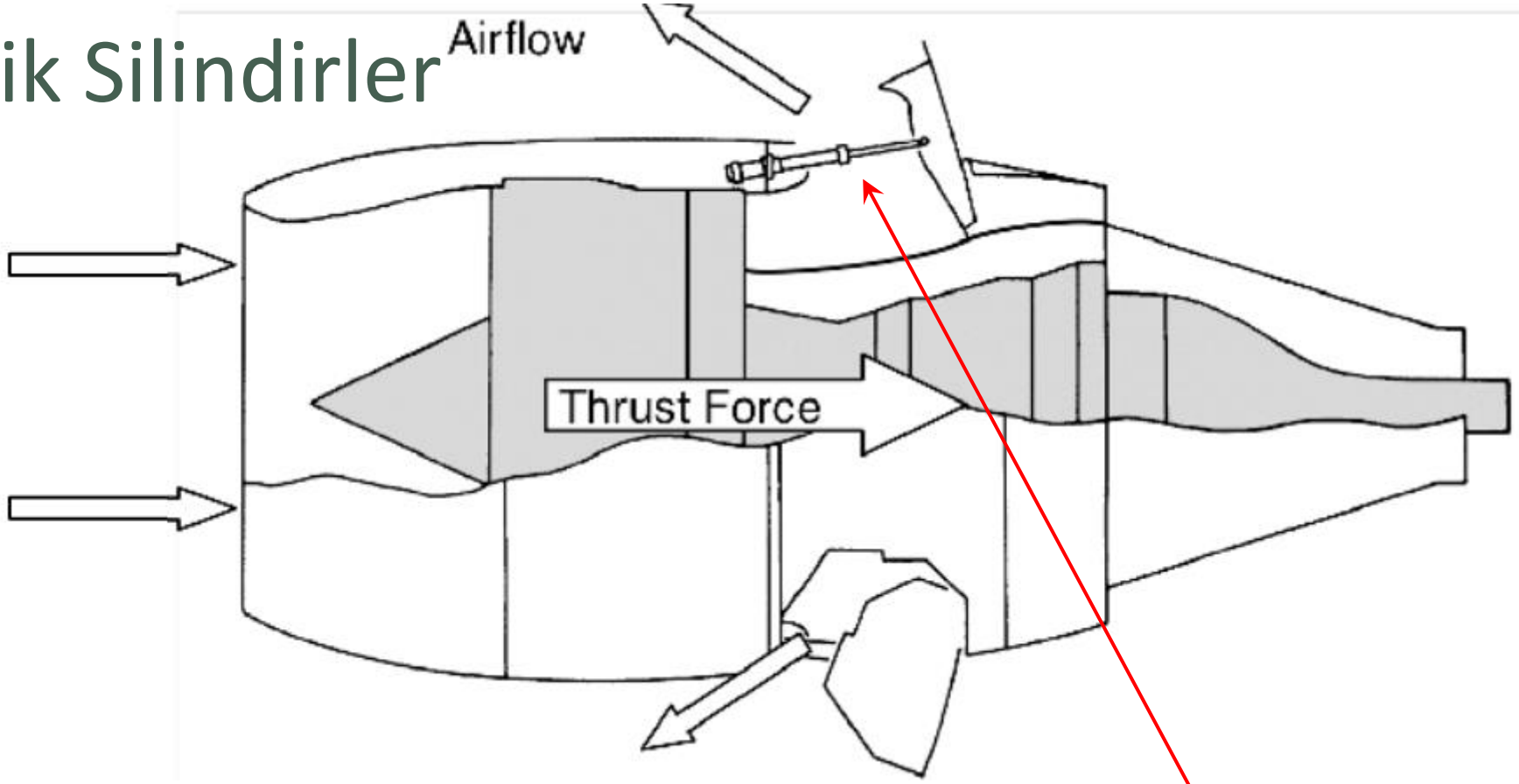
- Silindir konstrüksiyon örnekleri

Hidrolik Silindirler



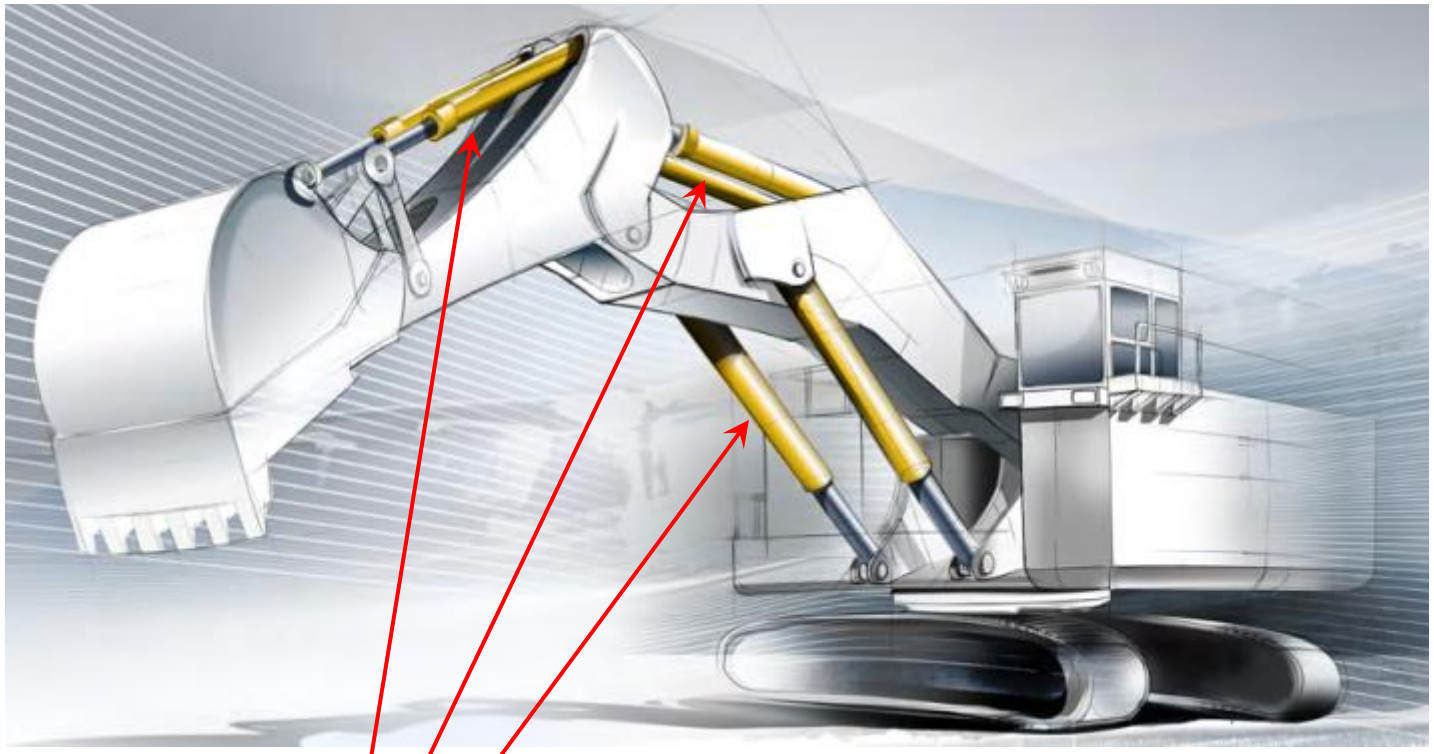
- *Kullanım Örnekleri*: Damperli kamyonlar (teleskobik silindir)

Hidrolik Silindirler



- *Kullanım Örnekleri*: Uçaklar motorlarında ters itki (*thrust reverser*) sisteminde yönlendirici kapakların açılması ve kapatılması

Hidrolik Silindirler

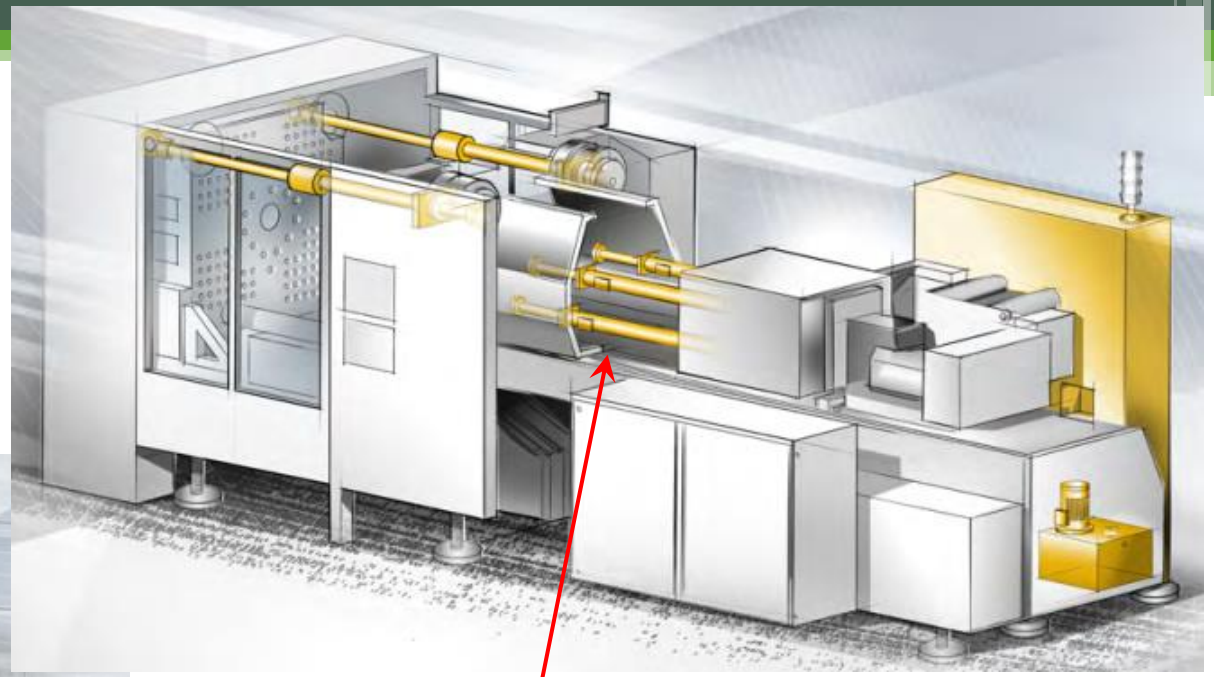


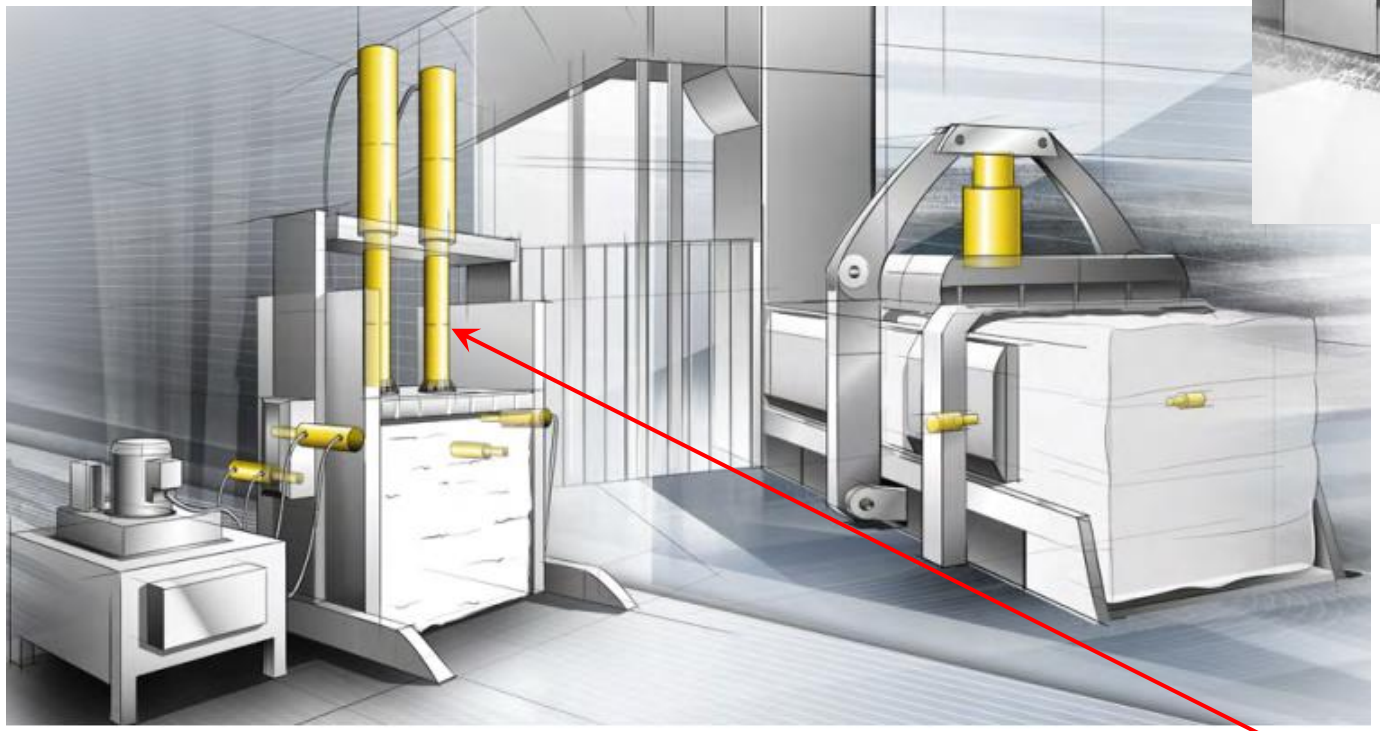
- *Kullanım Örnekleri*: İş makineleri, uzuvların hareketi (çift etkili silindir)

Hidrolik Silindirler

- *Kullanım Örnekleri*: Şok emiciler, amortisör

Hidrolik Silindirler





- *Kullanım Örnekleri*: İmalat tezgahları, presler, plastik enjeksiyon presleri vb.

Hidrolik Silindir Nasıl Çalışır?

- *Örnek Video*:

Hidrolik silindir tasarımı. Hidrolik silindir nasıl çalışır?

https://www.youtube.com/watch?v=OhgwRhjcLZ8

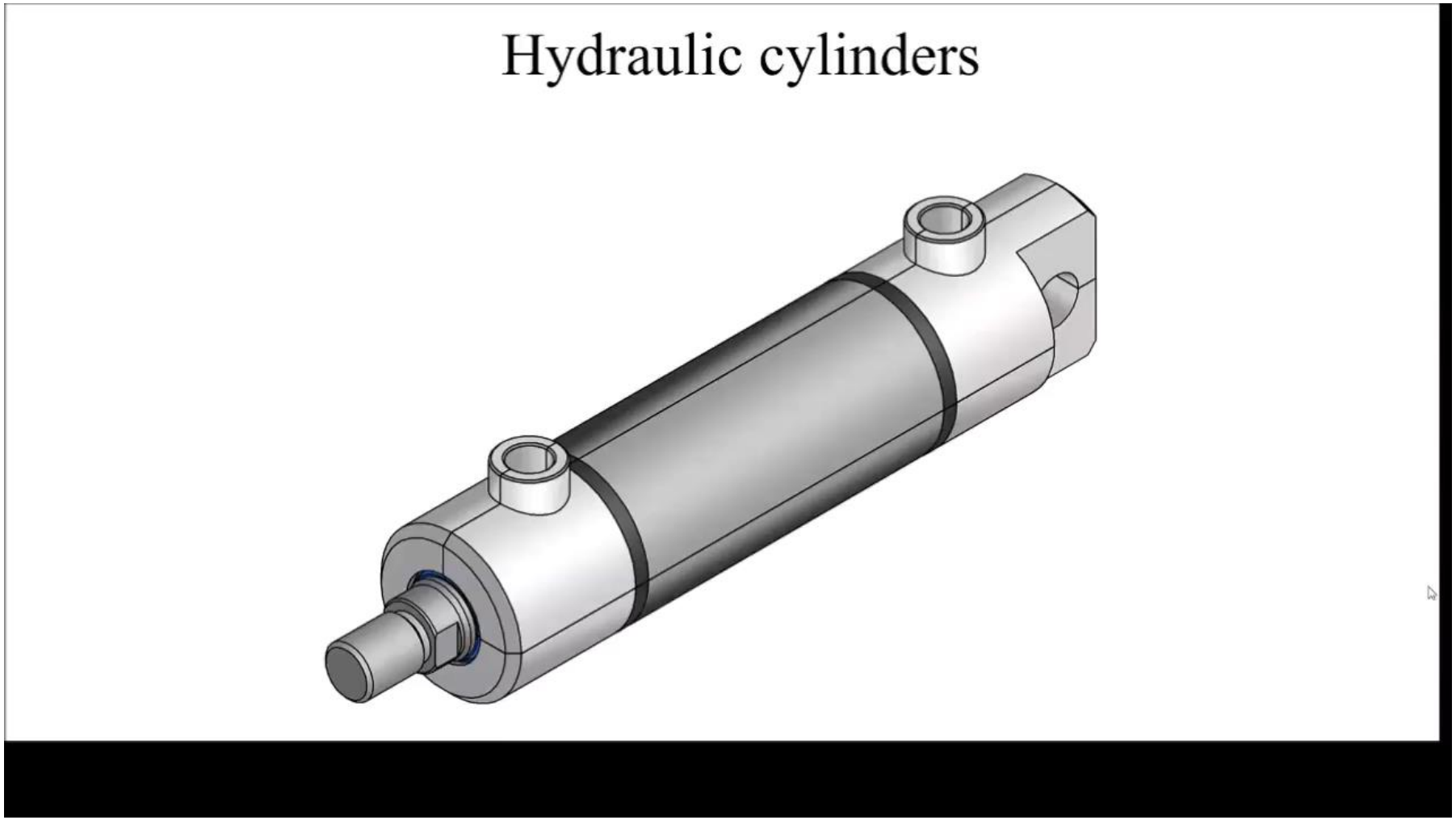
(01:46 – 03:41)

Hydraulic cylinder design. How does the hydraulic cylinder work?

Hidrolik Silindir Nasıl Çalışır?

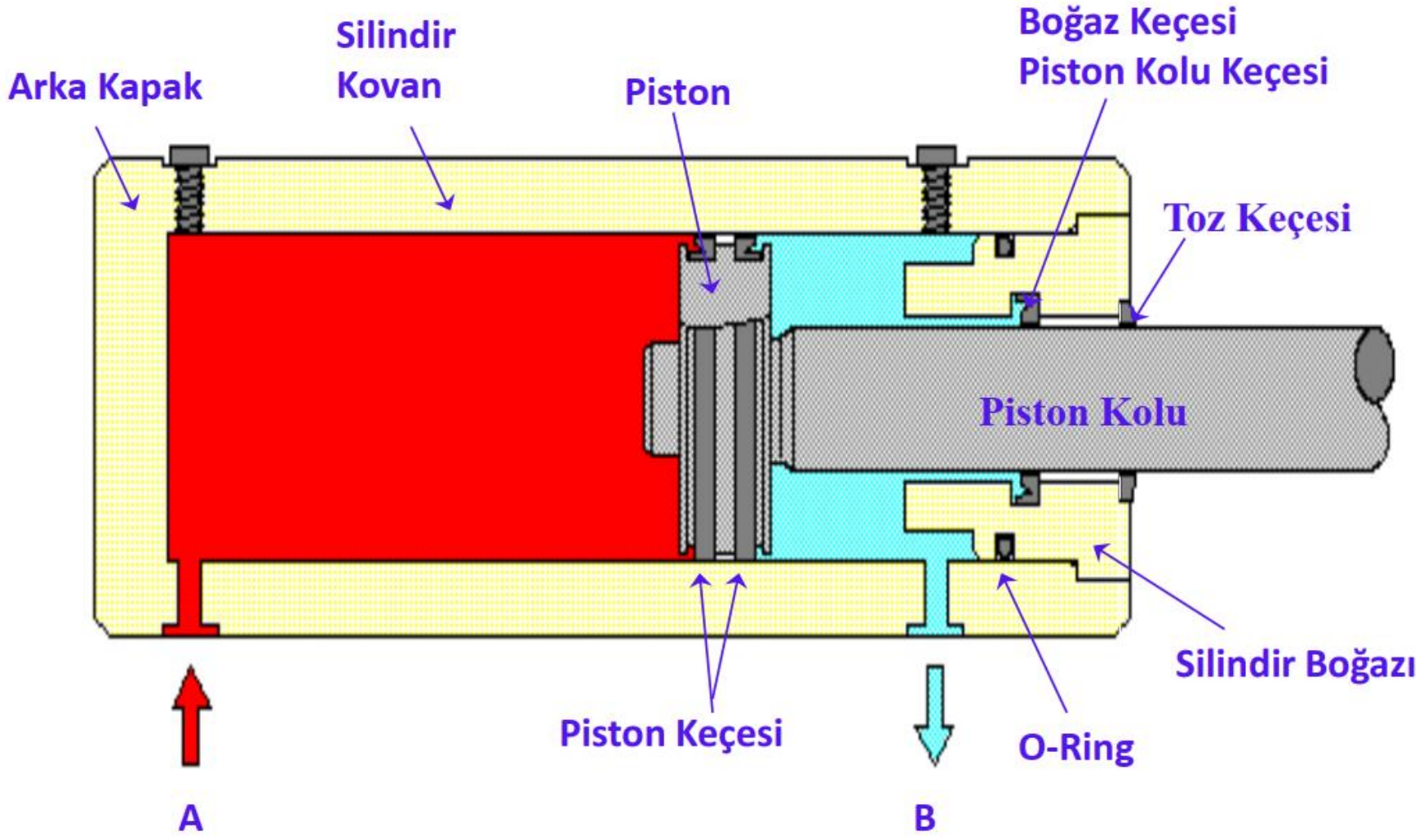
Video

Hydraulic cylinder design. How does the hydraulic cylinder work? (01:46 – 03:41)



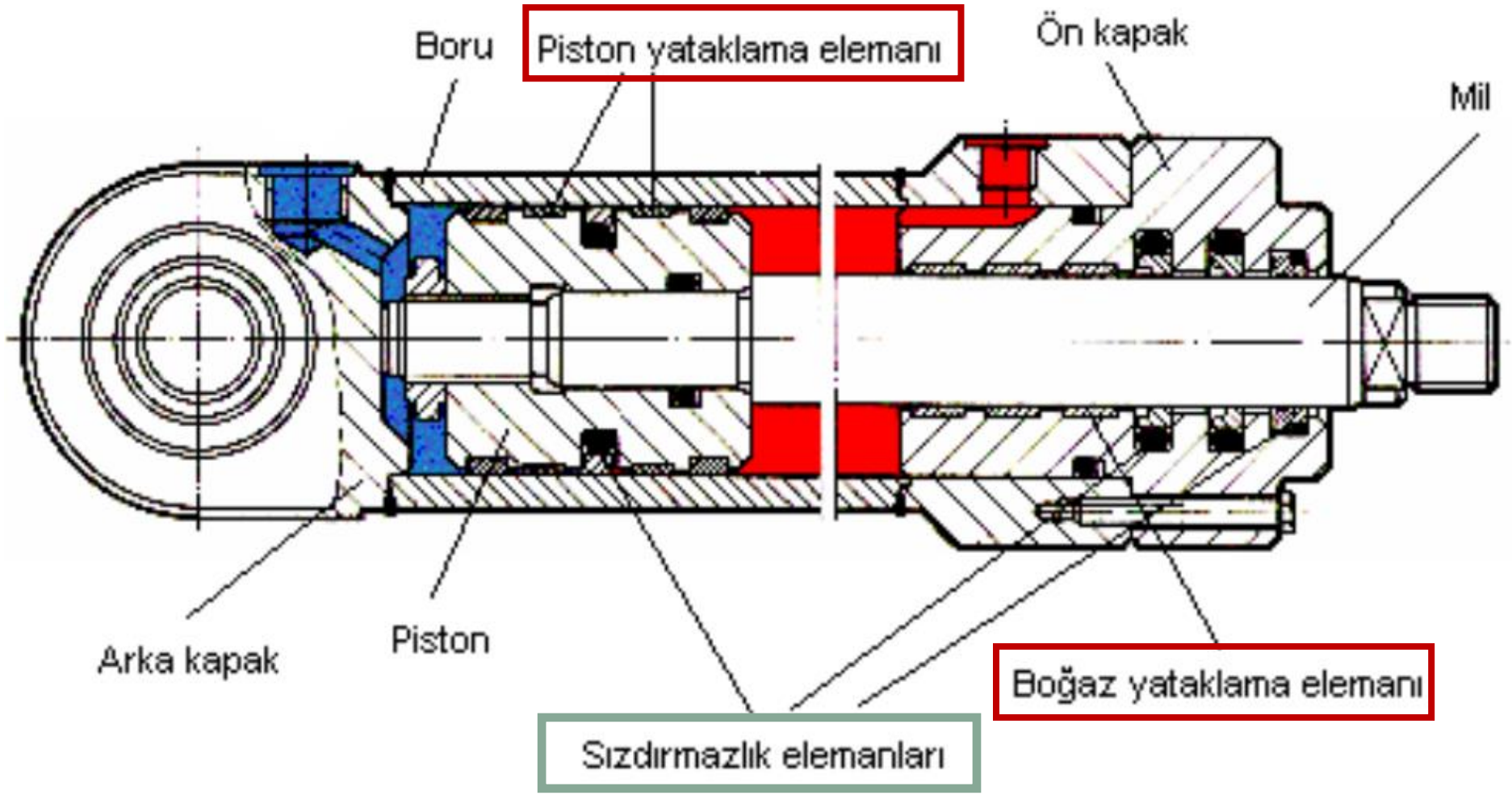
Hidrolik Silindiri Oluşturan Elemanlar

- Silindir kovanı
- Piston
- Piston kolu
- Silindir boğazı
- Arka kapak
- Piston keçesi
- Boğaz keçesi
- Piston kolu keçesi
- Toz keçesi (izafi hareket var)
- O – Ring (statik)



Hidrolik Silindiri Oluşturan Elemanlar

- **Yataklama elemanları**
- **Sızdırmazlık elemanları**



Yataklar / **Yataklama**

- **Yatak** (İngilizce: *bearing*), birbirleriyle temas eden ve izafi hareket yapan iki makine elemanı arasındaki bağlantıyı ve izafi hareketi minimum sürtünme kaybıyla sağlayan, kendisine etki eden kuvvet ya da kuvvetlerin doğrultusundaki izafi hareketlere müsaade etmeyen ve bu kuvvetlerin gövdeye iletilmesini sağlayan makine elemanlarıdır.
- Üzerine herhangi bir yük gelmeyen yataklara kılavuz yatak adı verilir.

Yataklar

Yatakların en genel haliyle görevleri:

- Temas eden ve izafi hareket yapan iki makine elemanı arasındaki bağlantının sağlanması (***bağlantı***)
- İzafi hareketin en az sürtünme kaybıyla sağlanması (***en az sürtünme***)
- Kendisine etki eden kuvvet ya da kuvvetlerin doğrultusundaki izafi hareketlere izin vermeyerek belli derecelerde sabitleme sağlamak (***sabitleme***)
- Kuvvetlerin gövdeye iletilmesini sağlamak (***yükleri taşıma***)

Yataklar / **Yataklama**

Yatak Çeşitleri:

- İzafi hareketin türüne göre
  - İki makine elemanı arasındaki izafi hareket bir dönme hareketiyse, **yatak**, **izafi hareket doğrusal ise 'kayıt' ismini alır**.
- Konstrüksiyonuna göre
  - Yataklar, konstrüksiyonuna göre kaymalı, yuvarlanmalı yataklar ve manyetik yataklar olmak üzere başlıca üç çeşitte sınıflandırılabilir.
- Etki eden kuvvetin yönüne göre
  - Yatağa etki eden kuvvetin yönü, yatak merkezine doğru olan yataklara radyal yataklar, yatağın ekseni doğrultusunda olan yataklara eksenel yataklar denilir.

Sızdırmazlık / **Sızdırmazlık Elemanları**

- **Sızdırmazlık Kavramı** (İngilizce: *sealing*): Sızdırmazlık problemi en genel halde ortak bir sınırı bulunan, iki farklı ortam arasındaki akışkan akışının kontrol edilebilmesi olarak tarif edilebilir.
- Dinamik uygulamalarda sınır yüzeyin önemli bir izafi hareketi söz konusuyken, statik halde böyle bir hareket söz konusu değildir.
- "Fonksiyonel boşluğu azaltmak" sızdırmazlık çözümlerinden biri olarak karşımıza çıkabilir. Bu çok hassas toleranslarda bir işleme gerektirir ve maliyeti yüksektir.
- Bu boşlukları azaltmak için kullanılan ayrı elemanlara "**sızdırmazlık elemanı**" denir.

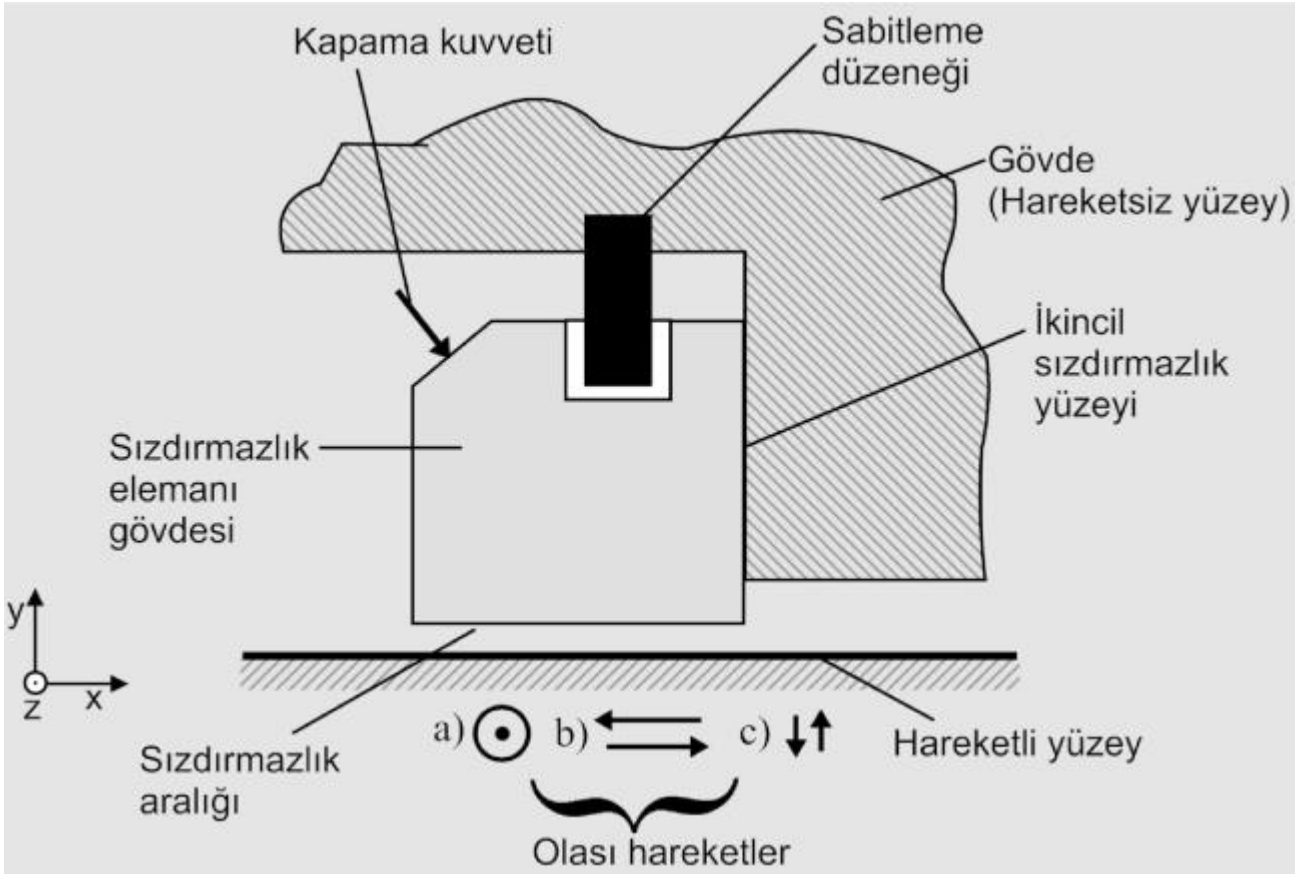
Sızdırmazlık / **Sızdırmazlık Elemanları**

- Ne kadar küçük boyutta olursa olsun, fonksiyon yüzeyleri arasındaki bir aralık daima akışkan moleküllerinin bu bölgeden geçişine (sızıntı) olanak tanır. Bu nedenle sızdırmazlık kesin olarak moleküler akışın durdurulması olarak düşünülemez. Bunun yerine, bu akışın makul seviyede tutulması anlamında kullanılması daha doğru olur.
- Sızdırma veya kaçak normal durumda sızdırmazlık elemanından geçerek sistem dışına doğru akan akışkan miktarı olarak tarif edilir. Bununla beraber, bazı hallerde sistem dışındaki akışkanın makine içine doğru akışı da sızdırma veya kaçak olarak tarif edilebilir.

Sızdırmazlık / **Sızdırmazlık Elemanları**

Sızdırmazlık Sisteminin Temel Yapısı

- Hidrolik silindirlerde; ön kapak (silindir boğazı) ile piston kolu (mil) arasındaki; piston ile silindir kovanı (boru) arasındaki durum.
- Piston ve piston kolu, silindir gövdesine görece hareketlidir (izafi doğrusal hareket).

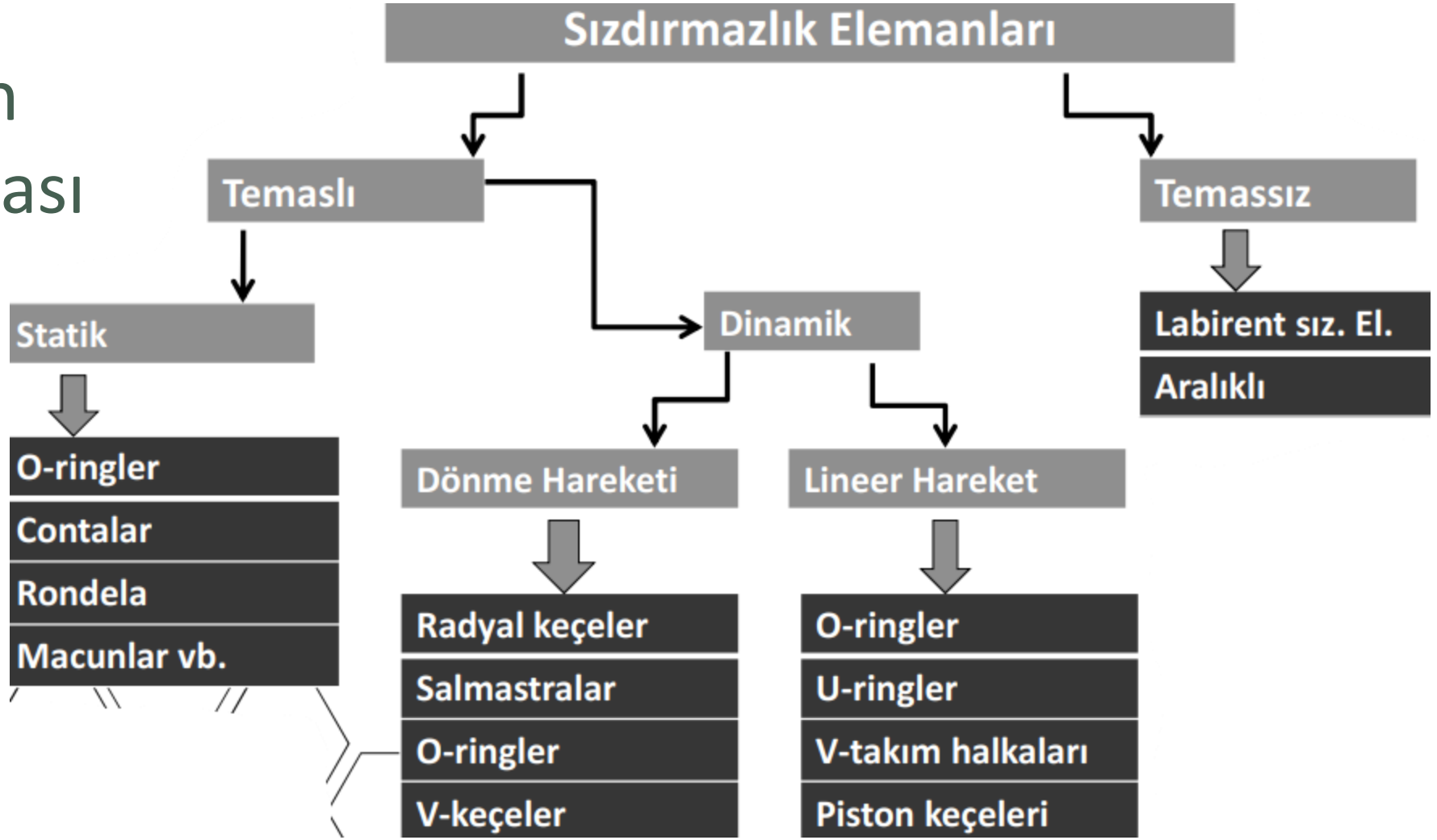


Sızdırmazlık / **Kaçak Türleri**

- ***Difüzyon***: Boyutsal olarak bir nanometreden küçük gaz veya buhar moleküllerinin, sızdırmazlık elemanı olmasına rağmen sistemde var olan küçük boşluklardan difüzyon yolu ile sistem dışına çıkmalarıdır.
- ***Konveksiyon***: Sistemde sızdırmazlık elemanının hareketi nedeni ile meydana gelen akışkan transferi sonucunda ortaya çıkar. Bazı hallerde dönen sızdırmazlık elemanı, geometrisi nedeni ile akışkanı sistem içine veya sistem dışına transfer edebilir. Aktif sızdırmazlık uygulamalarında (özellikle temassız sızdırmazlık sistemlerinde) bu özellikten faydalanılır.
- **Basınç farkından dolayı akış**: Uygulamalarda ve özellikle **hidrolik - pnömatik sistemlerde** en sık görülen akışkan kaçağı türüdür. Basınç farkından dolayı oluşabilecek sıvı fazdaki yağ kaçakları, damlama ile veya normal sıvı akışı ile karşımıza çıkar. Basınç farkı ile meydana gelen akışta, başka bir parametre değişmedikçe yağ kaçağı oranı basınç gradyanı ile birlikte artar ve akışkanın viskozitesi ile birlikte azalır.

Sızdırmazlık Elemanlarının Sınıflandırılması

- **Keçe**
- **Conta**
- **O-ring**
- **Seal**



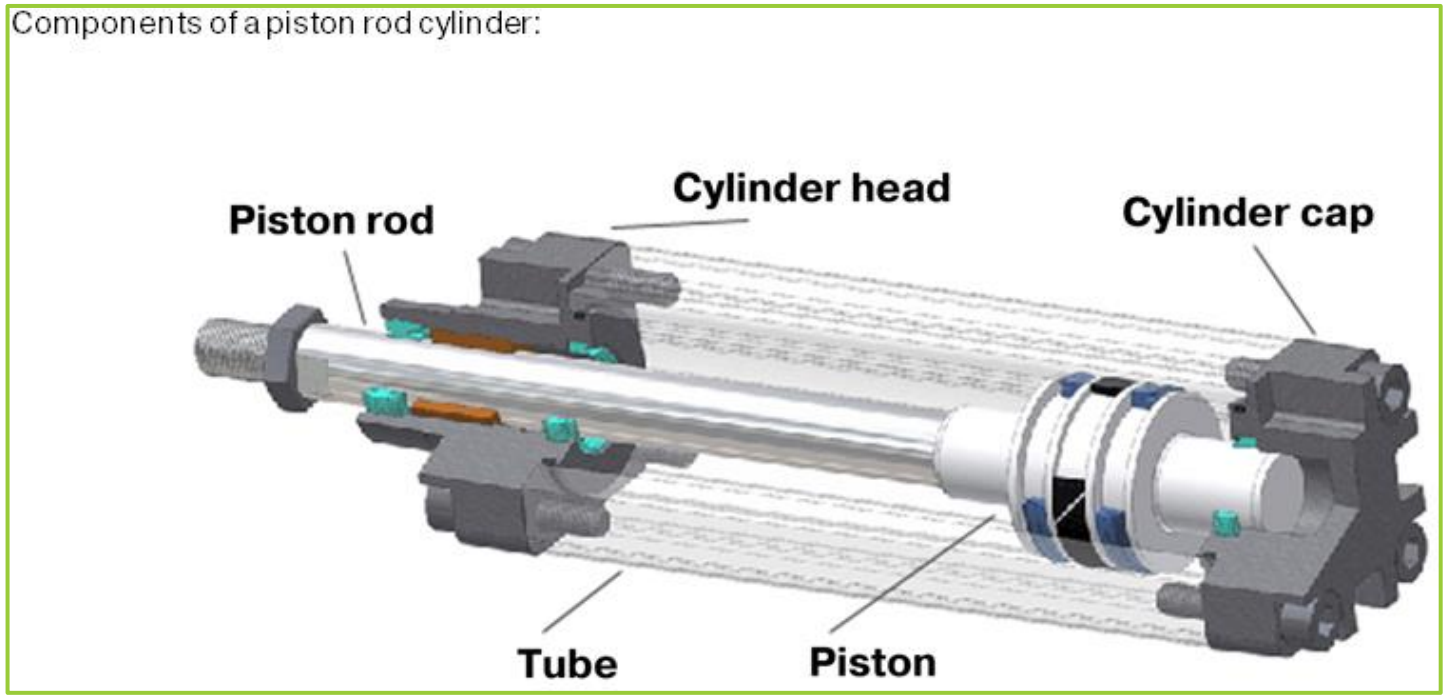
Sızdırmazlık / **Sızdırmazlık Elemanları**

- Keçe , conta, o-ring , seal gibi kavramları birbirinden ayırmak gerekir. Temelde hepsi bir akışkanın istenmeyen yönde akışını kesmek için üretilirler. Kendi içlerinde çalıştıkları, maruz kaldıkları basınç, akışkan cinsine göre üretildikleri malzeme ve formları değişir.
- En basit **o-ring veya conta hareketsiz iki yüzey arasında sıkıştırılarak sızıntıyı kesmek** üzere dizayn edilmişlerdir. **Hareketli nesneler arasında farklı tip dudaklı çift dudaklı ya da dudaksız keçeler** kullanılır. Türkçede keçe diye ve İngilizcede genellikle 'seal' olarak adlandırılırlar. Otomatik bir şanzıman içinde çelik malzemeden üretilebildikleri gibi iş makineleri hidrolik silindirlerinde polietilen başta olmak üzere farklı polimer/plastik türlerinden olabilir. Motor ön arka boğazlarında kullanılan dudaklı keçeler ayrıca yeterli sıkma basıncını sağlamak için metal yaylar içerirler.
- Bir hidrolik silindir boğazında 3 takım keçe vardır. En dıştaki toz keçesinin dudağı dışa bakarken (dışarıdan toz girmemesi için) yağ keçesinin dudağı içe bakar.
- Salmastra ise eski teknoloji bir sızdırmazlık elemanı olup şerit şeklinde istenilen boyda kesilip dönen şaftlara sarılarak ve sonrasında sıkıştırılarak kullanılır.

https://www.gezginkorsan.org/forum/deniz-tekne-kayik-yelkenli-bavaria-beneteau-jeanneau-motoryat-teknik-bilgi-tamirat-yanmar-volvo-penta-marina/sizdirmazlik-elemanlari-seal-kece-conta-o-ring-salmastra/

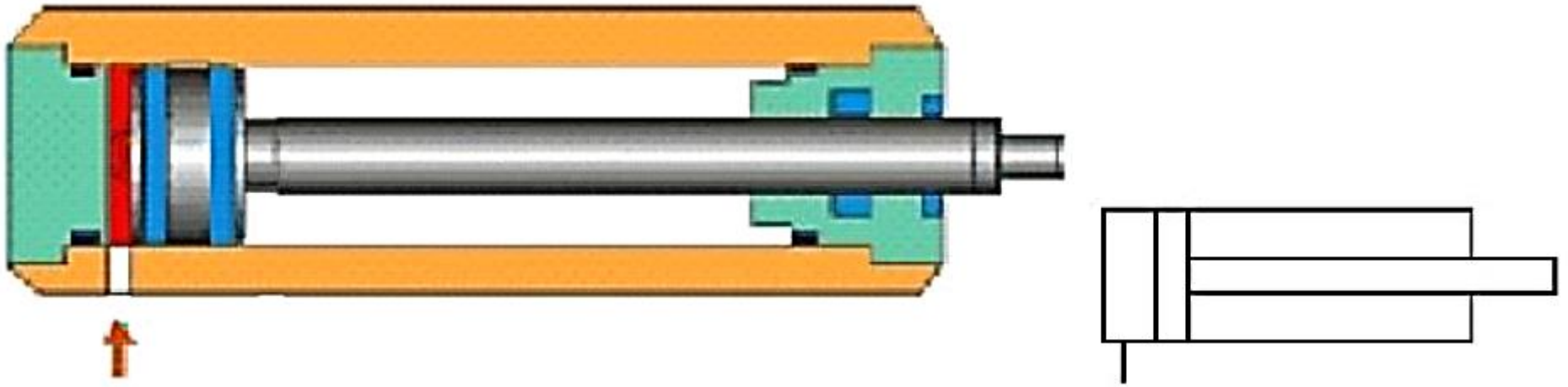
Hidrolik Silindir Çeşitleri

- **Tek Etkili**
  - Yay Geri Dönüşlü
  - Kuvvet Geri Dönüşlü
  - Dalma Tip
- **Çift Etkili**
  - Tek Pistonlu
  - Yastıklamalı
- **Teleskobik**
- **Tandem**
- **Çift Kollu**
- **Döner**



Tek Etkili Silindirler

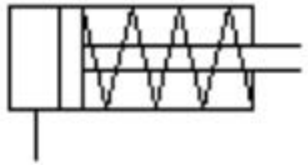
- Bu silindirlerde hidrolik akışkanın etkisiyle tek yönlü hareket sağlanır.
- Silindirin ilk konumuna dönüşü ya dış yüklerin etkisiyle ya da yay baskısıyla gerçekleşir.



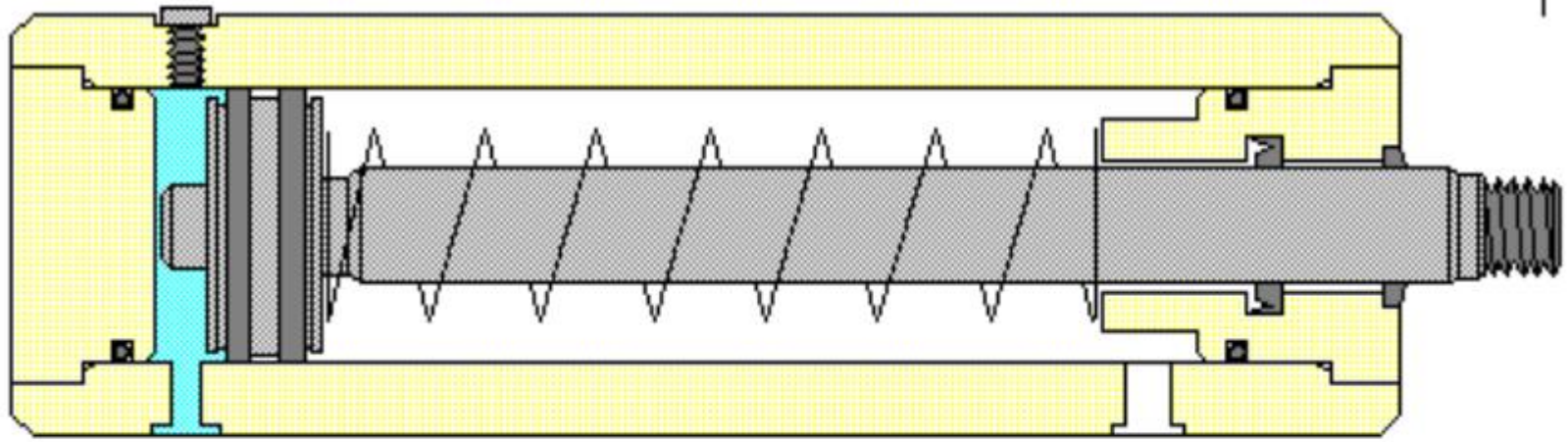
Tek Etkili Silindirler

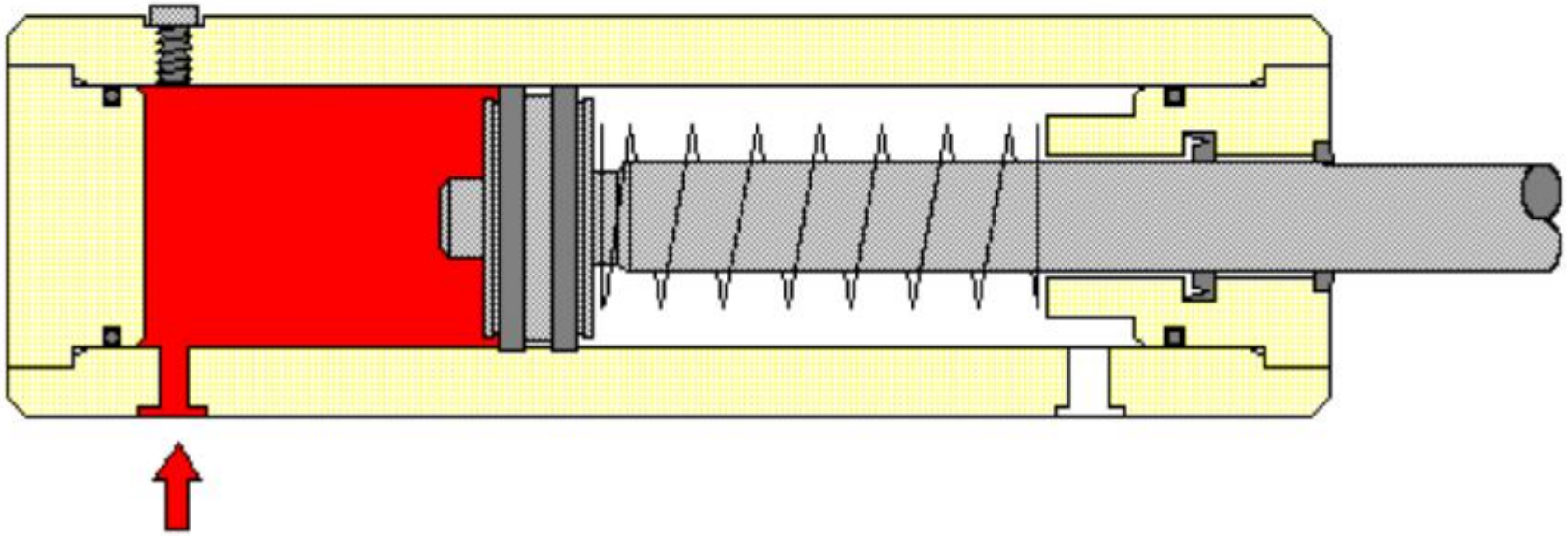
- Silindirin tek yönde hareketinin hidrolik yağ basıncı ile sağlandığı geri dönüşünün ise yük etkisiyle kendiliğinden ya da silindir içerisine yerleştirilen bir yay sayesinde sağlandığı hidrolik silindirler tek etkili silindir grubuna dahil edilir.
- Bu tip silindirler, sadece tek yönde iş yapabilirler, geri dönüş hareketi sırasında üretilen kuvvet sadece silindirin başlangıç pozisyonuna dönmesine yetecek kadardır.

Tek Etkili Silindir



- **Yay Geri Dönüşlü**



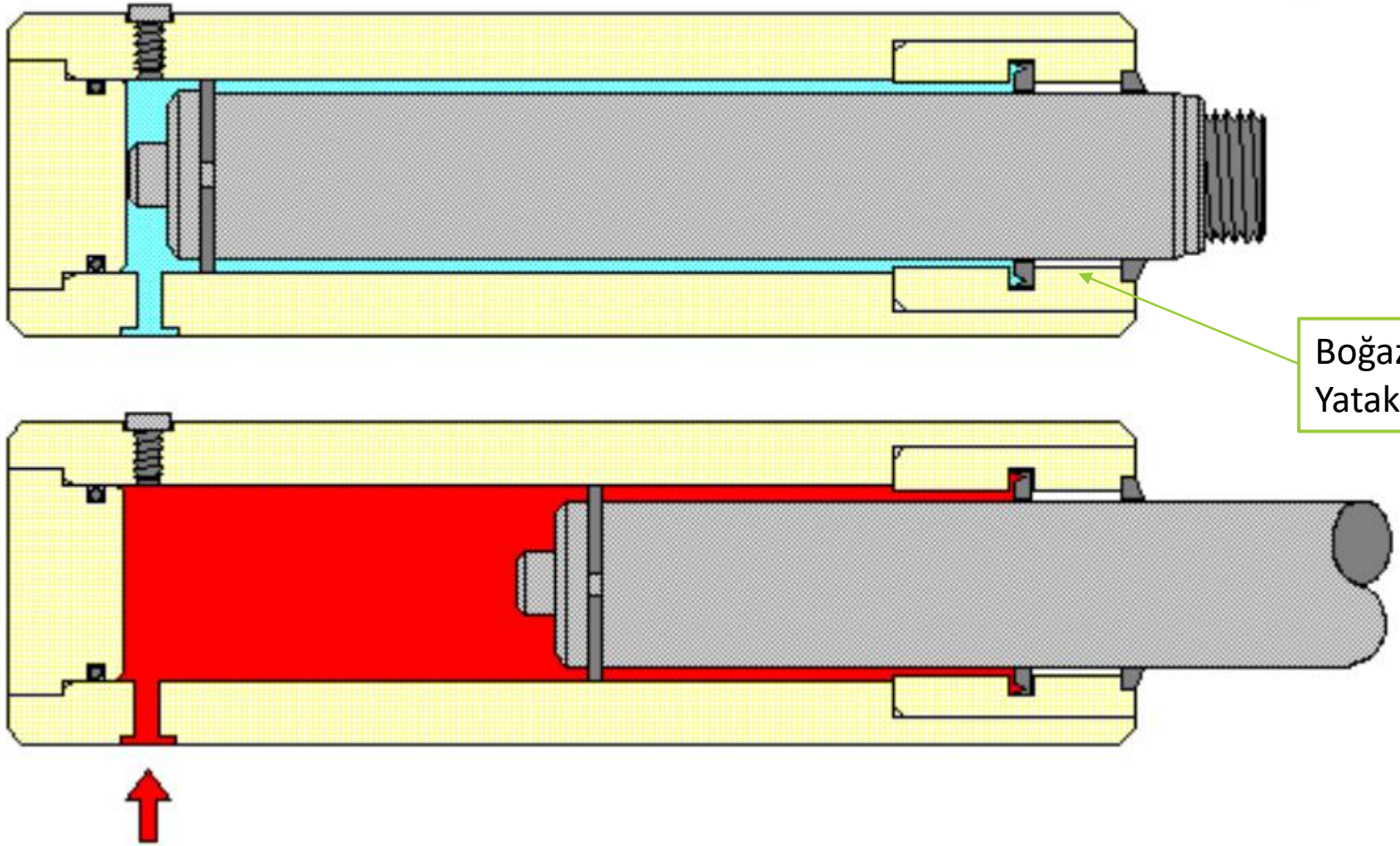


Tek Etkili Silindirler

- **Dalma tip** ya da *plunger* (plancer) tip tek etkili hidrolik silindirleri hem endüstride hem de mobil araçlarda;
  - Özellikle kaldırma operasyonlarında sıklıkla görmek mümkündür.
  - Silindirin geri hareketi için ağırlık etkisi gerektiğinden dolayı yatay montajı mümkün değildir.
  - Dalma tip tek etkili silindirlerin en önemli dezavantajı pistonu olmaması sebebiyle yükü taşıyan milinin sadece boğaz bölgesinden yataklanmasıdır.
  - Bazı uygulamalarda çift etkili silindirlerin de tek etkili olarak kullanıldığını görmek mümkündür.

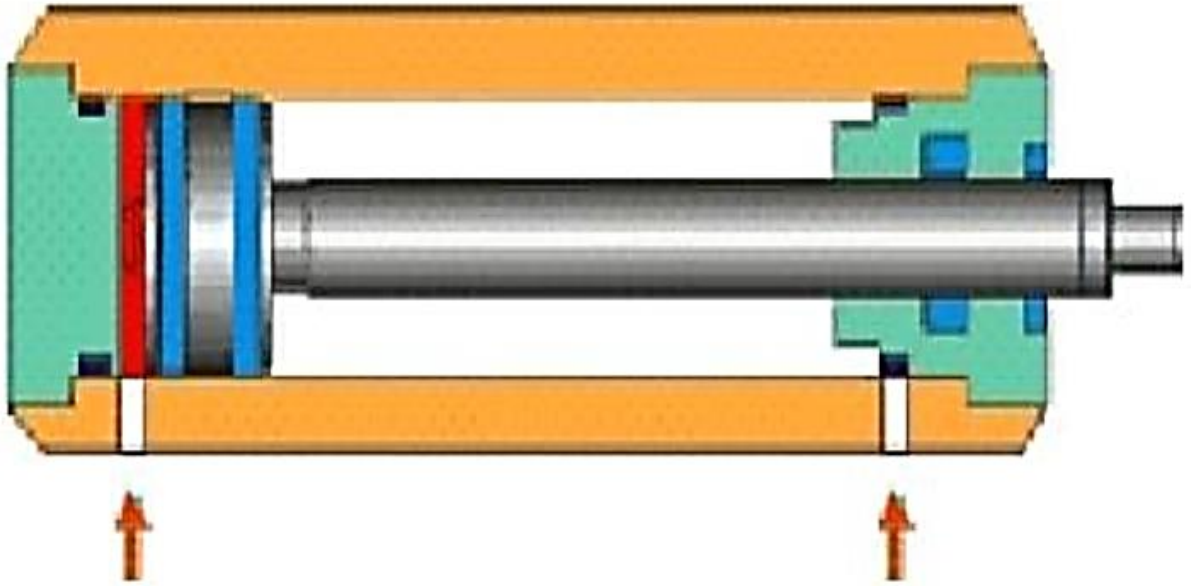
Tek Etkili Silindir

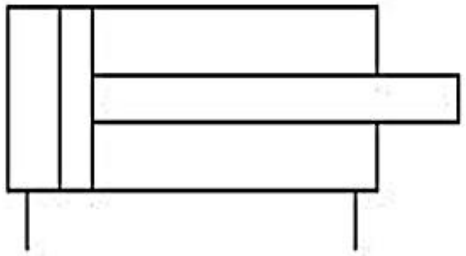
- **Kuvvet Geri Dönüşlü**
  - **Dalma Tip (plancer)**



Çift Etkili Silindirler

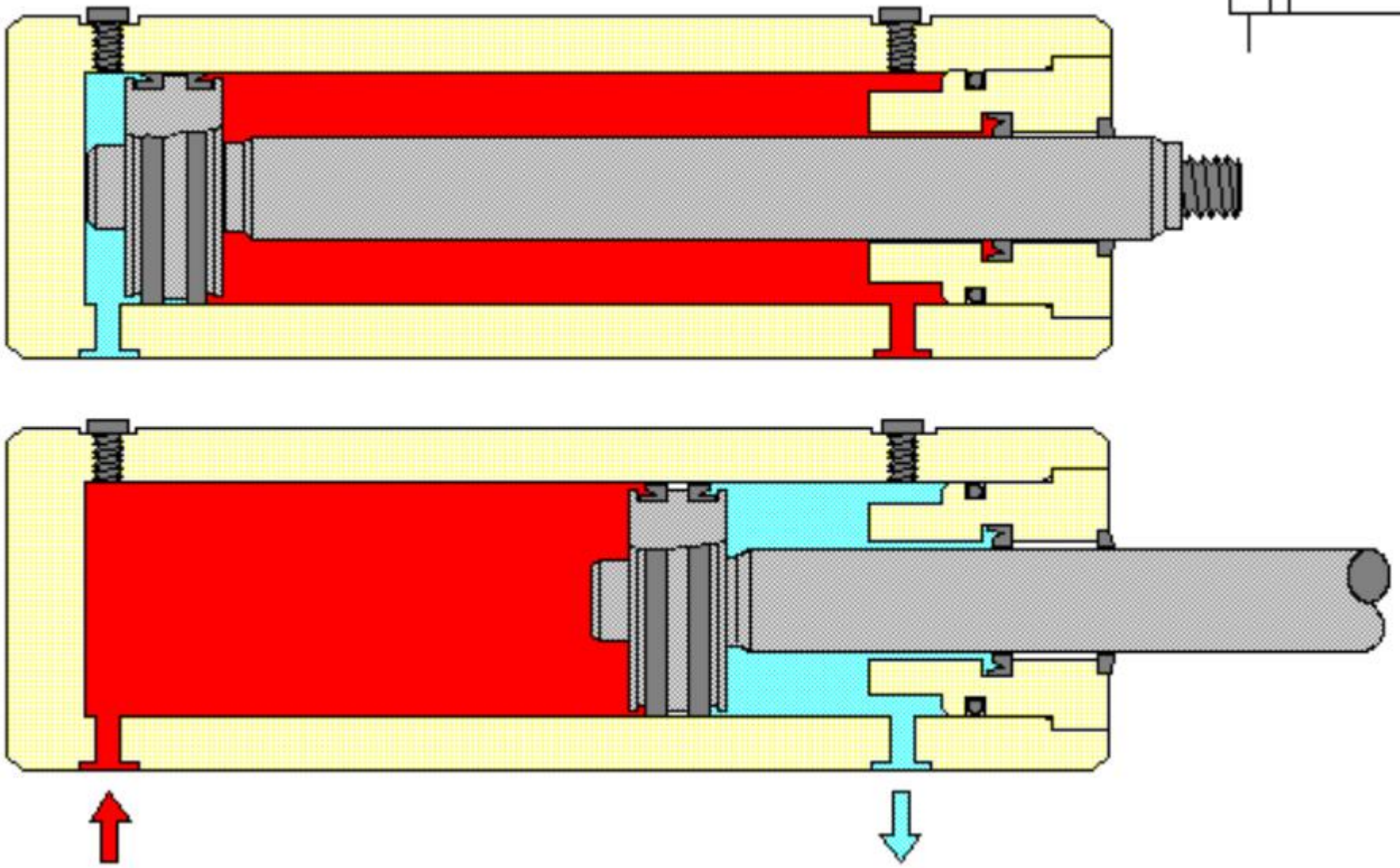
- Bu silindirlerde hidrolik akışkanın etkisiyle çift yönlü hareket sağlanır.
- Silindirin ilk konumuna dönüşü basınçlı hidrolik akışkanın etkisiyle gerçekleşir.





Çift Etkili Silindirler

- Tek piston kollu çift etkili silindir



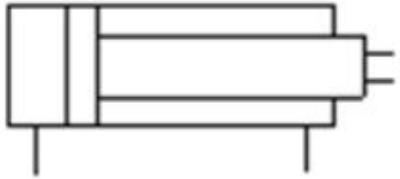
Çift Etkili Silindirler

- Çift etkili silindirlerin hidrolik devre sembolleri

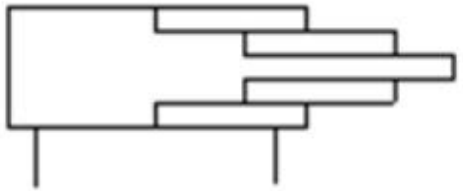
Tek piston kollu

Çift piston kollu

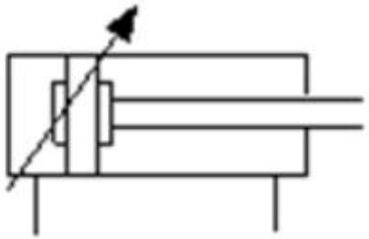
Diferansiyel silindir



Teleskopik silindir

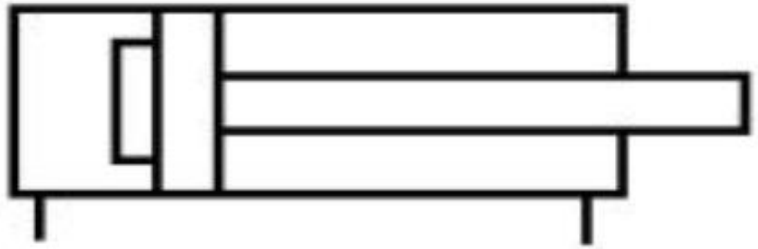


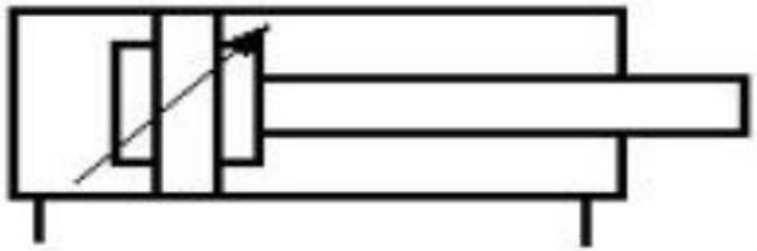
Çift taraflı ayarlanabilir son konum yastıklamalı



Çift Etkili Silindirler (**Yastıklı**)

- Silindir pistonları hareketleri sırasında strok sonuna kadar maksimum hıza ulaşırlar.
- Piston yük altındayken, silindir strokunun sonuna yaklaşırken oluşacak darbeleri azaltmak amacıyla **yastıklı**/yastıklamalı silindirler kullanılır.

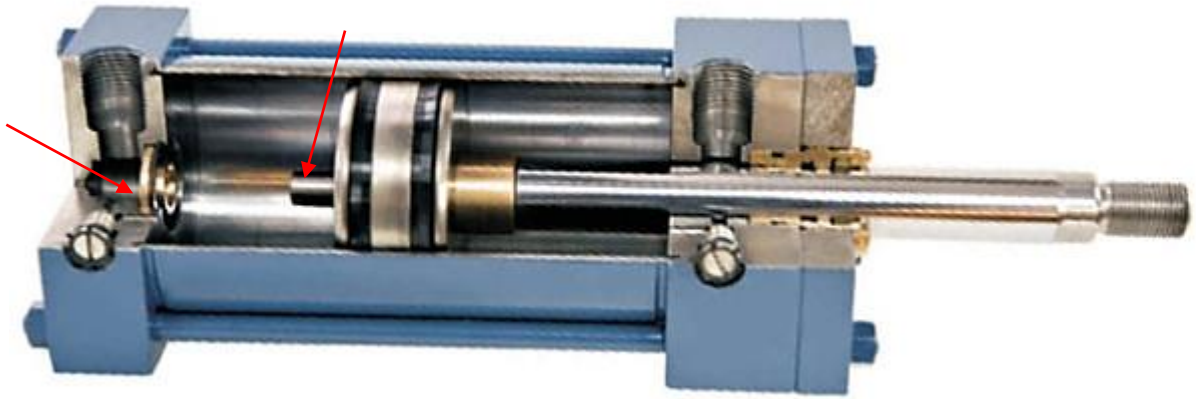


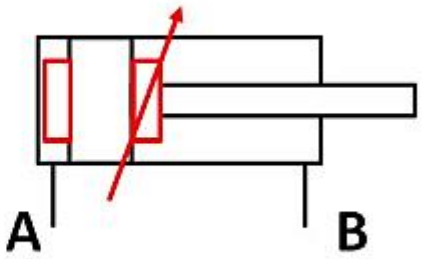
tek tarafı yastıklı

çift tarafı yastıklı

Çift Etkili Silindirler (**Yastıklı**)

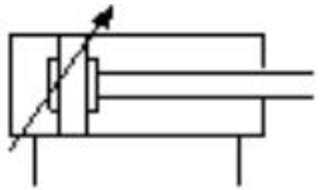
Yastıklı Silindir

- **Yastıklama**, pistonun aniden durması sonucu oluşan mekanik ya da hidrolik darbeleri azaltır.
- Silindir elemanlarında oluşabilecek aşınmaları en aza indirir.

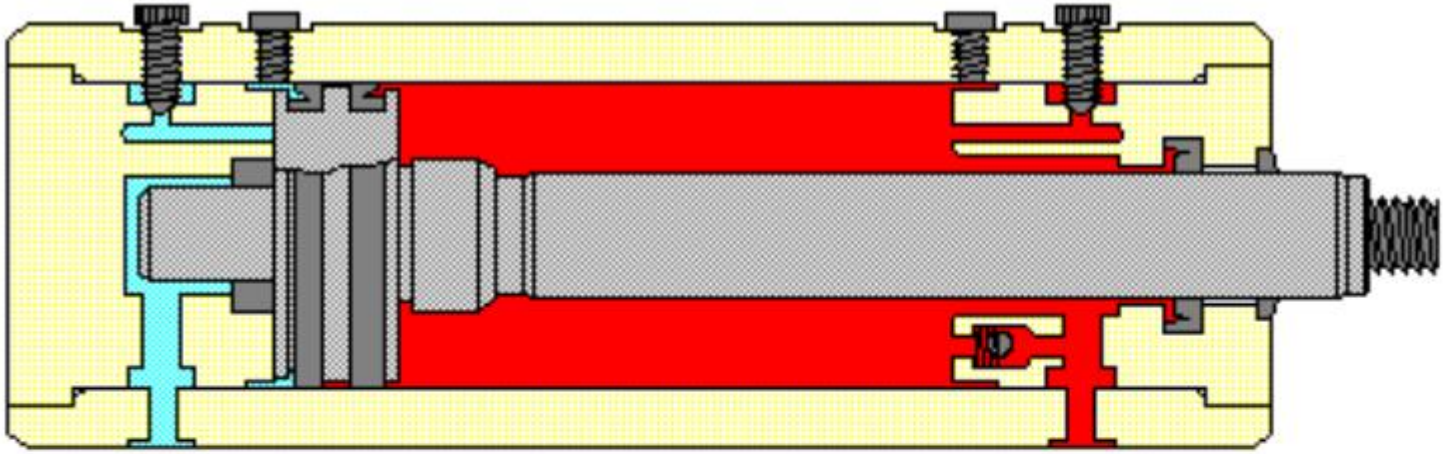


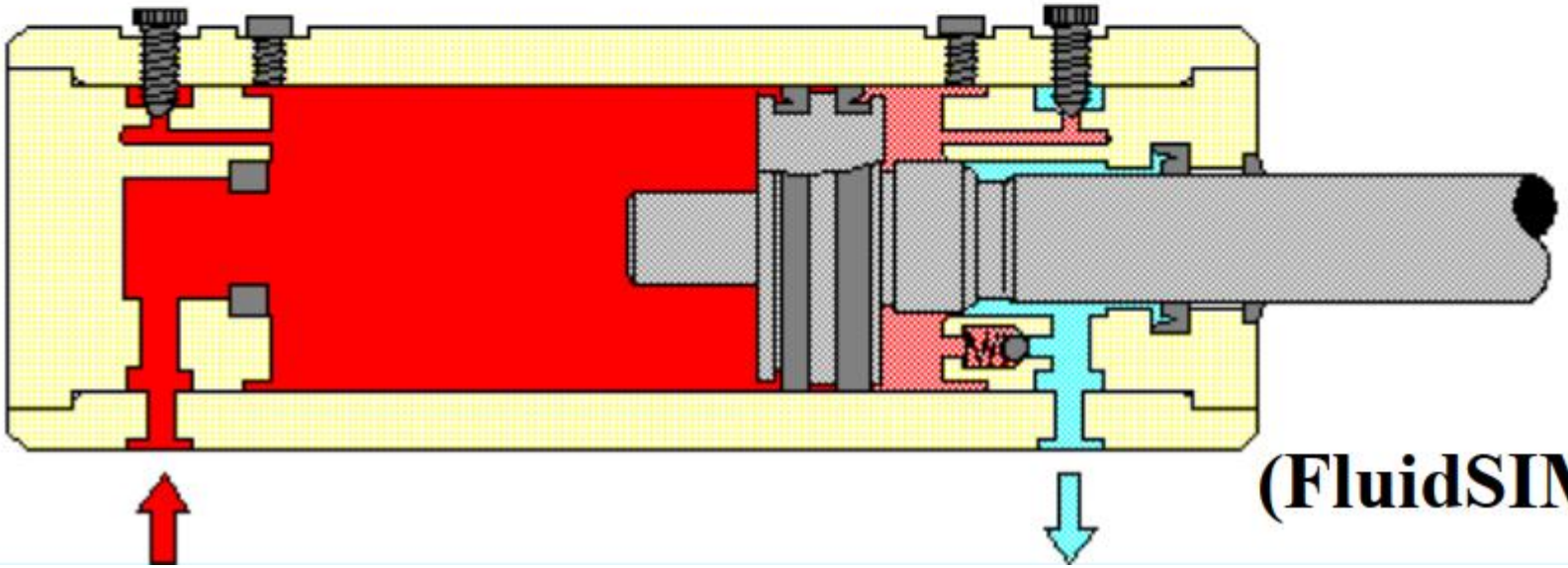


Çift Etkili Silindirler



- **Yastıklamalı**

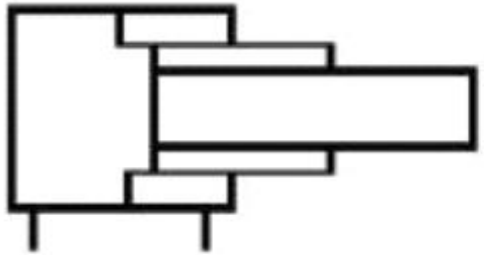




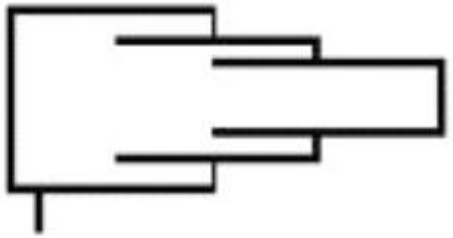
(FluidSIM-H-9)

Teleskobik Silindirler

- Dar montaj alanı ve büyük kurs boylarının istendiği yerlerde teleskopik silindirler kullanılır.
- Bu silindirlerde dezavantaj açılma esnasında giderek küçülen silindir çaplarından dolayı açılma hızının artmasıdır. Bu ise kapsamlı devreler ile önlenebilir.

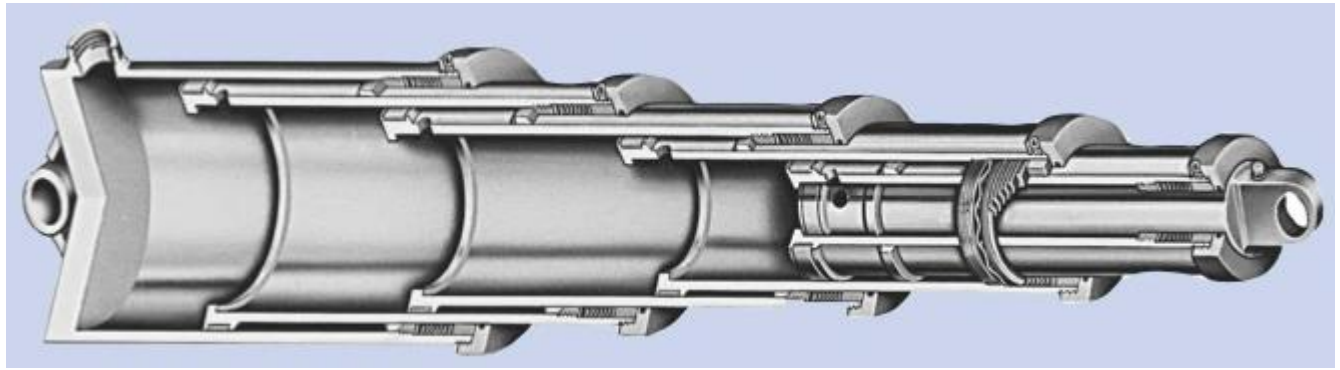


İleri ve geri dönüşlü



Geri dönüşü dış kuvvetle

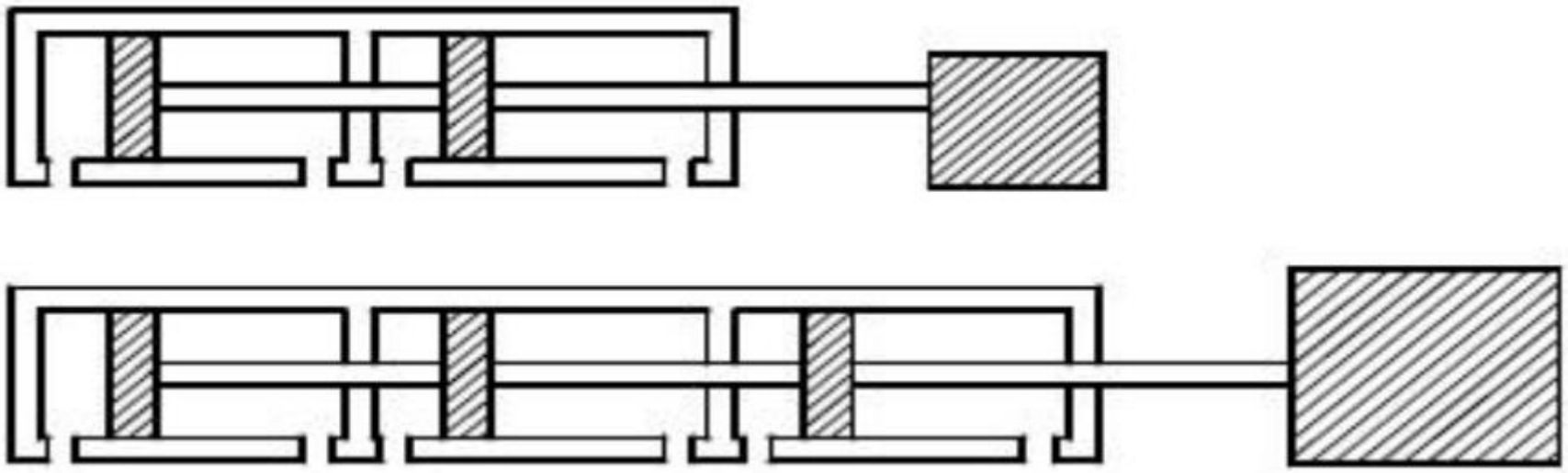
Teleskobik Hidrolik Silindirler



- Teleskobik Silindir

Tandem Silindirler

- Hidrolik sistemlerde itme kuvvetinin büyük olması ve silindirin konulacağı yerin küçük olması gereken durumlarda tandem silindirler kullanılır. Piston çapı büyütülmeden, itme kuvvetinin büyümesi sağlanır.
- Hidrolik devrelerde kuvvetin artırılması, piston çapının ya da pompa kapasitesinin büyütülmesiyle mümkündür.

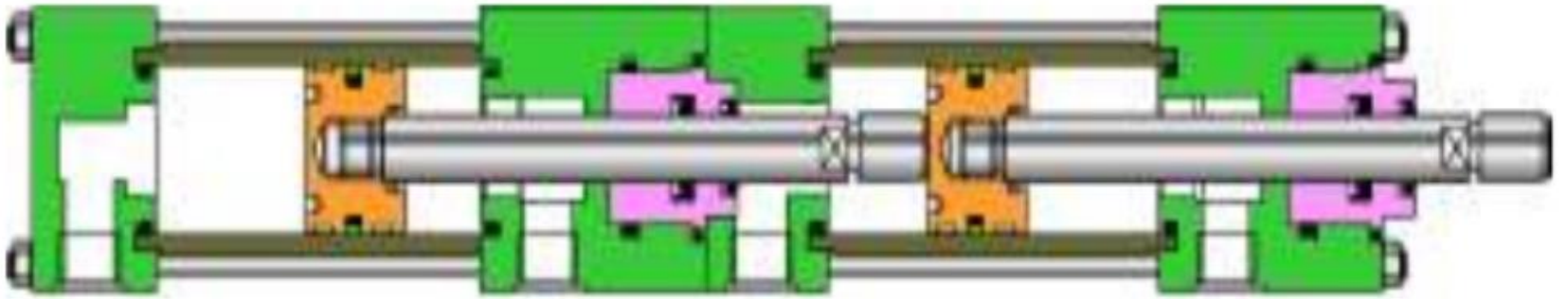


Tandem Silindirler

➢ **Tandem silindir:** Mevcut bir hidrolik devrede bir silindirin itme kuvvetini önemli oranda arttırabilmek için silindir çapı ya da basıncını yükseltilmesinden başka seçenek yoktur. Basıncın arttırılması pompanın değiştirilmesini gerektirir. Silindir çapının büyütülmesi ise boyutlarını arttıracağı için yer sorunu yaratır.

Silindirlerin itme kuvvetlerini arttırmak için tandem silindir adı verilen özel bir silindir türü kullanılırr. Bu silindirler, kursları eşit birden fazla silindirin uç uca eklenmesiyle oluşturulur. Silindir sayısına bağlı olarak giriş ve çıkış sayısı ve itme kuvveti artar. Aşağıda Şekil'de tandem silindirin kesit resmi görülmektedir.

- Hidrolik devrelerde basıncın artırılması, piston çapının ya da pompa kapasitesinin büyütülmesiyle mümkündür.

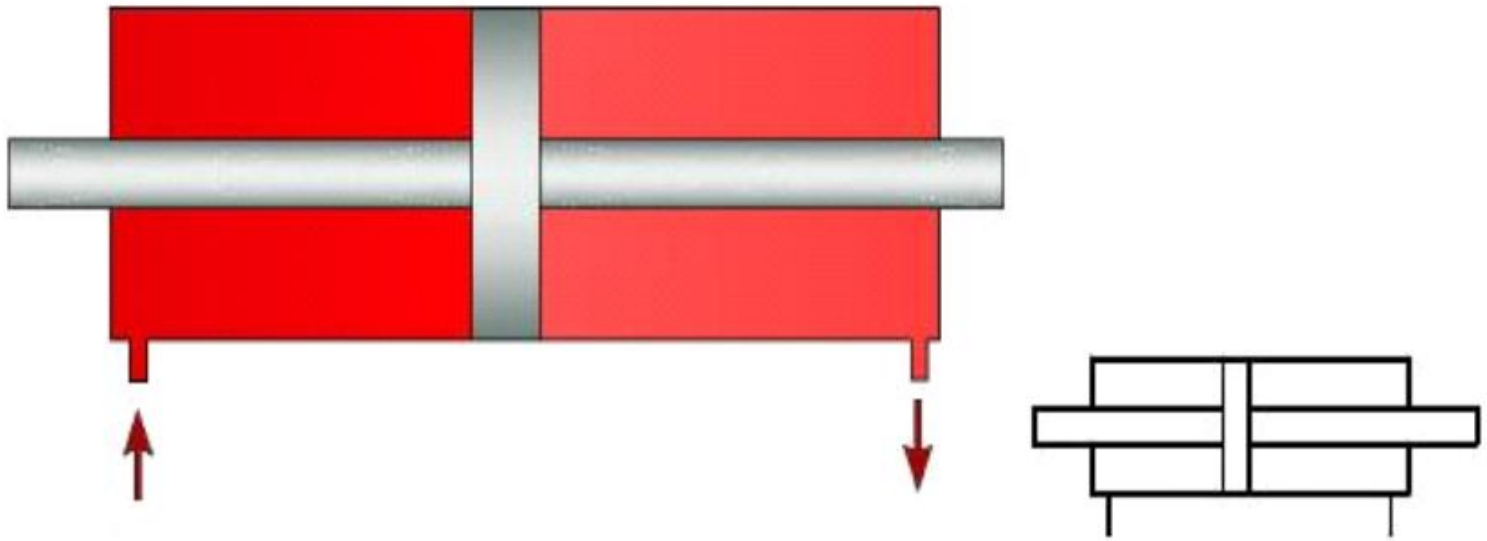


Tandem silindirler

I. silindirin itme kuvvetine F_1, II. silindirin itme kuvvetine F_2 dersek; tandem silindirin itme kuvveti, $F_{TOPLAM} = F_1 + F_2$ olur. Bu da gösteriyor ki silindir çapı ve basınç değiştirilmeden silindirin itme kuvveti önemli oranda arttırılmıştır.

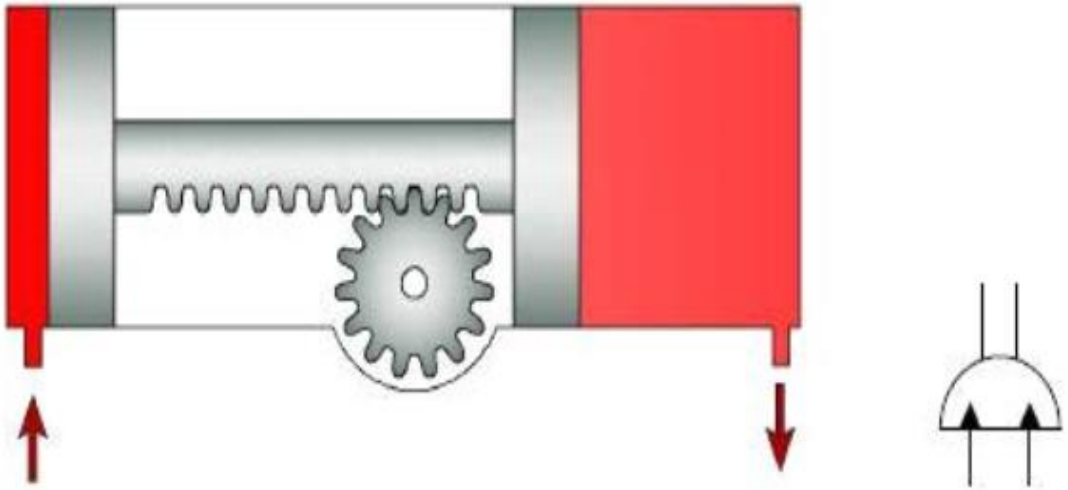
Çift Kollu Silindirler

- Pistonun iki tarafında da piston kolu vardır.
- Akışkanın etki ettiği piston kesit alanları her iki tarafta da eşit olduğundan ileri-geri hızları ve kuvvetleri eşittir.

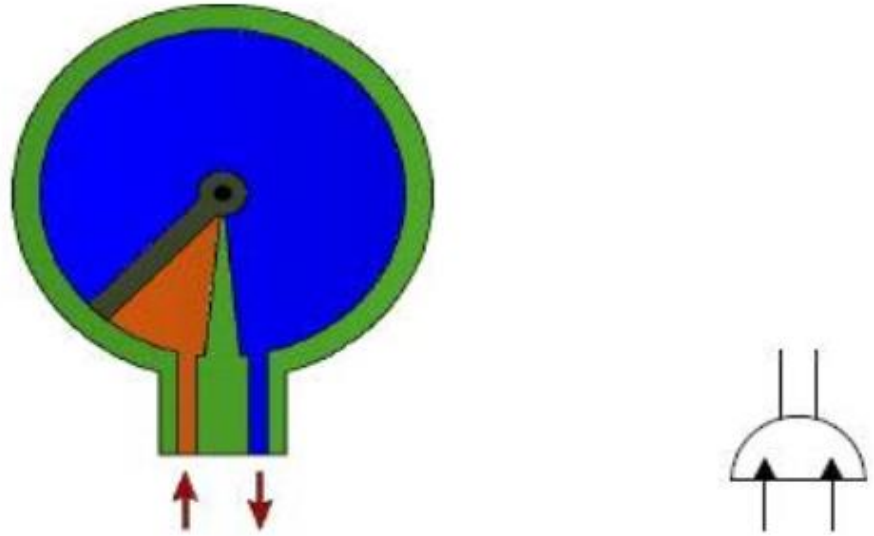


Dönerli Silindirler

- Bazı hidrolik sistemlerde belli açılarda dönme hareketi istenir. İki tipte dönerli silindir vardır.

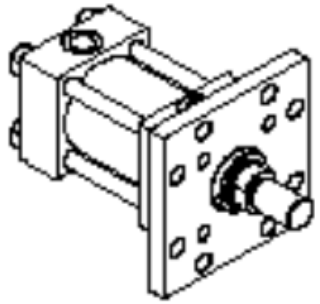


*** Kremayerli**

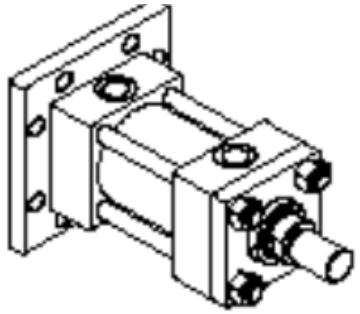


*** Kanatlı Tip**

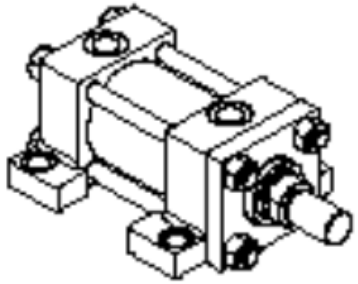
Hidrolik Silindir Sabitleme Tipleri



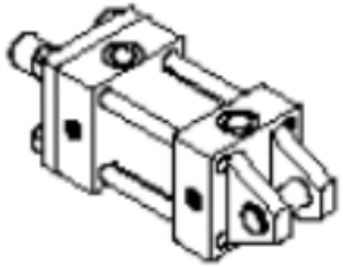
Kafadan flanslı



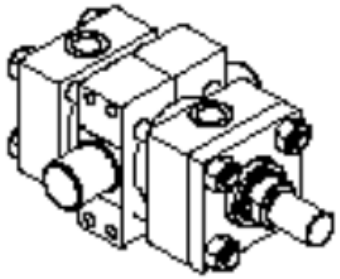
Tabandan flanslı



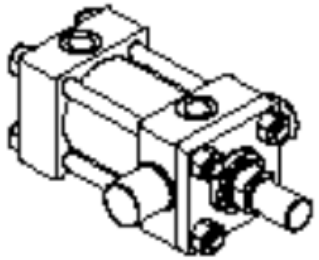
Ayak yer bağlantı



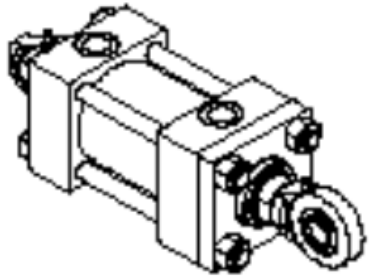
Arka mafsal bağlantı



Orta eklem bağlantı



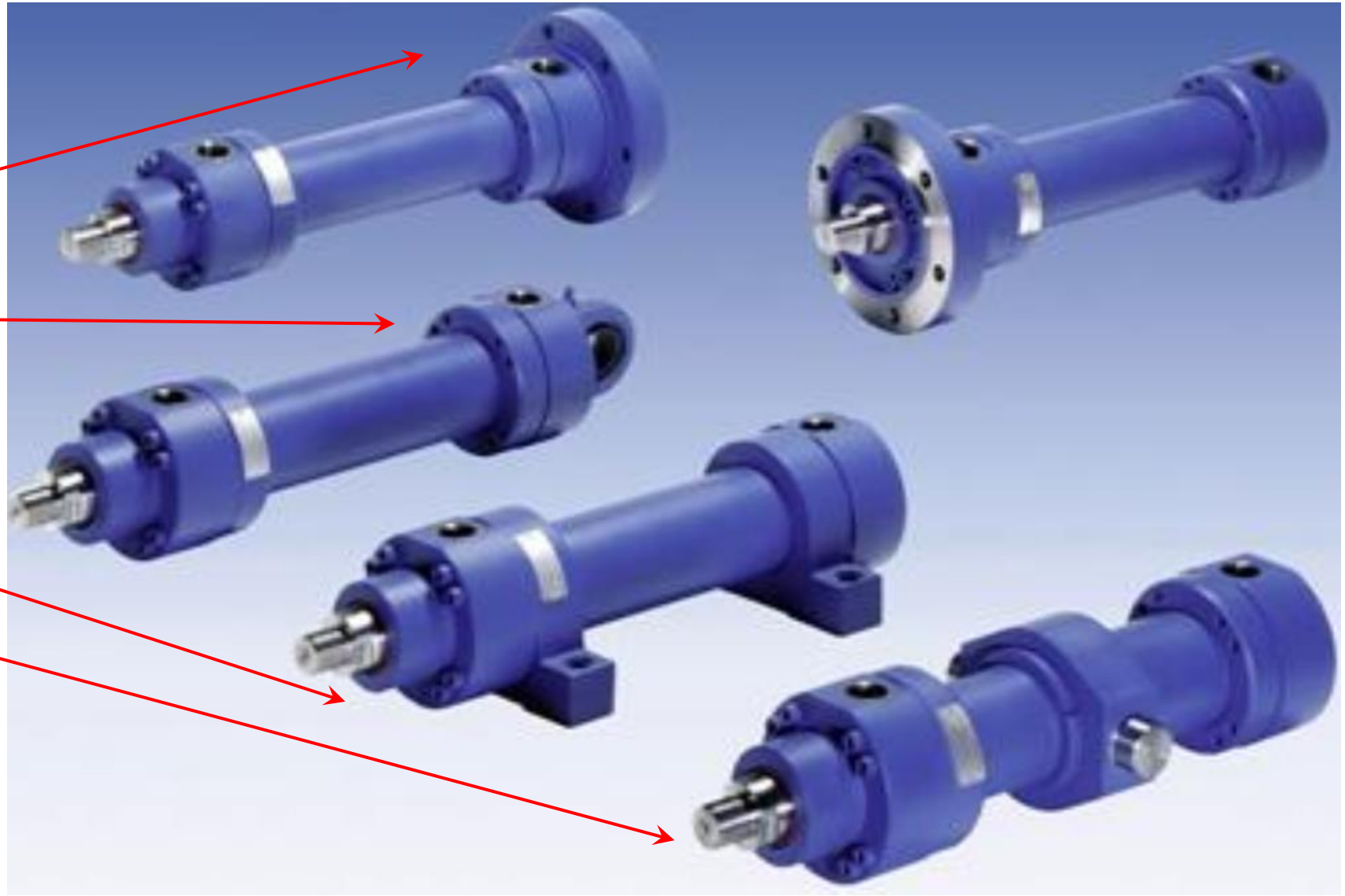
Ön eklem bağlantı



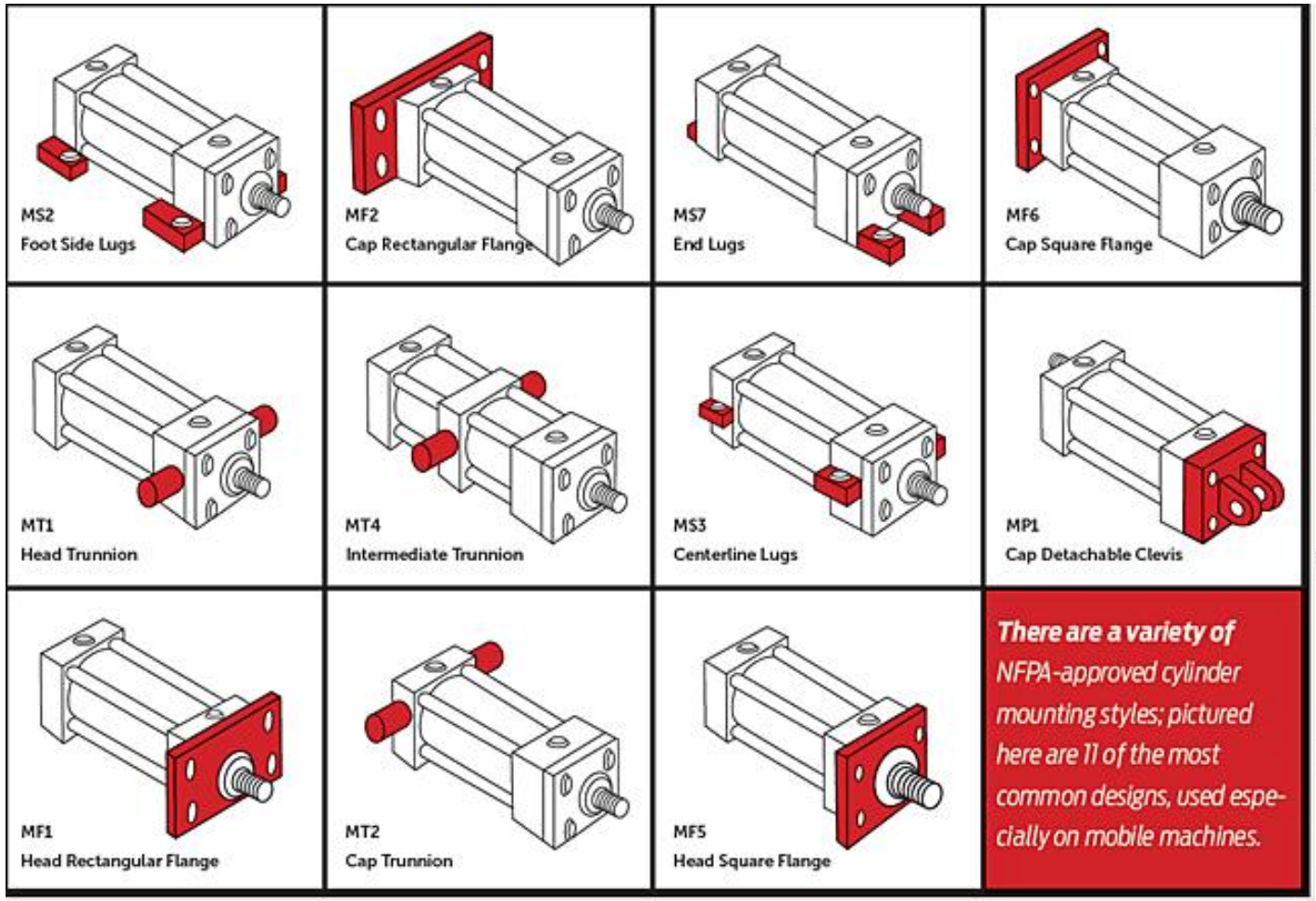
Arka oynak mafsal bağlantı

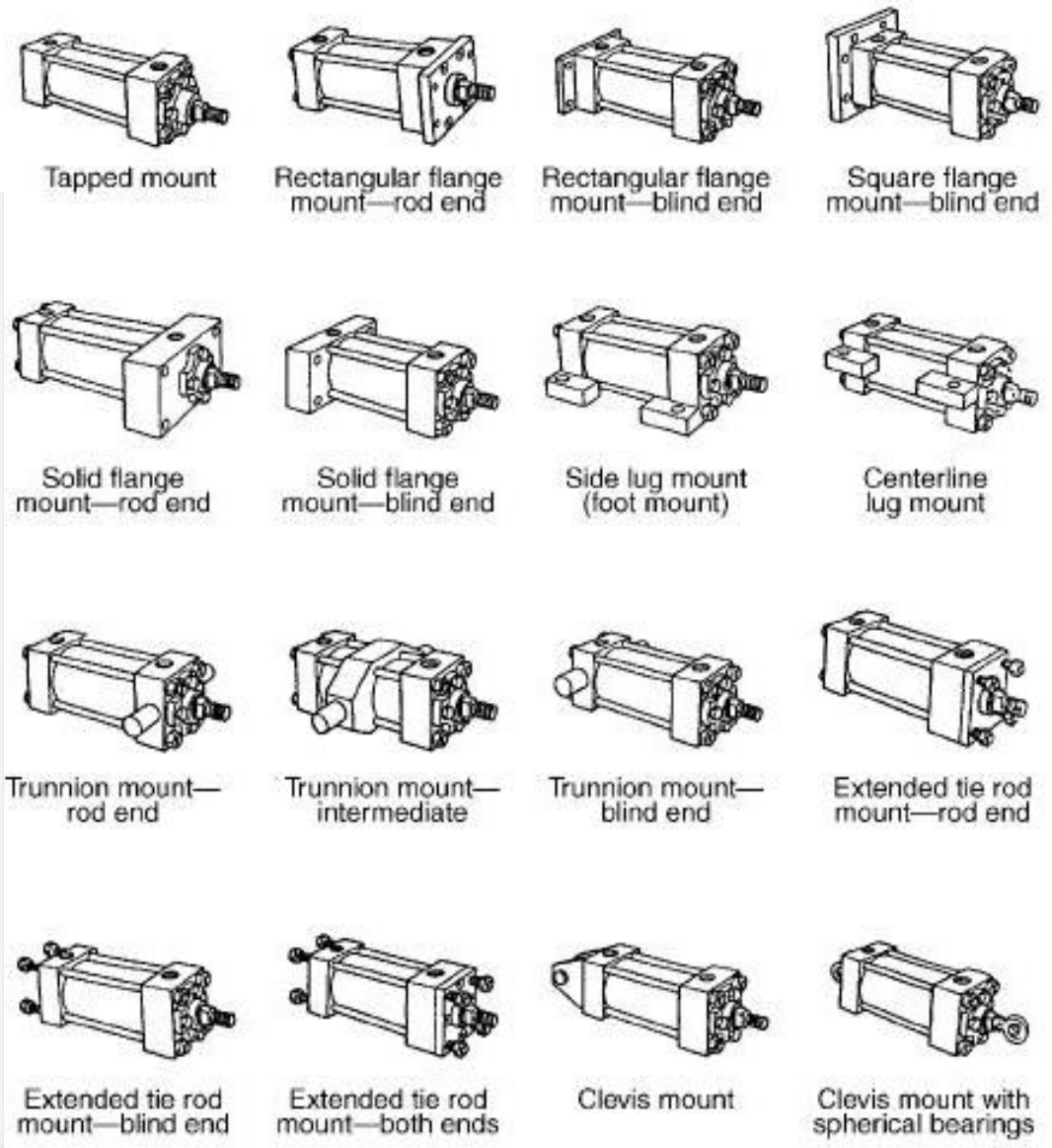
Hidrolik Silindir Sabitleme Tipleri

- Flanşlı
- Oynak mafsallı
- Ayaklı
- Eklemli



Hidrolik Silindir Montaj Tipleri





Hidrolik Silindir (Piston ve Kol Çapı) Standart Ölçüleri

BS:5785 1980 STANDART METRİK SİLİNDİRLERİ TAVSİYE EDİLEN ÖLÇÜLERİ

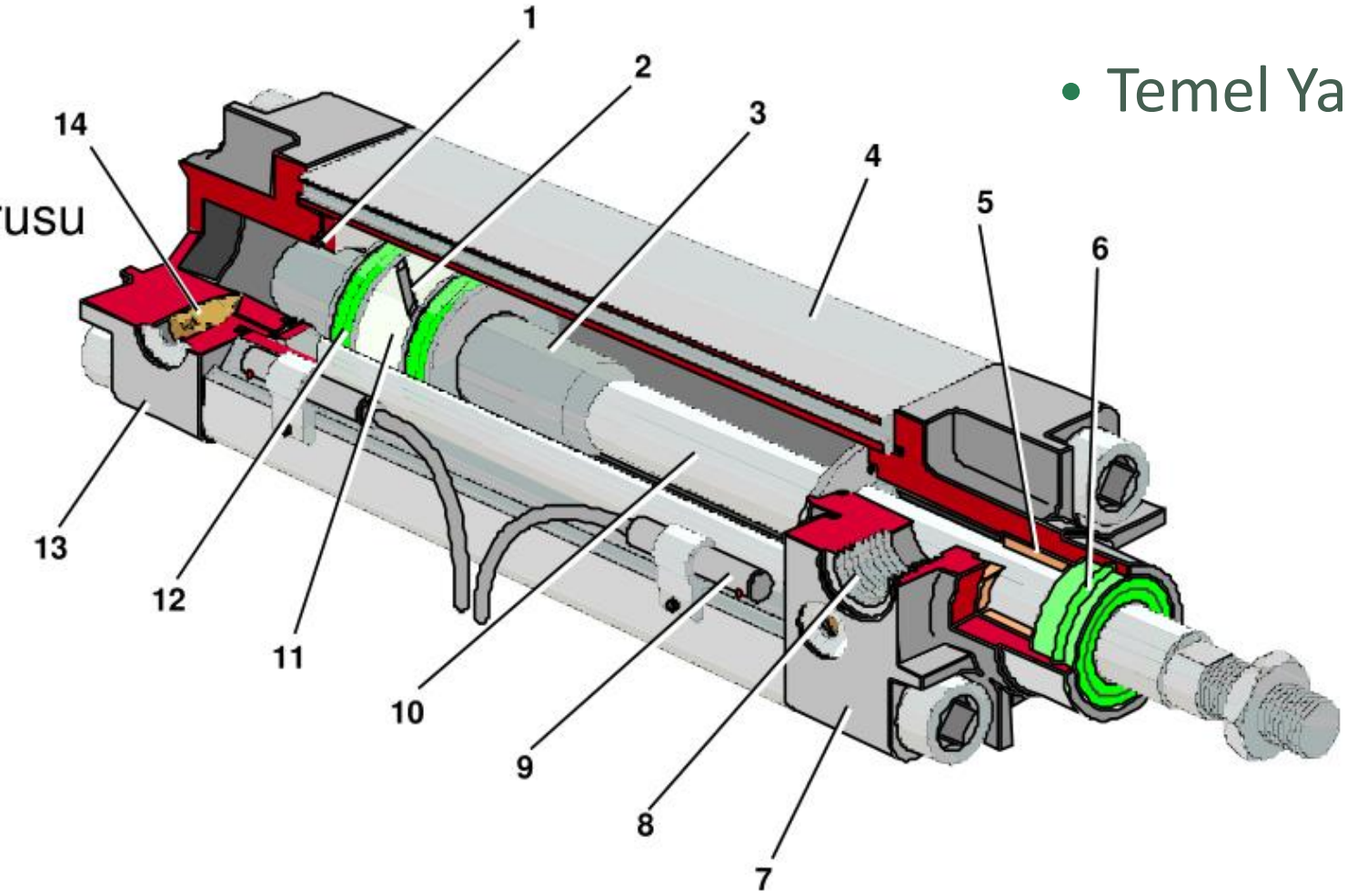
Piston Çapı (mm)		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	280	320
Piston Kolu Çapı (mm)	Büyük	20	28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200
	Küçük	28	36	45	56	70	90	100	110	125	140	160	180	200	220

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

PNÖMATİK SİLİNDİRLER

Pnömatik Silindirler

1 Yastık contası
2 mıknatıs
3 yastık burcu
4 Eloksal kaplı silindir borusu
5 yatak burcu
6 boğaz keçesi
7 önde son kapak
8 ön port
9 manyetik sensör
10 piston mili
11 yataklama elemanı
12 piston contası
13 arka son kapak
14 yastıklama vidası



- Temel Yapısı

Pnömatik Silindirler

Pnömatik silindirler tiplerine ve şekillerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar;

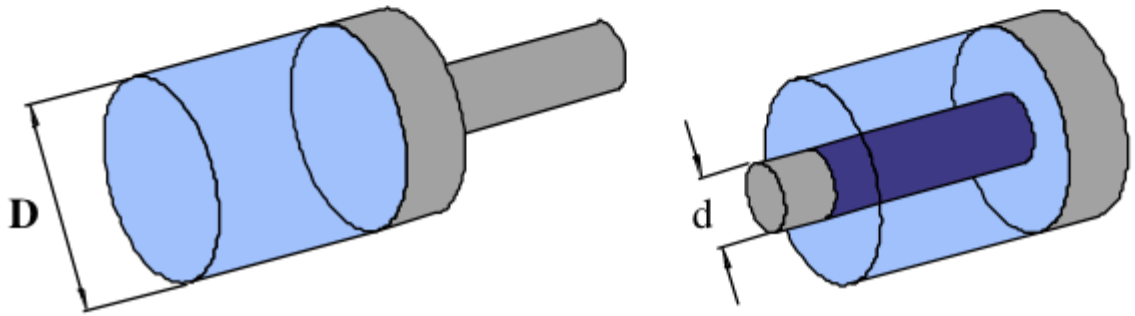
- Tek etkili yay geri dönüşlü ve geri dönüş yayı olmayanlar
- Çift etkililer
  - – Yastıklama olmadan ve sabit yastıklamalı
  - – Yastık ayarı yapılabilenler
  - – Mıknatıslı
  - – Tandem
  - – Çok konumlu
- Milsiz veya rodsuz
- Döner silindirler
- Sıkma veya diyaframlı
- Körüklü
- Frenli

Pnömatik Silindirler

Silindir

Kuvvet Hesabı

- **Teorik olarak silindirin itmesi (outstrok) ya da çekmesi (instrok)çalışma basıncıyla pistonun etki alanının çarpımıyla hesaplanır.**
- **İtmek için etkili alan silinidir borusunun bütün alanıdır ”D”.**
- **Çekmek için etkili alan piston rod çapının kesitle küçültülmüşüdür “d”.**



Pnömatik Silindirler

Silindir Kuvvet Hesabı

- **Formülde, P bar '1 Newton'a dönüştürmek için 10'a bölünmüştür ve herbirim milimetre karedir (1 bar = 0.1 N/mm²)**

$$\text{İtme} \qquad F = \frac{\pi D^2}{4}\frac{P}{10} \quad Newton$$

Açıklama

D = Milimetre olarak silindir boru çapı
P = Bar cinsinden basınç
F = Newton cinsinden çekme veya itme kuvveti

Pnömatik Silindirler

Silindir

Kuvvet Hesabı

- **F çekme gücü piston rodundaki alan kaybı yüzünden itme gücünden az olacaktır.**

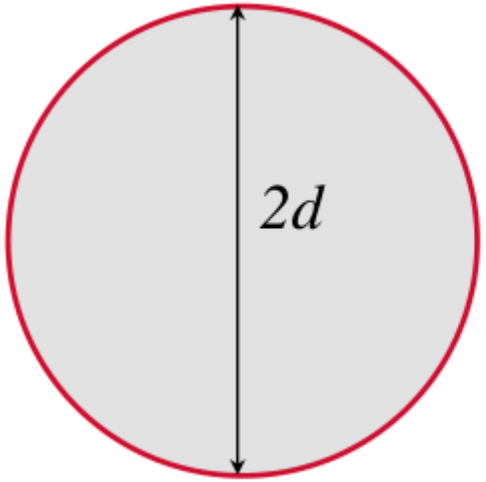
$$Çekme \quad F = \frac{\pi (D^2 - d^2) P}{40} \quad Newton$$

Açıklama

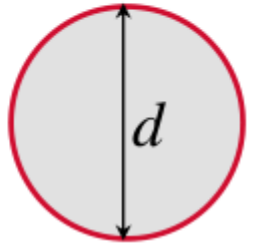
D = Milimetre olarak silindir boru çapı
d = Milimetre olarak piston rod çapı
P = Bar cinsinden basınç
F = Newton cinsinden çekme veya itme kuvveti

Pnömatik Silindirler

Silindir İtme Kuvveti: Farklı çaplarda silindirin itme kuvveti izafi olarak tahmin edildiğinde, çapın karesiyle itme gücünün arttığını hatırlatmak yararlı olabilir. Bir başka deyişle silindir boru çapı 2 katına çıkarsa itme kuvveti 4 katına çıkar.



Bu iki dairede alan farkı
4 kattır



Pnömatik Silindirler

Statik sıkıştırma uygulamalarında:

- **Sıkıştırma uygulamasında güç, durdurma ve basma işlemlerinde kullanılır. Farklı basınc uygulandığında piston üzerinden geçerek değişik güçler elde edilir. Teorik itme gücünde olacak olan kayıplar sadece sürtünme yüzünden olan kayıplardır.**
- **Genel bir kural olarak sürtünme için %10 hesaba katılır. Bu küçük çaplı silindirler için daha çok ve büyük çaplı olanlar için daha az olabilir.**

Kaynaklar: (MEGEP)

- **Hidrolik Devreler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Devreler.pdf

- **Pnömatik Devreler / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Devreler.pdf

- **Hidrolik Sistemler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hidrolik%20Sistemler.pdf

- **Pnömatik Sistemler / MEGEP (.pdf)***
- http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pn%C3%B6matik%20Sistemler.pdf

- **Pompalar / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pompalar.pdf

- **Kompresörler / MEGEP (.pdf)***
- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kompres%C3%B6rler.pdf

Kaynakça:

- http://web.hitit.edu.tr/seyfisevik/dersmateryalleri/21417 - Doç. Dr. Seyfi Şevik – Hitit Üniversitesi
- https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-73619-6_8
- http://www.akder.org/tr/makale/307-hidrolik-silindirlerde-yast-klama#.YGz2DD-hmUk
- https://www.liebherr.com/en/int/products/components/hydraulics/hydraulic-cylinders/hydraulic-cylinders-mobile-applications/hydraulic-cylinders-mobile-applications.html
- https://www.liebherr.com/shared/media/components/documents/hydraulics/hydraulic-cylinders/liebherr-hydraulic-cylinders.pdf
- https://www.liebherr.com/shared/media/components/documents/hydraulics/hydraulic-cylinders/liebherr-hydraulic-cylinders-260-bar-series-production-range-product-brochure-en-web.pdf
- https://tr.wikipedia.org/wiki/Yatak_(makine_eleman%C4%B1)
- https://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Sizdirmazlik.pdf
- https://www.pneumatictips.com/what-are-single-acting-pneumatic-cylinders/
- http://ercan.gulsoylu.name.tr/wp-content/uploads/2020/01/PN%C3%96MAT%C4%B0K.pdf