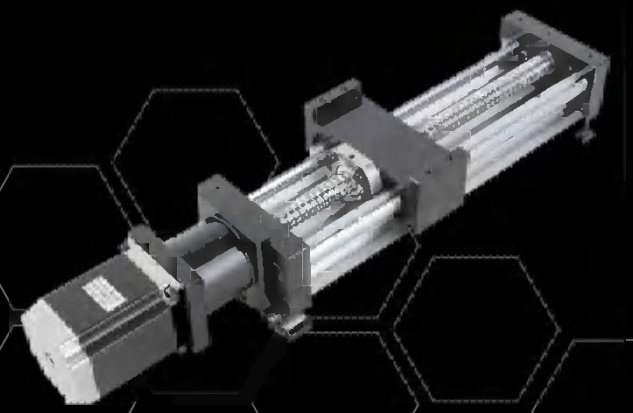
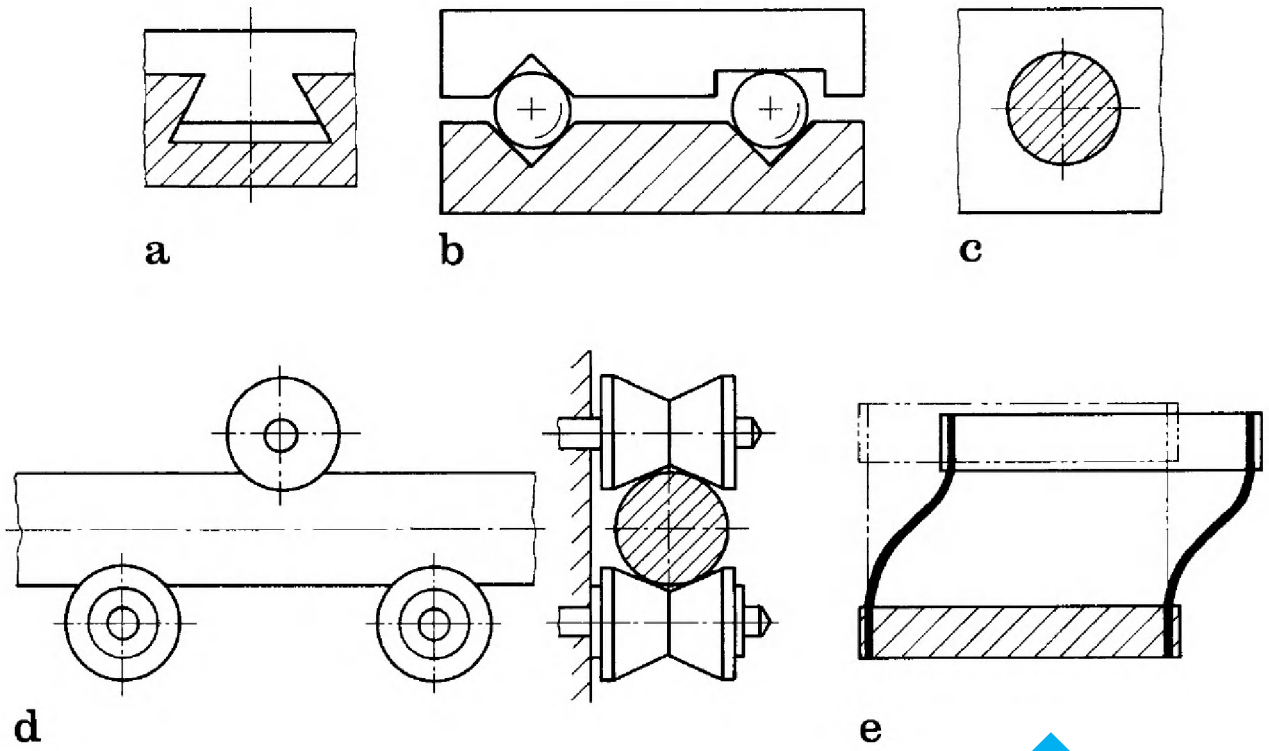
Lineer Yataklar

Vedat Temiz



Genel Bilgiler

- Makina sistemlerinde her zaman dönme hareketi söz konusu olmayabilir. Hassasiyet önemli değilse çok basit çözümler söz konusudur.



a) Kırlangıç kuyruğu geçme
b) Bilyalı tabla
c) Kılavuz içinde çubuk
d) Makara destekli sistem
e) Elastik yaylı sistem

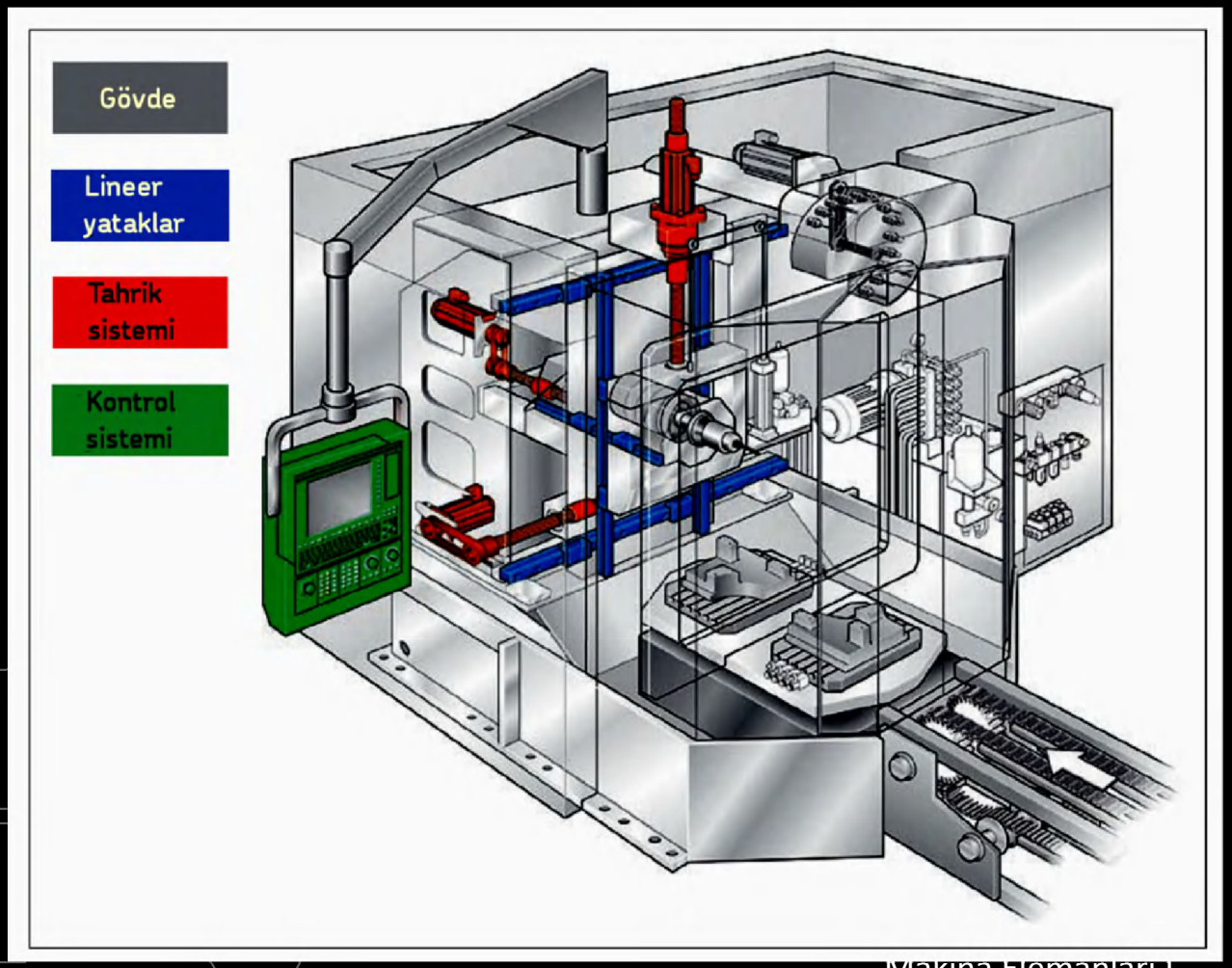
Lineer hareket için kullanılan prensip çözümler.

Genel bilgiler

- Yuvarlanma elemanlı lineer yatakların, kaymalı lineer yataklara (kızaklar) göre temel avantajları:
- Yuvarlanma sürtünmesi nedeni kolay yol alma
- Düşük aşınma
- Düşük sürtünme katsayıları (0,001…0,004). Bu değerler zaman içinde fazla değişmez.
- Tutma-bırakma (stick-slip) yok.
- Ön gerilmeli montaj ile boşluklar sıfırlanabilir
- Montaj ve bakımı kolay
- Yağlama gereksinimi minimum
- DEZAVANTAJLAR:
- Normal veya paralel doğrultularda sönüm kabiliyeti kısıtlı
- Yabancı madde girişine çok duyarlı

Genel bilgiler

- Bir dik işleme merkezinde lineer yataklar ve tahrik elemanları



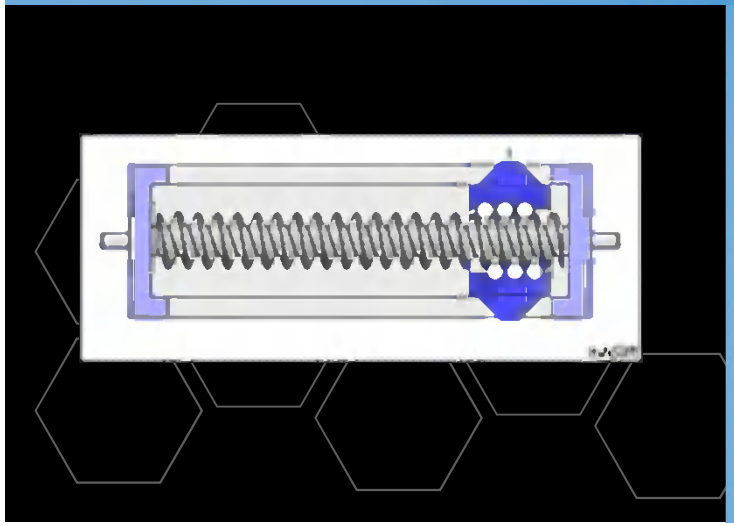
Lineer hareket sürücüleri

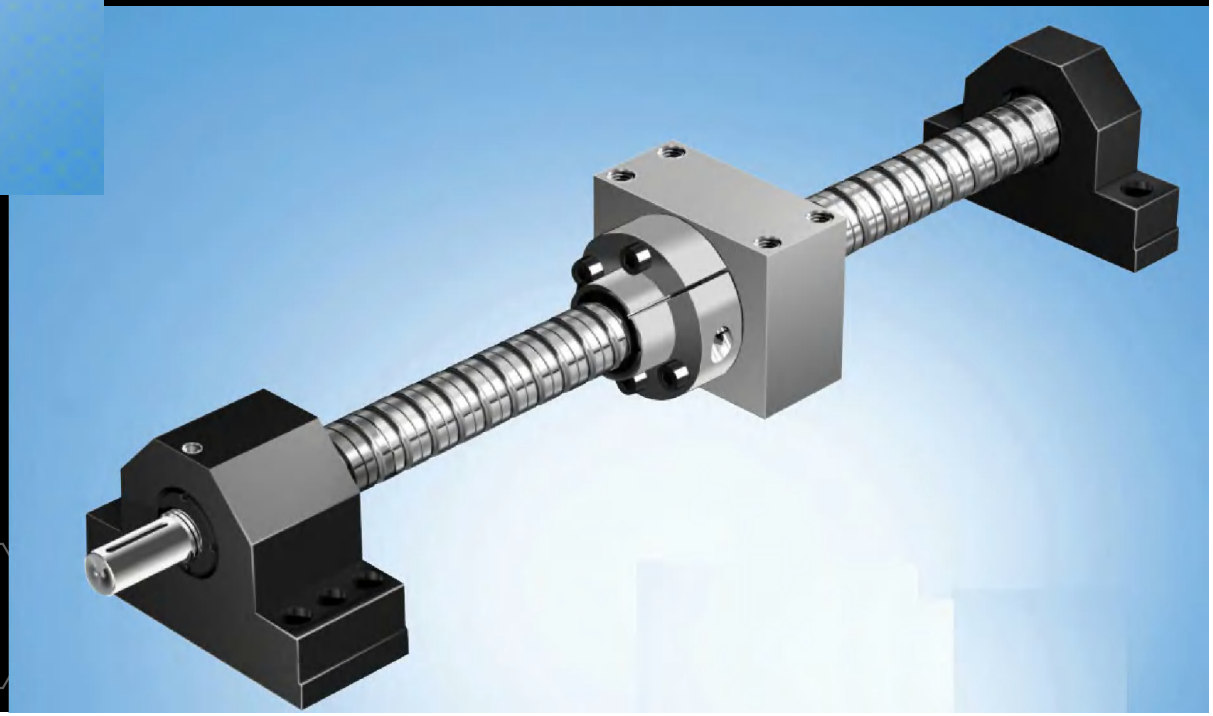
- Lineer hareketin yataklanmasından önce, bu hareketi elde edebileceğimiz sistemleri tanımak önemlidir. Teknikte yaygın kullanılan belli başlı lineer sürücüler:

1. Bilyalı vidalar
2. Çubuklu pnömatik silindirler
3. Çubuksuz pnömatik silindirler
4. Hidrolik silindirler
5. Lineer motorlar
6. Makaralı vidalar
7. Dişli kayışlar
8. Kremayer mekanizması

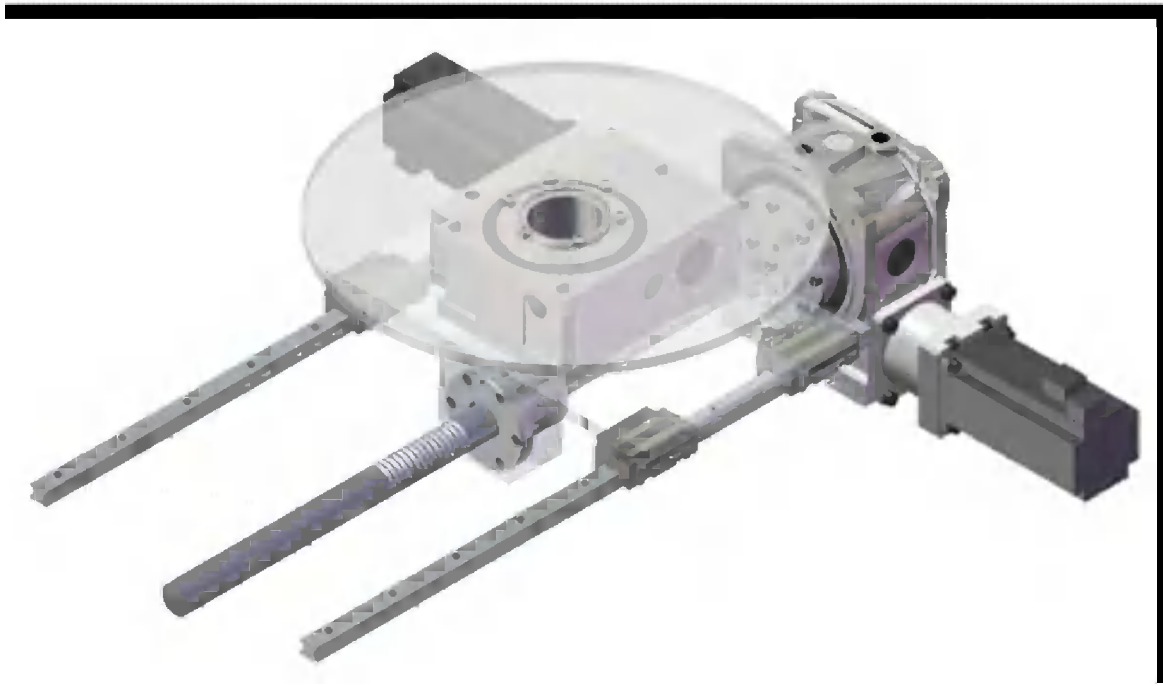
Bilyalı vidalar

Vida ile somun arasında sürekli sirkülasyon yapan çelik bilyalar mevcuttur. Yuvarlanma sürtünmesi ve uygun yağlama nedeni ile sürtünme direnci çok düşüktür



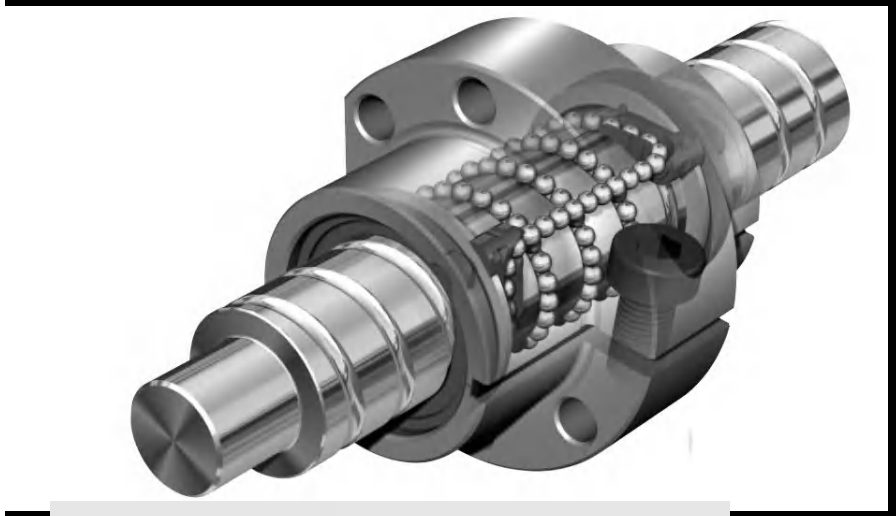


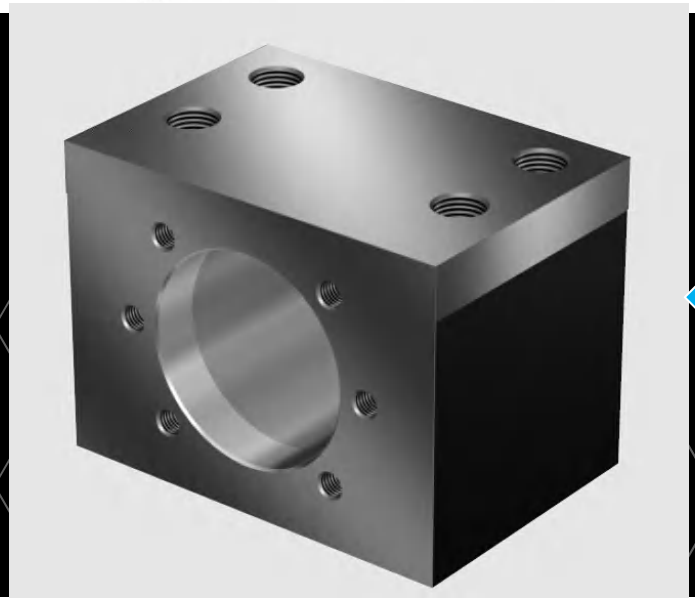
Bilyalı vidalar



Bilyalı vidalar

Standart boyutlarda satılırlar. Normal, ön gerilmeli ve yüksek hızlara uygun tipleri mevcuttur.

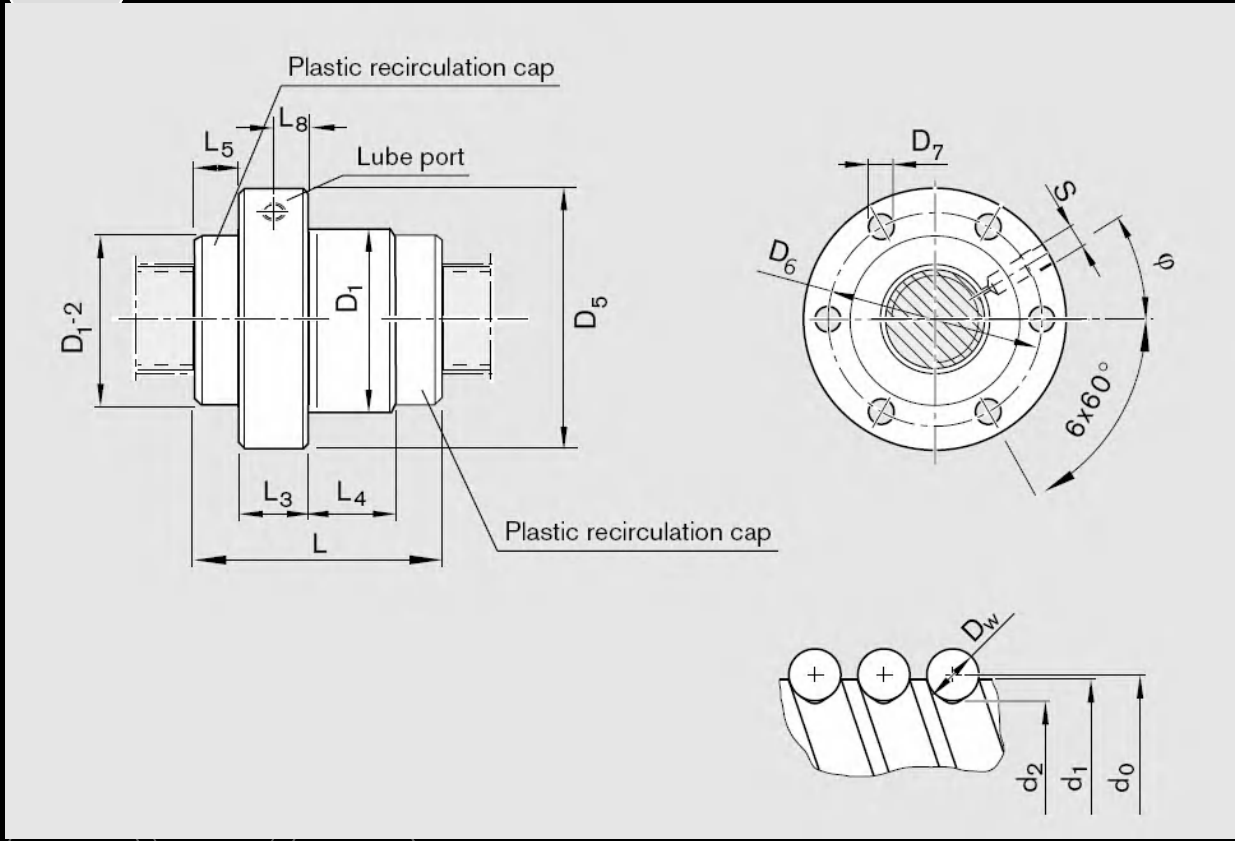




Somun gövdesi

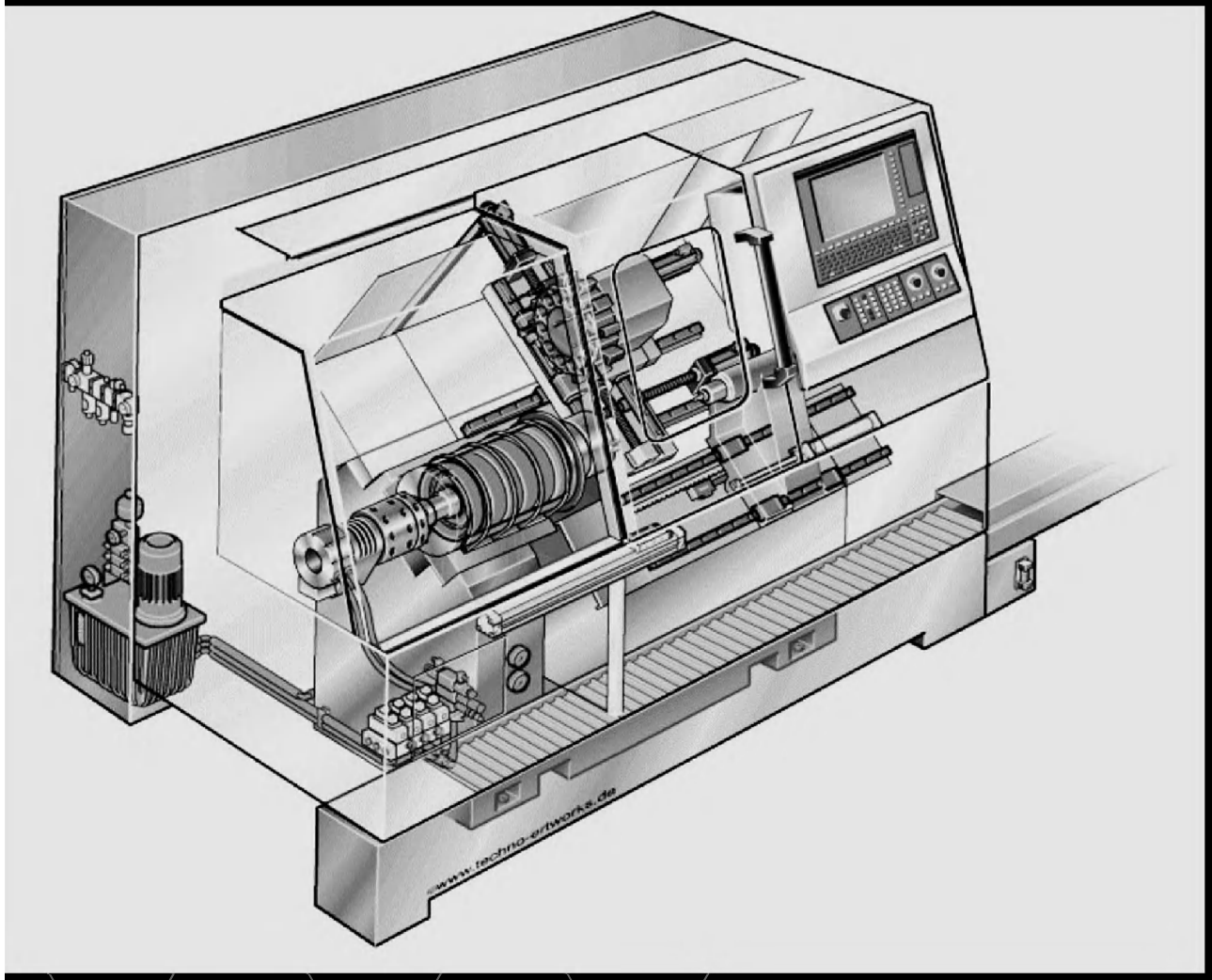
Bilyalı vidalar

Katalogdaki örnek:



Dimensions (mm)													Weight
d_1	d_2	D_1 g6	D_5	D_6	D_7	L ±0.3	L_3	L_4	L_5	L_8	S	φ (°)	m (kg)
19	16.4	38	63	50	6.6	57	12	23	11	8.0	M6	30	0.51
24	21.4	48	73	60	6.6	52	12	14	13	5.0	M6	30	0.51
31	28.4	56	80	68	6.6	68	15	21	16	7.7	M6	30	0.78

Bilyalı vida
Örnek uygulamalar



CNC torna.
Araba bilyalı vida tahriklidir.

Bilyalı vida (Hesaplar)

- Çoğunlukla rutin hesaplar söz konusudur.

Hız sabit değilse ortalama hız:

$$n_m = \frac{q_1}{100} \cdot n_1 + \frac{q_2}{100} \cdot n_2 + \ldots + \frac{q_n}{100} \cdot n_n$$

n_m: ortlama hız; q: periyot oranı

Kuvvet sabit değilse ortalama kuvvet:

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} + \ldots + F_n^3 \cdot \frac{q_n}{100}}$$

Dönme sayısı olarak ömür

$$L = \left(\frac{C}{F_m}\right)^3 \cdot 10^6$$

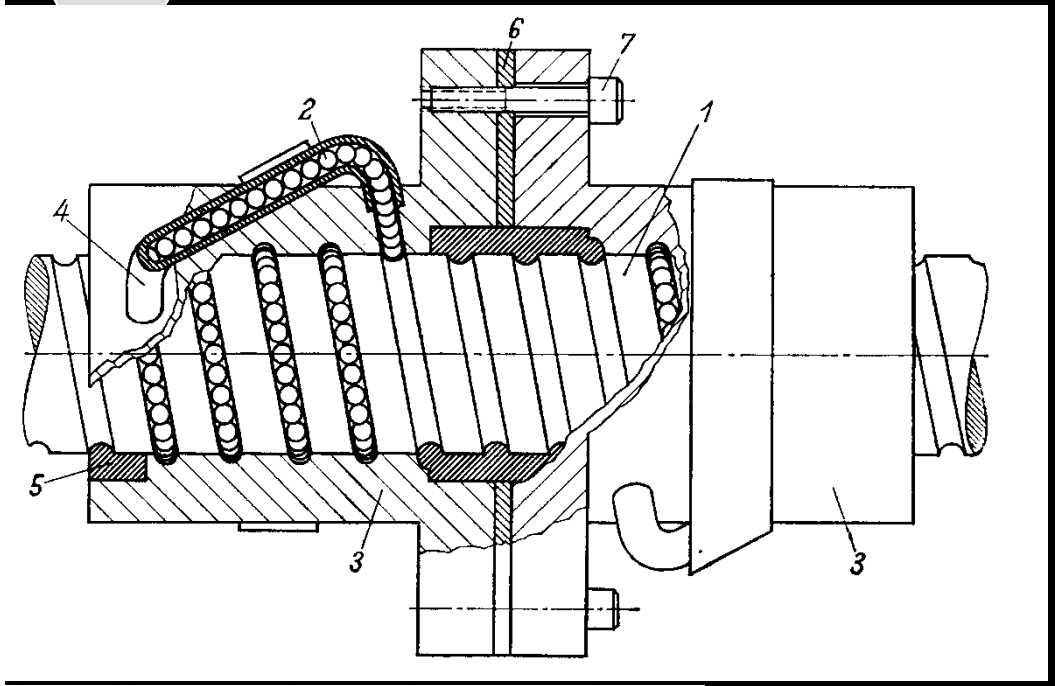
C: dinamik yük sayısı

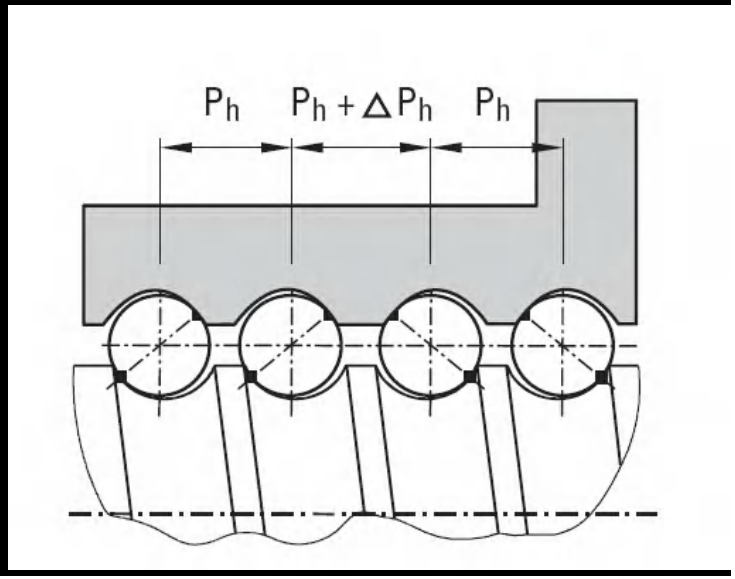
Saat olarak ömür

$$L_h = \frac{L}{n_m \cdot 60}$$

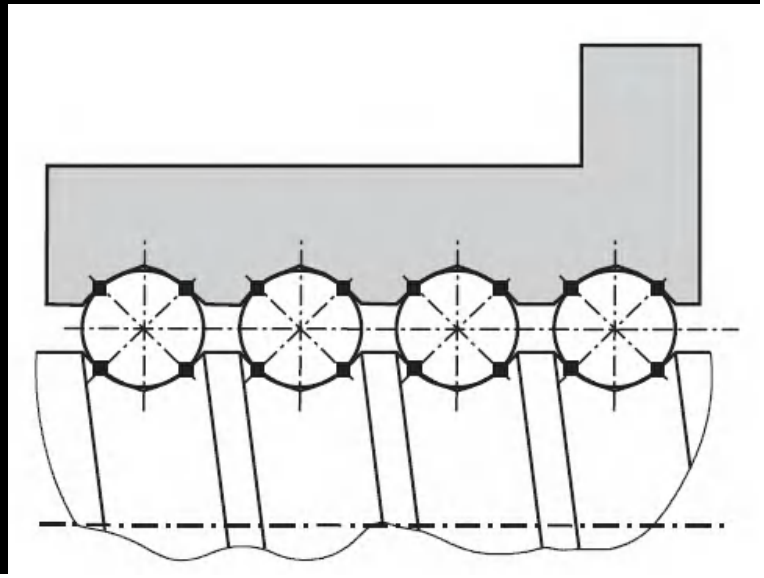
Bilyalı vidalar (ön gerilme)

- Boşluğu azaltmak için ön gerilmeli çözümler kullanılır.





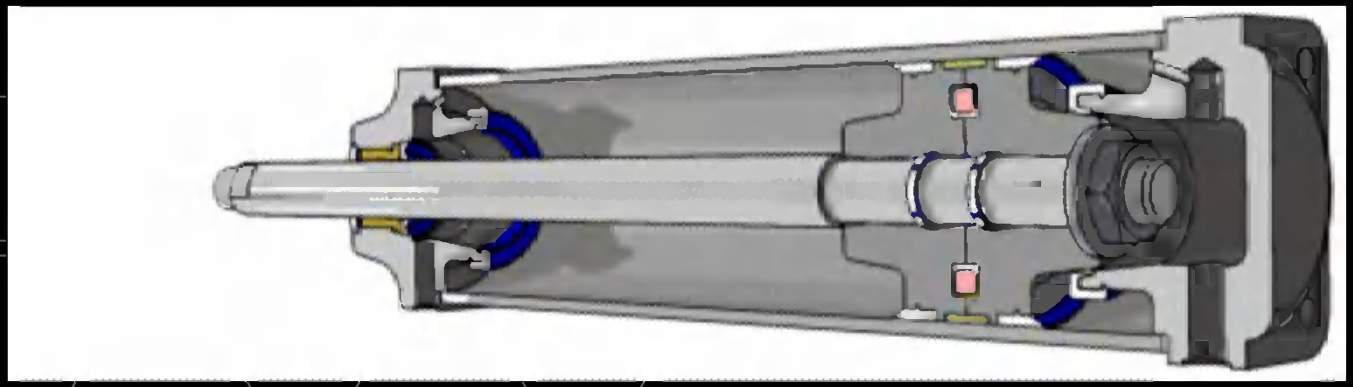
Bilya çapları yuvadan çok az büyüktür.



Bilyalı vidalar (ön gerilme)

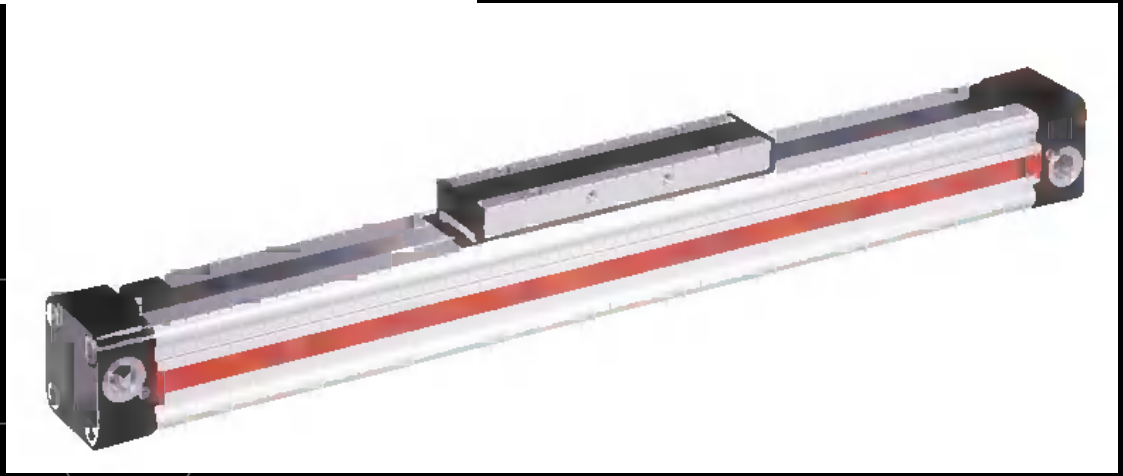
Pnömatik silindirler

- Çubuklu tip
- Ucuz bir çözümdür. Ancak strokun hassas kontrolü zordur.



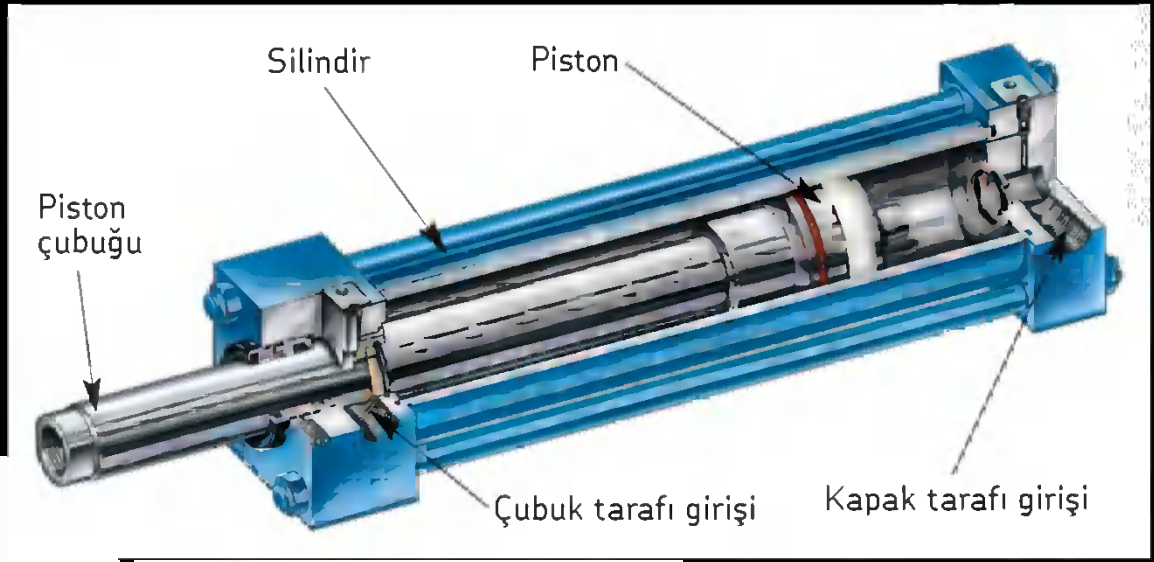
Pnömatik silindirler

- Çubuksuz tip



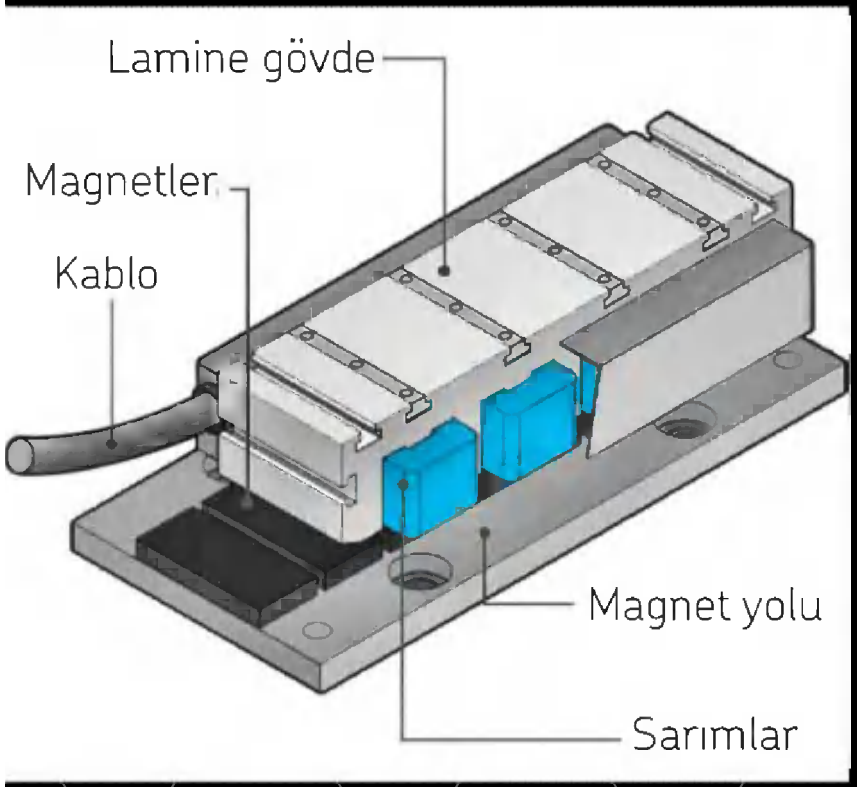
Hidrolik silindirler

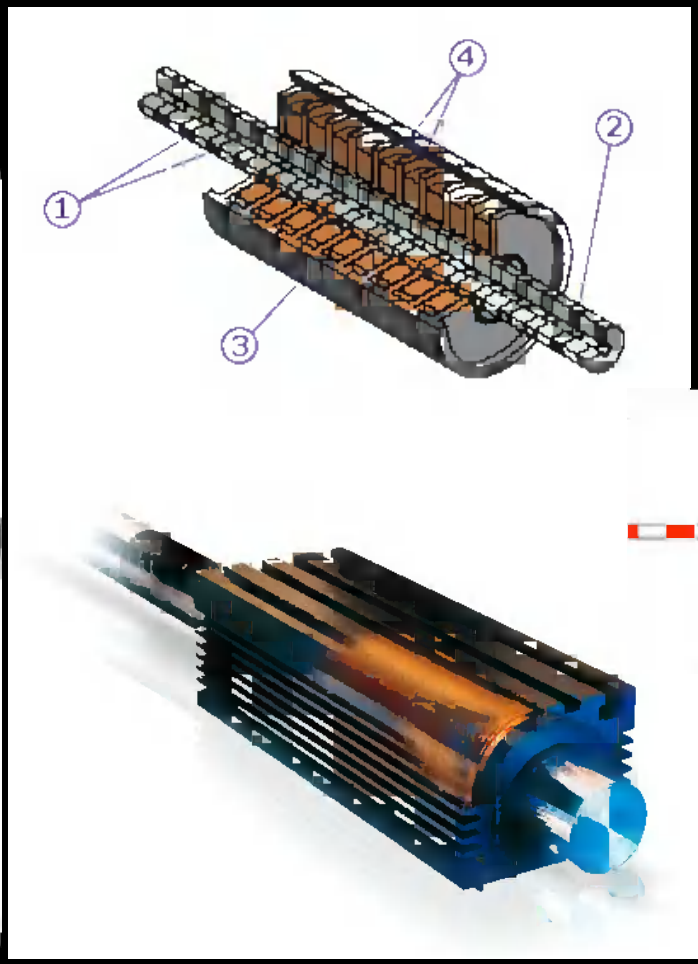
- Çok ağır yükler halinde uygulanabilir bir çözümdür. Pek çok donanım gerektirdiğinden ekonomik çözüm değildirler.

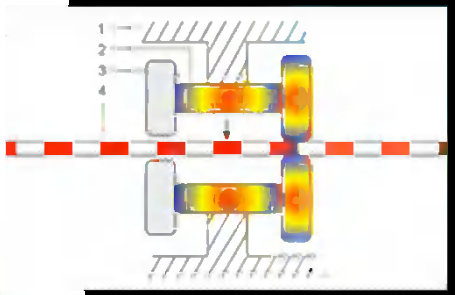


Lineer motorlar

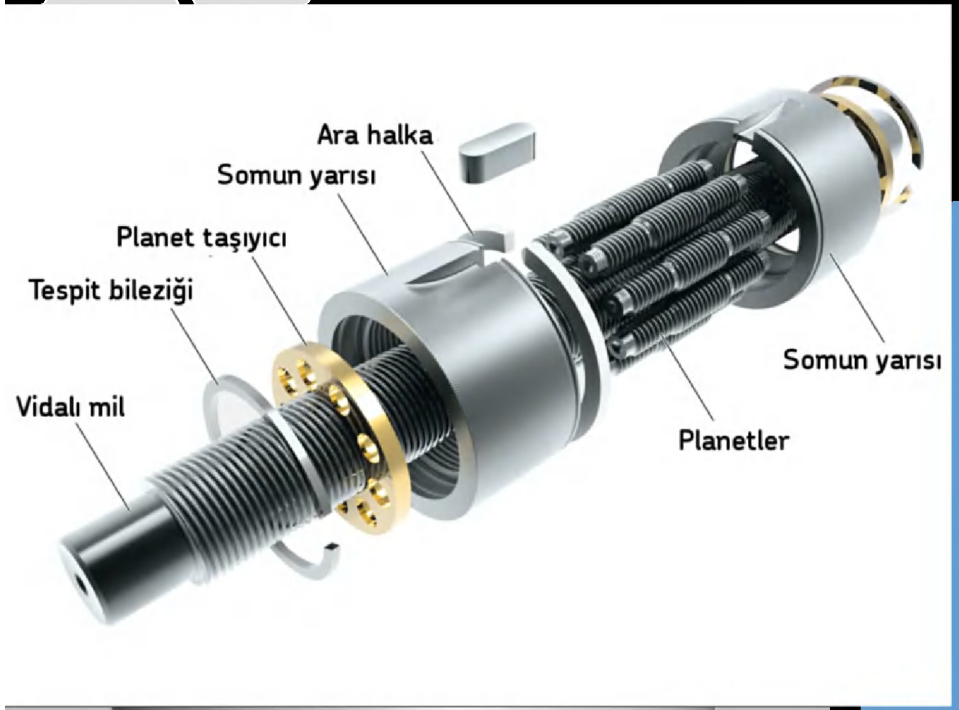
- Oldukça pahalı bir çözümdür. Ancak, ara elemana gerek duymaz.

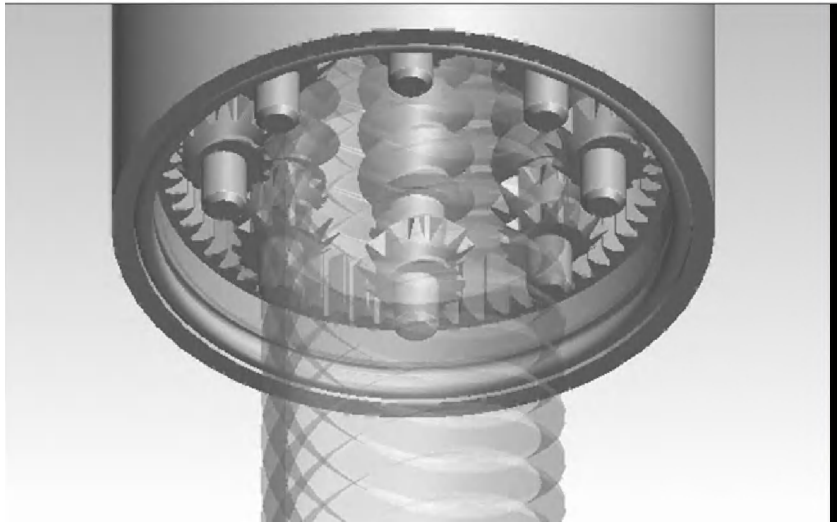






Makaralı vidalar

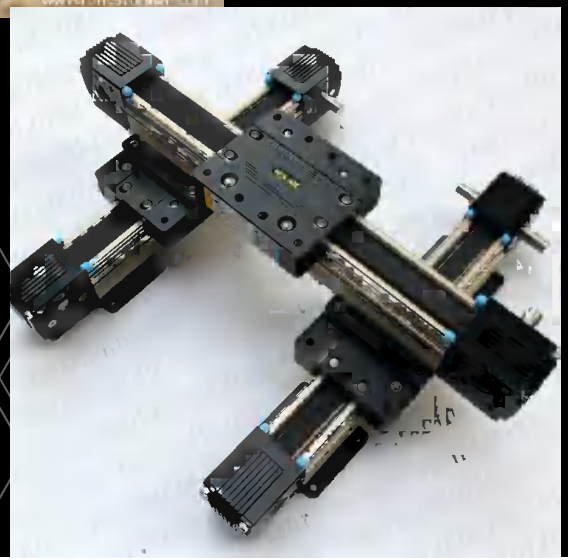


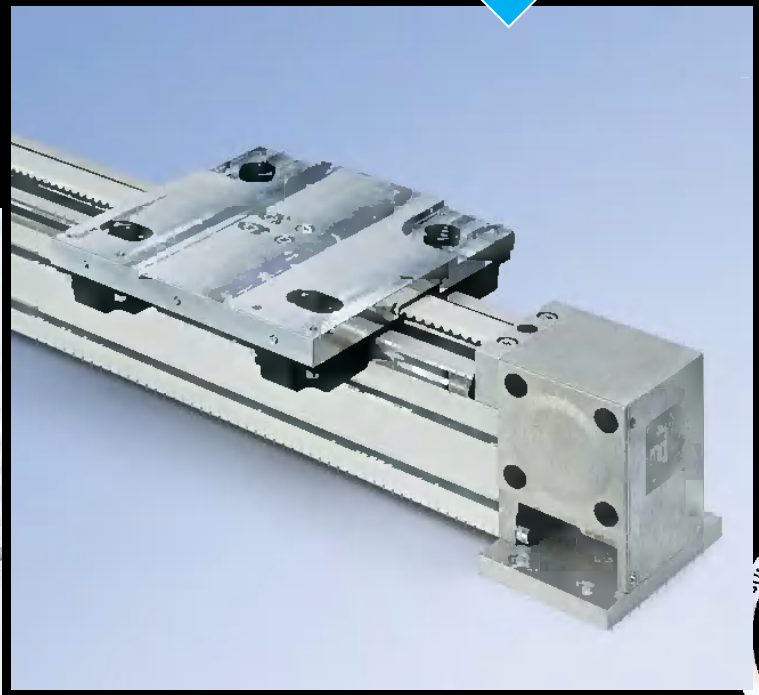


Dişli kayışlar

- Lineer hareket için son yıllarda çok daha fazla kullanılan ucuz bir çözümdür. Çok uzun stroklarda kullanışlı değildir.

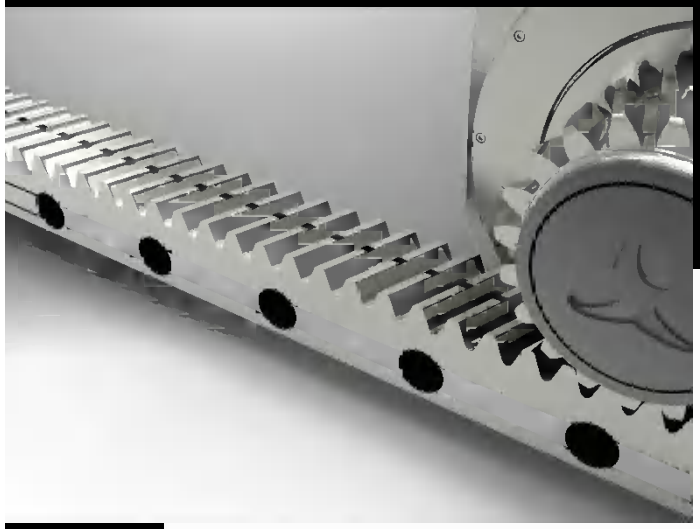
Hazır çözümler şeklinde de mevcuttur (dişli kayış tahrikli lineer modüller).

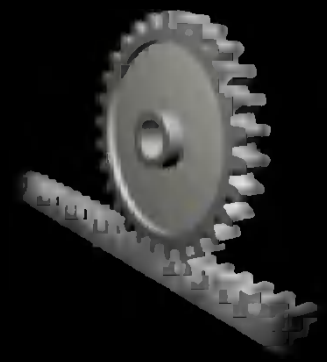


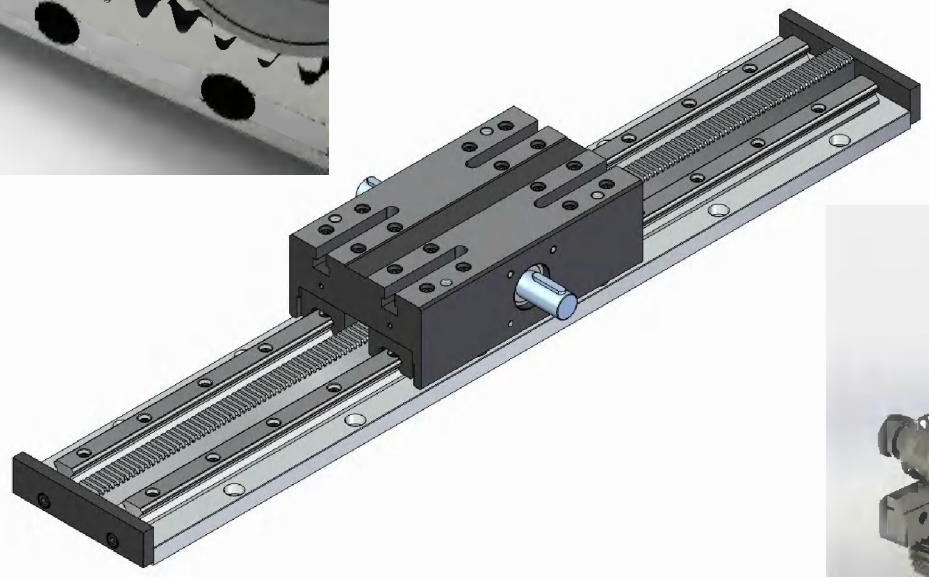


Kremayer mekanizması

- Dişli çark mekanizmalarının özel halidir. Dişli çarklardan birinin diş sayısı sonsuza götürüldüğünde çubuk dişli (kremayer) elde edilir. Teknikte pek çok alanda kullanılır.

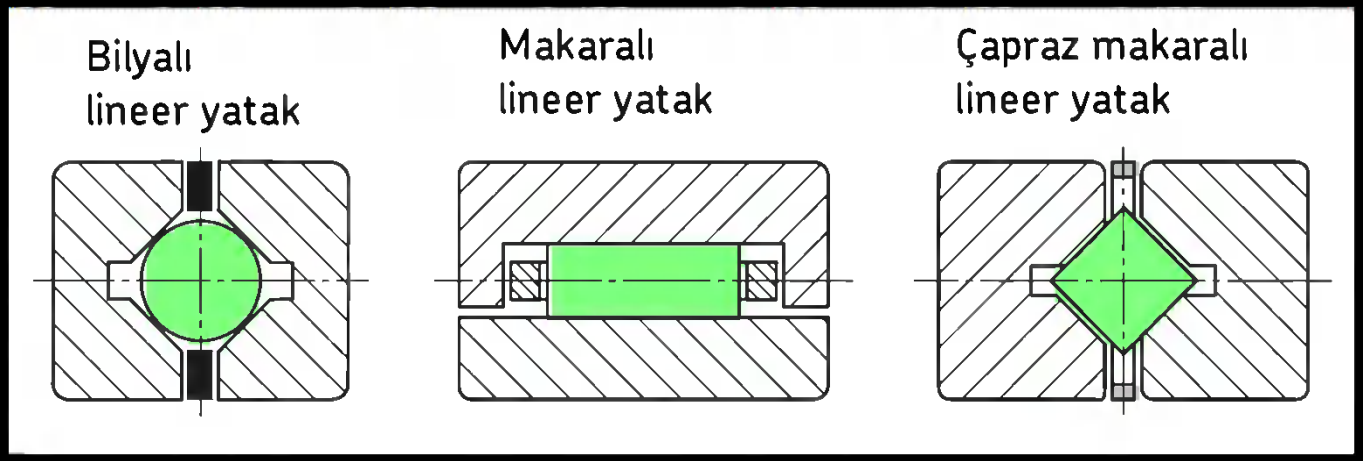




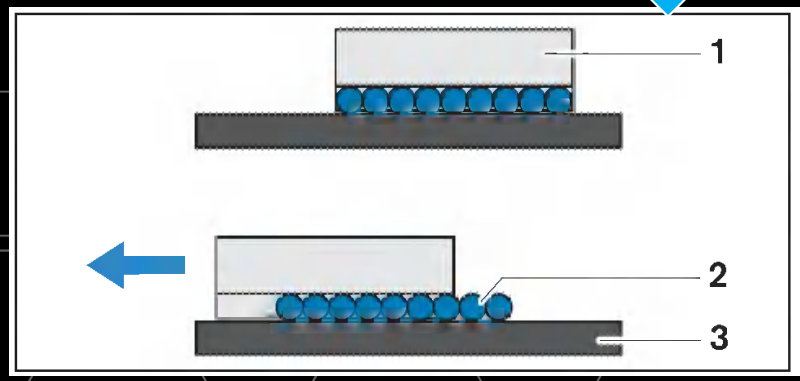


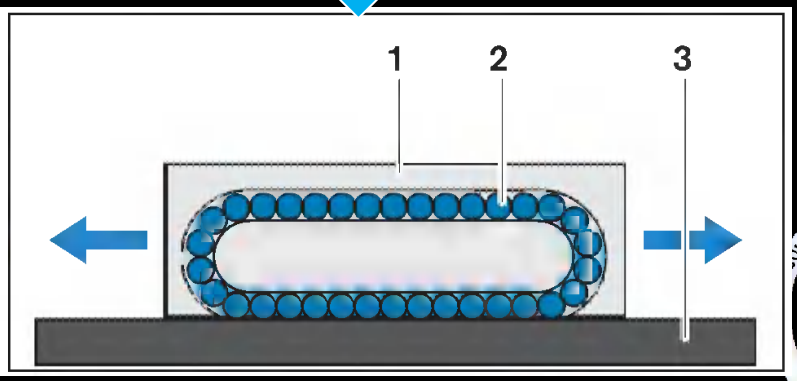
Lineer Yatak Türleri

- Lineer yataklar, rulmanlı yataklarda olduğu gibi yuvarlanma elemanı türüne göre sınıflandırılırlar.



Lineer yatakları ayrıca, sirkülasyonsuz ve sirkülasyonlu olarak ayırmak da mümkündür.

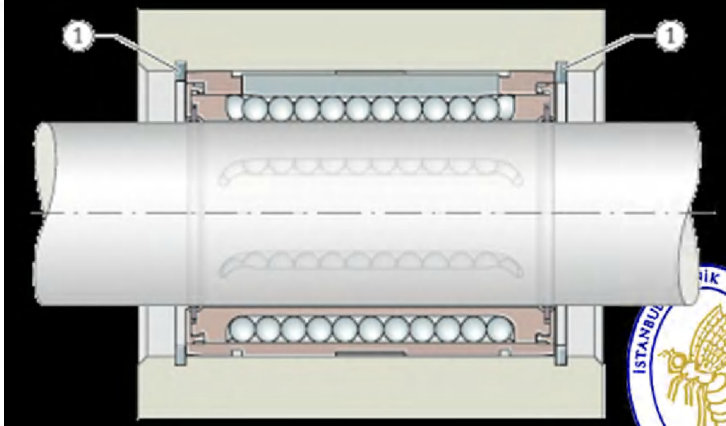




Lineer yataklar

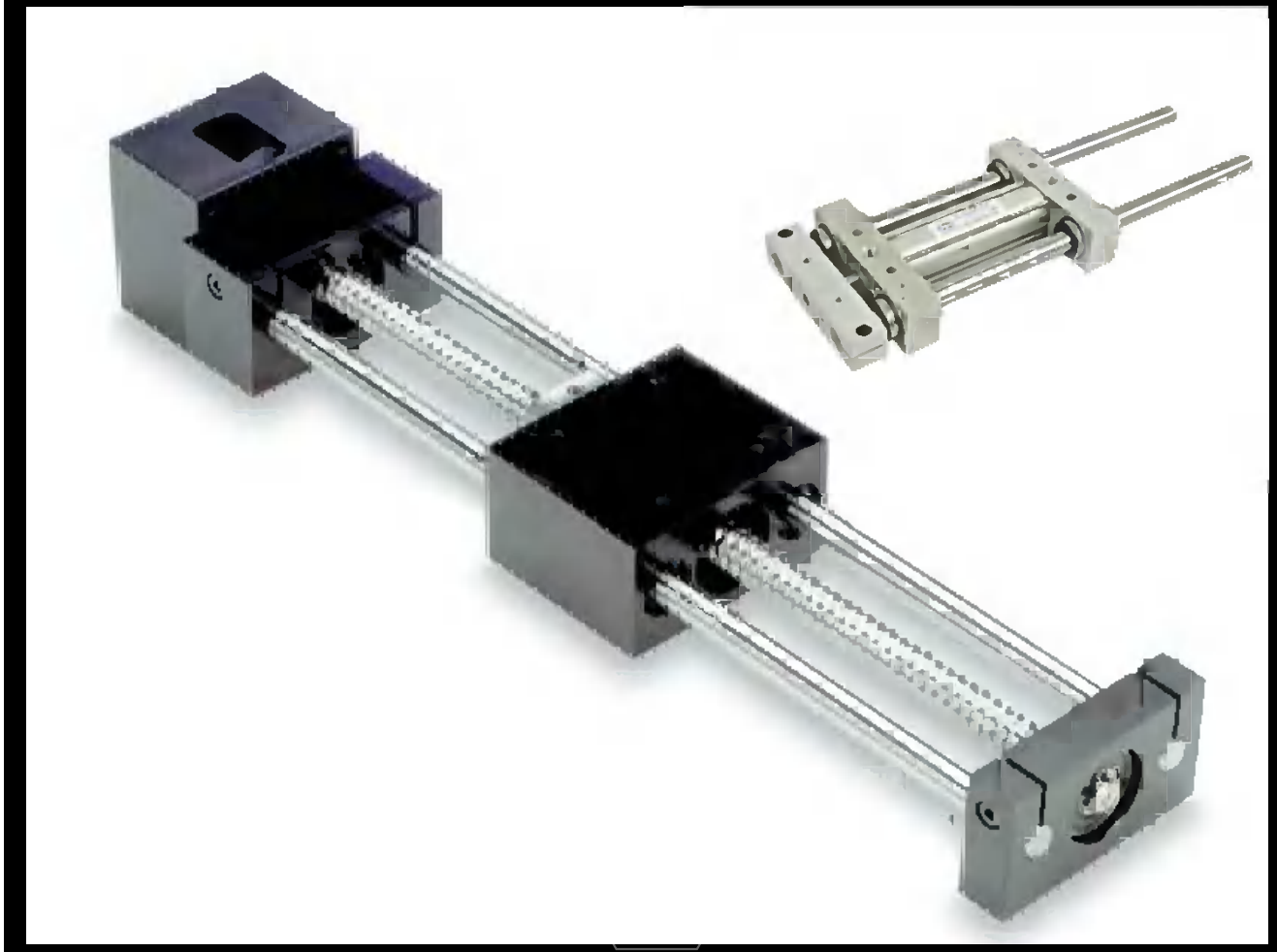
- Kapalı tip lineer bilyalı yatak

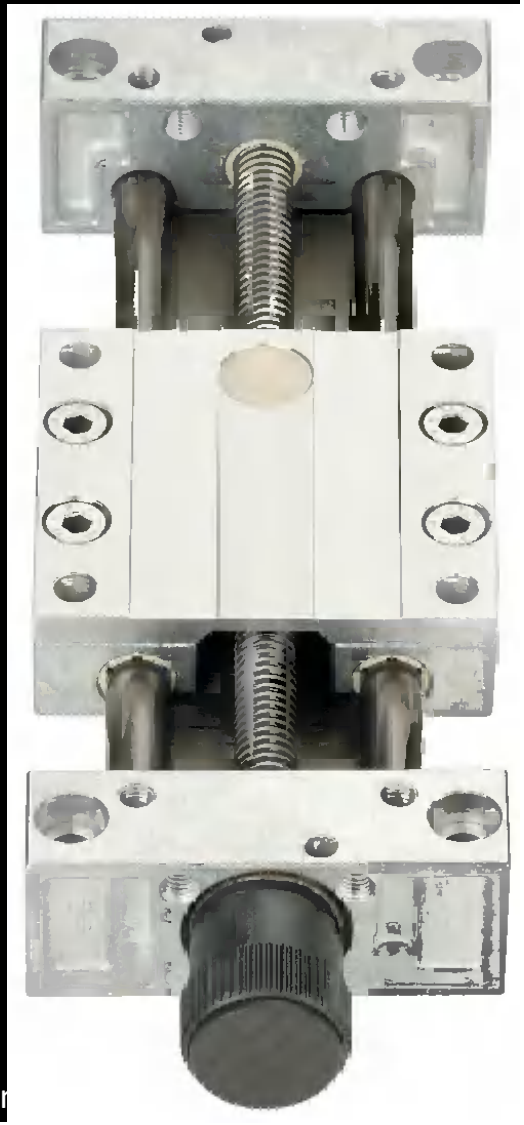
Bilya sirkülasyonlu, yani bilya geri dönüşlü tiptendir. Bunlarda strok, doğrudan milin uzunluğu ile sınırlıdır. Yuvarlanma elemanlarının dönme yönündeki hızlı değişimler, darbe yüklerine neden olabilir.



Lineer yataklar

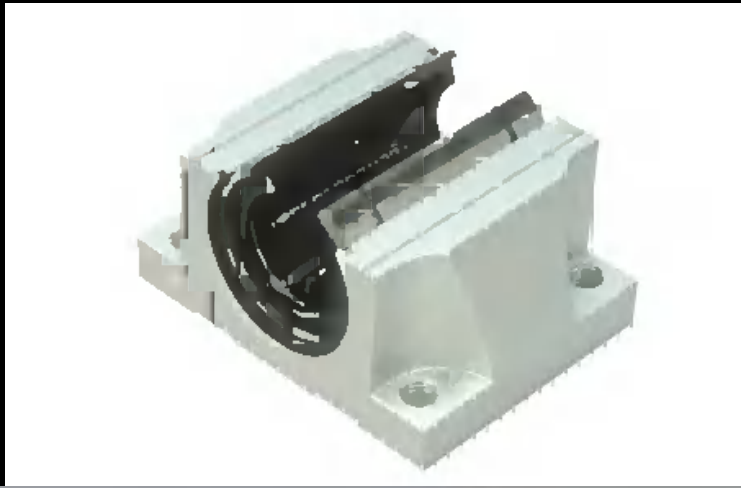
- Kapalı tip lineer bilyalı yatak konstrüksiyonları. Hazır modüller halinde satılmaktadır.



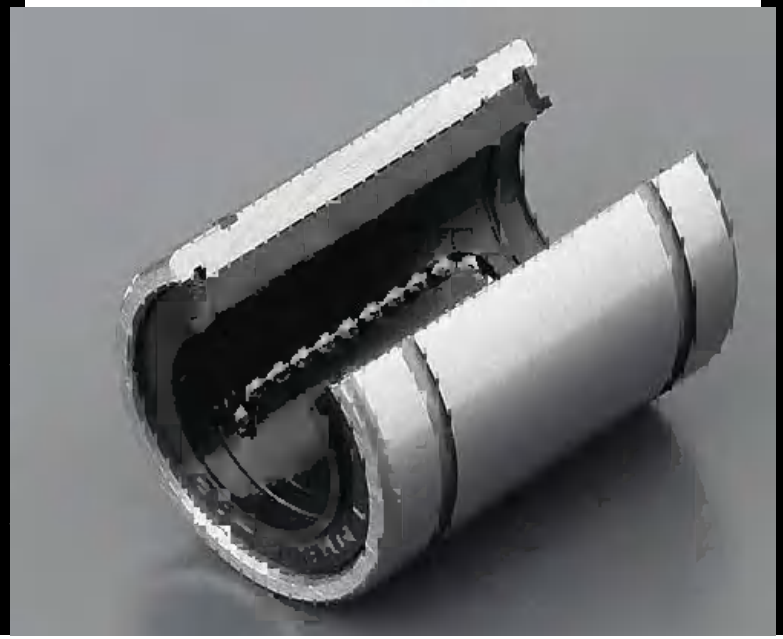


Lineer yataklar

- Açık tip lineer bilyalı yatak

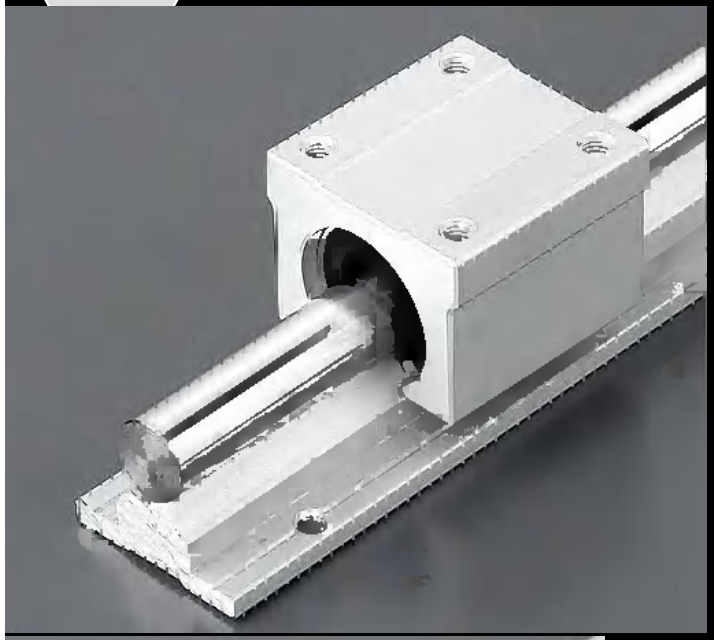


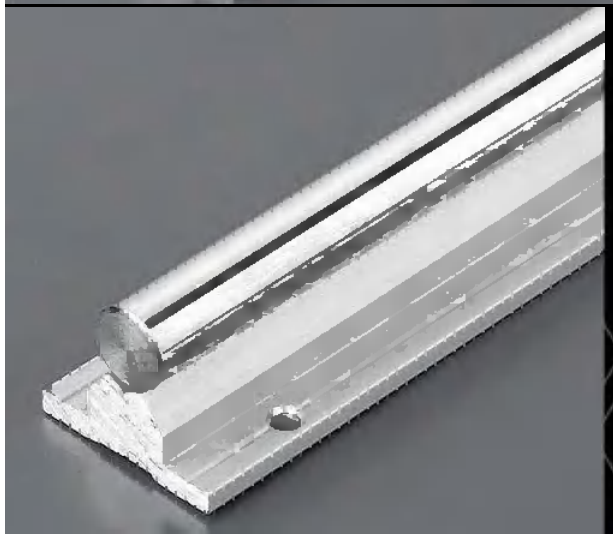
Bir önceki kapalı tiplerin hemen hemen aynıdır. Sadece, kılavuzların zemine sabitlenmesine olanak tanır. Bu şekilde daha uzun stroklar kolaylıkla elde edilir.

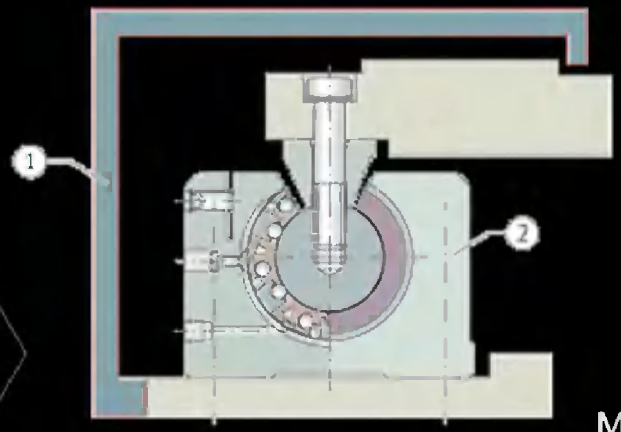


Lineer yataklar

- Açık tip lineer bilyalı yatak konstrüksiyonları

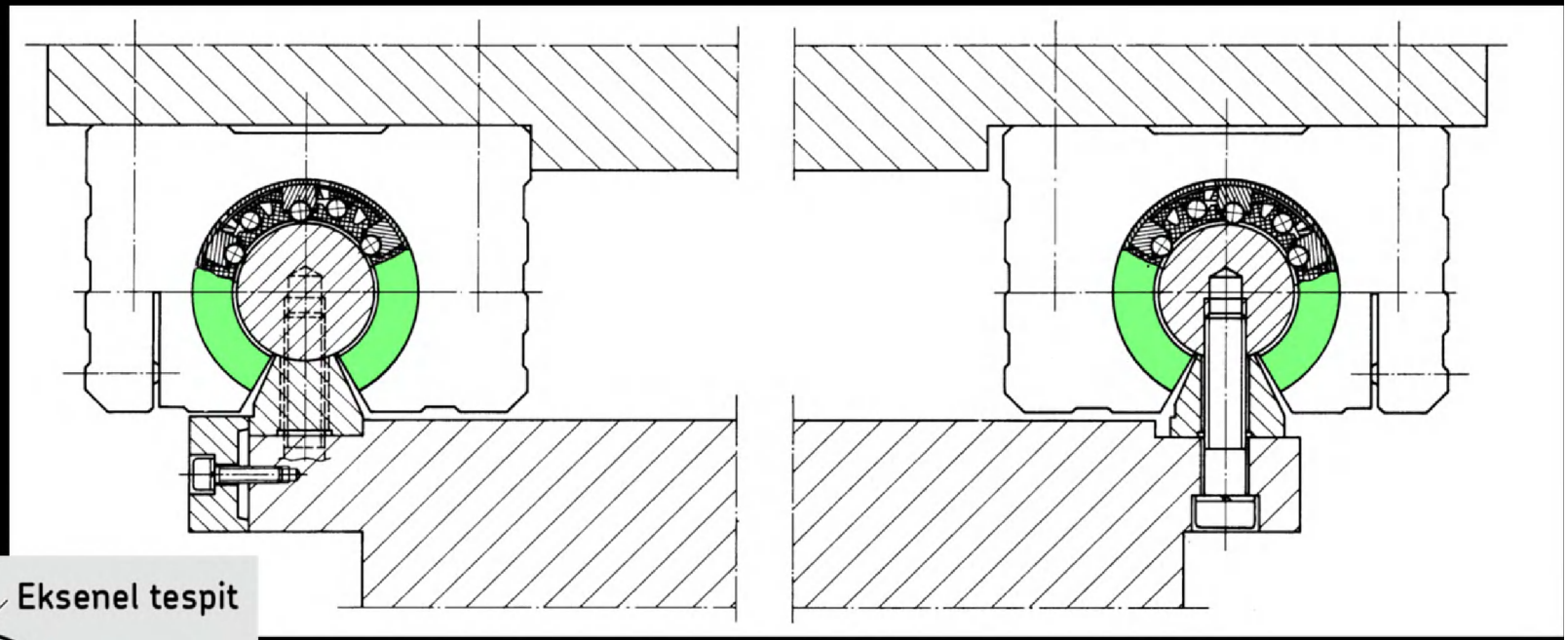


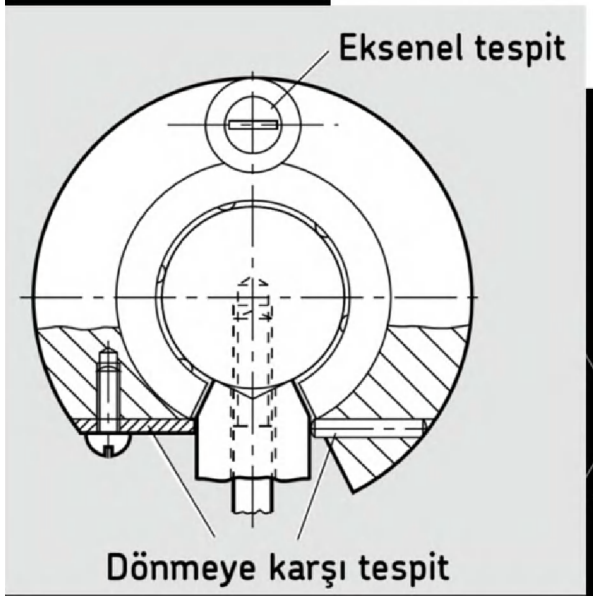




Lineer yataklar

Açık tip lineer bilyalı yataklama sisteminin montaj detayları





Lineer yatağın mil ekseni etrafında dönmesini ve takıldığı yuvaya göre eksenel olarak hareket etmesini önlemek gerekir.

Bilyalı lineer yatakların ömür hesabı

- Hesaplar rulmanlı yataklara benzerdir. Dinamik yük sayısı C, 100 km lik mesafe için verilmiştir.
- ISO 14728' e göre yapılan hesaplar ancak, aşağıdaki şartlar sağlanırsa geçerlidir;
- $F \leq 0{,}5.C$
- $F \leq C_0$
  Ömür bağıntısı:
- $$L = \left(\frac{C}{F_m} \cdot f_H \cdot f_t \cdot f_w\right)^3 \cdot 10^5\ m$$

Burada;
L: metre olarak ömür
C: Dinamik yük sayısı
F_m: Eşdeğer dinamik yük

f_H: Milin sertlik faktörü
f_t: Sıcaklık faktörü (100°C üzeri için)
f_w: Kısa strok faktörü

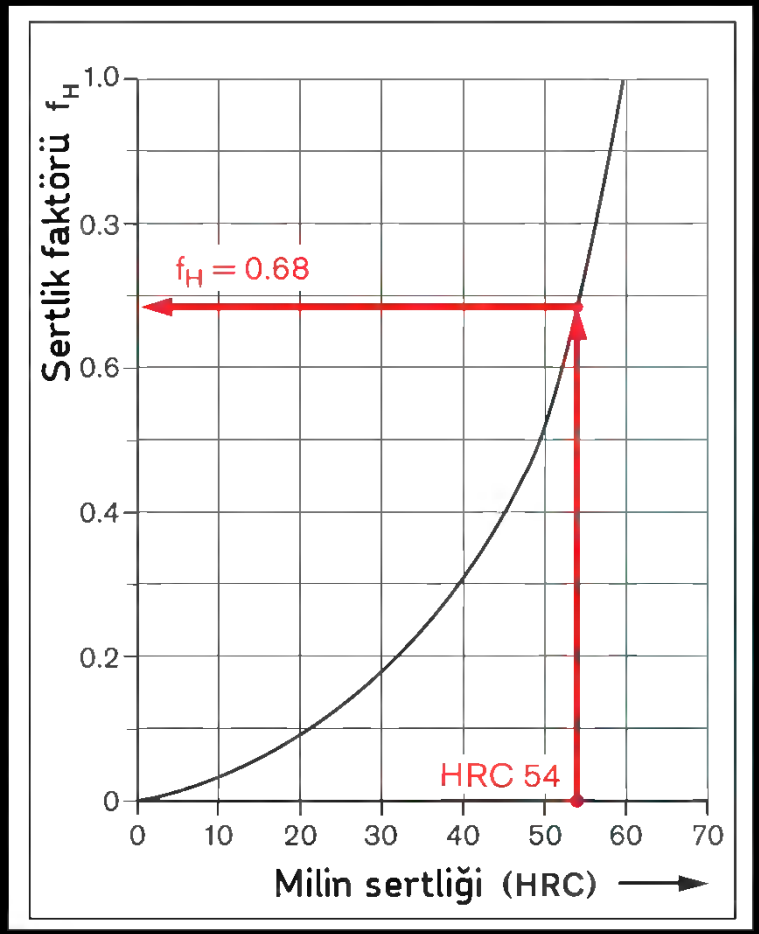
Bilyalı lineer yatakların ömür hesabı

- Strok hızı ve boyu belli ise ömür bağıntısını işletme saati cinsinden yazmak da mümkündür.
  İşletme saati olarak ömür bağıntısı:
- $$L_h = \frac{L}{2 \cdot s \cdot n \cdot 60}$$

Burada;
L: metre olarak ömür
L_h: saat olarak ömür
s: strok uzunluğu (m)
n: tam strok (gidiş + dönüş) hızı (1/dak)

Hesaplama faktörleri

- Sertlik faktörü, mil sertliği 60 RC nin altında ise kullanılır.



Kısa strok faktörü (f_w) sadece bazı özel modellerde kullanılır. Kısa strok, lineer yatağın uzunluğunun üç katından daha kısa strok anlamına gelir.

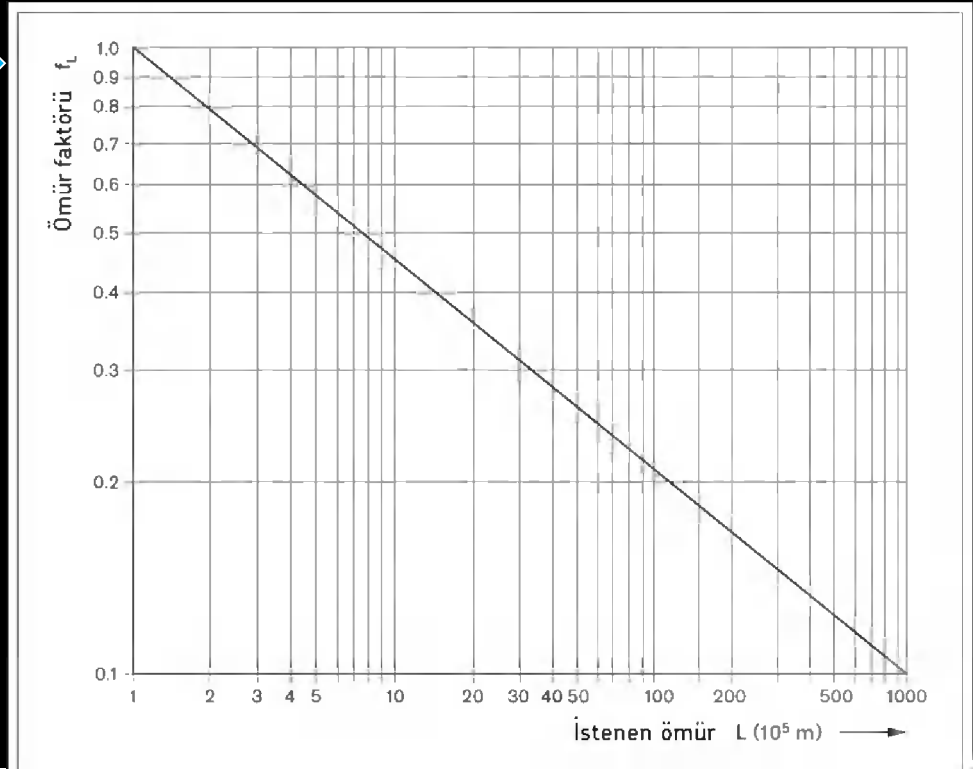
Sıcaklık faktörü 100°C nin üzerindeki sıcaklıklarda kullanılır. Bu sıcaklığın üzerinde, sert malzemenin iç yapısında değişiklikler oluşmaya başlar.

Yatak sıcaklığı	100 °C	125 °C	150 °C	175 °C	200 °C
Sıcaklık faktörü f_t	1	0.92	0.85	0.77	0.70

Gerekli yük kapasitesi

- Tasarım sırasında, uygun lineer yatağı seçmek için gerekli dinamik yük sayısının bulunması gerekir. Bu durumda denklem aşağıdaki gibi düzenlenebilir:
- $C = \frac{F_m}{f_H \cdot f_t \cdot f_w \cdot f_L}$
- Burada sadece f_L faktörü farklıdır.

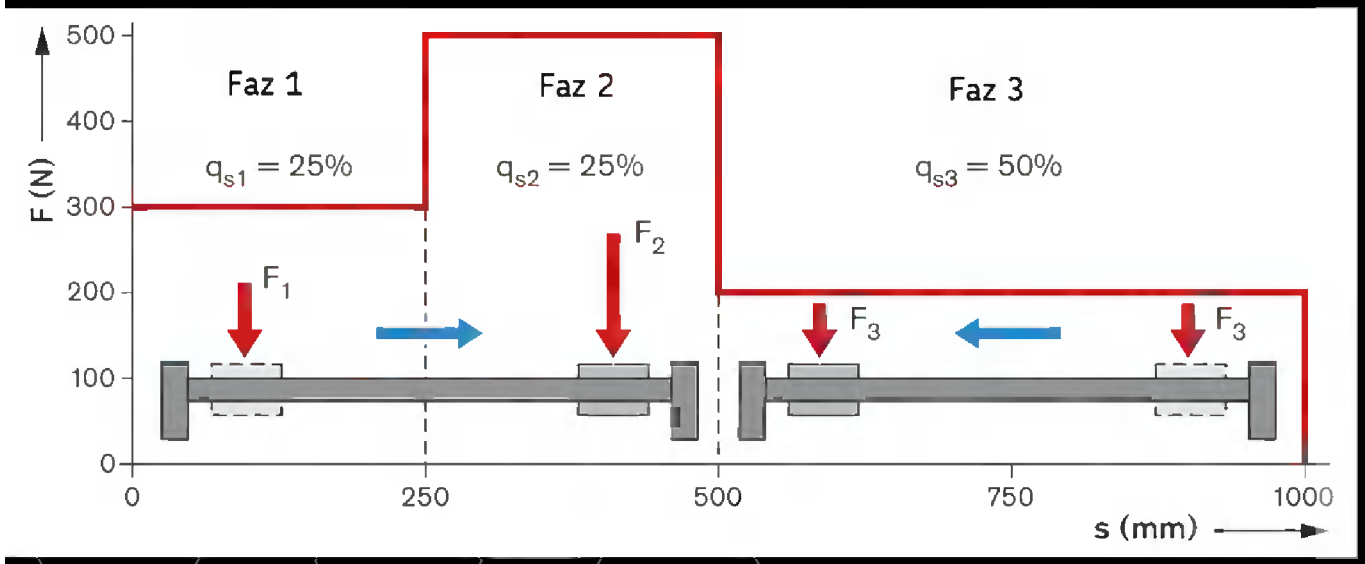
f_L ömür faktörüdür.



Yukarıdan hesaplanan dinamik yük sayısı ile imalatçı firma kataloglarından uygun lineer yatak seçilebilir.
Yatak seçiminden sonra, ikinci bir kontrol hesabı yapılarak, tasarım doğrulaması yapılır.

Eşdeğer dinamik yük

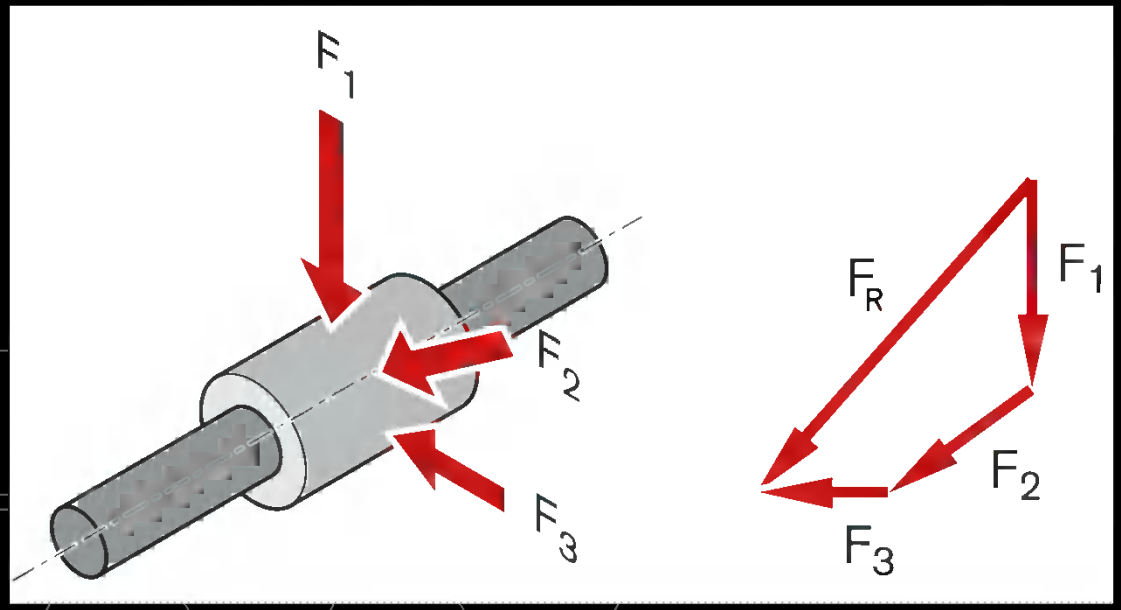
- Eğer aynı yükleme yönünde büyüklüğü zaman içinde periyodik değişen kuvvetler varsa, bu durumda eşdeğer dinamik yük rulmanlı yataklara benzer şekilde hesaplanır.
- $F_m = \sqrt[3]{|F_1|^3 \cdot \frac{q_{s1}}{100} + |F_2|^3 \cdot \frac{q_{s2}}{100} + \cdots + |F_n|^3 \cdot \frac{q_{sn}}{100} +}$



Burada
F_m=Eşdeğer dinamik yük
F_1, F_2....F_n; 1, 2,...n. Fazlara yatağa etkiyen kuvvet
q_1, q_2...q_n; strok içindeki fazlar
n: faz sayısı
s: strok uzunluğu

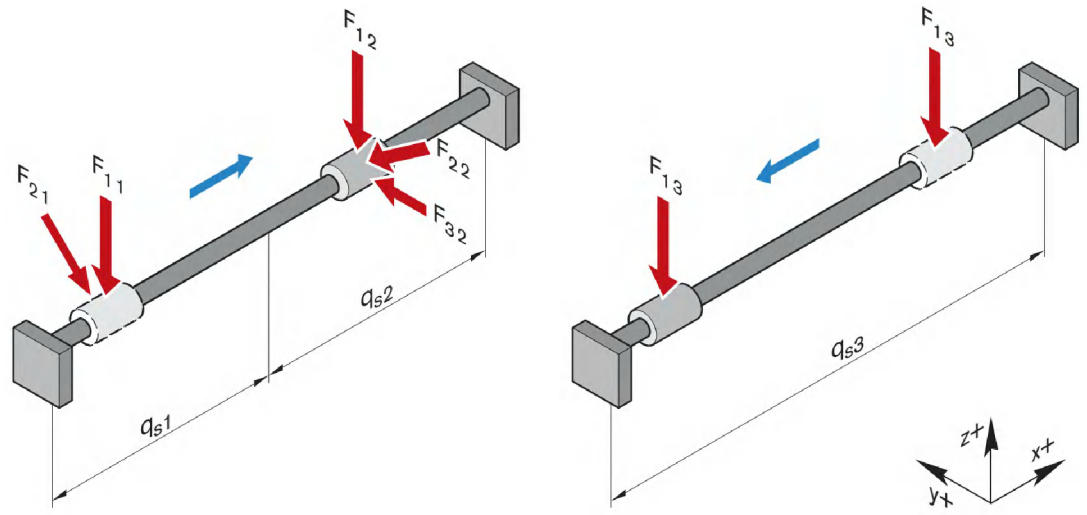
Toplam radyal yük

- Eğer lineer yatağa, birden fazla doğrultuda radyal kuvvetler etkiyorsa bileşke kuvvet (vektörel toplam) hesaplanmalıdır. Bu durumda toplam radyal kuvvet;
- $\overrightarrow{F_R} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \cdots + \overrightarrow{F_k}$



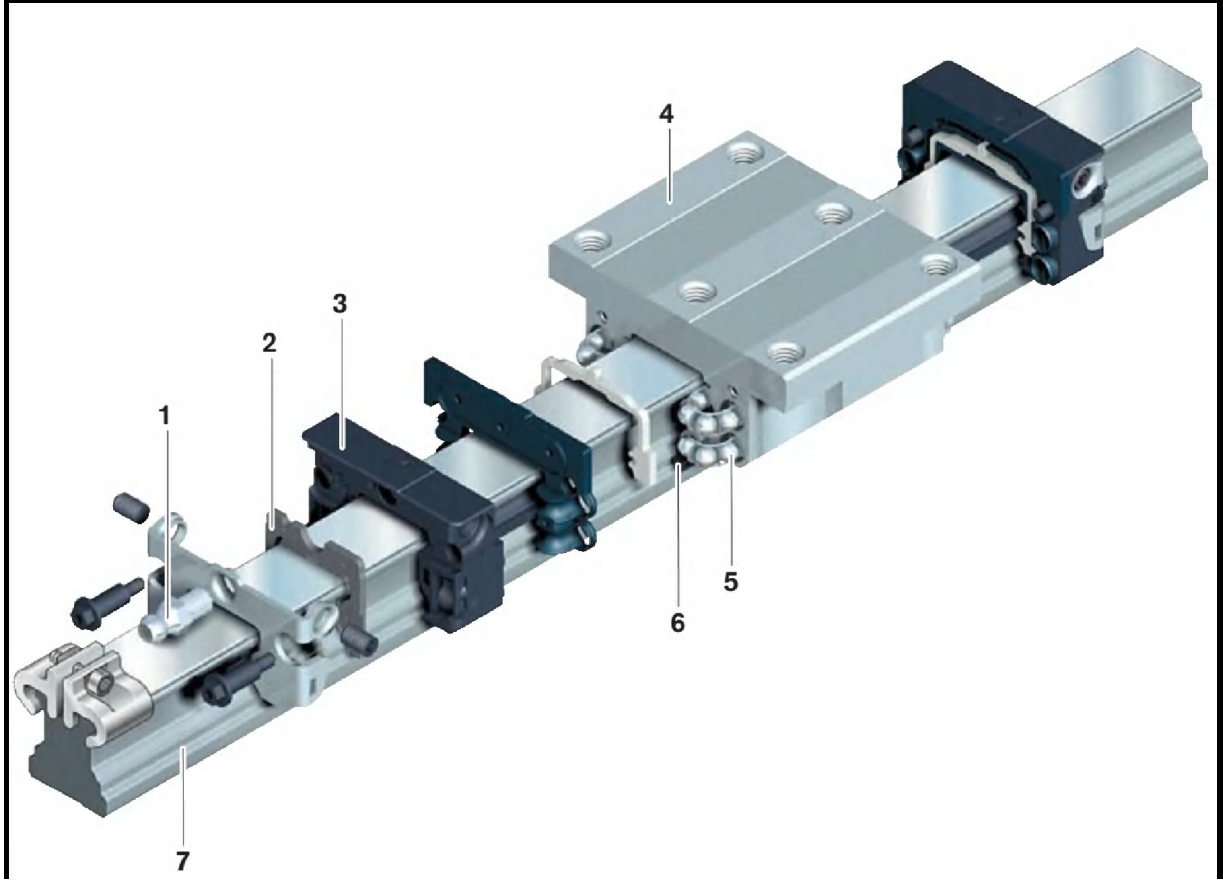
Eşdeğer dinamik yük

- Eğer lineer yatağa, birden fazla hem büyüklüğü hem de doğrultusu değişen radyal kuvvetler etkiyorsa, öncelikle her bir faz için bileşke kuvvet (vektörel toplam) hesaplanmalıdır. Örneğin, n fazı için toplam radyal kuvvet;
- $\overrightarrow{F_{Rn}} = \overrightarrow{F_{1n}} + \overrightarrow{F_{2n}} + \overrightarrow{F_{3n}} + \cdots + \overrightarrow{F_{kn}}$
- Daha sonra her bir faz için bulunan bileşke kuvvet, eşdeğer dinamik yük bağıntısına konur.
- $F_m = \sqrt[3]{|F_{R1}|^3 \cdot \frac{q_{s1}}{100} + |F_{R2}|^3 \cdot \frac{q_{s2}}{100} + \cdots + |F_{Rn}|^3 \cdot \frac{q_{sn}}{100} +}$



Lineer yataklar

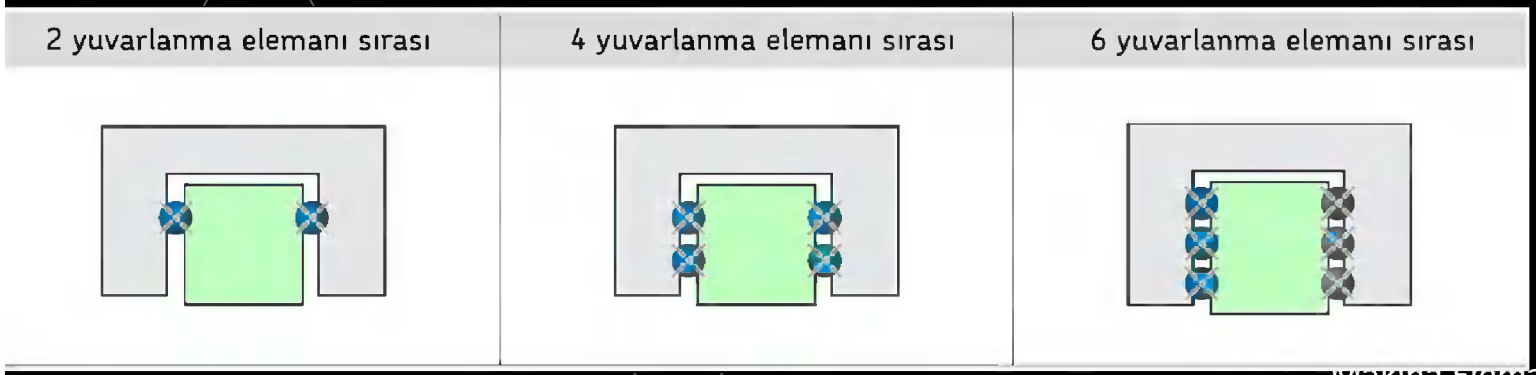
- Ray tipleri (Sirkülasyonlu)
- Ray tipi lineer yatakların pek çok değişik konstrüksiyonu mevcuttur. Temel tasarım türleri ve dış boyutlar DIN 645 e göre standartlaştırılmıştır. Bu ürünlerin iç konstrüksiyonları değişiklik gösterebilmektedir.



1. Gres nipeli
2. Sıyırıcı keçe
3. Kapak
4. Yatak gövdesi
5. Yuvarlanma elemanları
6. Yan keçe
7. Kılavuz ray

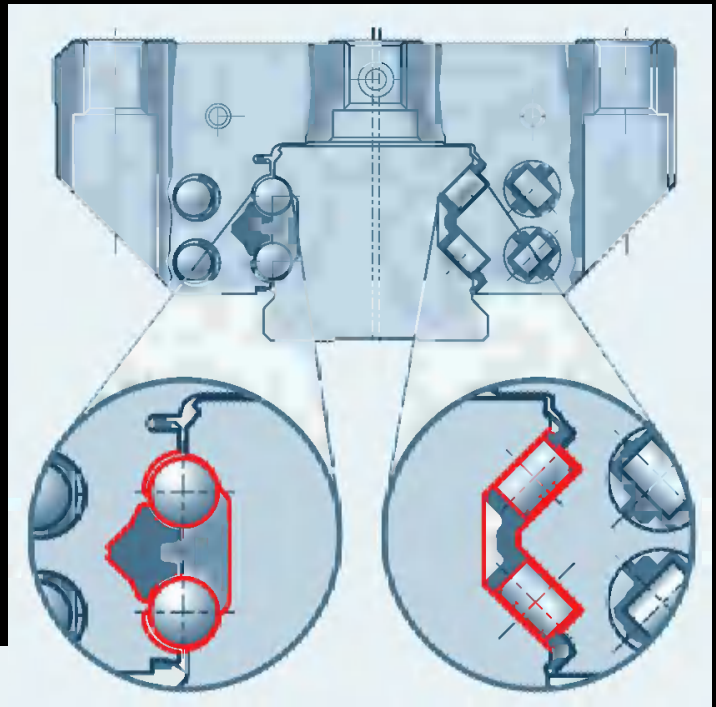
Ray tipi lineer yataklar

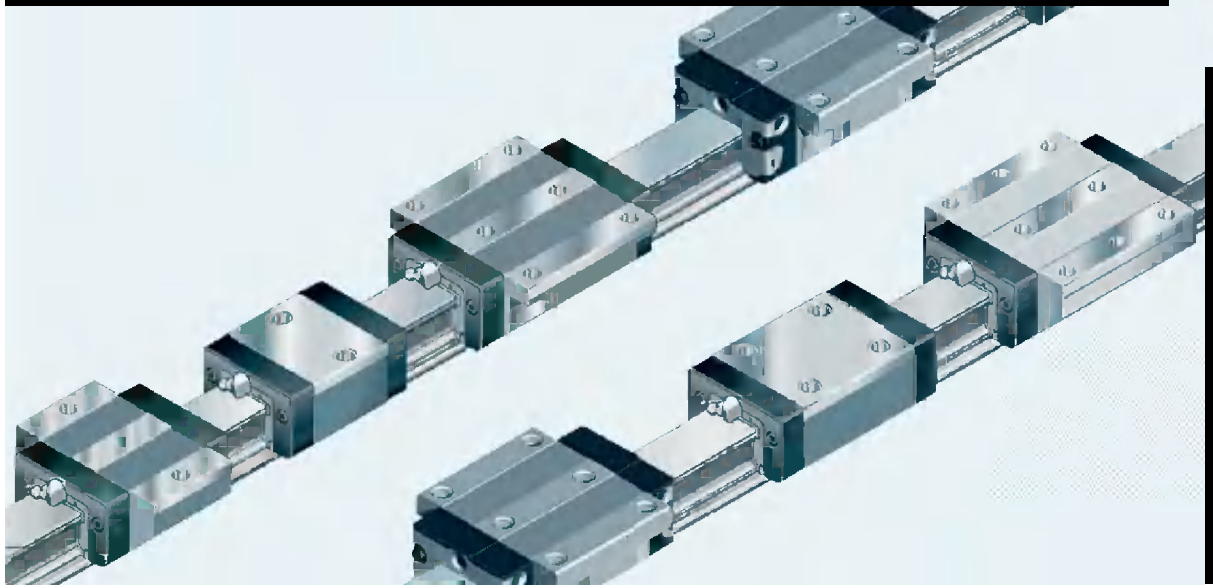
- Bu tiplerin yük taşıma kapasitesi diğer tiplere göre daha fazladır. İmalatçılar, bu elemanlardaki yuvarlanma temasını gerçekleştirme konusunda serbesttir. Temel tasarım aşağıdaki parametrelere göre firma bazında değişiklik gösterir:
- Yuvarlanma elemanı formu (bilya, makara vb.)
- Yuvarlanma elemanı boyutu
- Yuvarlanma teması türü (2 nokta veya 4 nokta)
- Bilyanın uyumlu yuvaya temas durumu
- Yuvarlanma elemanlarının dizilişi (X veya O)
- Temas açısı
- Yuvarlanma elemanı sıralarının sayısı



Ray tipi lineer yataklar

- Bu yataklarda ağır yük söz konusu ise temel olarak makara yuvarlanma elemanı kullanılır. Diğer hallerde bilyalılar yeterli bir çözümdür.

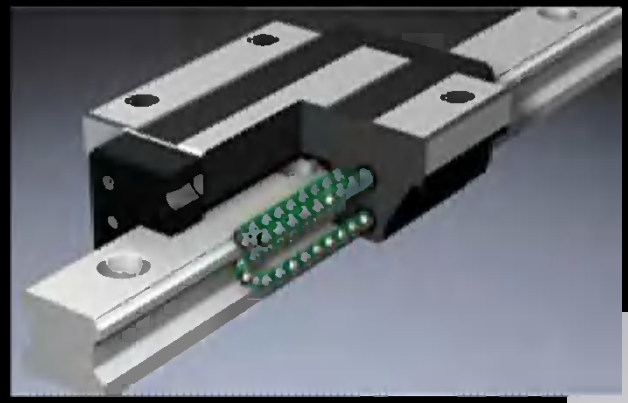


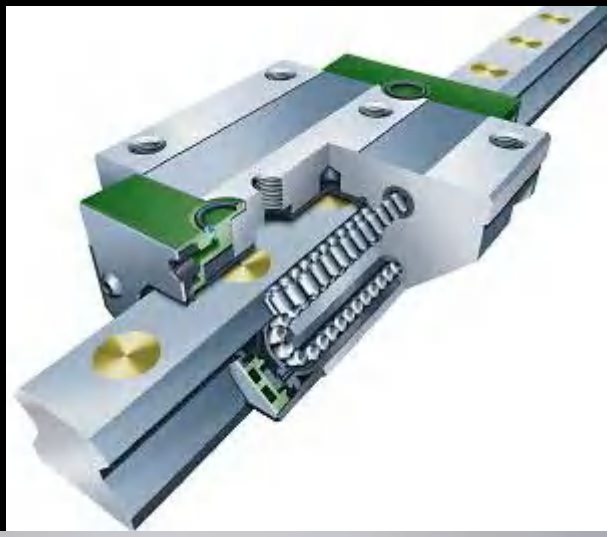


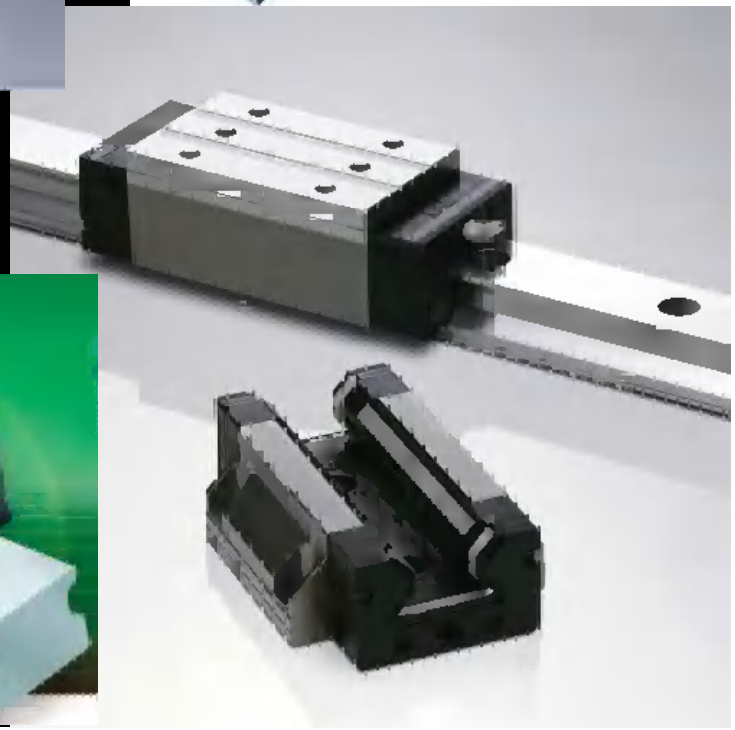
Aynı ray üzerine monte edilmiş değişik konstrüksiyona sahip yataklar.

Lineer yataklar

- Ray tipleri
- Çok değişik konstrüksiyonlar mevcuttur

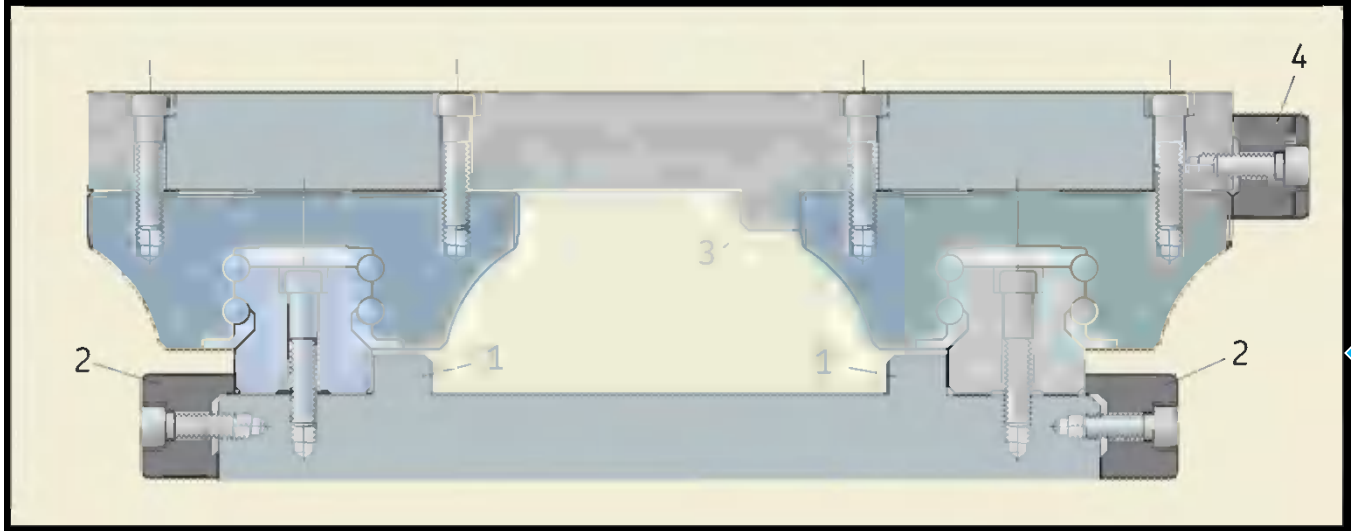






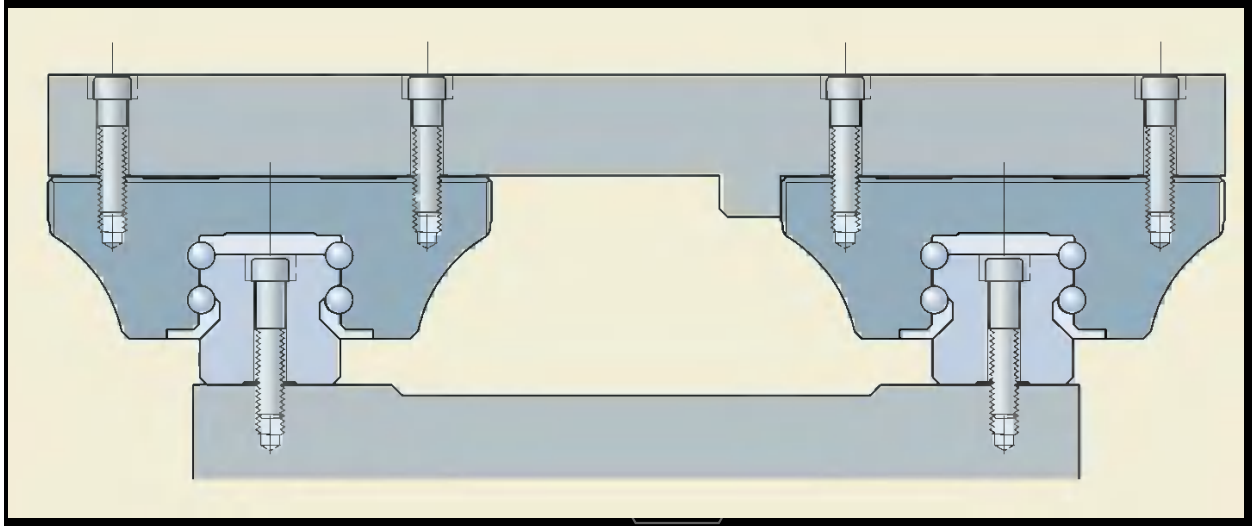
Lineer yataklar

- Ray tiplerinin montaj detayları



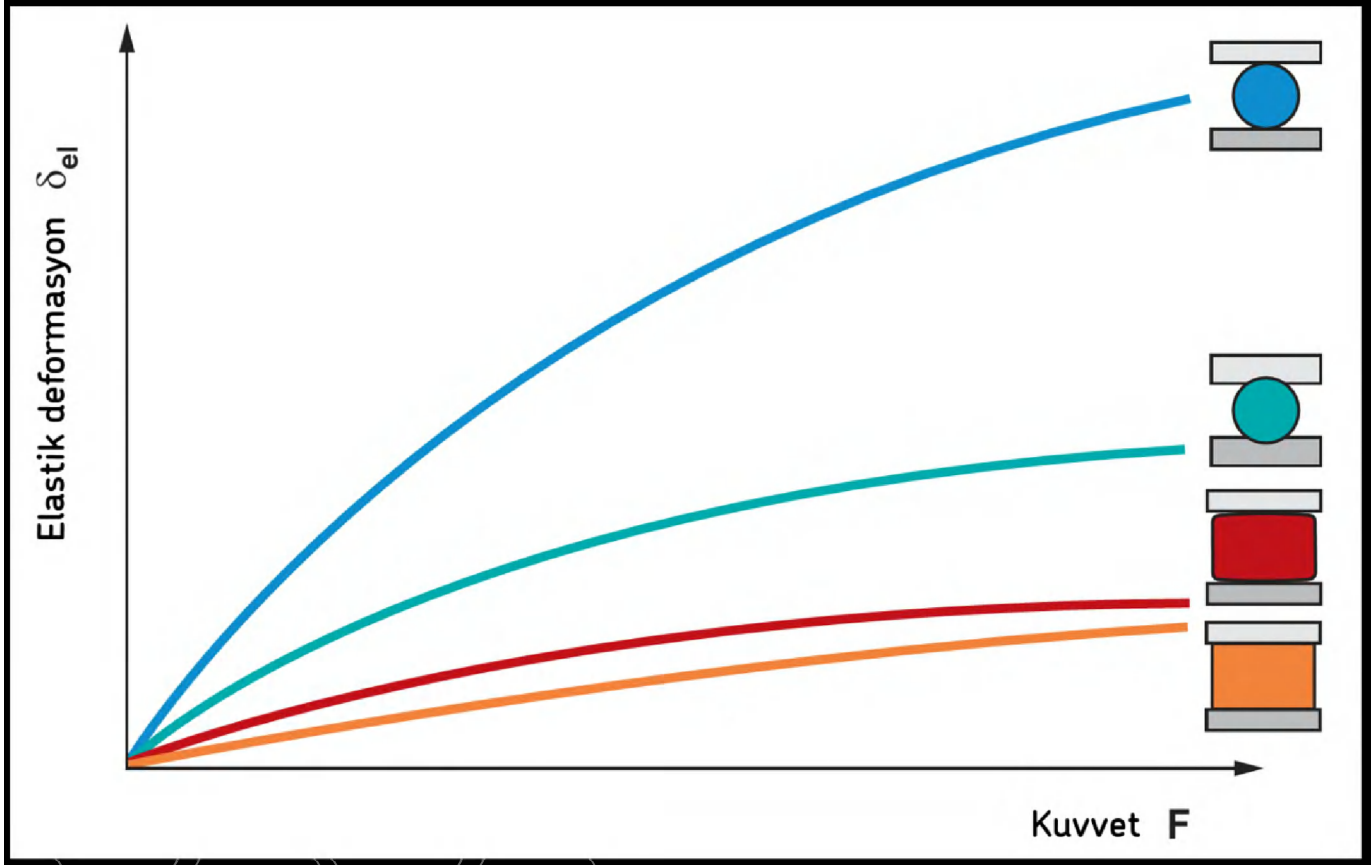
Enine tespit edilmiş ray ve taşıyıcıların montajı

1. Setler (faturalar),
2. Tespit blokları



Enine olarak serbest ray ve taşıyıcıların montajı

Elastik deformasyon (rijitlik)



Yuvasız bilyalı

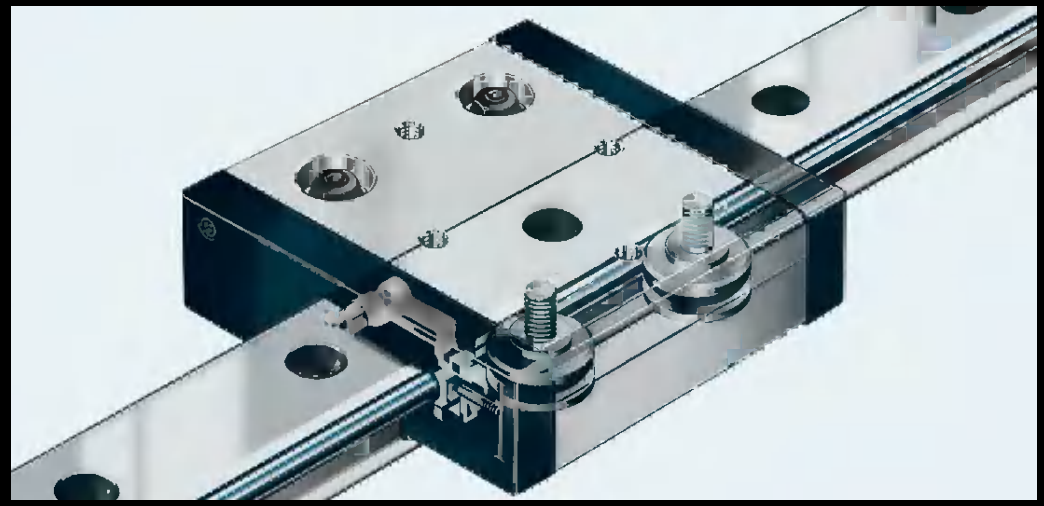
Yuvalı bilyalı

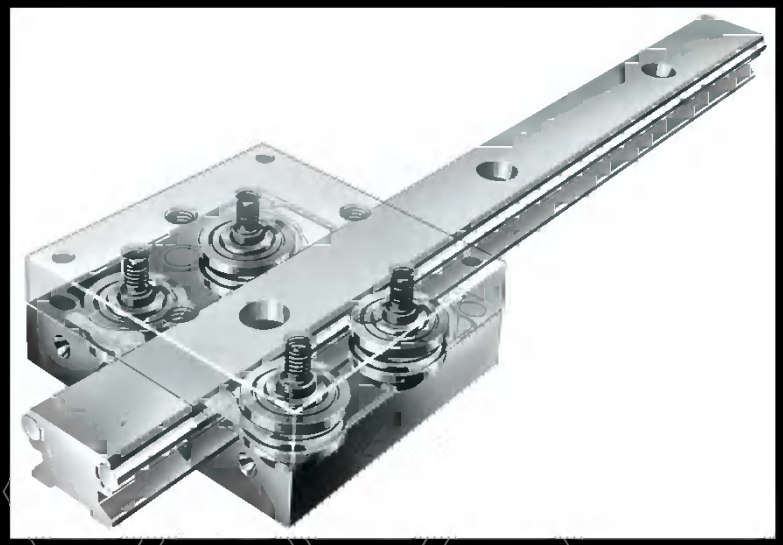
Logaritmik makaralı

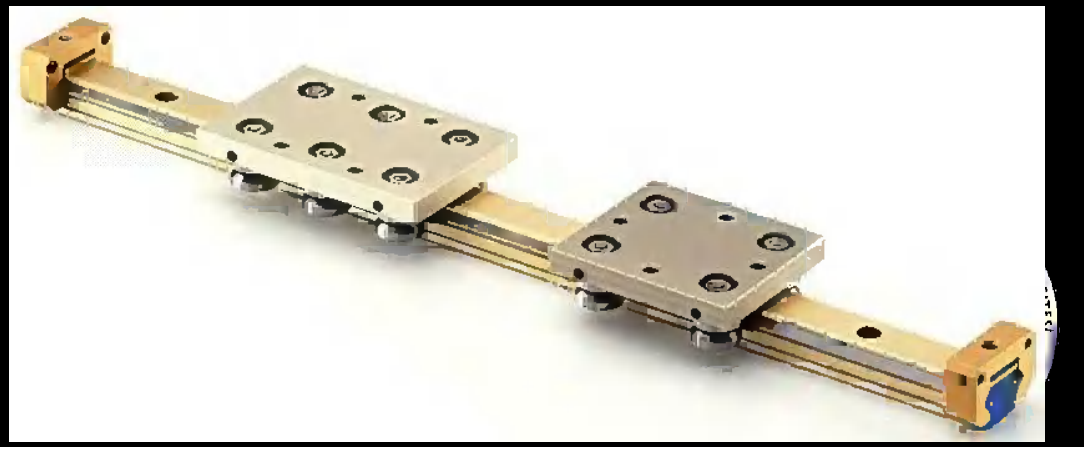
Silindirik makaralı

Lineer yataklar (Sirkülasyonsuz)

- Yuvarlanma elemanlarının sirküle etmediği türden lineer kılavuzlar da mevcuttur. Aşağıda görülen kam makaralı lineer yataklar daha ziyade transport tekniği ve otomasyon sistemleri için geliştirilmişlerdir.

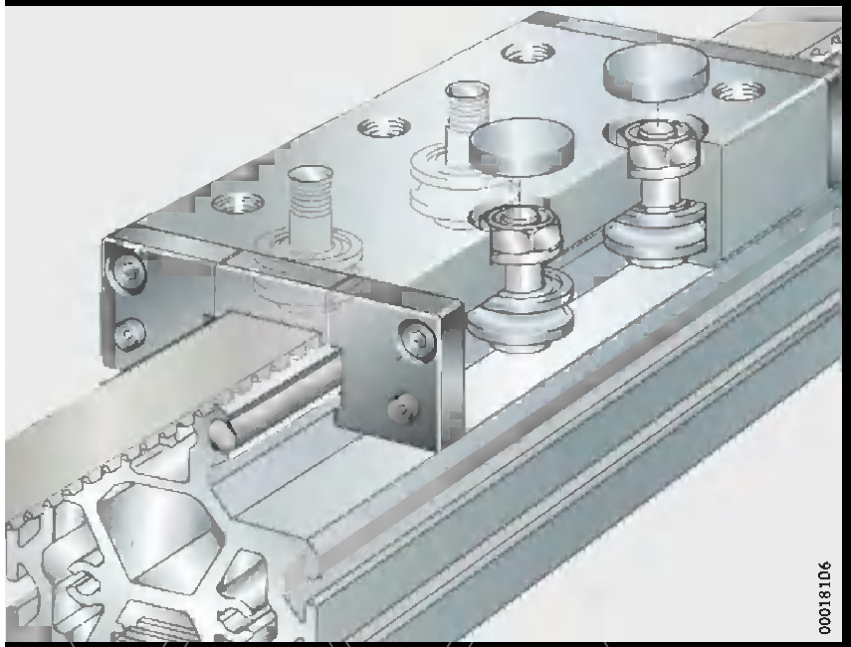




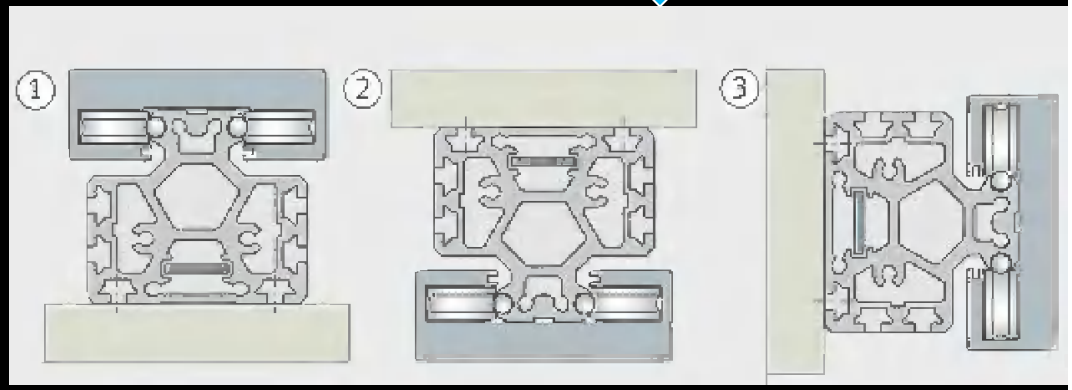


Lineer yataklar (Sirkülasyonsuz)

- Dişli kayış tahrikli kam makaralı lineer modül.



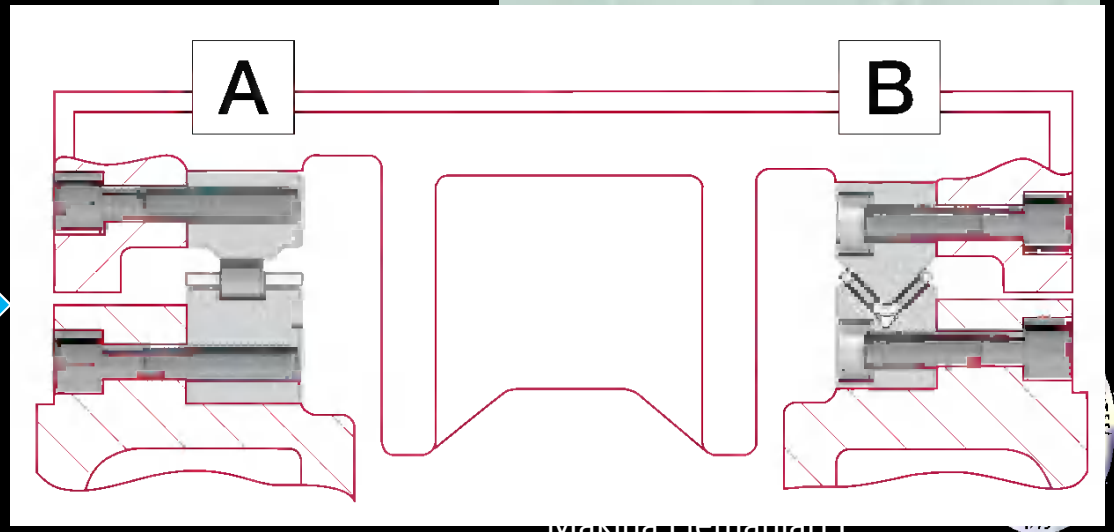
Kam makaralı lineer modüllerin montaj pozisyonları

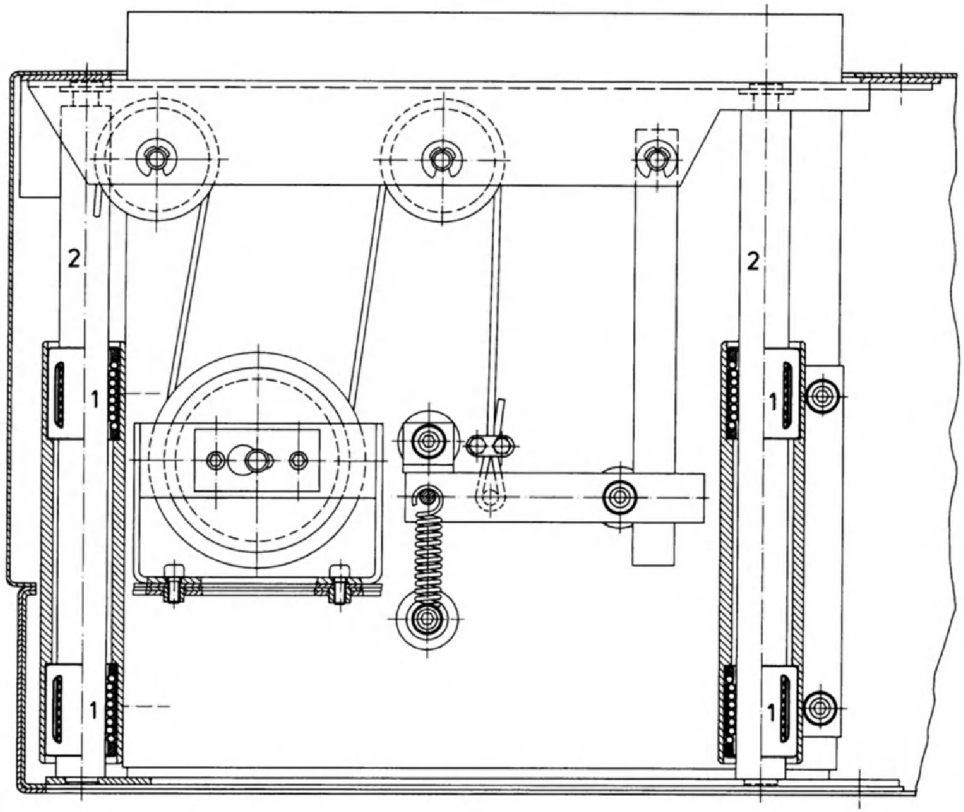


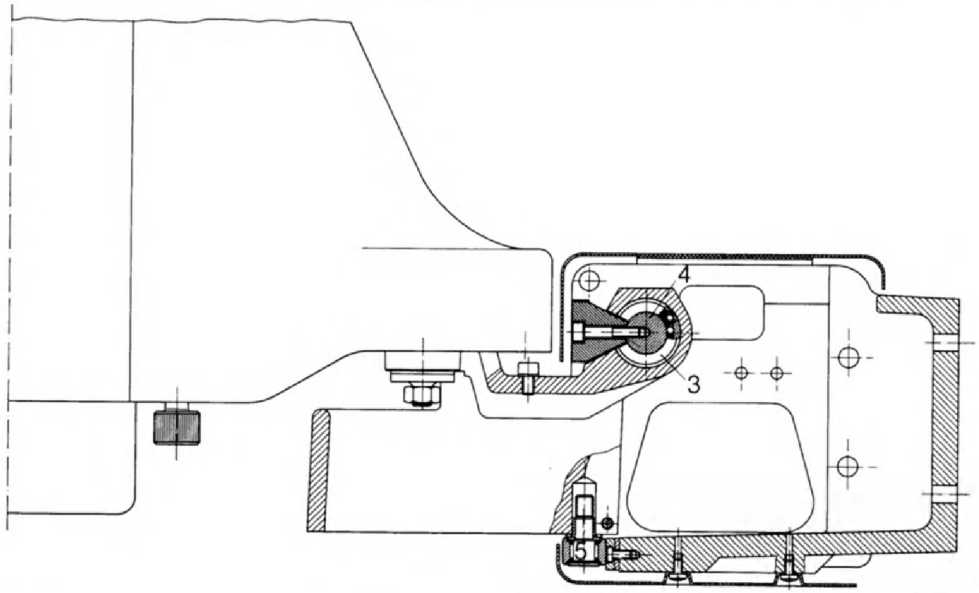
Lineer yataklar (Sirkülasyonsuz)

- V- kılavuzlar da lineer yataklamada yaygın kullanılan elemanlardandır. Bunlarda yuvarlanma elemanı olarak silindirik makaralar kullanılır.

Bir taşlama tezgahı tablasının lineer olarak yataklanması

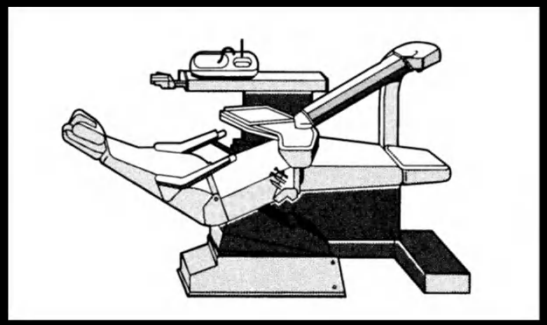




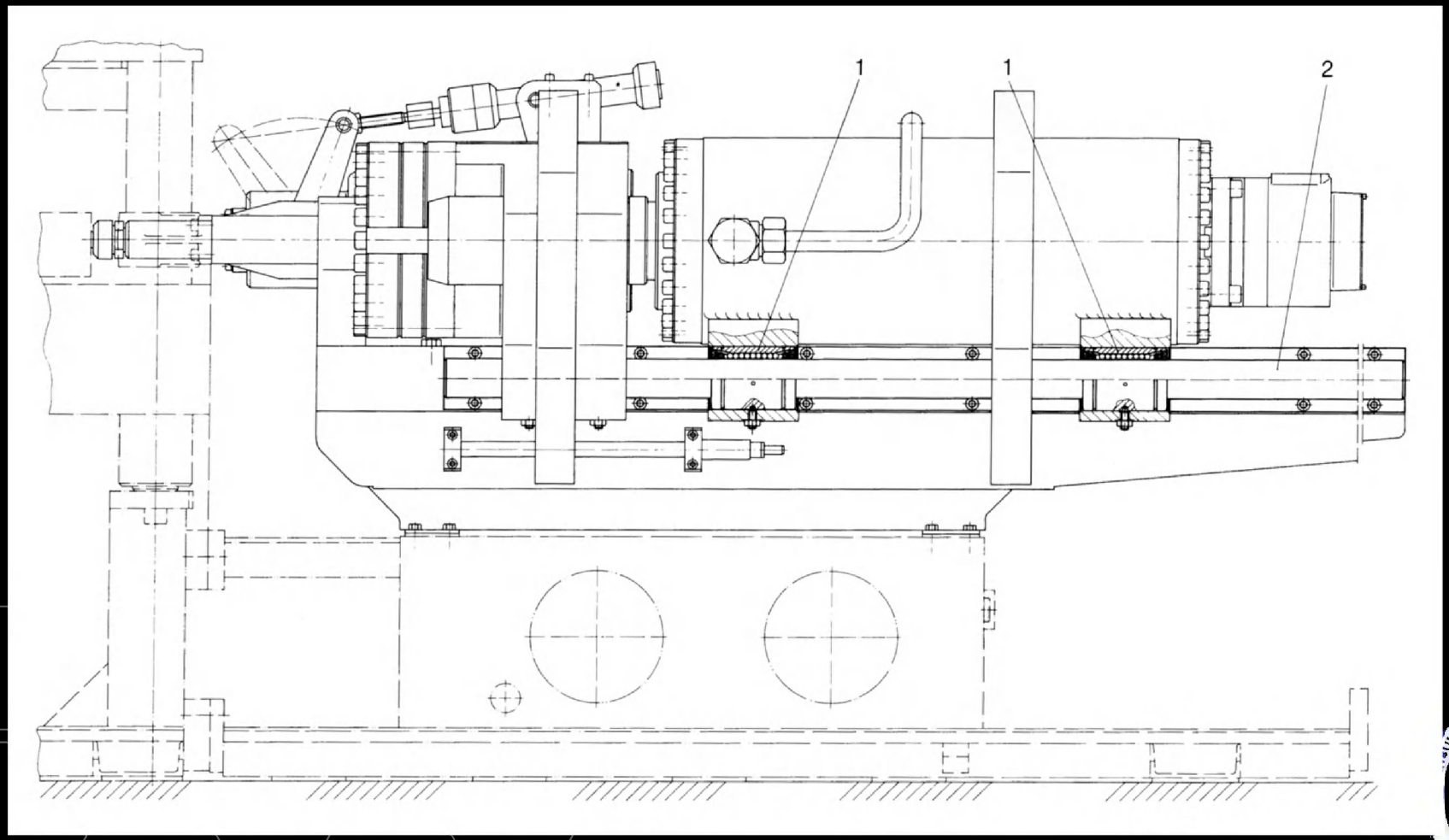


Uygulama örnekleri

(Dişçi koltuğu)

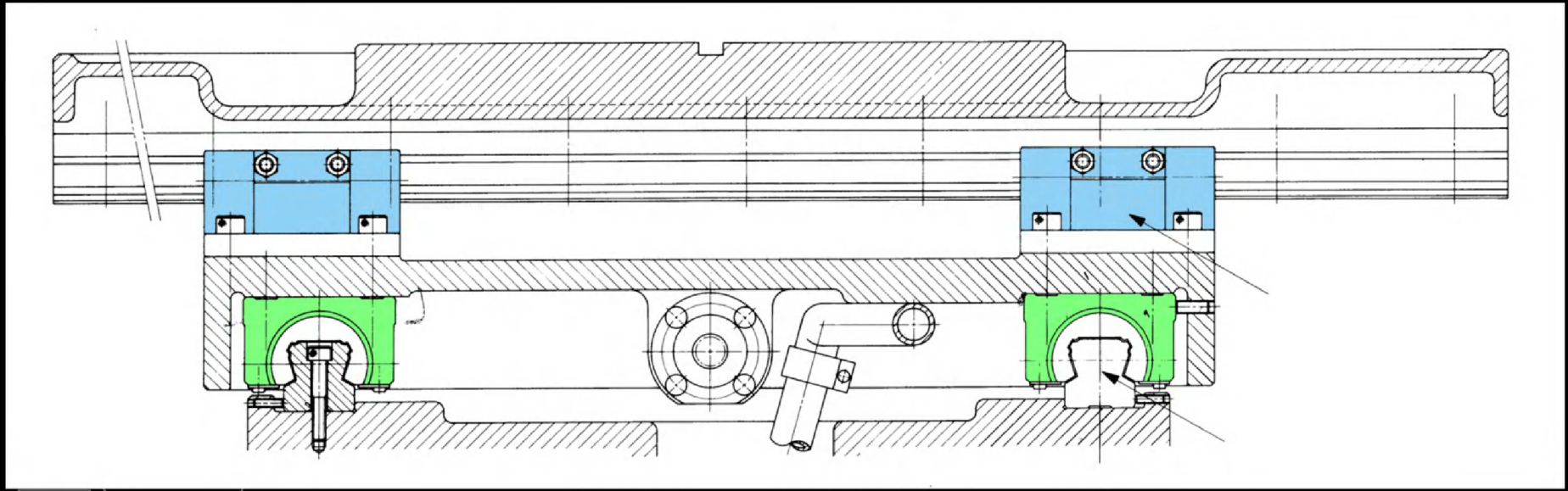


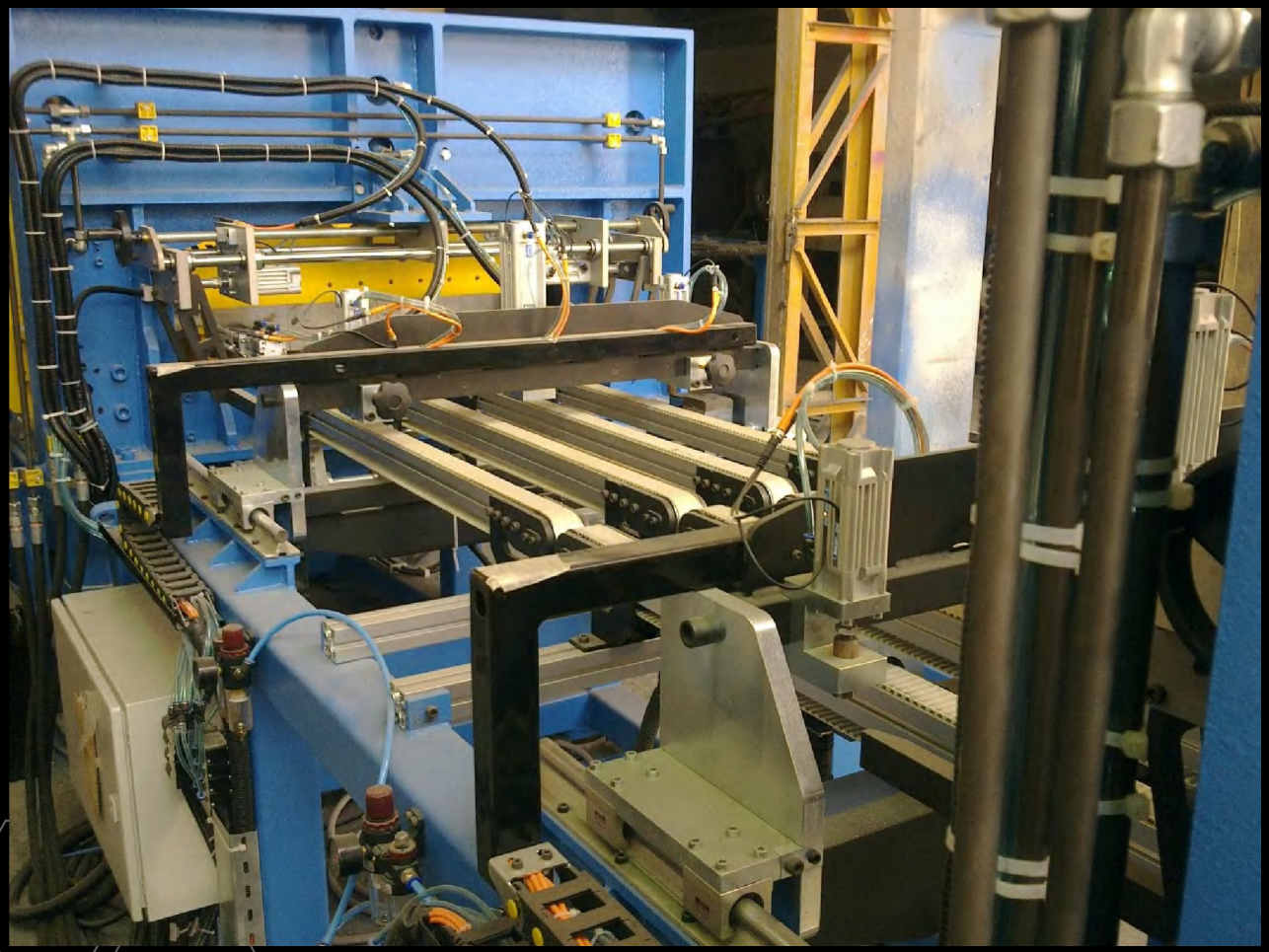
Uygulama örnekleri
(Plastik enjeksiyon makinası)



Uygulama örnekleri

(Bir matkap tezgahı tablası)



Örnek uygulama

Örnek uygulama