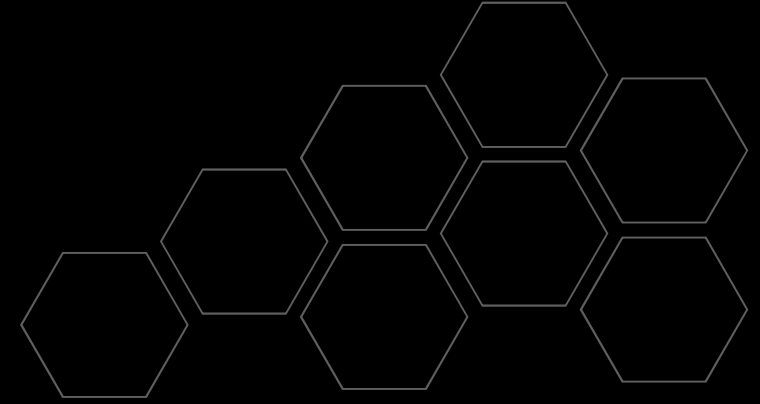
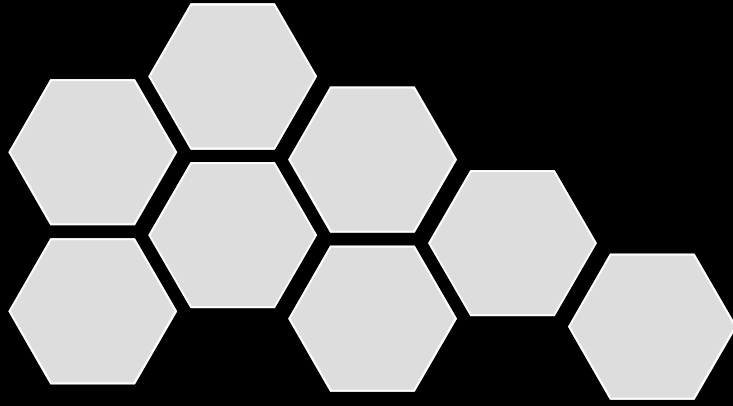
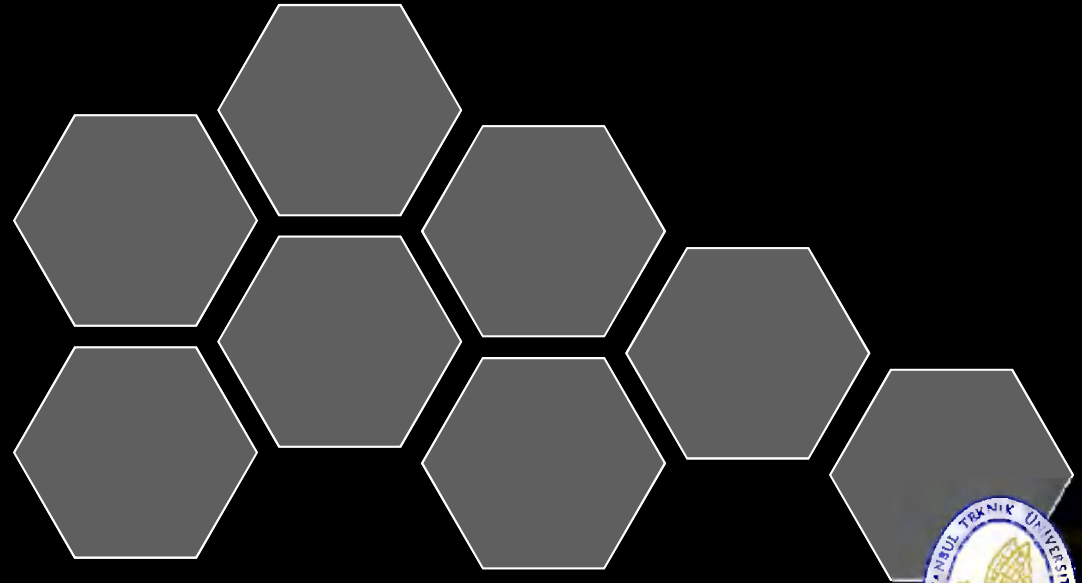
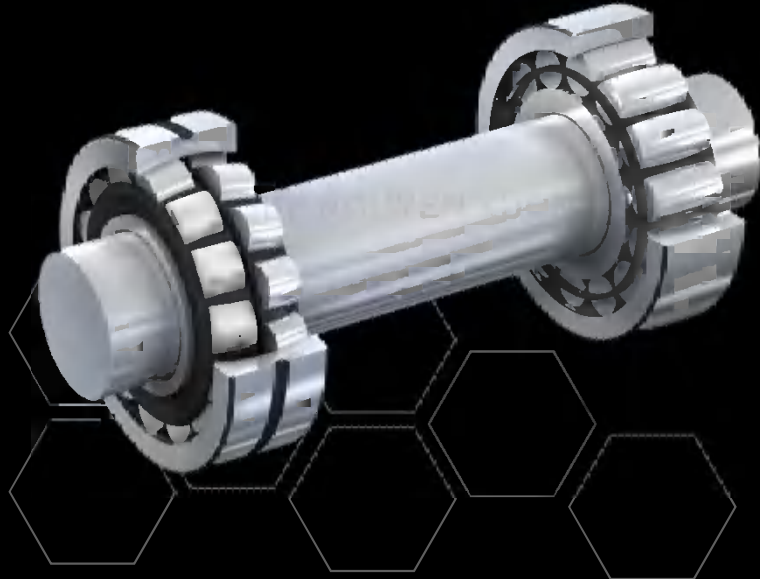
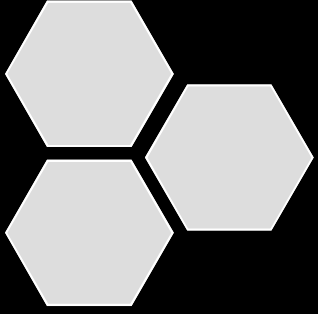




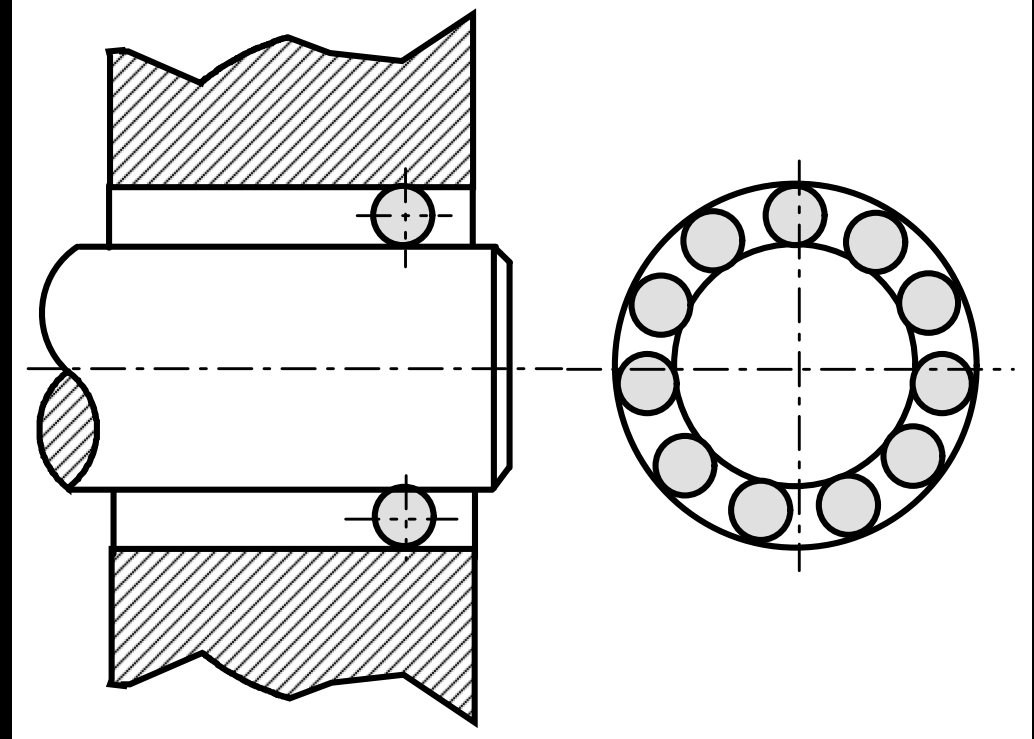
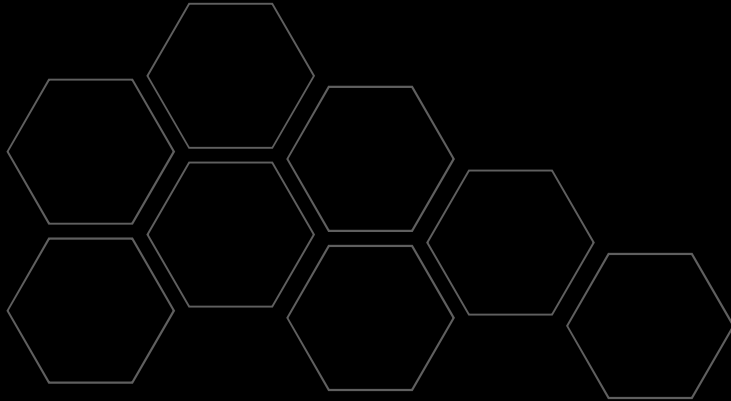
RULMANLI YATAKLAR

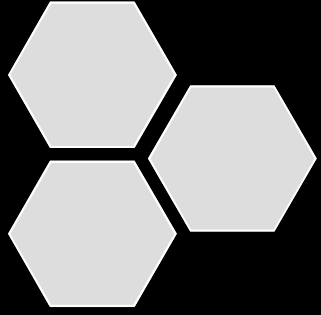
Vedat Temiz





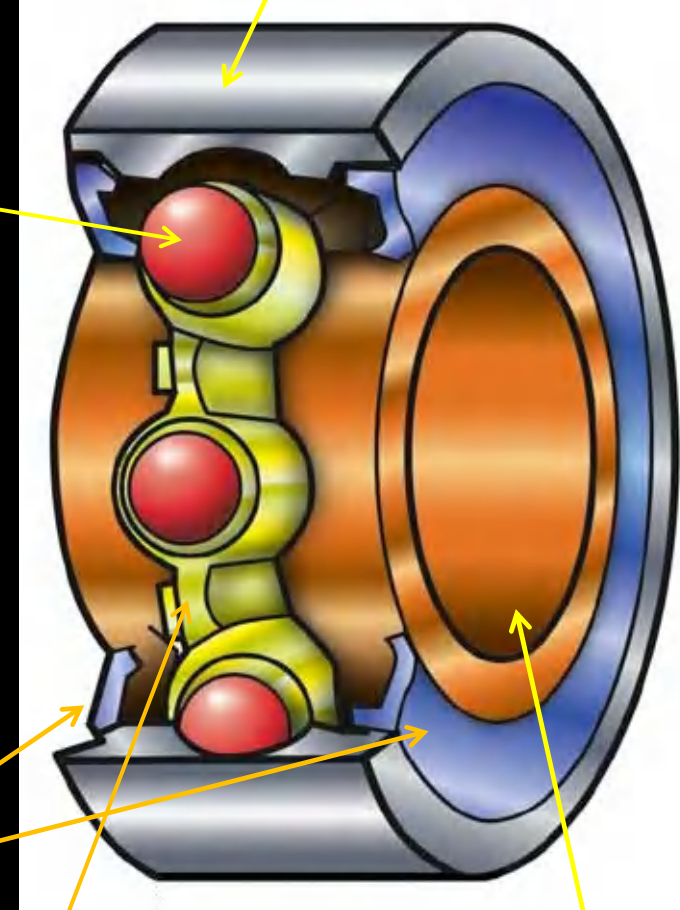
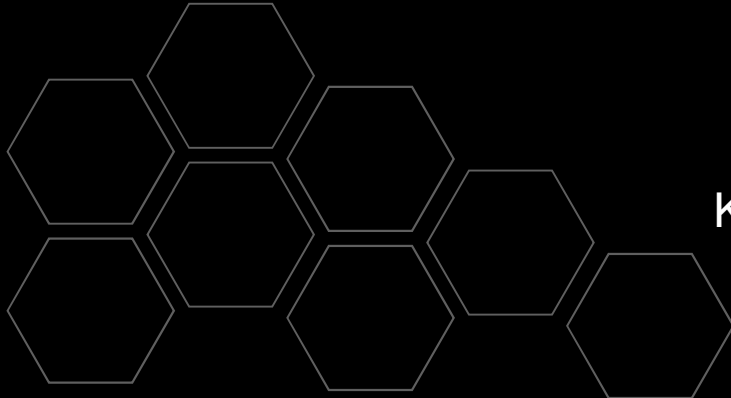
- Noktasal veya çizgisel temas
- Büyük Hertz gerilmeleri
- Sertleştirme gereksinimi
- Bilezik kavramı





En temel elemanları içeren bir sabit bilyalı yatak

- Sabit bilyalı yatak
 - Sertleştirilmiş çelikten bilyalar
 - Teorik olarak bilyalar ve bilezikler arasındaki temas noktasaldır.
 - Bu da lokal olarak büyük yüzey zorlanmalarına neden olur.

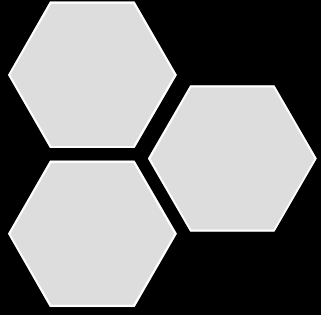


Keçeler

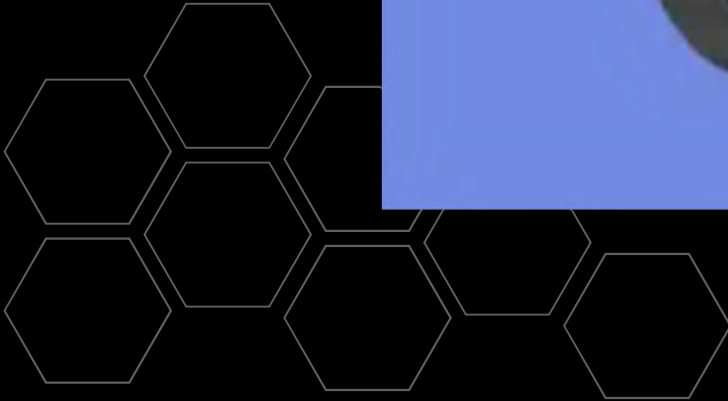
Kafes

İç bilezik

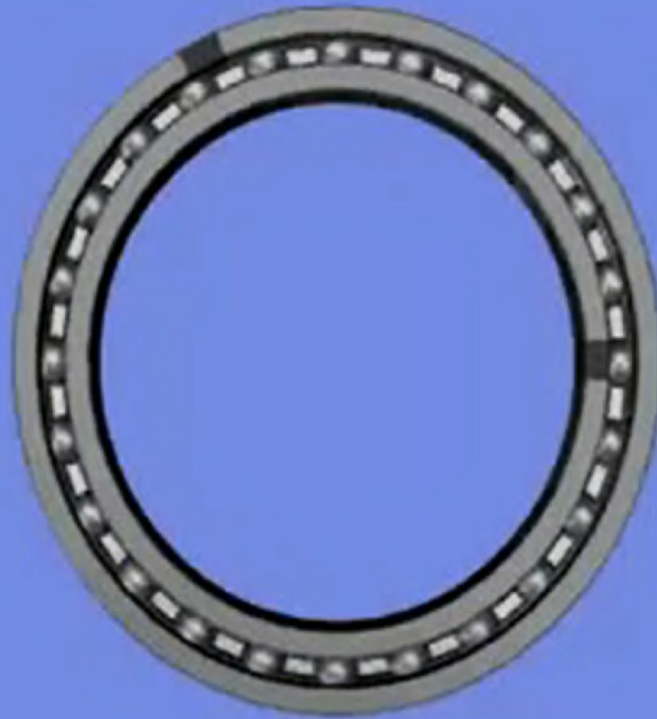


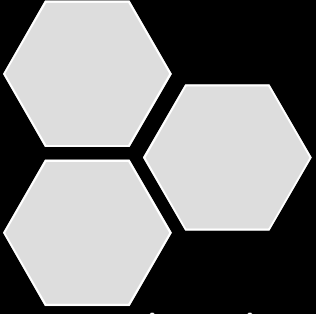


Rulmanlı Yataklar Temel Elemanlar



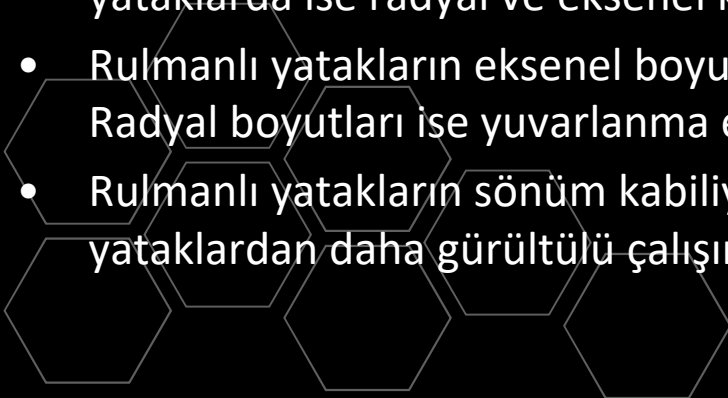
Rulmanlı Yataklar Temel Elemanlar

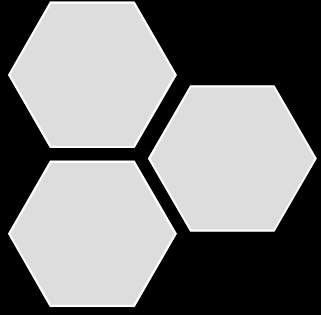




Rulmanlı – Kaymalı Yatak

- Rulmanlı yataklarda statik sürtünme katsayısı (ilk hareket sürtünmesi) oldukça düşüktür. Hidrodinamik kaymalı yataklarda ise düşük sürtünme katsayısı ancak nispeten yüksek hızlarda yağ filmi oluşumu ile mümkün olur. Kaymalı yataklarda çok düşük hızlarda küçük sürtünme katsayısı hidrostatik yatakların kullanılması ile elde edilebilir. Ancak, bu yataklar ilave ekipman gerektirdiğinden pahalı bir çözüm olarak karşımıza çıkarlar.
- Rulmanlı yataklar ağır yük altında yol alma için oldukça uygundur. Yüksek hızlar ve darbeli çalışma için ise kaymalı yataklar daha uygundur.
- Çok yüksek çevre hızları yorulma çevrimini hızlandırdığı, yuvarlanma elemanları üzerine büyük kuvvetler geldiği ve yağlamada problemler yarattığı için rulmanlı yataklar için uygun değildir. Bu gibi uygulamalar için kaymalı yataklar daha uygundur.
- Rulmanlı yataklar genel olarak hem radyal hem de eksenel yükleri taşıyabilirler. Kaymalı yataklarda ise radyal ve eksenel kuvvetleri taşıyan yatakların konstrüksiyonları farklıdır.
- Rulmanlı yatakların eksenel boyutları (genişlikleri) kaymalı yataklara göre daha küçüktür. Radyal boyutları ise yuvarlanma elemanlarından dolayı daha büyüktür.
- Rulmanlı yatakların sönüm kabiliyeti kaymalı yataklara göre çok daha kötüdür ve kaymalı yataklardan daha gürültülü çalışırlar.





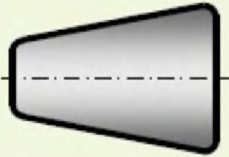
Yuvarlanma elemanı geometrileri



Küre (bilya)



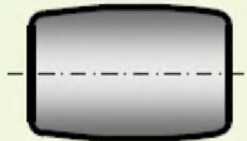
Silindirik makara



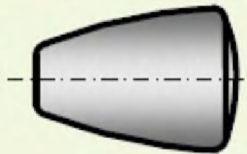
Konik makara



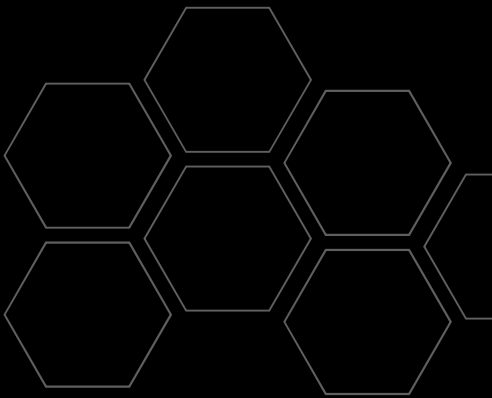
İğne makara



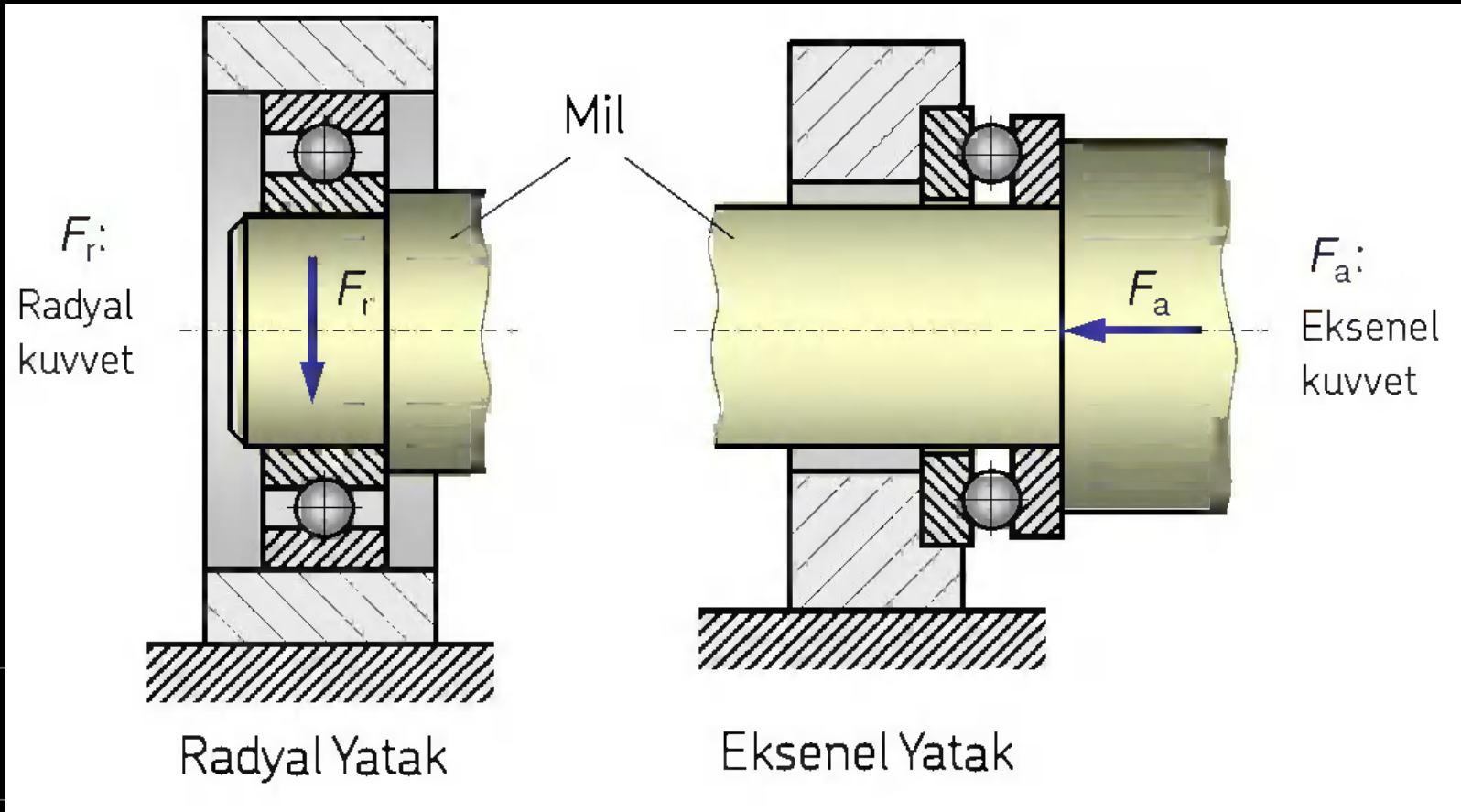
Simetrik oynak makara



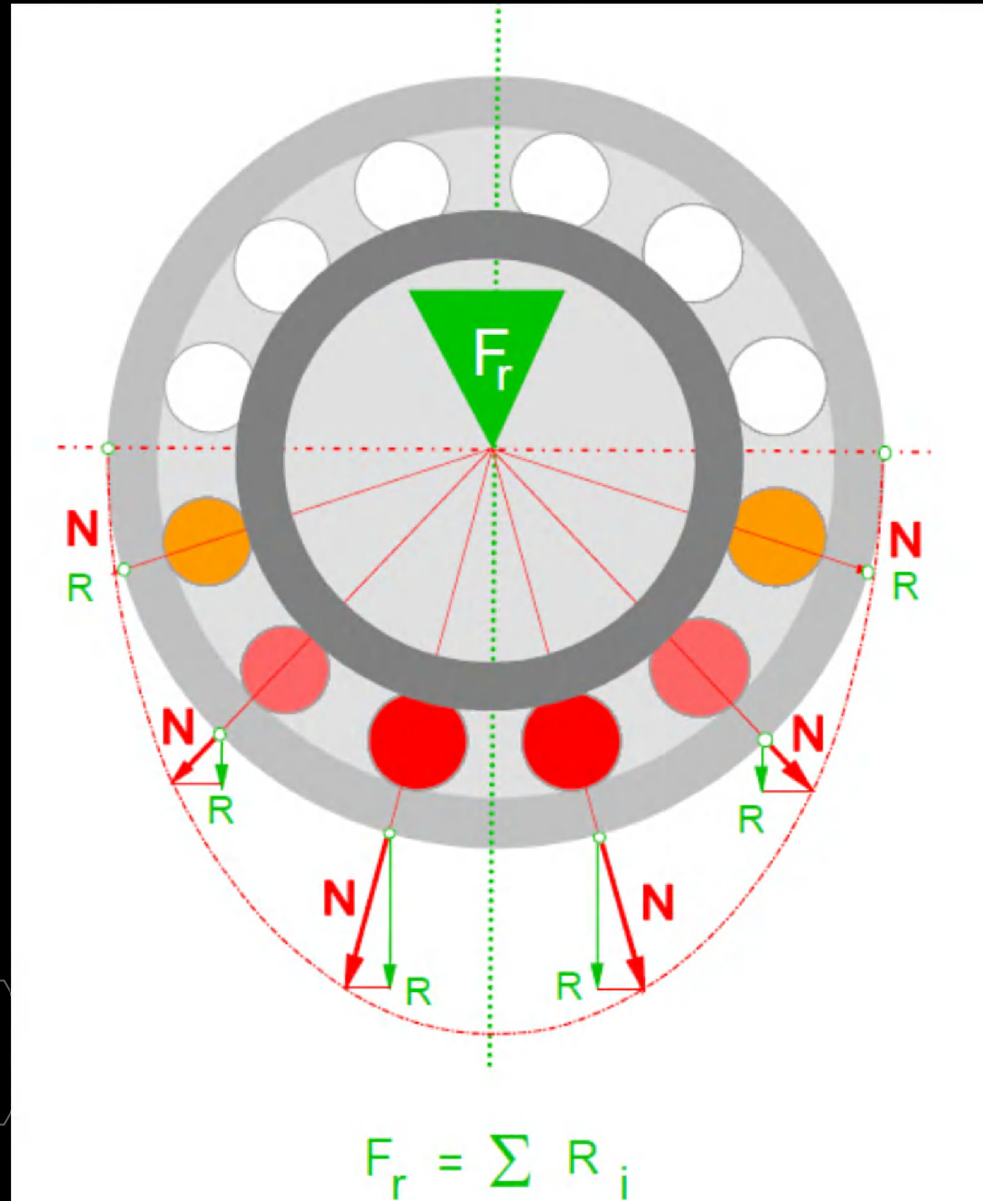
Asimetrik oynak makara



Kuvvet açısından sınıflandırma



Bir radyal yatağın yük taşıma durumu

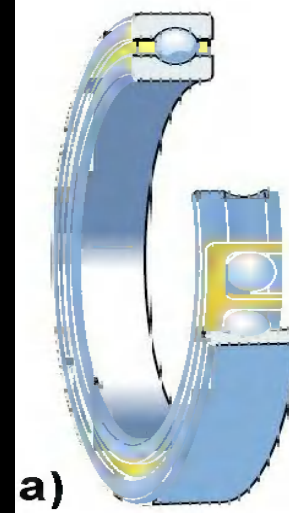
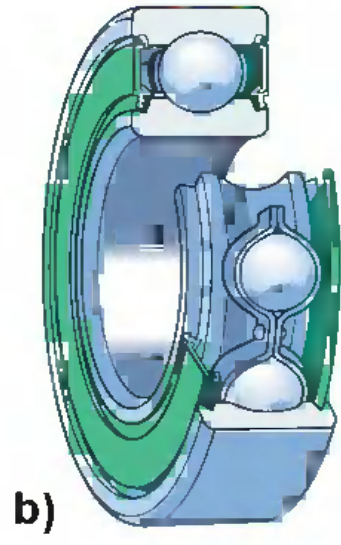




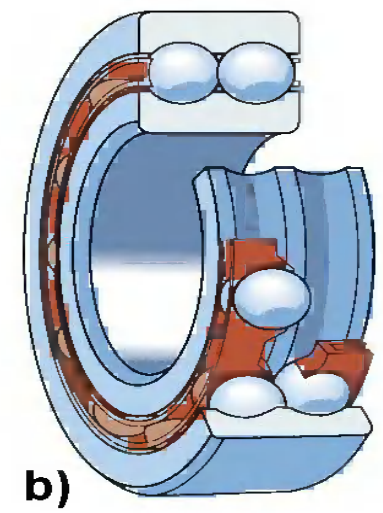
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

Sabit bilyalı yataklar

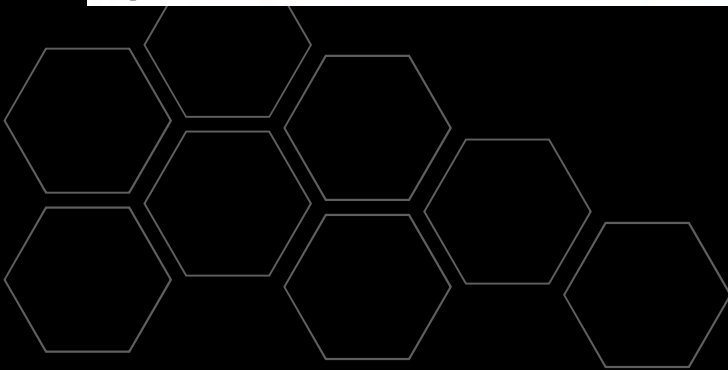
Basit açık tip, Her iki tarafı kapaklı tip



Dar kesitli

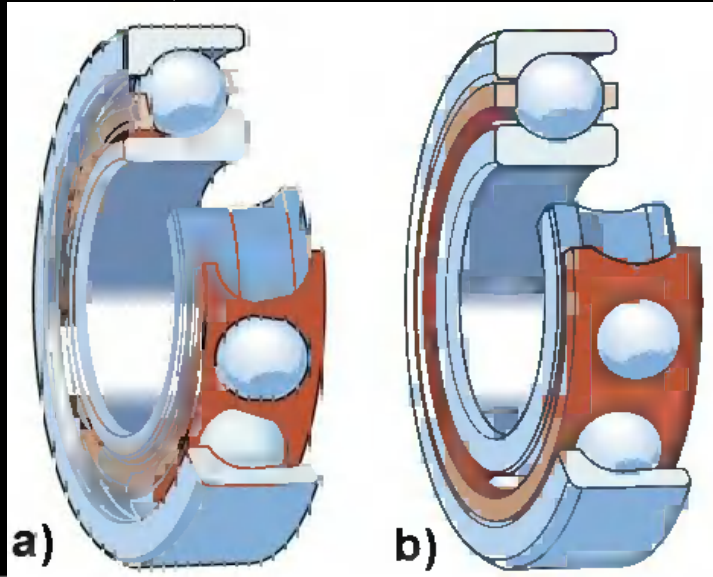


İki sıralı

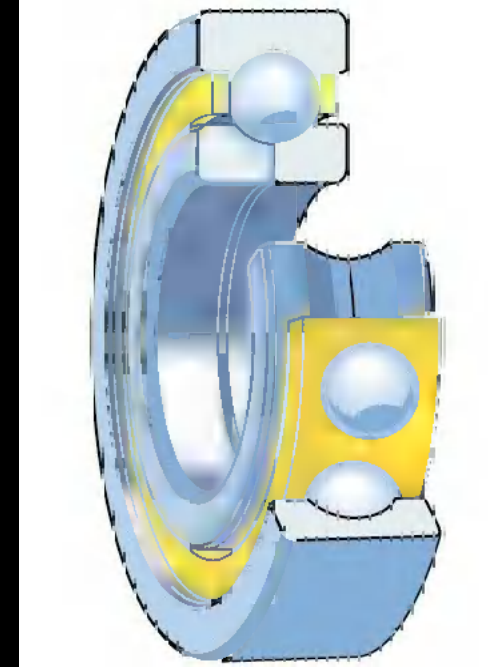
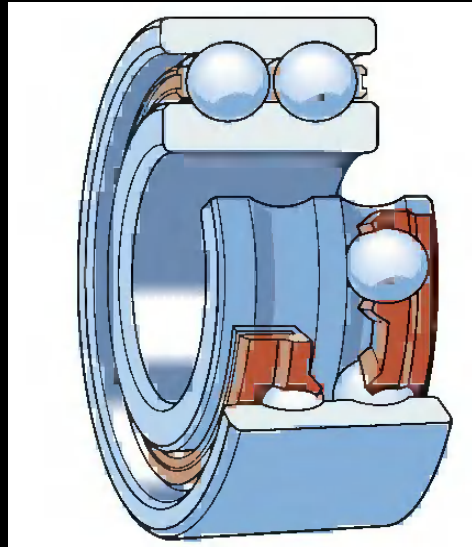


Rulmanlı Yatak Çeşitleri

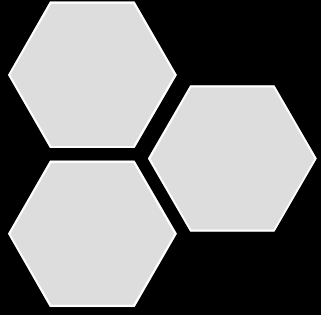
- Eğik Bilyalı Yataklar
- Tek sıra normal tip, Tek sıra hassas tip



Çift sıra eğik bilyalı yatak, kapalı tip

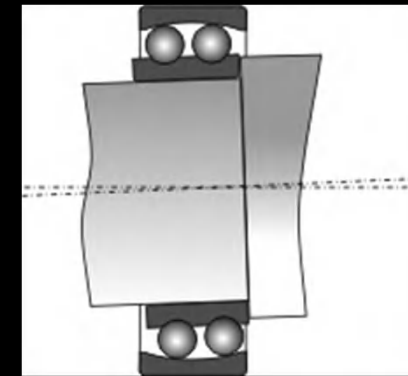
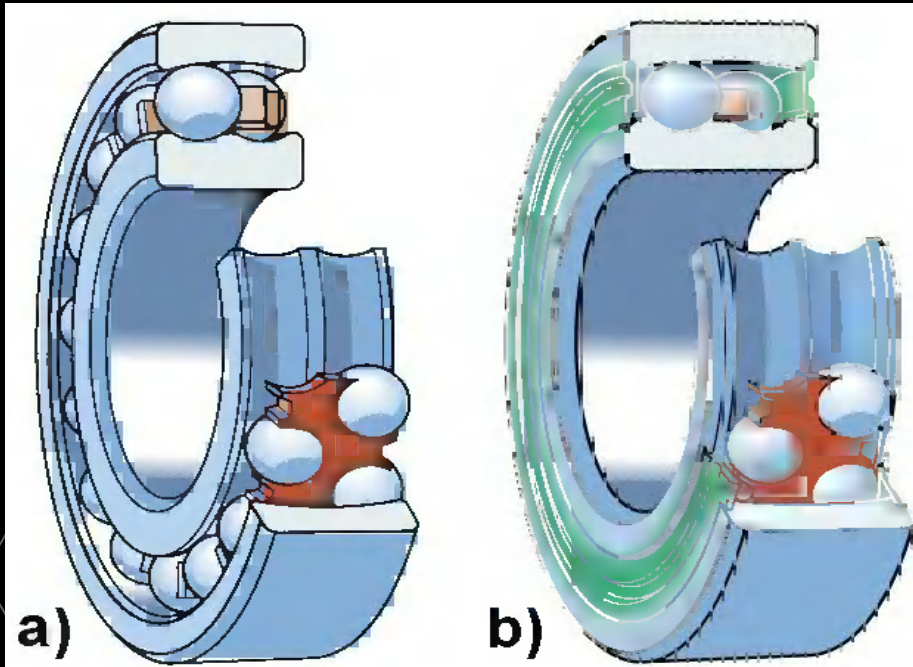


Dört nokta yatağı



Rulmanlı Yatak Çeşitleri

- Oynak bilyalı yataklar,
- a) Açık tip, b) Kapalı tip

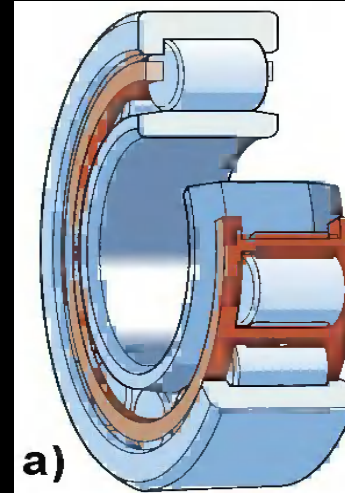


Rulmanlı Yatak Çeşitleri

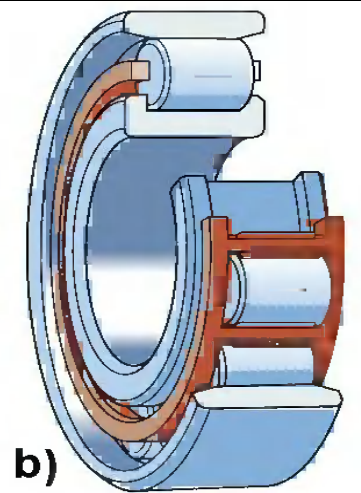
- Silindirik makaralı yataklar



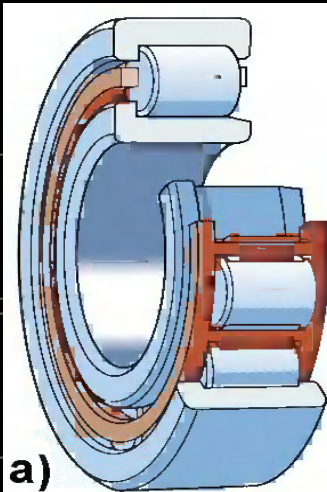
NU tipi



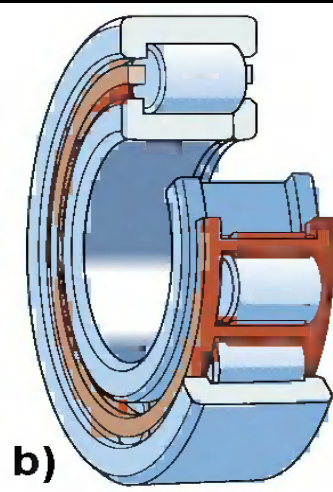
N tipi



NJ tipi



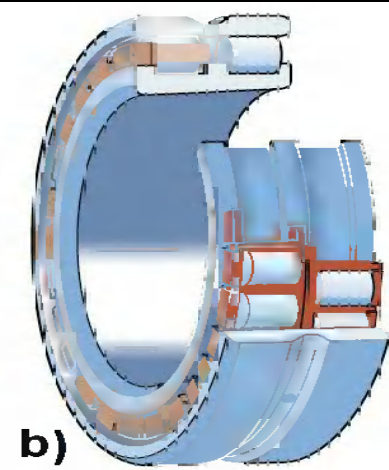
NUP tipi

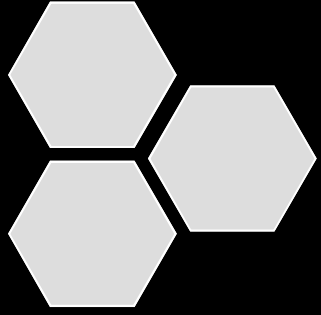


NNU tipi



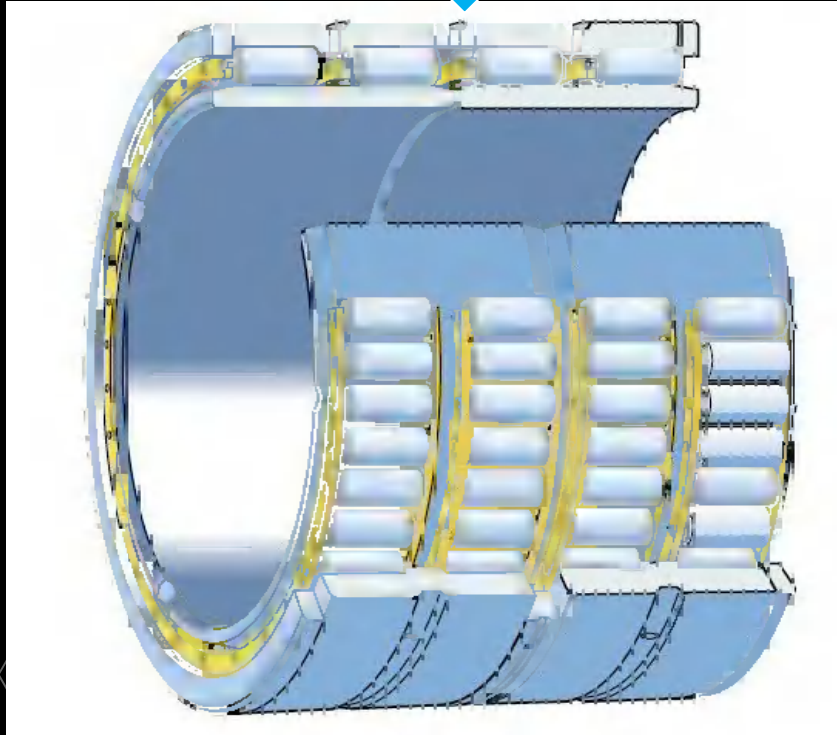
NN tipi





Rulmanlı Yatak Çeşitleri

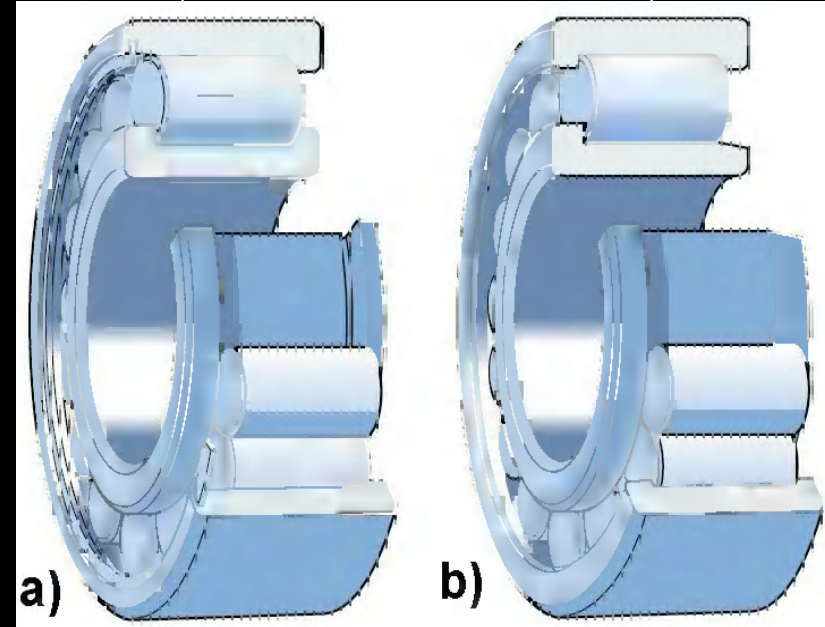
- Dört sıra silindirik makaralı yatak

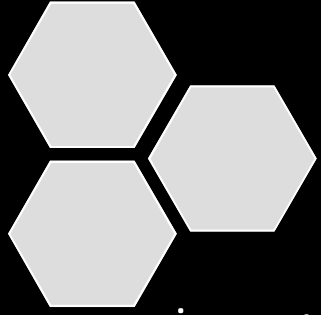


Kafessiz silindirik makaralı yataklar

NCF tipi

NJG tipi





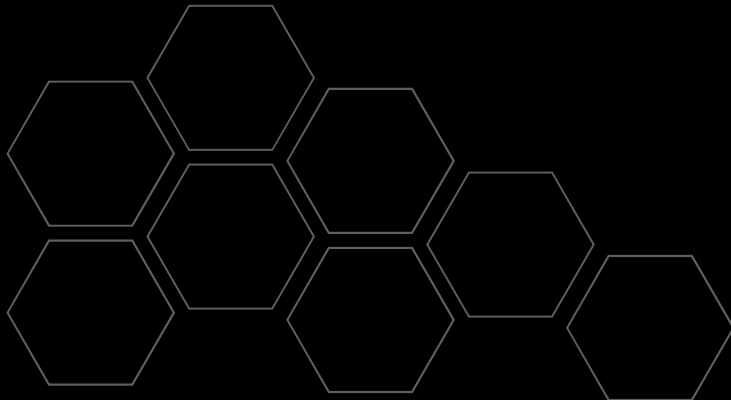
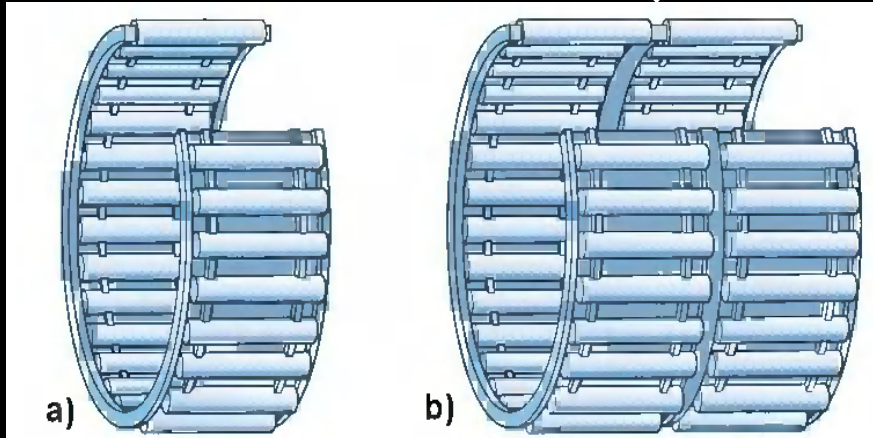
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

- İç ve dış bileziksiz iğneli yataklar

Tek sıralı



Çift sıralı

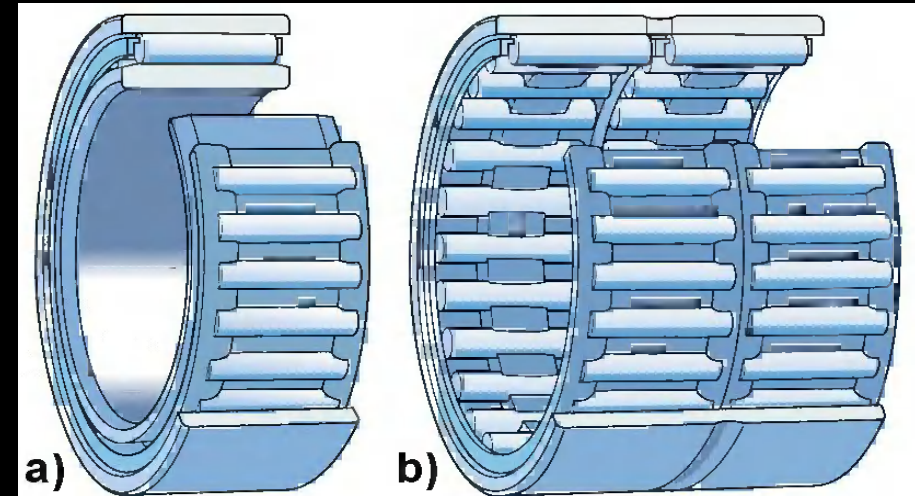


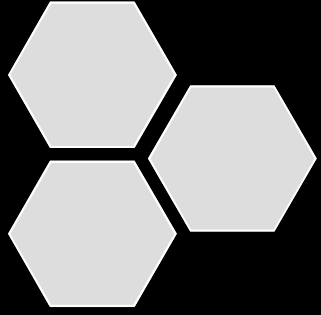
Flanşsız tip iğneli yataklar

Tek sıralı,



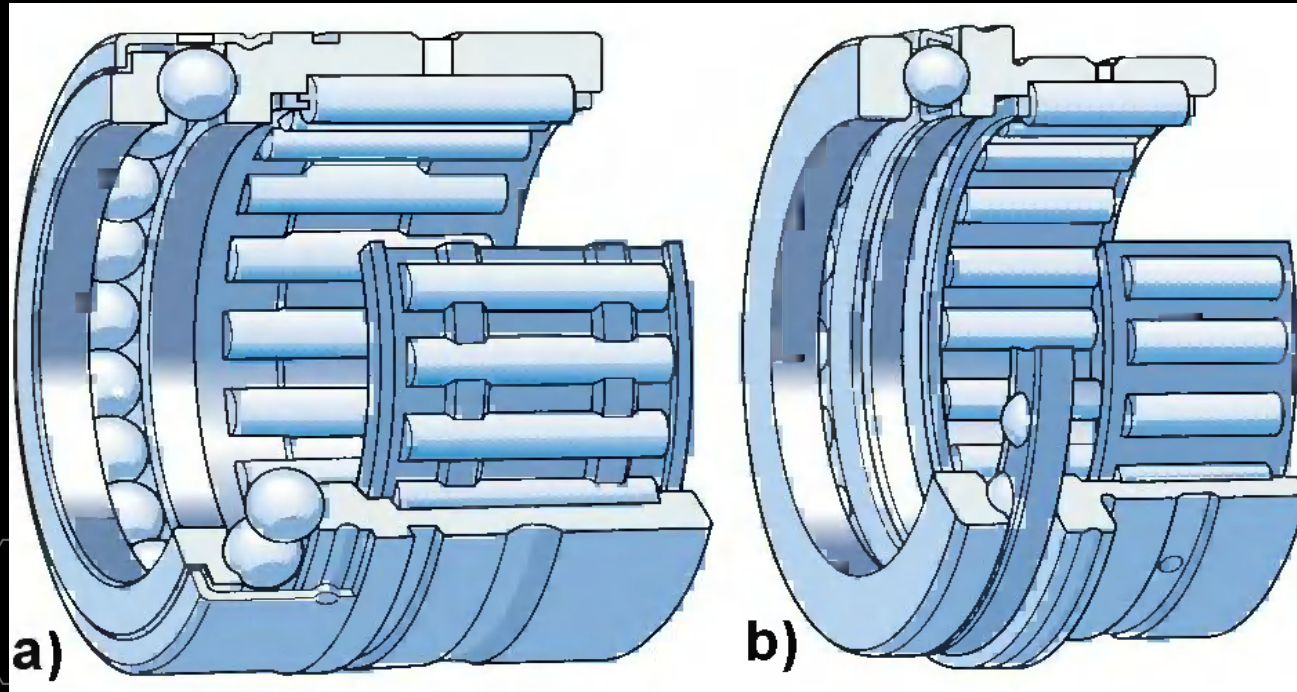
Çift sıralı, iç bileziksiz

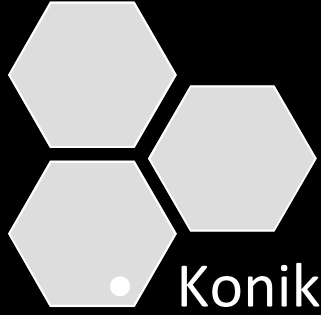




Rulmanlı Yatak eřitleri

- İğneli ve eksenel bilyalı yatakların birlikte kullanımı (radyaks yataklar)

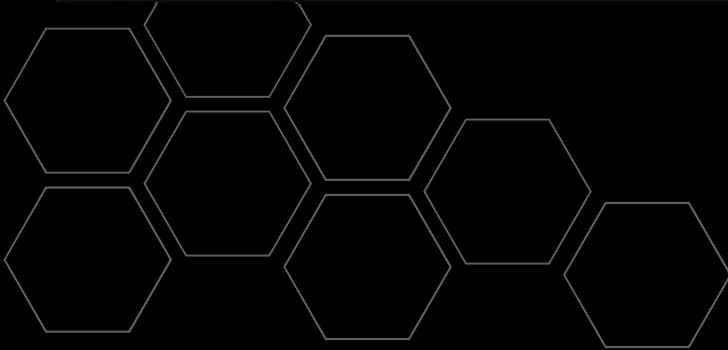
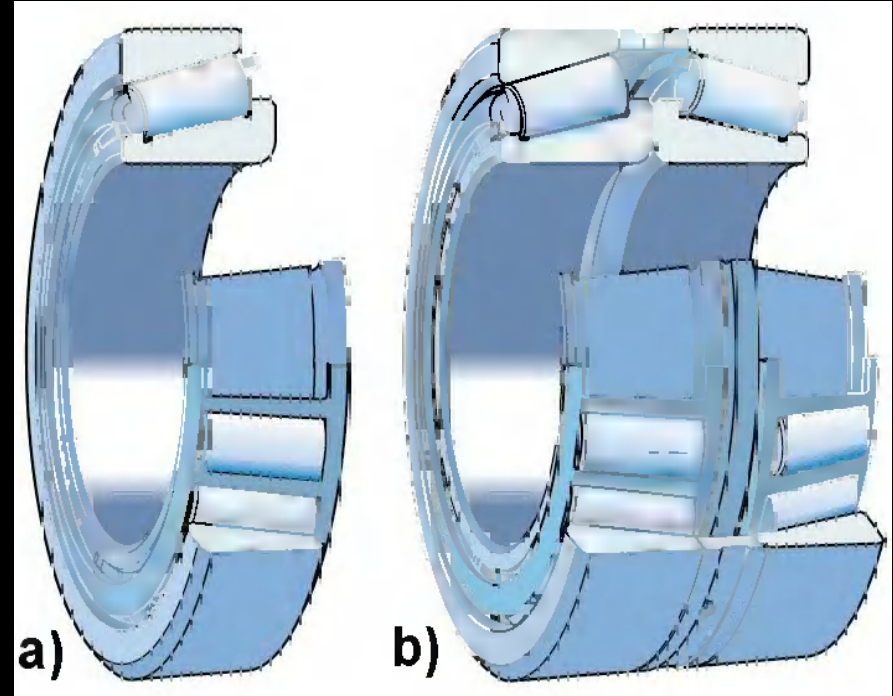


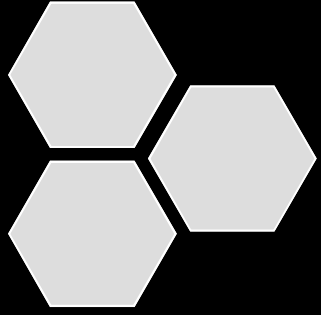


- Konik makaralı yataklar

Rulmanlı Yatak Çeşitleri

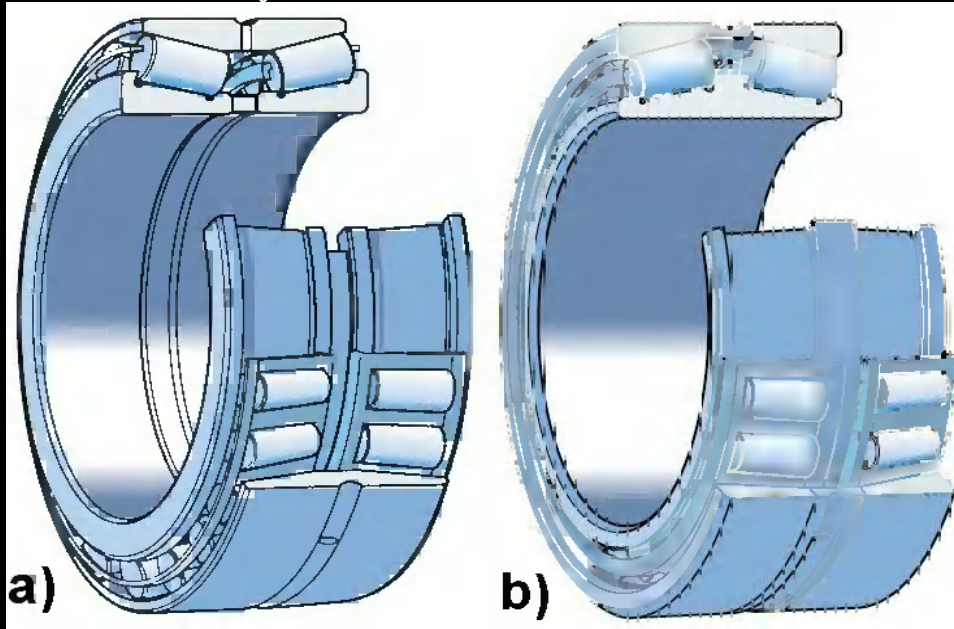
Tek sıra, yüz yüze tertip



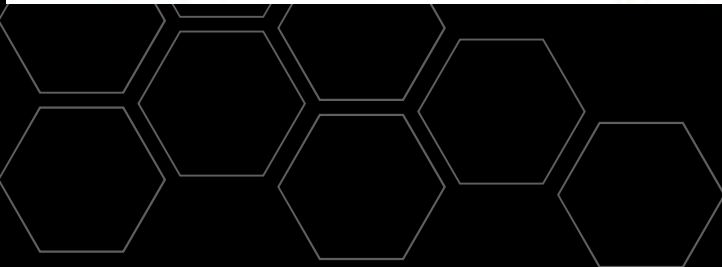
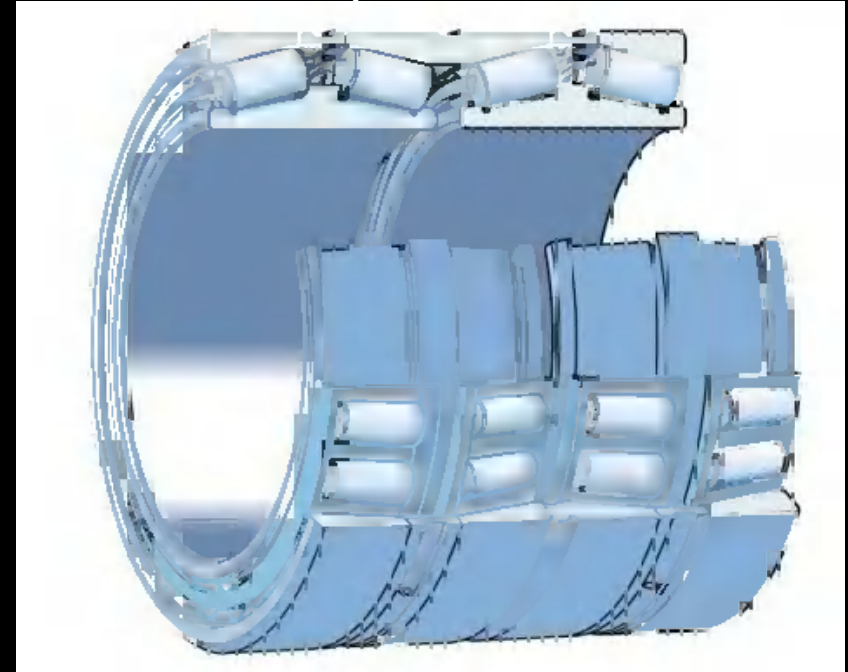


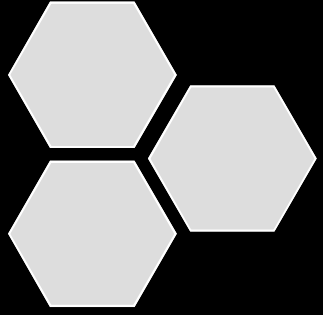
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

- Çift sıra konik yataklar
- Sırt sırta
- Yüz yüze yerleştirilmiş



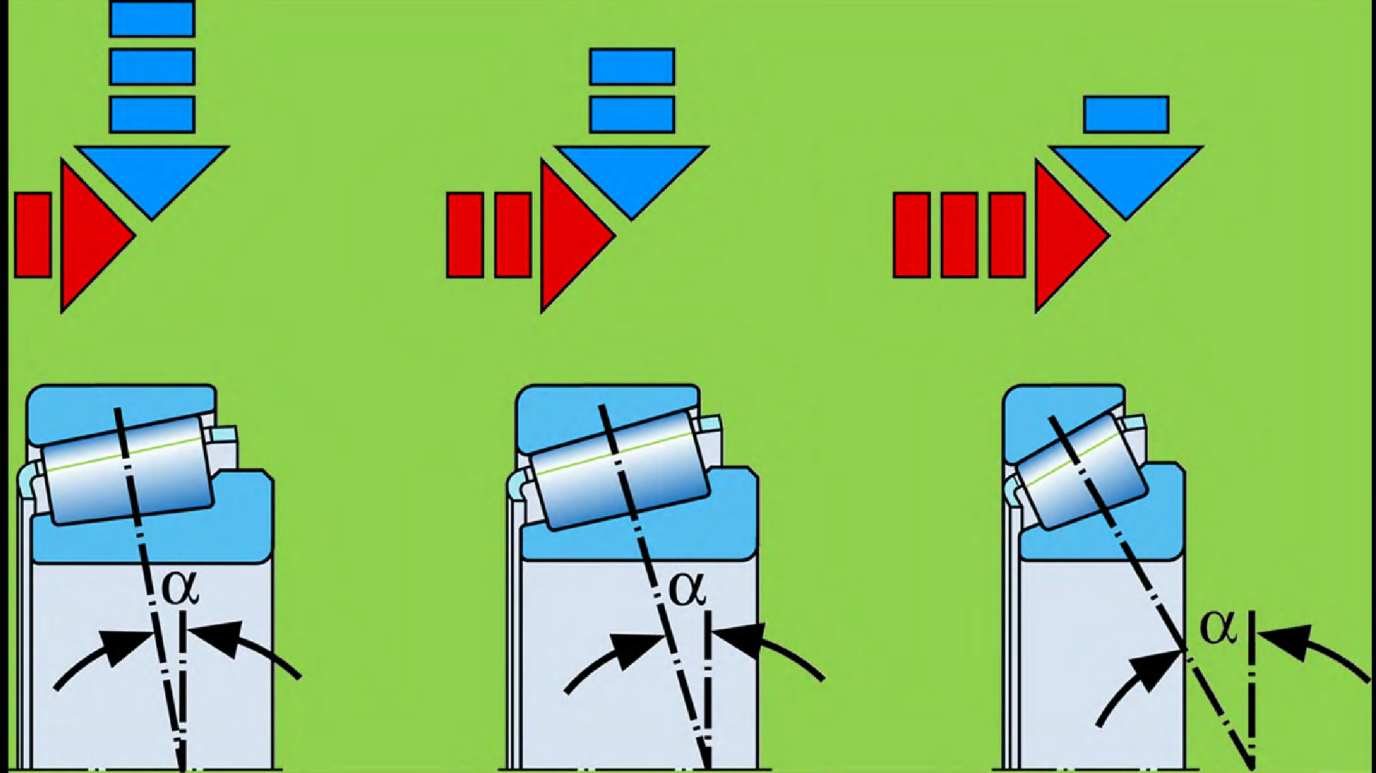
Dört sıra konik makaralı yatak





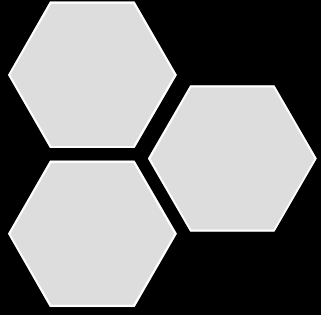
Konik rulmanların yük taşıma kapasitesi

Yük taşıma durumu



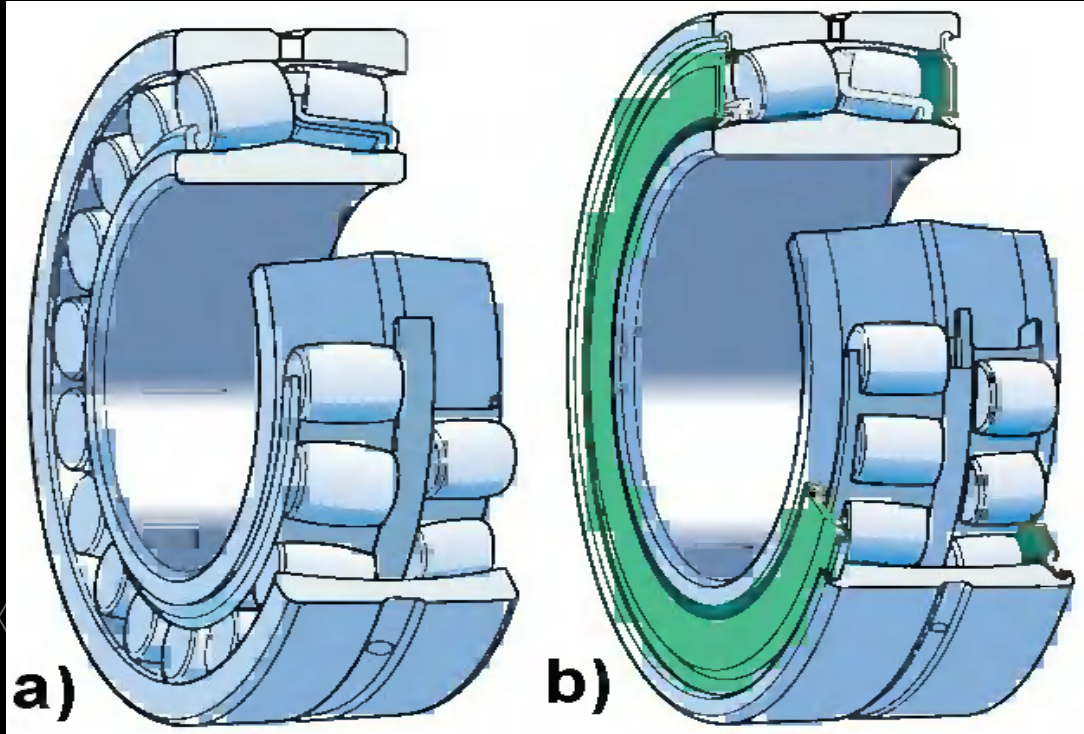
Açının değişimi

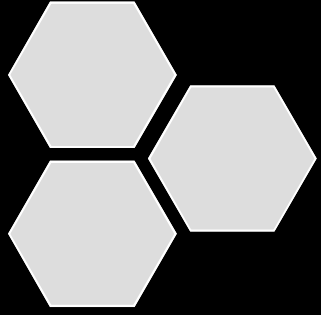




Rulmanlı Yatak Çeşitleri

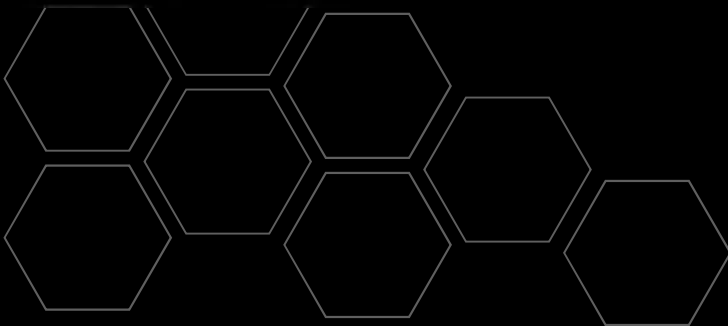
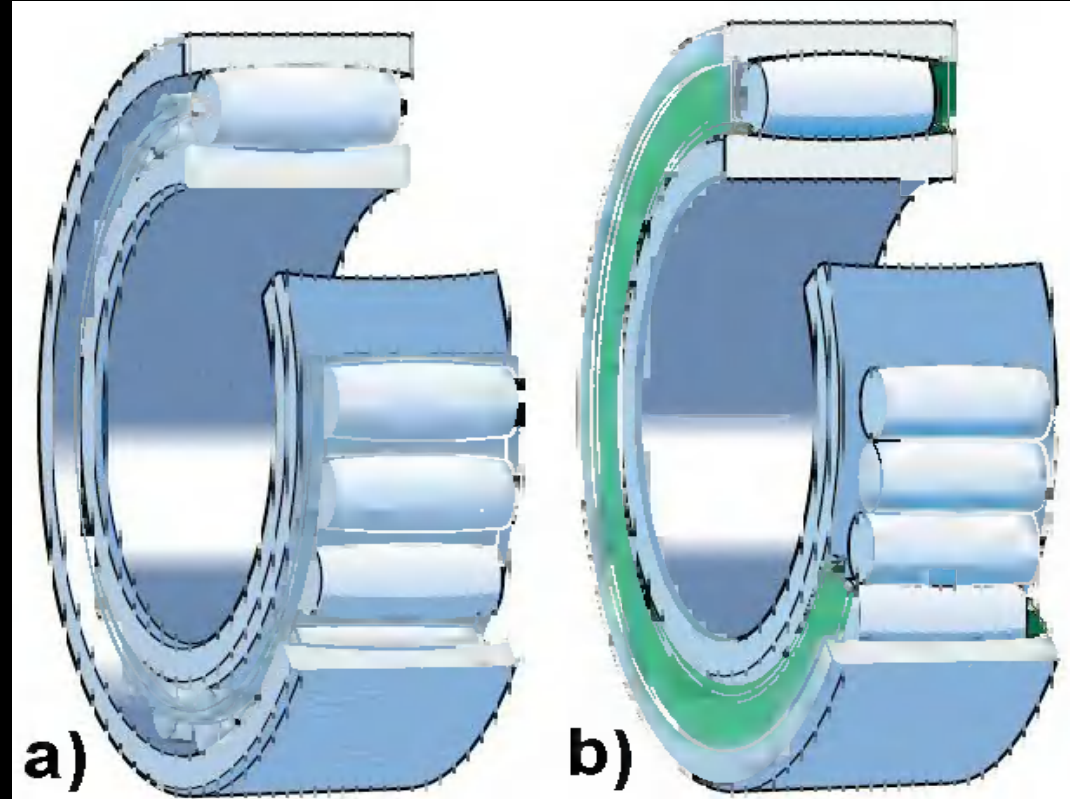
- Oynak makaralı yataklar
- Normal açık tip Kapalı tip





Rulmanlı Yatak eřitleri

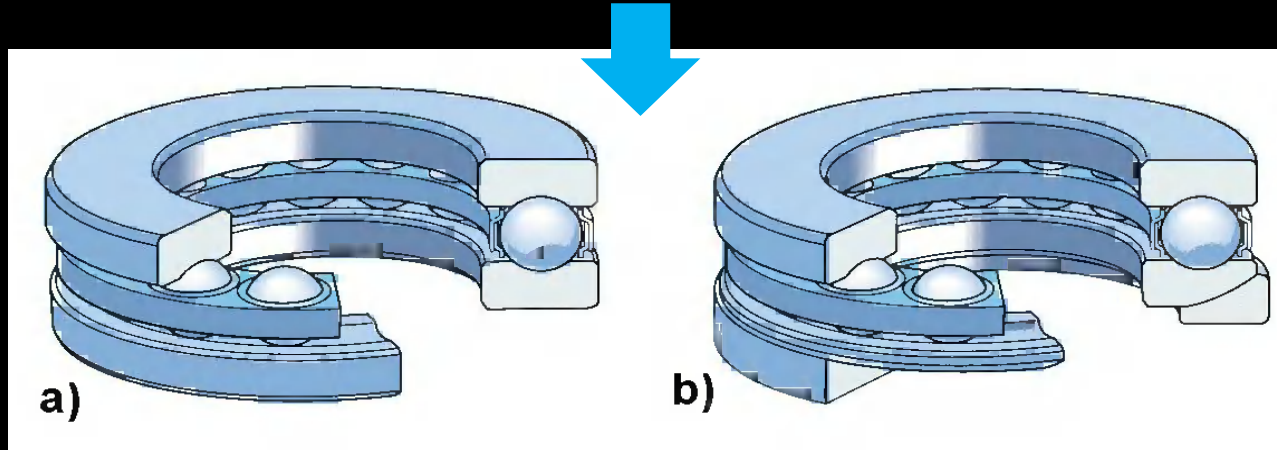
- Toroidal makaralı yataklar (CARB) a) Aık tip b) Kapalı tip (SKF)



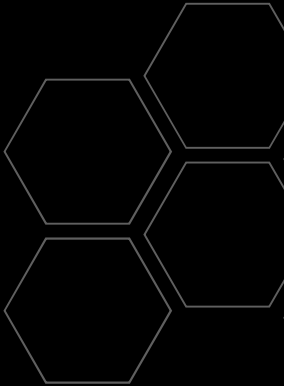
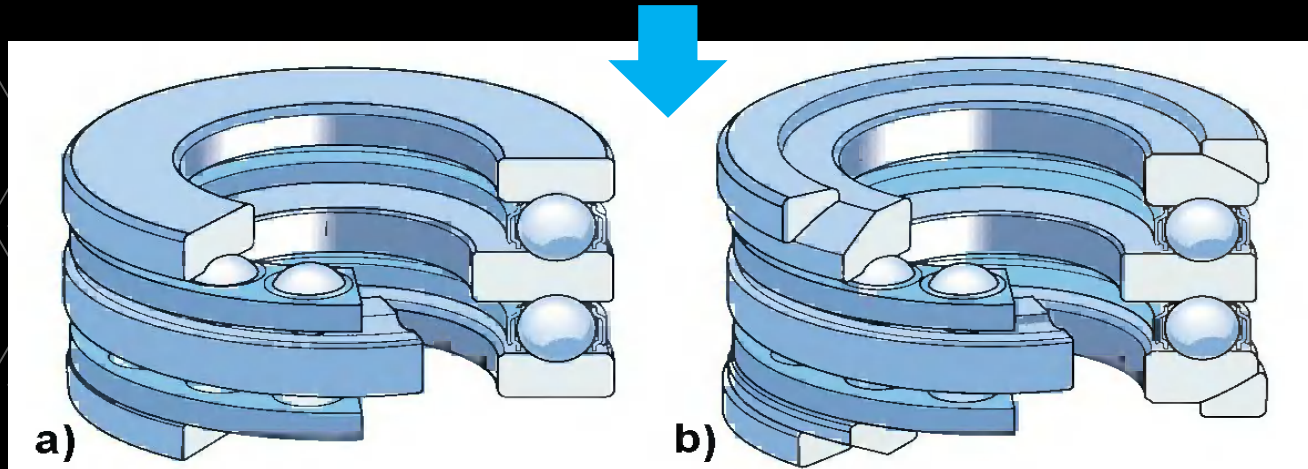


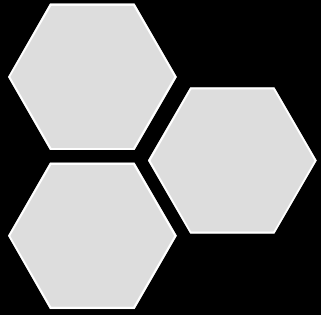
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

• Eksenel bilyalı yataklar. Tek yönü kuvvetler için



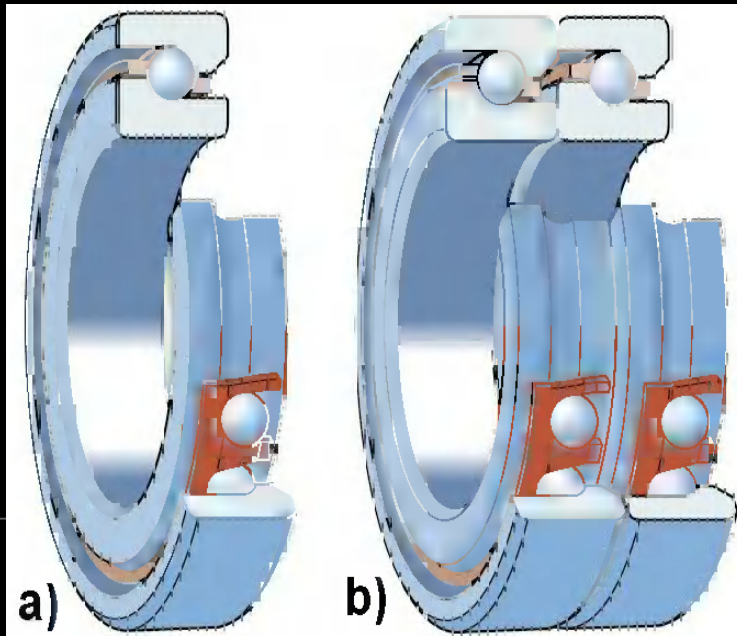
Eksenel bilyalı yataklar. İki yönü kuvvetler için



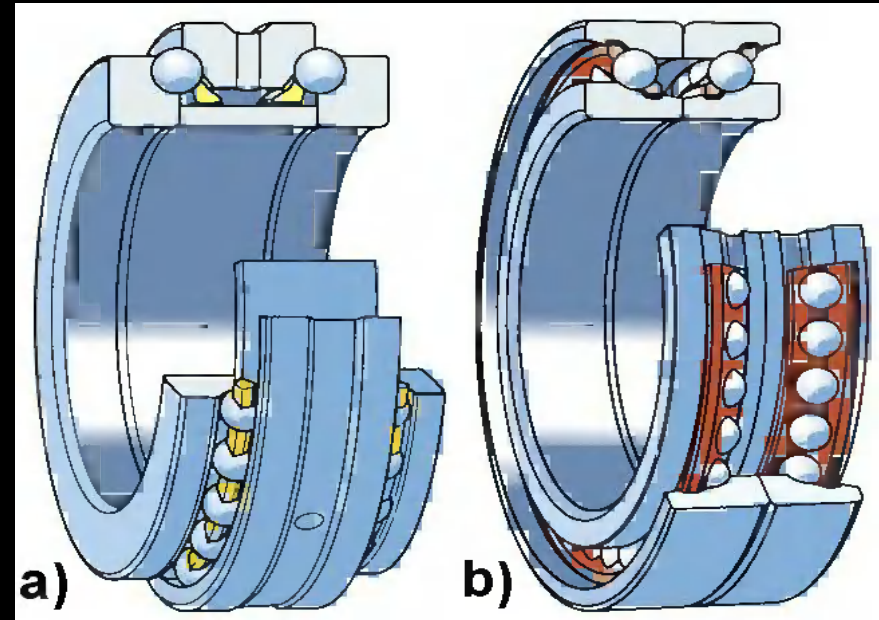


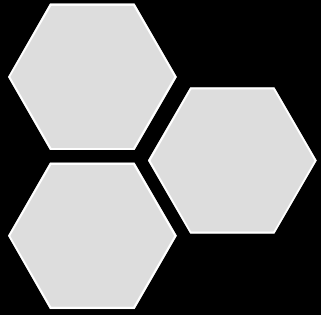
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

- Eksenel eğik bilyalı yataklar
- Tek yatak iki yataklı diziliş



iki yönlü kuvvetler için

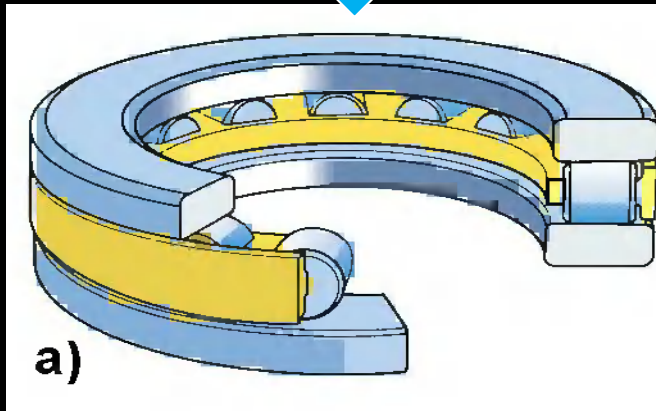




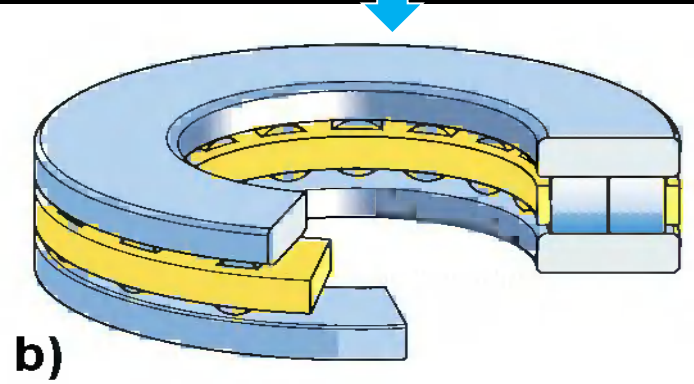
Rulmanlı Yatak Çeşitleri

Eksenel makaralı yataklar

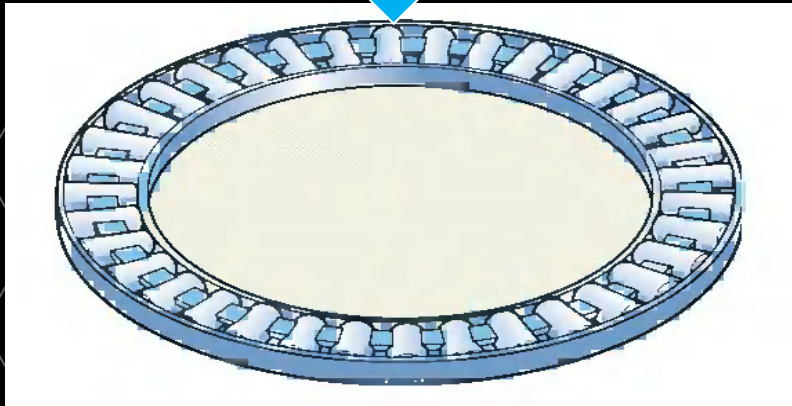
Tek sıra



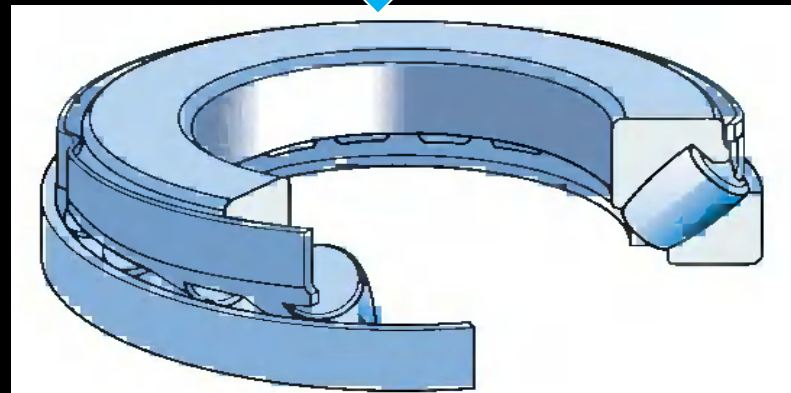
İki sıra

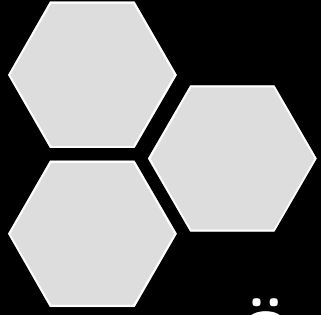


İğneli eksenel yatak. İç ve dış bileziksiz.



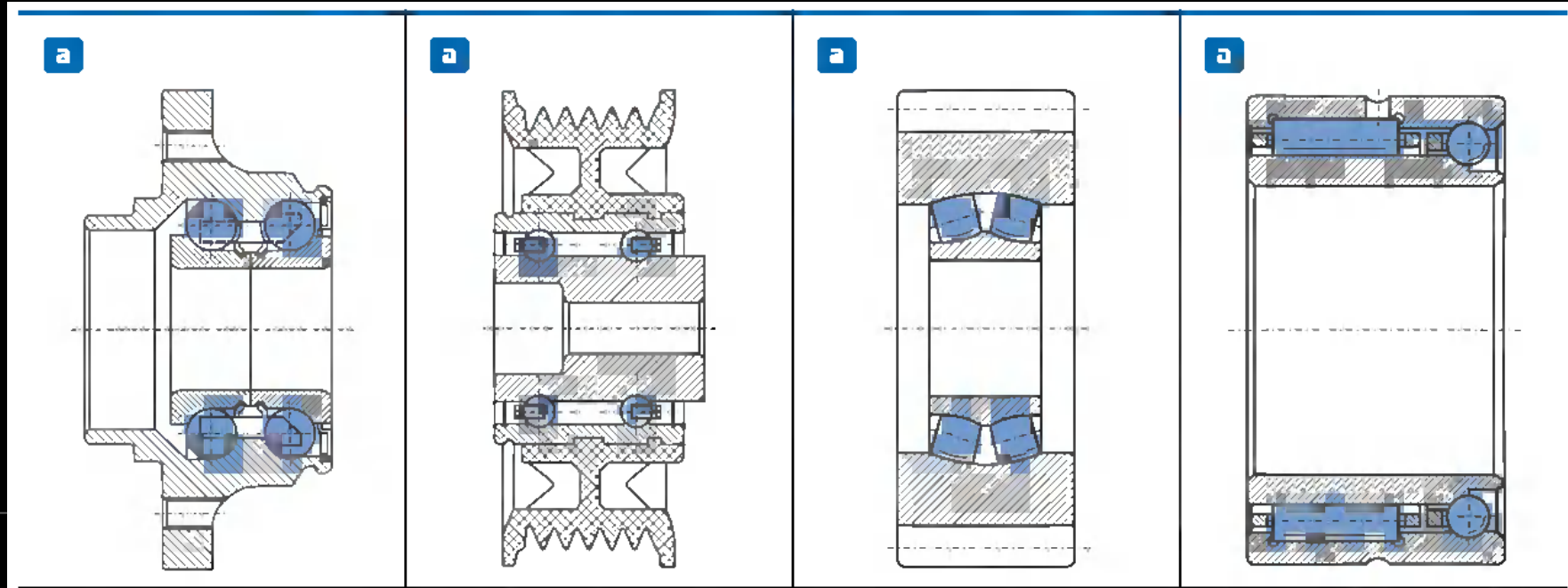
Eksenel oynak makaralı yatak



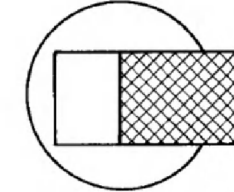
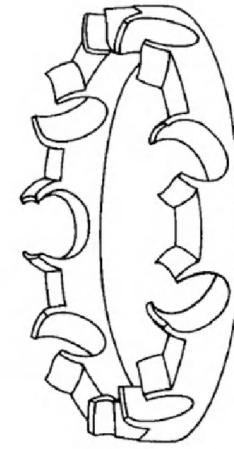
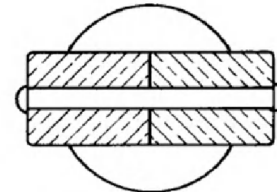
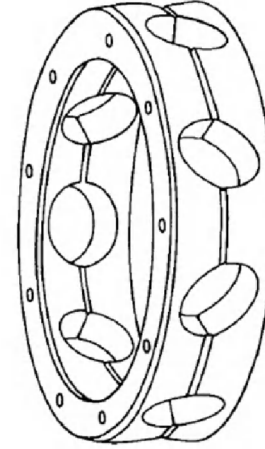
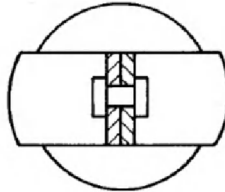
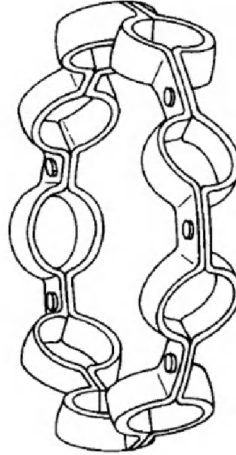
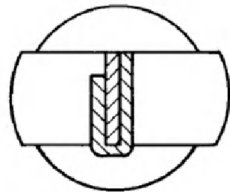
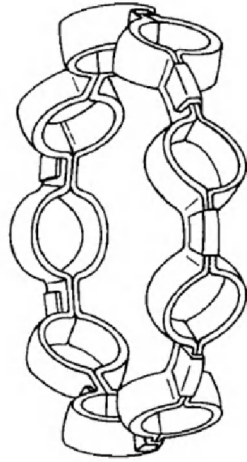


Rulmanlı Yatak eřitleri

- zel trde rulmanlı yataklar



Kafes konstrüksiyonları

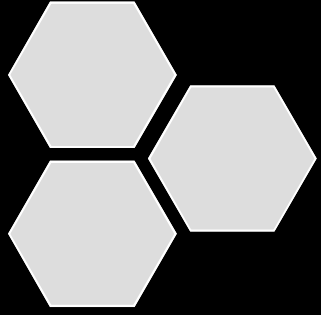


Saçtan kenetli
kafes

Saçtan perçinli
kafes

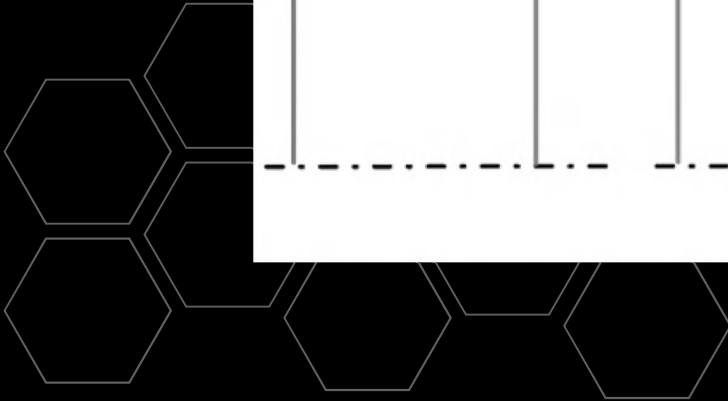
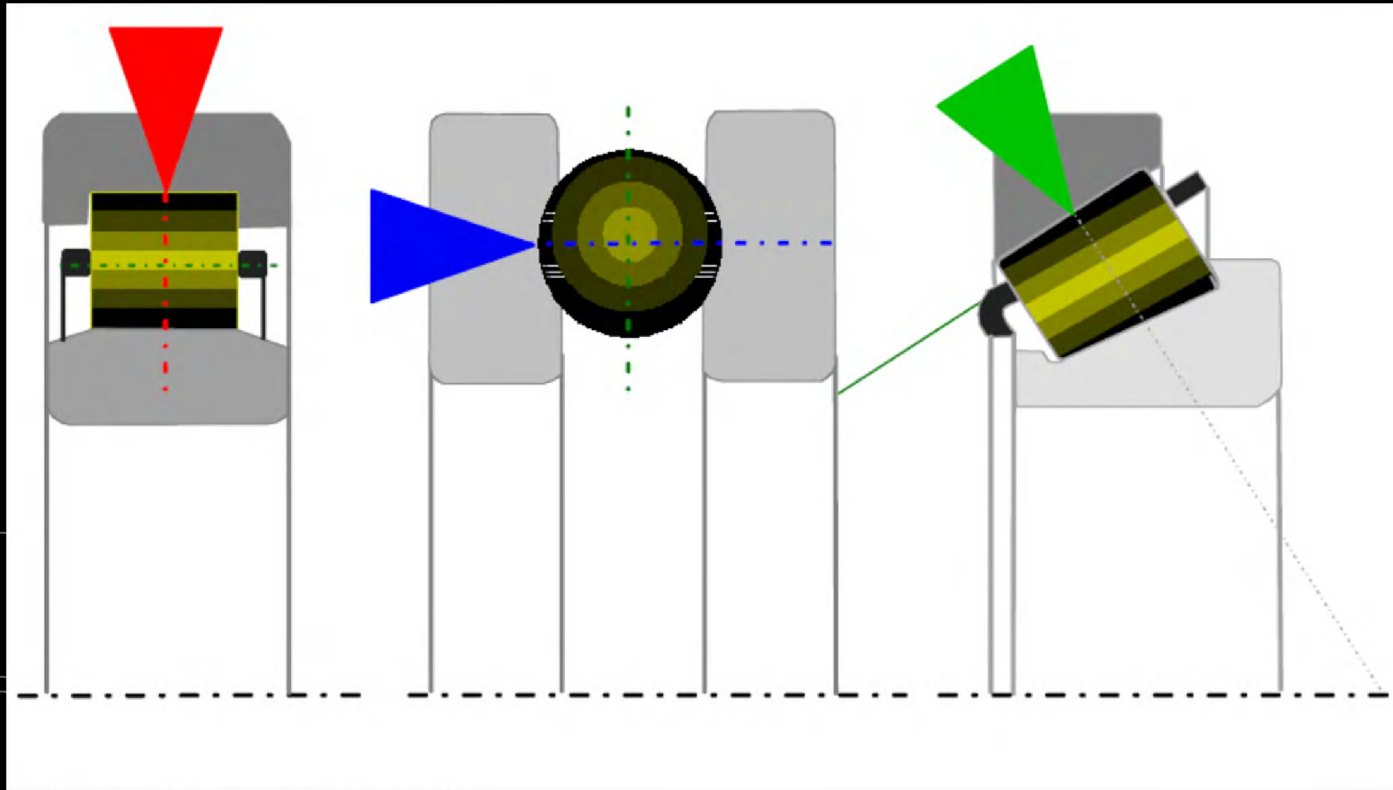
Yekpare
işlenmiş
kafes

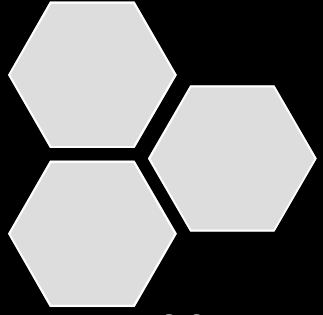
Enjeksiyonla
yapılmış açık
kafes



Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

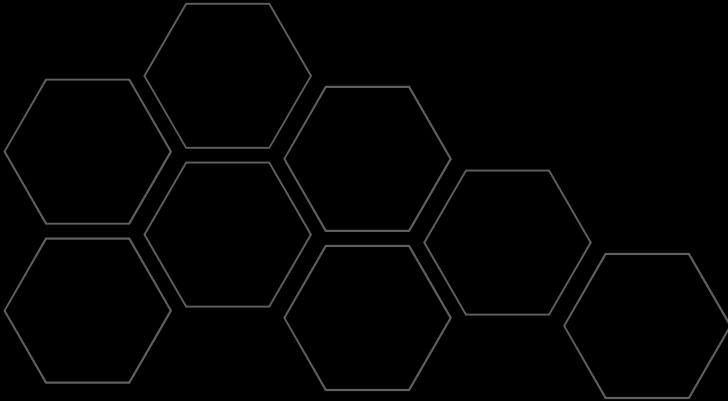
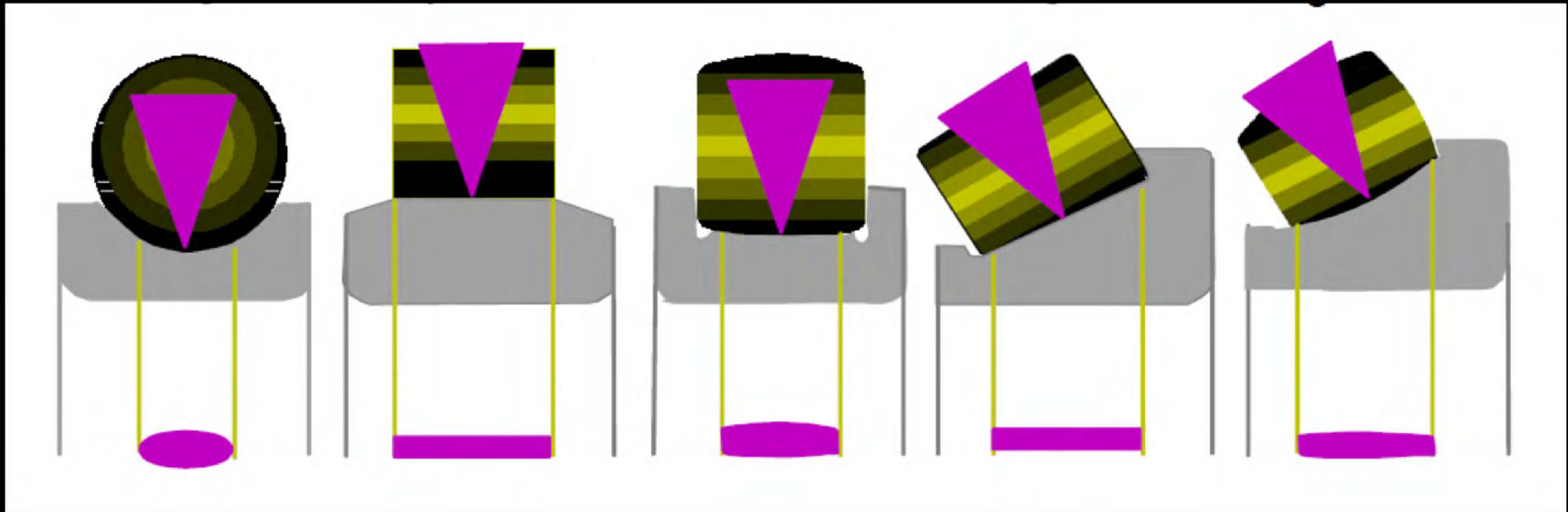
Kuvvetin yönüne göre





Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

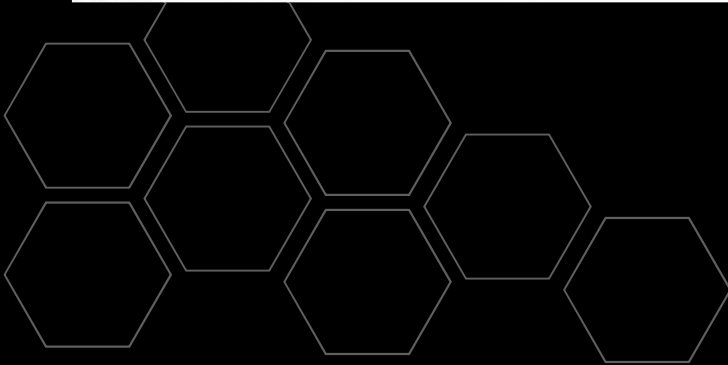
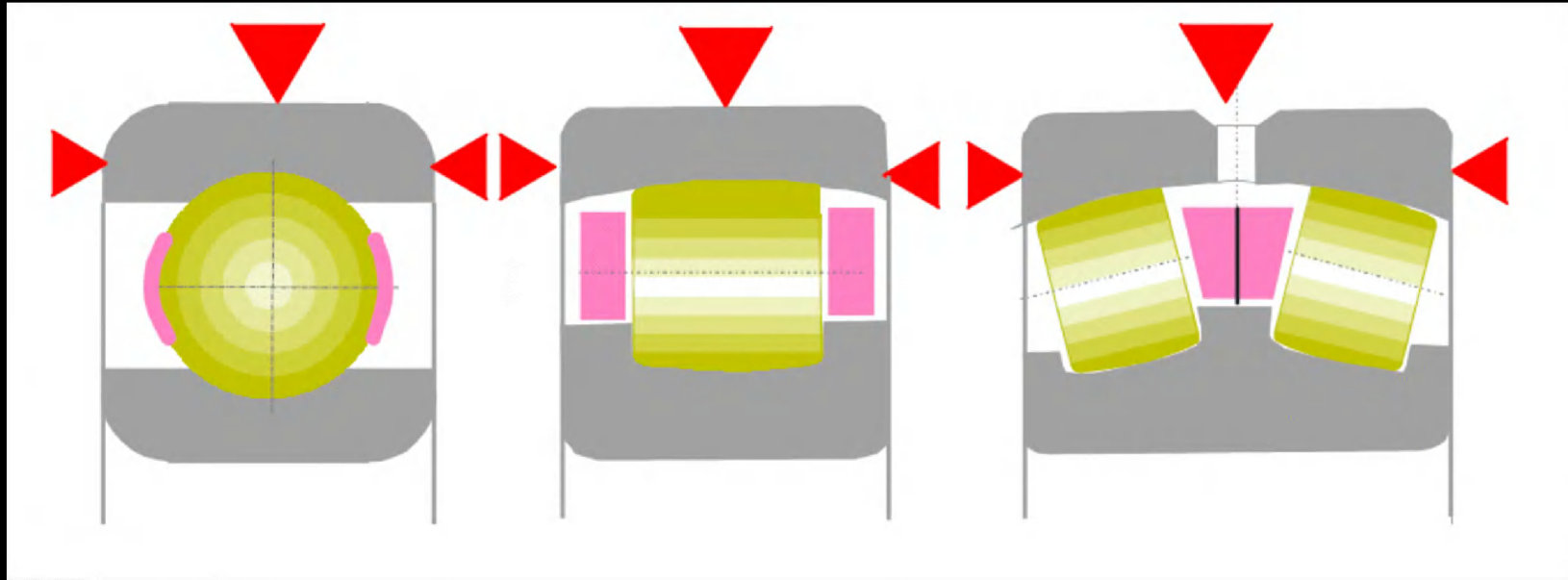
Yuvarlanma elemanına göre





Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

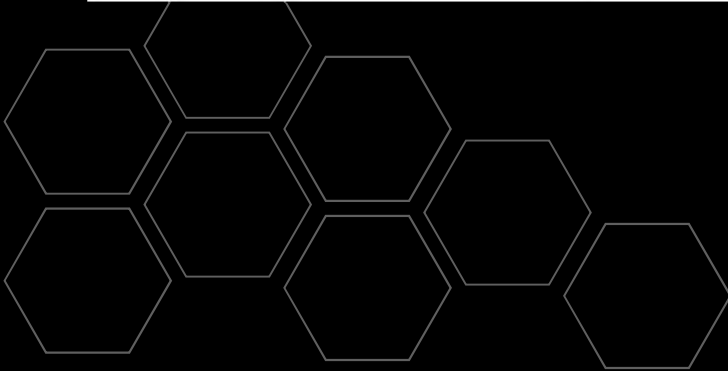
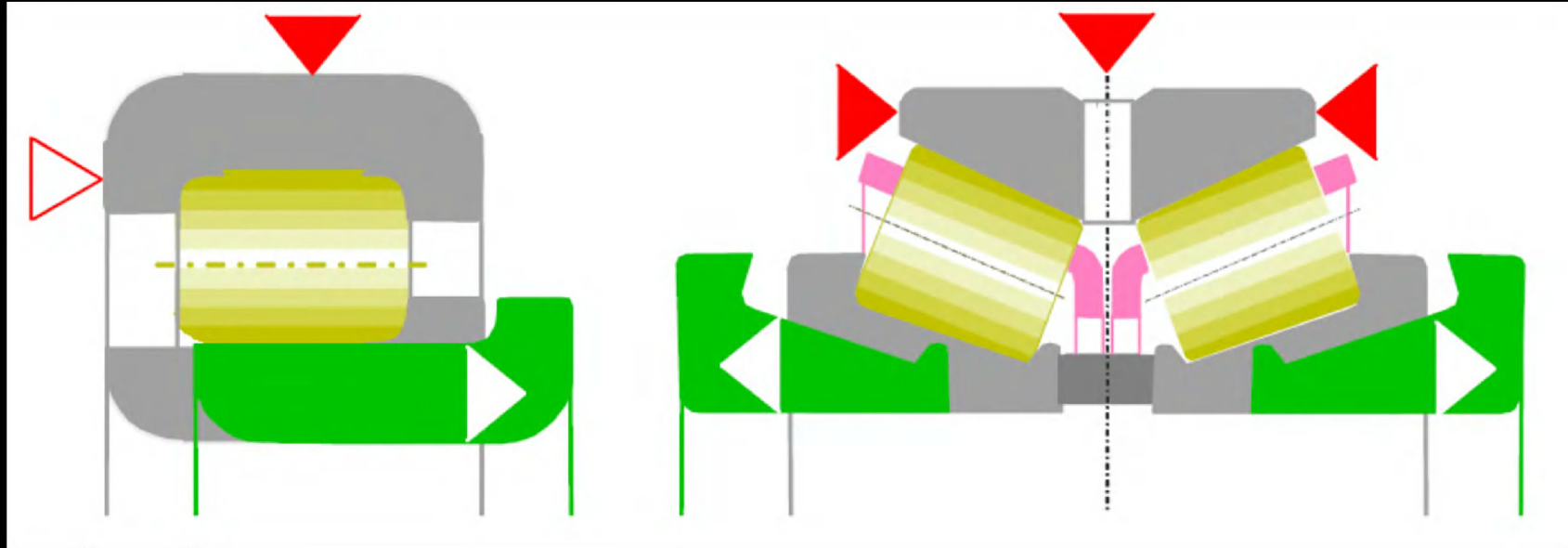
Yatak tasarımına göre





Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

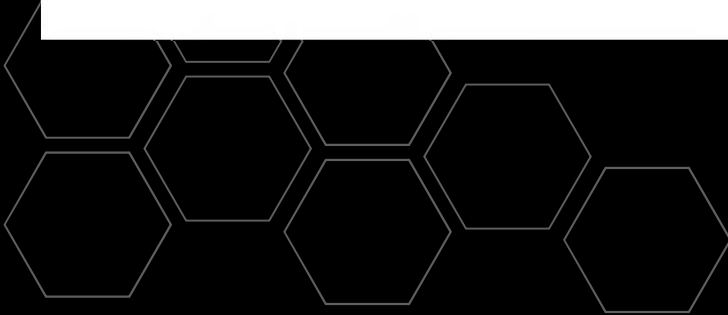
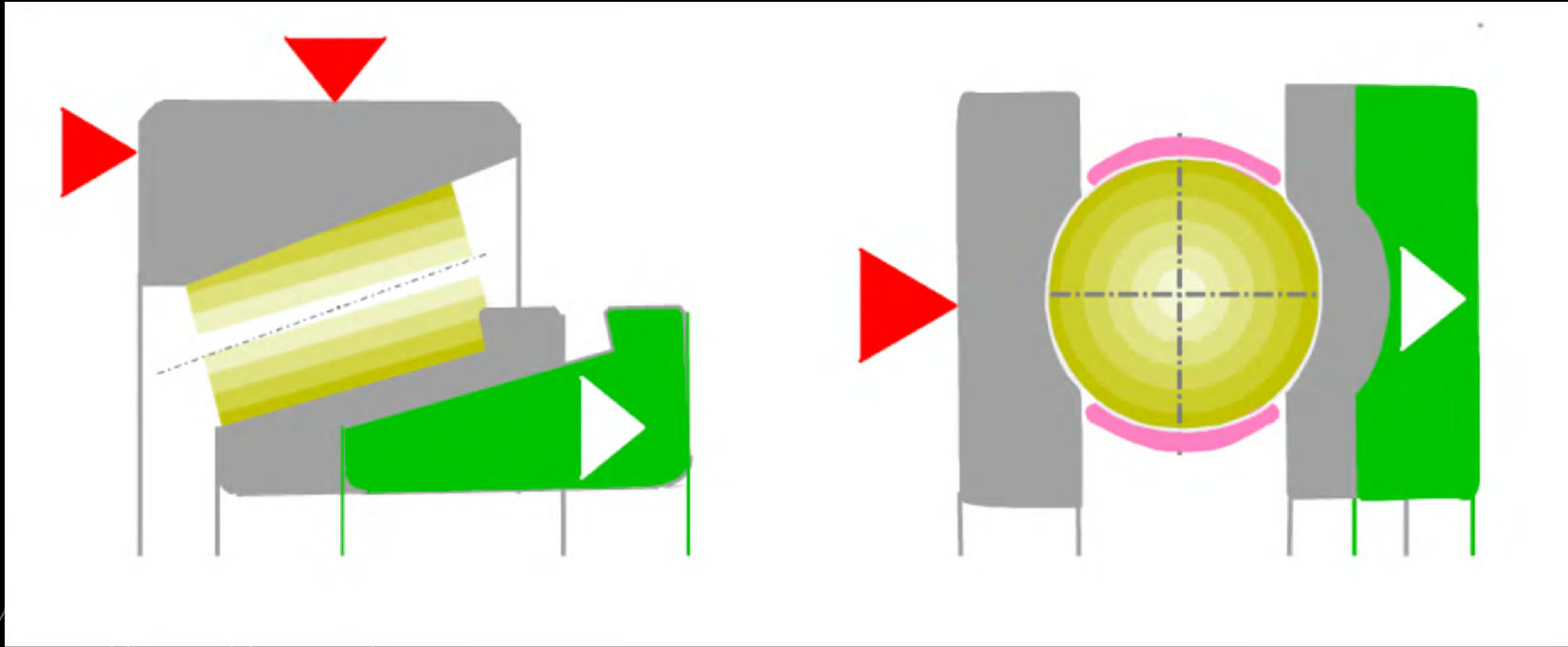
Yatak tasarımına göre

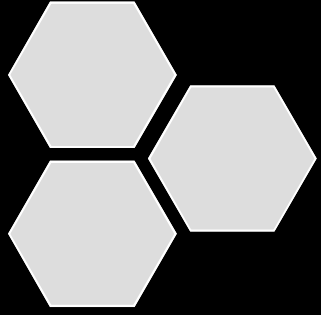




Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

Yatak tasarımına göre





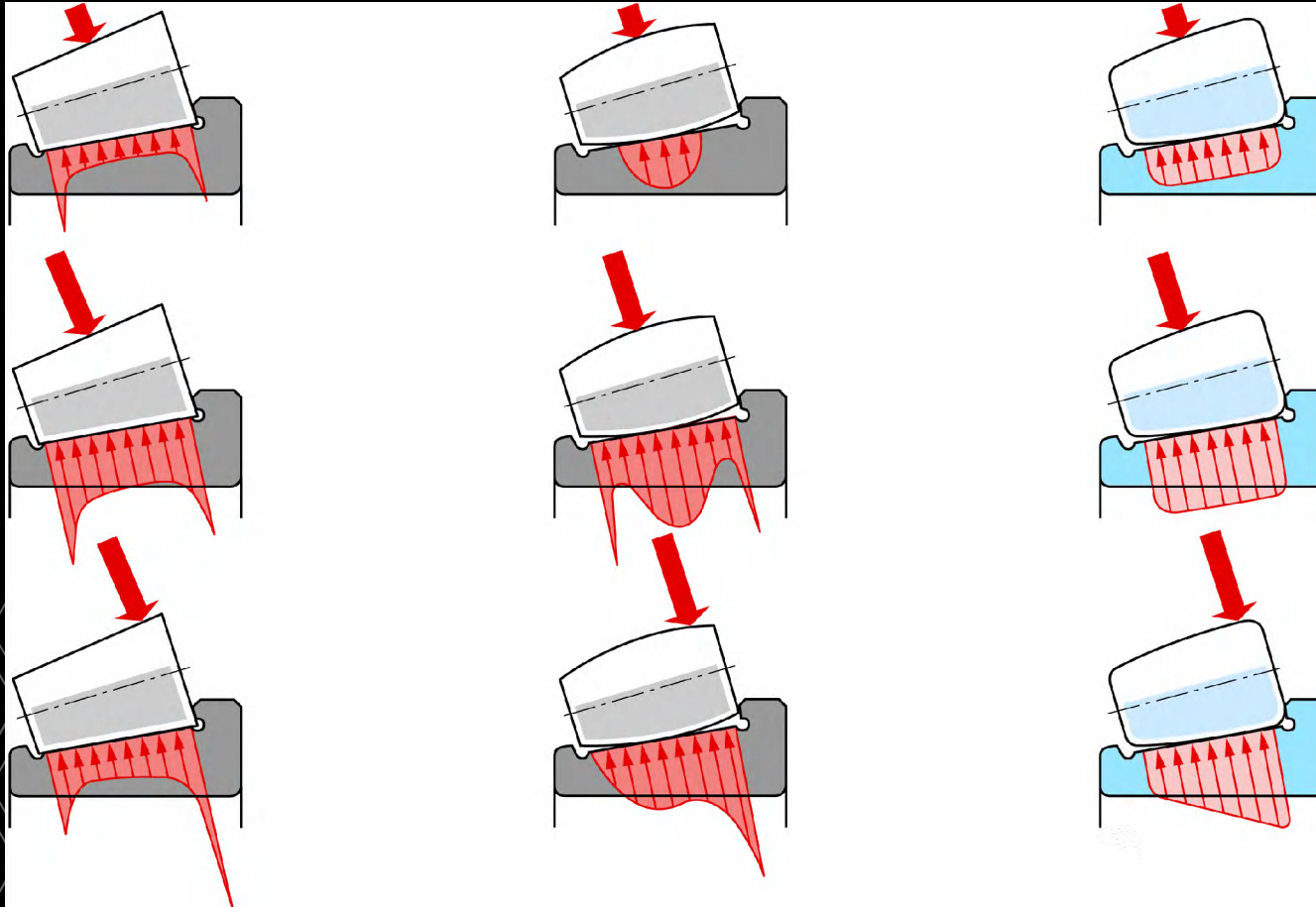
Rulmanlı yatakların yük taşıma durumları

Yuvarlanma elemanı tasarımına göre

Düz

Dairesel bombeleme

Logaritmik bombeleme



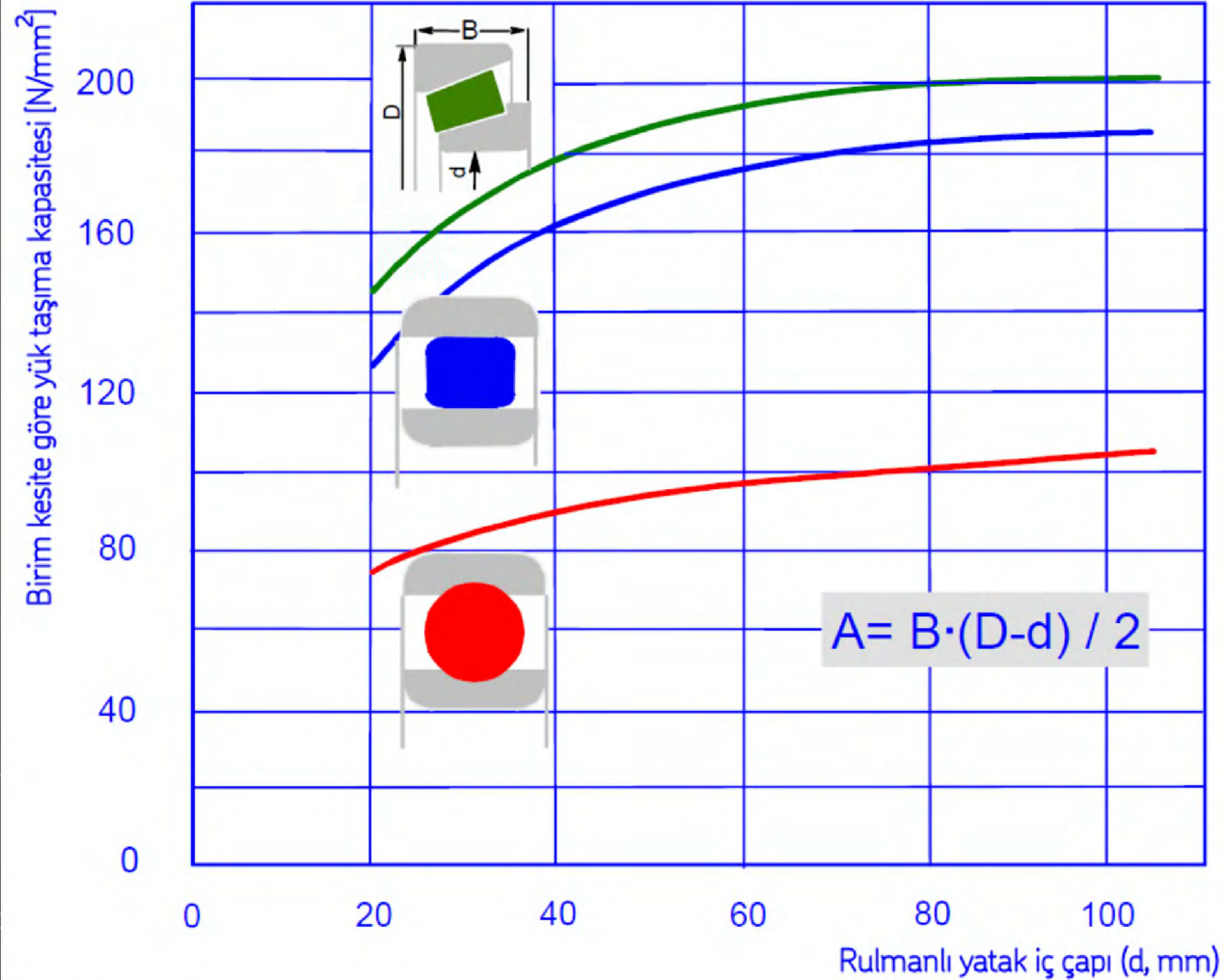
Hafif yük

Ağır yük

Ağır yük +
kaçıklık



Yük taşıma kapasitesi

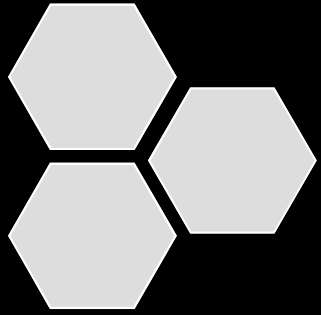


Rulmanlı Yatak İmalatı



İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ





Rulmanlı Yatak Malzemeleri

**Rulmanlı yatak
bilezikleri ve
yuvarlanma
elemanlarından
istenen özellikler**



Yüksek yorulma dayanımı

Yüksek sertlik

Yüksek aşınma mukavemeti

Yüksek boyut stabilitesi

Yüksek mukavemet

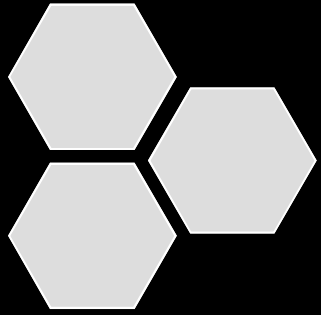
**Kafes
malzemesi
için de
gerekli
özelliklerdir**

Rulman çeliği: 100Cr6, 58...65 RC sertlik

Chemical Composition of High-Carbon Chromium Bearing Steel (Major Elements)

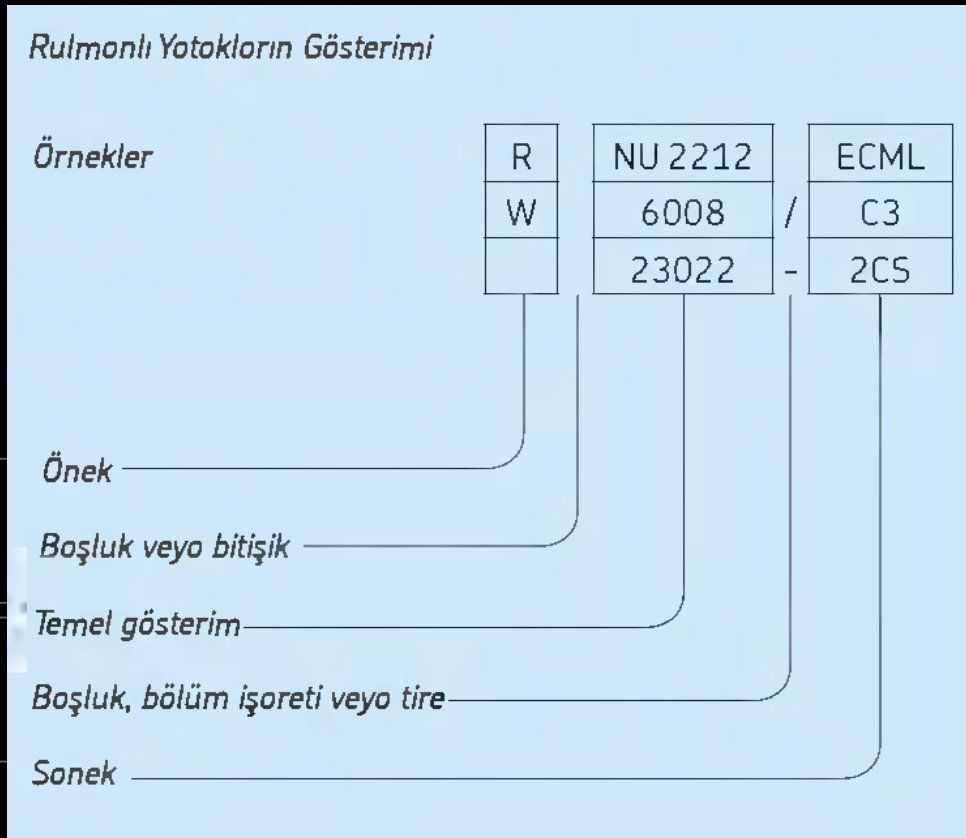
Standard	Symbols	Chemical Composition (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4805	SUJ 2	0.95~1.10	0.15~0.35	Less than 0.50	Less than 0.025	Less than 0.025	1.30~1.60	Less than 0.08
	SUJ 3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	Less than 0.025	Less than 0.025	0.90~1.20	Less than 0.08
	SUJ 4	0.95~1.10	0.15~0.35	Less than 0.50	Less than 0.025	Less than 0.025	1.30~1.60	0.10~0.25
ASTM A 295	52100	0.98~1.10	0.15~0.35	0.25~0.45	Less than 0.025	Less than 0.025	1.30~1.60	Less than 0.10

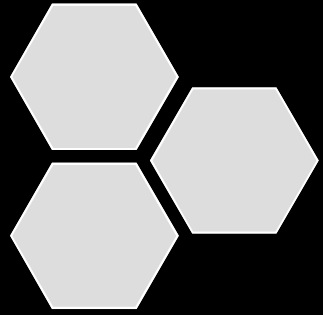




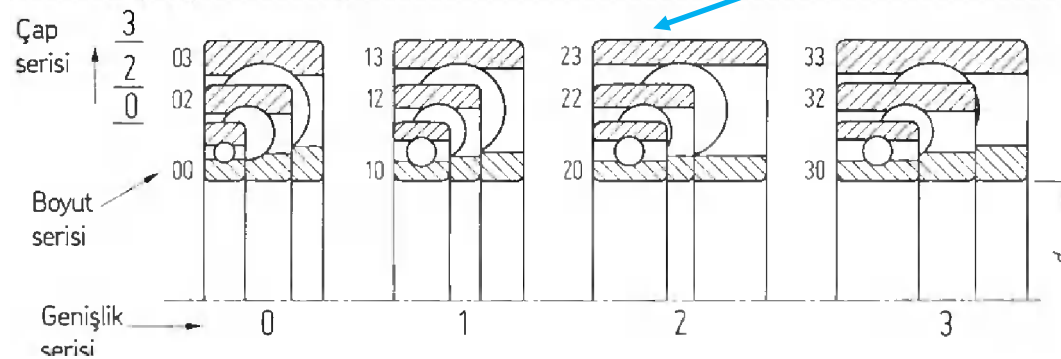
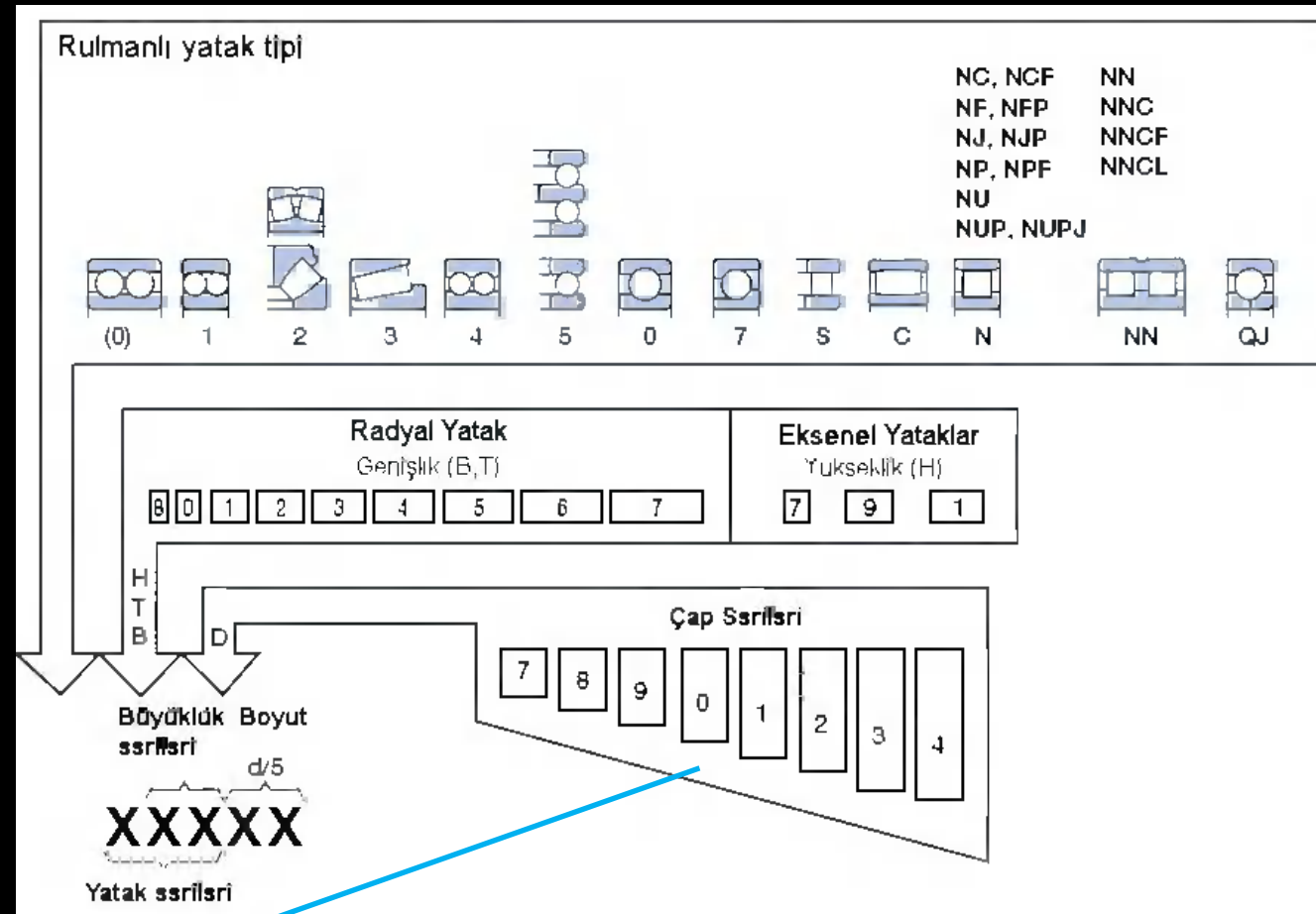
Rulmanlı Yatakların Gösterimi

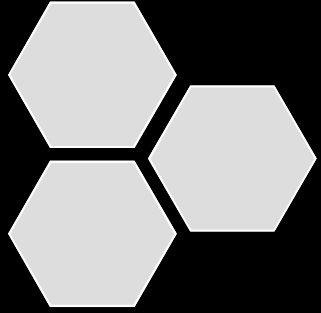
- Rulmanlı yatakların gösterimi, önek, temel gösterim ve soneklerden oluşur. Temel gösterim dışındakilerin bütün gösterimlerde bulunması gerekmez.





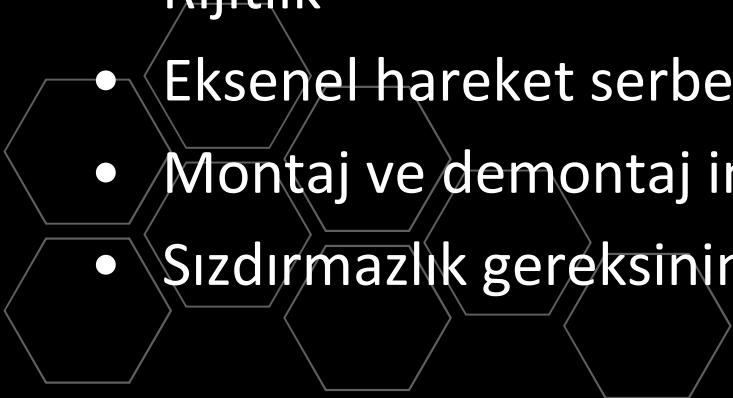
Rulmanlı Yatakların Gösterimi





Rulmanlı Yatak Seçim Kriteri

- Mevcut hacim
- **Yüklerin büyüklüğü**
- Kaçıklığı tolere edebilme
- Hassasiyet
- **Hız**
- Sürtünme
- Sessiz çalışma gereksinimi
- Rijitlik
- Eksenel hareket serbestliği
- Montaj ve demontaj imkanı
- Sızdırmazlık gereksinimi



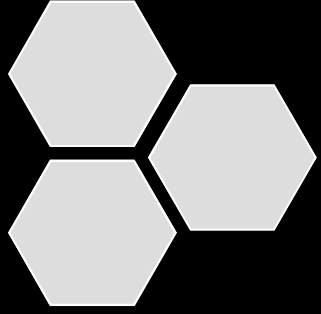
Rulmanlı Yatak Seçim Tablosu

Fonksiyonel karakteristik	Rulmanlı yatak konstrüksiyonları															
	Radyal rulmanlı yataklar												Eksenel rulmanlı yataklar			
Radyal yük taşıma	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Eksenel yük taşıma	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Açısal kaçıklık	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Yüksek hız	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Düşük sürtünme	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Yüksek radyal rijitlik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Yüksek eksenel rijitlik	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Parçalara ayrılabilirlik	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Eksenel harekete izin verme	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hassasiyet	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Eksenel olarak boyut	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Radyal olarak boyut	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Sembollerin anlamları:

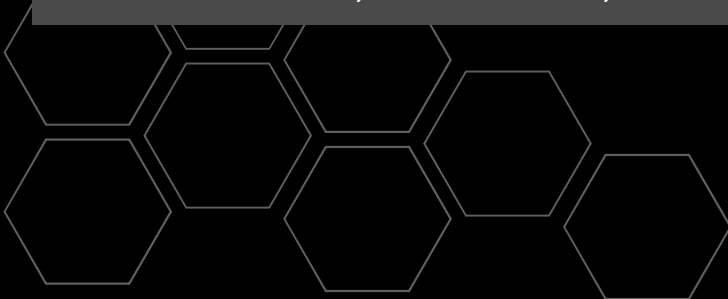
- Çok iyi
- İyi
- Yeterli

- Belli şartlar altında kabul edilebilir
- Uygun değil

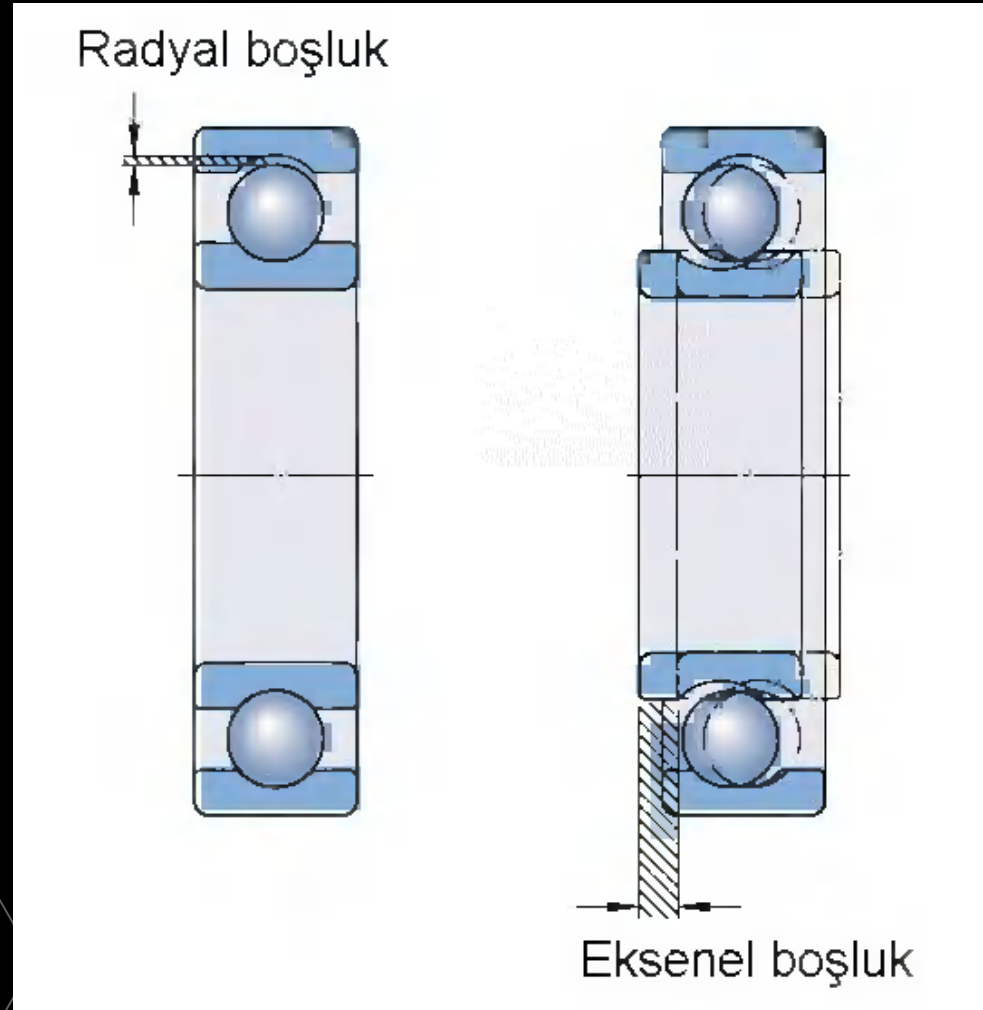


Sürtünme katsayıları

Yatak tipi	Sürtünme katsayısı	Yatak tipi	Sürtünme katsayısı
Sabit bilyalı rulmanlar	0,0015	İğneli rulmanlar	0,0025
Oynak bilyalı rulmanlar	0,0013	Oynak makaralı rulmanlar	0,0020
Eğik bilyalı, tek sıra	0,0020	Konik rulmanlar	0,0018
Eğik bilyalı çift sıra	0,0024	Eksenel bilyalı	0,0015
Dört nokta yatakları	0,0024	Eksenel oynak makaralı	0,0020
Silindirik makaralı	0,0013	Eksenel silindirik makaralı	0,0040
Silindirik makaralı, kafessiz	0,0020	Eksenel iğneli	0,0050



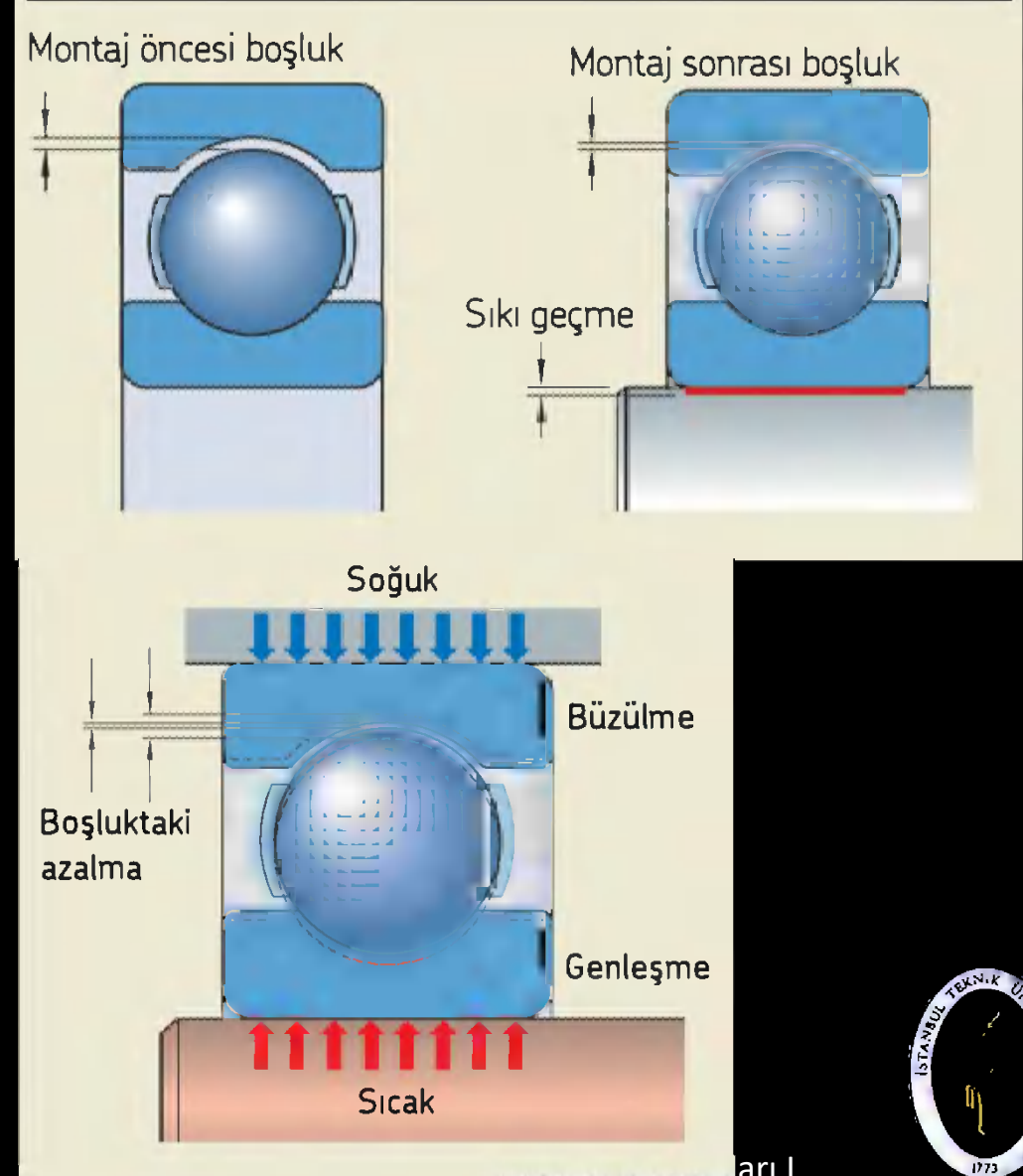
Rulmanlı yataklarda radyal ve eksenel boşluk

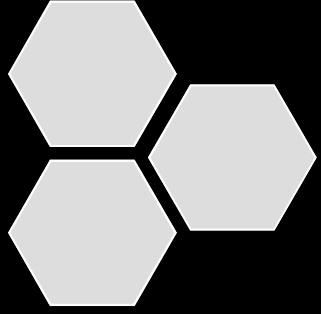


Çalışma boşluğu

- Montaj öncesi boşluk, aşağıdaki nedenlerden dolayı çalışma sırasında muhafaza edilemez.

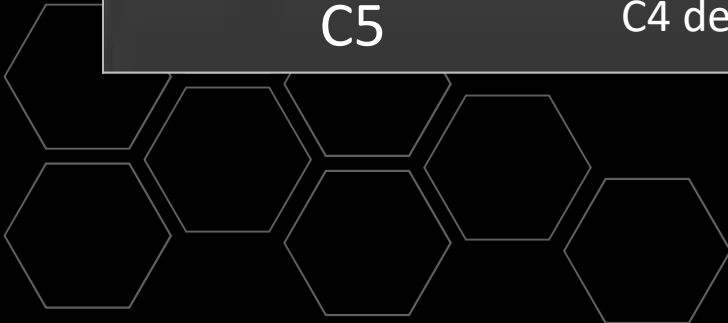
1. Bileziklerin sıkı geçmesinden kaynaklı elastik deformasyonlar
2. Milden ısı alan uygulamalar

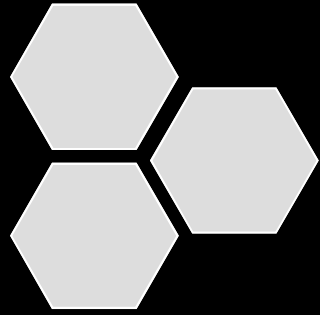




Rulmanlı yataklarda radyal ve aksenal boşluğun gösterimi

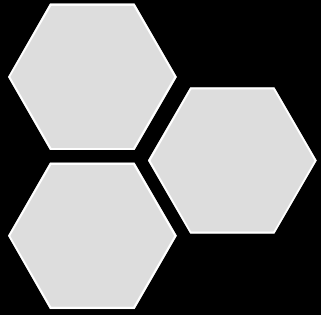
Son ek	Radyal boşluk
C1	C2 den daha az
C2	Normal boşluktan daha az
CN	Normal boşluk, genelde sembolde gösterilmez
C3	Normalden daha fazla boşluk
C4	C3 den büyük
C5	C4 den büyük





Sabit Bilyalı Yataklar için radyal boşluk değerleri

Rulmanlı yatak iç çapı d		Radyal boşluk C2		Normal		C3		C4		C5	
den büyük	dahil	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
mm		µm									
6	6	0	7	2	13	8	23	—	—	—	—
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	4	32	28	82	73	132	120	187	175	255
225	250	4	36	31	92	87	152	140	217	205	290
250	280	4	39	36	97	97	162	152	237	255	320
280	315	8	45	42	110	110	180	175	260	260	360
315	355	8	50	50	120	120	200	200	290	290	405
355	400	8	60	60	140	140	230	230	330	330	460
400	450	10	70	70	160	160	260	260	370	370	520
450	500	10	80	80	180	180	290	290	410	410	570
500	560	20	90	90	200	200	320	320	460	460	630
560	630	20	100	100	220	220	350	350	510	510	700
630	710	30	120	120	250	250	390	390	560	560	780
710	800	30	130	130	280	280	440	440	620	620	860

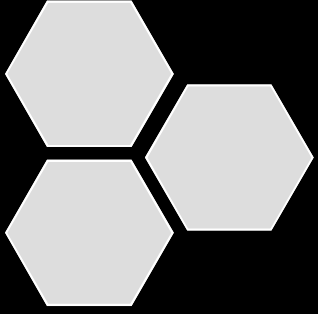


Rulmanlı Yataklarda Ömür Kavramı

- Bir rulmanlı yatağın ömrüne etki eden faktörler

$$L_{\text{rulman}} = f (L_{\text{bilezik}}, L_{\text{yuv. elemanı}}, L_{\text{kafes}}, L_{\text{yağ}}, L_{\text{keçe}})$$





Pitting (pulcuk kalkması)

- Noktasal veya çizgisel temas hali olan fonksiyon yüzeyleri arasında meydana gelir. Çok küçük değme noktalarında değişken yük etkisi altında zamanla pul şeklinde malzeme parçacıkları yüzeyden ayrılarak, geriye çukurcuklar bırakırlar.
- Pitting oluşumu ile ilgili değişik görüşler mevcuttur. Bazı araştırmacılar pitting' in mikro değme noktalarındaki değişken zorlanmalar ve bunun sonucunda ortaya çıkan yorulma neticesinde meydana geldiğini ileri sürmektedirler



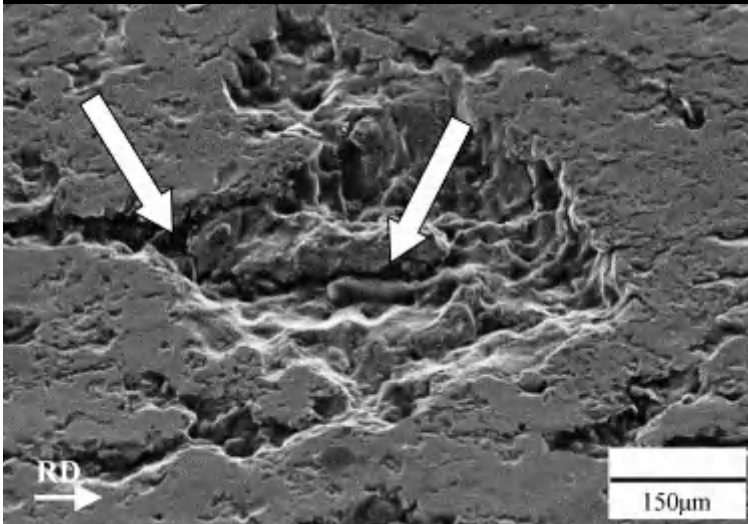
Bir rulmanlı
yataktaki pitting
hasarı

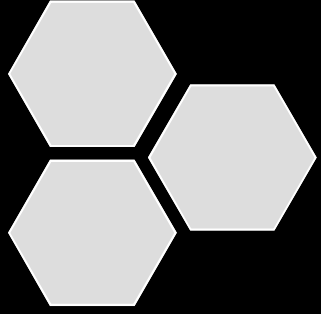


Bir dişlideki pitting
hasarı



Rulmanlı Yataklarda Pitting Örnekleri

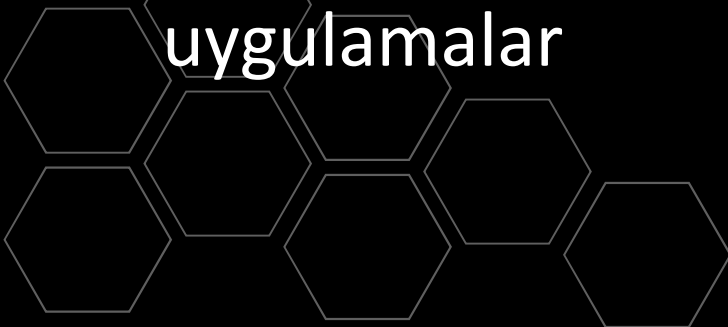


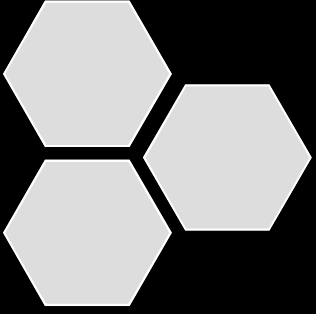


Statik Yük Sayısı (C_0)

Rulmanlı yatak imalatçıları statik yük sayısının kullanılacağı durumları aşağıdaki gibi tariflemektedir:

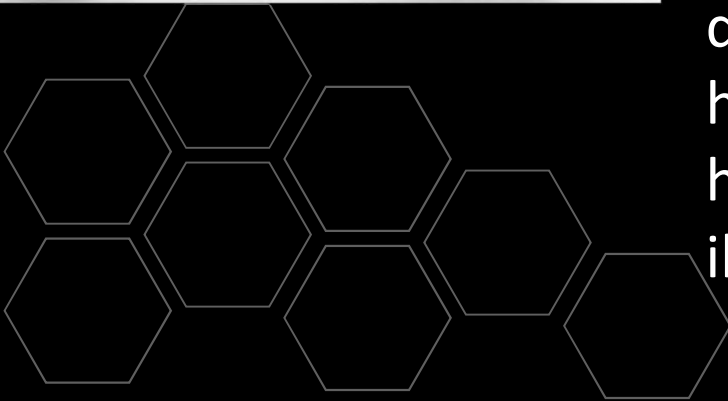
- Dönme hızının 10 d/dak dan daha düşük olduğu haller
- Küçük salınım hareketi olan uygulamalar
- Uzun zaman süreleri için statik yük altındaki uygulamalar





Statik Yük Sayısı (C_0)

- **ISO 76:1987** bir rulmanlı yatağın statik yük sayısını bileziğın orta noktasına en ağır yükün geldiğı hal için hesaplanan sınır yüzey zorlanmasını esas alarak tarif etmektedir. Bu sınır değeri oynak bilyalı yataklarda 4600 MPa, diğeri bütün bilyalı yataklarda 4200 MPa ve tüm makaralı yataklarda 4000 MPa'dır. Bu sınır gerilme rulmanlı yatak bileziğının i yüzeyinde yaklaşık olarak yuvarlanma elemanı çapının 0,0001 i kadar kalıcı deformasyona neden olur. Bu şekilde hesaplanan ve rulmanlı yatak kataloglarında her rulman tipi için verilen statik yük sayısı C_0 ile gösterilir.



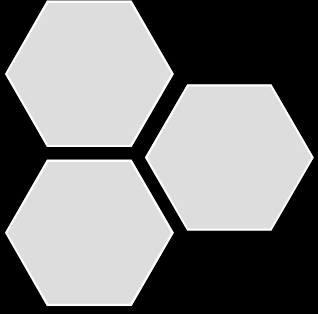
Statik emniyet katsayısı

$$S_0 = \frac{C_0}{F_0}$$

Statik emniyet katsayısı (S_0) için uygun değerler

İşletme şartları	Dönen Rulman Sessiz çalışma gereksinimi						Dönmeyen rulman	
	Önemsiz		Normal		Yüksek			
	Bilyalı rulman	Makaralı rulman	Bilyalı rulman	Makaralı rulman	Bilyalı rulman	Makaralı rulman	Bilyalı rulman	Makaralı rulman
Düzenli çalışma, titreşim yok	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,3
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Darbe yükü	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

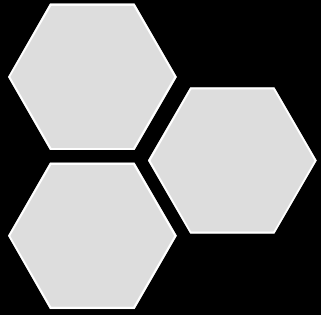
Oynak makaralı eksenel rulmanlar için $S_0 > 4$ tavsiye edilmektedir.



Dinamik Yük Sayısı (C)

- **ISO 281:1990** a göre dinamik yük sayısı bir rulmanlıı yatağın laboratuvar koşulları altında mekanik bir hasar (genelde pitting aşınması) görülmeksizin 1.000.000 devir sayısı dayanabileceği kuvvetin değerı olarak tarif edilir ve **C** harfi ile gösterilir. Bu değerin nasıl elde edileceği yine aynı standartta tarif edilmiştir. Rulmanlı yatak kataloglarında bu değer her bir rulman tipi için imalatçı firmalar tarafından verilmiştir. Kataloglarda verilen değerler genellikle minimum sertliği 58 HRC olan krom alaşımlı çelikler içindir.





Ömür formülü

$$L = \left[\frac{C}{F} \right]^p$$

Üs

Yuvarlanma elemanı

Bilya $\rightarrow p=3$

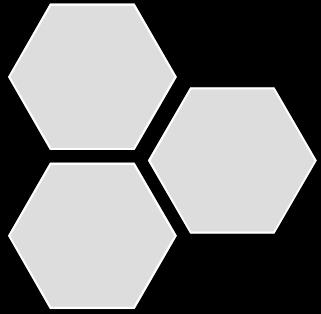
Makara $\rightarrow p=10/3$

Yatak ömrü [10^6 devir]

Dinamik yük sayısı [N]

Eşdeğer yatak yükü [N]





Ömür formülü (Saat)

Rulmanlı yatağın ömrü milyon devir olarak aynı olsa bile, uygulamaya göre bu çok farklı işletme saatlerine denk gelebilir.

$$L = \frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}$$

Yatak ömrü [10^6 devir]

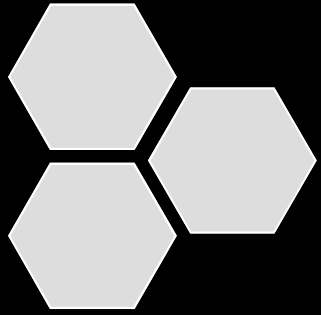
Dönme hızı [d/dak]

Yatak ömrü [işletme saati]

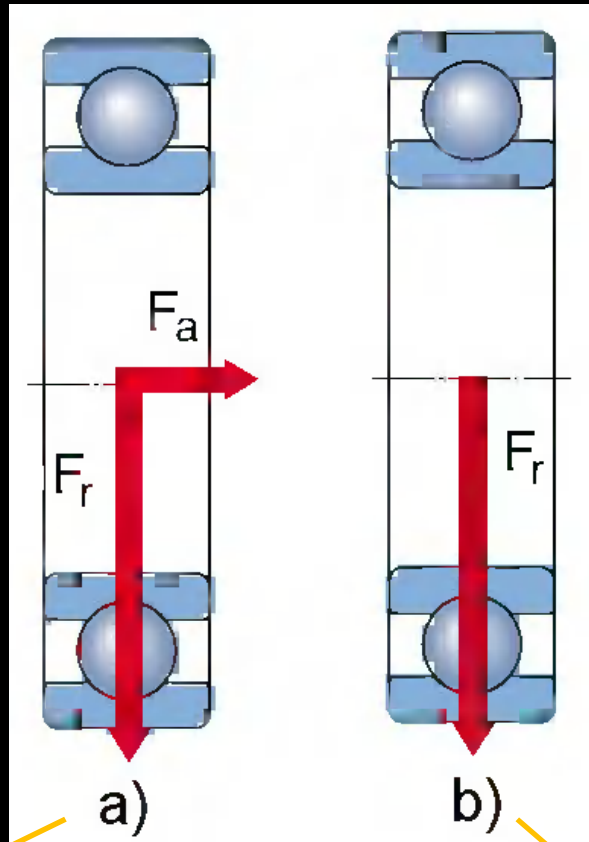


Ömür için tavsiyeler

Makina türü	Tasarım ömrü (saat)
Beyaz eşyalar, ziraat makinaları, cihazlar, tıbbi cihazlar vb.	300...3.000
Kısa süreli veya aralıklı kullanılan makinalar: elektrikli el aletleri, atölyelerdeki kaldırma makinaları, inşaat ekipman ve makinaları	3.000...8.000
Kısa süreli veya aralıklı kullanılan, ancak çok yüksek güvenilirlik isteyen makinalar: asansörler, ambalajlı ürünlerde kullanılan krenler, halat makaraları vb.	8.000...12.000
Günde 8 saat kullanılan tam yükte olmayan makinalar: Genel amaçlı dişli kutuları, endüstriyel elektrik motorları, döner kırıcılar vb.	10.000...25.000
Günde 8 saat tam yükte kullanılan makinalar: Takım tezgahları, ahşap makinaları, krenler, vantilatör fanları, bantlı konveyörler, matbaa makinaları, seperatörler, santrifüjler, genel endüstriyel makinalar vb.	20.000...30.000
Günde 24 saat kullanılan makinalar: Hadde dişlileri, orta boyutlu elektrik makinaları, kompresörler, maden asansörleri, pompalar, tekstil makinaları	40.000...50.000
Rüzgar türbinlerinde kullanılan rulmanlar	30.000...100.000
Su makinaları, döner fırınlar, kablo sarma makinaları, okyanuslarda çalışan gemilerin itki sistemleri	60.000...100.000
Büyük elektrik makinaları, enerji santralleri, maden pompaları, madenlerdeki fanlar, okyanuslarda çalışan gemilerin destek rulmanları	>100.000



Rulmanlı Yatağa Gelen Eşdeğer Yatak Yüğü



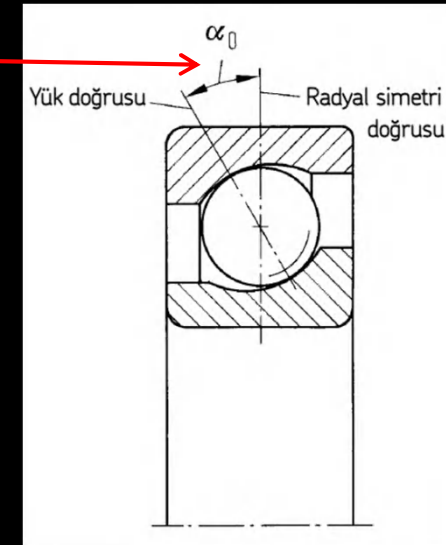
$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

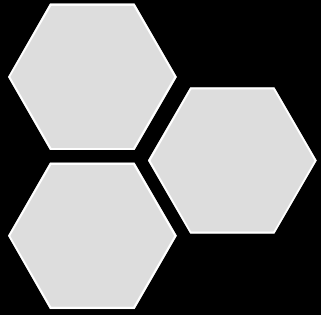
$$F = F_r$$

Radyal ve Eksenel Yük Faktörleri (X ve Y değerleri)

Rulman tipi için izafi eksenel yük	$f_0 \cdot F_a$	e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
	C_0		X	Y	X	Y
Normal boşluklu sabit bilyalı rulmanlı yataklar	0,3	0,22	1	0	0,56	2,0
	0,5	0,24	1	0	0,56	1,8
	0,9	0,28	1	0	0,56	1,6
	1,6	0,32	1	0	0,56	1,4
	3,0	0,36	1	0	0,56	1,2
	6,0	0,43	1	0	0,56	1
Eğik bilyalı rulmanlı yataklar $\alpha_0 = 5^\circ$	0,3	0,26	1	0	0,56	2,0
	0,5	0,29	1	0	0,56	1,8
	0,9	0,33	1	0	0,56	1,6
	1,6	0,38	1	0	0,56	1,4
	3,0	0,43	1	0	0,56	1,2
	6,0	0,50	1	0	0,56	1
Eğik bilyalı rulmanlı yataklar	$\alpha_0 = 20^\circ$	0,57	1 (1)	0 (1,09)	0,43 (0,7)	1 (1,63)
	$\alpha_0 = 25^\circ$	0,68	1 (1)	0 (0,92)	0,41 (0,67)	0,87 (1,41)
	$\alpha_0 = 30^\circ$	0,80	1 (1)	0 (0,78)	0,39 (0,63)	0,76 (1,24)
	$\alpha_0 = 35^\circ$	0,95	1 (1)	0 (0,66)	0,37 (0,6)	0,66 (1,07)
	$\alpha_0 = 40^\circ$	1,14	1 (1)	0 (0,55)	0,35 (0,57)	0,57 (0,93)
	$\alpha_0 = 45^\circ$	1,34	1 (1)	0 (0,47)	0,33 (0,54)	0,50 (0,81)
Dynak bilyalı yataklar		$1,5 \cdot \tan \alpha_0$	1	$0,42 \cdot \cot \alpha_0$	0,65	$0,65 \cdot \cot \alpha_0$
Omuzlu bilyalı yataklar		0,20	1	0	0,50	2,5
Dynak makaralı yataklar		$1,5 \cdot \tan \alpha_0$	1	$0,45 \cdot \cot \alpha_0$	0,67	$0,67 \cdot \cot \alpha_0$
Konik makaralı yataklar		$1,5 \cdot \tan \alpha_0$	1	0	0,40	$0,40 \cdot \cot \alpha_0$

Dimensions					Abutment and fillet dimensions			Calculation factors	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	k _r	f ₀
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	—	—
12	15	18,2	—	0,3	14	19	0,3	0,015	9,7
	15,5	20,6	21,4	0,3	14	22	0,3	0,02	9,7
	17	23,2	24,8	0,3	14	26	0,3	0,025	13
	16,7	23,4	24,8	0,3	14,4	27,6	0,3	0,025	13
	18,5	25,7	27,4	0,6	16,2	27,8	0,6	0,025	12
	19,5	29,5	31,5	1	17,6	31,4	1	0,03	11





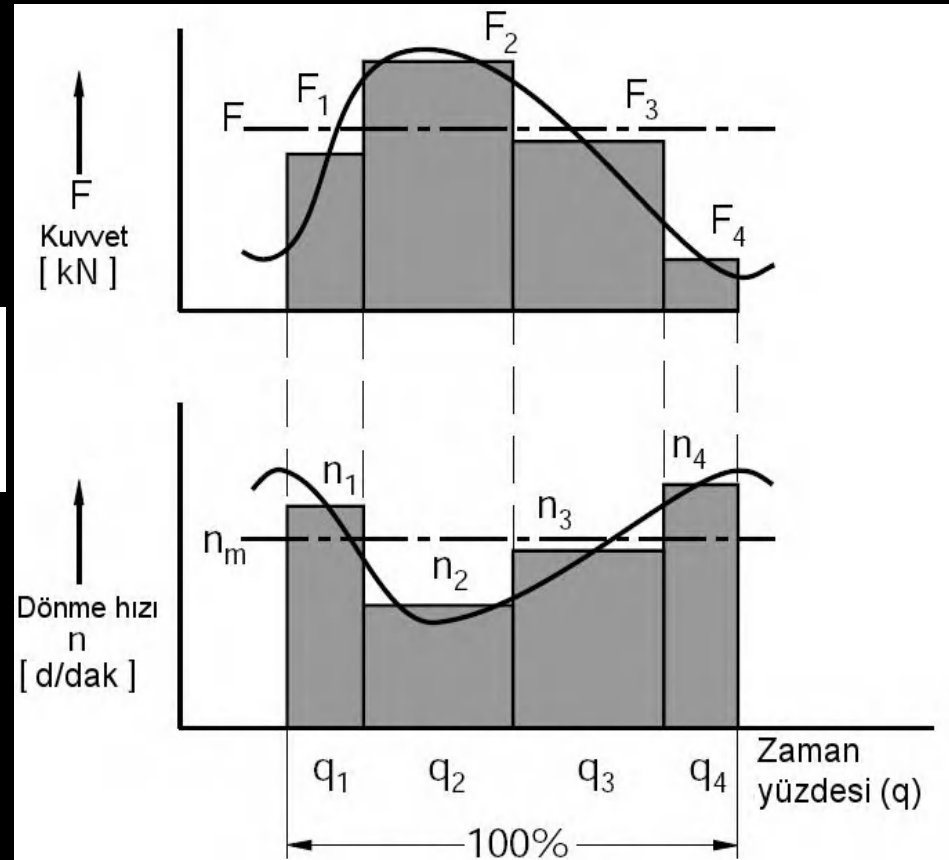
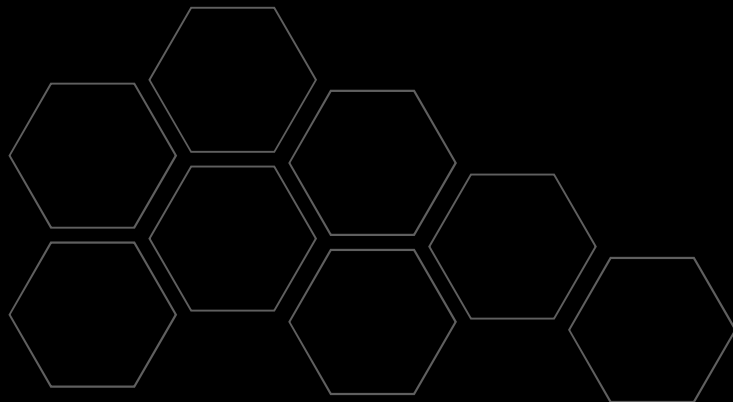
Eşdeğer yatak yükü

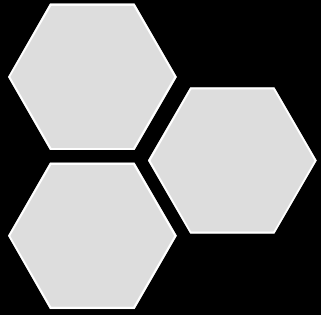
Rulmanlı yatağa etkiyen değişken kuvvet ve dönme hızının karakteri

$$F = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \frac{q_2}{100} + F_3^3 \cdot \frac{n_3}{n_m} \frac{q_3}{100} + \dots}$$

Ortalama dönme sayısı

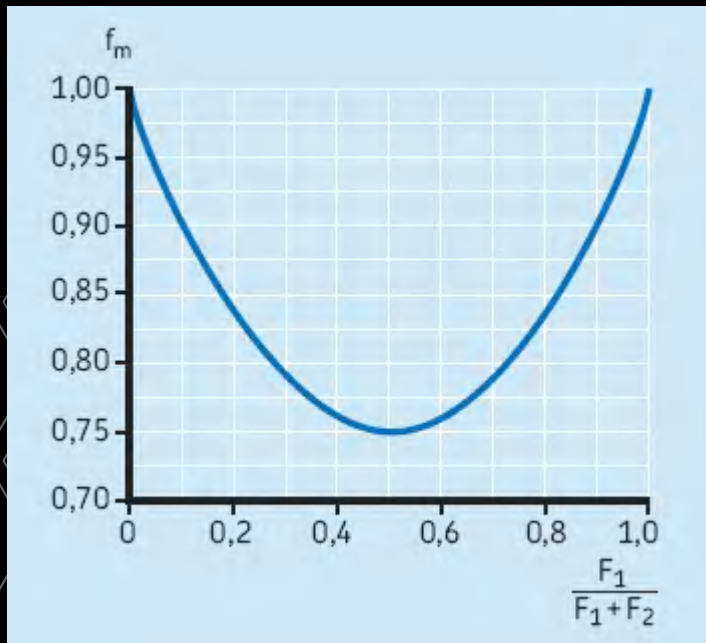
$$n_m = n_1 \cdot \frac{q_1}{100} + n_2 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots \left[\text{min}^{-1} \right]$$

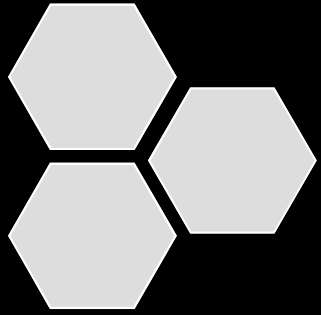




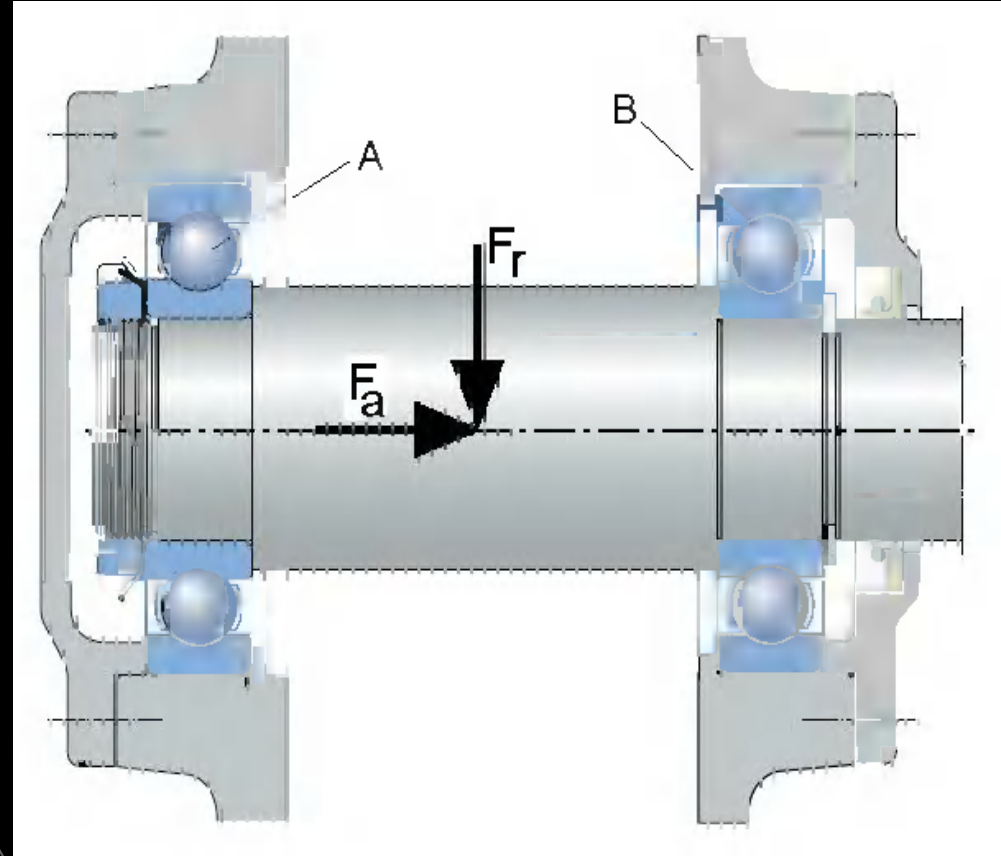
Eşdeğer yatak yükü özel hali

- Yatağa etkiyen radyal kuvvet, yönü ve büyüklüğü sabit bir F_1 kuvveti (örneğin ağırlık kuvvetleri) ile büyüklüğü sabit, fakat yönü değişen bir F_2 kuvvetinden (örneğin dengesizlikten kaynaklanan merkezkaç kuvvet) oluşuyorsa bu durumda ömür hesabına esas olan ortalama kuvvet $F_m = f_m \cdot (F_1 + F_2)$ şeklinde bulunur.





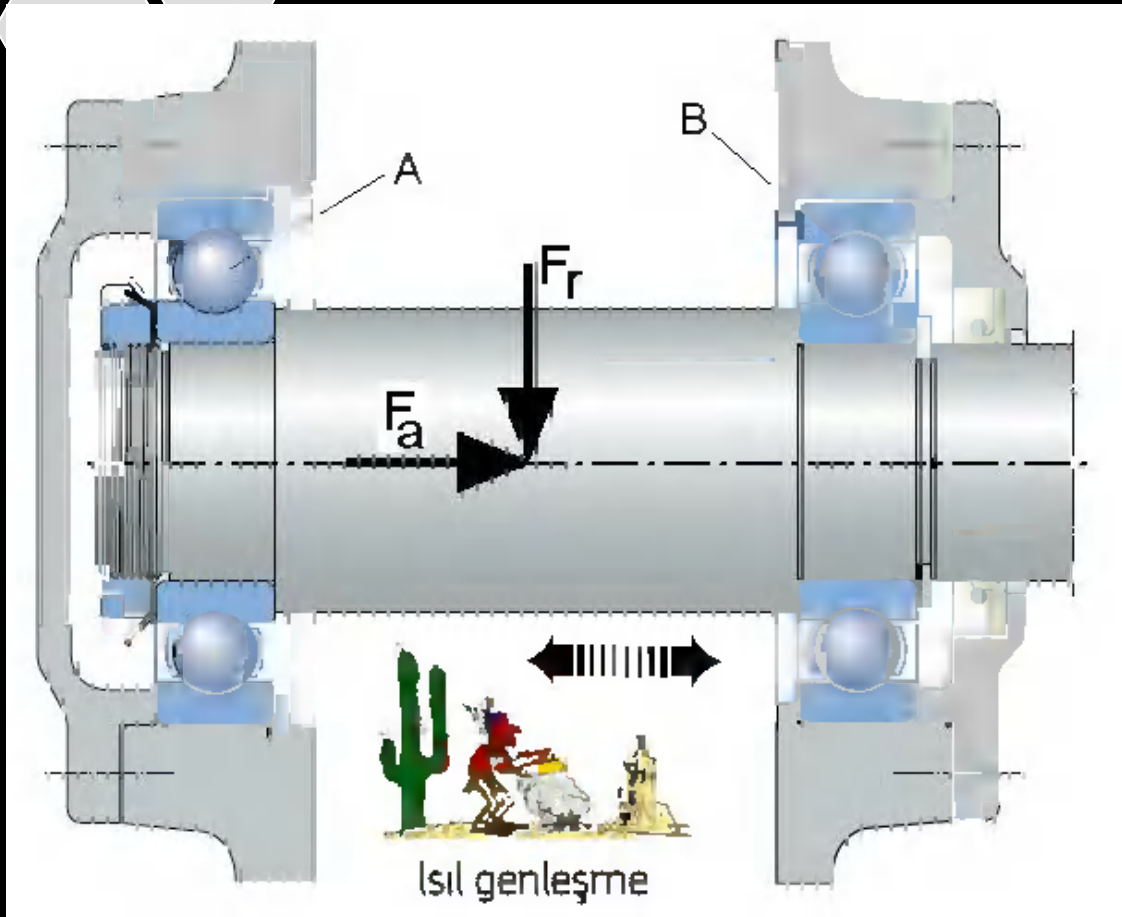
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



Enerji akışında belirsizlik mevcut



Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



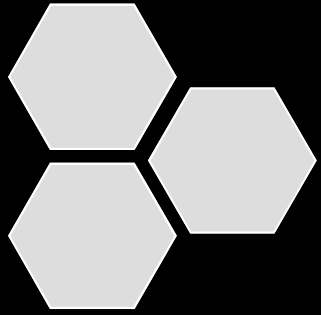
İlave aksenal kuvvet

$$F_{ilave} = c \cdot \Delta l$$

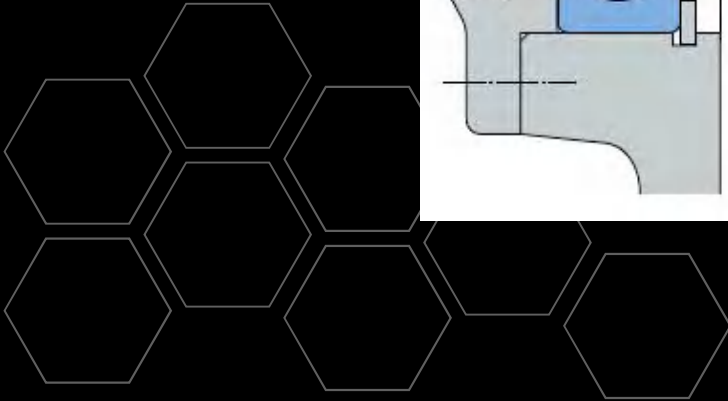
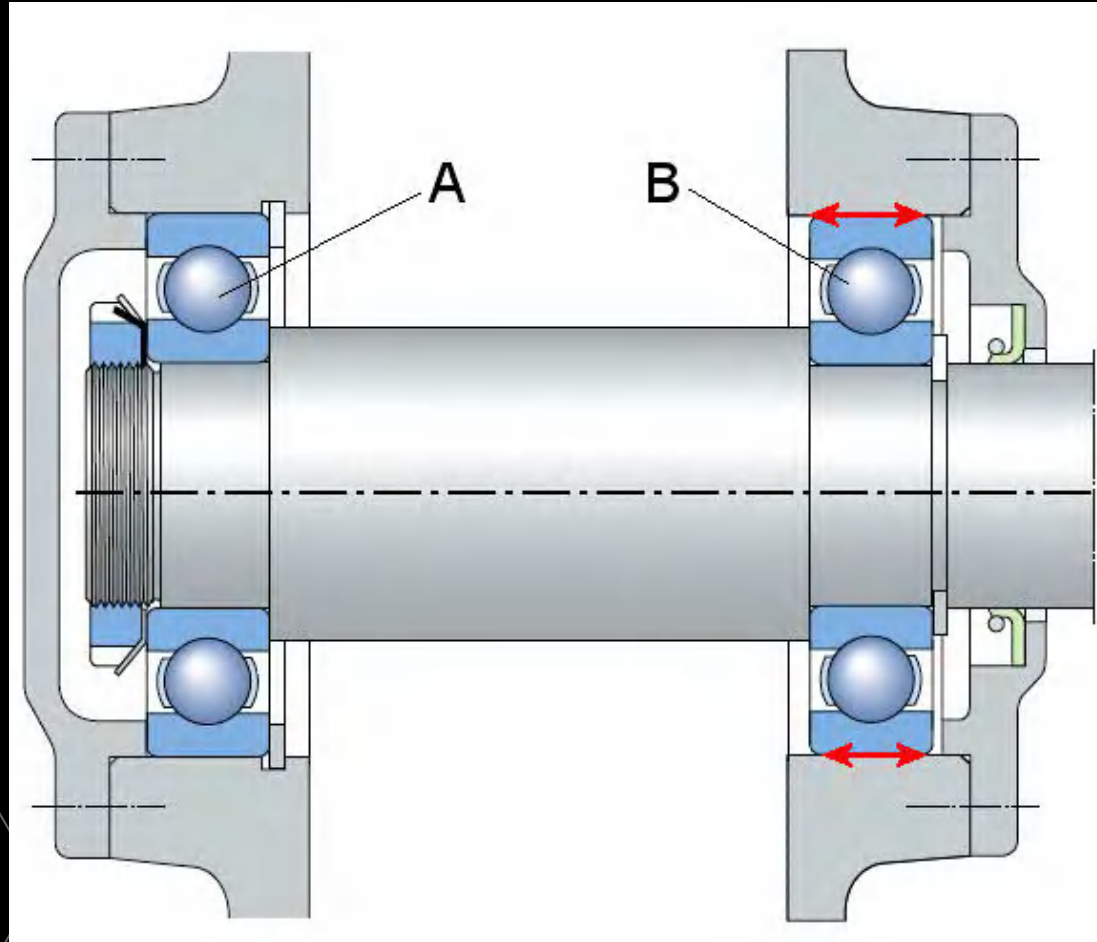
$$\frac{E \cdot A}{l}$$

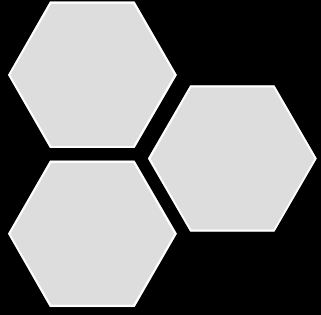
$$\alpha \cdot l \cdot \Delta t$$



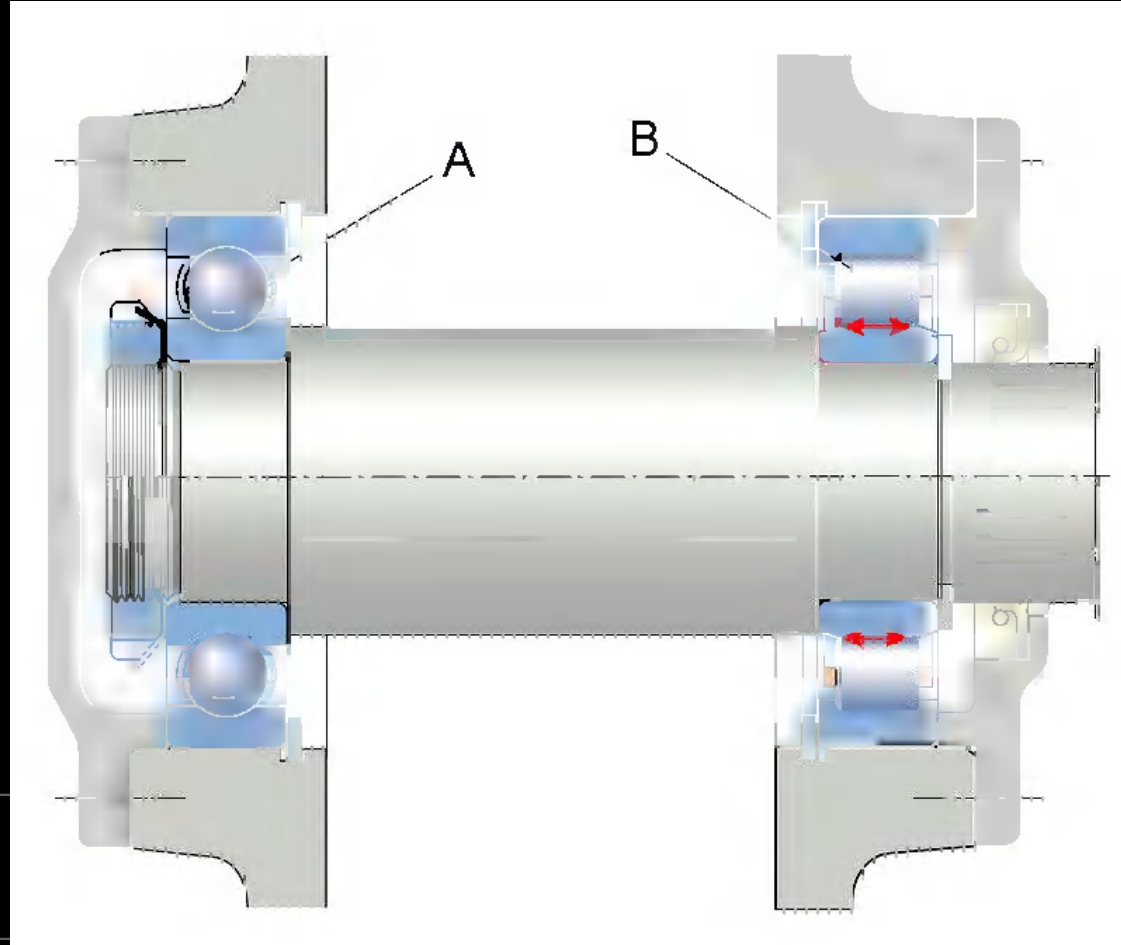


Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları

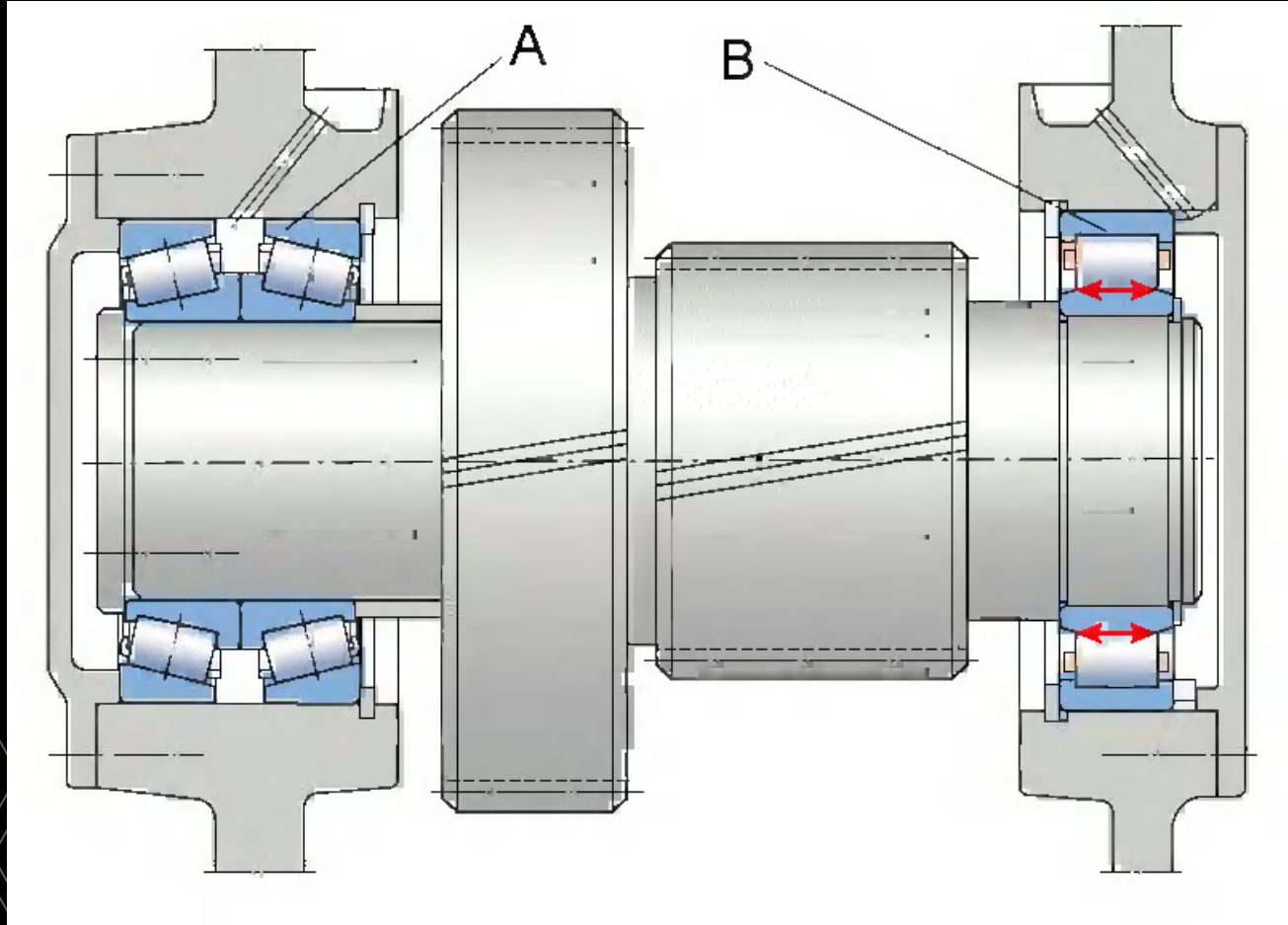


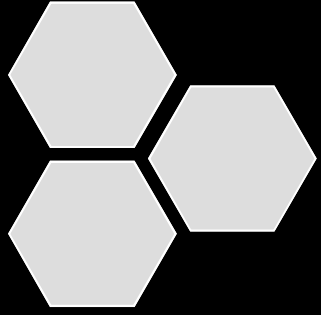


Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları

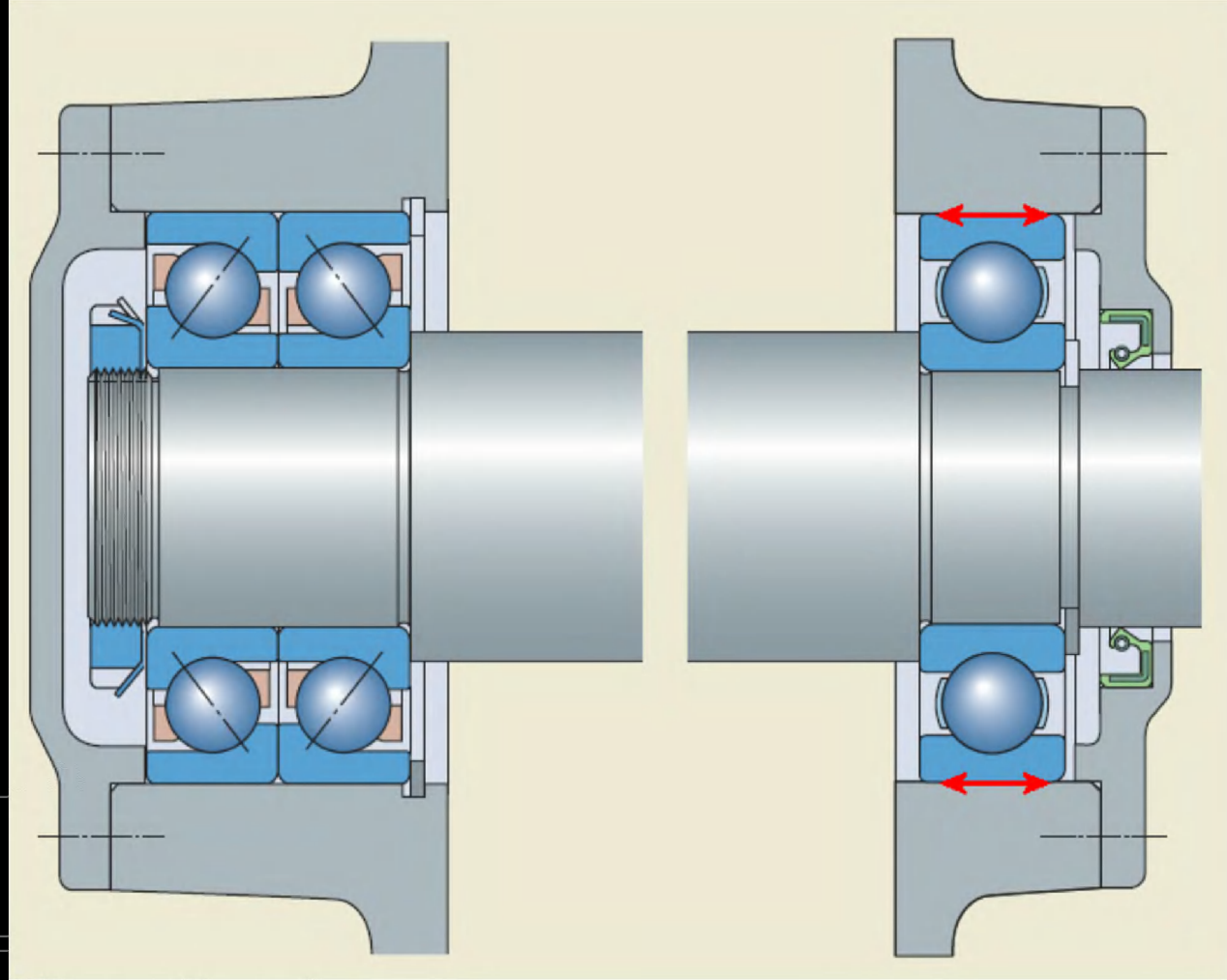


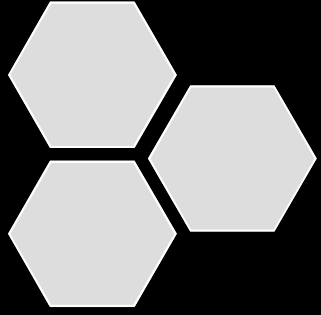
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



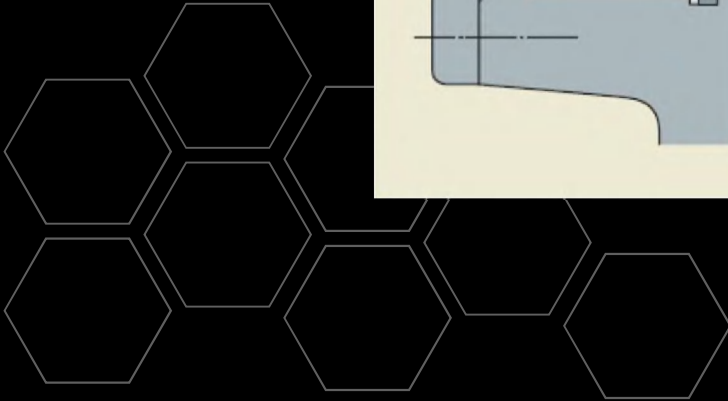
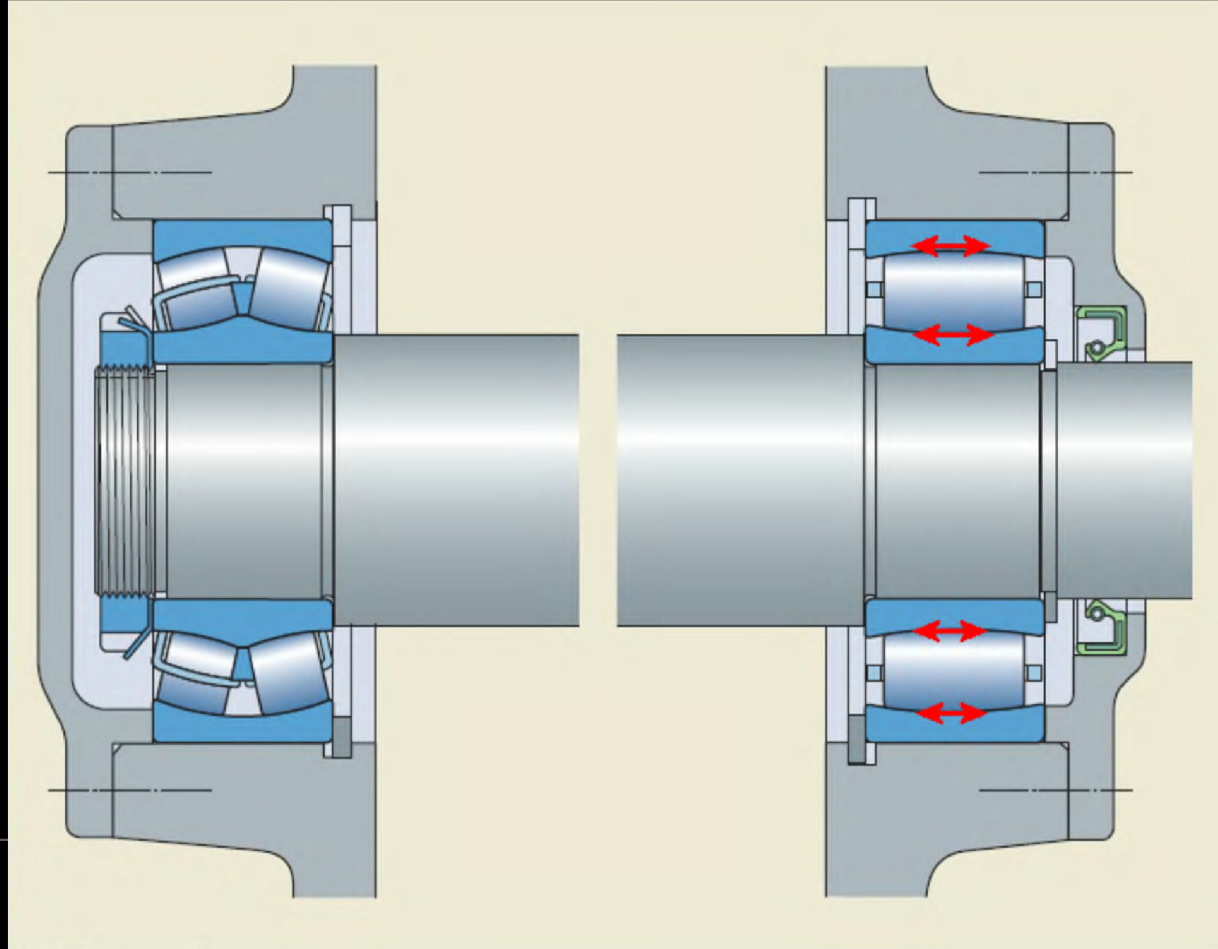


Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



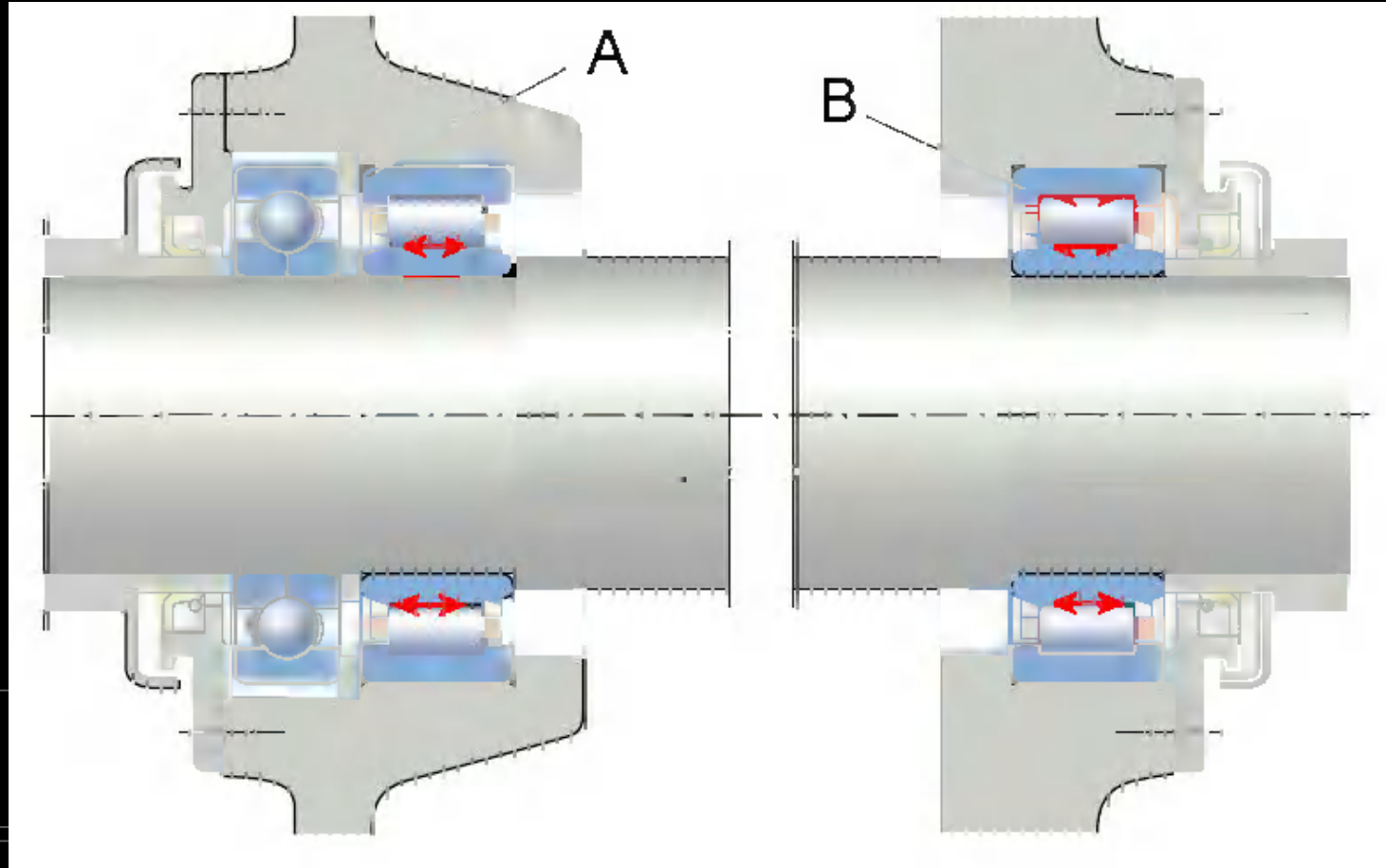


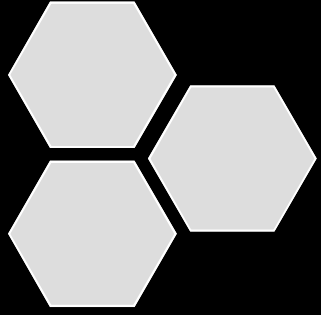
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



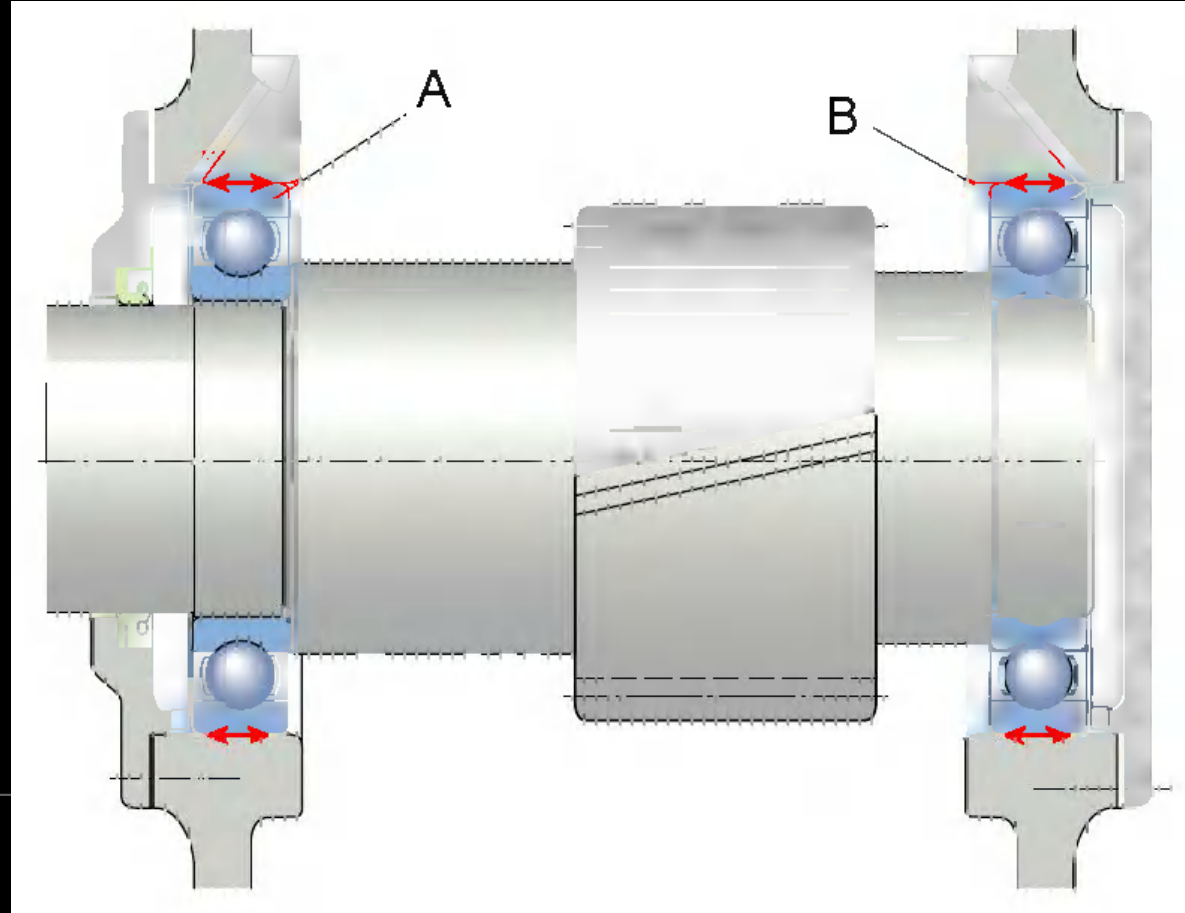


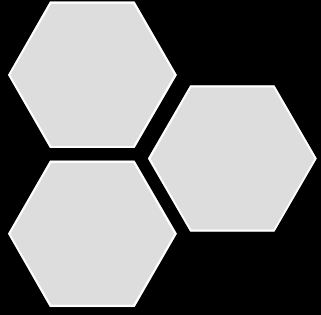
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları



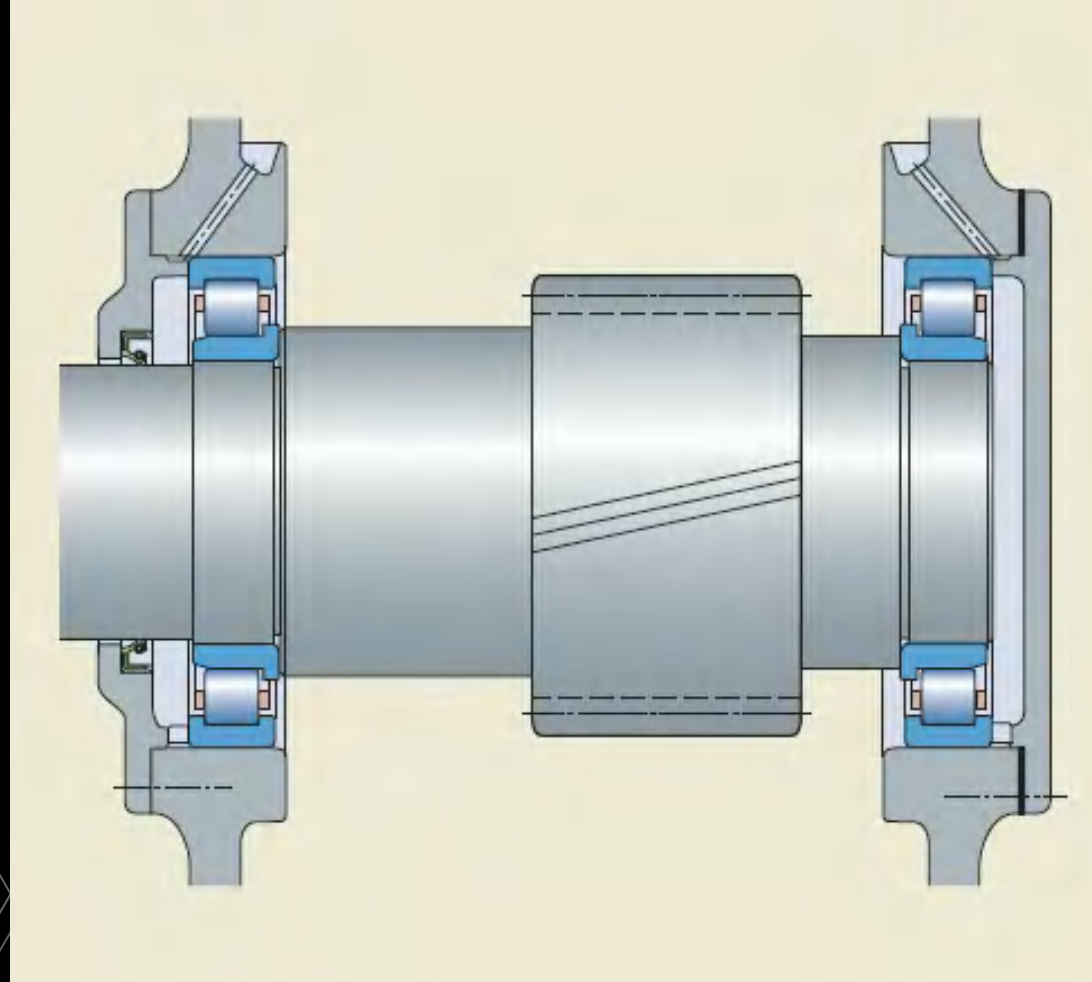


Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları

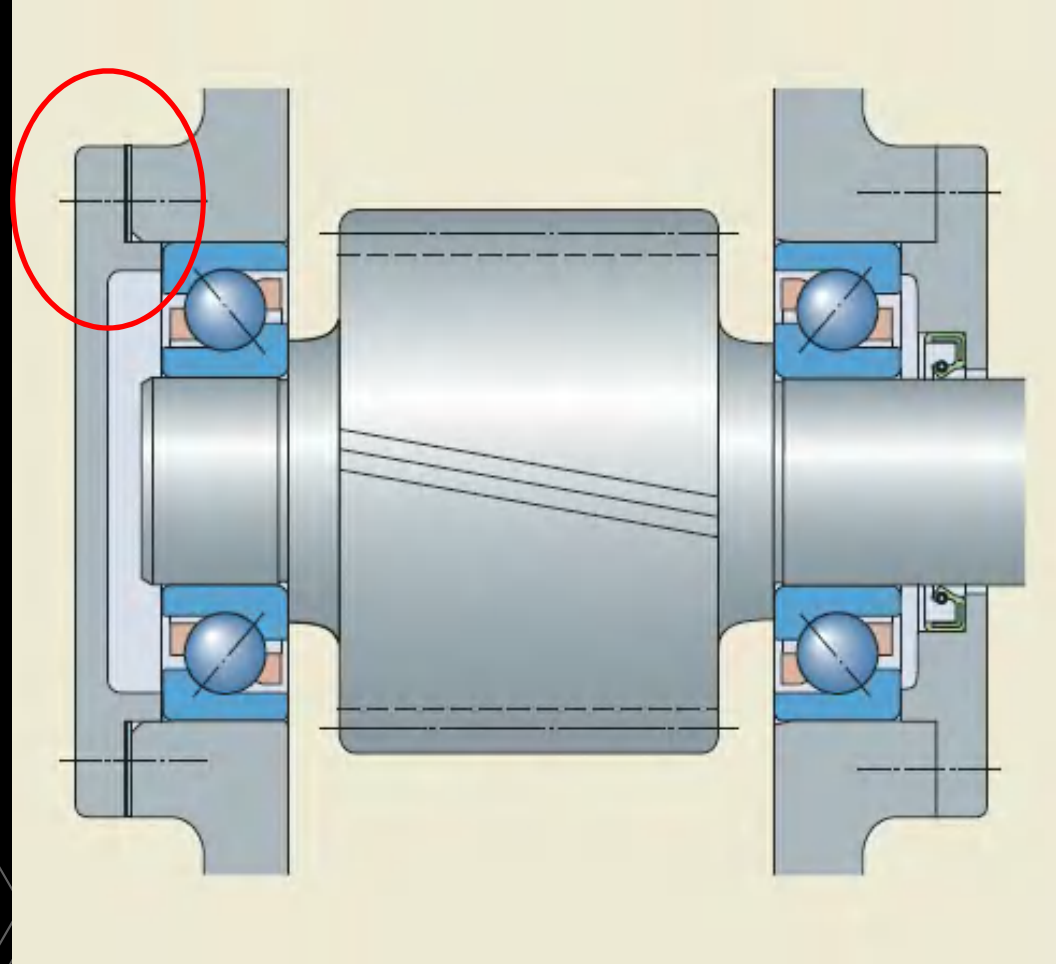




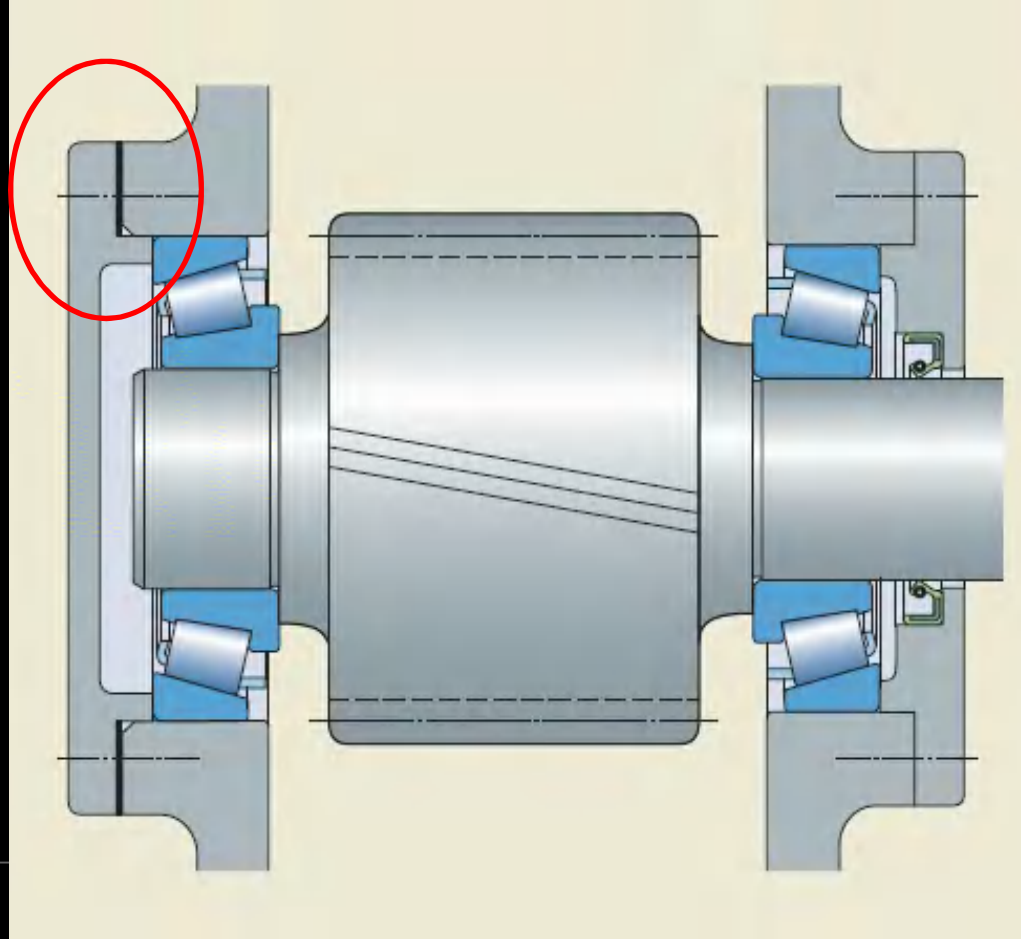
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları

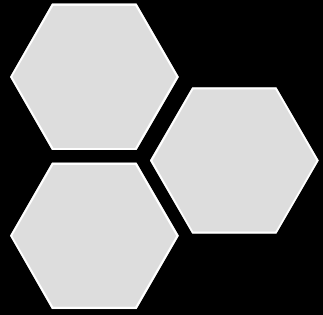


Eksenel Boşluğun Ayarlanması Gereken Sistemler

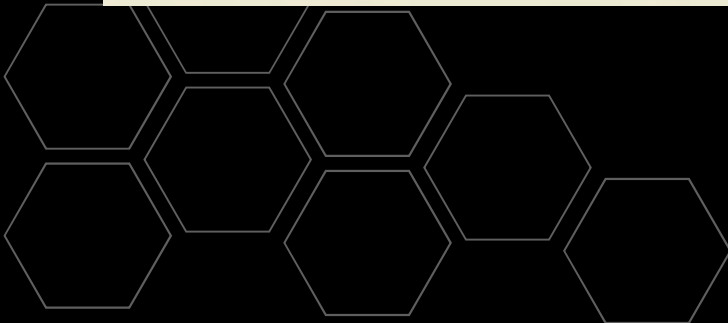
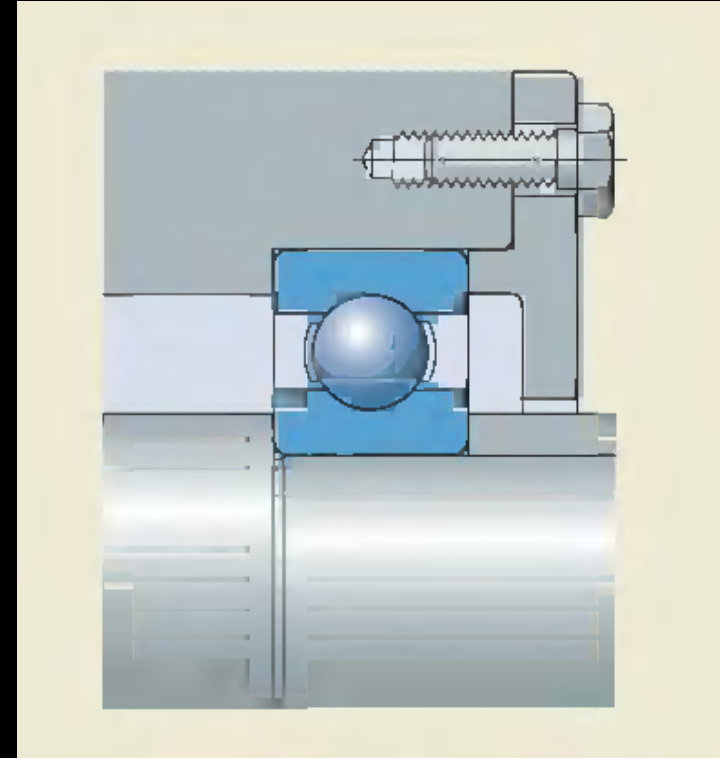
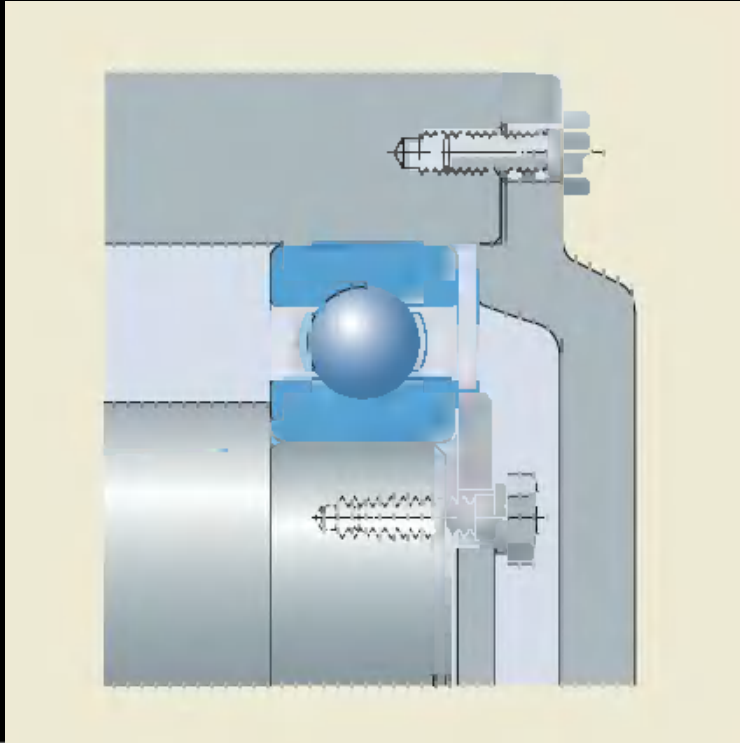


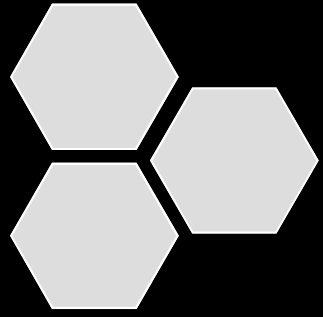
Eksenel Boşluğun Ayarlanması Gereken Sistemler



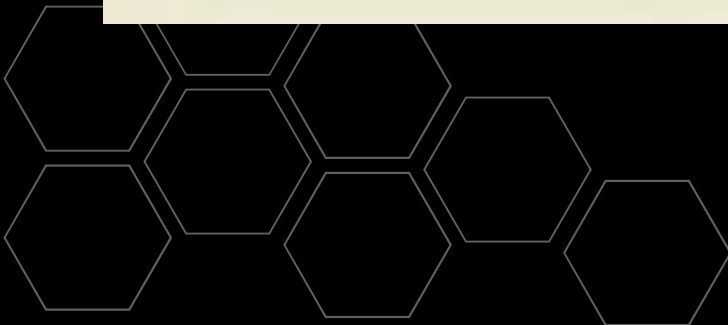
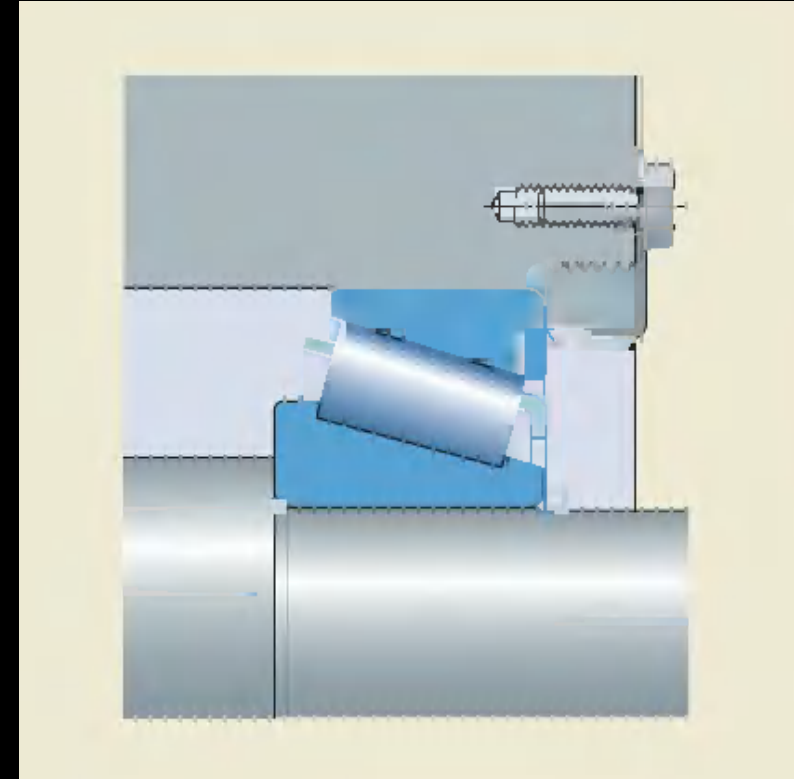
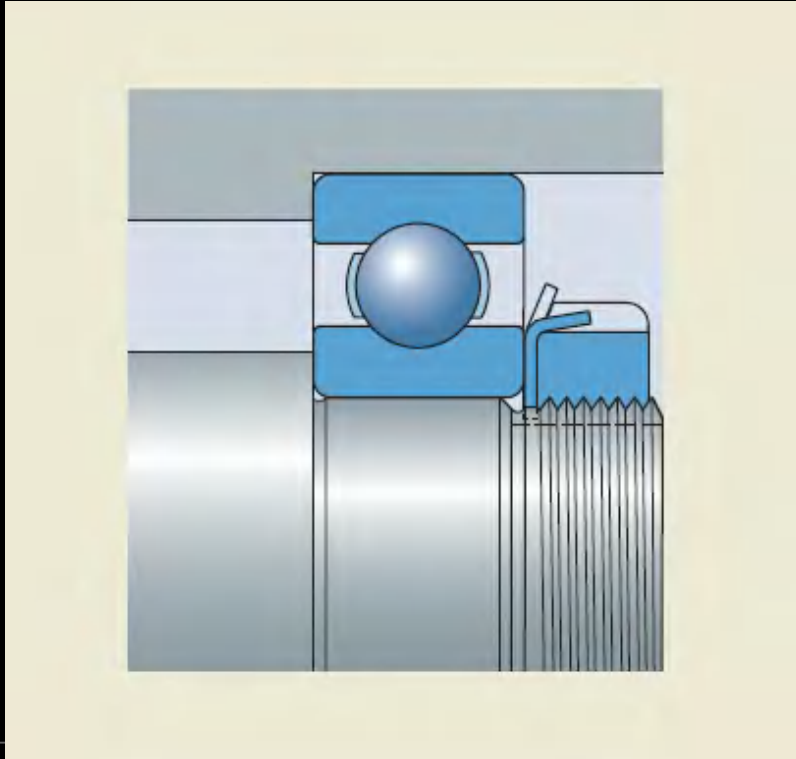


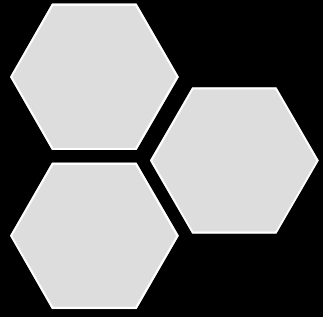
Rulmanlı Yatakların Eksenel Tespit Yöntemleri (Silindirik)



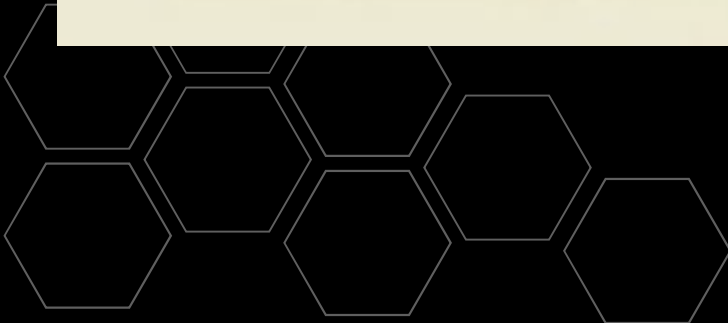
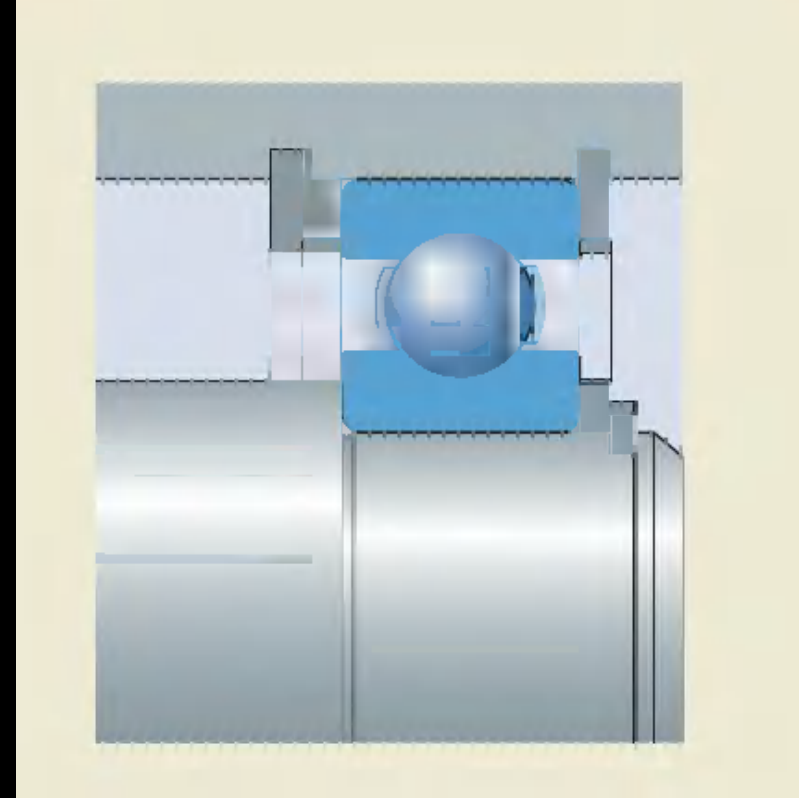
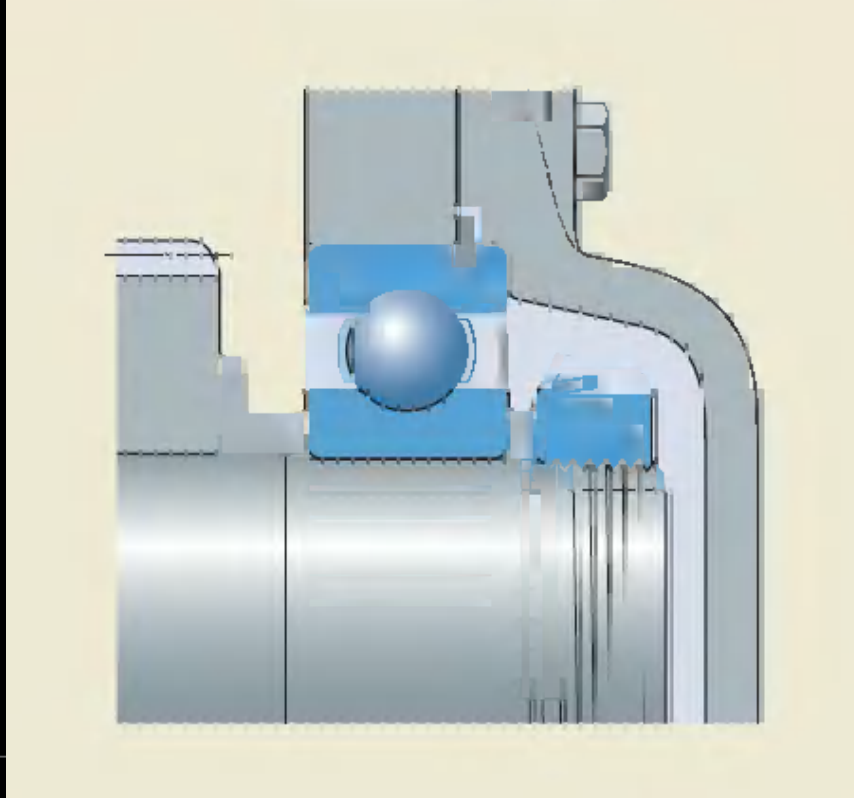


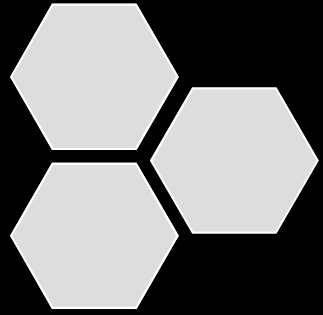
Rulmanlı Yatakların Eksenel Tespit Yöntemleri (Silindirik)



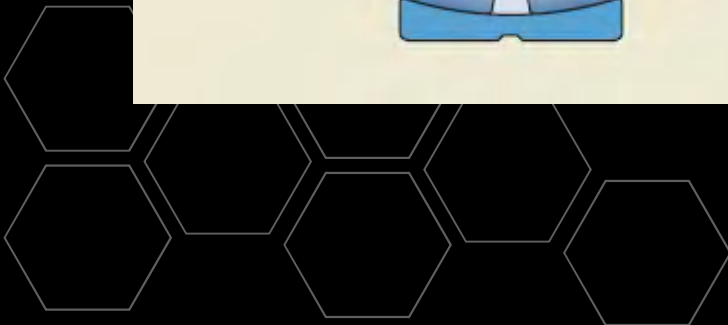
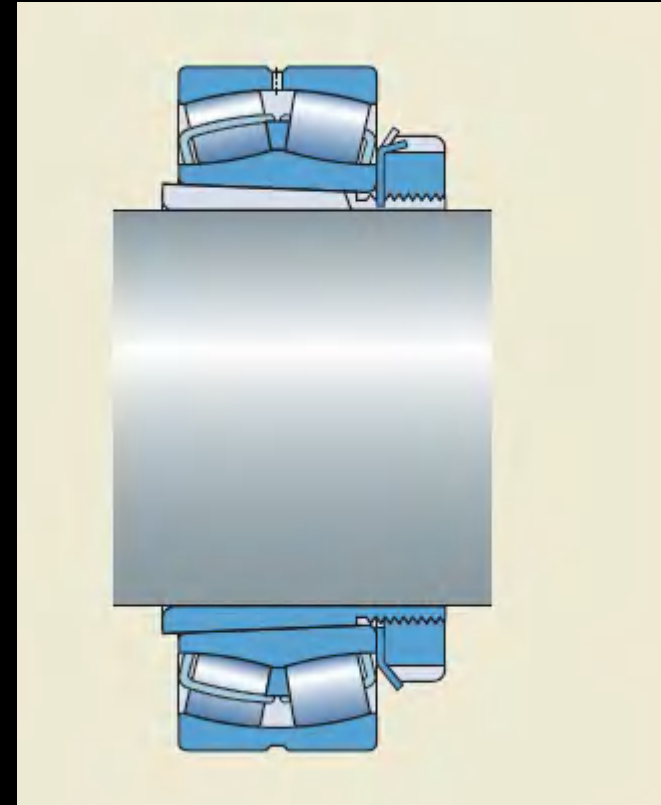
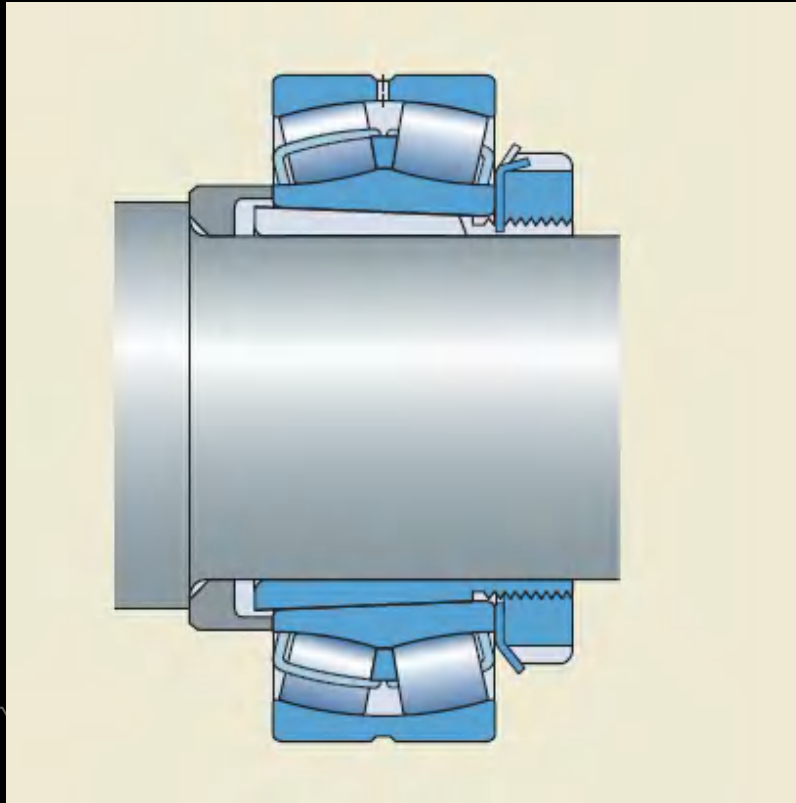


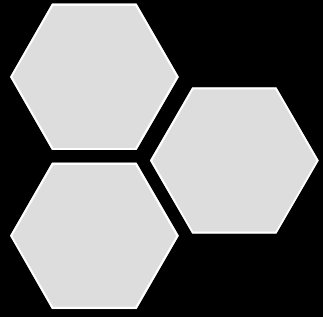
Rulmanlı Yatakların Eksenel Tespit Yöntemleri (Silindirik)



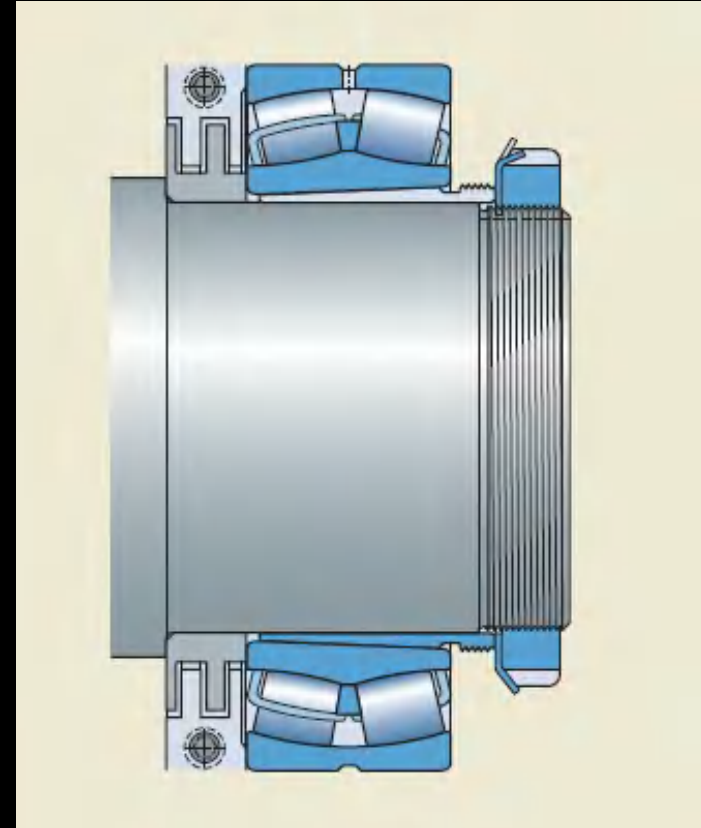
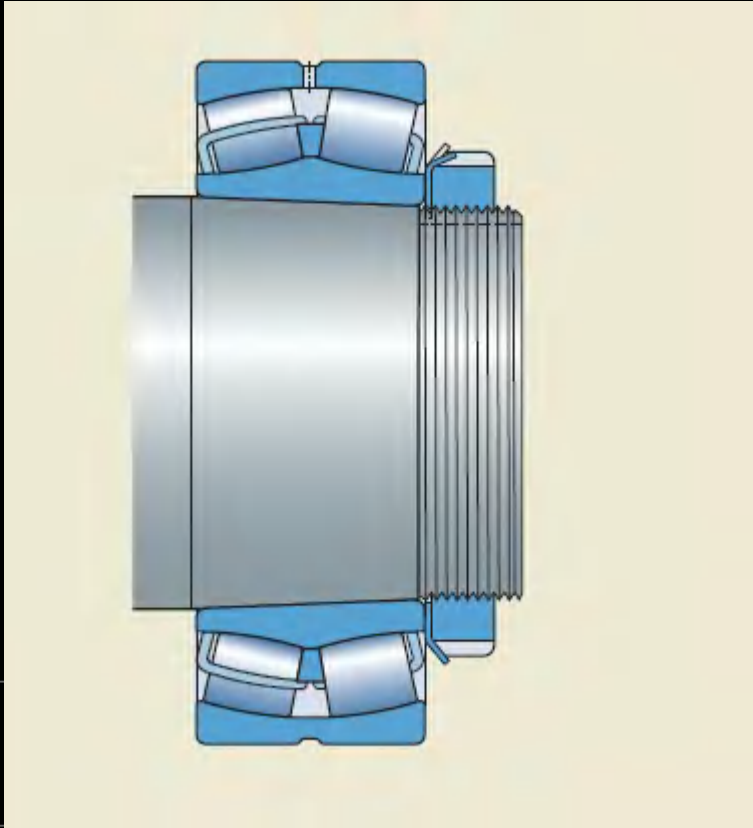


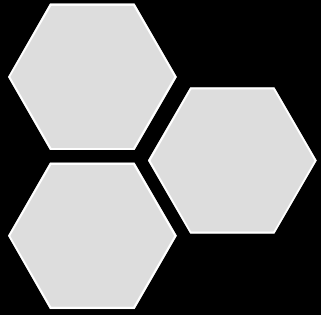
Rulmanlı Yatakların Eksenel Tespit Yöntemleri (Konik)





Rulmanlı Yatakların Eksenel Tespit Yöntemleri (Konik)



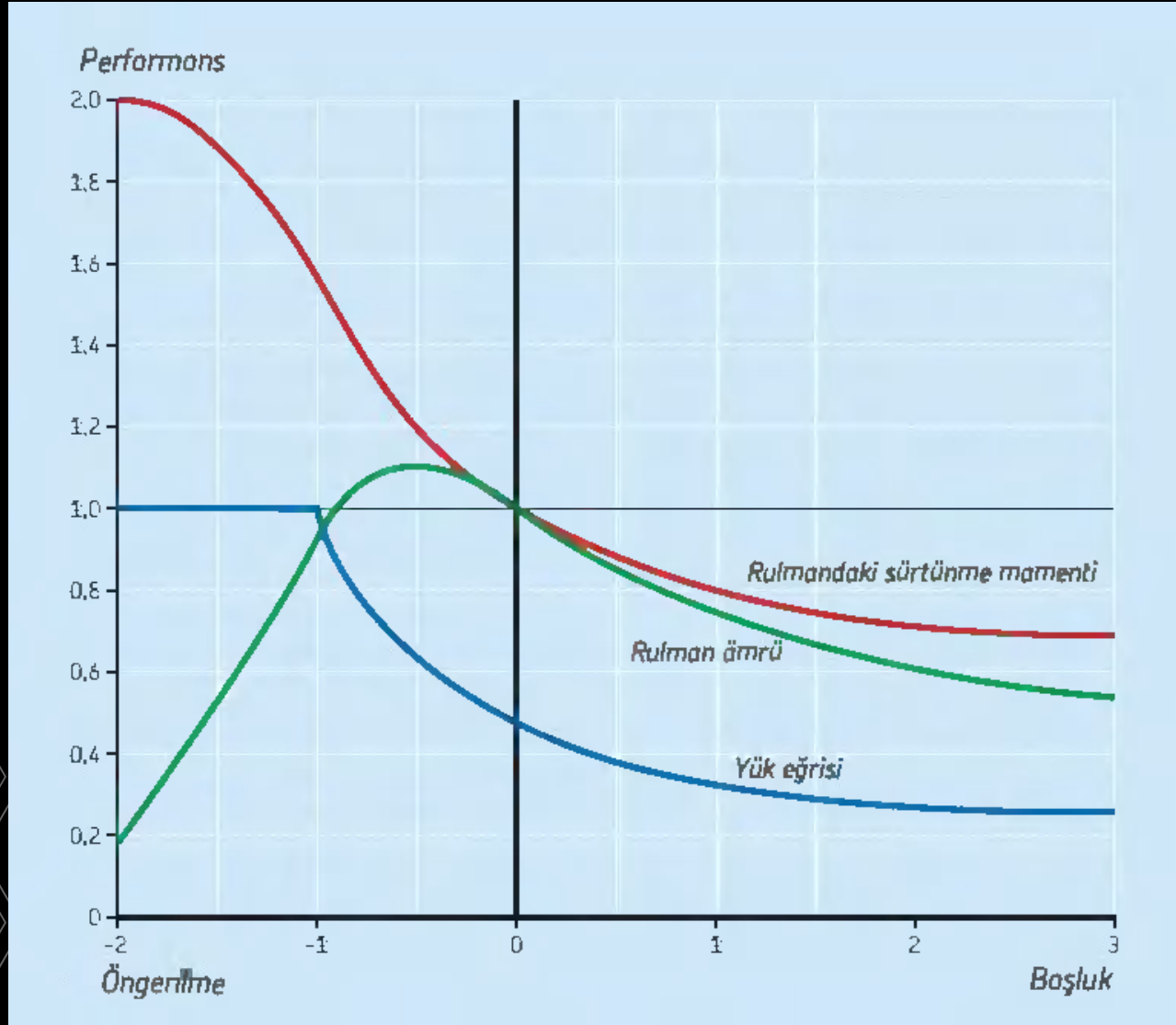


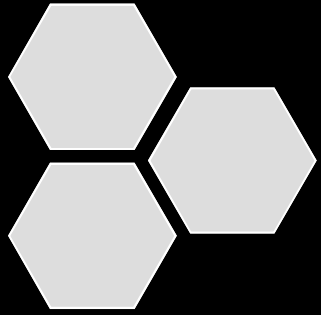
Öngerilmeli yataklamalar

- Optimal olan durum işletme sırasında sıfıra yakın değerde bir radyal boşluktur.
- Aşağıdaki hallerde daha büyük boşluk arzu edilebilir:
 - 1) Yüksek hızlı uygulamalarda sürtünme ısını azaltmak
 - 2) Mil ve yatak yuvasında mevcut olabilecek form hatalarının etkisini azaltmak

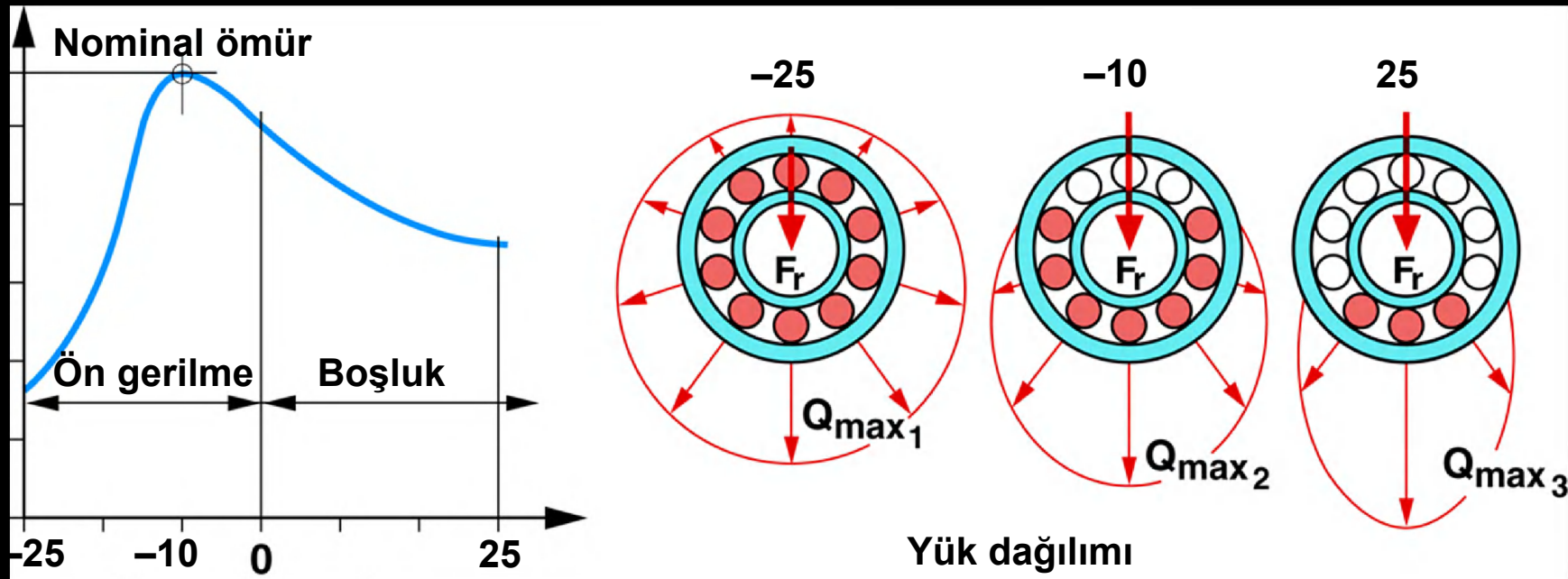


Öngerilme veya boşluk

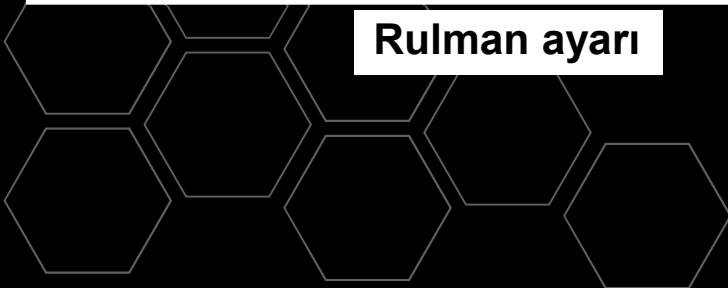


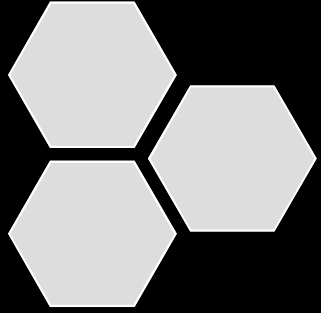


Konik rulmanlar için optimum ömür



Rulman ayarı

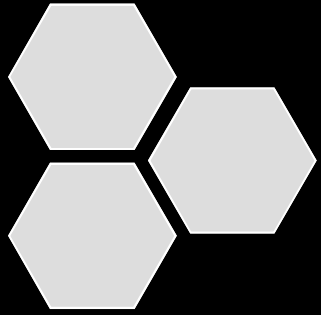




Neden öngerilme?

- Ön gerilmeli yataklama ile daha rijit bir sistem elde edilebilir.
- Çok düşük veya hiç dış kuvvetin olmadığı halde de ön gerilmeli yataklama tercih edilebilir.
- Otomobil diferansiyelleri, takım tezgahı iş milleri ve bazı elektrik motorlarında ön gerilmeli yataklama tercih edilerek çalışma doğruluğu ve rijitlik önemli ölçüde arttırılır.





Ön gerilme oluşturma

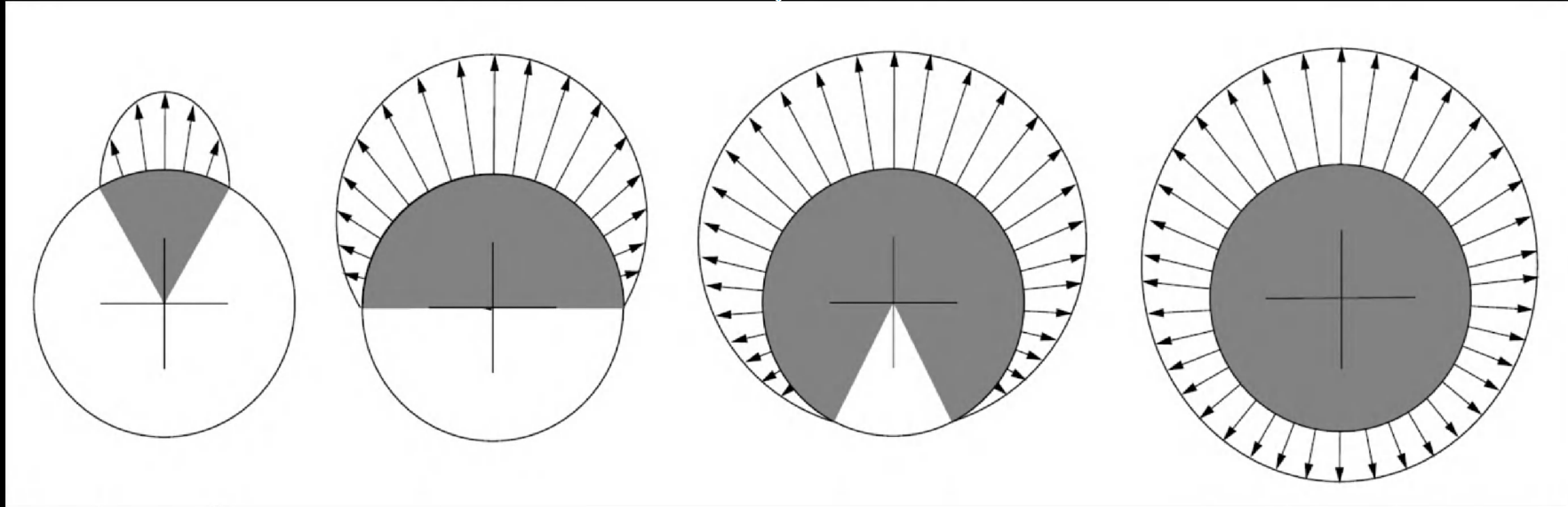
- Ön gerilme oluşturmak için bir kaç değişik yöntem vardır:
 1. Bileziklerden birinin diğerine göre eksenel yönde kaydırılması
 2. İç veya dış bileziğin bir konik yüzey ile pozitif veya negatif yönde esnetilmesi
 3. Gereğinden büyük ölçüde bilya veya makaralarla rulmanlı yatağın yüklenmesi





Ön gerilmeli yüklemede kuvvet dağılımı

Rulmanlı yatağın yük taşıyan bölgesinde, ön gerilmenin etkisi

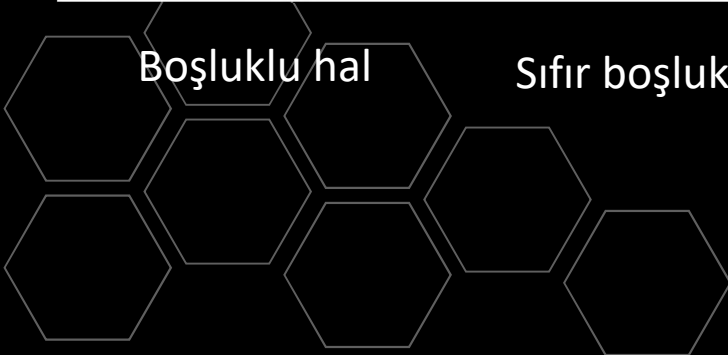


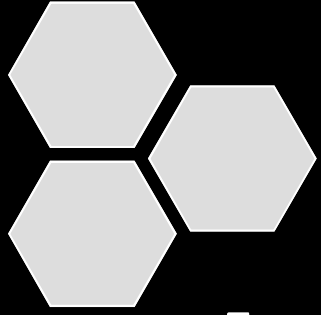
Boşluklu hal

Sıfır boşluk

Eksenel yük etkisi

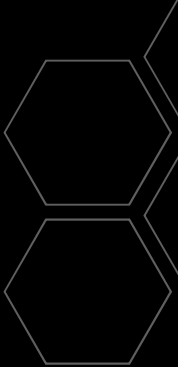
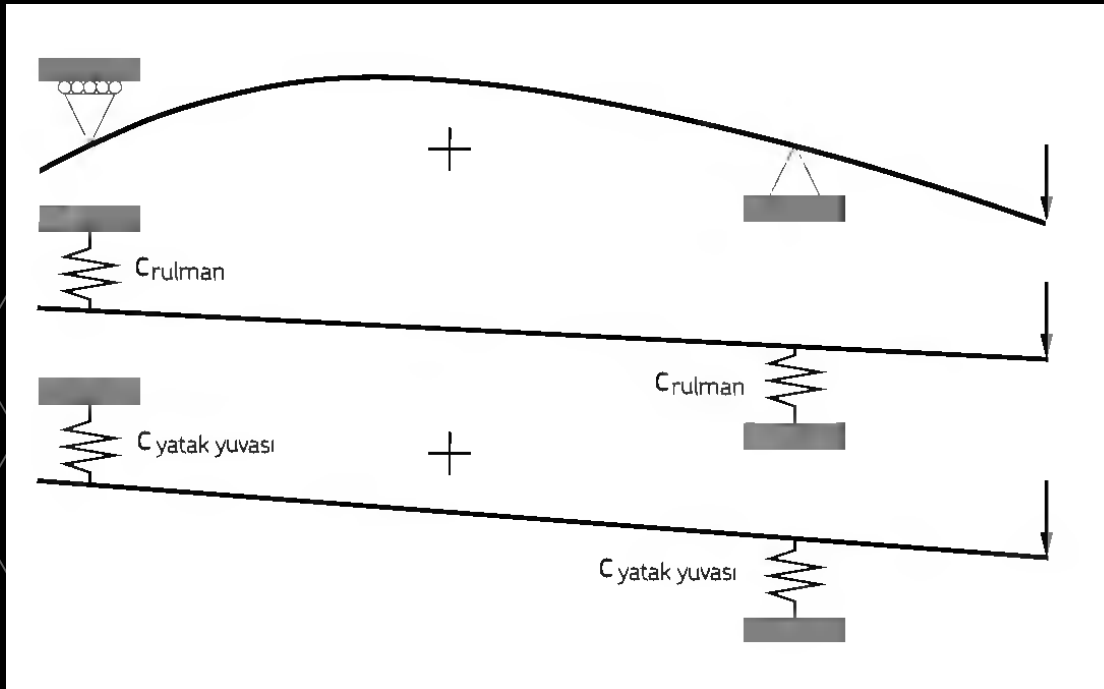
Ön gerilmeli hal

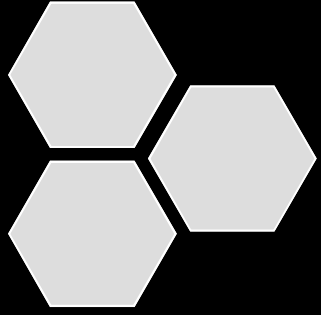




Rijitlik

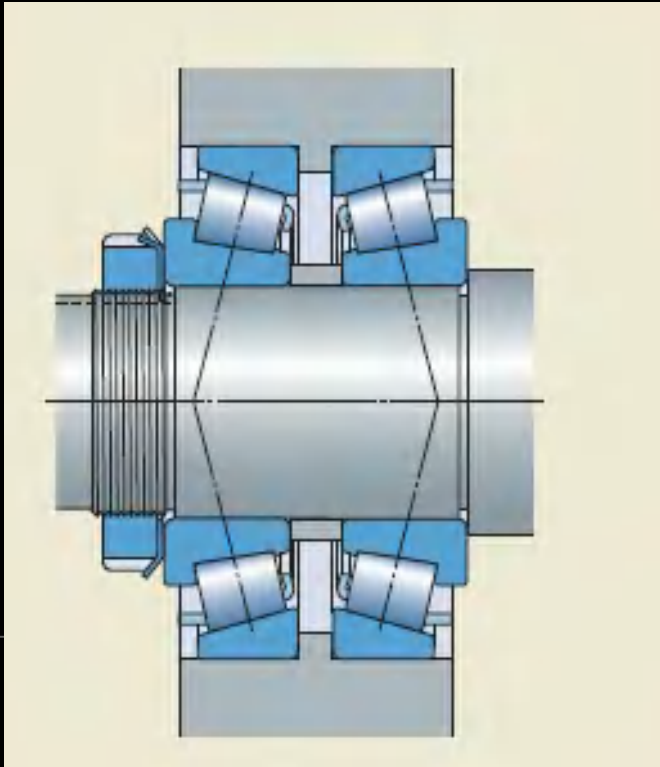
- Esas olarak aşağıdakilere bağlıdır:
 1. Yuvarlanma elemanı sayısı ve şekli
 2. Yuvarlanma yolunun formu
 3. Rulmanlı yatağın montaj şekli



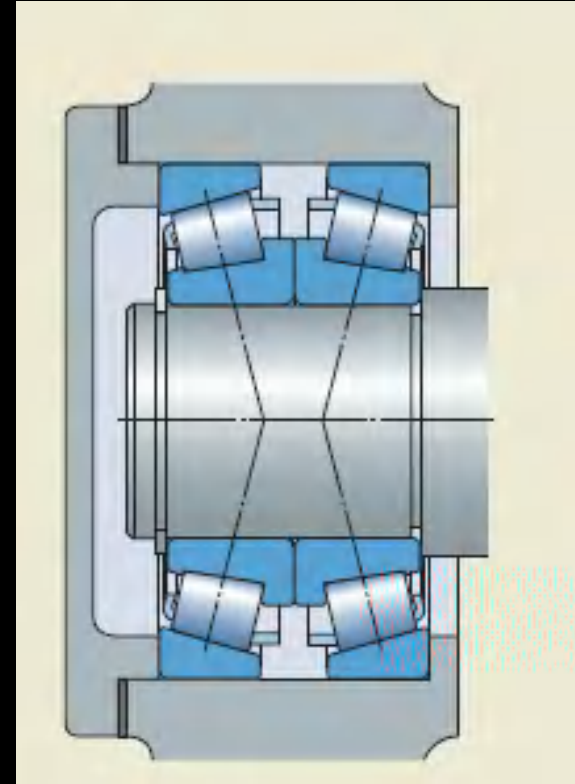


Öngerilmeli yataklama sistemleri

Konik rulmanlı yataklar

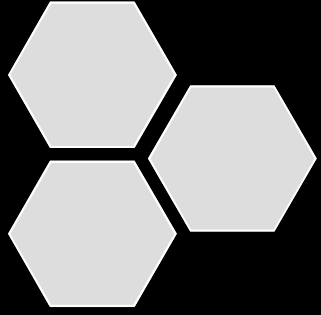


Sırt sırta yerleştirilmiş
tertip



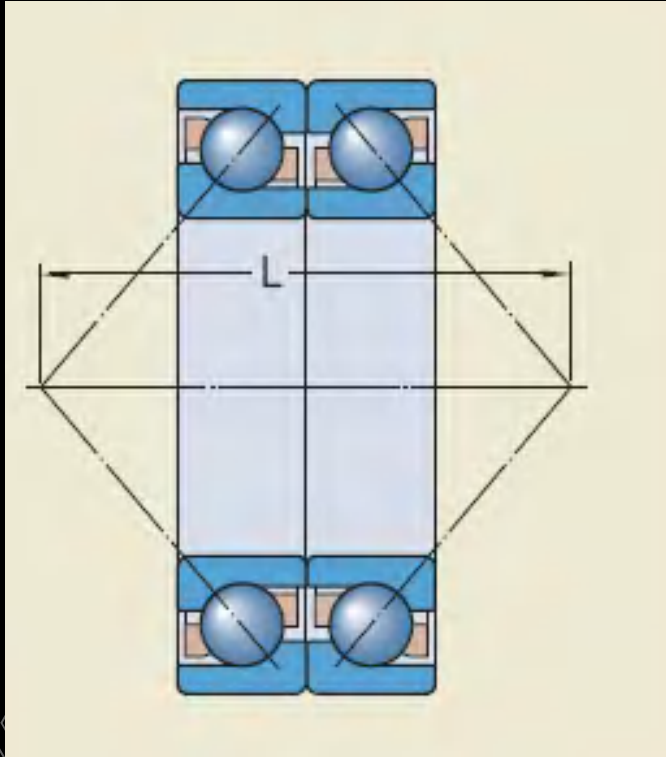
Yüz yüze yerleştirilmiş
tertip



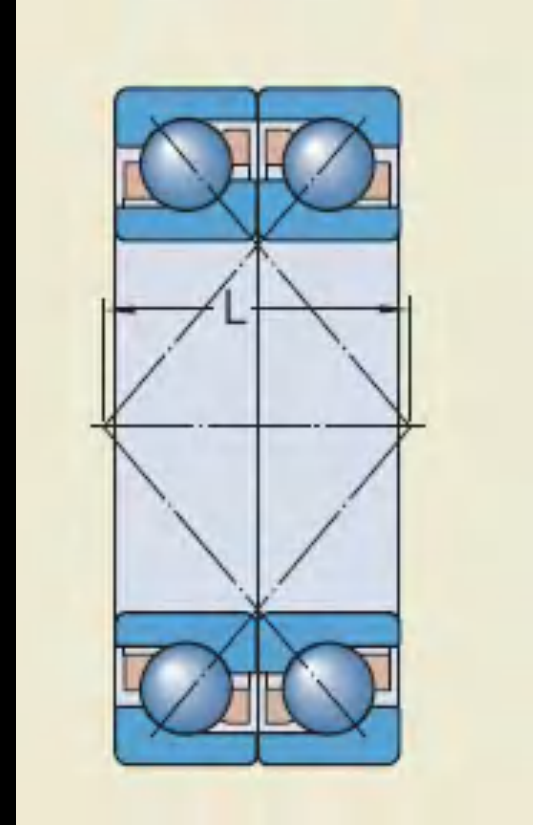


Öngerilmeli yataklama sistemleri

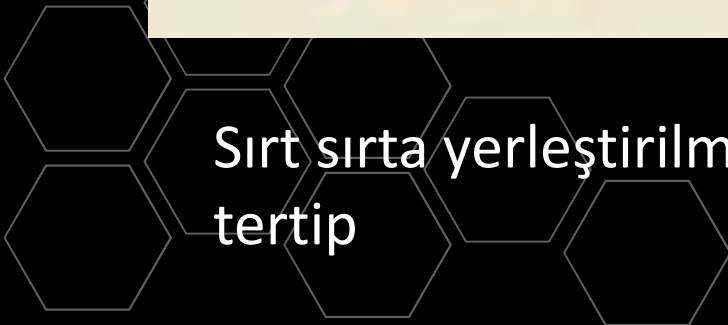
Eğik bilyalı rulmanlı yataklar



Sırt sırta yerleştirilmiş
tertip



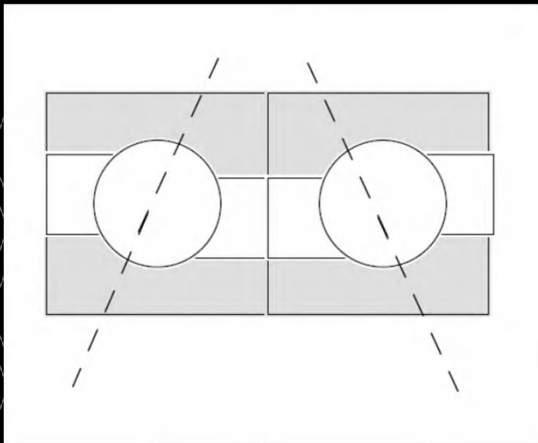
Yüz yüze yerleştirilmiş
tertip

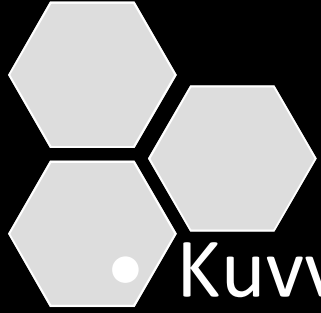




Sırt sırta tertip

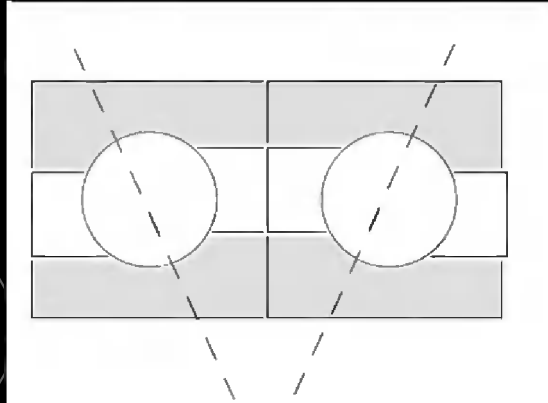
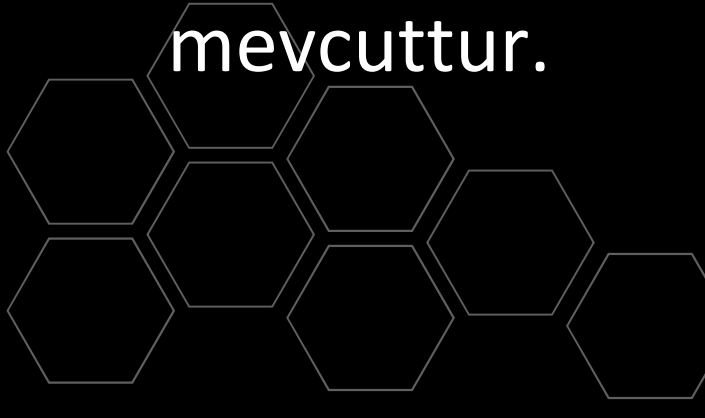
- Kuvvet iletim çizgileri birbirinden uzaklaşacak şekildedir ve dış moment etkisine karşı daha iyi bir direnç sağlar.
- Rulmanların kaçıklığı karşılama kabiliyeti daha düşüktür.
- Ön gerilme izafi olarak sabit kalabilir.

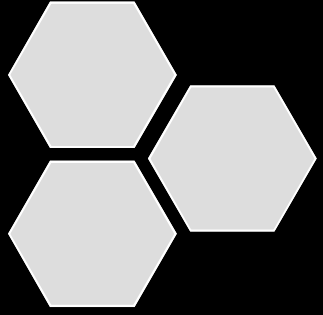




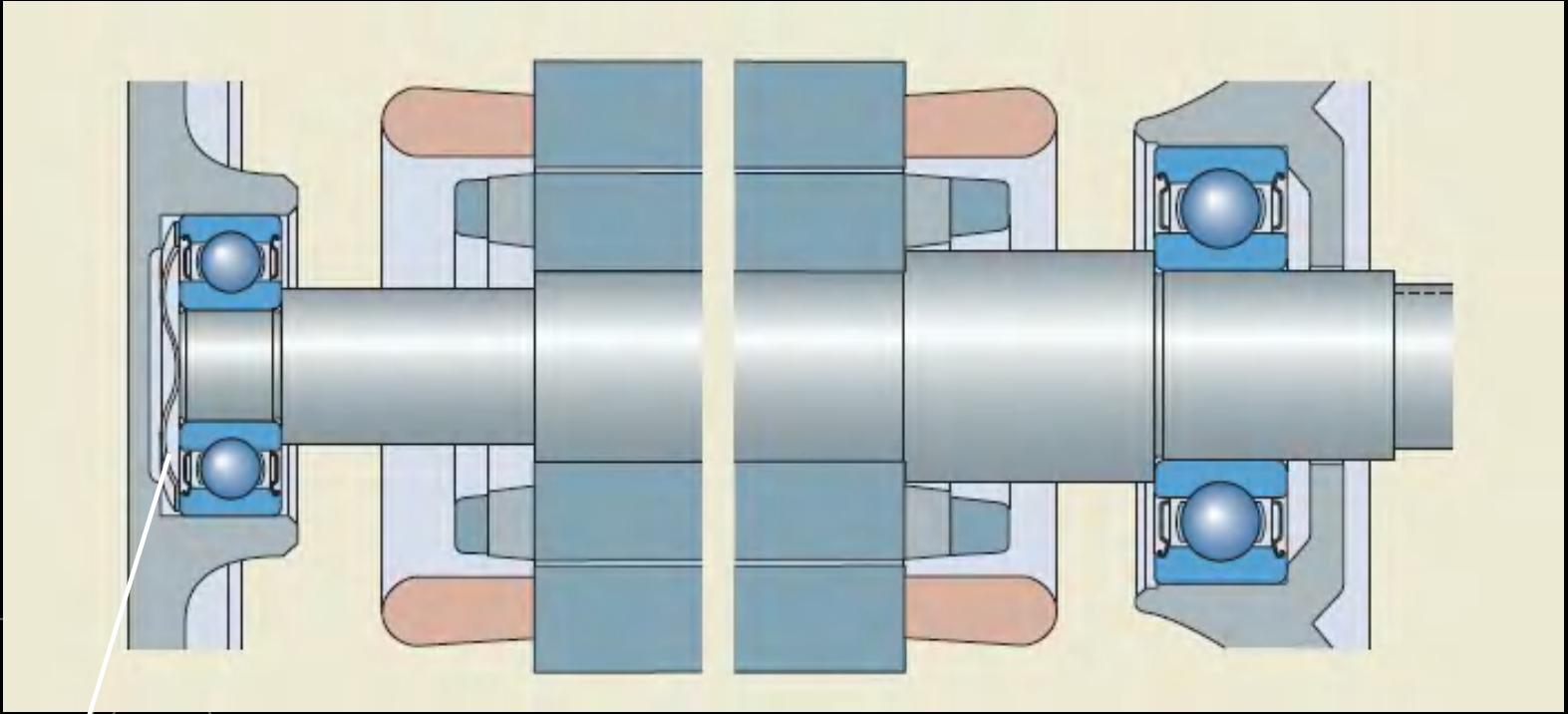
Yüz yüze tertip

- Kuvvet iletim çizgileri birbirine yaklaşıacak şekildedir ve dış moment etkisine karşı direnci daha düşüktür.
- Rulmanların kaçıklığı karşılama kabiliyeti daha iyidir.
- Dönen iç bilezik halinde termal olarak kararsız.
- Dönen dış bilezik halinde ise tersi durum mevcuttur.



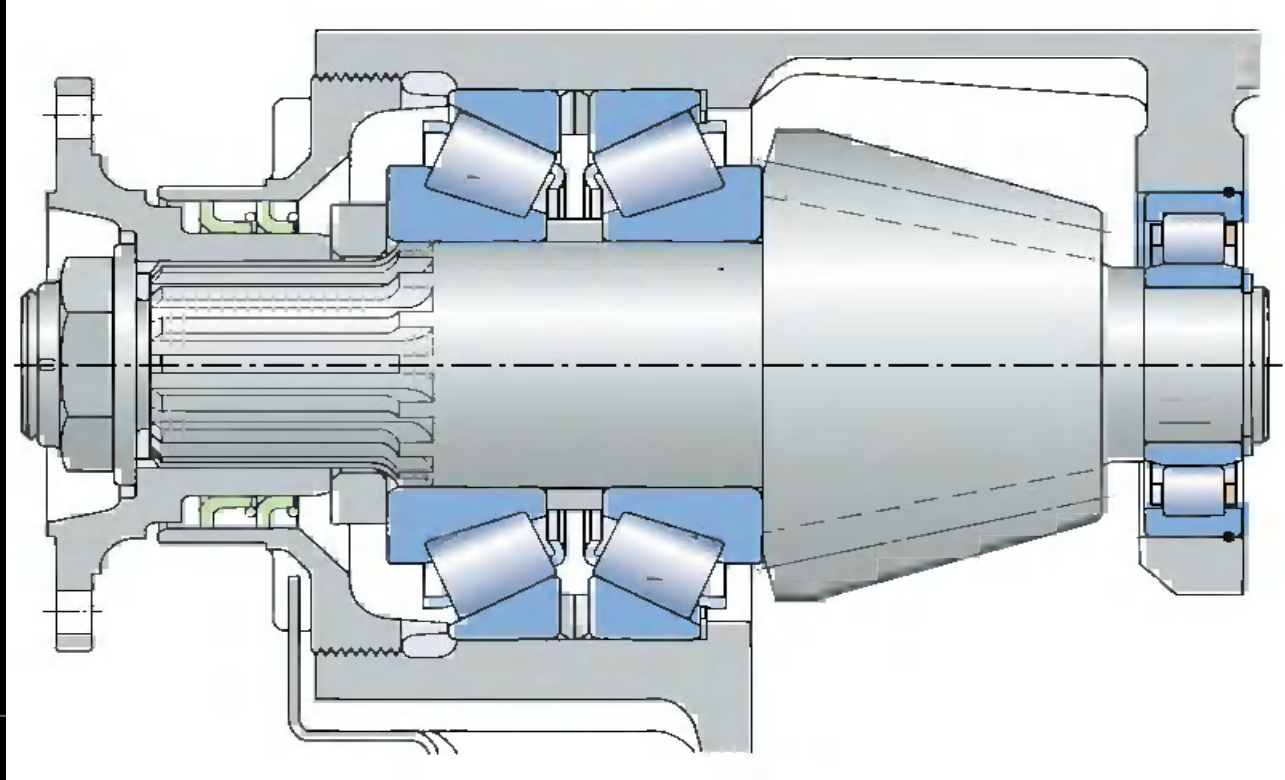


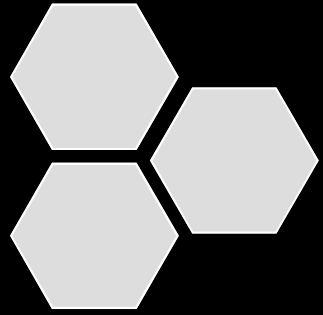
Öngerilmeli yataklama sistemleri



Yay elemanı

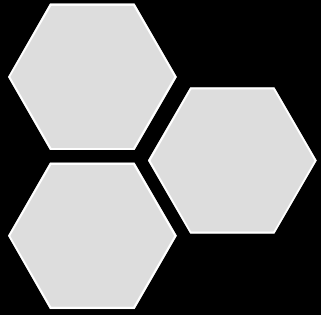
Sabit Yatak ve Serbest Yatak Kavramları (Ön gerilmeli montaj)



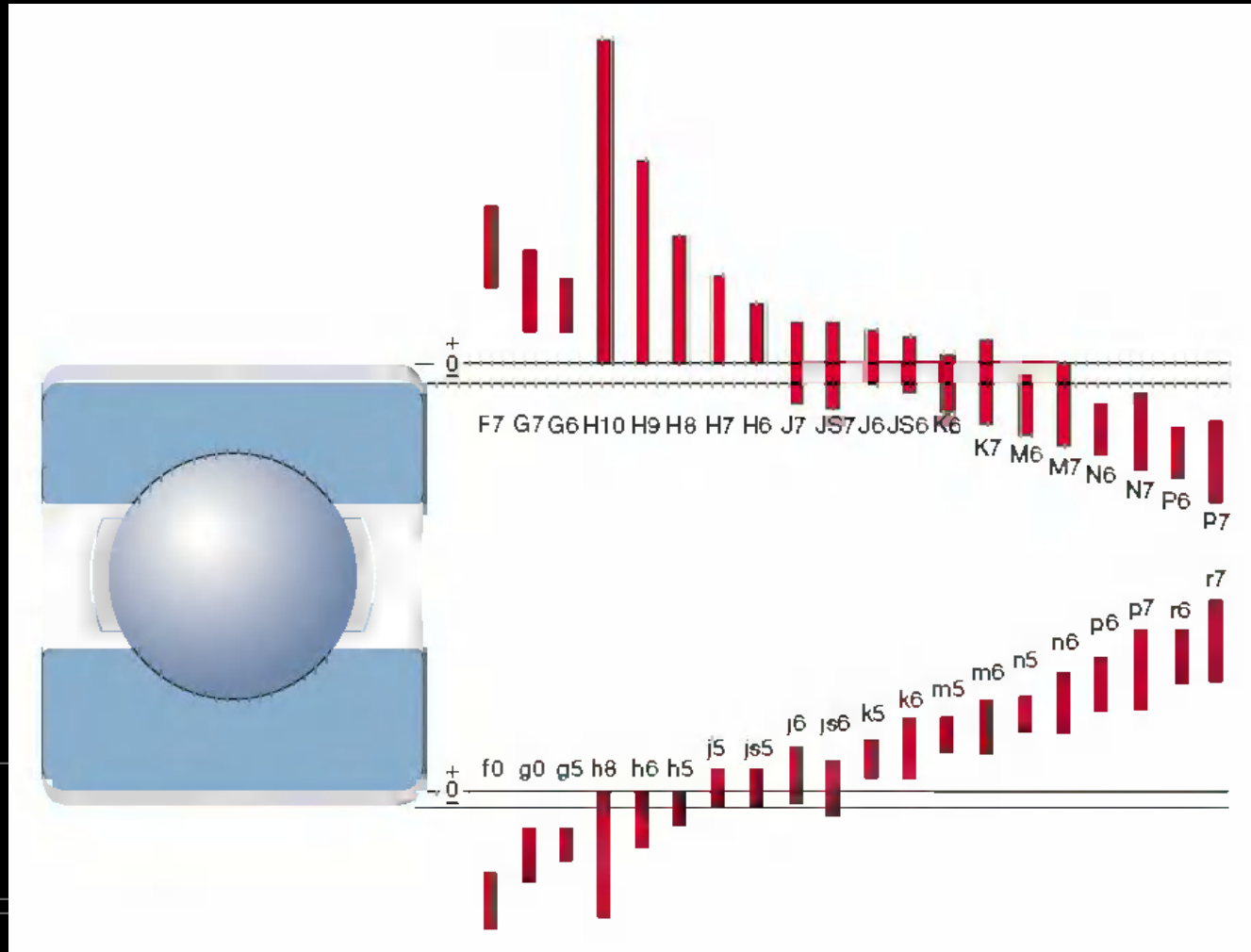


Rulmanlı Yatak Toleransları

İç bilezik				Dış bilezik			
d		Δ_{dmp}		D		Δ_{Dmp}	
- den büyük	dahil	En az	En fazla	- den büyük	dahil	En az	En fazla
mm		μm		mm		μm	
-	2,5	0	-8	6	18	0	-8
2,5	10	0	-8	18	30	0	-9
10	18	0	-8	30	50	0	-11
18	30	0	-10	50	80	0	-13
30	50	0	-12	80	120	0	-15
50	80	0	-15	120	150	0	-18
80	120	0	-20	150	180	0	-25
120	180	0	-25	180	250	0	-30
180	250	0	-30	250	315	0	-35
250	315	0	-35	315	400	0	-40
315	400	0	-40	400	500	0	-45
400	500	0	-45	500	630	0	-50
500	630	0	-50	630	800	0	-75
630	800	0	-75	800	1000	0	-100
800	1000	0	-100	1000	1250	0	-125
1000	1250	0	-125	1250	1600	0	-160
1250	1600	0	-160	1600	2000	0	-200
1600	2000	0	-200	2000	2500	0	-250



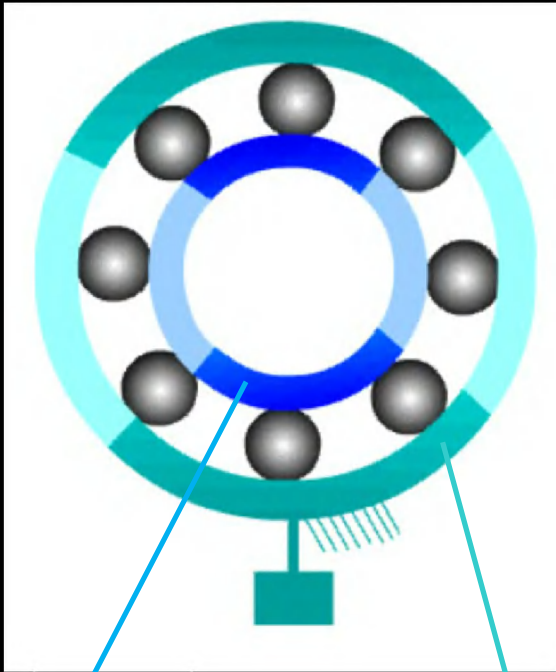
Rulman bilezikleri ile yapılan eşleşmelerde muhtemel geçmeler





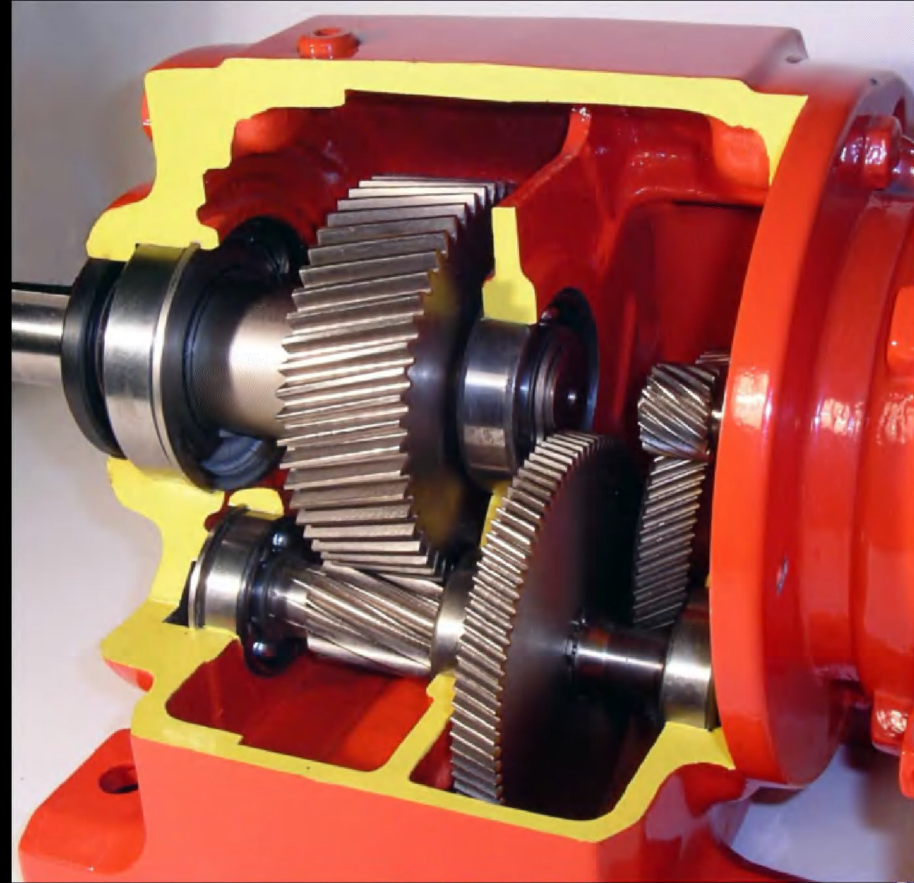
Nokta yükü-Çevre yükü kavramı

- Dönen iç bilezik, duran dış bilezik, duran yük



Çevre yükü

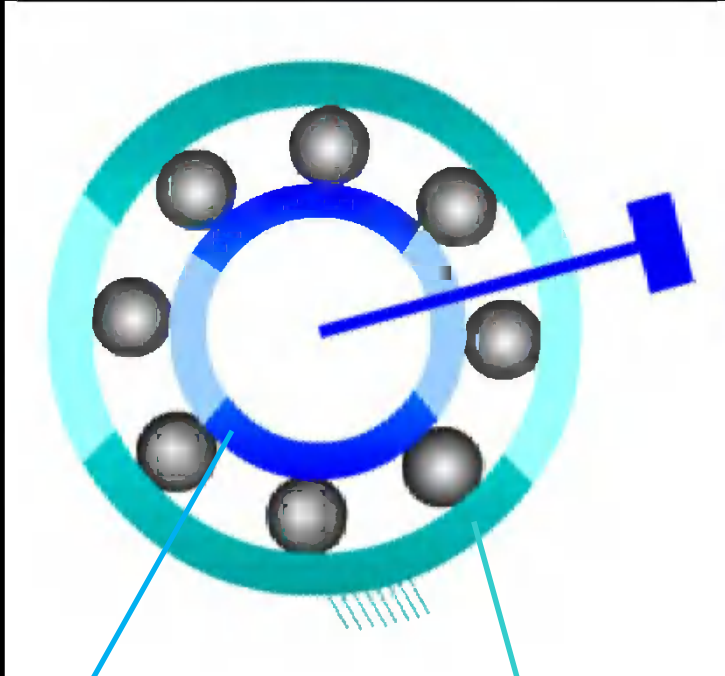
Nokta yükü





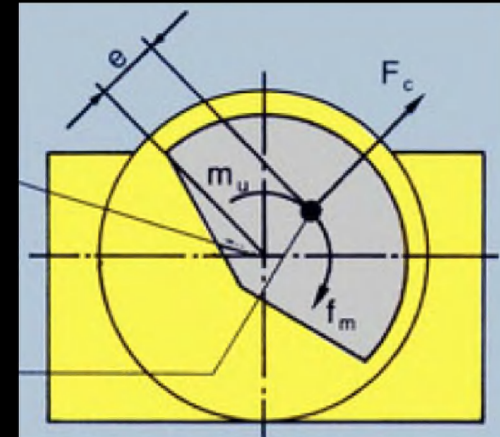
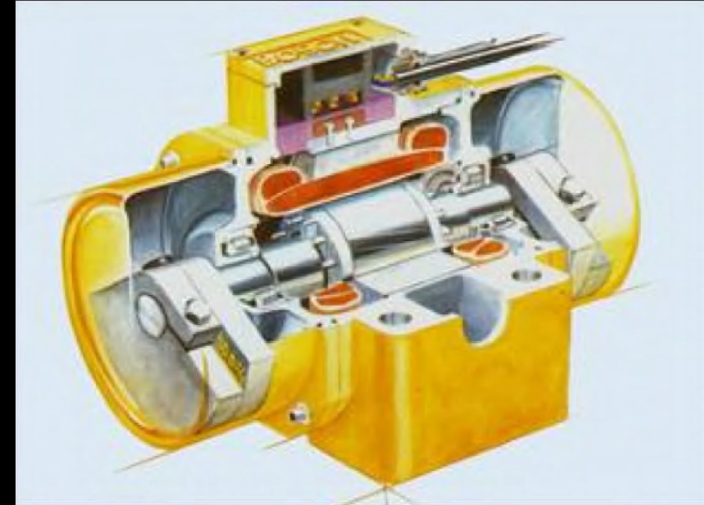
Nokta yükü-Çevre yükü kavramı

- Dönen iç bilezik, duran dış bilezik, dönen yük



Nokta yükü

Çevre yükü



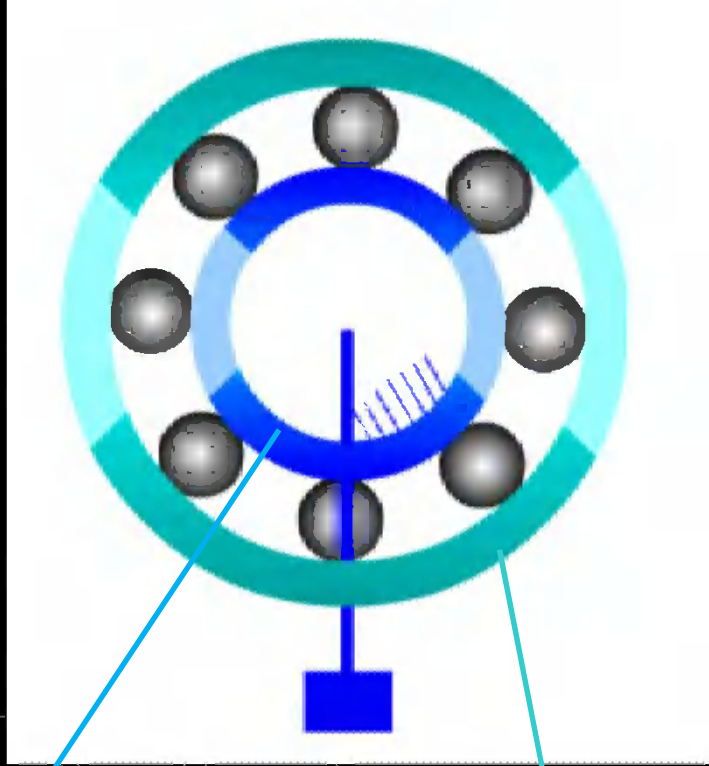
Makina Elemanları I





Nokta yükü-Çevre yükü kavramı

- Duran iç bilezik, dönen dış bilezik, duran yük



Nokta yükü

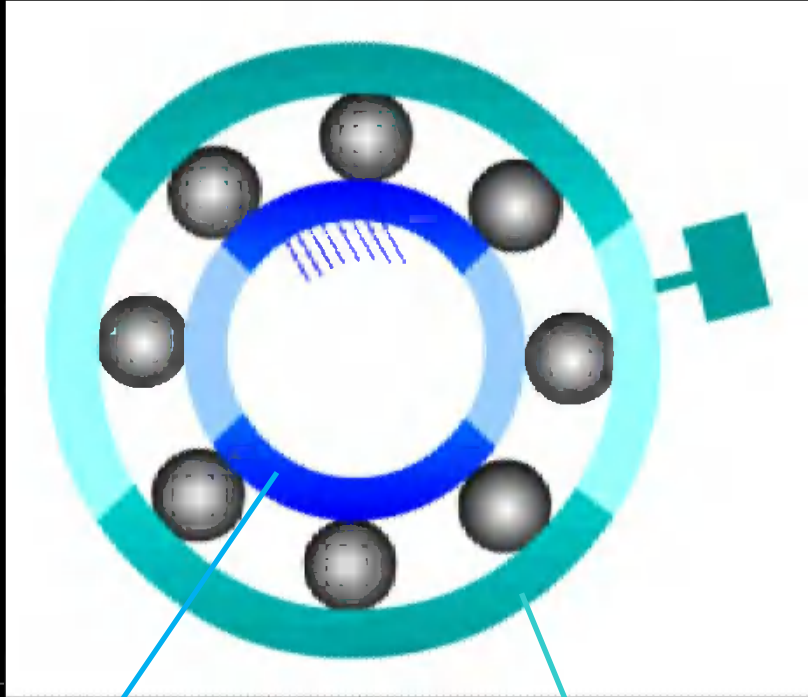
Çevre yükü





Nokta yükü-Çevre yükü kavramı

- Duran iç bilezik, dönen dış bilezik, dönen yük



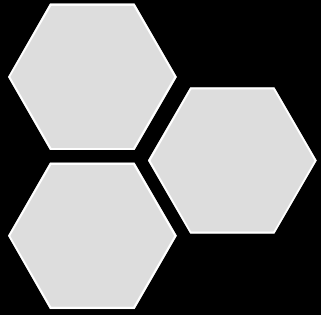
Çevre yükü

Nokta yükü



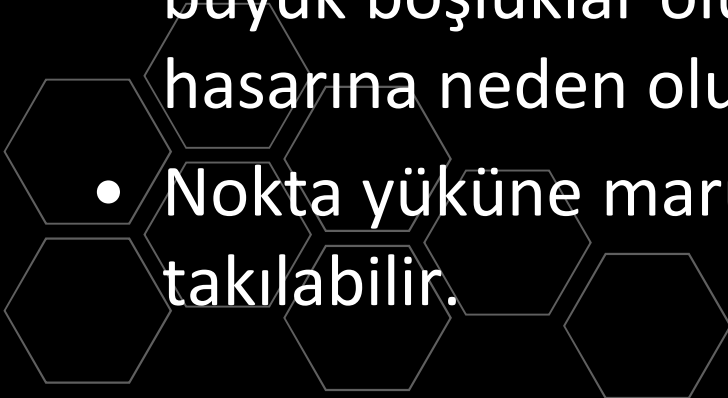
Nokta yükü-Çevre yükü kavramı

Çalışma durumu	Şematik gösterim	Yük durumu	Örnek	Önerilen geçme
Dönen iç bilezik Sabit dış bilezik Sabit yük doğrultusu		İç bilezikte çevre yükü Dış bilezikte nokta yükü	Kayış tahrikli railler Ağırlık taşıyan railler	İç bilezik rautloka sıkı geçme Dış bilezik serbest geçme olabilir
Sabit iç bilezik Dönen dış bilezik Sabit yük doğrultusu		İç bilezikte nokta yükü Dış bilezikte çevre yükü	Konveyör destek raikoları Arabalarda çekiş taşıyan tekerlekler	İç bilezik serbest geçme olabilir Dış bilezik rautloka sıkı geçme
Dönen iç bilezik Sabit dış bilezik Yük iç bilezikle beraber dönüyor		İç bilezikte nokta yükü Dış bilezikte çevre yükü	Titreşimli uygulamalar Titreşimli elekler veya raikolar	Dış bilezik rautloka sıkı geçme İç bilezik serbest geçme olabilir
Sabit iç bilezik Dönen dış bilezik Yük dış bilezikle beraber dönüyor		İç bilezikte çevre yükü Dış bilezikte nokta yükü	Döner kınalar Atlı konncaların tahriki	İç bilezik rautloka sıkı geçme Dış bilezik serbest geçme olabilir



Montaj kuralı

- Çevre yüküne maruz bileziğin **mutlaka pres geçme** takılması gereklidir.
- Aksi takdirde bileziğe etkiyen çevre yükü bileziğin takıldığı mile veya yatak yuvasına göre ufak izafi hareketler yapmasına neden olur. Bunun sonucu ortaya çıkan bir aşınma türü olan **sürtünme oksidasyonu**, yatak ile monte edildiği yüzey arasında büyük boşluklar oluşmasına ve nihayetinde rulman hasarına neden olur.
- Nokta yüküne maruz bilezik ise **serbest geçme** takılabilir.



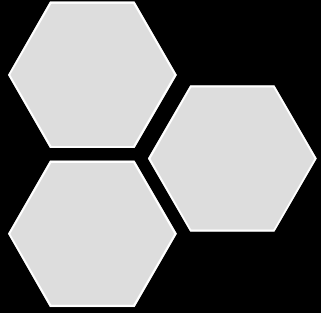
Sürtünme Oksidasyonu

- Genel olarak sürtünme oksidasyonu, yeteri sıkılıkta monte edilmeyen mil-göbek geçme yüzeylerinde, örnek olarak çevre yüküne maruz rulman bileziklerinin yeteri derecede sıkı takılmadığı zaman temas yüzeylerinde meydana gelmektedir.
- Birbirine değen az pürüzlü yüzeyler arasında bir osilasyon (salınım) hareketinin bulunması sürtünme oksidasyonunu teşvik etmektedir. Osilasyon genlikleri 0,2 mm ve daha küçüktür. Bu olay kuru ve az yağlı yüzeylerde gözlenmektedir.
- Yüzeylerin kuru olması halinde yeteri sıkılıkta monte edilmemiş yüzey çiftlerinin küçük genlikli osilasyon hareketleri sonucu yüzeylerde koyu kırmızımtırak bir tabaka oluşmaktadır. Zamanla bu tabakalar bölge bölge kalınlaşarak yüzeylerde büyük bozulmalar ve bunlara bağlı olarak çatlama ve kırılmalar meydana getirmektedir.



Sürtünme Oksidasyonu

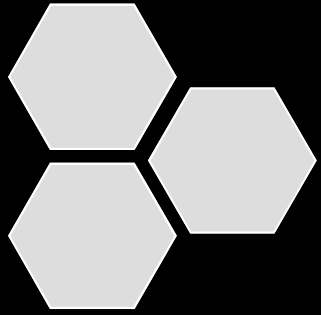
- Eğer rulman bileziği dönen bir mil serbest geçme olarak takılırsa, bilezik mil göre daha düşük hızlarda dönecektir.
- Bu milin her bir dönmesinde bileziğin bu mil üzerinde çok daha düşük hızlarda ilerlemesine (gezinmesine) neden olur.
- Rulman bileziğinin mil göre izafi hareketi her iki elemanın çevre ölçülerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple bu sıradan bir kayma hareketi değildir ve sürtünme katsayısının bu olay üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır.
-
- Bir örnek olarak, mil ile rulman bileziği arasında sadece 0,01 mm farklılık olan bir durum düşünölsün. Mil 3.000 d/dak hızda günde 10 saat çalıştığı takdirde rulmanın iç bileziği mil üzerinde bir aylık bir sürede 2 km lik mesafe kat edecektir.



Montaj kuralları

- Çevre yüküne maruz bilezik durumunda bağlantıya verilecek sıklık miktarı diğer faktörler yanında esas olarak yatak yükünün büyüklüğüne bağlıdır.
- Yatak yükü ne kadar artarsa, sürünme ihtimali de o oranda artar bu sebeple büyük yükler için sıklığın da arttırılması gerekir.

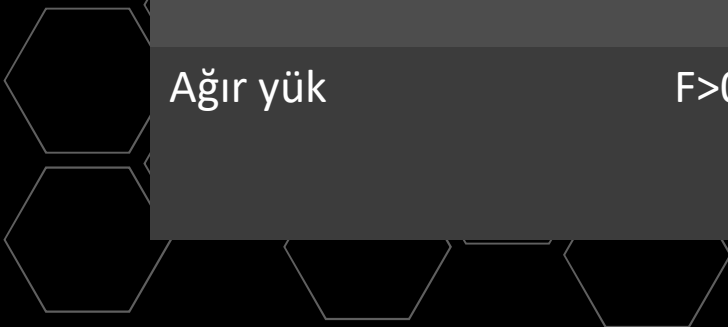


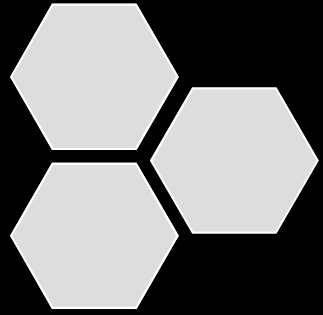


Yükün büyüklüğü

- Rulmanlı yataklarda yükün büyüklüğü dinamik yük sayısı esas alınarak değerlendirilir. Yükün durumu ve karşılaşılan uygulama ile ilgili aşağıdaki tablo faydalı olabilir.

Yük durumu	Koşul	Uygulamalar
Hafif yük	$F \leq 0,05.C$	Konveyörler, hafif yüklü dişli kutuları vb.
Normal yük	$0,05.C \leq F \leq 0,1.C$	Genel uygulamalar, elektrik motorları, türbinler, pompalar, dişli kutuları, ahşap makinaları vb.
Ağır yük	$F > 0,1.C$	Ağır demiryolu araçlarının aks kutuları, cer motorları, hadde merdaneleri, rüzgar türbinleri

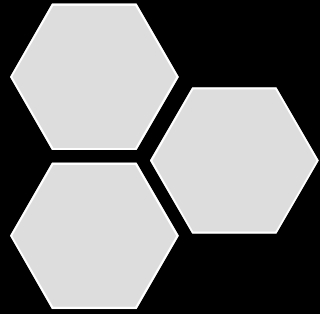




Tavsiye edilen geçmeler

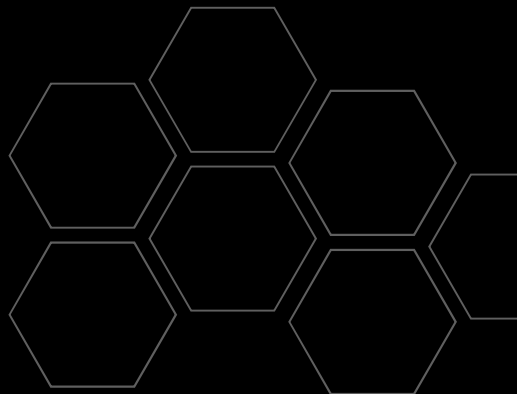
- Dolu mile takılan iç bilezikler için

YÜK DURUMU	Mil çapı [mm] Silindirik rulmanlar	Silindirik makaralı rulmanlar	Konik makaralı rulmanlar	CARB ve oynak makaralı rulmanlar	Tolerans sınıfı
	...				
HAFİF	≤ 17 $> 17 \dots 100$ $> 100 \dots 140$ -	- ≤ 25 $> 25 \dots 60$ $> 60 \dots 140$	- ≤ 25 $> 25 \dots 60$ $> 60 \dots 140$	- - - -	$js5 (h5)^{4)}$ $j6 (j5)^{4)}$ $k6$ $m6$
GRTA	≤ 10 $> 10 \dots 17$ $> 17 \dots 100$ - $> 100 \dots 140$ $> 140 \dots 200$ - $> 200 \dots 500$ - > 500 - -	- - - ≤ 30 $> 30 \dots 50$ - $> 50 \dots 65$ $> 65 \dots 100$ $> 100 \dots 280$ - $> 280 \dots 500$ > 500	- - - ≤ 40 $> 40 \dots 65$ - $> 65 \dots 200$ $> 200 \dots 360$ - $> 360 \dots 500$ > 500	- - < 25 - $25 \dots 40$ - $> 40 \dots 60$ $> 60 \dots 100$ $> 100 \dots 200$ - $> 200 \dots 500$ > 500	$js5$ $j5 (js5)^{4)}$ $k5^{5)}$ $k6$ $m5$ $m6$ $n5^{6)}$ $n6^{6)}$ $p6^{8)}$ $p7^{6)}$ $r6^{6)}$ $r7^{6)}$
AĞIR	+ - - - -	$> 50 \dots 65$ $> 65 \dots 85$ $> 85 \dots 140$ $> 140 \dots 300$ $> 300 \dots 500$ > 500	- $> 50 \dots 110$ $> 110 \dots 200$ $> 200 \dots 500$ - > 500	$> 50 \dots 70$ - $> 70 \dots 140$ $> 140 \dots 280$ $> 280 \dots 400$ > 400	$n5^{6)}$ $n6^{6)}$ $p6^{8)}$ $r6^{9)}$ $s6_{min} \pm IT6/2^{8)}$ $s7_{min} \pm IT7/2^{8)}$



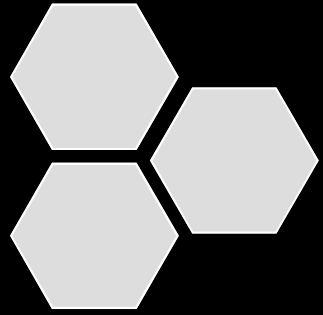
Tavsiye edilen geçmeler (Dolu miller)

Yeni tablo için
bkz. sayfa 172



Fits for solid steel shafts					
Radial bearings with cylindrical bore					
Conditions	Examples	Shaft diameter, mm		Tolerance	
		Ball bearings	Cylindrical and taper roller bearings	CARB and spherical roller bearings	
Rotating inner ring load or direction of load indeterminate					
Light and variable loads ($P \leq 0,06 C$)	Conveyors, lightly loaded gearbox bearings	(18) to 100 (100) to 140	≤ 40 (40) to 100	–	j6 k6
Normal and heavy loads ($P > 0,06 C$)	Bearing applications generally, electric motors, turbines, pumps, internal combustion engines, gearing, woodworking machines	≤ 18 (18) to 100 (100) to 140 (140) to 200 (200) to 280 – – –	– ≤ 40 (40) to 100 (100) to 140 (140) to 200 (200) to 400 – – –	– ≤ 40 (40) to 65 (65) to 100 (100) to 140 (140) to 280 (280) to 500 > 500	j5 k5 (k6) ¹⁾ m5 (m6) ¹⁾ m6 n6 p6 r6 ²⁾ r7 ²⁾
Very heavy loads and shock loads with difficult working conditions ($P > 0,12 C$)	Axleboxes for heavy railway vehicles, traction motors, rolling mills	– – –	(50) to 140 (140) to 200 > 200	(50) to 100 (100) to 140 > 140	n6 ²⁾ p6 ²⁾ r6 ²⁾
High demands on running accuracy with light loads ($P \leq 0,06 C$)	Machine tools	8 to 240 – – – –	– 25 to 40 (40) to 140 (140) to 200 (200) to 500	– – – – –	js4 js4 (j5) ³⁾ k4 (k5) ³⁾ m5 ⁴⁾ n5 ³⁾
Stationary inner ring load					
Easy axial displacement of inner ring on shaft desirable	Wheels on non-rotating axles				g6 ⁴⁾
Easy axial displacement of inner ring on shaft unnecessary	Tension pulleys, rope sheaves				h6
Axial loads only					
	Bearing applications of all kinds	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6

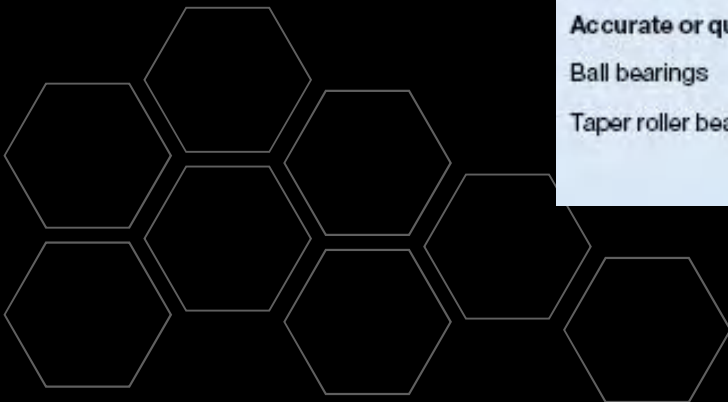


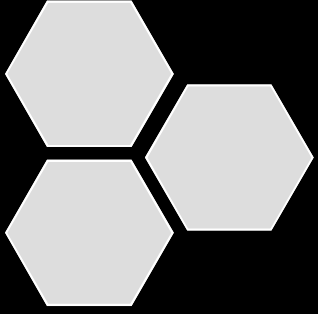


Tavsiye edilen geçmeler (Yatak yuvası)

Yeni tablo için
bkz. sayfa 174

Fits for cast iron and steel housings			
Radial bearings – non-split housings			
Conditions	Examples	Tolerance	Displacement of outer ring
Rotating outer ring load			
Heavy loads on bearings in thin-walled housings, heavy shock loads ($P > 0,12 C$)	Roller bearing wheel hubs, big-end bearings	P7	Cannot be displaced
Normal and heavy loads ($P > 0,06 C$)	Ball bearing wheel hubs, big-end bearings, crane travelling wheels	N7	Cannot be displaced
Light and variable loads ($P \leq 0,06 C$)	Conveyor rollers, rope sheaves, belt tensioner pulleys	M7	Cannot be displaced
Direction of load indeterminate			
Heavy shock loads	Electric traction motors	M7	Cannot be displaced
Normal and heavy loads ($P > 0,06 C$), axial displacement of outer ring unnecessary	Electric motors, pumps, crankshaft bearings	K7	Cannot be displaced as a rule
Accurate or quiet running¹⁾			
Ball bearings	Small electric motors	J6 ²⁾	Can be displaced
Taper roller bearings	When adjusted via the outer ring	JS5	–
	Axially located outer ring	K5	–
	Rotating outer ring load	M5	–





Geçme Sonucunda Rulmanlı Yatak Boşluğundaki Değişim:

- Mil ve yuva için seçilen toleransların sonucu olarak mil-iç bilezik çifti için Δ_1 ve yatak yuvası-dış bilezik çifti için Δ_2 sıkılıklarının oluştuğunu varsayalım.
- Montaj işlemi sonucunda temas yüzeylerinde oluşan basınçların sonucu olarak iç bileziğin dış çapında (yuvarlanma elemanlarının hareket yolunu temsil eden çapta) δ_1 artışı, dış bileziğin iç çapında ise δ_2 azalışı ortaya çıkar.
- Bu durumda radyal boşlukta $\delta_1 + \delta_2$ kadar azalma olacaktır. Bilezikler ve takıldıkları parçalar içten veya dıştan basınca maruz kalan kalın etli borular olarak düşünüldüğü takdirde bu değişimler büyük bir yaklaşıklıkla hesaplanabilir.



İç bilezikteki azalma

$$c_{y1} = \frac{d}{d_e}$$

$$c_m = \frac{d_i}{d}$$

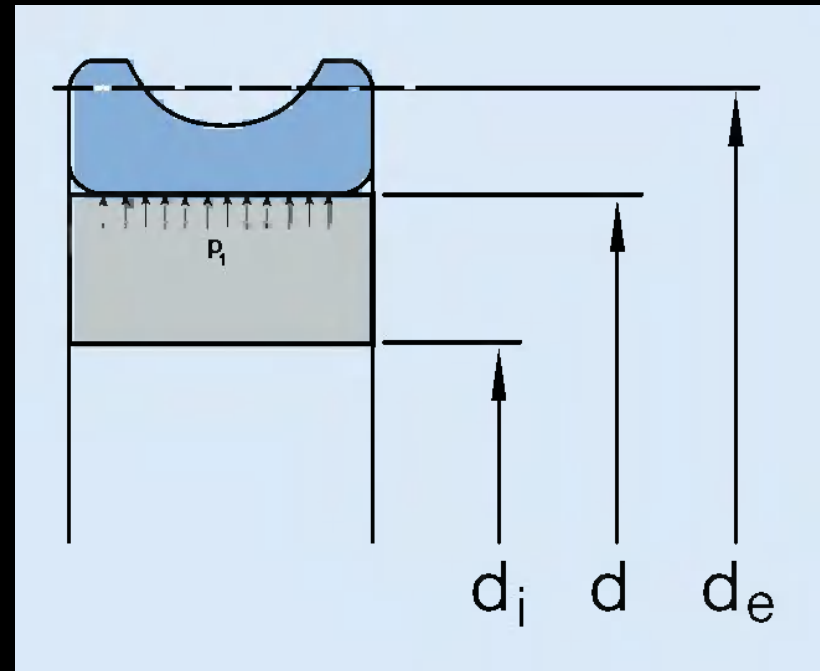
$$\frac{\Delta_1}{p_1} = \frac{d}{E_y} \left(\frac{1+c_{y1}^2}{1-c_{y1}^2} + \nu_y \right) + \frac{d}{E_m} \left(\frac{1+c_m^2}{1-c_m^2} - \nu_m \right)$$

$$\frac{\delta_1}{\Delta_1} = \frac{\frac{2c_{y1}}{E_y(1-c_{y1}^2)}}{\frac{1}{E_y} \left(\frac{1+c_{y1}^2}{1-c_{y1}^2} + \nu_y \right) + \frac{1}{E_m} \left(\frac{1+c_m^2}{1-c_m^2} - \nu_m \right)}$$

İç dolu mil hali için

$$\frac{\Delta_1}{p_1} = \frac{d}{E} \left(\frac{2}{1-c_{y1}^2} \right)$$

$$\frac{\delta_1}{\Delta_1} = c_{y1}$$



Dış bilezikteki azalma

$$c_a = \frac{D}{d_a}$$

$$c_{y2} = \frac{d_y}{D}$$

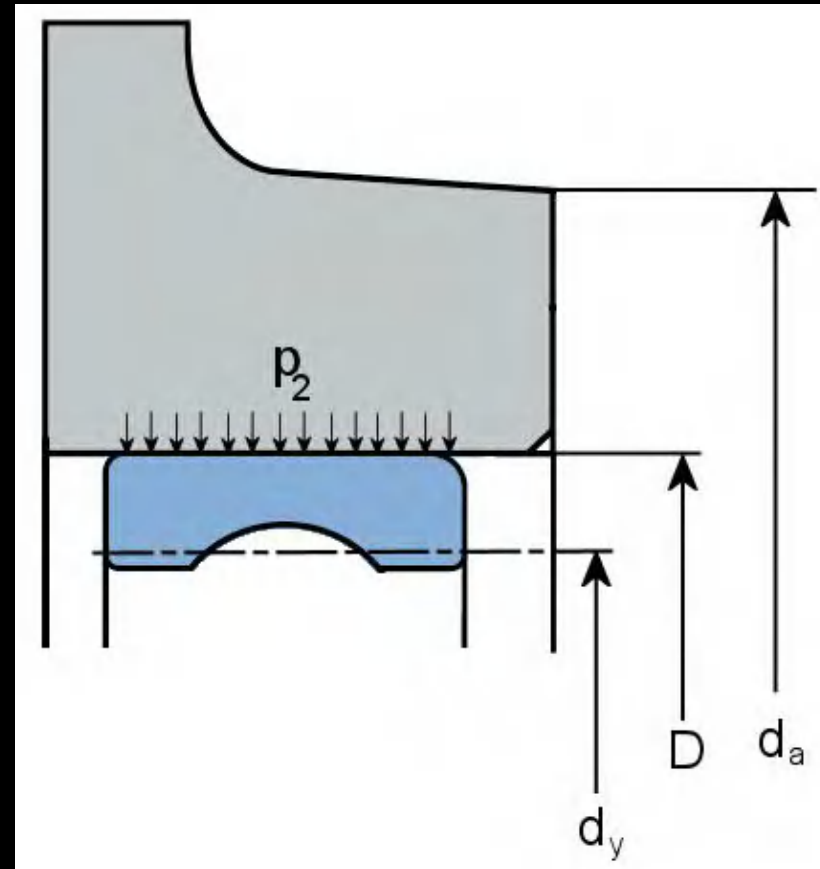
$$\frac{\Delta_2}{p_2} = \frac{D}{E_y} \left(\frac{1+c_{y2}^2}{1-c_{y2}^2} - \nu_y \right) + \frac{D}{E_a} \left(\frac{1+c_a^2}{1-c_a^2} + \nu_a \right)$$

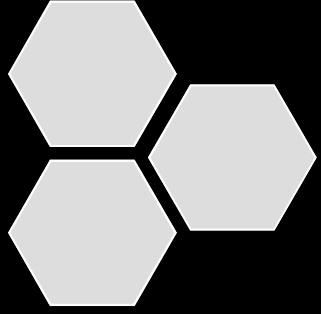
$$\frac{\delta_2}{\Delta_2} = \frac{\frac{2c_{y2}}{E_y(1-c_{y2}^2)}}{\frac{1}{E_y} \left(\frac{1+c_{y2}^2}{1-c_{y2}^2} - \nu_y \right) + \frac{1}{E_a} \left(\frac{1+c_a^2}{1-c_a^2} + \nu_a \right)}$$

Rijit yuva için

$$\frac{\Delta_2}{p_2} = \frac{D}{E} \left(\frac{2}{1-c_{y2}^2} \right)$$

$$\frac{\delta_2}{\Delta_2} = c_{y2}$$

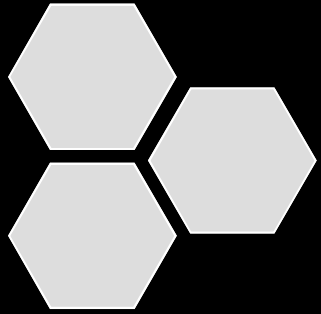




İçi boş mil veya ince et kalınlığı olan yuvaya montajda uygun sıklığın belirlenmesi

- Genel kataloglarda tavsiye edilen geçmeler ve bunlara karşılık gelen toleranslar, **İçi dolu mil ve nispeten kalın etli yuvalar** için verilmiştir.
- İçi boş mil veya ince etli yuva halinde beklenen temas basıncı oluşmayabilir.
- Bu nedenle bu durumlarda nispeten büyük sıklıklar ve bunlara karşılık gelen toleranslar seçilmelidir.

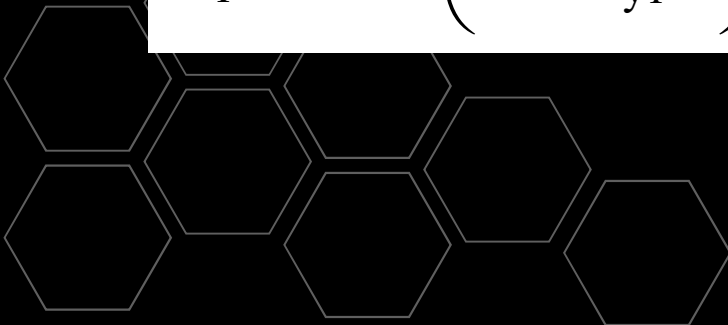


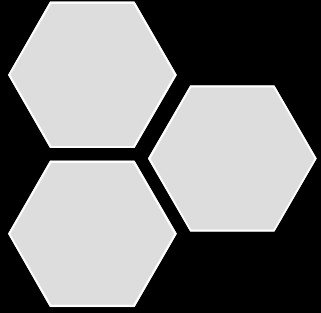


- Uygun sıklığın tespitinde yukarıda verilmiş olan bağıntılar kullanılabilir. Bunun için tavsiyeler doğrultusunda seçilen sıklık değerleri (Δ_1, Δ_2) kullanılarak mil-iç bilezik geçmesi için (1) , yuva-dış bilezik geçmesi için (2) numaralı bağıntılardan p_1 ve p_2 basınçları hesaplanır (olması gereken basınçlar).

$$\frac{\Delta_1}{p_1} = \frac{d}{E} \left(\frac{2}{1 - c_{y1}^2} \right)$$

$$\frac{\Delta_2}{p_2} = \frac{D}{E} \left(\frac{2}{1 - c_{y2}^2} \right)$$

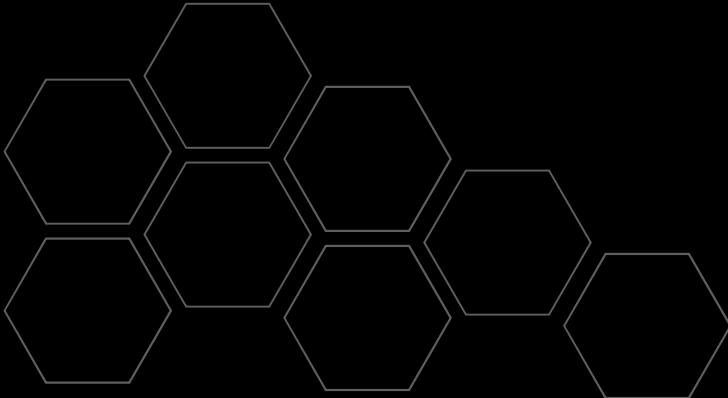


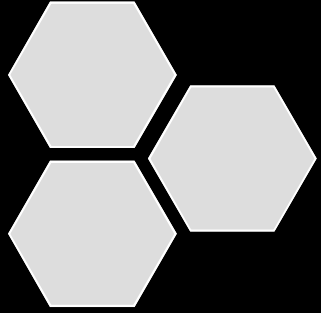


- Bu basınç değerleri (3) ya da (4) numaralı bağıntılarda kullanılarak yeni sıklık değerleri hesaplanır. Bu yeni değerlere karşılık gelen toleranslar seçildiği takdirde yeterli temas basıncı oluşur.

$$\frac{\Delta_1}{p_1} = \frac{d}{E_y} \left(\frac{1 + c_{y1}^2}{1 - c_{y1}^2} + v_y \right) + \frac{d}{E_m} \left(\frac{1 + c_m^2}{1 - c_m^2} - v_m \right)$$

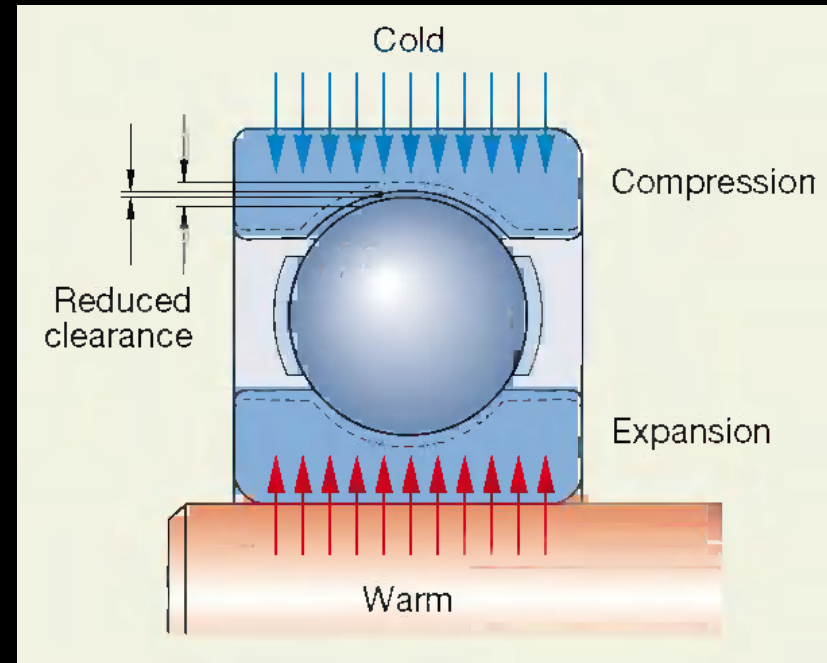
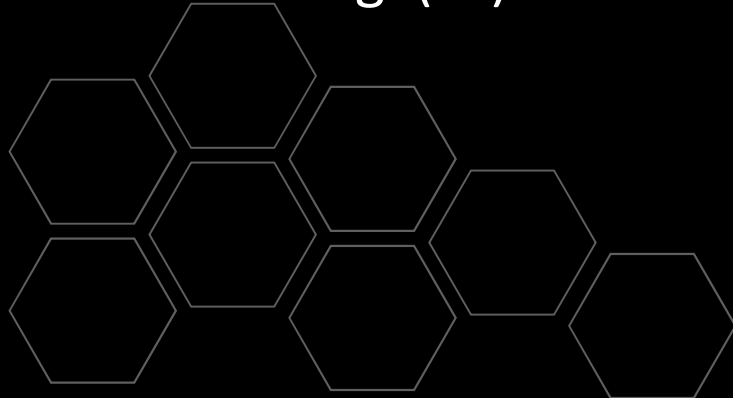
$$\frac{\Delta_2}{p_2} = \frac{D}{E_y} \left(\frac{1 + c_{y2}^2}{1 - c_{y2}^2} - v_y \right) + \frac{D}{E_a} \left(\frac{1 + c_a^2}{1 - c_a^2} + v_a \right)$$





Sıcaklık farklarının geçme sıklığına etkisi

- $\Delta d = d \cdot \beta \cdot (t_1 - t_2) \cdot 1000$
(μm)
- Burada; β : Isıl genleşme katsayısı ($1/^\circ\text{C}$)
- d : İç bilezik delik çapı (mm)
- t_1 : Milin yaklaşık sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)
- t_2 : İç bileziğin yaklaşık sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)



Sürünme

- Oldukça kayda değer araştırma sonuçlarından biri de **ağır yatak yükleri durumunda** çevre yüküne maruz bilezik sıkı geçme olarak monte edilmiş olsa dahi sürünmenin meydana geldiğidir. Yuvarlanma elemanındaki yük sebebiyle bilezikte meydana gelen basma gerilmeleri o bölgede bileziğin deforme olarak uzamasına, dolayısıyla da bilezik çapının artmasına neden olur. İç bilezik çapındaki bu değişiklik yaklaşık olarak

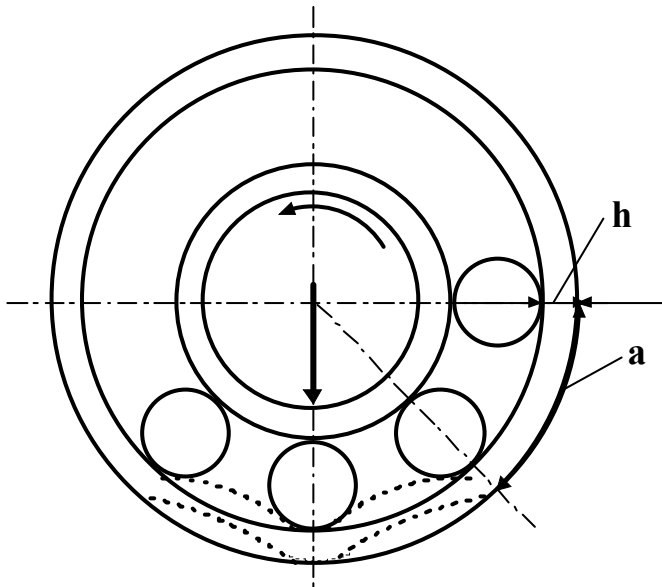
$$\delta_c = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{d \cdot F_r}{10 \cdot B}}$$

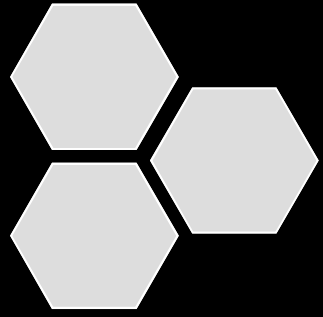
δ_c : çaptaki değişim [μm]

B: bilezik genişliği [mm]

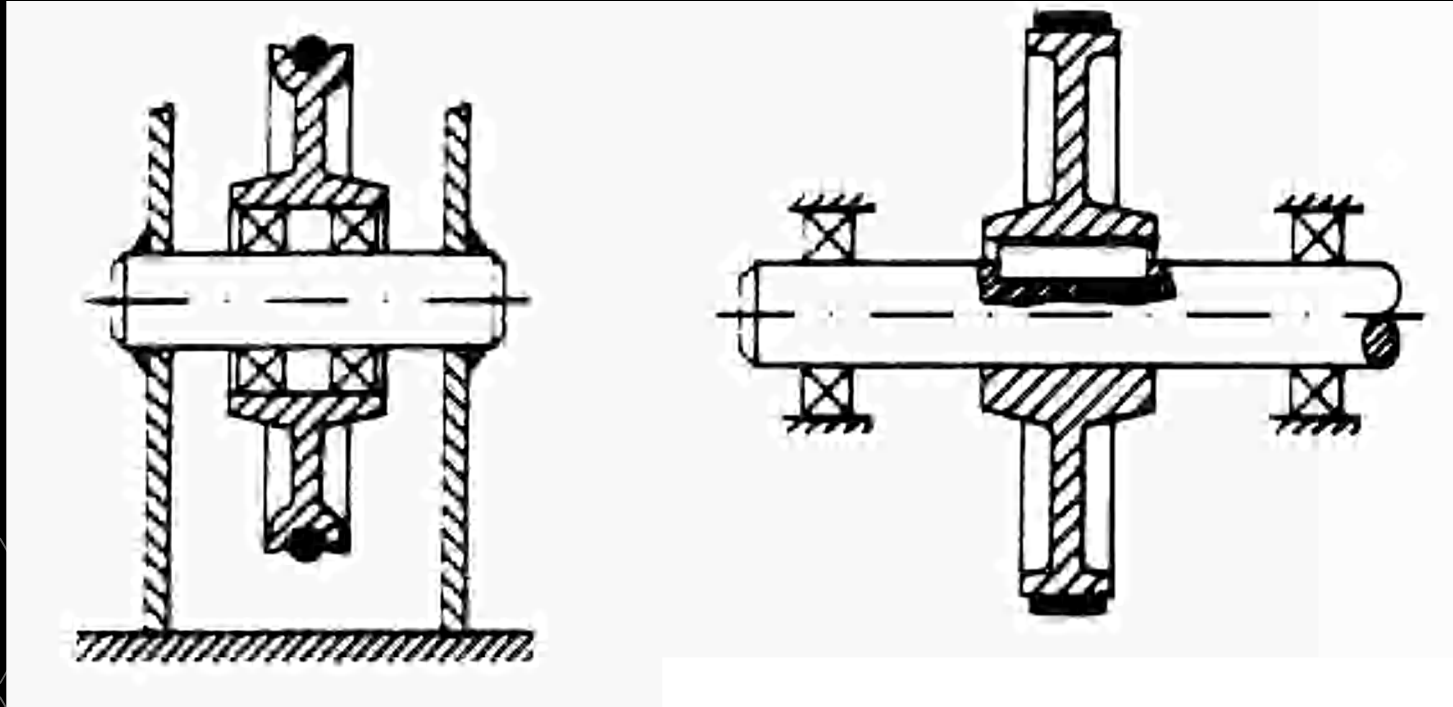
F_r : Radyal yatak yükü [N]

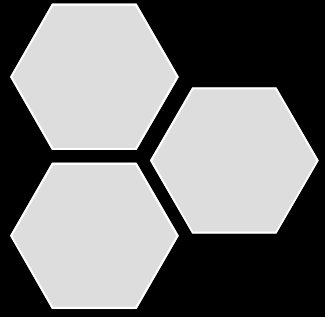
d: İç bileziğin iç çapı [mm]



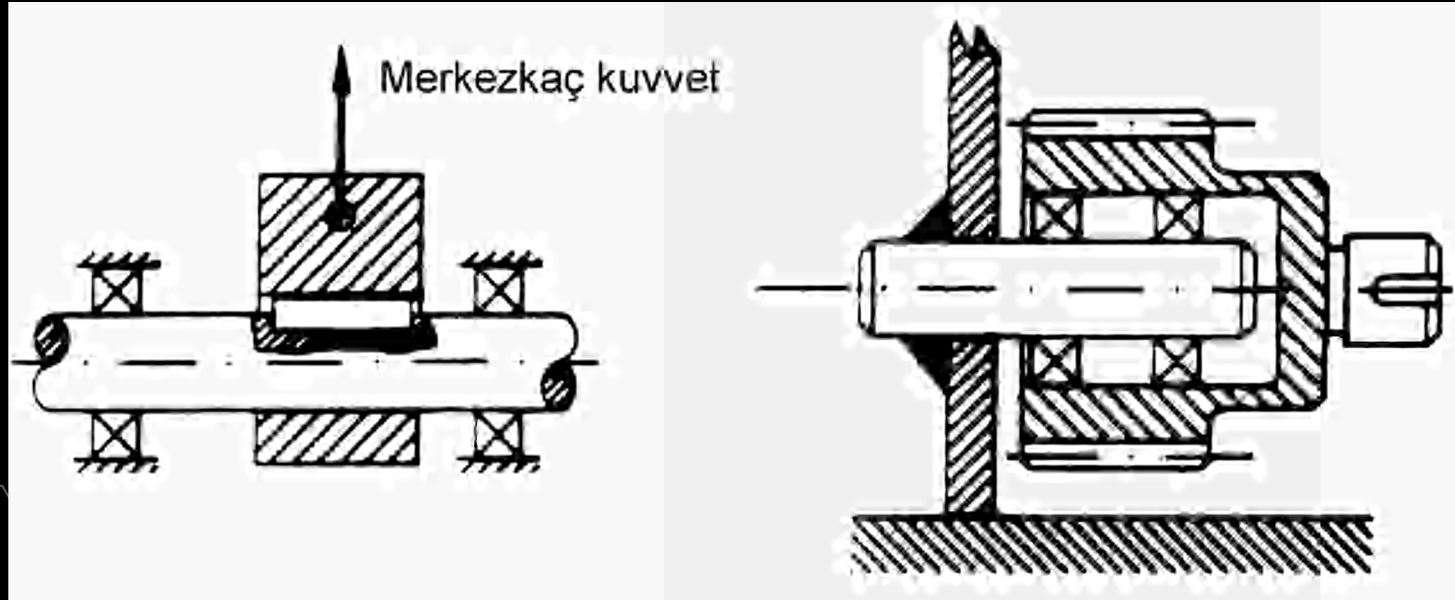


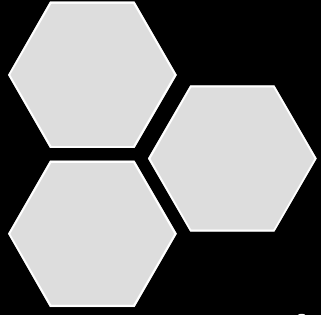
Nokta yükü-Çevre yükü kavramı





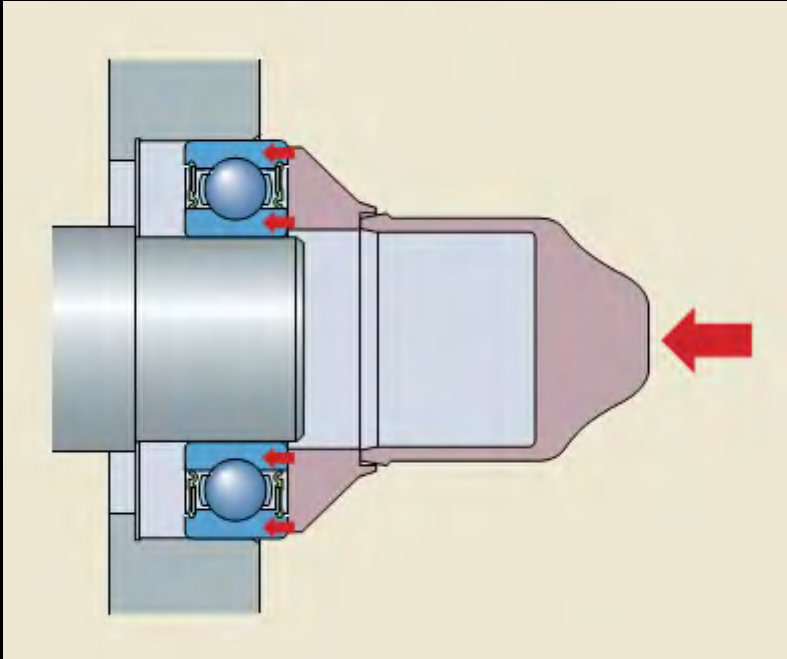
Nokta yükü-Çevre yükü kavramı



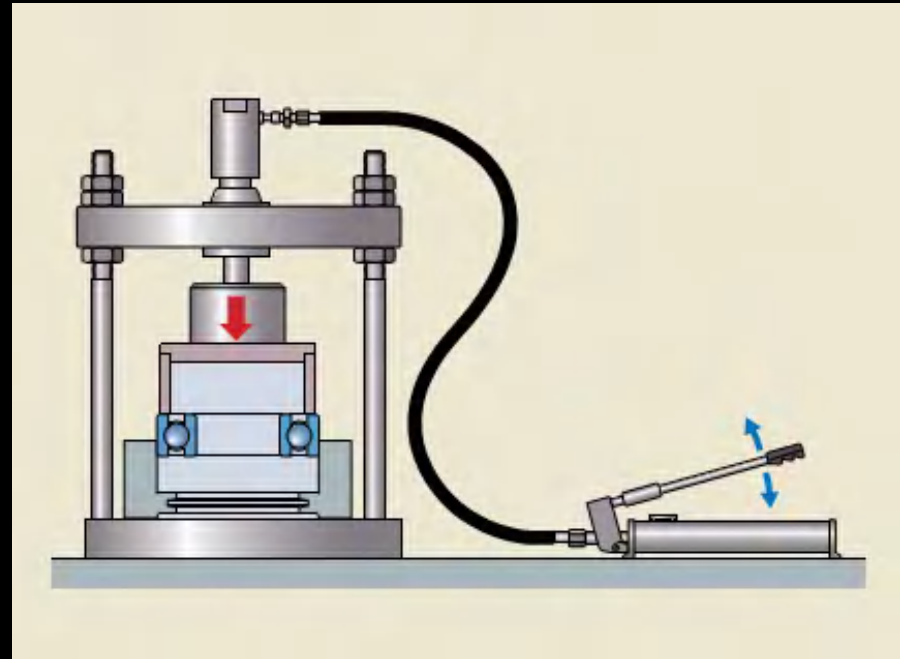


Rulmanlı Yatak Montajı

- Mekanik yöntemler (Silindirik muylu)

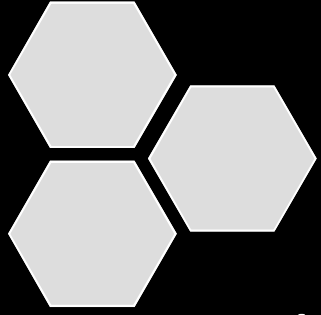


Vurmalı çekiçe montaj



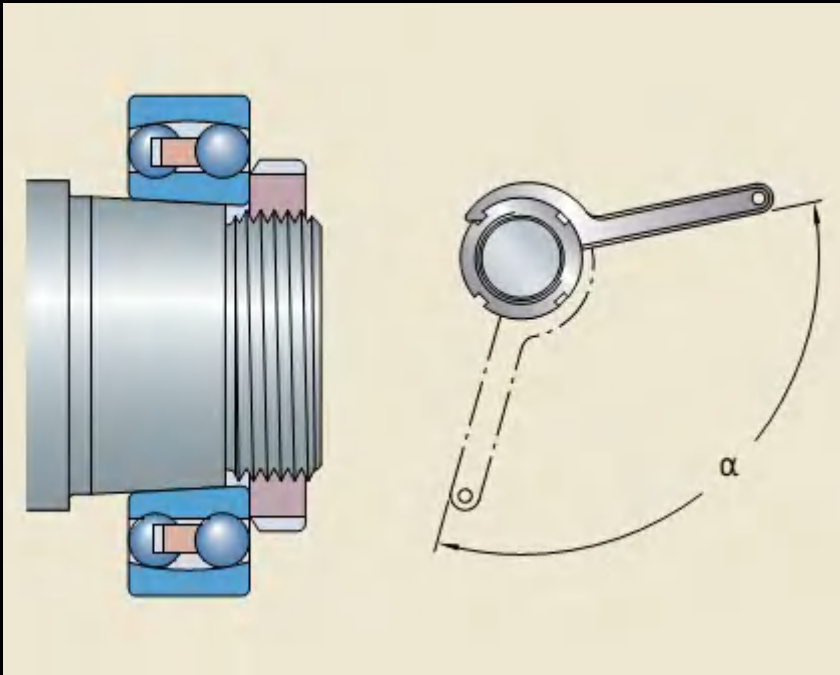
Hidrolik pistonlu montaj



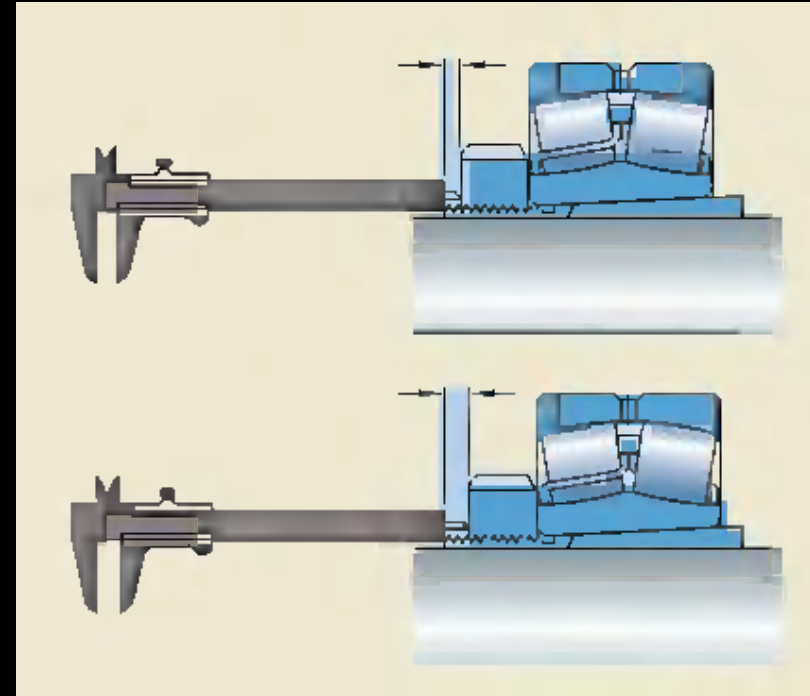


Rulmanlı Yatak Montajı

- Mekanik yöntemler (Konik muylu)

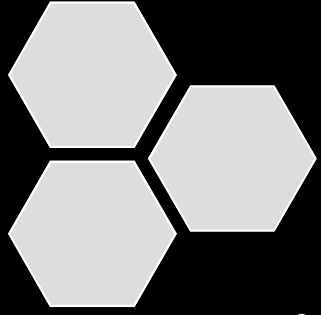


Emniyet somunlu montaj



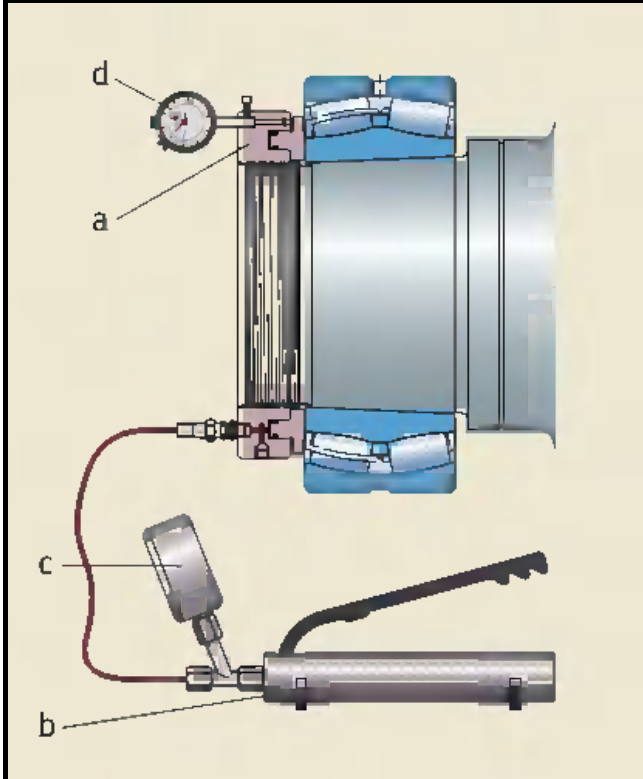
Germe manşonlu montaj



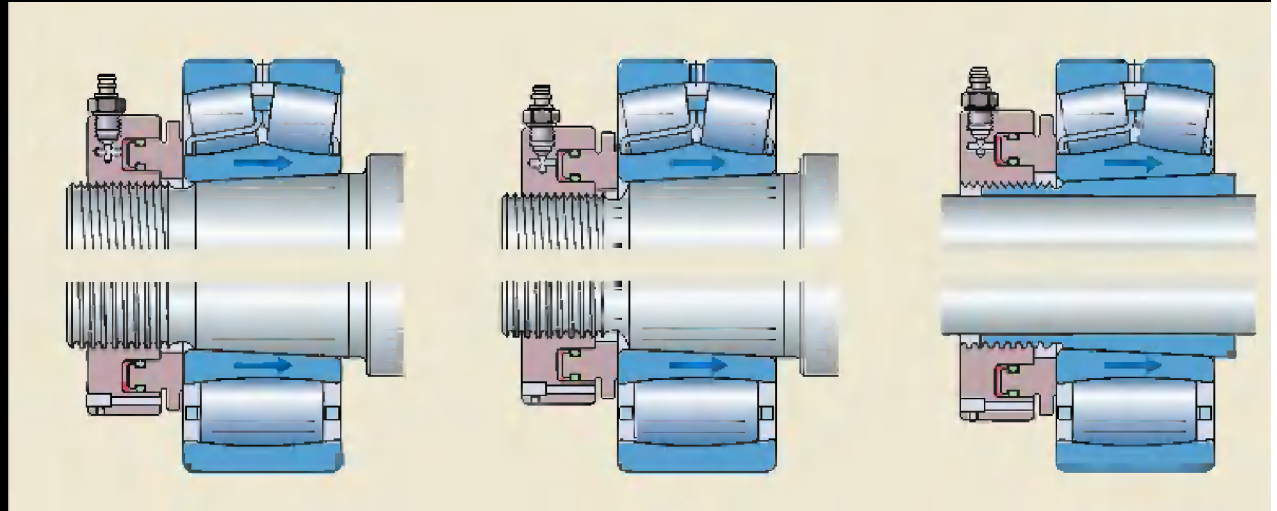


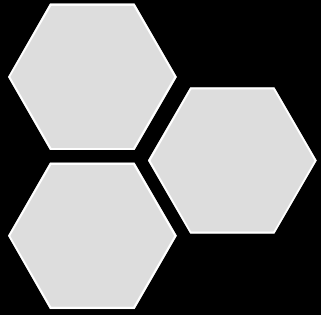
Rulmanlı Yatak Montajı

- Mekanik yöntemler (Konik muylu)



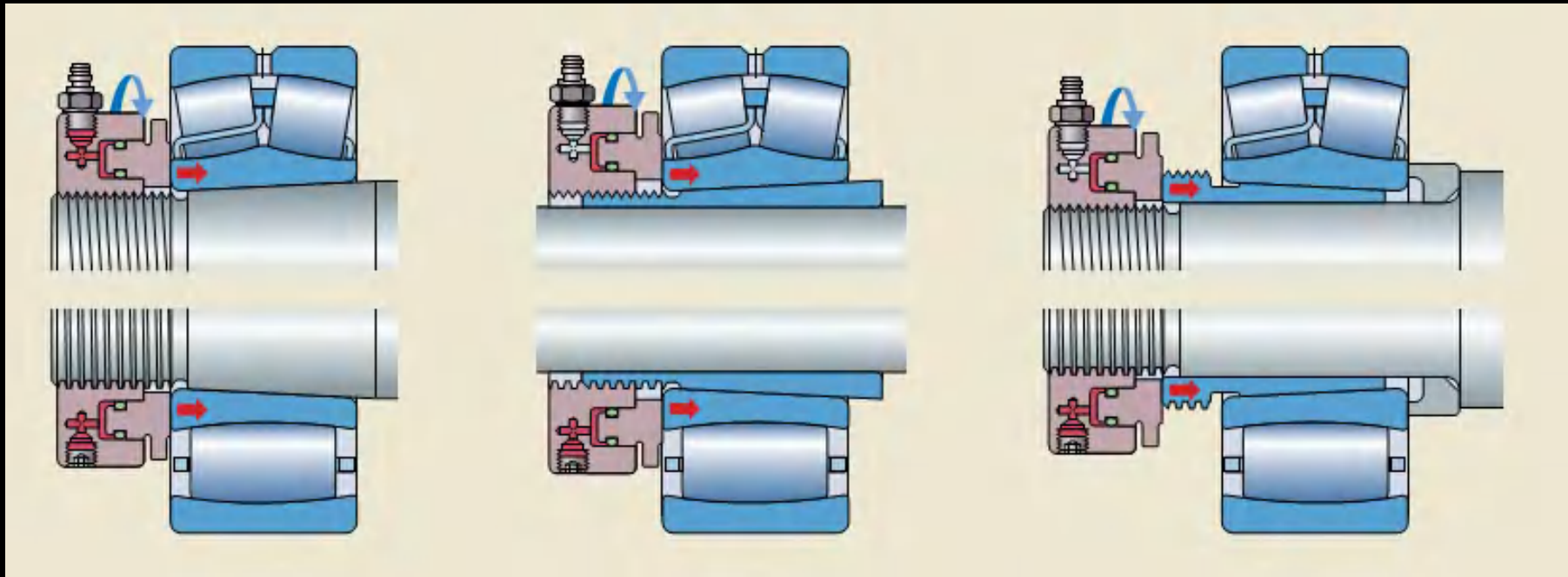
Hidrolik somunlu montaj





Rulmanlı Yatak Montajı

- Mekanik yöntemler (Germe ve çakma manşonlar)



Konik muyluya
doğrudan montaj

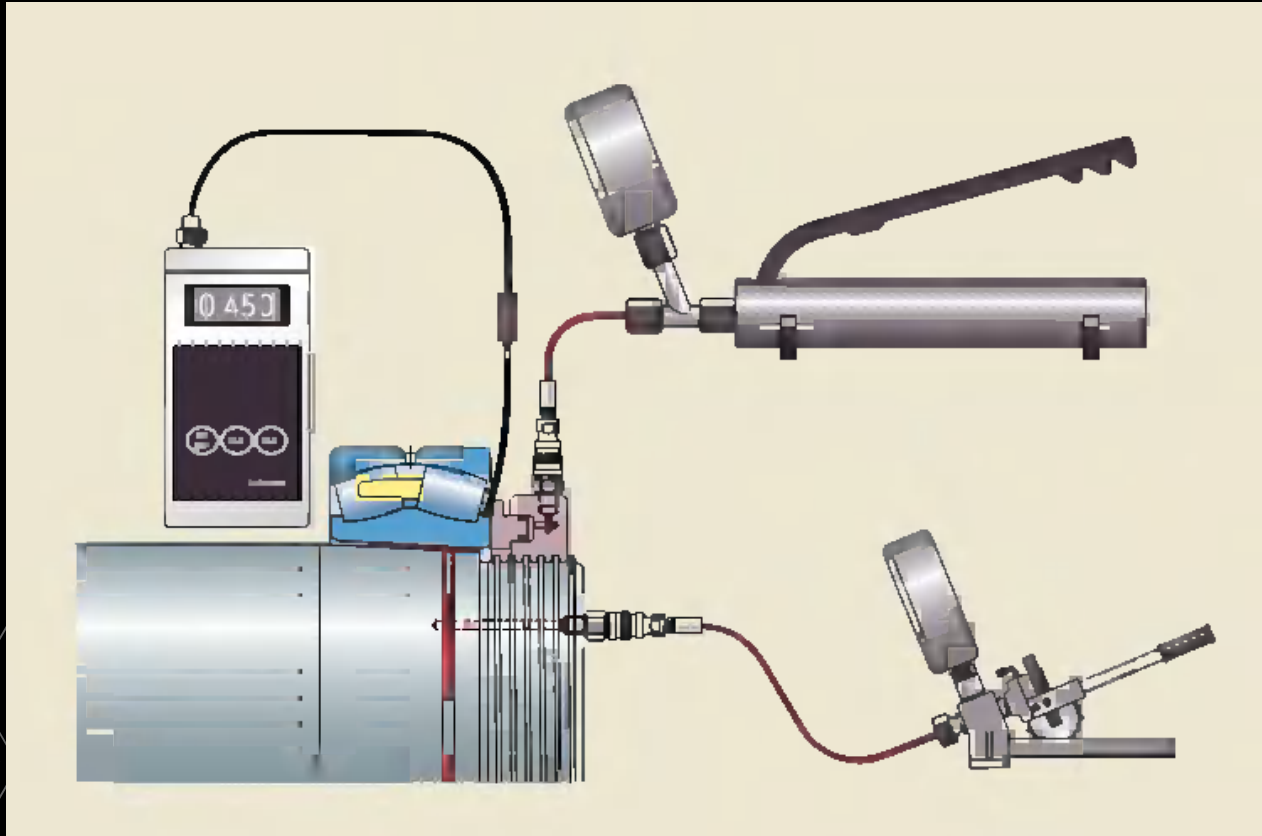
Silindirik muyluya
germe manşonlu
montaj

Silindirik muyluya
çakma manşonlu
montaj



Rulmanlı Yatak Montajı

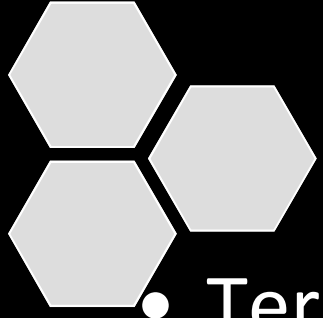
- Mekanik yöntemler (Yağ enjeksiyonu)



Basınçlı yağ metodu

Basınçlı yağ yöntemi



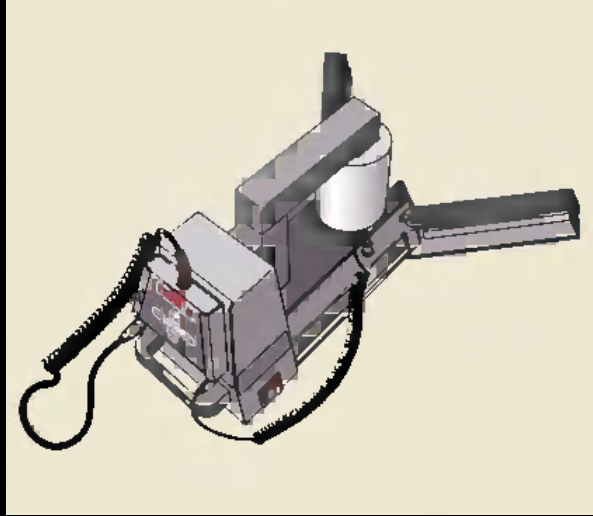


Rulmanlı Yatak Montajı

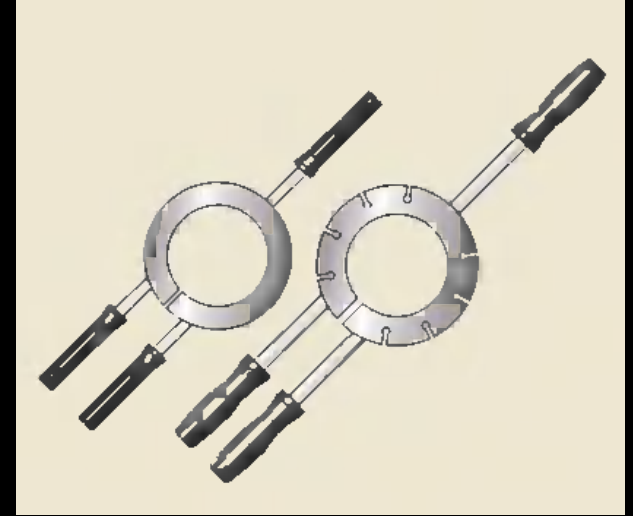
- Termal yöntemler



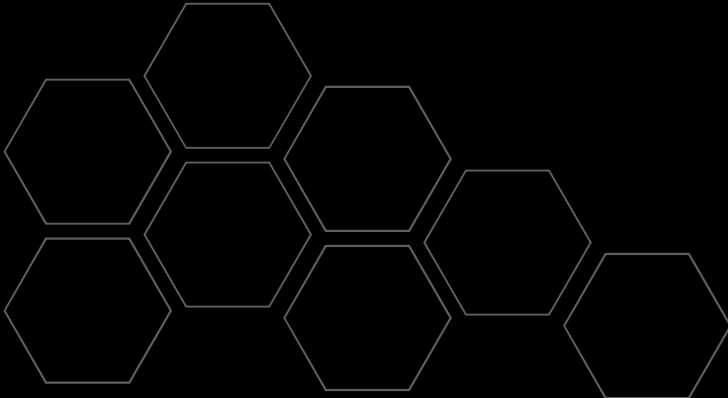
Isıtma plakaları

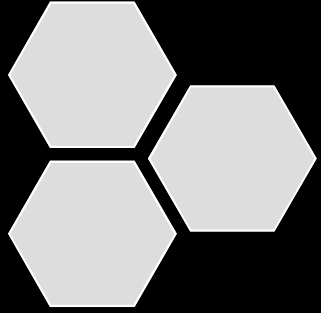


İndüksiyonlu ısıtıcı



Isıtma halkaları



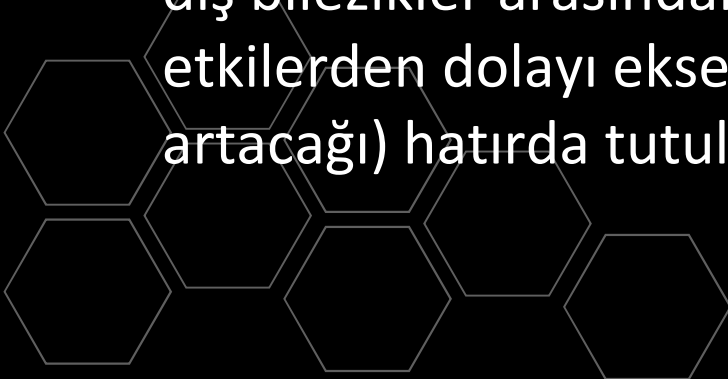


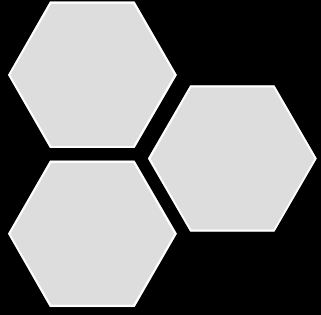
Konik yatakların montajı

- Tek sıra konik rulmanlı yatakların montajında üç hal söz konusu olabilir:

1. Eksenel boşluklu hal
2. Ön gerilmeli hal
3. Sıfır eksenel boşluk hali (pratik olarak)

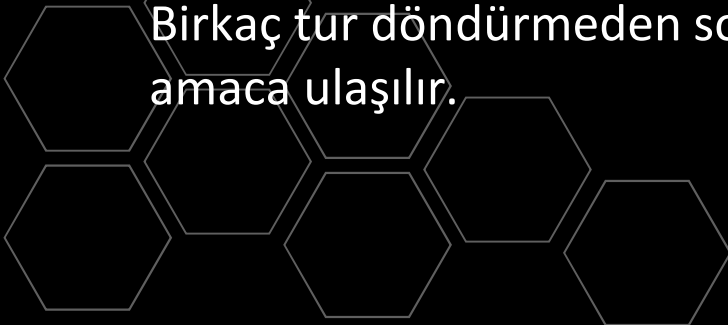
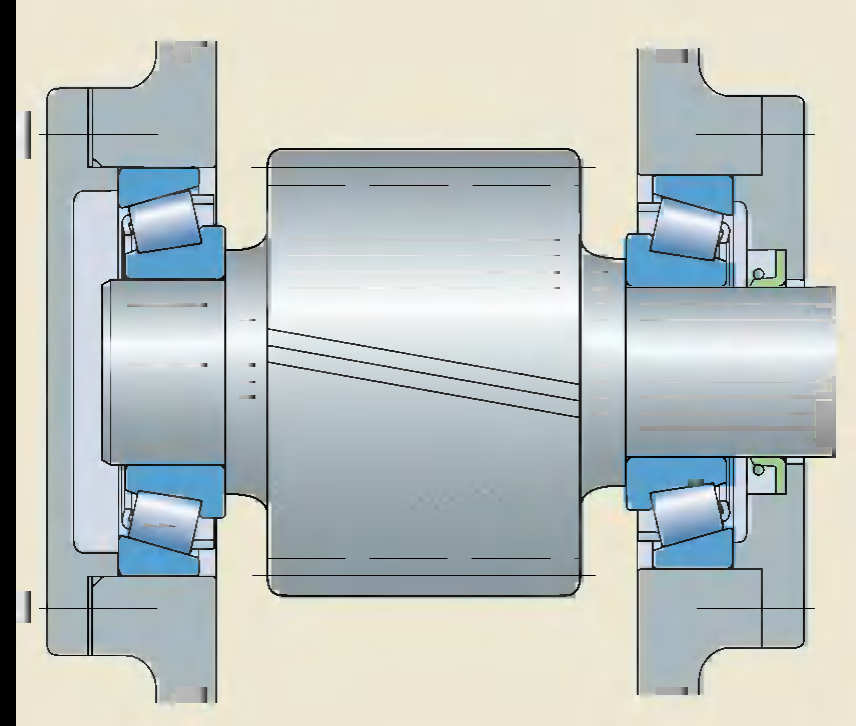
- Uygun yöntem uygulamaya göre seçilir. Çalışma sırasında iç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkları, yükler, hızlar gibi etkilerden dolayı eksenel boşluğun azalacağı (ön gerilmenin artacağı) hatırlanmalıdır)

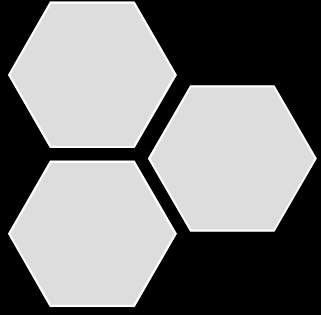




Yüz yüze tasarım için montaj

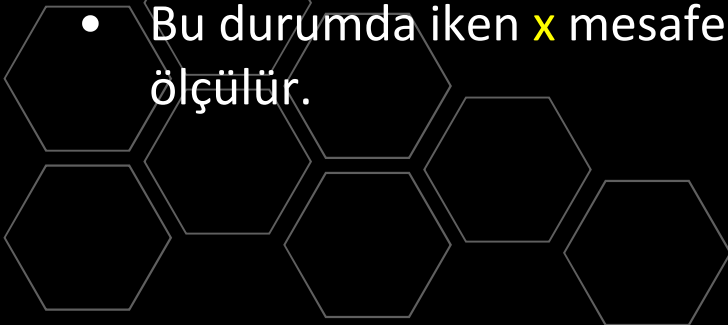
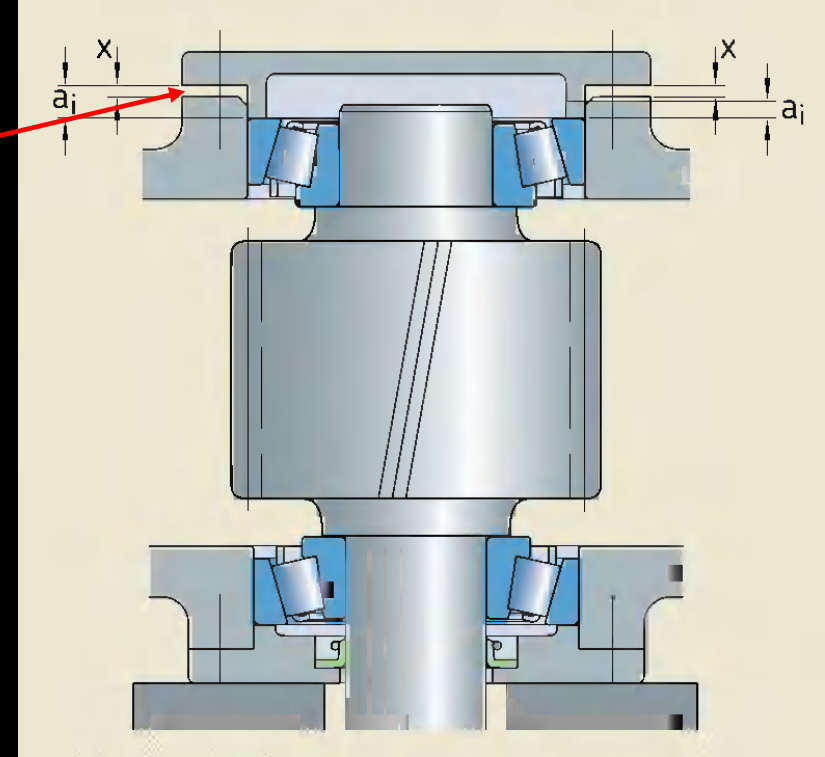
- İç bilezik ve makara seti uygun yöntemlerden biri ile mil üzerine takılır. Dış bilezikler, takılan iç bilezik ve makara seti üzerine yerleştirilir. Ayar gerekmeyen kapak yerine cıvatalarla sabitlenir.
- **Gerekli flanş uzunluğunun tespiti:**
- Dış bileziği bastırırken mil elle döndürülür, bu şekilde bütün makaraların iç bilezikteki kılavuz flanş ile temas etmesi sağlanır. Birkaç tur döndürmeden sonra amaca ulaşılır.





Yüz yüze tasarım için montaj

- Kapak yerine takılır. Merkezleme flanşı nihai dış bilezik konumunu tespit için yeterli uzunlukta olmalı yada bir burç kullanılmalıdır. Her zaman kapak ile gövde arasında bir boşluk olmalıdır (Şekilde x ile gösterilen)
- Bir yandan mili döndürürken, diğer taraftan kapak cıvataları aniden sürtünme momentinde bir artış hissedene kadar sıkılır.
- Bu durumda iken x mesafesi ölçülür.



Yüz yüze tasarım için montaj

- Bundan sonra uygun flanş veya burç uzunluğu ya da şim kalınlığı aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Flanş veya burç uzunluğu:

$$a_f = a_i - x + s \text{ (boşluk)}$$

$$a_f = a_i - x - t \text{ (ön gerilme)}$$

- Şim kalınlığı:

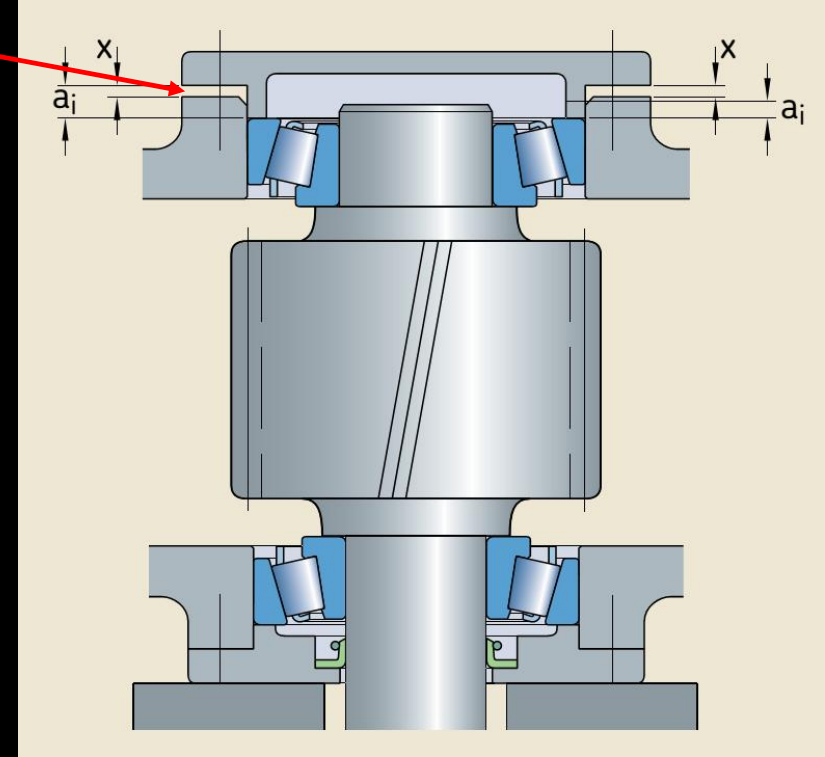
$$b_f = x + s \text{ (boşluk)}$$

$$b_f = x - t \text{ (ön gerilme),}$$

a_i : merkezleme flanşı veya burcun ilk boyu

a_f : merkezleme flanşı veya burcun son boyu

b_f : şimlerin nihai kalınlığı

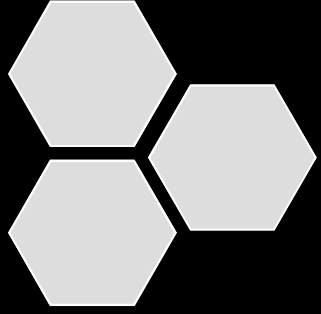


x : kapak ve gövde arasında ölçülen mesafe

s : boşluk değeri (mutlak değer)

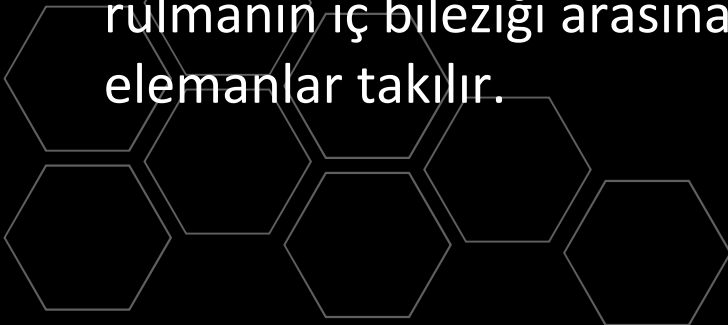
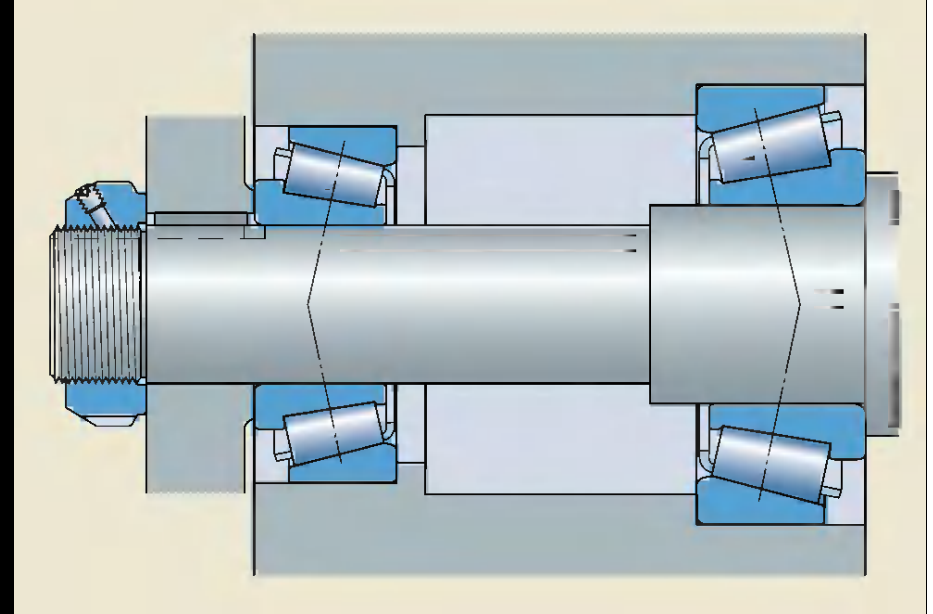
t : ön gerilme miktarı (mutlak değer)





Sırt sırta tasarım için montaj

- Uygun yöntemler kullanılarak dış bilezikler yuvaya ve sağ kısımdaki iç bilezikle makara seti mile takılır. Mili döndürmek için uygun bir tutma aletine gerek vardır.
- Ön montajı yapılmış mil yerine takılır.
- Sol taraftaki iç bilezikle makara seti yerleştirilir.
- Varsa ayar somunu ile konik rulmanın iç bileziği arasına ilgili elemanlar takılır.

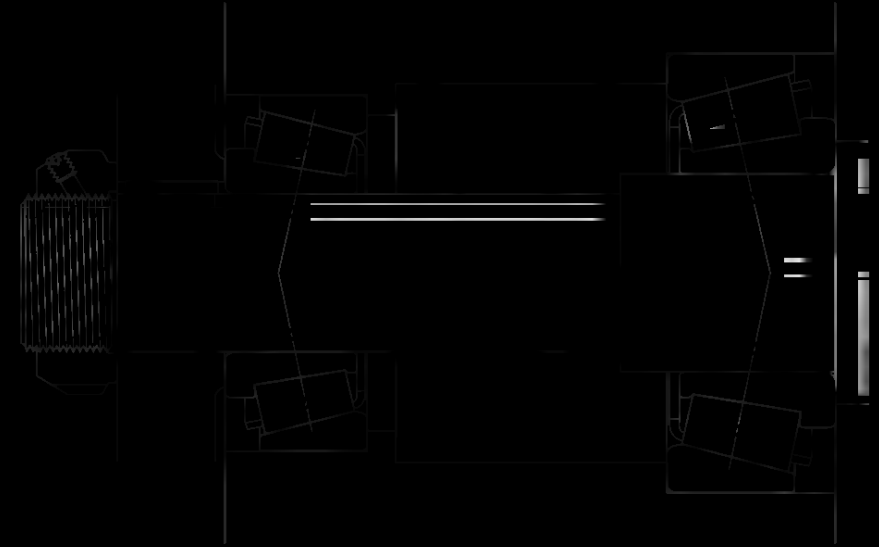


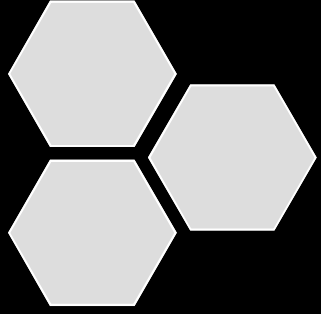


Sırt sırta tasarım için montaj

BOŞLUK İÇİN MONTAJ

- Bir komparatör yardımı ile aksenal boşluk ölçülür. Bunu yapmak için komparatör iğnesi milin uçtaki alın yüzeyine yerleştirilir ve mil döndürülürken aynı zamanda bir yöne doğru bastırılır. Daha sonra komparatör sıfırlanır. Bunu takiben mil tam aksi yöne doğru bastırılır ve komparatörün gösterdiği değer okunur.
- Ayar somunu oldukça yavaş sıkılır. İç bileziği mile sıkı geçme olan durumlarda uygun değer elde edilene kadar prosedür adım adım uygulanır. Bunu gerçekleştirmek için boşluk birkaç defa ölçülür.

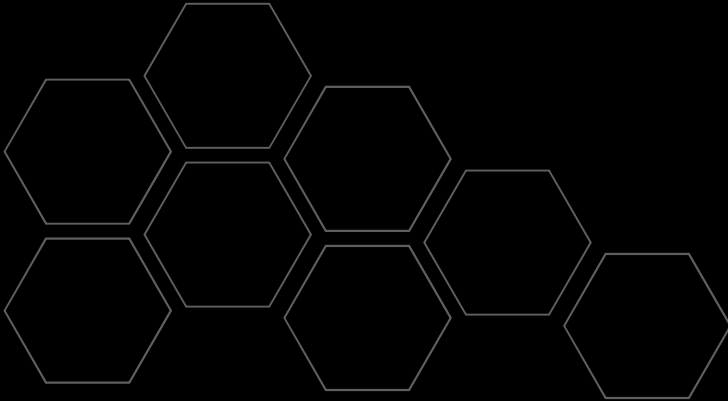
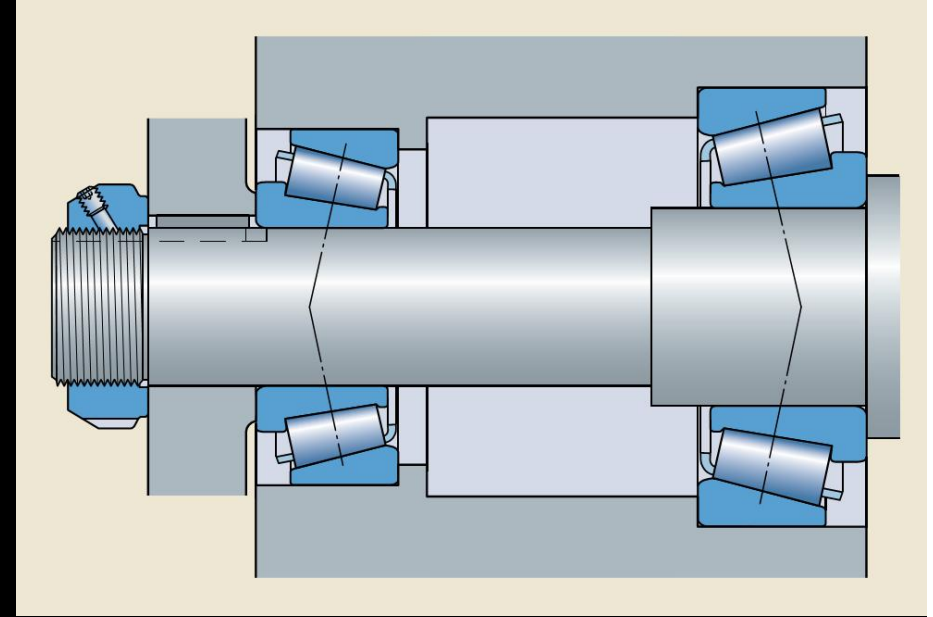




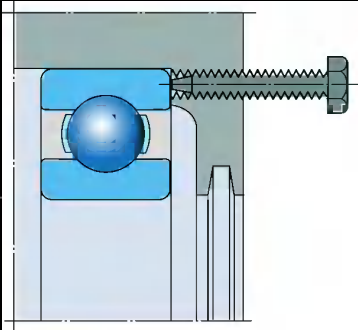
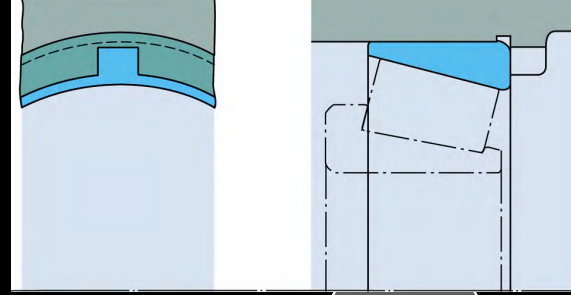
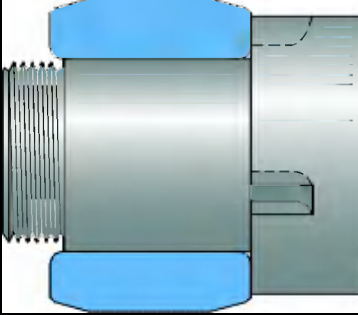
Sırt sırta tasarım için montaj

ÖN GERİLME İÇİN MONTAJ

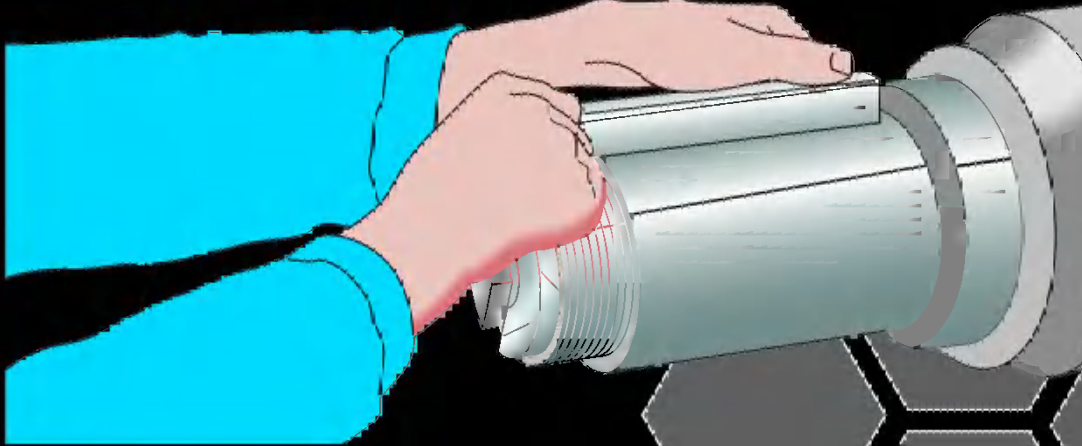
- Bir yandan mili döndürürken, diğer taraftan ayar somunu aniden sürtünme momentinde bir artış hissedene kadar yavaş yavaş sıkılır.
- Arzu edilen moment veya açığa ulaşana kadar ayar somunu çok yavaş sıkmaya devam edin.



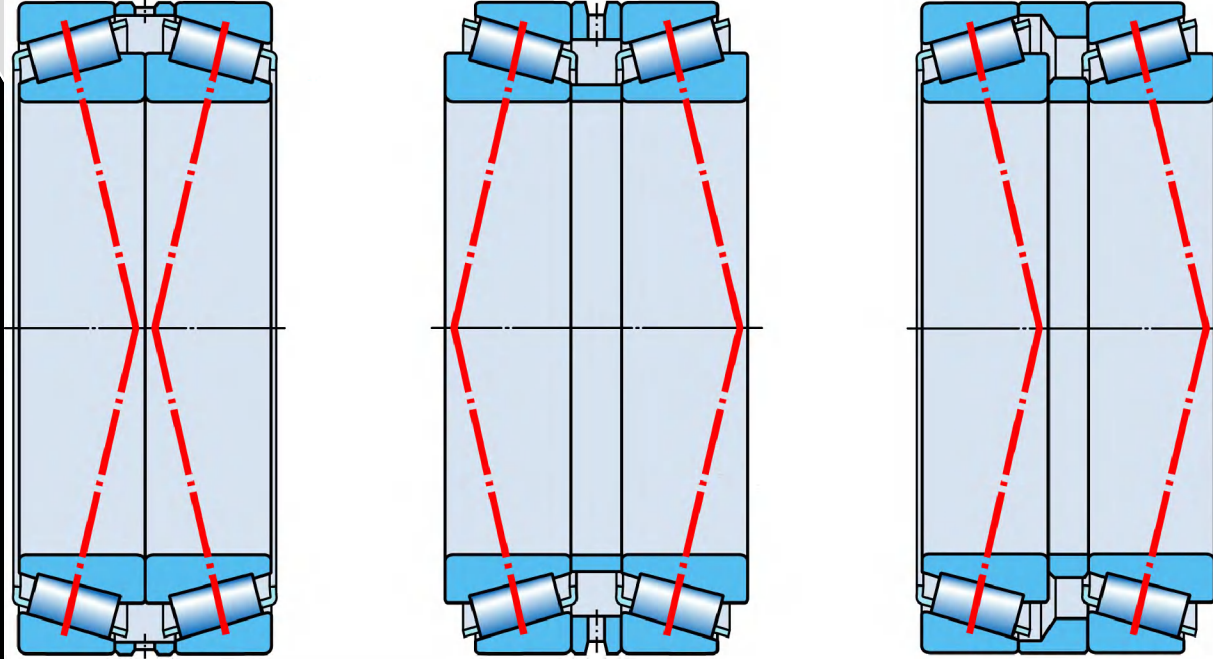
Düzgün montaj için hazırlık



Montaj 6ncesinde



Eşleştirilmiş setler

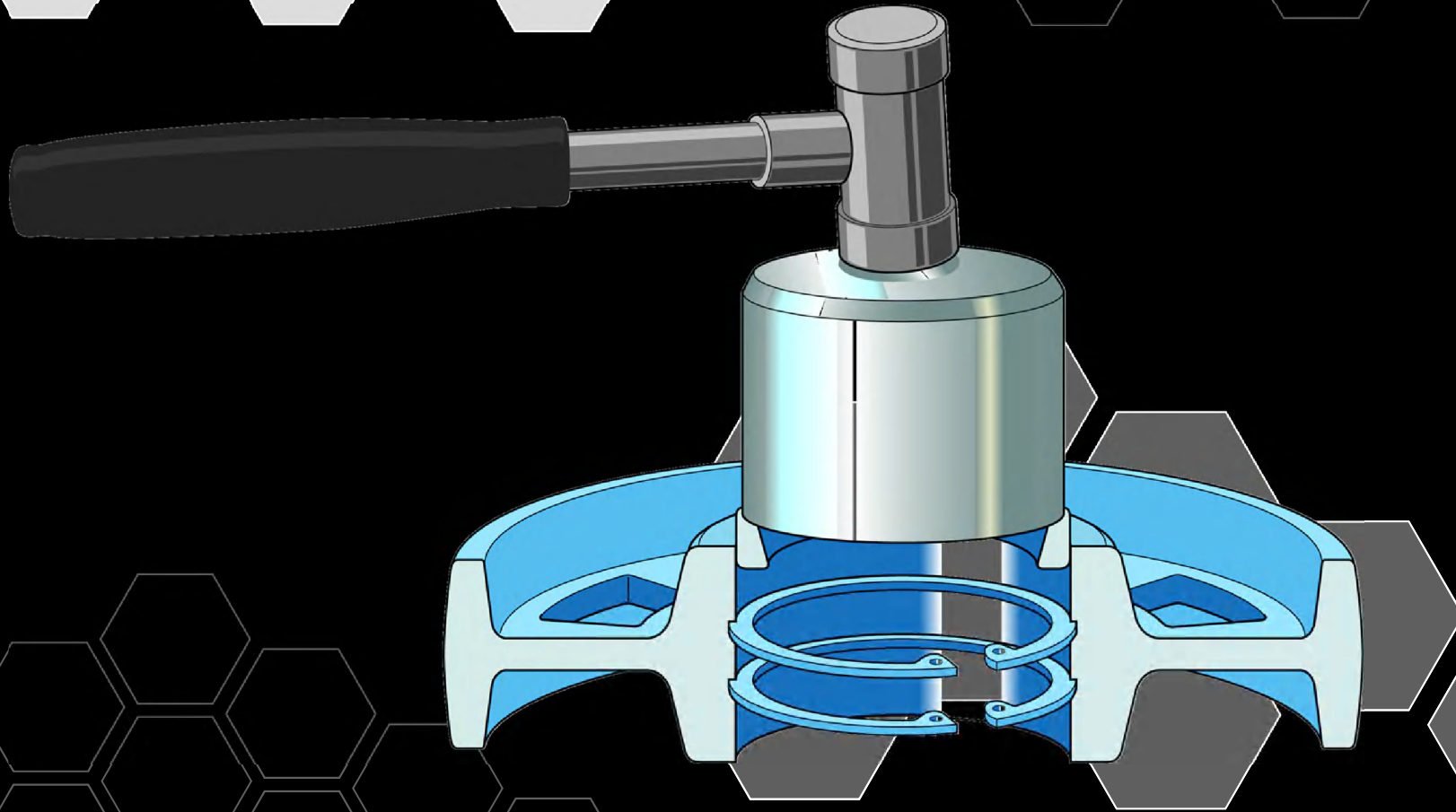


Yüz yüze tasarım
Gösterim son eki DF

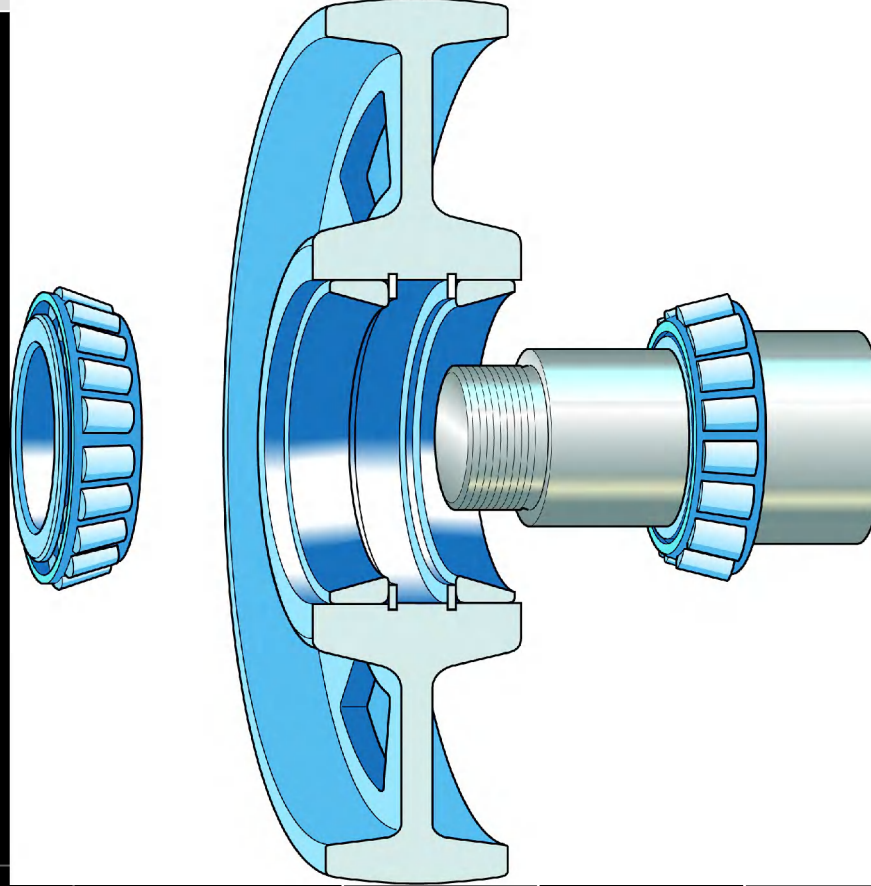
Sırt sırta tasarım
Gösterim son eki DB

Tandem tasarım
Gösterim son eki DT

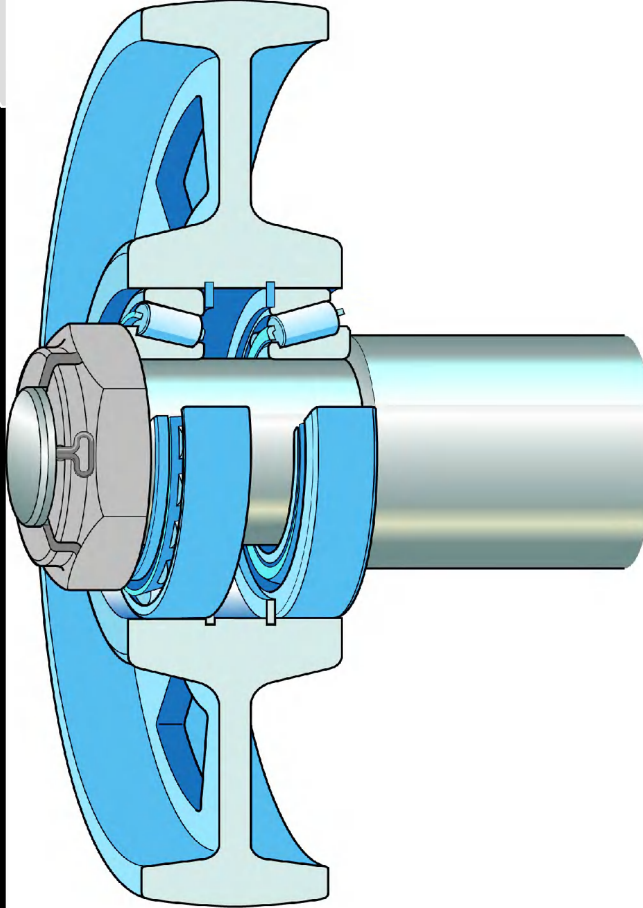
Tekerlek göbeđi: Soğuk montaj



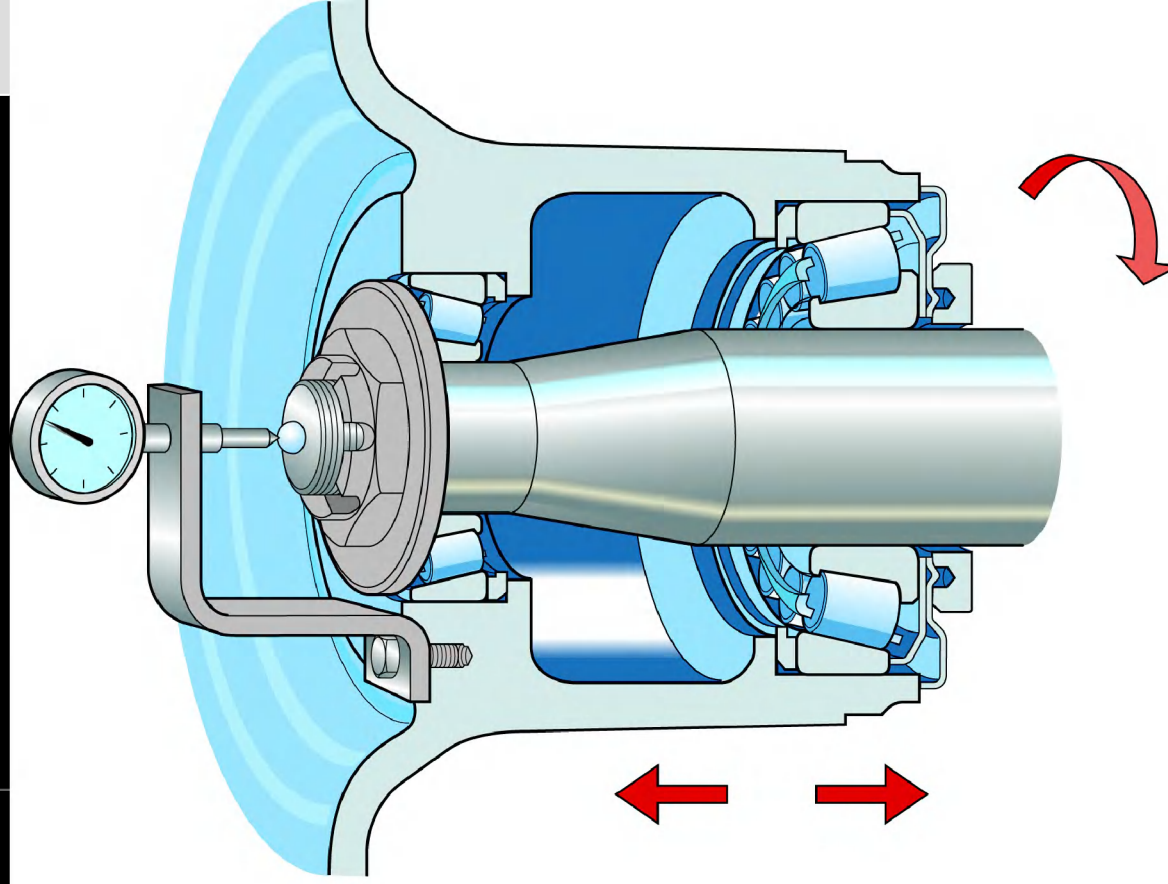
Tekerlek göbeđi: Makara seti



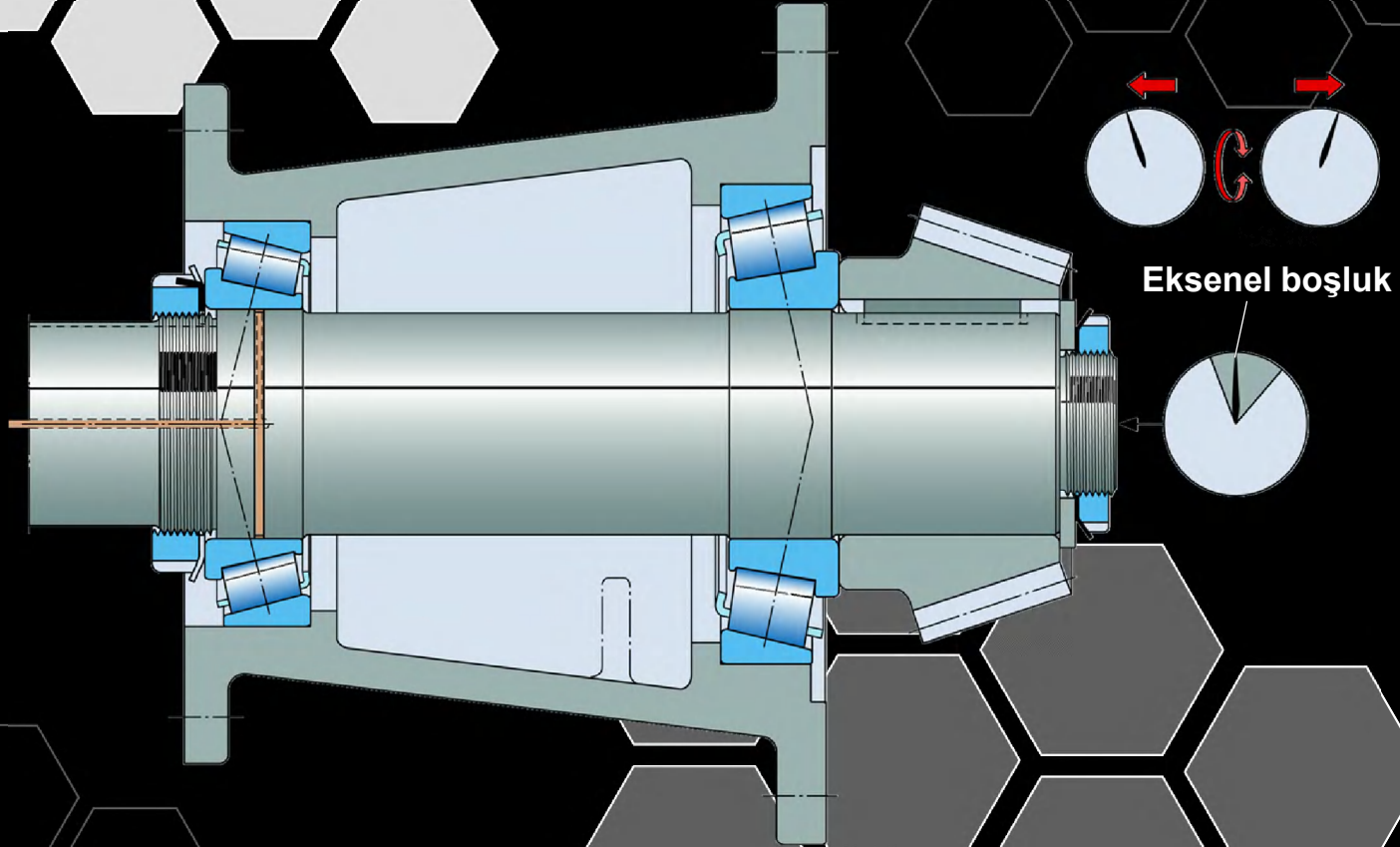
Tekerlek göbeđi: Somunla montaj



Tekerlek göbeđi: komparatörle ölçme



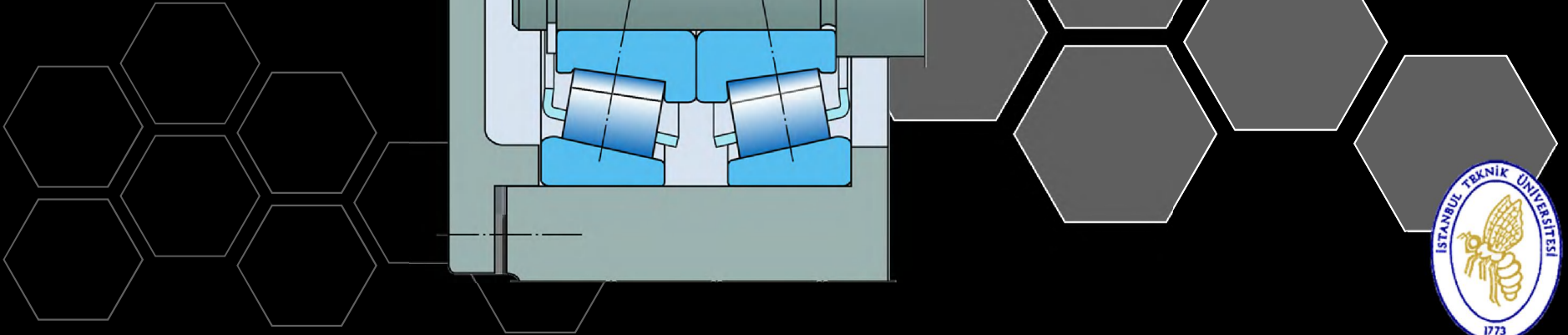
Döneren mile montaj: sıkı geçme



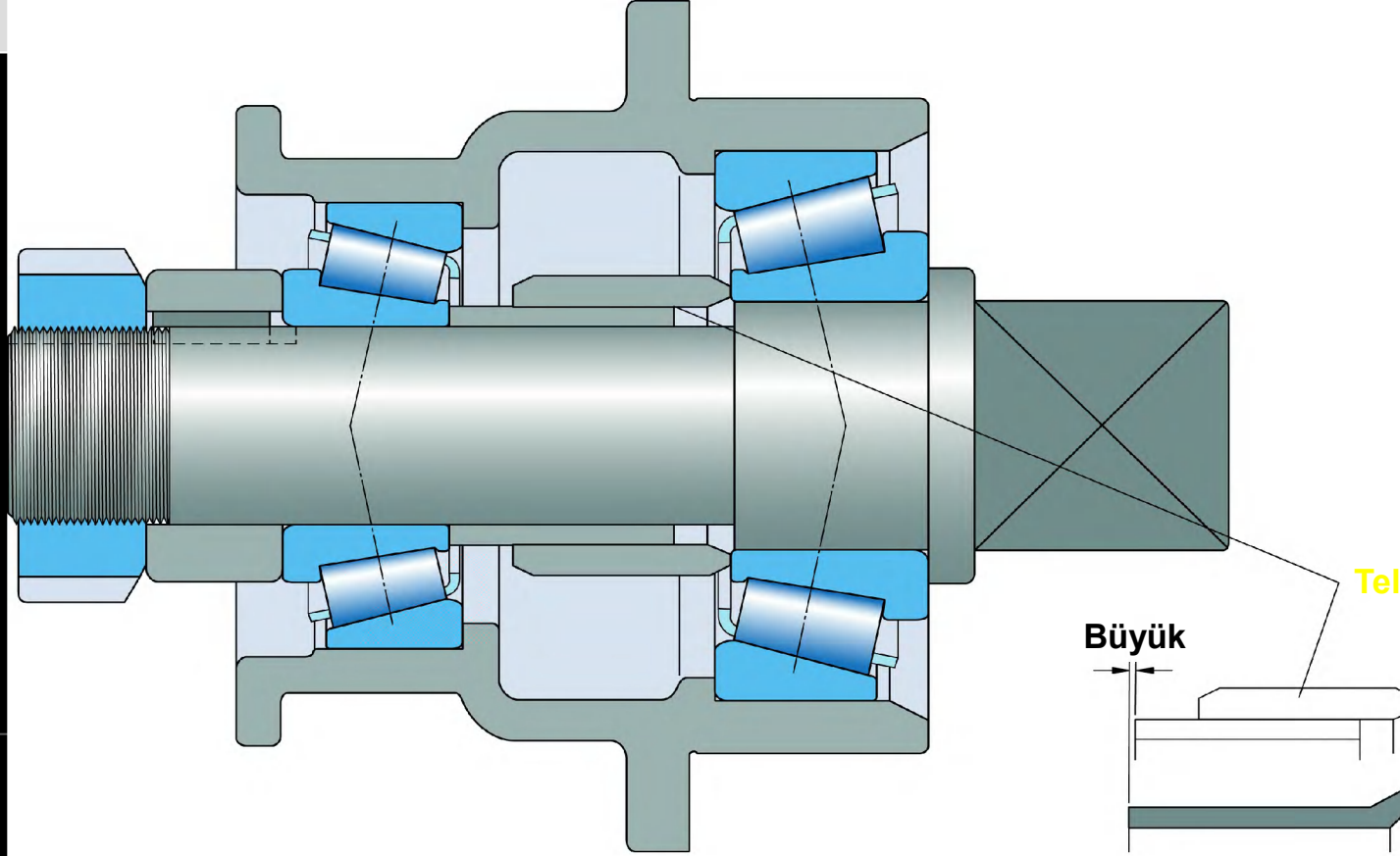
Döneren mile montaj: Yüz yüze

Şimlir

Kapak



Döneren mile montaj: Sırt sırta



Teleskopik manşon

Büyük

Mesafe burcu

