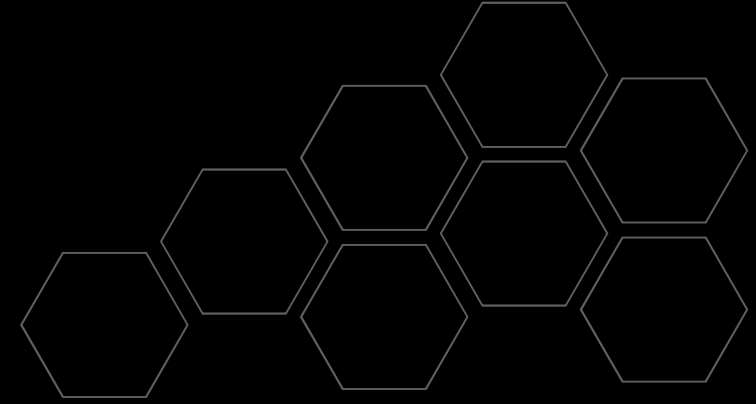
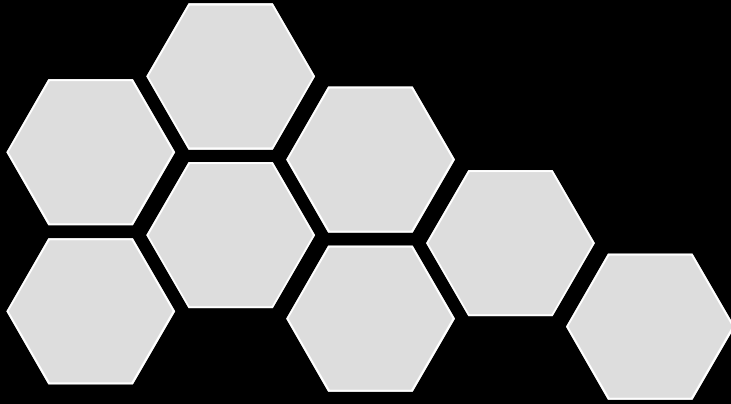
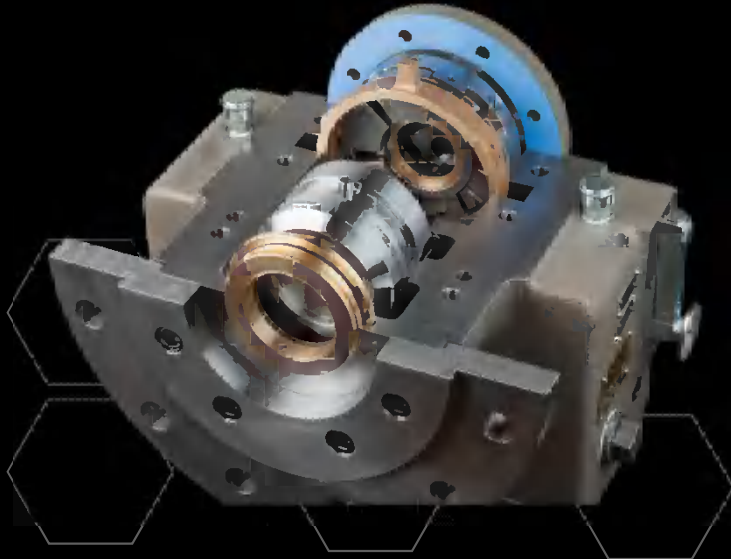
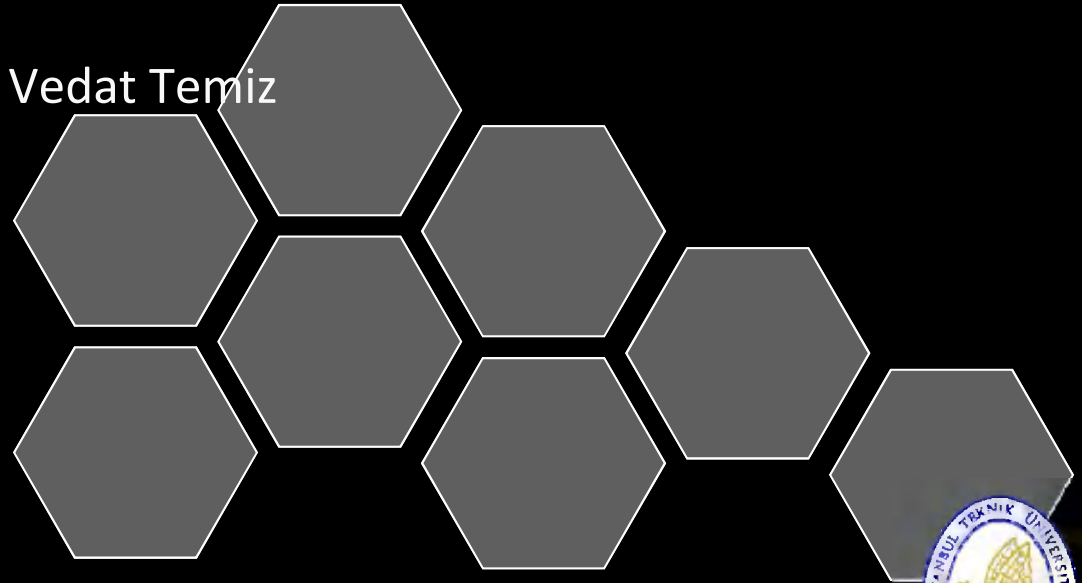


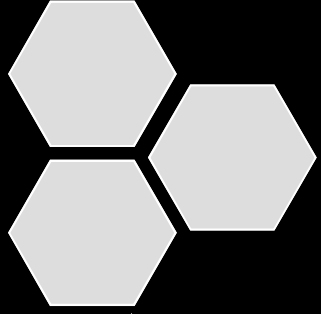


# KAYMALI YATAKLAR



Vedat Temiz

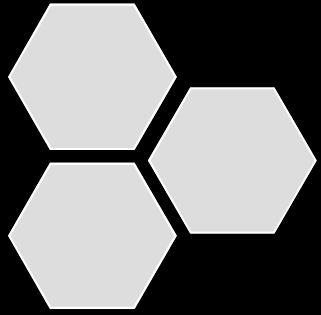




# Kaymalı Yataklar - Avantajlar

- ▶ Titreşim, darbe ve gürültü sönümleme özelliği
- ▶ Titreşimlere hassas değil
- ▶ Gresle yağlama halinde toza karşı korumalı
- ▶ Basit tasarım, iki parçaya ayrılabilir, montajı kolay
- ▶ Radyal yönde az yer kaplar
- ▶ Büyük çaplarda rulmanlı yataklardan daha ekonomik
- ▶ İyi bir yağlama ile çok yüksek hızlara çıkmak mümkün
- ▶ Uygun yağlama ile hemen hemen sıfıra yakın aşınma

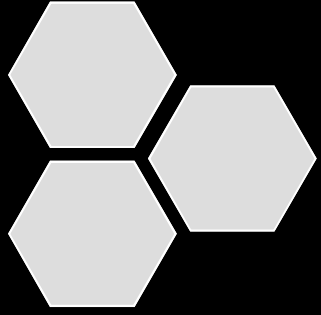




# Kaymalı Yataklar - Dezavantajlar

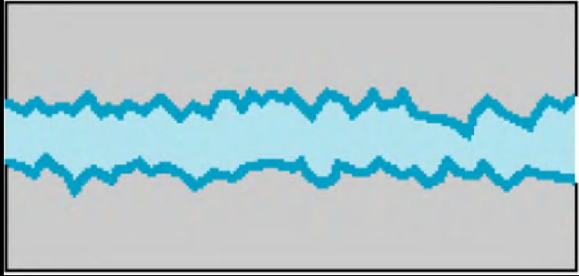
- Yeterli yağ olmaması durumunda çok hızlı hasar meydana gelir.
- Bazı hallerde pahalı ve kompleks bir yağlama sistemi gerekebilir.
- Yüksek miktarda yağ tüketimi
- Yağ filmi oluşumu için bir zaman gerekli
- Milin yüzey kalitesi çok önemli



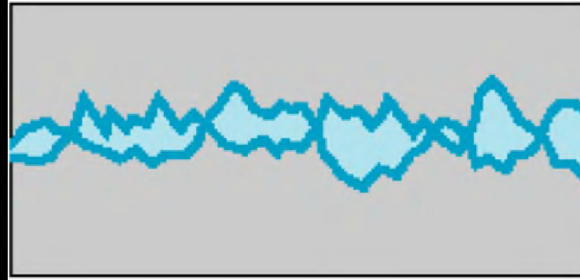


# Kaymalı Yataklar

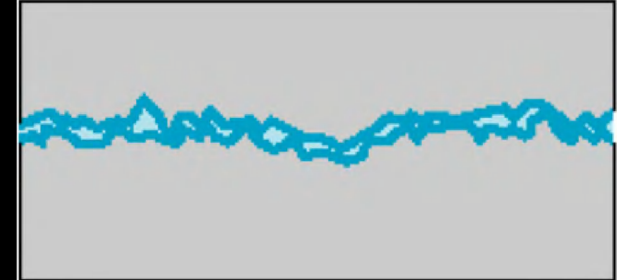
- Kaymalı yataklarda 3 değişik temas durumu söz konusu olabilir.



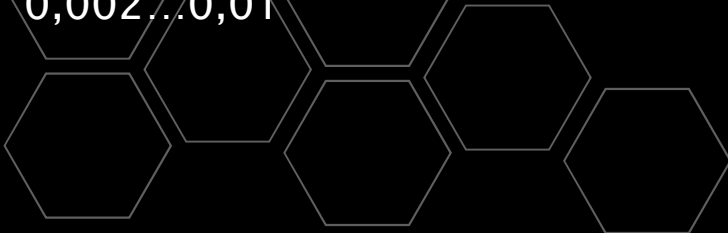
Hidrodinamik-Malzeme teması yok.  
Film Kalınlığı: 0,008...0,02 mm  
Sürtünme katsayısı: 0,002...0,01

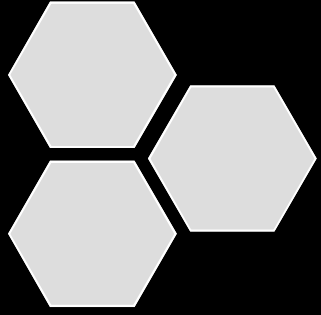


Karışık film: Çok az temas var  
Çok az aşınma söz konusu  
Sürtünme katsayısı: 0,004...0,1



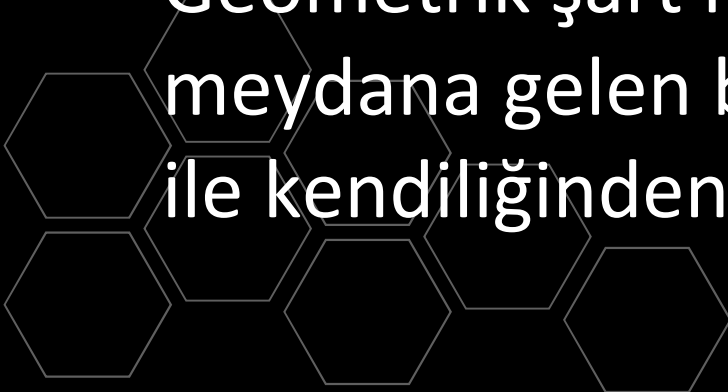
Sınır sürtünme: Yerel temaslar var.  
Sürtünme katsayısı: 0,05...0,2

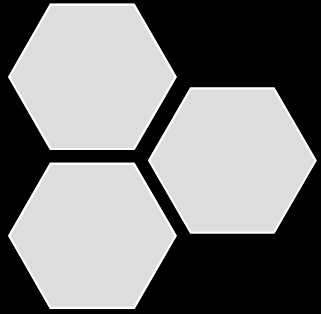




# Radyal kaymalı yataklar

- Uygulama alanları: Sessiz çalışma, büyük darbeli yüklere dayanım (içten yanmalı motorlarda biyel ve krank yatakları gibi), titreşim sönümleme vb. gibi isteklerin bulunduğu bütün yataklama hallerinde uygulanır.
- Geometrik şart muylu ve yatak yuvası arasında meydana gelen boşluğun eksantrikliği dolayısı ile kendiliğinden sağlanır.





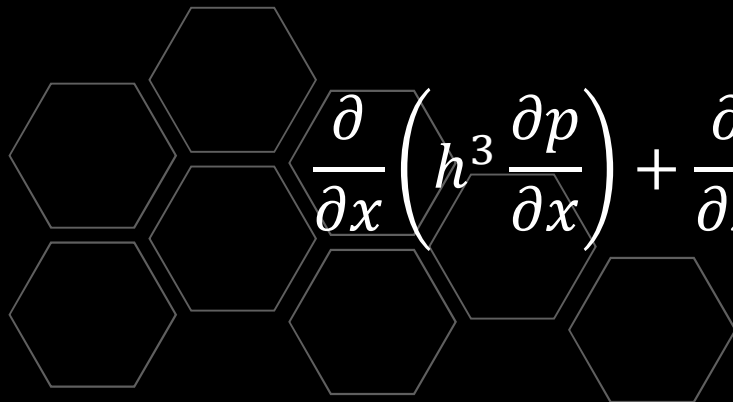
# Teorik esaslar

- Reynolds denklemi

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \eta \cdot \left[ (U_1 - U_2) \frac{\partial h}{\partial x} + h \cdot \frac{\partial}{\partial x} (U_1 + U_2) + 2 \cdot V_2 \right]$$

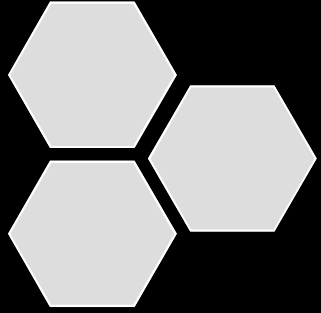
Radyal kaymalı yataklardaki durum

1. Yüzeyler rijit (hız x'e göre değişmez)
2. Rejim halinde yağ filmi istikametinde hız bileşeni olmaz
3. Hem yatak burcu hem de milin döndüğü uygulama sayısı çok azdır.



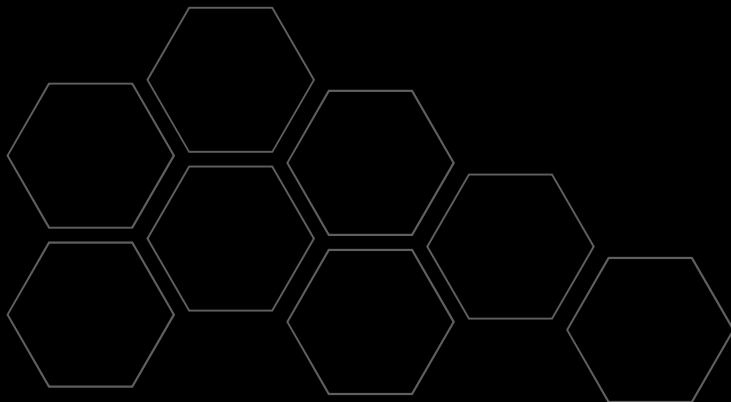
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

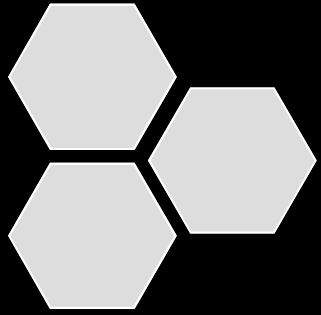




# Teorik esaslar

- Çözüm için iki yaklaşım esas alınmıştır.
- 1. Geniş yatak çözümü (Sommerfeld)
- 2. Dar yatak yaklaşımı (DuBois ve Ocvirk)





# Geniş yatak kabulü

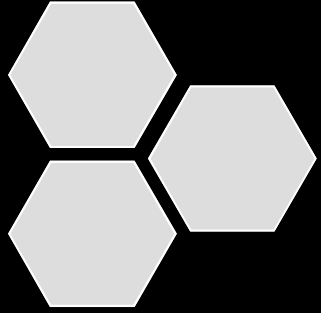
- Sommerfeld tarafından ortaya atılan bu yaklaşımda, yatak genişliği boyunca basınç değişimi olmadığı ve bu doğrultuda akışın ihmal edilebileceği esas alınmıştır.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \cancel{\frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right)} = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

Geriye kalan tek boyutlu akış denklemi, radyal kaymalı yatak geometrisine uygulanır



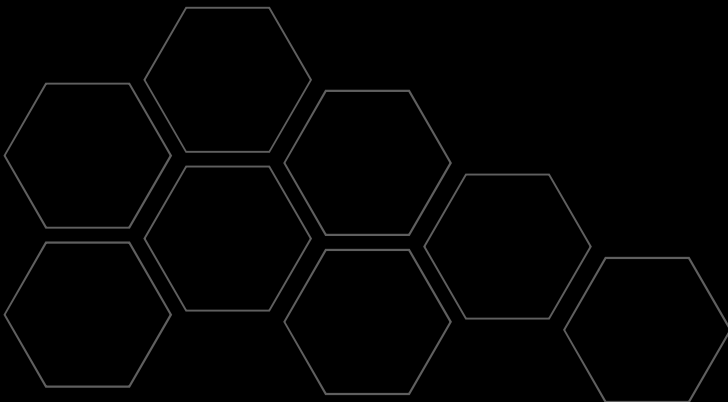


# Geniş yatak kabulü

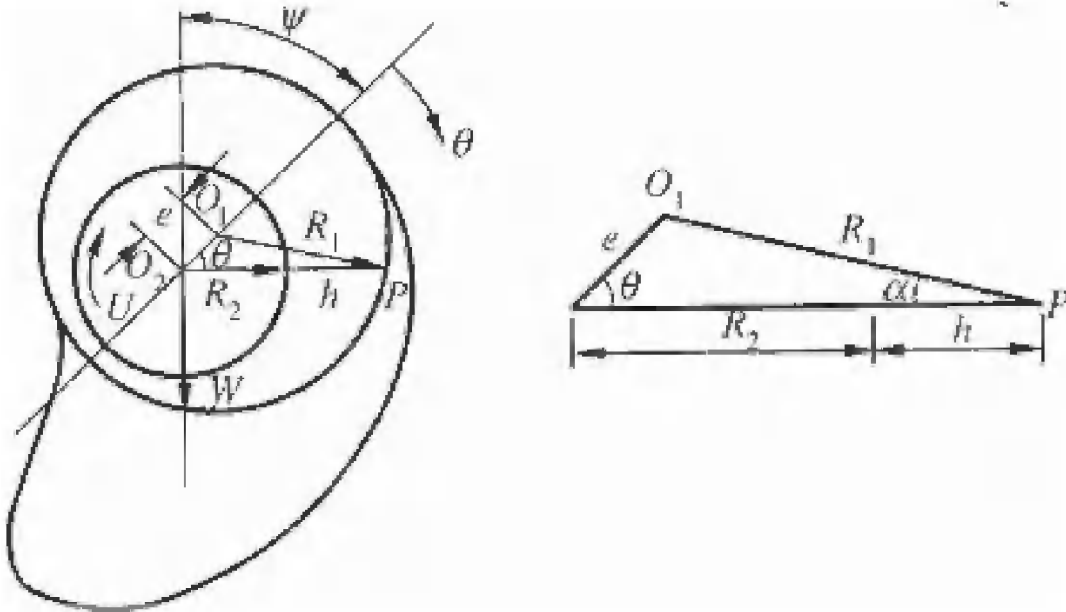
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

$U_1=U$  şeklinde yazarak bir kere integre edilir ve sınır şart yerine konursa ( $h=h^*$  da  $dp/dx=0$ )

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 6 \cdot \eta \cdot U \cdot \frac{h - h^*}{h^3}$$



# Radyal yatak geometrisi



İzafi eksantriklik

$$\varepsilon = \frac{e}{c}$$

$$e = R_1 - R_2$$

$$h = e \cdot \cos \theta + R_1 \sqrt{1 - \left(\frac{e}{R_1}\right)^2 \cdot \sin^2 \theta} - R_2$$

$e/R_1 \ll 1$  olduğu için

$$h = e \cdot \cos \theta + c = c \cdot (1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)$$





# Geniş yatak kabulü

- Silindirik koordinatlarda Reynolds denklemi

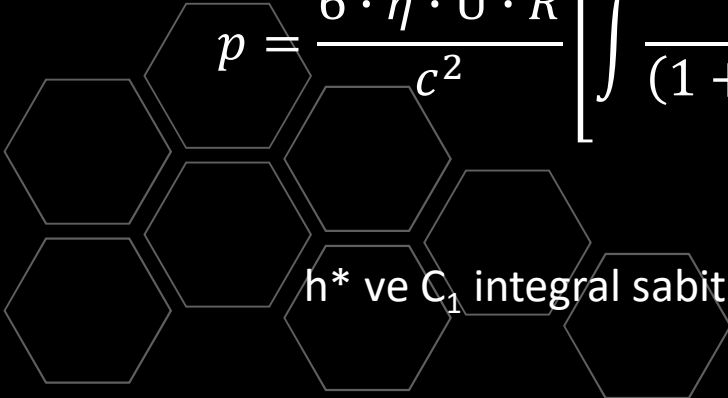
$$\frac{\partial p}{\partial \theta} = 6 \cdot \eta \cdot U \cdot R \cdot \frac{h - h^*}{h^3}$$

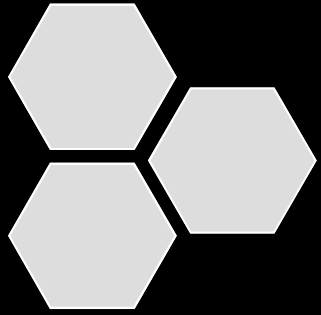
$$h = e \cdot \cos \theta + c = c \cdot (1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)$$

İntegrasyon sonucu

$$p = \frac{6 \cdot \eta \cdot U \cdot R}{c^2} \left[ \int \frac{d\theta}{(1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)^2} - \frac{h^*}{c} \int \frac{d\theta}{(1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)^3} \right] + C_1$$

$h^*$  ve  $C_1$  integral sabitleridir.





# Sommerfeld çözümü

$$p = \frac{6 \cdot \eta \cdot U \cdot R}{c^2} \left[ \int \frac{d\theta}{(1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)^2} - \frac{h^*}{c} \int \frac{d\theta}{(1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)^3} \right] + C_1$$

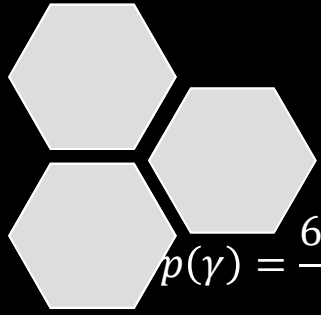
- Yukarıdaki denklem analitik olarak Sommerfeld integral transformasyonu tekniği ile çözülebilir.

$$\cos \gamma = \frac{\varepsilon + \cos \theta}{1 + \varepsilon \cdot \cos \theta} \quad \cos \theta = \frac{\cos \gamma - \varepsilon}{1 - \varepsilon \cdot \cos \gamma}$$



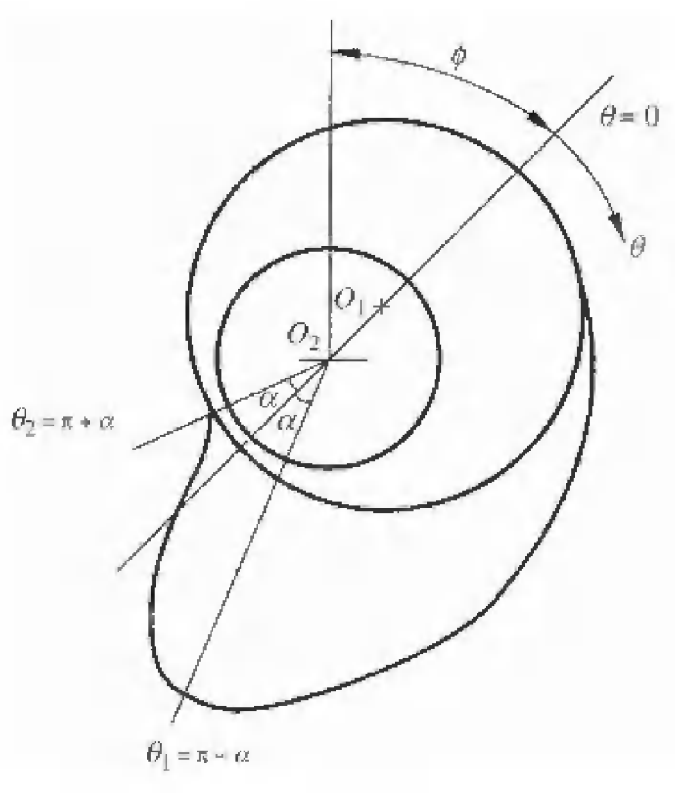
$$p(\gamma) = \frac{6 \cdot \eta \cdot U \cdot R}{c^2} \left[ \frac{\gamma - \varepsilon \cdot \sin \gamma}{(1 - \varepsilon^2)^{3/2}} - \frac{h^*}{c \cdot (1 - \varepsilon^2)^{5/2}} \cdot \left( \gamma - 2 \cdot \varepsilon \cdot \sin \gamma + \frac{\varepsilon^2 \cdot \gamma}{2} + \frac{\varepsilon^2}{4} \cdot \sin 2\gamma \right) \right] + C_1$$





# Sınır koşulları

$$p(\gamma) = \frac{6 \cdot \eta \cdot U \cdot R}{c^2} \left[ \frac{\gamma - \varepsilon \cdot \sin \gamma}{(1 - \varepsilon^2)^{3/2}} - \frac{h^*}{c \cdot (1 - \varepsilon^2)^{5/2}} \cdot \left( \gamma - 2 \cdot \varepsilon \cdot \sin \gamma + \frac{\varepsilon^2 \cdot \gamma}{2} + \frac{\varepsilon^2}{4} \cdot \sin 2\gamma \right) \right] + C_1$$



Çözüm için değişik sınır şartları önerilmiştir.  
Genelde Reynolds sınır şartları tercih edilmektedir.

Buna göre

$$\theta = 0 \text{ da } p = 0$$

$$\theta = \theta_2 \text{ de } p = 0$$

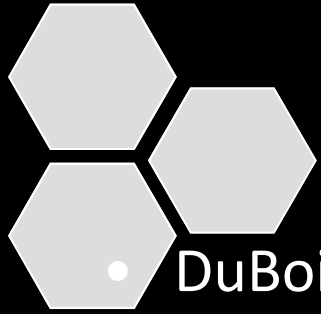
$$\theta = \theta_1 \text{ de } \frac{dp}{dx} = 0$$

İşlemlerden sonra bir radyal yatağın yük taşıma kabiliyeti  
b: yatak genişliğidir.

$$F_r = \frac{3U\eta b(R/c)^2}{(1 - \varepsilon^2)^{1/2} \cdot (1 + \varepsilon \cos \beta)} \left\{ \frac{\varepsilon^2(1 + \cos \beta)^4}{1 - \varepsilon^2} + 4[(\pi + \beta) \cos \beta - \sin \beta]^2 \right\}^{1/2}$$

$$\gamma_1 = \pi - \beta \text{ ve } \gamma_2 = \pi + \beta$$





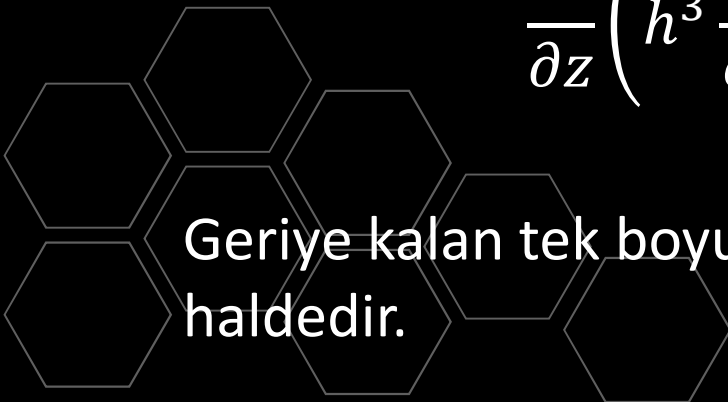
# Dar yatak kabulü

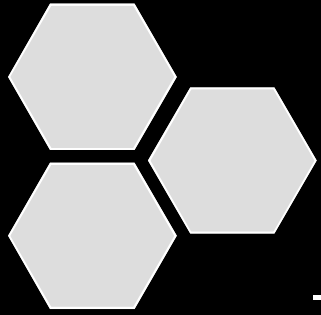
- DuBois ve Ocvirk tarafından ortaya atılan bu yaklaşımda, yatak çok dar olduğu durumda  $\frac{\partial p}{\partial z}$  teriminin  $\frac{\partial p}{\partial x}$  teriminden çok daha büyük olacağı, bu nedenle ikincinin ihmal edilebileceği ifade edilmiştir.

$$\cancel{\frac{\partial}{\partial x} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial x} \right)} + \frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U_1 \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

Geriye kalan tek boyutlu akış denklemi artık çözülebilir haledir.



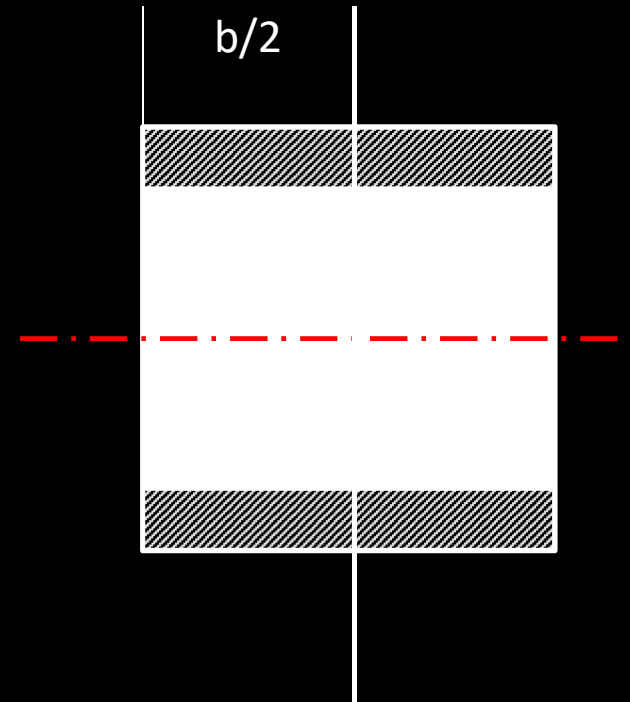
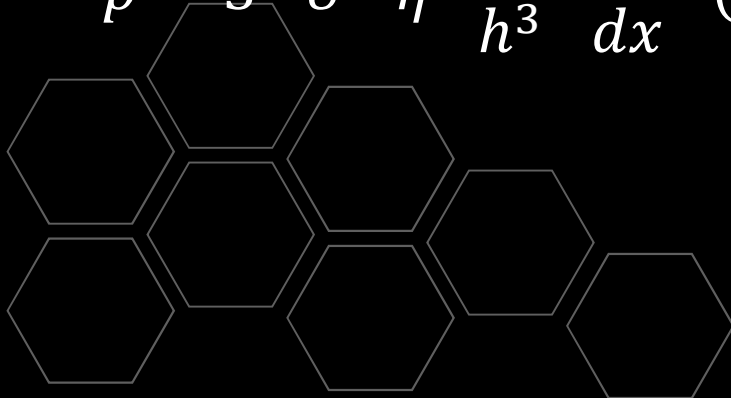


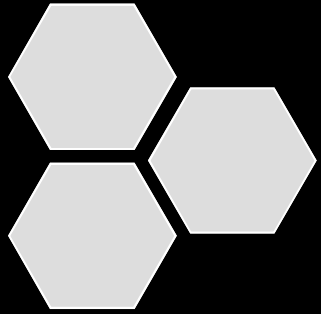
# Dar yatak kabulü

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \cdot \eta \cdot U \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

- Sınır şartları
- $z=\pm b/2$  de  $p=0$
- ve
- $z=0$  da  $dp/dz=0$

$$p = 3 \cdot U \cdot \eta \cdot \frac{1}{h^3} \cdot \frac{dh}{dx} \cdot \left( z^2 - \frac{b^2}{4} \right)$$





# Dar yatak kabulü

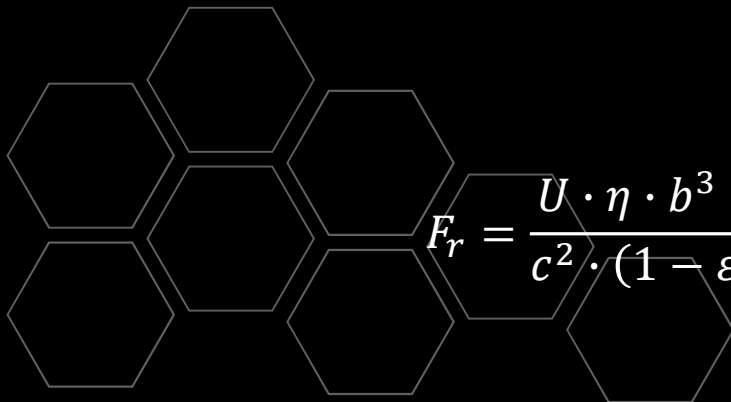
- $$p = 3 \cdot U \cdot \eta \cdot \frac{1}{h^3} \cdot \frac{dh}{dx} \cdot \left( z^2 - \frac{b^2}{4} \right)$$

$$h = e \cdot \cos \theta + c = c \cdot (1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)$$



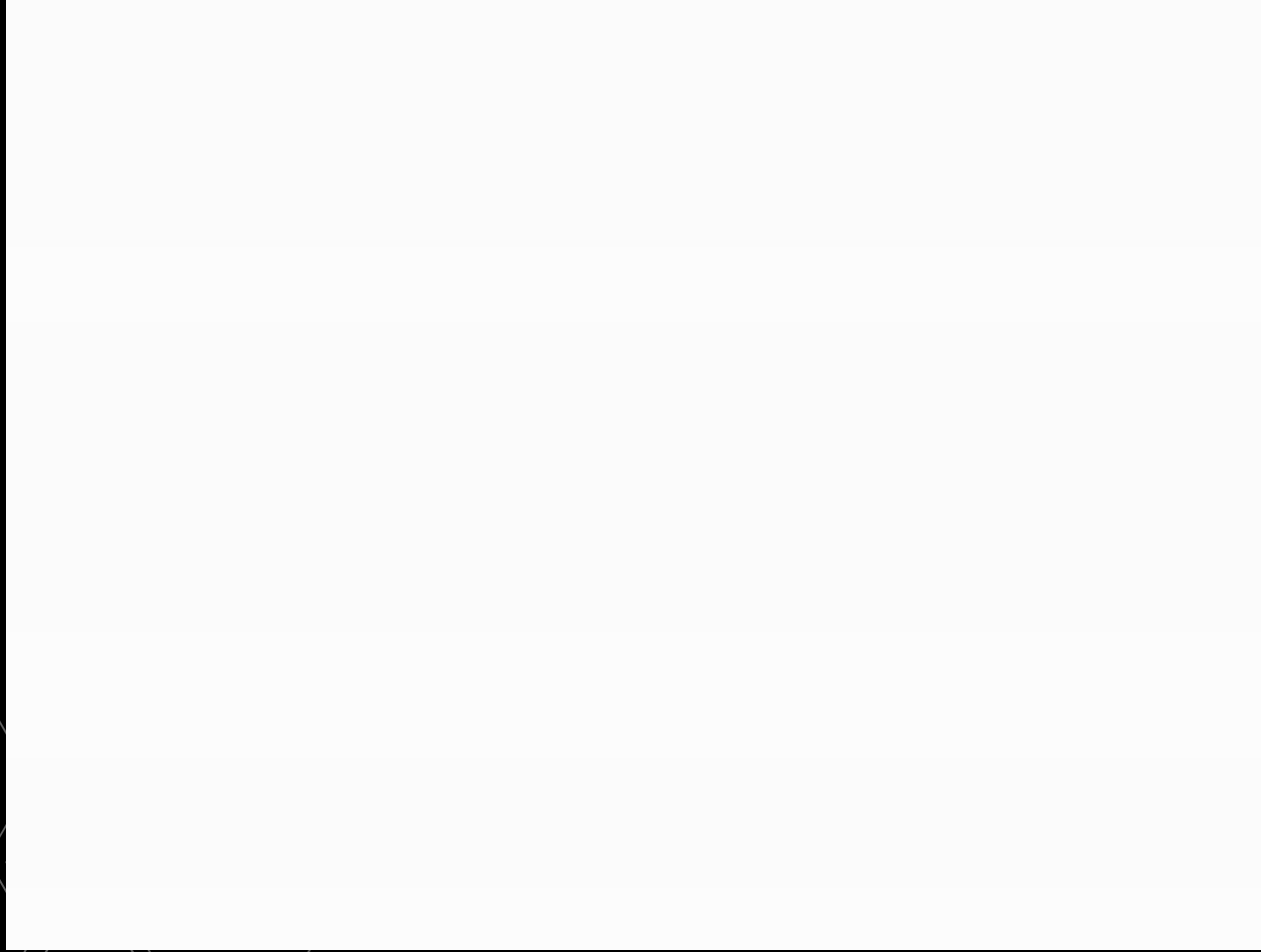
$$p = \frac{3 \cdot U \cdot \eta \cdot \varepsilon \cdot \sin \theta}{c^2 \cdot R \cdot (1 + \varepsilon \cdot \cos \theta)^3} \cdot \left( \frac{b^2}{4} - z^2 \right)$$

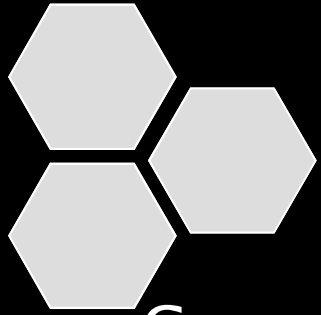
## Yük taşıma kabiliyeti



$$F_r = \frac{U \cdot \eta \cdot b^3 \cdot \varepsilon}{c^2 \cdot (1 - \varepsilon^2)} \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot \varepsilon^2 + \pi^2 \cdot (1 - \varepsilon^2)}{16 \cdot (1 - \varepsilon^2)}}$$

# Yağ Filmi Oluşumu





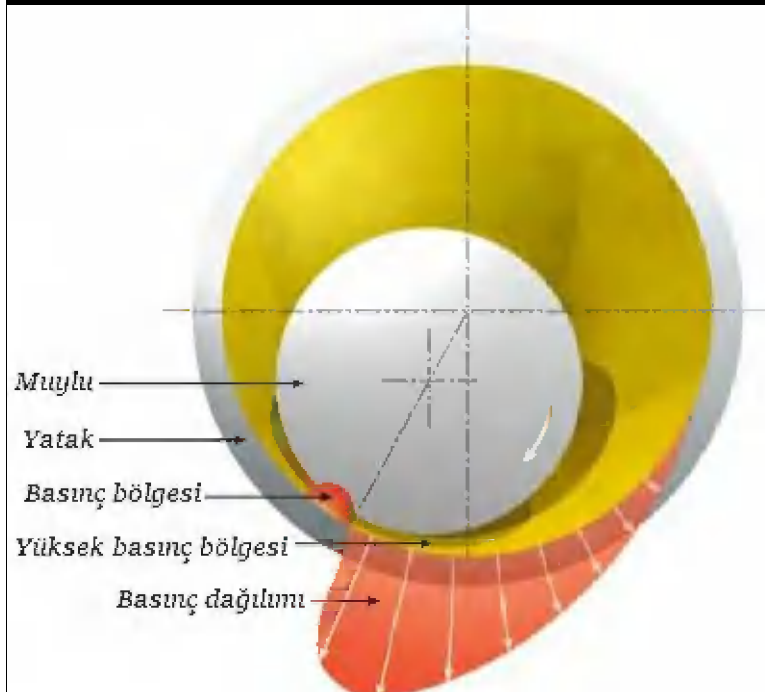
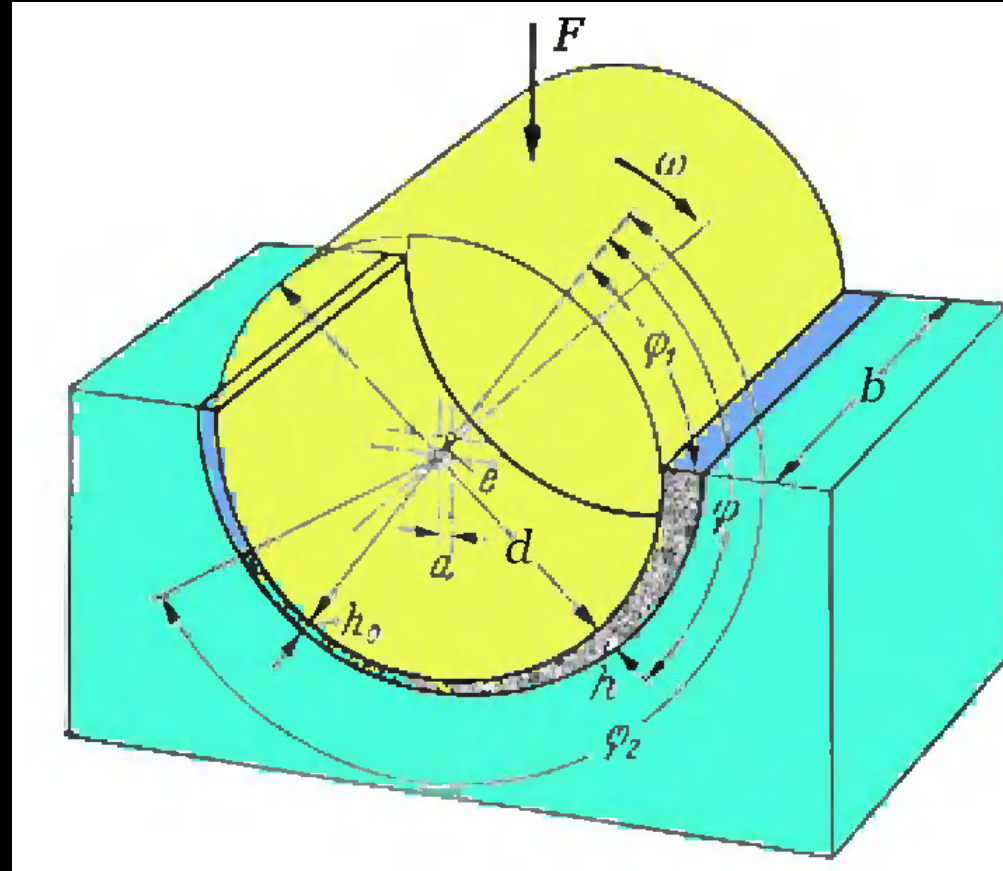
## Geometri

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot e}{\Delta d}$$

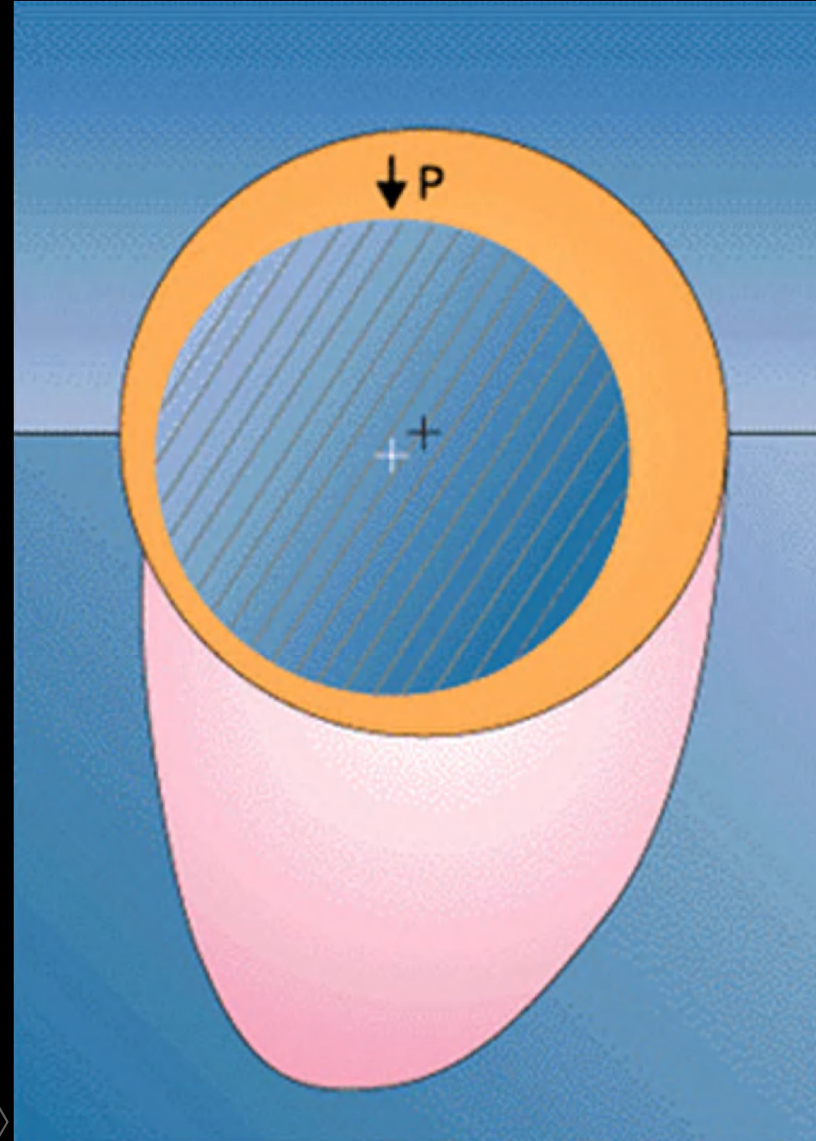
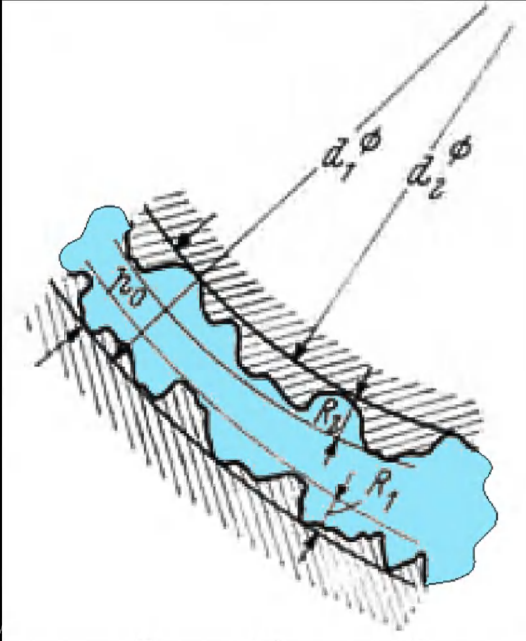
$$x = \frac{2 \cdot h_0}{\Delta d}$$

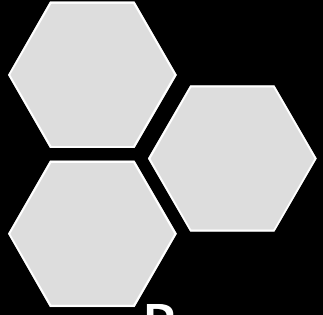
$$x = 1 - \varepsilon$$

# Radyal kaymalı yataklar



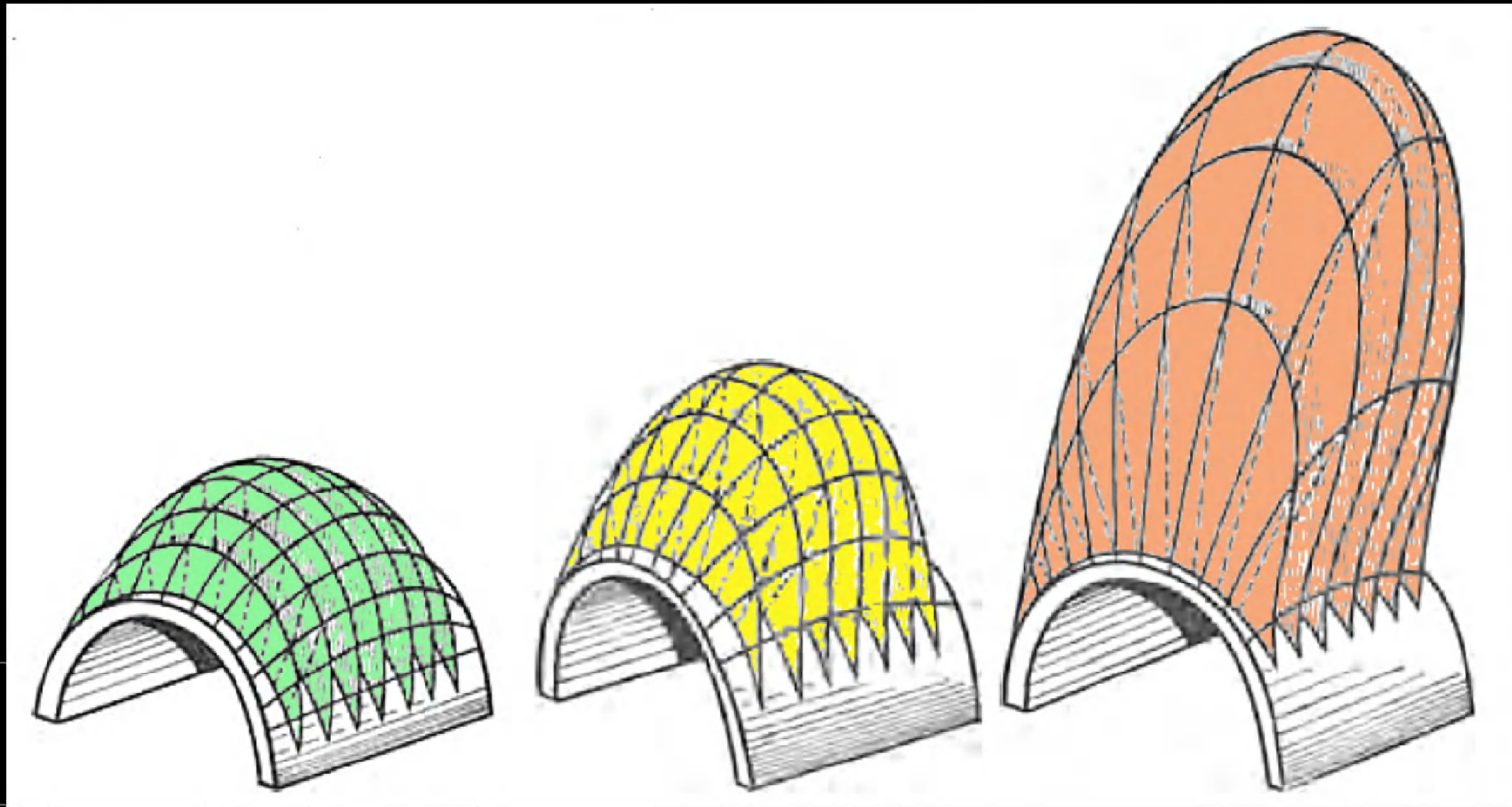
# Radyal kaymalı yatakta film geometrisi



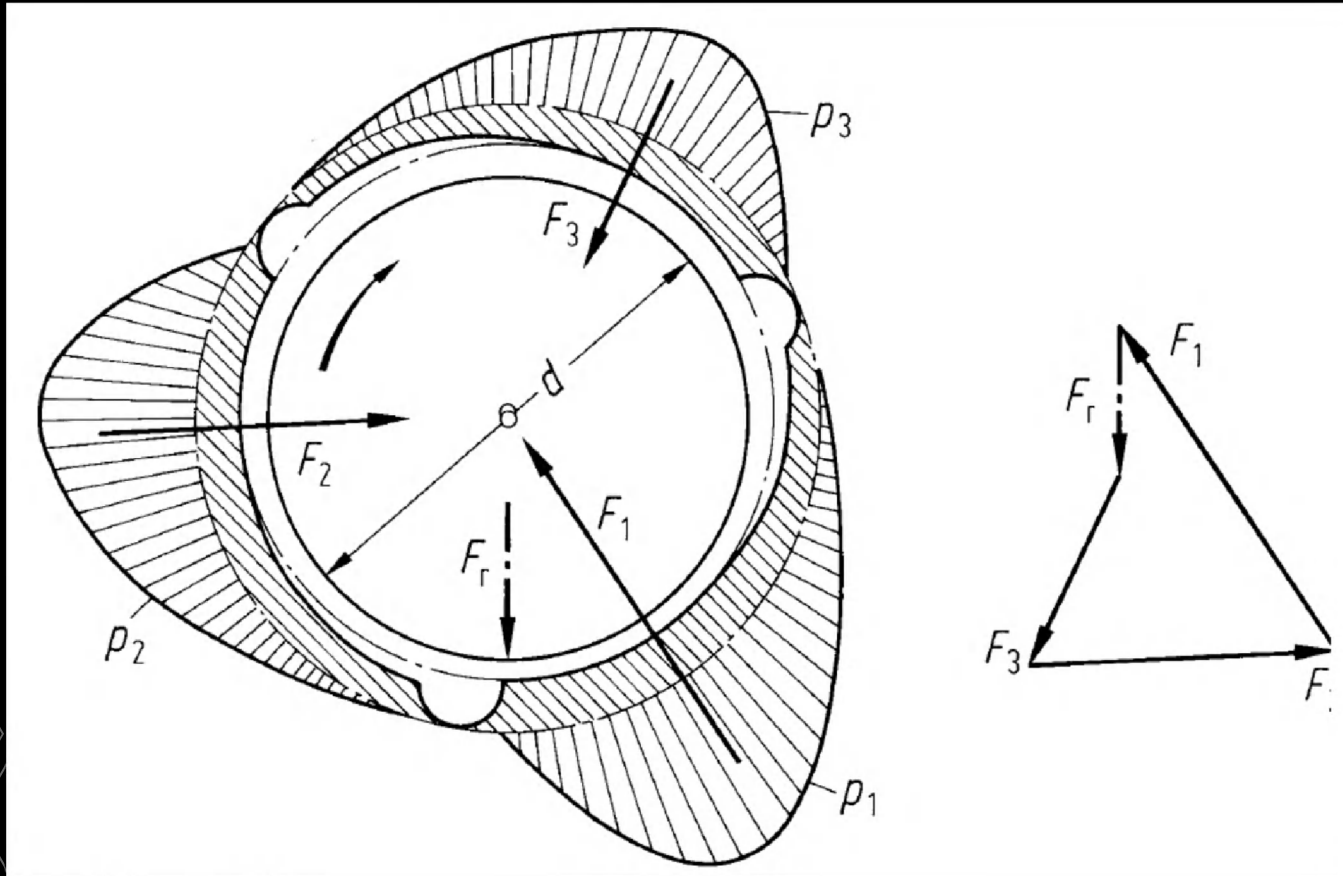


# Radyal kaymalı yataklar

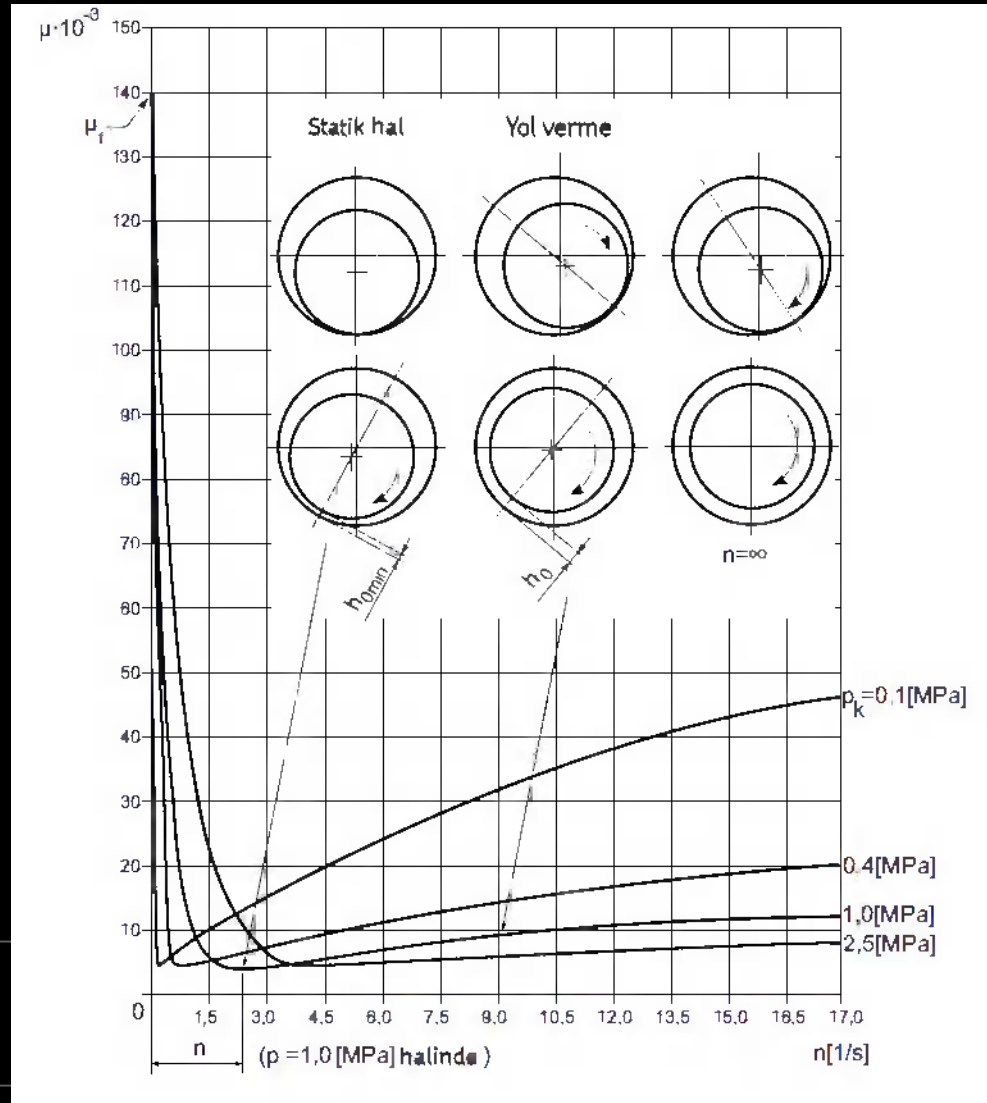
Basınç dağılımı



# Üç bölgeyi yatakta yükün taşınması

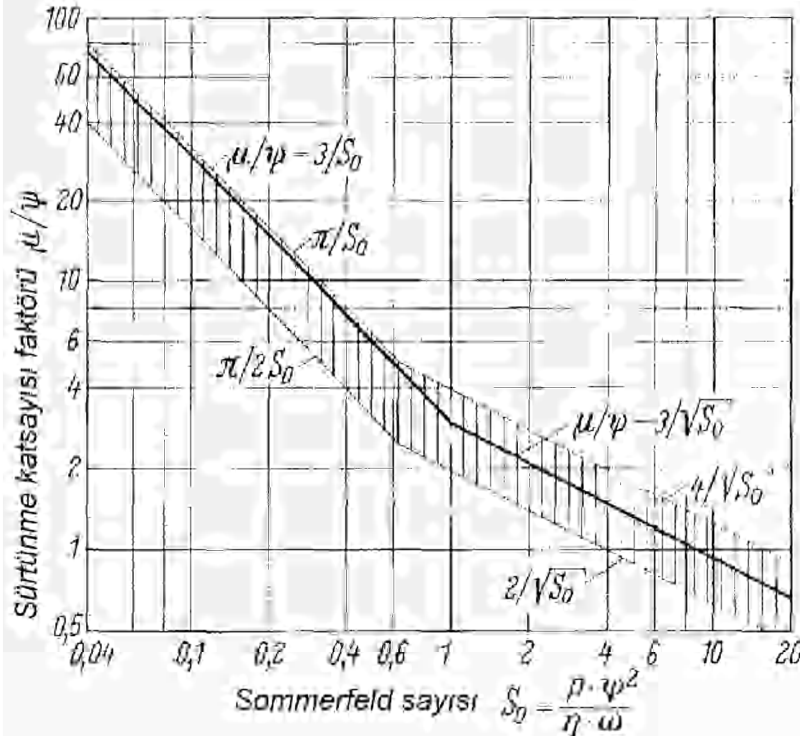
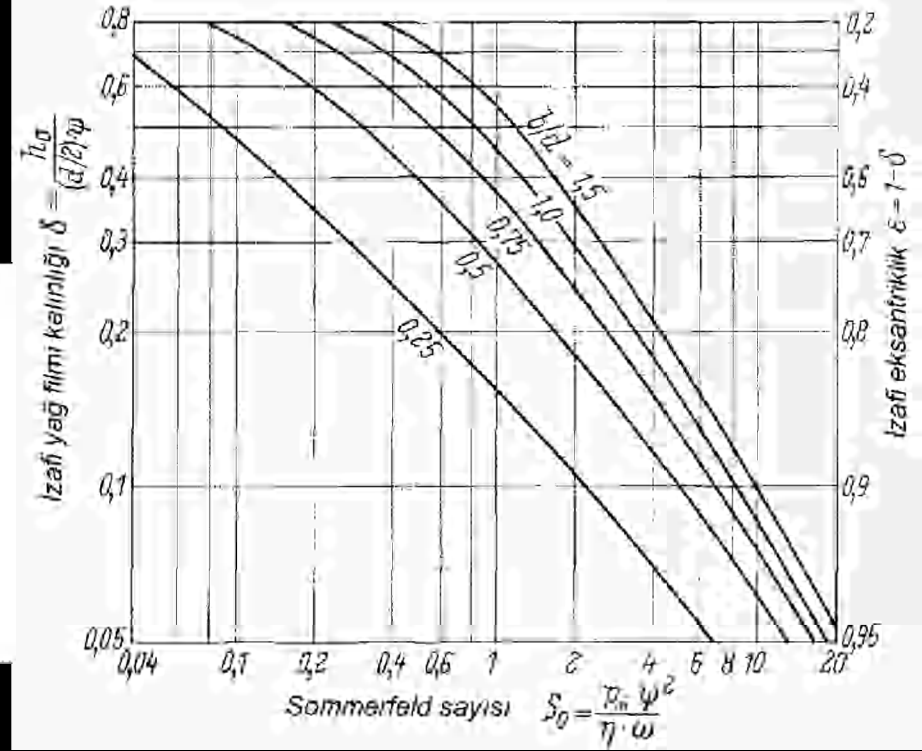
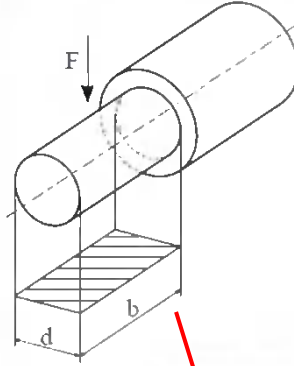


# Stribeck eğrisindeki durum



# Sommerfeld sayısı

$$So = \frac{p_m \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega}$$



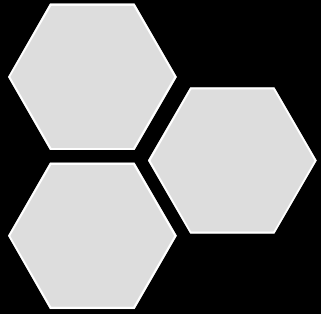
$$p_m = \frac{F}{b \cdot d}$$

$$\psi = \frac{\Delta d}{d}$$

$$So < 1 \text{ de } \frac{\mu}{\psi} = \frac{3}{So}$$

$$So > 1 \text{ de } \frac{\mu}{\psi} = \frac{3}{\sqrt{So}}$$





# Tavsiye edilen değerler

- ▶ Ortalama basınç  $p_m = F/(B \cdot D) \cong 100 \dots 150 \text{ N/cm}^2$
- ▶ Genişlik oranı  $B/D \cong 0,5 \dots 1,5$  tavsiye edilen 1.
- ▶ Yatakta yağ filmi oluşması için gerekli debi

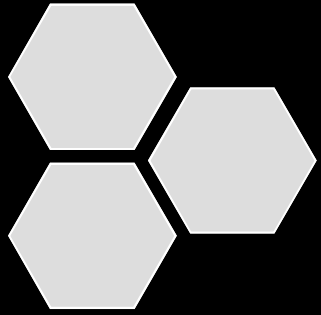
$$G_{\text{film}} = \frac{D^2 \cdot B \cdot \mu \cdot n}{320 \cdot \theta} \text{ lt/dak}$$

$\theta$ : yağ debisi faktörü  
(Sommerfeld  
sayısına bağlıdır)

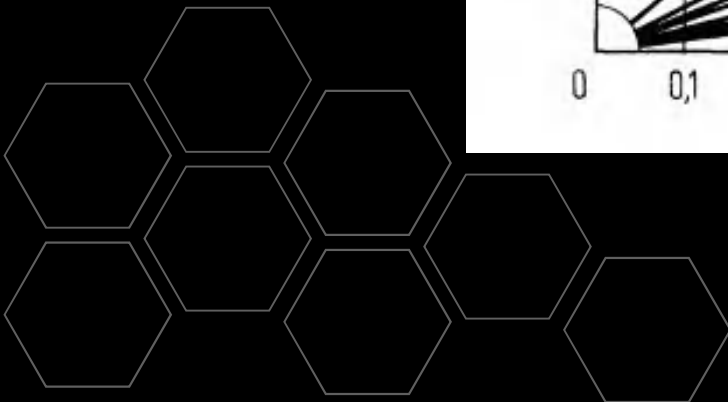
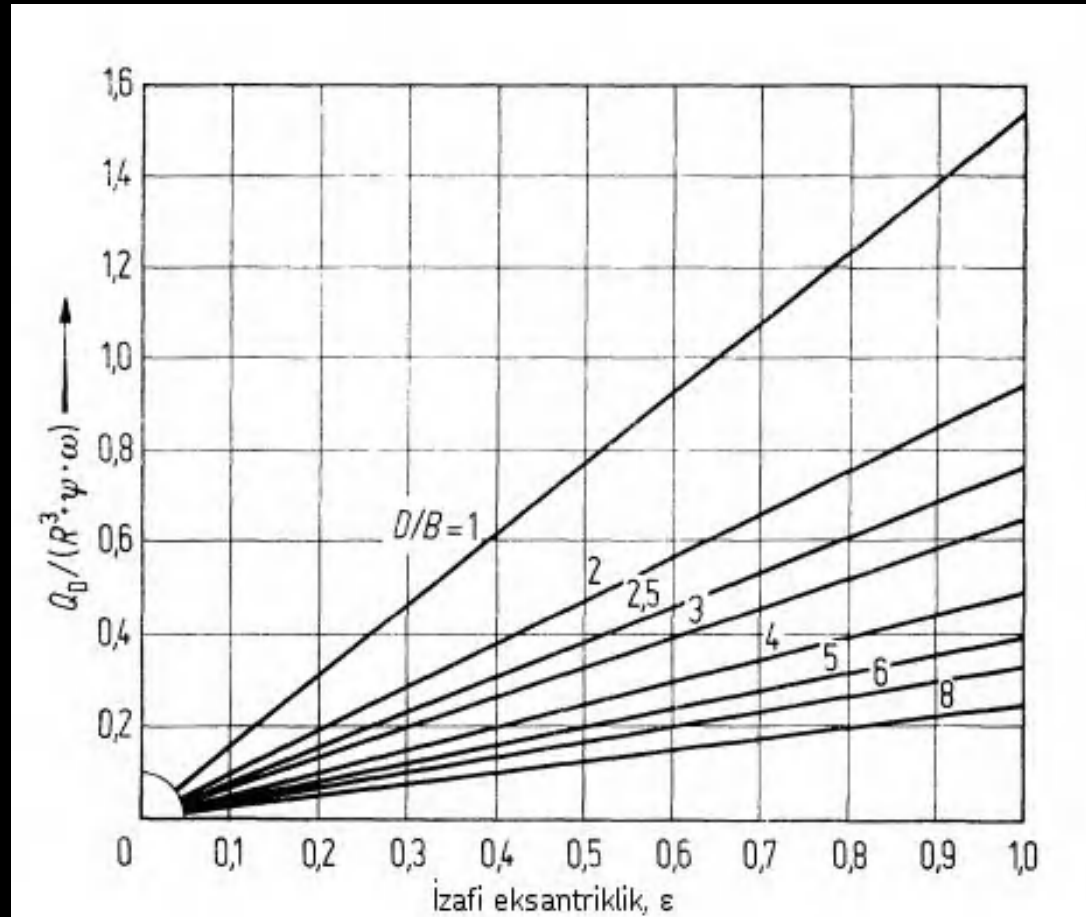
İzafi yatak boşluğu (WM veya Bronz yatak malzemesi için)

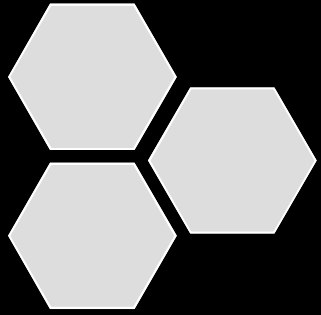
$$\psi = 0,0008 \cdot \sqrt[4]{V}$$



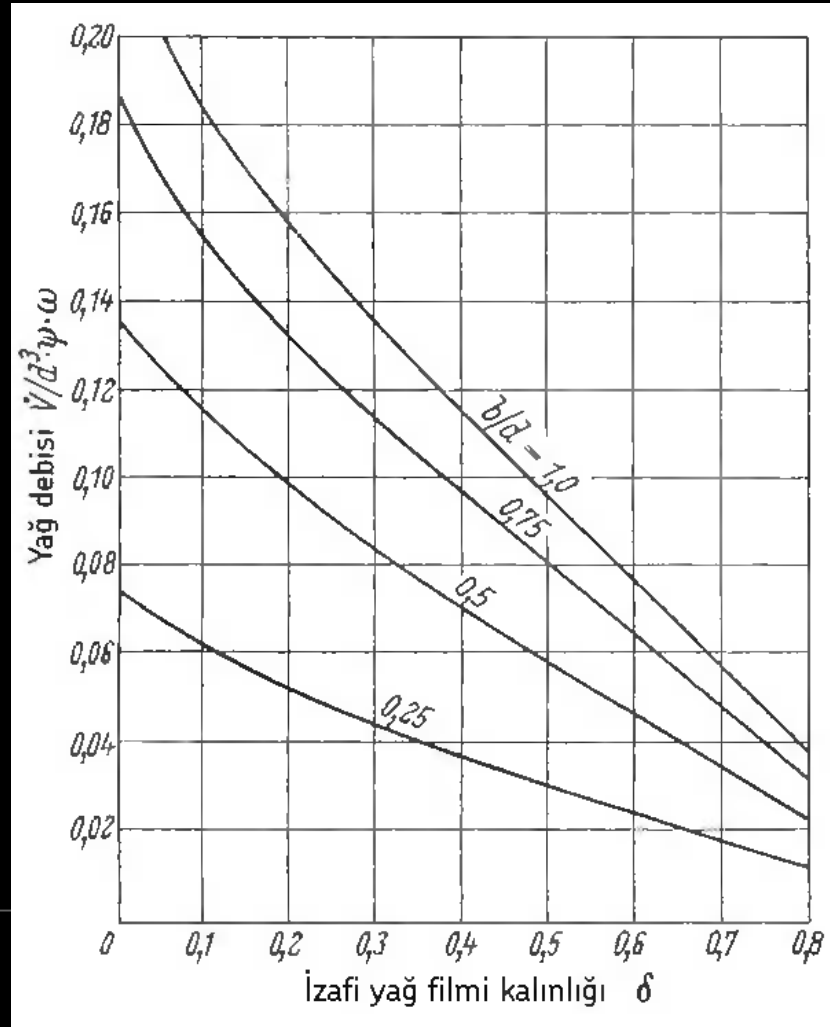


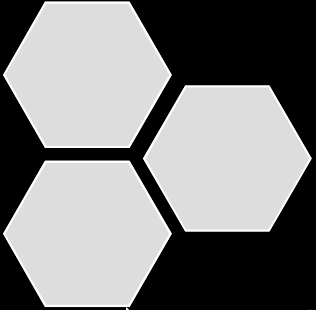
# Tam kapalı yatakta yağ debisi





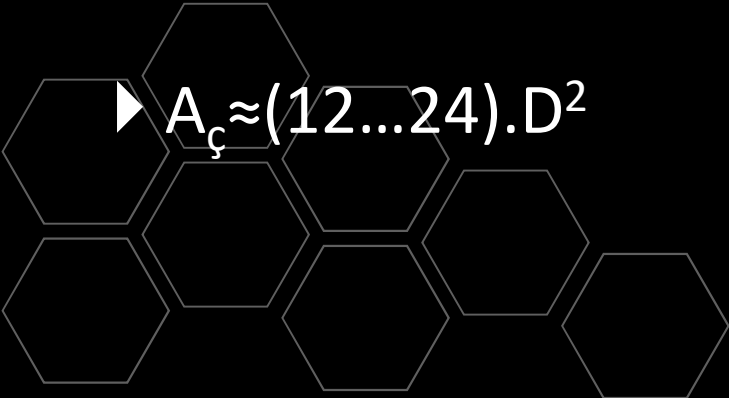
# Tam kapalı yatakta yağ debisi





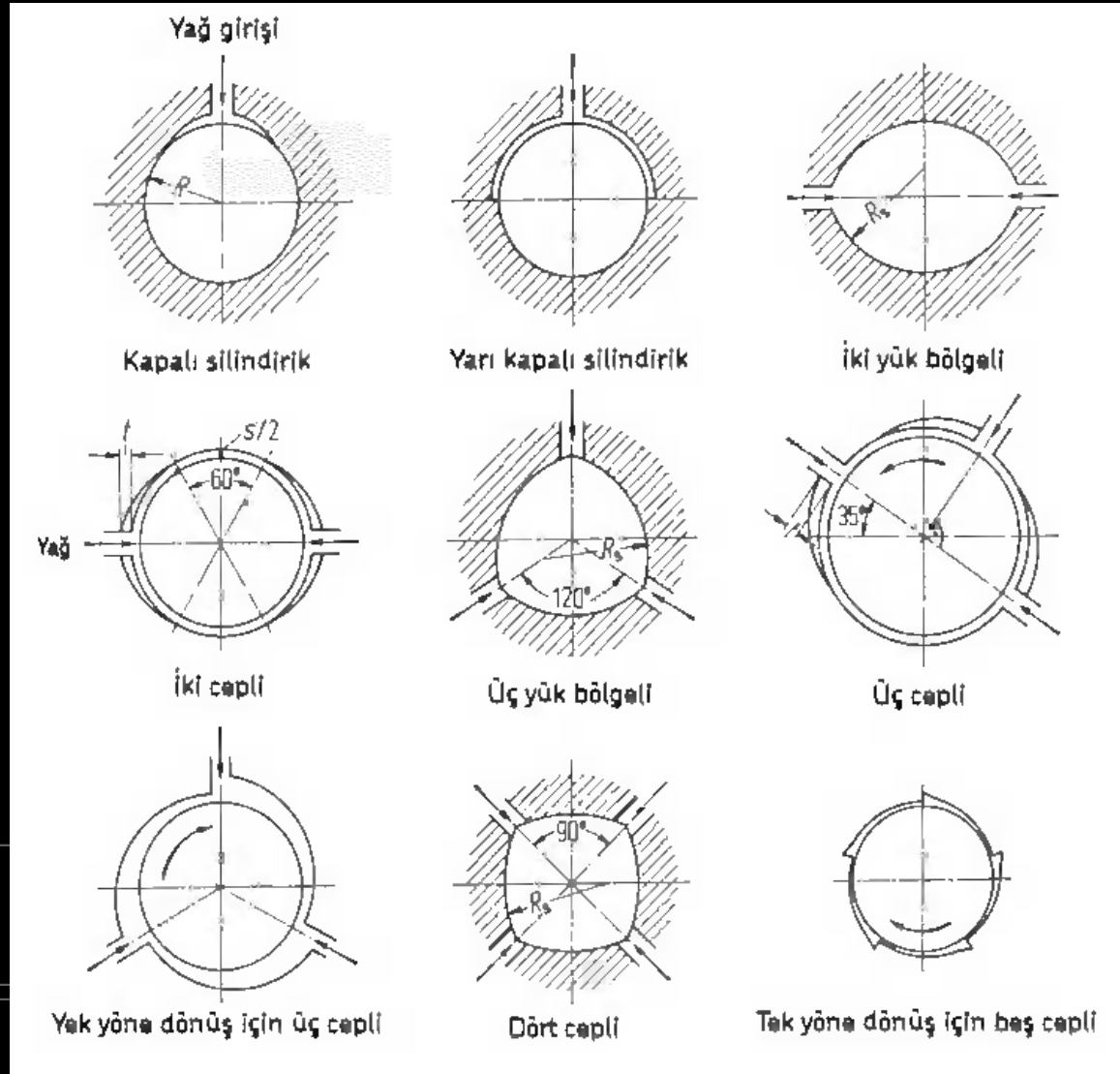
# Isil hesap (Aynıdır)

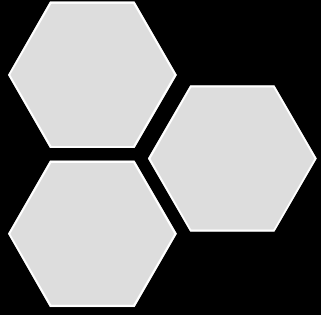
- ▶ Yatakta meydana gelen sürtünme işi
- ▶  $L_s = \mu \cdot F \cdot V$  (3600/4186) kcal/h
- ▶ Yatak yüzeyinden dışarı atılan ısı
- ▶  $L_\zeta = \alpha \cdot A_\zeta \cdot \Delta t_1$
- ▶ Suni soğutma ile atılan ısı
- ▶  $L_{yağ} = c \cdot G \cdot \Delta t_2$



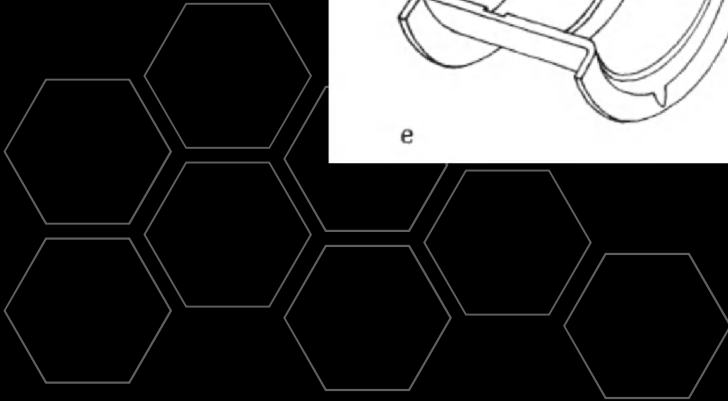
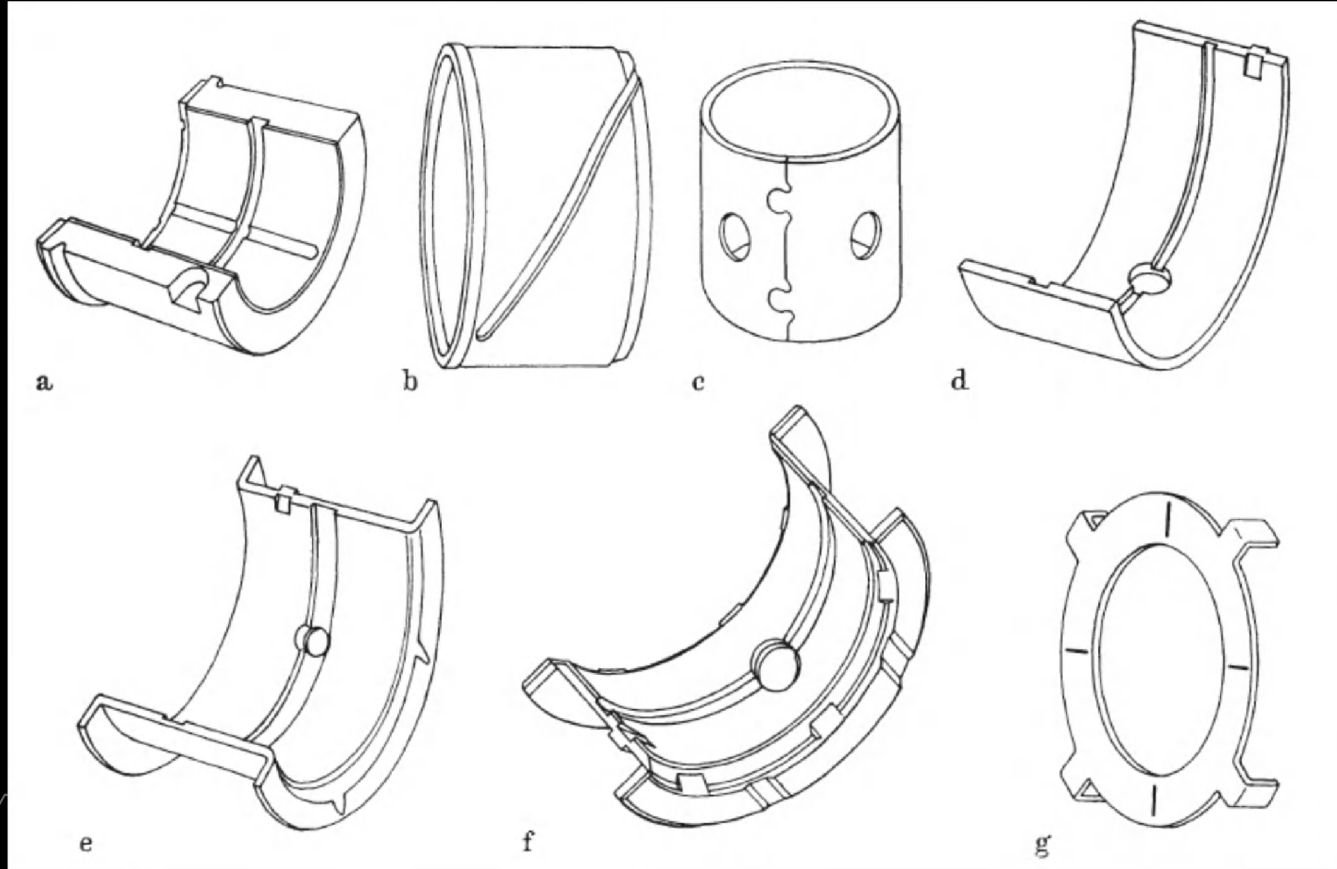
- ▶  $A_\zeta \approx (12 \dots 24) \cdot D^2$

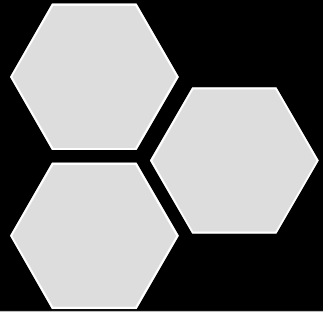
# Farklı yatak geometrileri



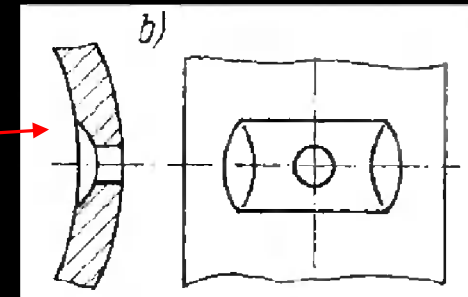
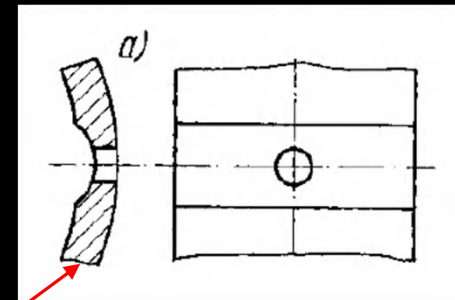
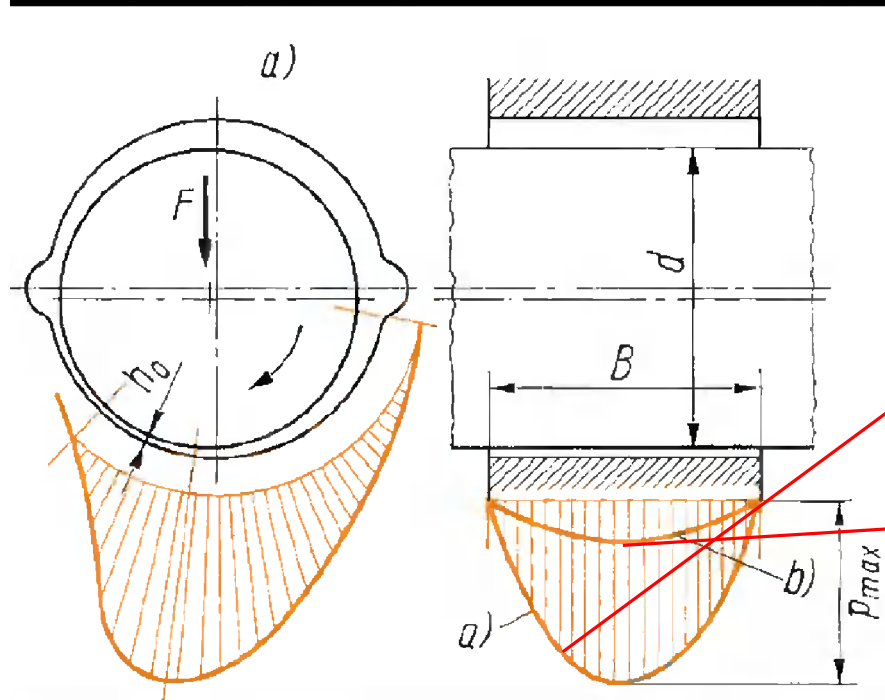
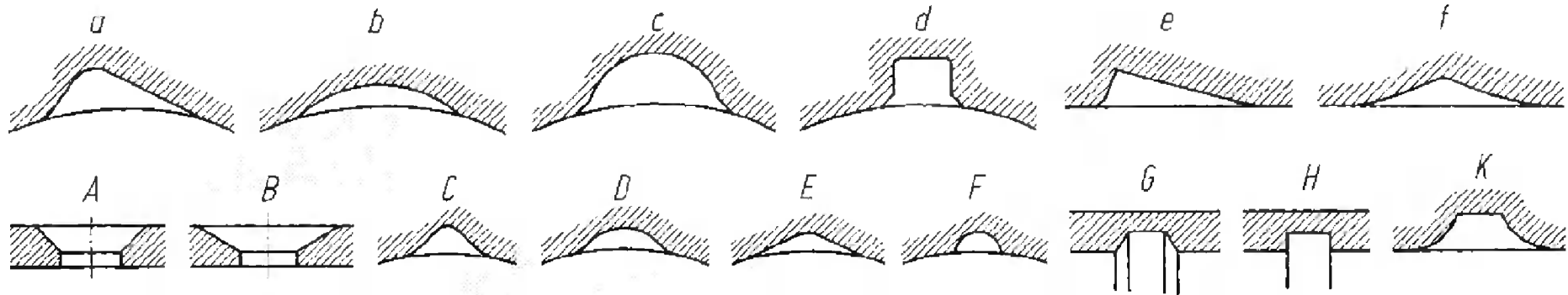


# Değişik yatak burcu tasarımları

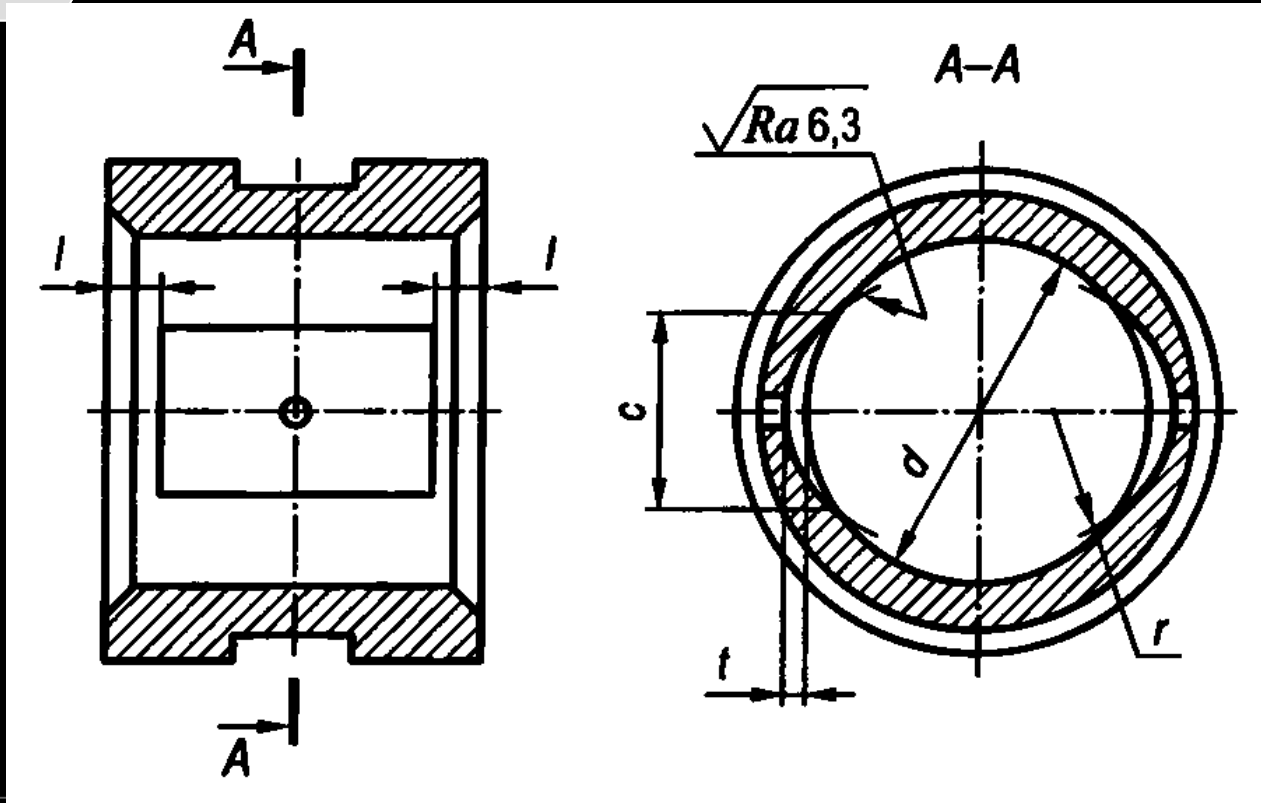




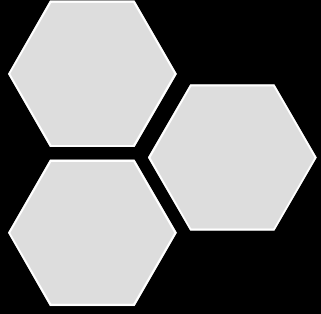
# Yağ cebi ve yağ deliği tasarımları



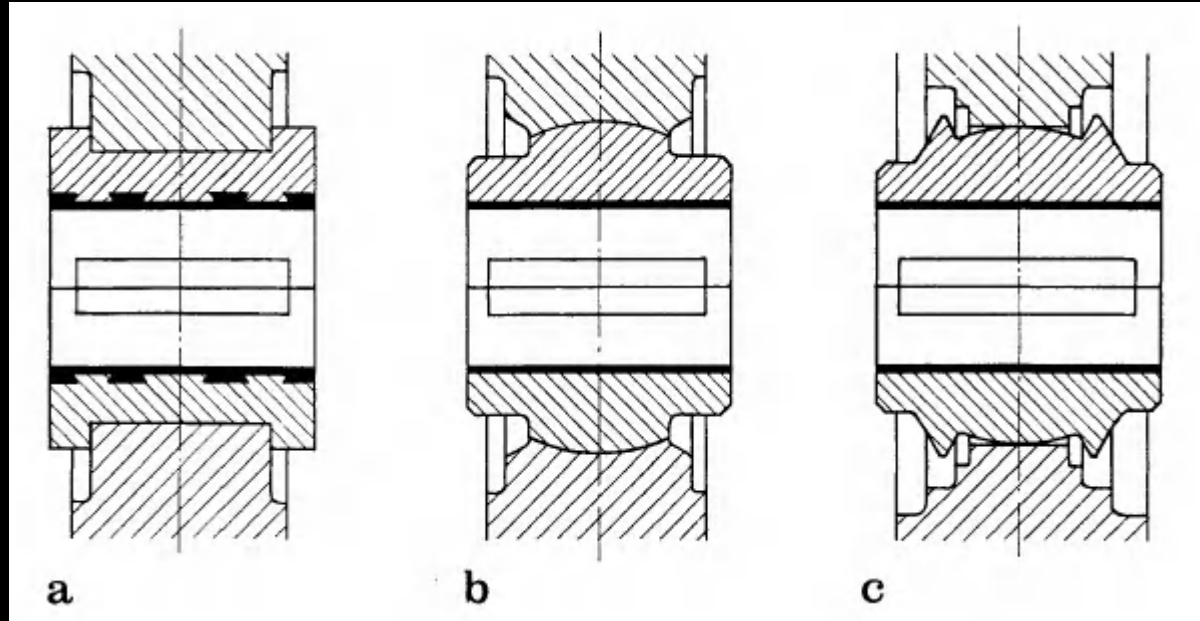
# Yağ cepleri için öneriler



| $d$    | $c$ | $r$ | $t$ | $l$ |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 40-50  | 17  | 14  | 1,5 | 3   |
| 55-60  | 20  | 18  | 1,5 | 3   |
| 67-80  | 27  | 24  | 2   | 4   |
| 85-100 | 34  | 32  | 2   | 5   |



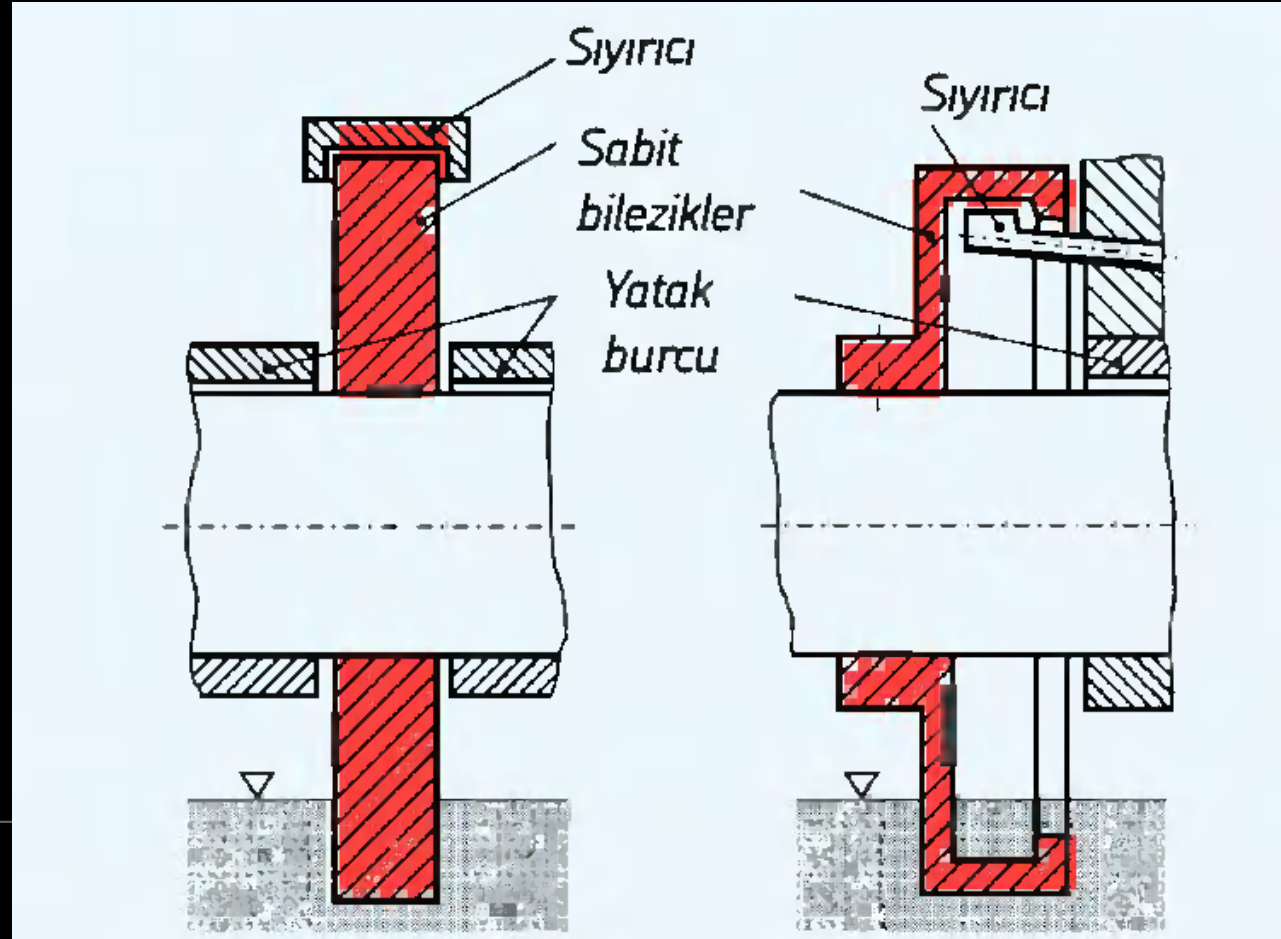
# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



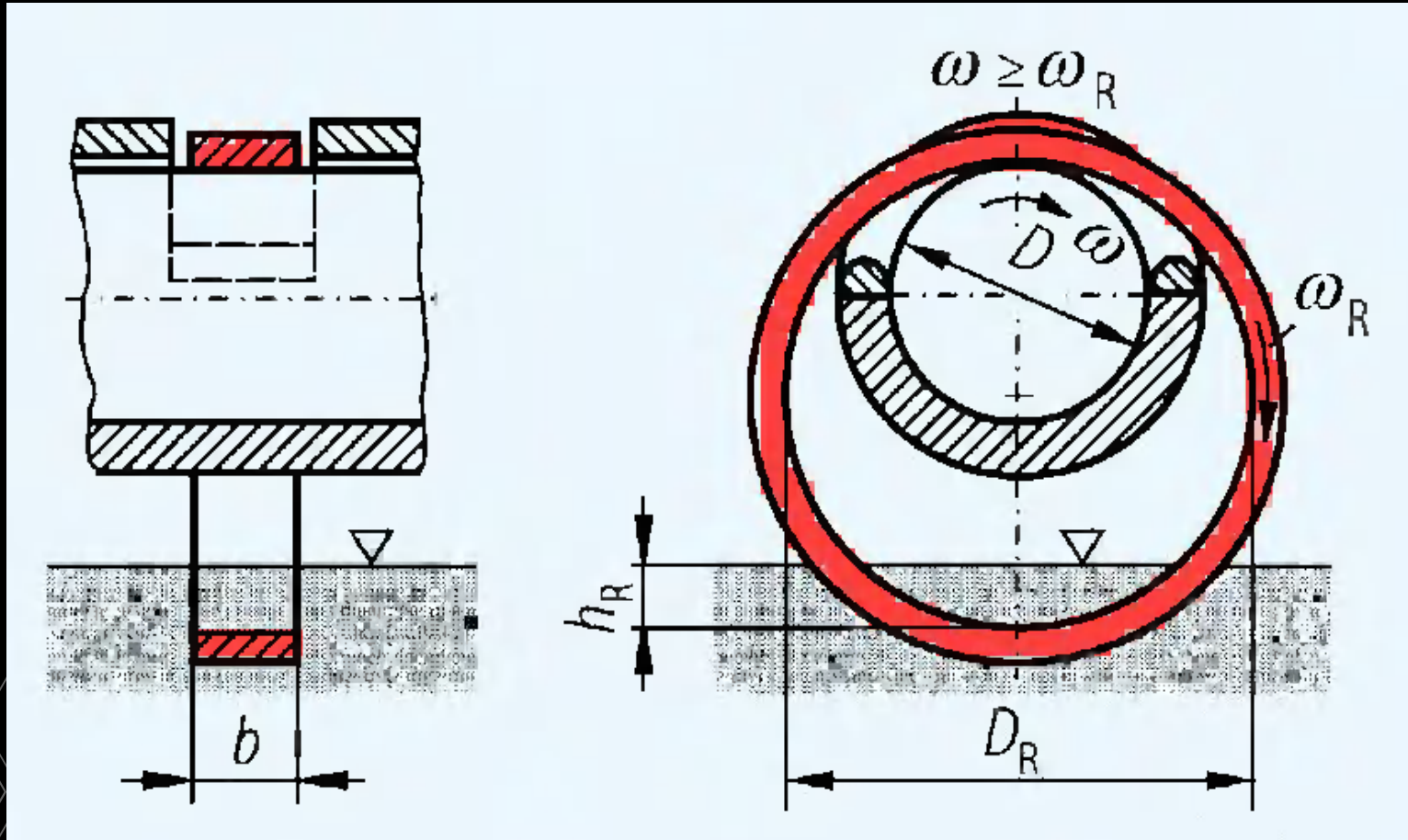
Yatak burçlarının gövdeye bağlantı şekilleri

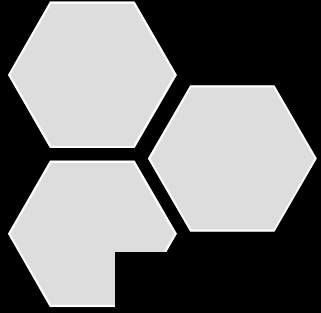


# Sabit bilezikli yağlama

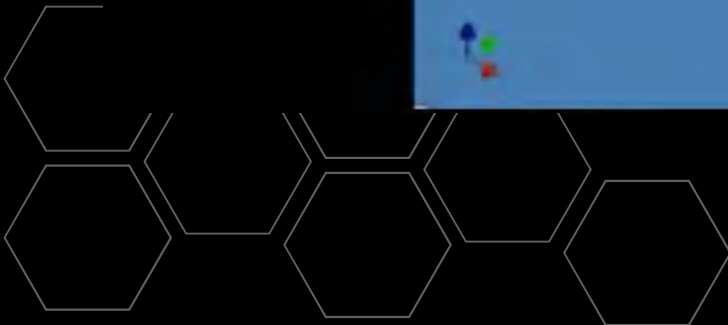
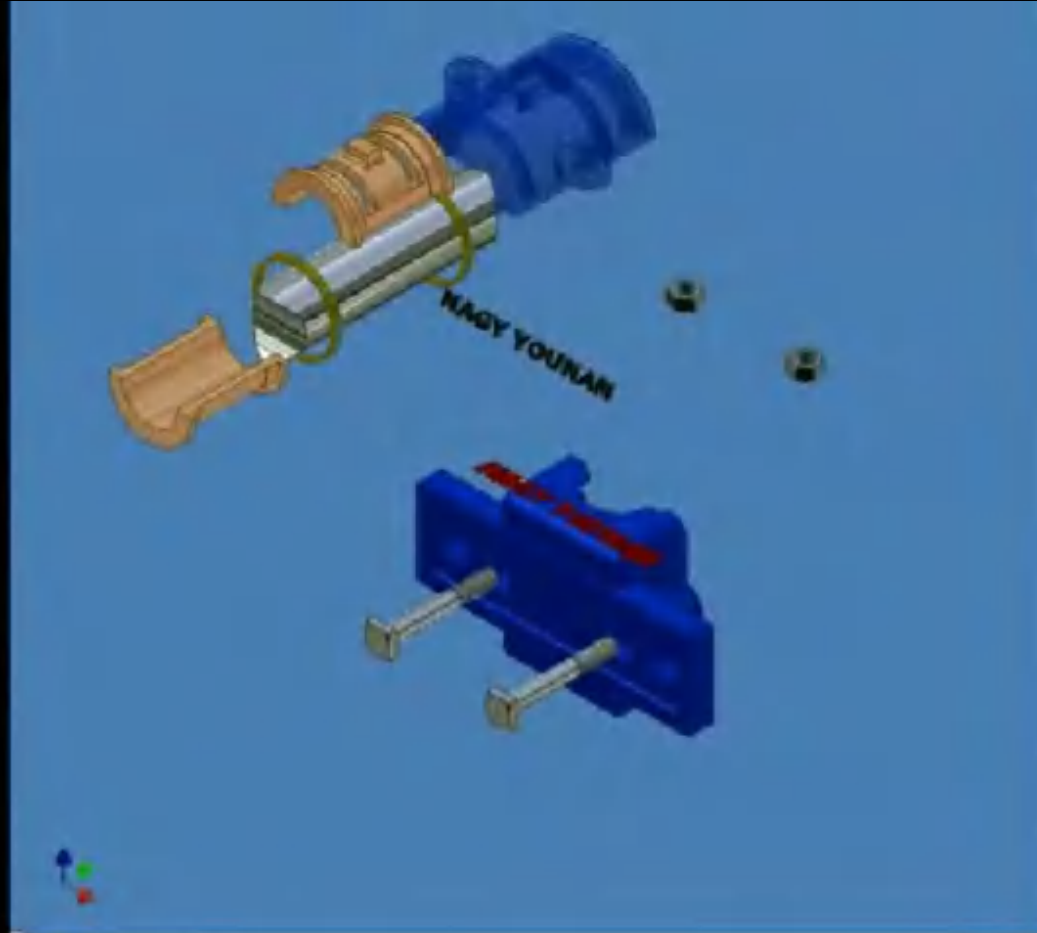


# Serbest bilezikli yağlama

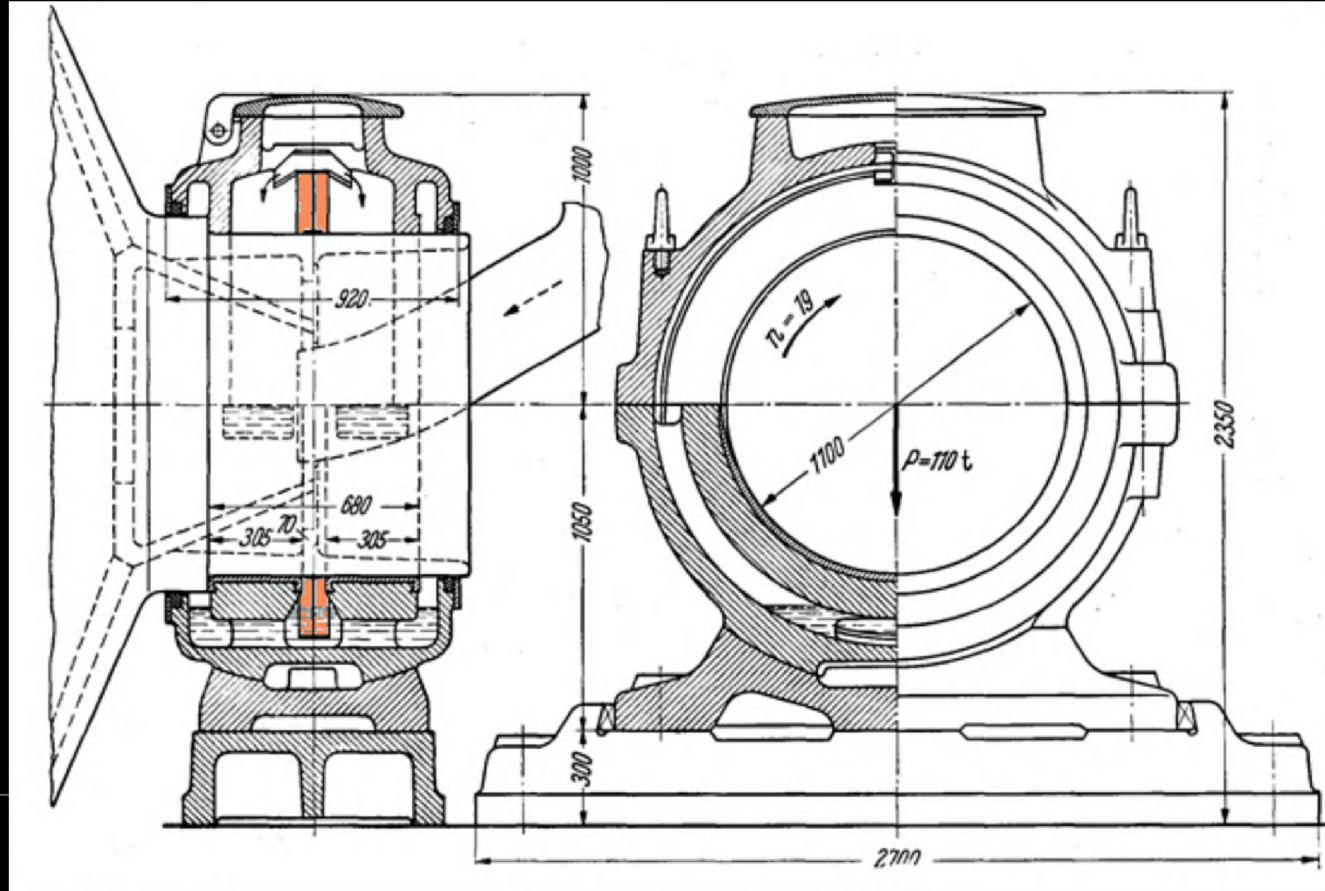




# Serbest Bilezikli Radyal Kaymalı Yatak

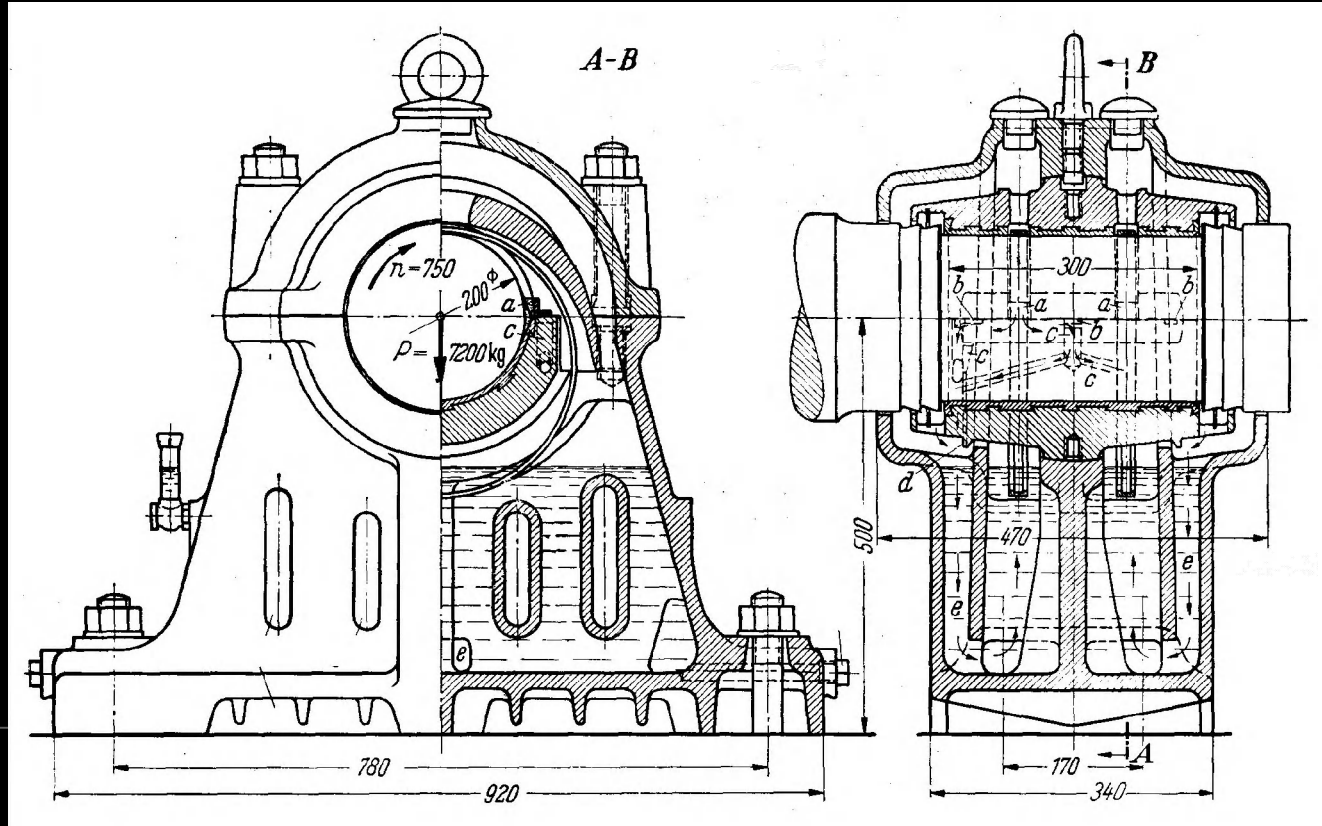


# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



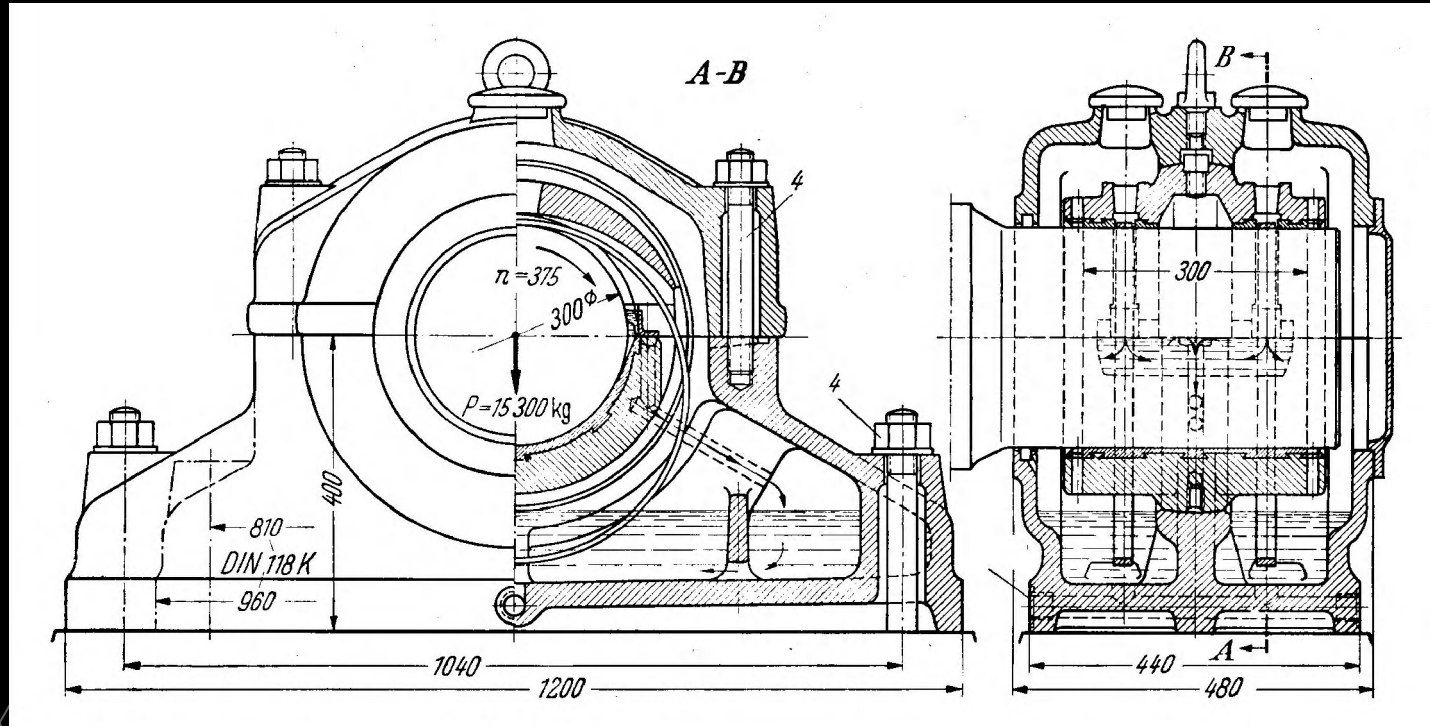
Bir haddeye ait sabit bilezikli radyal kaymalı yatak  
 $F = 1.100.000 \text{ N}$

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



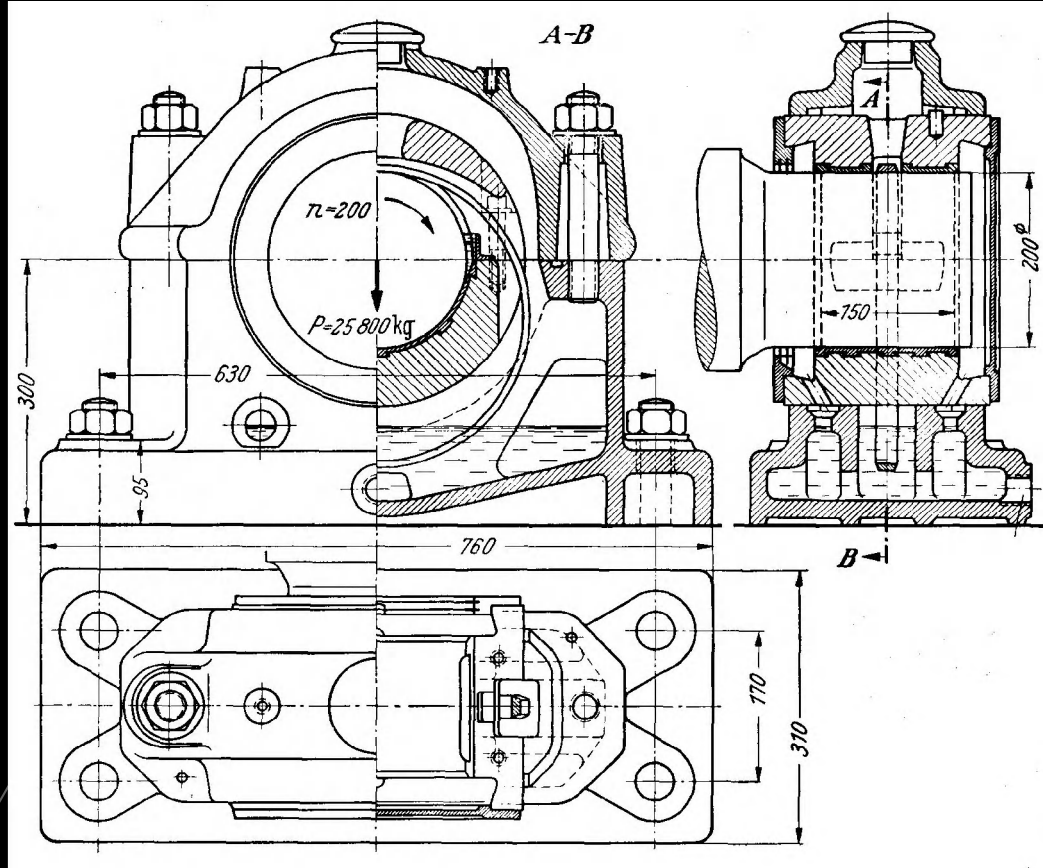
Bir elektrik makinasına ait serbest bilezikli radyal kaymalı yatak  
 $F=72.000 \text{ N}$

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



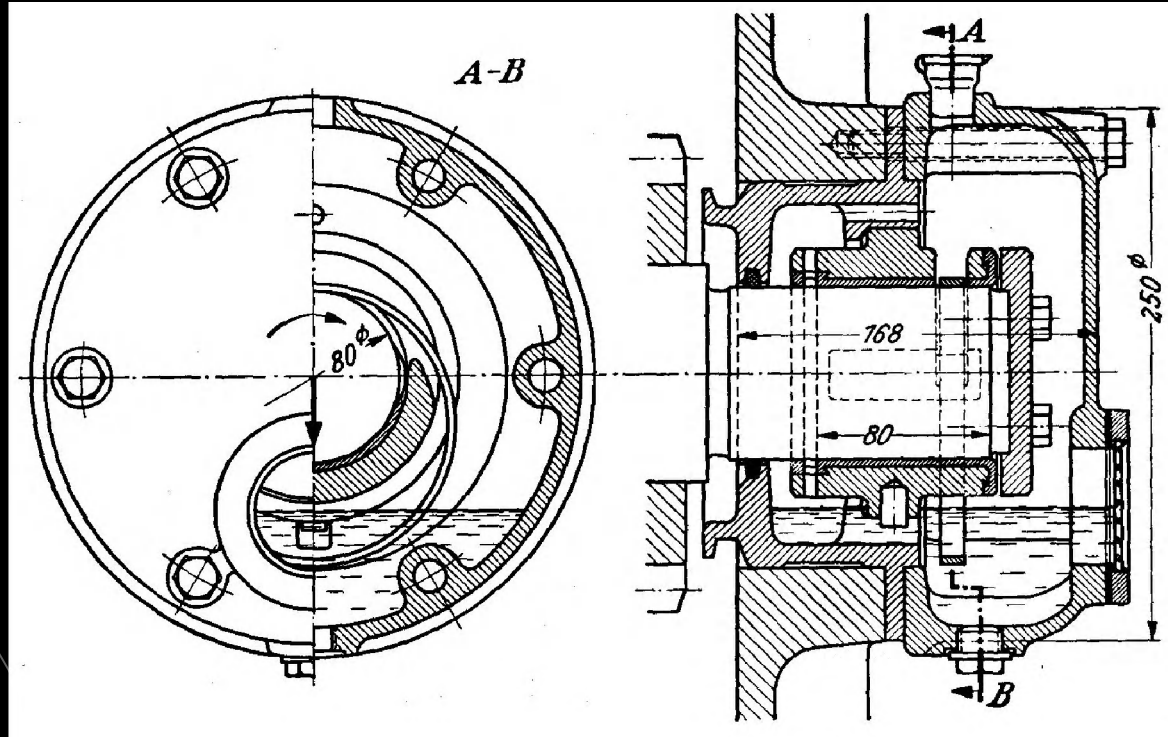
Serbest bilezikli radyal kaymalı yatak  
 $F=153.000\text{ N}$

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



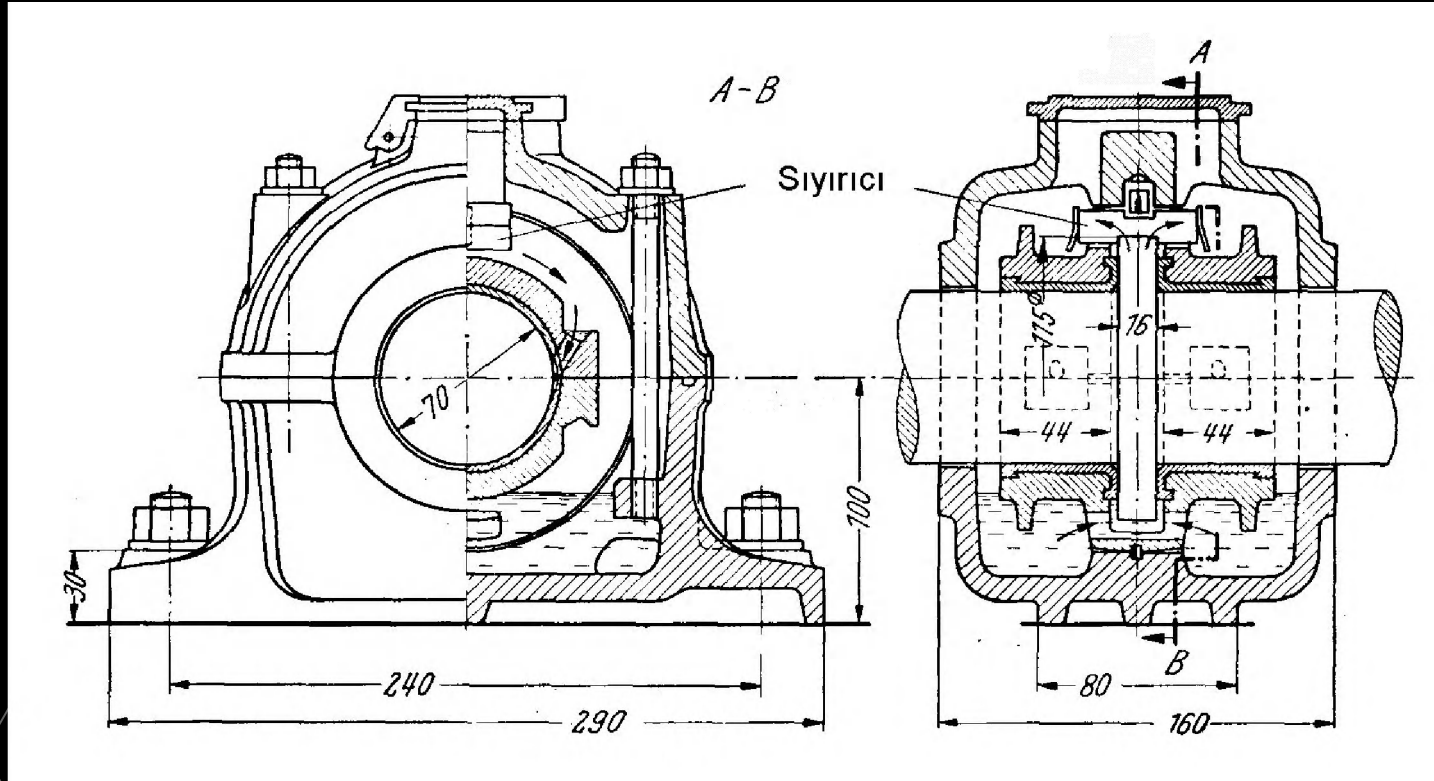
Serbest bilezikli radyal kaymalı yatak  
 $F=258.000 \text{ N}$

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



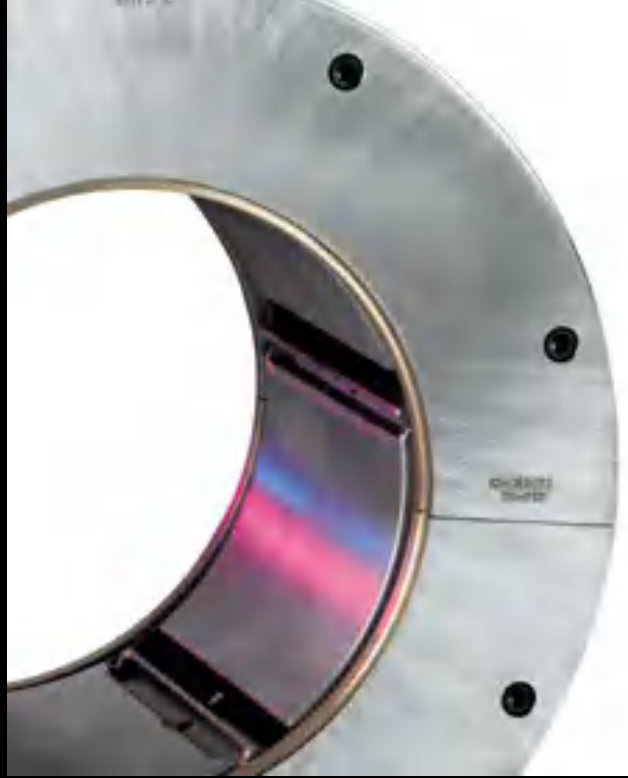
Serbest bilezikli radyal kaymalı yatak – flanş tipi

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



Sabit bilezikli radyal kaymalı yatak

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları

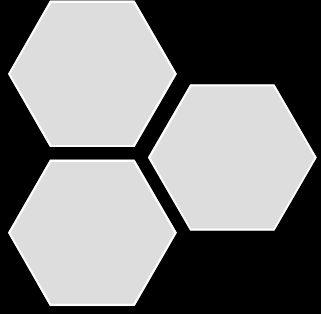


Parçalı radyal kaymalı yatak

# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



Parçalı radyal ve aksenal kaymalı yatak

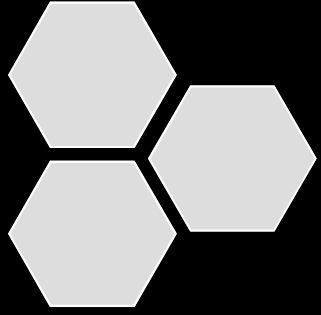


# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



Parçalı radyal kaymalı yatak (mafsallı – tilting pad)

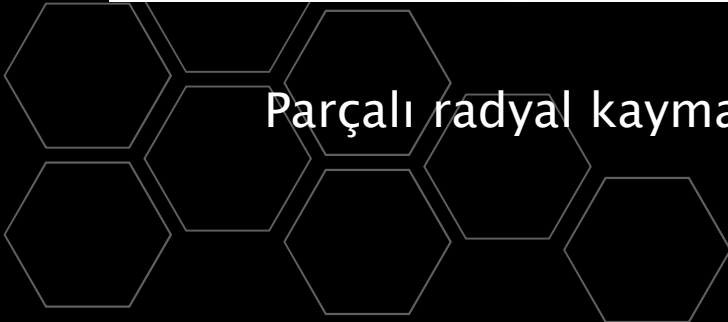




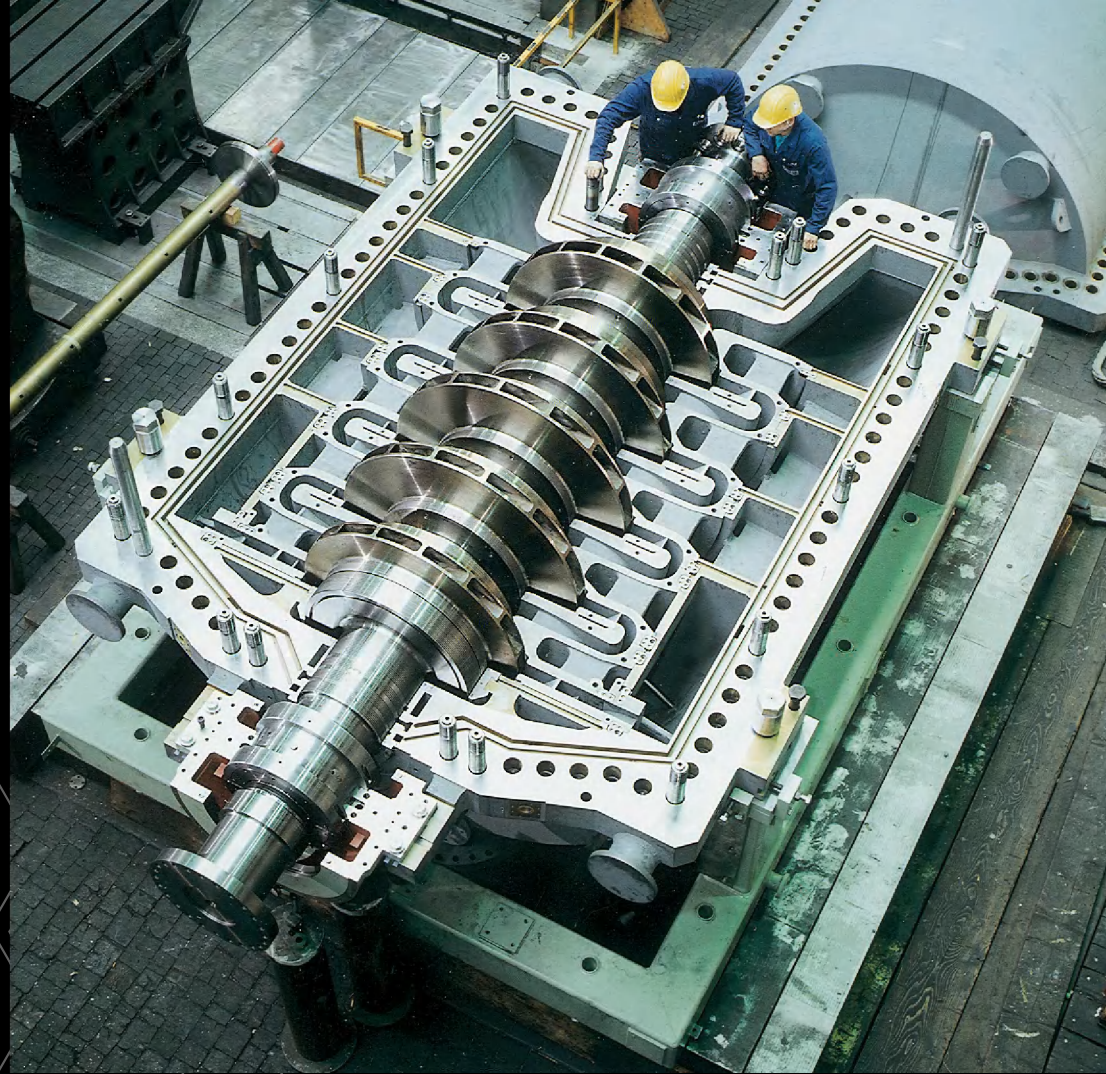
# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları

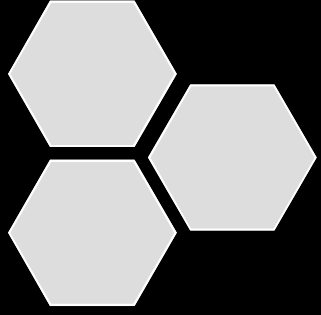


Parçalı radyal kaymalı yatak (mafsallı – tilting pad)

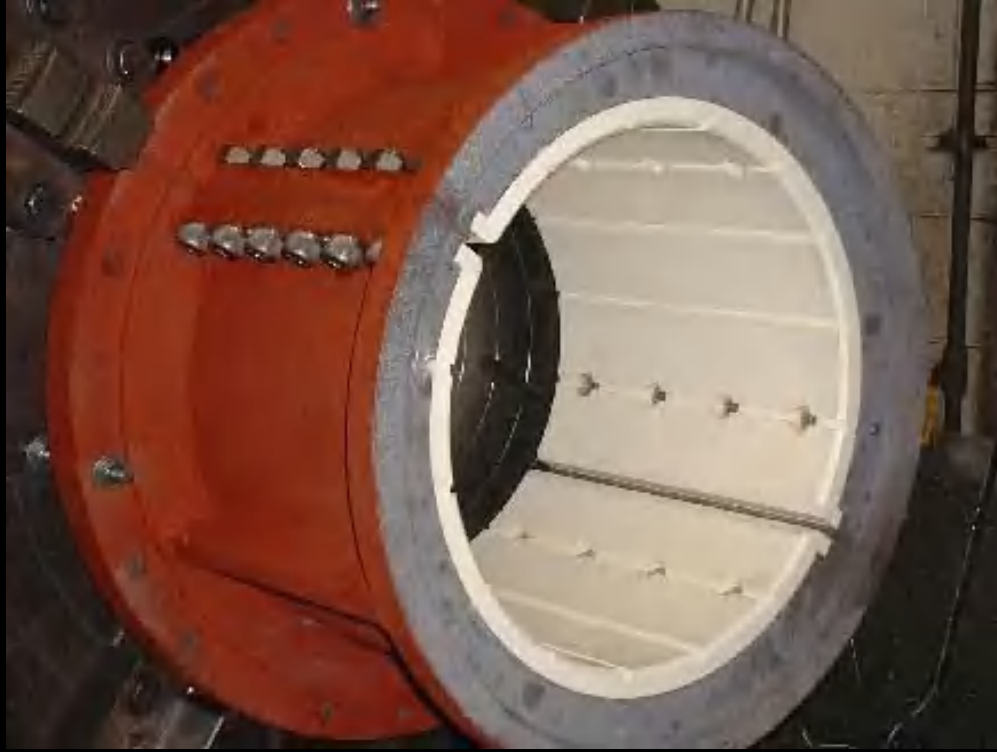


# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



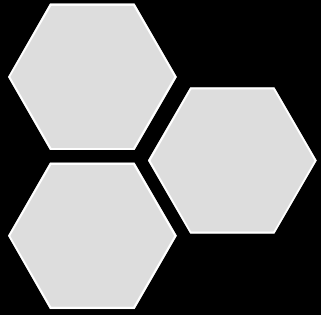


# Radyal kaymalı yatak konstrüksiyonları



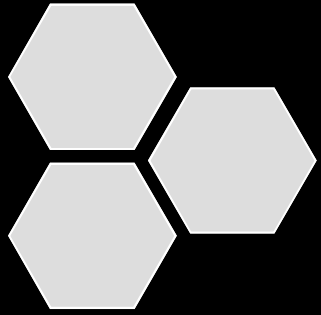
Türbin destek yatağı



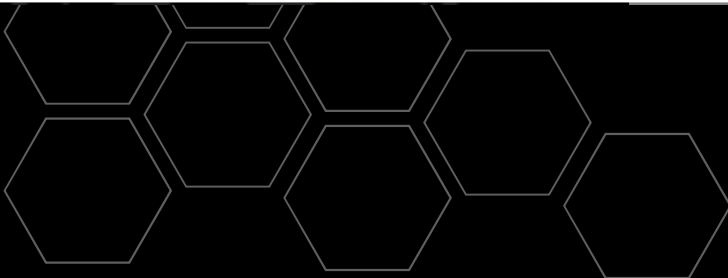
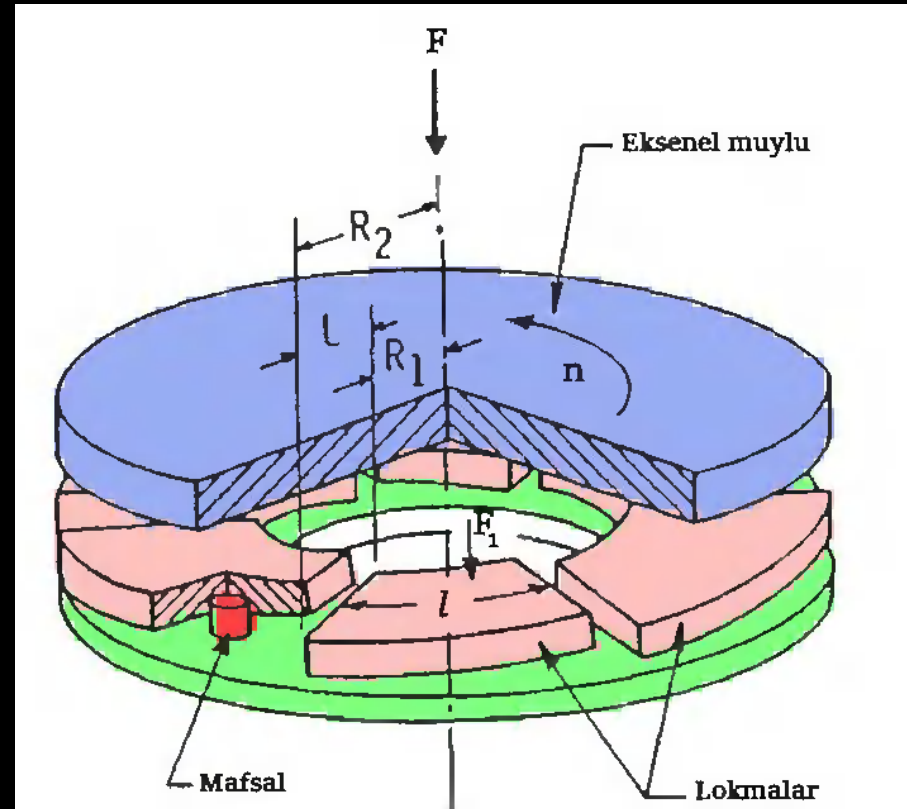
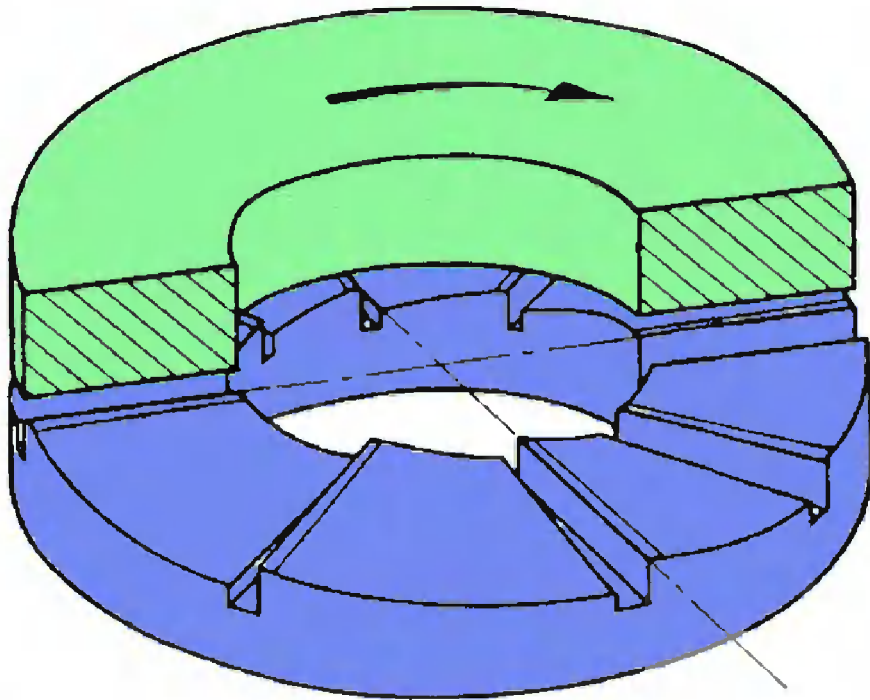


# Eksenel Kaymalı yataklar

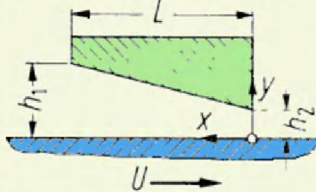
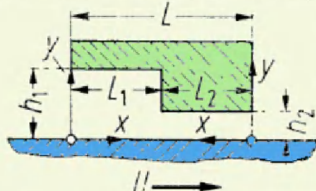
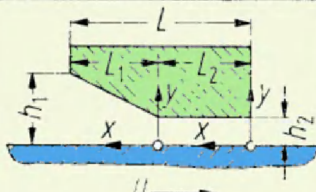
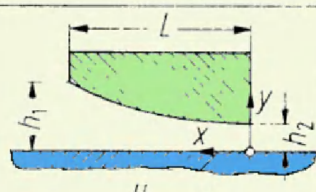
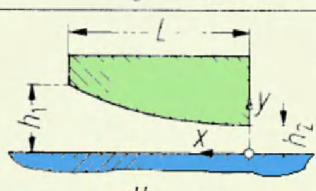
- Uygulama alanları: Su ve buhar türbinleri, türbo kompresör ve gemi şaftları gibi yerlerde eksenel kuvveti almak üzere inşa edilir.
- Hidrodinamik film teşekkülü için gerekli geometrik şartın (yağ kaması) sağlanması için yüzeylerden biri çok parçadan oluşur.
- Burada kullanılan geometriler çok farklı olabilir. Bazı hallerde ise lokma adı verilen ayrı ayrı sabit sisteme mafsallı elemanlar da kullanılır (Mitchell yatakları)



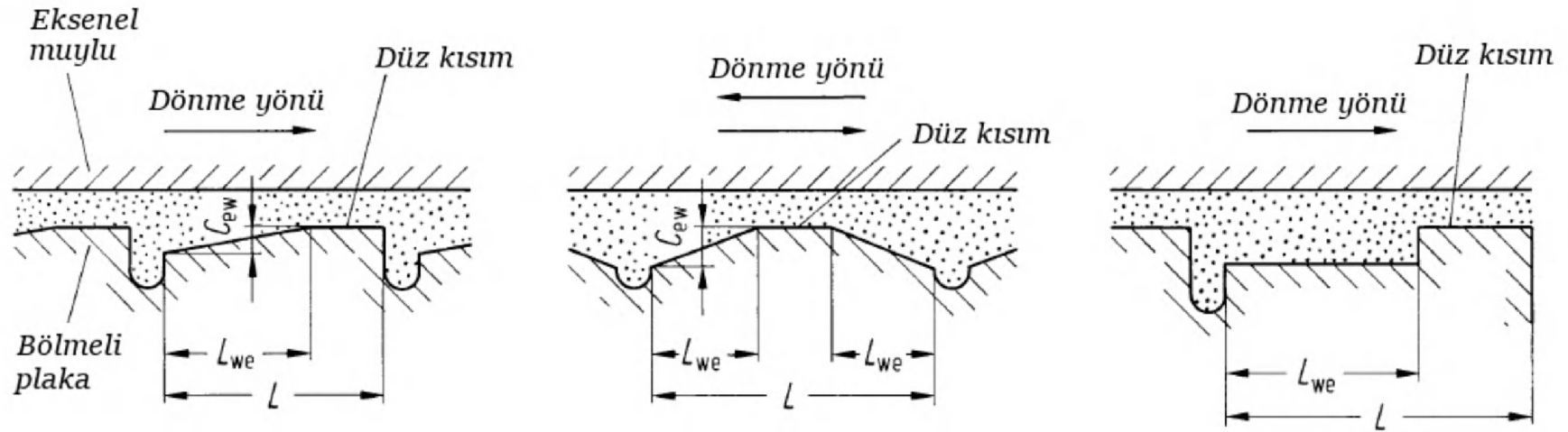
# Eksenel yataklar - geometri

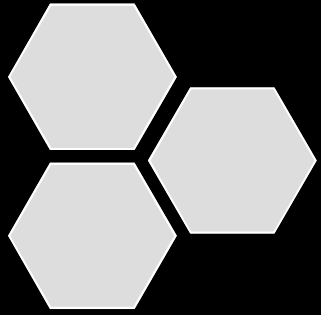


# Eksenel yataklar - geometri

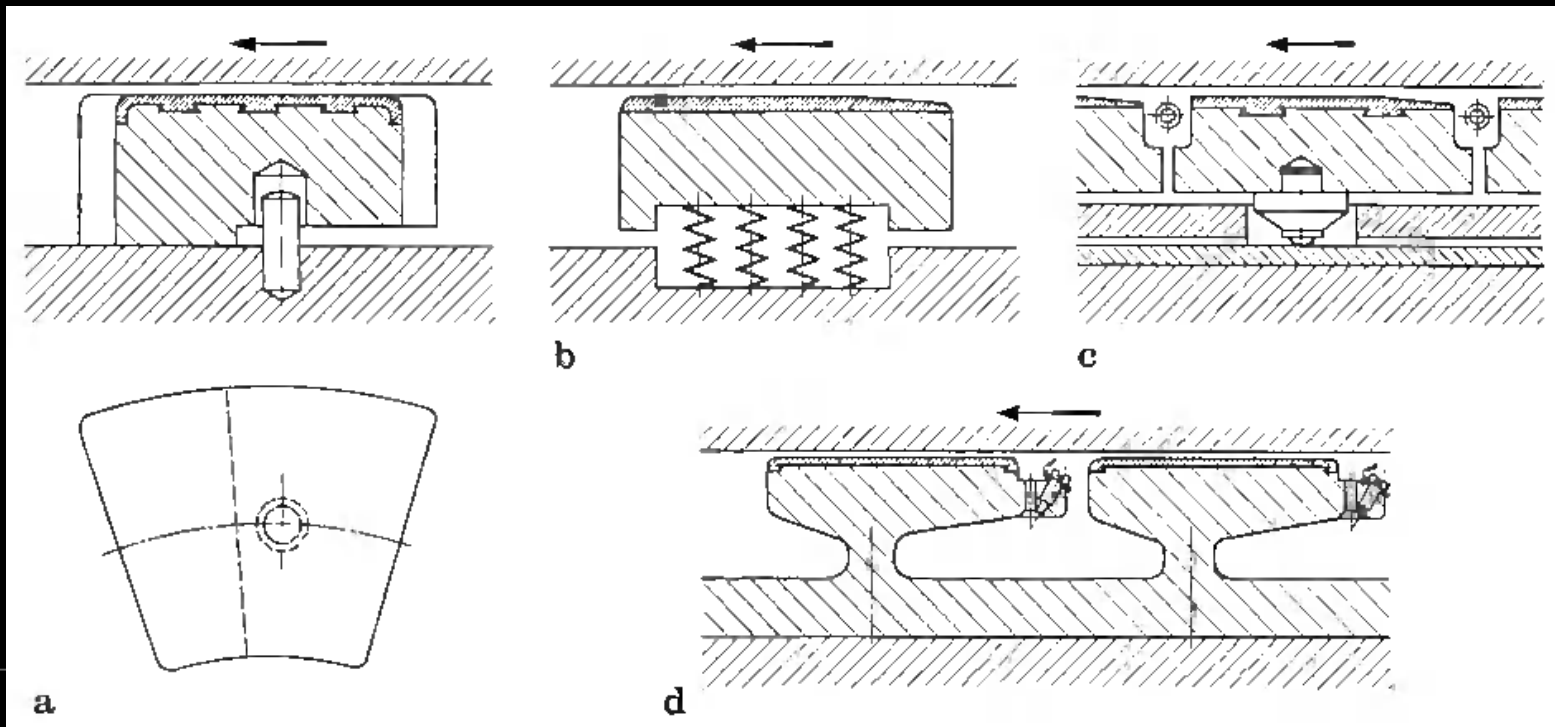
| Aralık geometrisi                                                                   | Tanım                                            | $F=F_{\max}$ için<br>$a=h_1/h_2$ | $L_1/L_2$ | Maks. kapasite<br>$F_{\max}$                          | Yağ filmi kalınlığı<br>$h=h(x)$                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Eğimli düz yüzey                                 | 2,189                            | —         | $0,1603 \frac{\eta \cdot U \cdot B \cdot L^2}{h_2^2}$ | $0 \leq x \leq L$<br>$h = h_2 + \frac{h_1 - h_2}{L} \cdot x$                                         |
|    | Basamaklı yüzey, sabit yağ filmi kalınlığı       | 1,866                            | 2,549     | $0,2052 \frac{\eta \cdot U \cdot B \cdot L^2}{h_2^2}$ | $0 \leq x \leq L_2$<br>$h = h_2$<br>$0 \leq x \leq L_1$<br>$h = h_1$                                 |
|   | Lineer eğimli yüzey ve sabit yağ filmi kalınlığı | 2,25                             | 4         | $0,1920 \frac{\eta \cdot U \cdot B \cdot L^2}{h_2^2}$ | $0 \leq x \leq L_2$<br>$h = h_2$<br>$0 \leq x \leq L_1$<br>$h = h_2 + \frac{h_1 - h_2}{L_1} \cdot x$ |
|  | Parabolik yağ filmi kalınlığı                    | 2,3                              | —         | $0,1630 \frac{\eta \cdot U \cdot B \cdot L^2}{h_2^2}$ | $0 \leq x \leq L$<br>$h = h_2 + \frac{h_1 - h_2}{L^2} \cdot x^2$                                     |
|  | Eksponansiyel yağ filmi kalınlığı                | 2,3                              | —         | $0,1650 \frac{\eta \cdot U \cdot B \cdot L^2}{h_2^2}$ | $0 \leq x \leq L$<br>$h = h_2 \cdot \exp(\ln a \cdot x/L)$                                           |

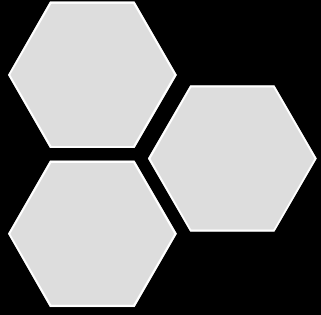
# Farklı eksenel kaymalı yatak konstrüksiyonları



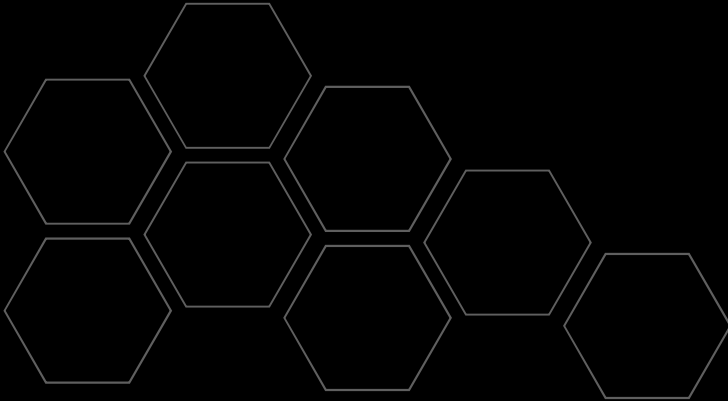
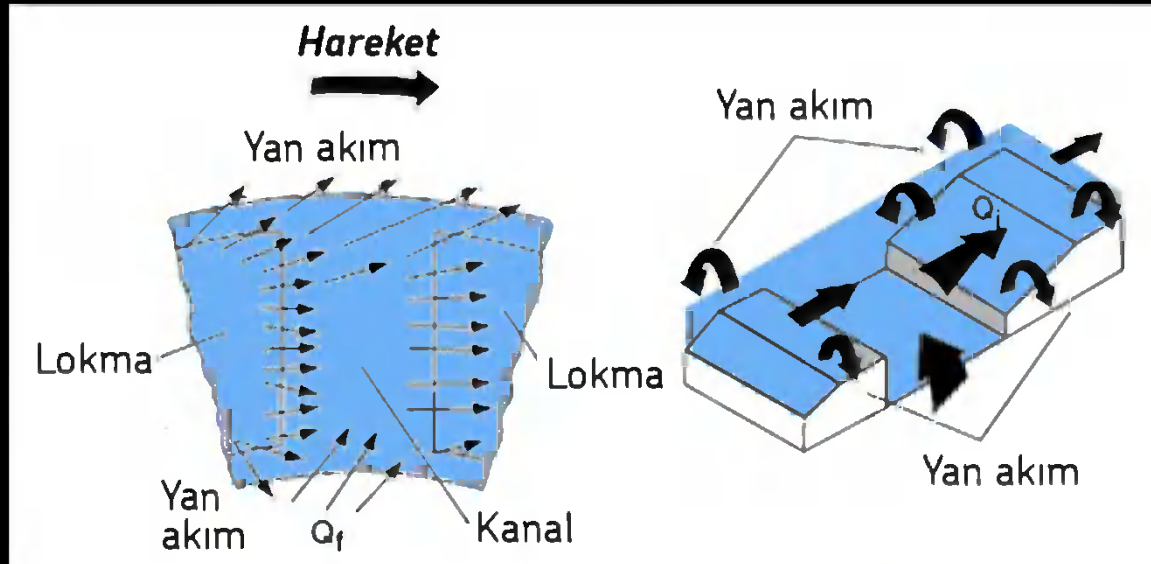


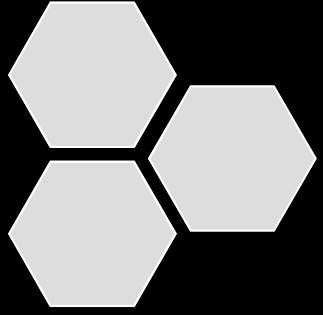
# Farklı eksenel kaymalı yatak konstrüksiyonları



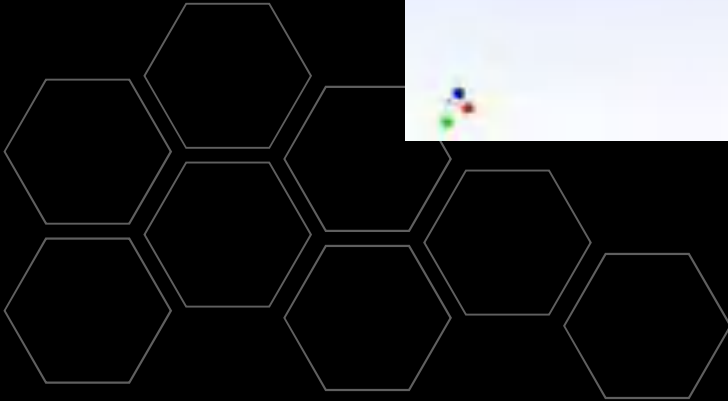
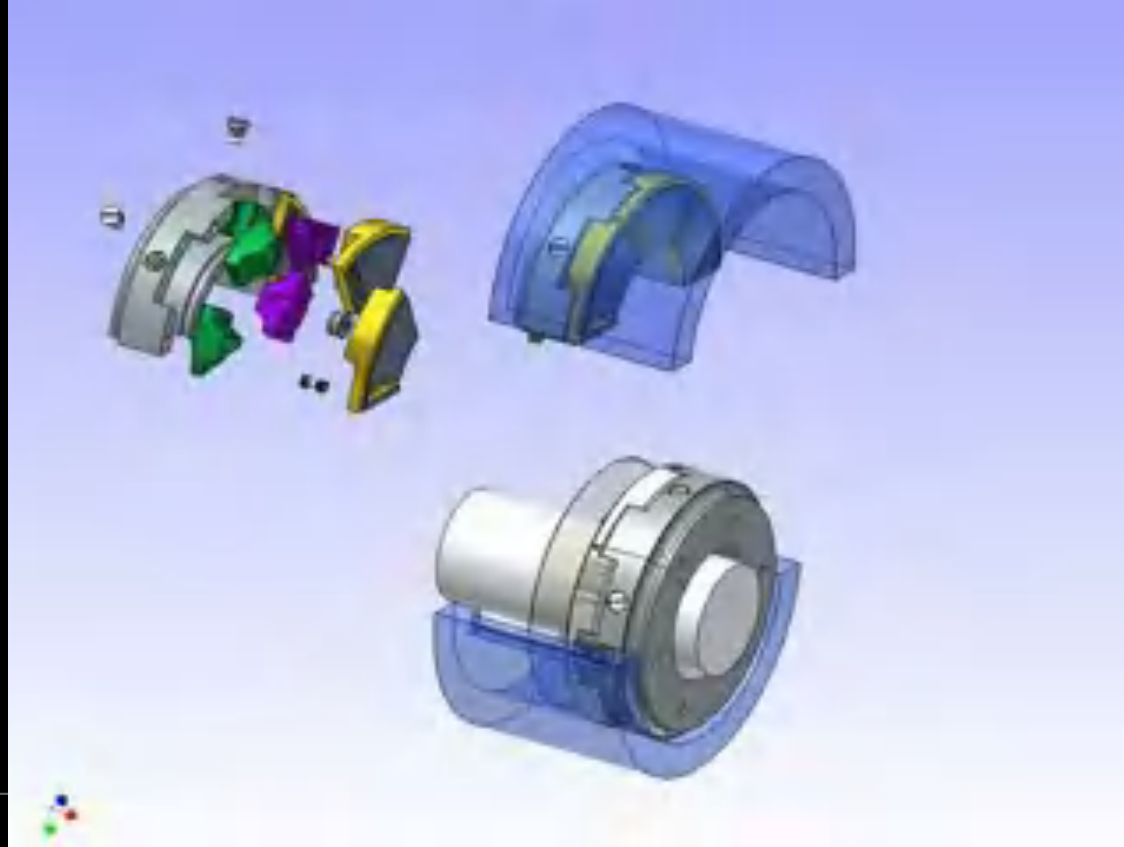


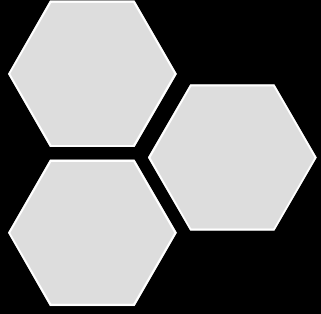
# Eksenel yataklar – Yağ akışı





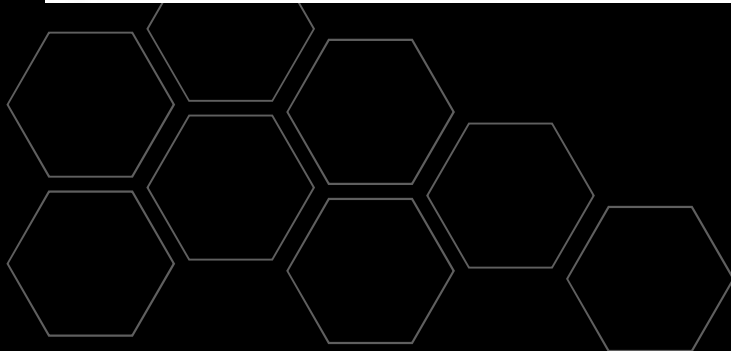
# Eksenel Kaymalı Yatak Parçaları





# Kaymalı Yataklar için Önerilen Yağlayıcı Vizkozitesi (ISO VG)

| Yatak hızı (d/dak) |    | Yatak/Yağ Sıcaklığı (°C) |          |          |
|--------------------|----|--------------------------|----------|----------|
| 0-50               | 60 | 75                       | 90       |          |
| 300-1,500          | -  | 68                       | 100-150  | -        |
| 1,800              | 32 | 32 - 46                  | 68 - 100 | 100      |
| 3,600              | 32 | 32                       | 46 - 68  | 68 - 100 |
| 10,000             | 32 | 32                       | 32       | 32-46    |





# Kaymalı yataklar

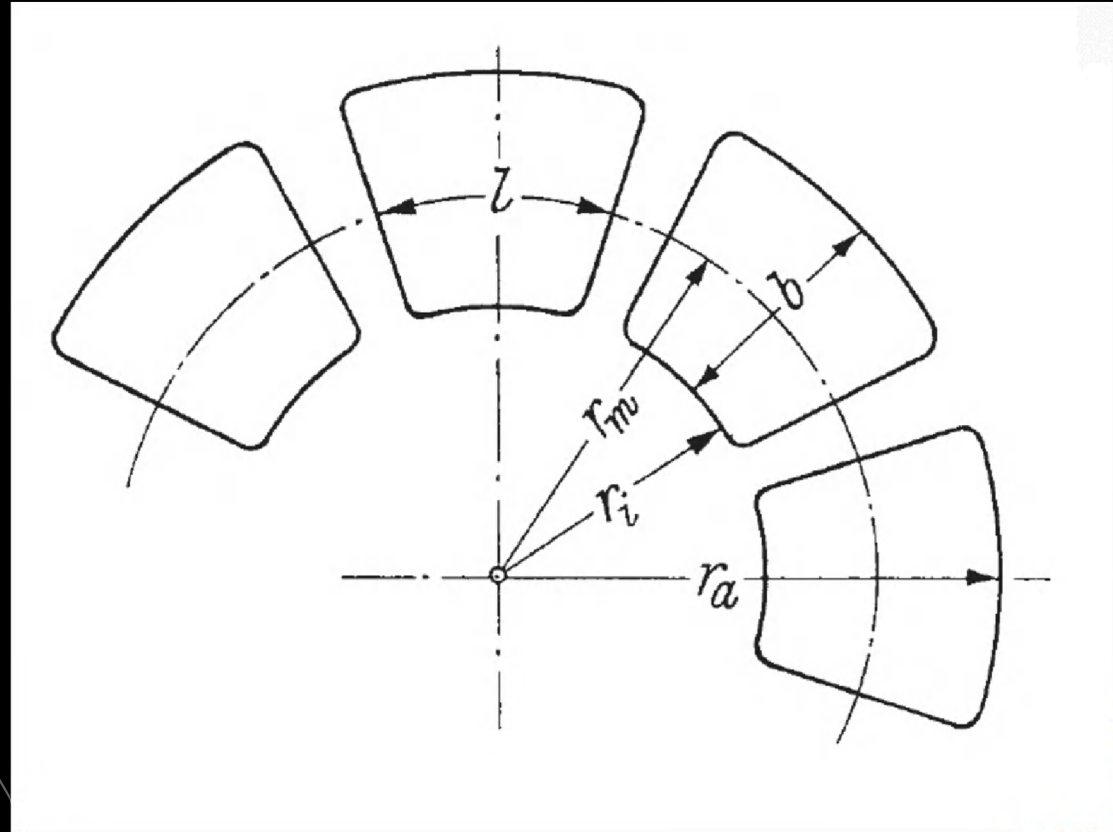
- Filmin yük taşıma ve sürtünme durumunu belirten önemli büyüklükler

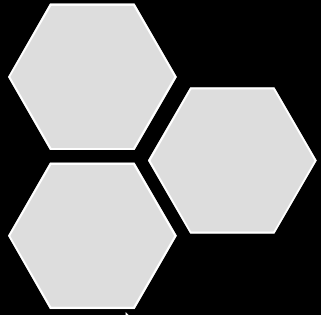
Boyutsuz yük sayısı

$$\phi = \frac{F \cdot f_b}{z \cdot V \cdot \eta \cdot b} \cdot \left( \frac{h_0}{l} \right)^2$$

Sürtünme katsayısı

$$\mu = f_b \cdot C \cdot \left( \frac{h_0}{l} \right)$$





# Kaymalı yataklar

- Filmin yük taşıma ve sürtünme durumunu belirten önemli büyüklükler

Kama eğim faktörü

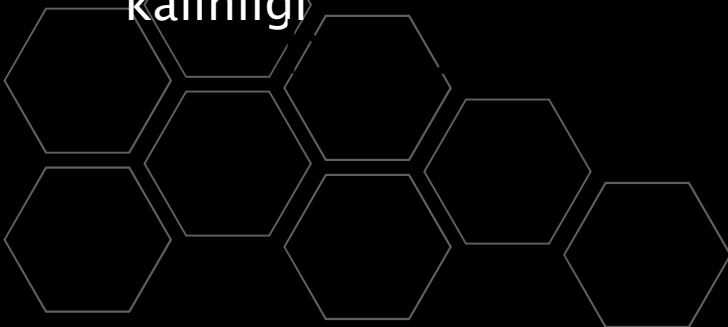
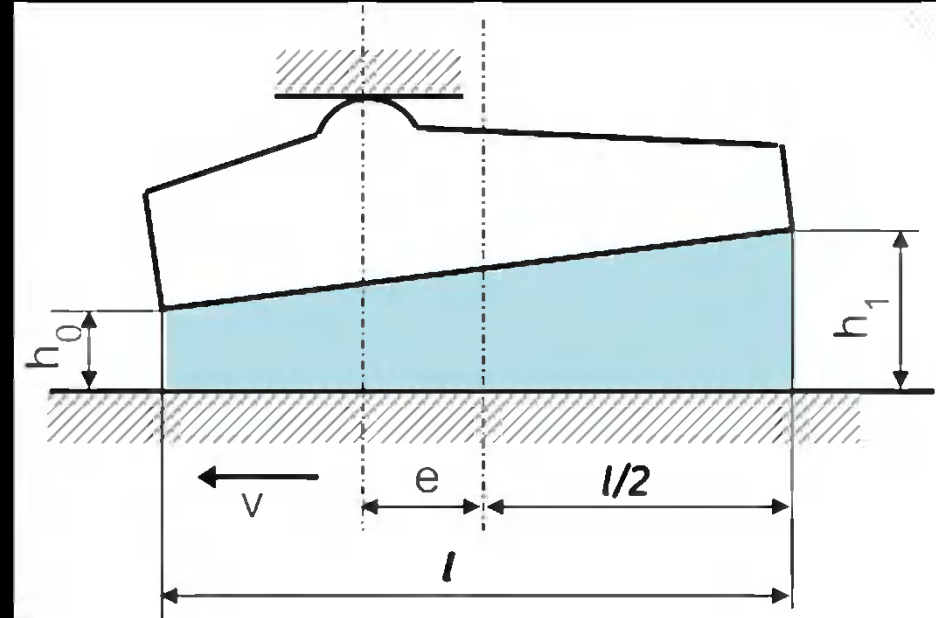
$$m = \frac{h_1 - h_0}{h_0}$$

$f_b$  : yan akım düzeltme faktörü

C: sürtünme sayısı

e: eksantriklik

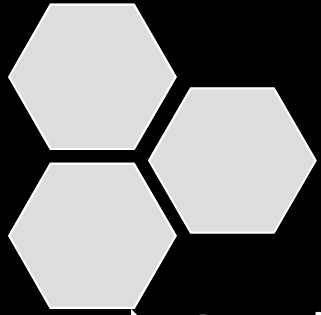
$h_0$ : minimum yağ filmi kalınlığı



# Önemli tablolar

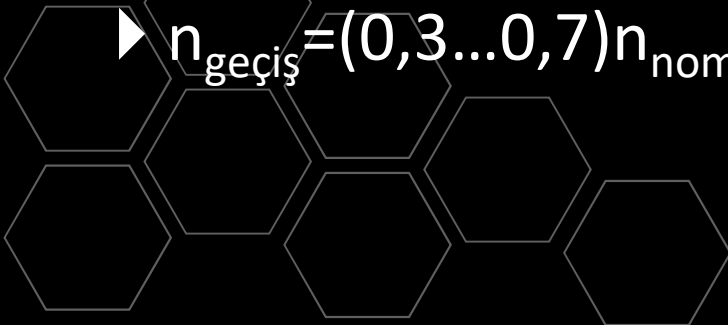
| m   | $\phi$ | C    | e/a   |
|-----|--------|------|-------|
| 0,7 | 0,1476 | 5,48 | 0,052 |
| 1,0 | 0,1589 | 4,86 | 0,068 |
| 1,2 | 0,1600 | 4,8  | 0,078 |
| 1,5 | 0,1577 | 4,62 | 0,090 |
| 2,0 | 0,1479 | 4,71 | 0,108 |
| 3,0 | 0,1243 | 5,24 | 0,134 |
| 4,0 | 0,1035 | 5,89 | 0,154 |
| 5,0 | 0,0872 | 6,53 | 0,169 |

|     | b/a   | $\infty$ | 4    | 2    | 1,33 | 1,0  | 0,8  | 0,67 | 0,5  |
|-----|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| m=1 | $f_b$ | 1        | 1,19 | 1,44 | 1,79 | 2,3  | 2,91 | 3,58 | 5,41 |
| m=2 | $f_b$ | 1        | 1,18 | 1,41 | 1,74 | 2,18 | 2,74 | 3,38 | 4,83 |



# Pratik değerler

- ▶ Ortalama basınç  $p_m = F/(z.L.B) \cong 100...500 \text{ N/cm}^2$
- ▶ Genişlik oranı  $B/L \cong 0,7...1,25$  tavsiye edilen 1.
- ▶ Lokma sayısı  $z = 5...16$  tavsiye edilen  $\cong 7...12$
- ▶ Lokma alanları toplamının, halka alanına oranı
- ▶  $k = z.L.B/\pi/4[(D+B)^2 - (D-B)^2] \cong 0,6...0,9$
- ▶ Tavsiye edilen orta hızlar için 0,8 – yüksek hızlar için 0,6
- ▶ Kama eğim faktörü  $m \cong 1...2$  tavsiye edilen 1,2...1,5
- ▶ Lokmalarda yağ filmi oluşması için gerekli debi
- ▶  $G_{\text{film}} = 0,7.z.B.V.h_0 \text{ [m}^3/\text{s]}$
- ▶  $n_{\text{geçiş}} = (0,3...0,7)n_{\text{nominal}}$



# Isıl hesap

► Yatakta meydana gelen sürtünme işi

►  $L_s = \mu \cdot F \cdot V \text{ (3600/4186) kcal/h}$

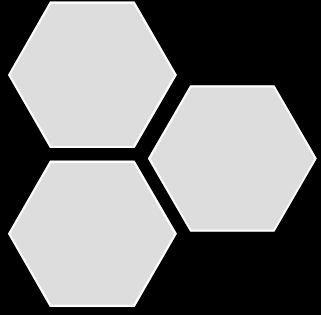
► Yatak yüzeyinden dışarı atılan ısı

►  $L_{\dot{\varsigma}} = \alpha \cdot A_{\dot{\varsigma}} \cdot \Delta t_1$

► Suni soğutma ile atılan ısı

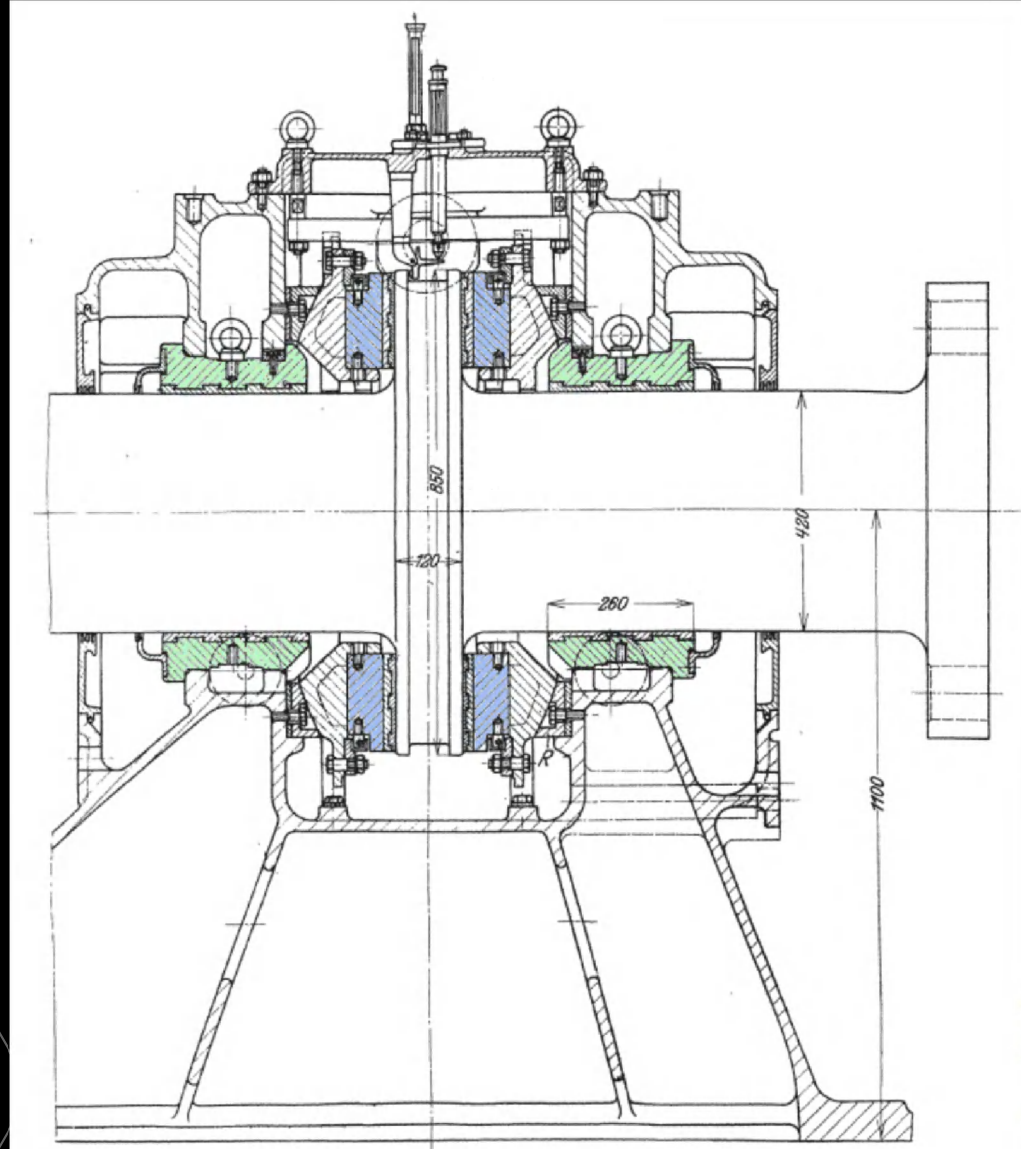
►  $L_{\text{yağ}} = c \cdot G \cdot \Delta t_2$

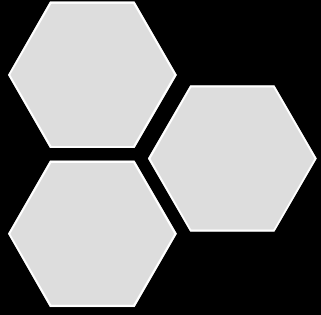
►  $A_{\dot{\varsigma}} \approx (8 \dots 10) \cdot D \cdot B \cdot \pi$



# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları

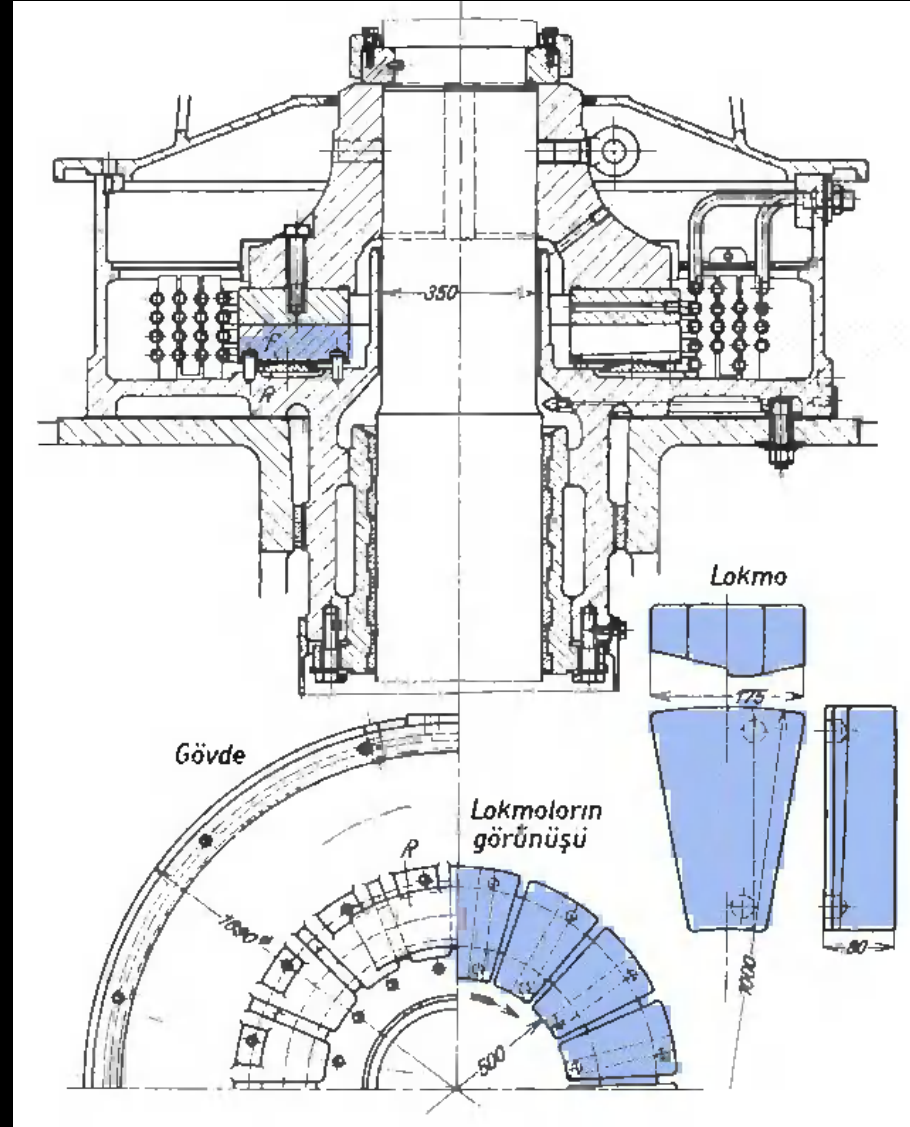
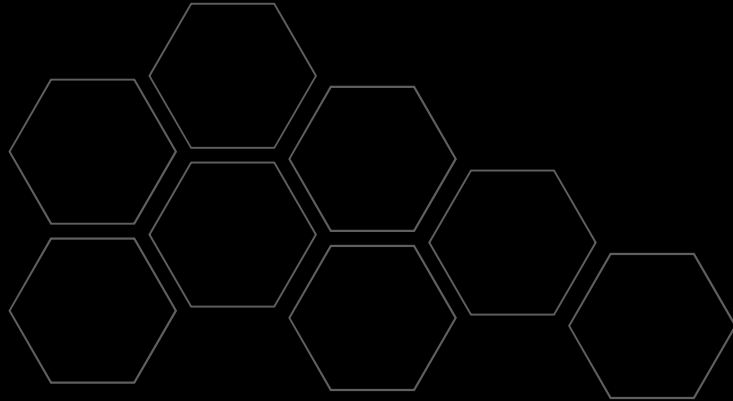
Bir gemi  
pervanesinin  
eksenel ve radyal  
kaymalı yatakları  
 $F=50$  ton  
 $n=90$  d/dak

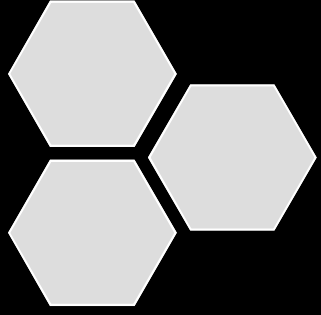




# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları

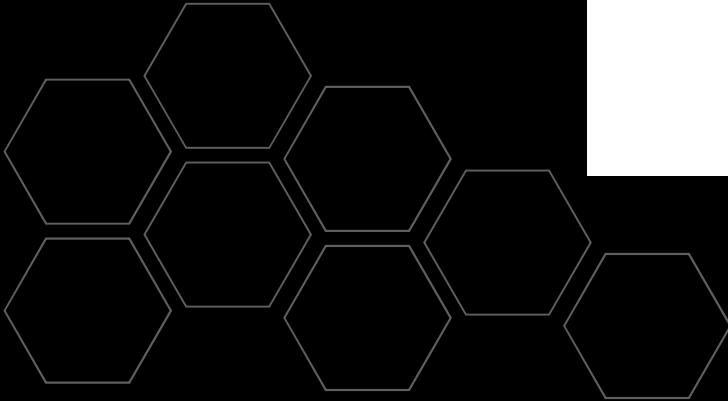
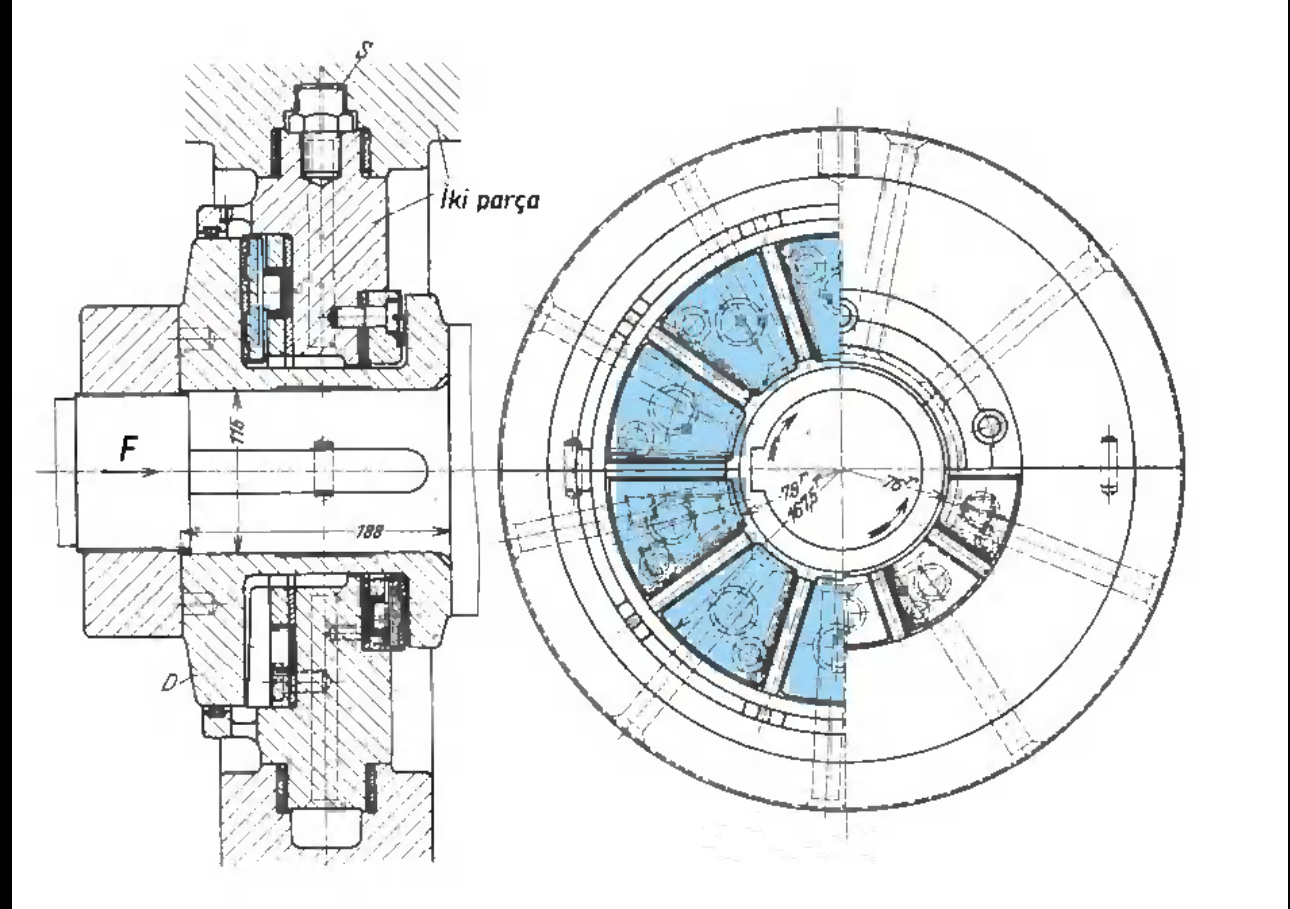
Bir hidroelektrik santraldeki  
su türbinine ait dip yatağı  
 $F=140$  ton  
 $n=250$  d/dak



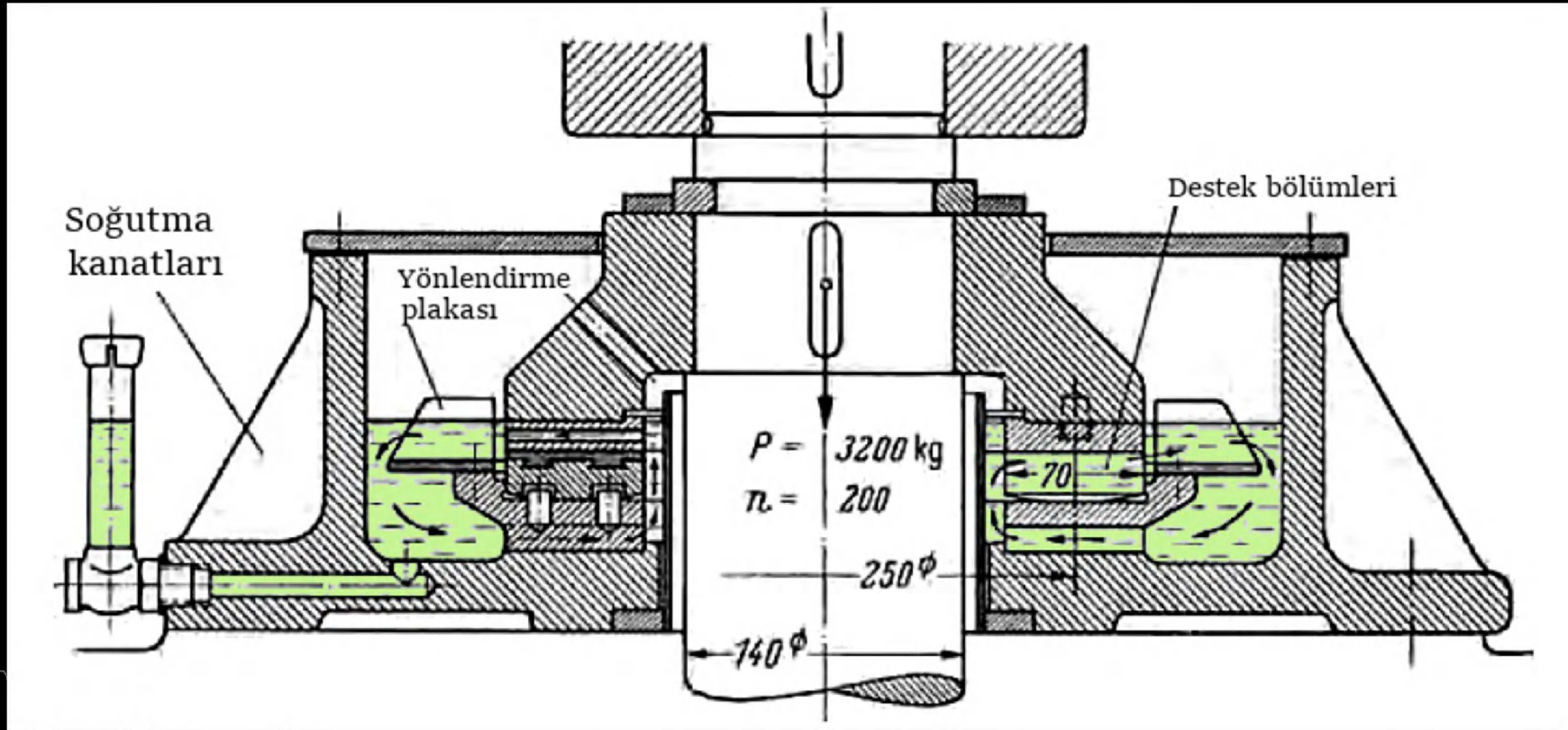


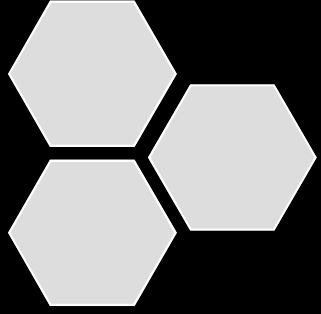
# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları

Bir buhar türbinine ait  
eksenel yatak  
 $F=6$  ton  
 $n=3000$  d/dak

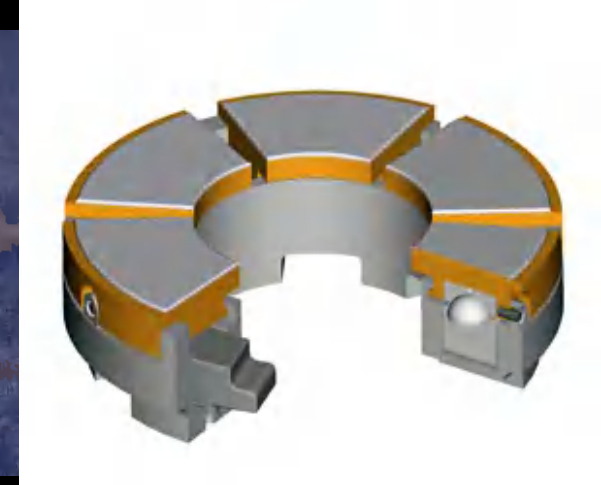


# Ek soğutma yapılmayan eksenel yatak



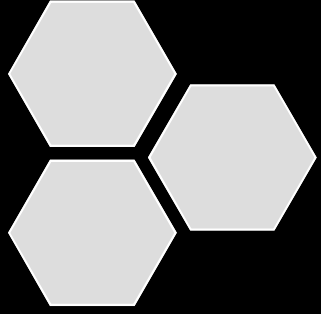


# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları

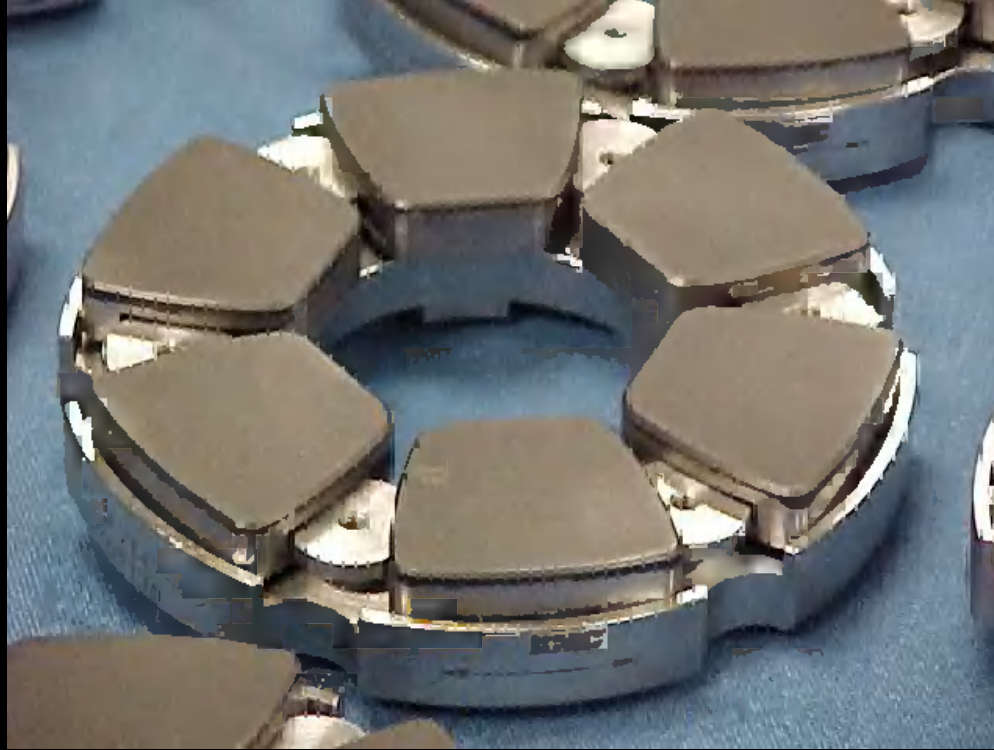


Eksenel kaymalı yatakta lokmaların görünüşü

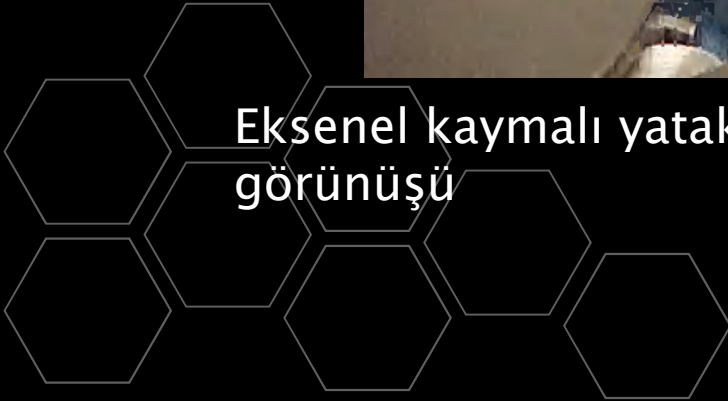




# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları



Eksenel kaymalı yatakta polimer kaplı lokmaların  
görünüşü



# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları

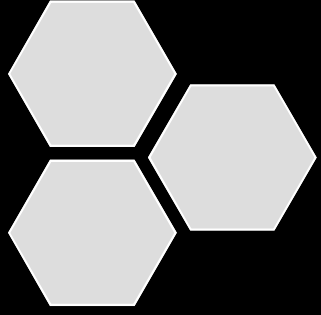


Monte edilmiş eksenel kaymalı yatak

# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları



Bir hidro-elektrik santralindeki su türbininin eksenel yatağının montajı

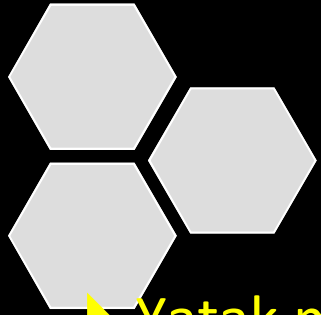


# Eksenel Kaymalı yatak konstrüksiyonları



Montaj durumundaki eksenel kaymalı yatak



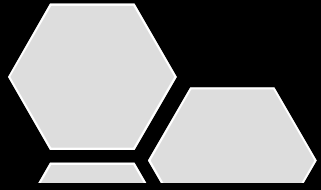


# Kaymalı yatak malzemeleri

## ► Yatak malzemelerinden istenen özellikler:

- Yağ tarafından iyi ıslatılabilmelidir.
- İyi bir basma ve aşınma mukavemetine sahip olmalı.
- Yatak malzemesi zarf yüzeyine çok iyi bir adeziv bağ ile bağlanabilmeli.
- Sıcaklıkla sertliğini çok fazla kaybetmemelidir.
- Yağsız kalma durumunda mile hemen kaynamamalı.
- Döküm ve talaşlı imalat işçiliği kolay olmalı, düzgün yüzey vermeli.
- Isıyı iyi iletmeli
- Korozyon etkilere dayanıklı olmalı
- Özgül ağırlıkları düşük olmalı.
- Çok pahalı olmamalı.

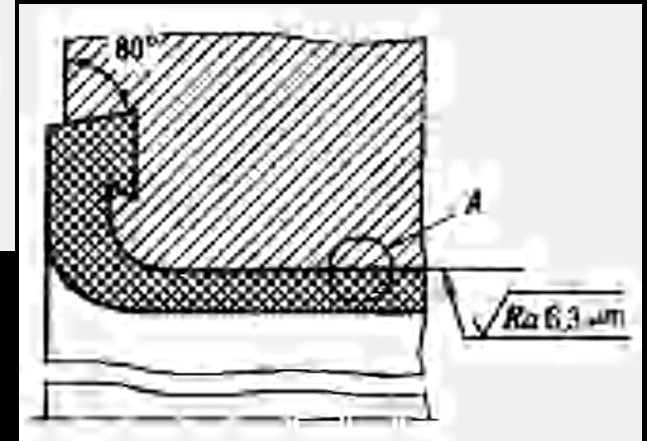
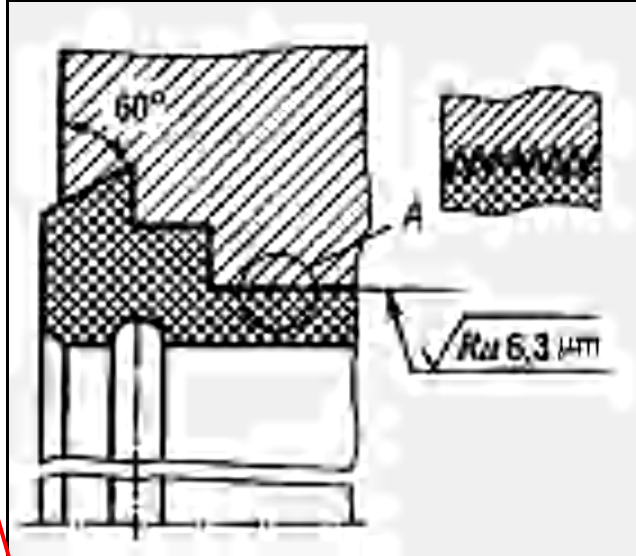
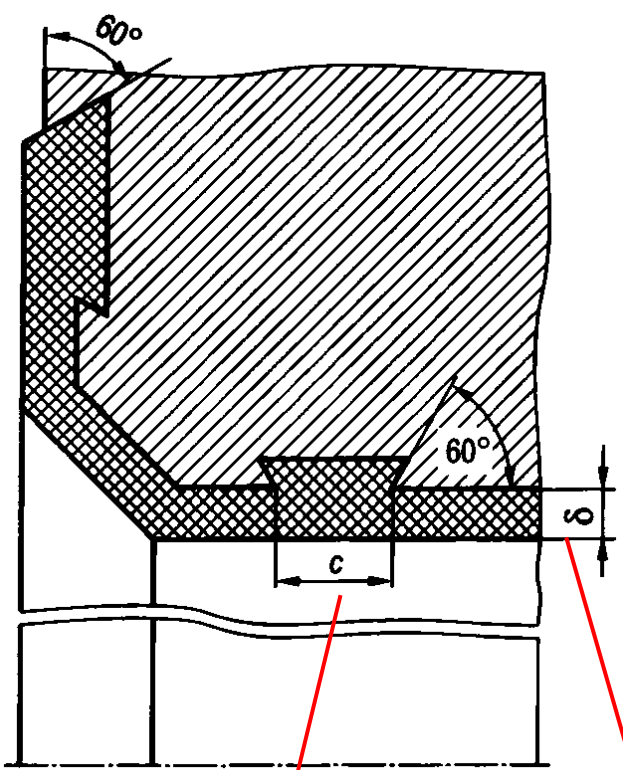




# Kaymalı yatak malzemeleri

| Malzeme                           | İçerik<br>(%ağırlık)     | Açıklama                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Al-Alaşımlı<br>Düşük kalaylı      | Al 92<br>Sn 8            | Çok fazla kalay mukavemeti azaltır. Çelik yuvalarda ısıl genleşme problemi var. Sert muylu gerektirir. Yüksek sıcaklıklarda iyidir. Dizel motorlar ve kompresörler |
| Al-Alaşımlı<br>Yüksek kalaylı     | Al 80<br>Sn 20           | Özel olarak imal edilir ve bu şekilde kalayın mukavemeti düşürmesi önlenir. Otomobillerde krank yatakları, uçaklar tipik uygulamaları                              |
| WM- kalay bazlı (Babbitt)         | Sn 84, Cu 8<br>Sb 8      | Düşük yük taşıma kapasitesi, genellikle bir taşıyıcı zarfa bağlanır (kırangıç kuyruğu geçme) kirli ortamlar için uygun. Motorlar                                   |
| WM- kurşun bazlı<br>(Babbitt)     | Pb 75, Sn 10<br>Sb 15    | Yüksek antimon kırılabilirliği artırır. Diğer WM den ucuzdur. Krank yatakları, transmisyon burçları ve elektrikli aletlerde kullanılır.                            |
| Kalay bronzu ve kızıl<br>döküm    | 91,2 Cu<br>8,5 Sn, 0,3 P | Yüksek sertlik, iyi yağlama gerektirir. Yüksek sıcaklığa ve korozyona dayanıklı. Arazi araçları, biyel yatakları                                                   |
| Kurşun bronzu                     | Cu 70<br>Pb 25, Sn 5     | Yüksek hız ve büyük yük uygulamaları için uygun. Yumuşak muylularla kullanılabilir. Pompalar, ev aletleri, demiryolu taşıtları                                     |
| Fosfor bronzu                     | Cu 80<br>Sn 10 Pb 10     | Yüksek sertlik. İyi darbe dayanımı. Takım tezgahları, pompalar, ev aletlerinde yaygın olarak kullanılan popüler bir malzemedir.                                    |
| Bakır –kurşun Alaşımı<br>(Döküm)  | Cu 75<br>Pb 25           | Ana matris bakırdır. Kurşun yük taşıma kabiliyetini artırır ancak korozyon problemi oluşturur. Ağır yüklü uygulamalar.                                             |
| Bakır –kurşun Alaşımı<br>(Sinter) | Cu 75<br>Pb 25           | Üç metalli yatak malzemelerinde WM nin alt tabakasını oluşturur. Yüksek sıcaklık ve ağır yüklü uygulamalarda kullanılır.                                           |

# Metal yatak malzemelerinin taşıyıcı zarfa bağlantıları ve önerilen değerler



$$c \cong (0,2 \dots 0,4) \cdot d$$

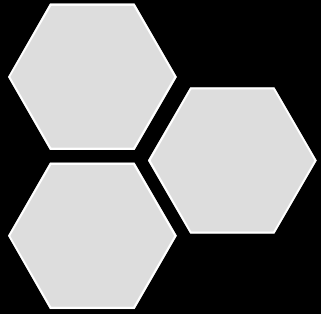
$$\delta \cong 0,01 \cdot d + (0,5 \dots 1) \text{ mm}$$



# Kaymalı yatak malzemeleri - Plastikler

- PTFE (Teflon): Cam elyaf, karbon elyaf, bronz,  $\text{MoS}_2$ , çelik takviyeli
- PA (Poliamid): PA 6, PA 66, PA 4.6, PA 12 vb.
- UHMWPE
- POM: Delrin
- PI: Yüksek sıcaklıklar
- PMMA: Yüksek sıcaklıklar

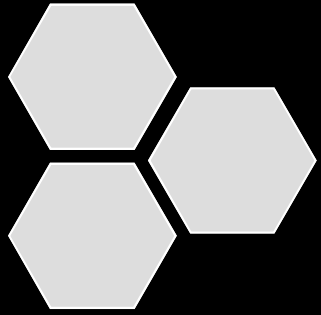




## P.V faktörü

- ***p.v*** [N/m<sup>2</sup>.m/s] yüzey basıncı x kayma hızı
- Özellikle kuru sürtünmeli kaymalı yataklarda önemlidir.
- ***p.v*** faktörü bir yatak malzemesinin sürtünme enerjisini tolere edebilme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.
- Çeşitli yatak malzemelerinin kullanılabileceği ***p.v*** limit değerleri literatürde verilmiştir.
- Emniyetli bir çalışma için sınır değer  $p.v/2$  olarak alınmalıdır.

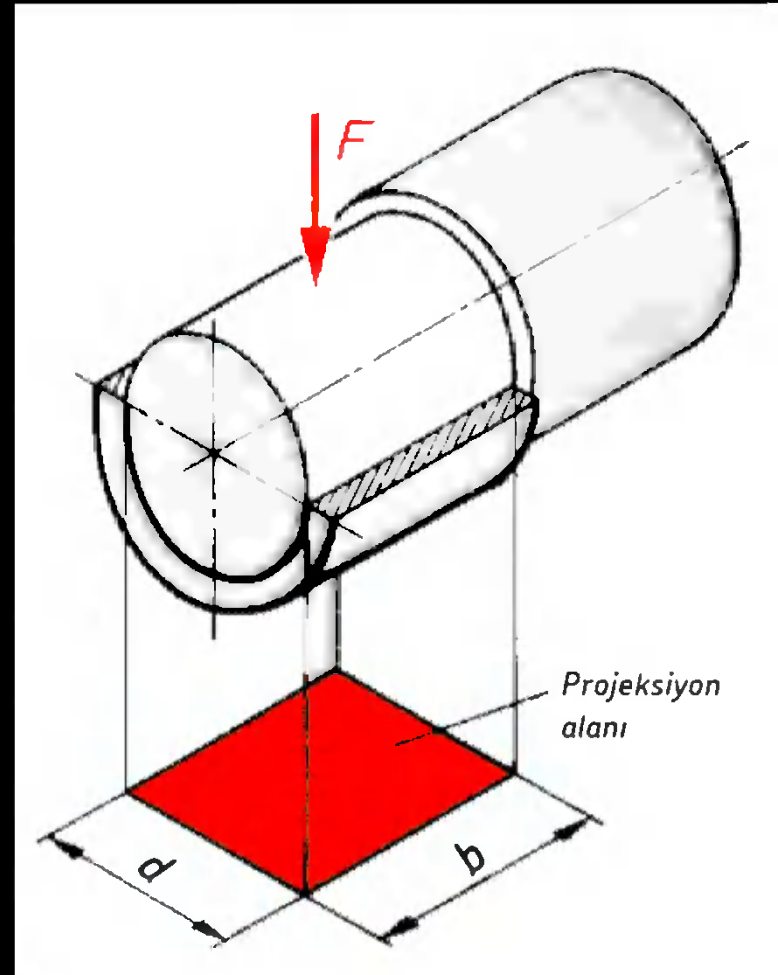
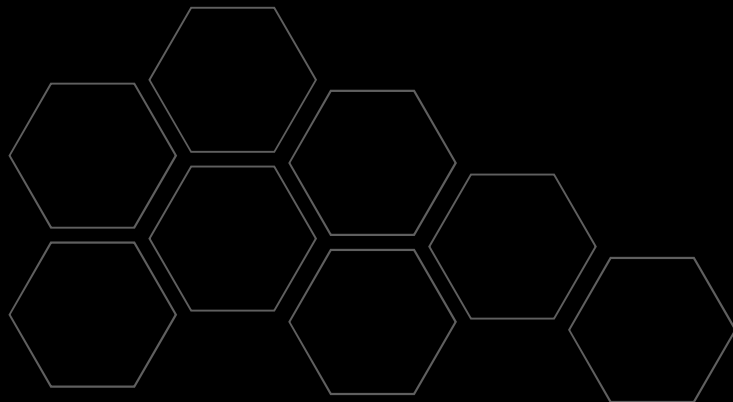


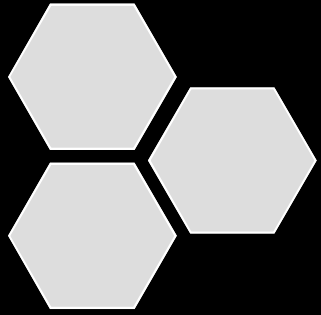


# P.V faktörü

$$p = \frac{F}{b \cdot d}$$

$$V = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$





# Bazı plastikler için p.v limit değerleri

| Malzeme                               | p.v limiti [MPa.m/sn] |
|---------------------------------------|-----------------------|
| UHMW-PE                               | 0,35                  |
| Bronz dolgulu PTFE                    | 0,35                  |
| Mineral dolgulu PTFE                  | 0,35                  |
| Cam elyaf/Karbon dolgulu PTFE         | 0,35                  |
| Grafit dolgulu PI                     | 2,8                   |
| Karbon dolgulu PEEK                   | 1,5                   |
| Karbon fiber/ PEEK kompozit           | 8,7                   |
| Tekstil takviyeli yağlanmış poliester | 0,4                   |
| Dolgulu Arlon                         | 1,5                   |

