

# ART BEARINGS

## TEKNİK YAYIN

**Yayın No** : 005

**Yayın Tanımı** :

**RULMANLARIN KODLANMASI VE  
TANIMLANMASI, RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ  
İÇİN ÖNERİLER**

**Anadolu Rulman İmalat San. ve Tic. A.Ş.**

Yaka Mahallesi, 401. Sokak, No:17 Cumayeri / DÜZCE / TÜRKİYE

Tel: +90 380 735 51 54

Faks: +90 380 735 51 77

[www.anadolurulman.com.tr](http://www.anadolurulman.com.tr)

- 2019 -

SC.RULMENTI S.A. 1953 yılında Romanya'nın Bartad şehrinde Avrupanın en büyük rulman üretim tesisi olarak kurulmuş olup, 2000 yılında gerçekleştirilen özelleştirme ile Türkiye'ye kazandırılmıştır. Özelleştirme sonrası yapılan yatırımlar ve kalite iyileştirmeleri ile Romanya'nın en başarılı şirketler sıralamasında ilk 10 da yer alan S.C. Rulmenti S.A. Dünya'da 80'den fazla ülkeye yaptığı ihracatlar ile adından söz ettirmeye devam ettirmektedir.



"Gücünüzü artıran teknoloji"



Anadolu Rulman İmalat San. Ve Tic. A.Ş. (ART), Avrupa'nın en büyük rulman üretim tesisi ve aynı zamanda 60 yıldan fazla rulman üretim tecrübesine sahip Rulmenti grup üyesi olarak 2005 yılında kurulmuştur.

ART, Türkiye'de ki iki rulman üreticisinden biri olup, yurt içinde ve yurt dışında ki başarılı konumunu sürekli geliştirerek, müşteri odaklı yaklaşımı, dinamik ve yetkin kadrosuyla "ürün ve hizmette mükemmeliği" yakalamaktadır.

**ANADOLU RULMAN A.Ş.**

Macaristan'ın başkenti Budapeşte de geçmişi 1950 yılına dayanan bölgenin en tecrübeli ve en büyük rulman üretim tesislerinden biri olan MGM, gerçekleştirilen yatırımlar ile 2007 yılında S.C. RULMENTI S.A. grubuna katılmıştır.

MGM, mühendislik deneyimi ve S.C Rulmenti S.A. ortak kalite kavramı anlayışıyla Avrupa'nın önde gelen rulman kullanıcılarına hizmet vermektedir.





## İÇİNDEKİLER

<b><u>I. RULMANLARIN KODLANMASI VE TANIMLANMASI</u></b>	<b>1</b>
<b><u>RULMANLARIN TANIMLANMASI</u></b>	<b>1</b>
<b><u>II. RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ İÇİN ÖNERİLER</u></b>	<b>1</b>
<b><u>DEVİR HIZINA VE ÇALIŞMA SICAKLIĞINA GÖRE RULMAN SEÇİMİ</u></b>	<b>8</b>
<b><u>İSTENEN DÖNME HASSASİYETİ VE SESSİZ ÇALIŞMA ŞARTLARINA GÖRE RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ;</u></b>	<b>9</b>
<b><u>KABUL EDİLEBİLİR SINIRLAR DAHİLİNDEKİ EKSEN KAÇIKLIĞINA UYGUN RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ;</u></b>	<b>10</b>
<b><u>BİR YATAKLAMA DÜZENİNDE ÜSTLENDİKLERİ ROLE GÖRE RULMAN SEÇİMİ (SABİT VEYA SERBEST YATAKLAMA)</u></b>	<b>11</b>
<b><u>RULMANLARIN EKSENEL YATAKLANMASI</u></b>	<b>12</b>
<b><u>RULMANLA TEMAS HALİNDE OLAN PARÇALARDA ISIL GENLEŞMENİN DENGELENMESİ</u></b>	<b>13</b>

## I. RULMANLARIN KODLANMASI VE TANIMLANMASI

Rulman kodları; aynı sembollere sahip tüm rulmanların, gerek boyut gerekse çalışma şartları bakımından, birbirleri yerine kullanılabilir şekilde kullanılabilir olmasına izin verebilmelidir.

Bir rulmana ait sembol:

-ana sembol ve ilave semboller

-örnekler

-sonekler'den oluşur.

Bir rulmanı tanımlayan kodlama sistemi, farklı sembol gruplarını da gösterecek şekilde karakterlerin takip etmesi gerek normal sıraya göre (rakamlar ve harfler) aşağıdaki şemada verilmektedir.

### Rulmanların tanımlanması

Kodlama örnekleri:

1.X-6203-2-RSRP6 38EL Rulmanı

Paslanmaz çelikten rulman (X simgesi); tek sıra sabit bilyalı rulman, (6 sembolü); boyut serisi 02 (2 sembolü) ; delik çapı d = 15mm (03 sembolü); her iki tarafta sızdırmazlık elemanlı, iç bileziğin kenar yüzeylerine temaslı

(2RS sembolü) ; P6 hassas tolerans sınıfında

(P6 sembolü); C3 radyal boşluk (3 sembolü);C8 emniyet sınıfı (8 sembolü); EL titreşim sınıfı (EL sembolü).

2.T-NUP315-EMP63S1TR Rulmanı

Sementasyon çeliğinden rulman (T sembolü); serbest fatura kapaklı tek sıra silindirik makaralı rulman (NUP sembolü); boyut serisi 03 (3 sembolü); delik çapı d = 75mm (15 sembolü); yük taşıma kapasitesi artırılmış (E sembolü); pirinç kafes (M sembolü); P6 hassas toleransında (P6 sembolü); C3 radyal boşluğunda (3 sembolü); 200 dereceye kadar çalışma sıcaklıklarına uygun (S1 sembolü); elektrikli cer motorları için (TR sembolü).

## II. RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ İÇİN ÖNERİLER

Rulman seçimini etkileyen en önemli faktörler yüklerin büyüklüğü ve yönüdür.

Normalde aynı boyutlarda olmak kaydıyla,silindirik markalı bir rulman sabit bilyalı bir rulmana göre çok daha ağır yükleri taşıyabilir. Daha fazla yuvarlanma elemanı sırasına sahip rulmanlar,özellikle markalı rulmanlar, daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptir.

Etkiyen yükün yönüne göre, yük durumu aşağıdaki gibi ikiye ayrılır:

a) Radyal yük

Bu durumda, bileziklerinde fatura bulunmayan tek sıra markalı ( N veya NU tipi) ya da çift sıra markalı (NN veya NNU gibi) silindirik markalı rulmanlar ile iğne markalı rulmanlar kullanılır.

Özellikler		Ana semboller			Sonekler			
					Grup I	Grup II	Grup III	Grup IV
Malzeme türleri	Özel tasarımlar,rulmana ait ana elemanlar	Rulman türü	Boyut serileri	Delik çapının tanımlanması	İç tasarım,temas açısı	Yapısal özellikler, malzemeler, konilik, sızdırmazlık	Kafes çeşitleri, malzemeler, kılavuz yüzeyler	Tolerans sınıfları, boşluk
		Rulman serisinin tanımı						



b) Eksenel yük

Yükün büyüklüğüne göre eksenel-bilyalı veya eksenel-makaralı rulmanlar kullanılır. Tek yönlü eksenel-makaralı rulmanlar sadece bir yönden etkiyen eksenel yükleri karşılayabilirken, çift yönlü eksenel-makaralı rulmanlar her iki yönden gelen yükleri de karşılayabilir.

c) Karma yük

Karma yükten kasıt, makaralı rulmana aynı anda hem radyal hem de eksenel yüklerin etkimesidir. Radyal yüklere ilaveten aynı zamanda az miktarda eksenel yüklerin de var olması halinde seçilecek tipler:

-tek sıra sabit bilyalı rulmanlar. (Radyal boşluğun normalden daha büyük seçilmesi halinde, karmayükler, rulmanın olması gerekenin üzerinde zorlanmasına sebep olur. NUP and NJ+HJ tipindeki silindirik makaralı rulmanlar ve oynak makaralı rulmanlar.

NJ tipindeki silindirik makaralı rulmanlar sadece tek yönden gelen eksenel yükleri karşılayabilmekte olup, milin her iki yönden de eksenel sabitlenmesine olanak tanınması açısından NUP ve NJ+HJ tiplerinin kullanılması tavsiye edilir.

Eğer eksenel yükler fazla ise, eksenel rulmanın makaralı radyal bir rulmanla birlikte takılması gerekir. Öncelikle eksenel yüklerin karşılanması gerek durumlarda ise, yuvaya boşluklu geçecek şekilde, açısız temaslı bilyalı rulmanlar ya da dört nokta rulmanları (Q veya QJ tipi) kullanılır.

Karma yüklerin etkimesi halinde ise; öncelikle, ağır eksenel yüklerin karşılanması için, açısız temaslı bilyalı rulmanlar, tek ya da çift sıralı konik makaralı rulmanlar veya eksenel-oynak makaralı rulmanlar kullanılır.

Rulman boyutları, etkiyen yükün özelliklerine göre rulmandan beklenen ömrü sağlayacak şartların ve rulmanın çalışma güvenliğinin göz önüne alınmasıyla tespit edilir.

Rulman seçimi, karakteristik değişken olan **temel yük oranları** temel alınarak yapılır.

d) Temel Statik Yük

Temel statik yük sayısı,  $C_{or}$ , her ölçü için rulman kataloglarında verilmekte olup; rulmanın durgun olma hali, yani düşük salınım, düşük devir hızı ( $n < 10$  d/dak) veya dönme esnasında rulmanın şiddetli, darbeli

yükleri karşılama durumu dikkate alınır. Bu durumda, işletme emniyetini belirleyen rulmanın yuvarlanma yollarındaki deformasyon miktarıdır.

Temel statik yük ISO 76'ya göre belirlenmiş olup, yuvarlanma elemanı çapının 0.0001 oranında plastik deformasyona neden olan yük miktarına tekabül eder ve bu yük radyal rulmanlar için yalnızca radyal yönde, eksenel rulmanlar için de yalnızca eksenel yönde etkiyen yükü temsil eder.

Karma statik yüklerin (rulmana aynı anda etkiyen radyal ve eksenel yükler), aşağıdaki genel formül yardımıyla elde edilen statik eşdeğer yüke dönüştürülmesi gerekir:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a, \text{ KN}$$

Bu formülde:

- $P_0$  markalı rulmana etkiyen statik eşdeğer yük,

- $F_r$  statik yükün radyal bileşeni,

- $F_a$  statik yükün eksenel bileşeni,

- $X_0$  rulmanın radyal yük katsayısı

- $Y_0$  rulmanın eksenel yük katsayısı

$X_0$  and  $Y_0$  katsayıları, rulman tipine ve  $F_a/F_r$  oranına göre, rulman tablolarında ve kataloglarında verilmektedir.

Mil çapı "d"nin bilinmesi halinde, rulman ölçüsü aşağıdaki denklemden tayin edilir:

$$C_{0r} \geq s_0 f_{0t} P_0, \text{ KN}$$

1. Burada  $s_0$ ; hareket halinde olmayan veya sadece salınım hareketi yapan rulmanlar için Tablo 2.1 den alınan bir statik emniyet faktörü katsayısıdır.

**Rulmanların temel statik yük sayısını aşan büyüklükteki darbeli yükler**, yuvarlanma yollarında, homojen dağılmayan ve bu sebeple de makaralı rulmanın düzgün ve verimli çalışmasını olumsuz etkileyen kalıcı deformasyonlara neden olur.

Yüksek çalışma sıcaklıklarında  $C_{0r}$ 'ye aşağıdaki düzeltme faktörü uygulanır.

$F_{0t} = -150^\circ\text{C}$ lik sıcaklıklar için	1
$-200^\circ\text{C}$ lik sıcaklıklar için	0.95
$-250^\circ\text{C}$ lik sıcaklıklar için	0.85
$-300^\circ\text{C}$ lik sıcaklıklar için	0.75

Uygulama	$S_0$
Kademeli ayarlanabilir uçak pervaneleri	0.5
Baraj kapakları,subentler,sel tahliye kapakları	1
Hareketli köprüler	1.5
Aşağıdaki özelliklerde vinç kancaları:	
-ilave dinamik yüke maruz küçük vinçler	1.6
-ilave yüklerin gelmediği büyük vinçler	1.5

Aynı tipten çok sayıda rulmanın birbirlerine yakın takılmaları halinde, bu rulmanların karşılayacağı statik yük değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$C_{0ri} = C_{0r} \cdot i, \text{ KN}$$

Burada:

$C_{0ri}$  –rulman grubunun temel statik yük sayısı  
 $C_{0r}$  - tek bir rulman için tablolardan alınmış temel statik yük sayısı  
 i - rulman adedi

e) Temel Dinamik Yük



Bileziklerinden en az birinin  $n > 10d/dak$  ile döndüğü rulmanlarda, çalışma güvenliği üzerindeki esas belirleyici etken, malzemenin yorulmasına neden olan sürtünme kuvvetleridir. Sürekli metal sürtünmesinden kaynaklanan yorulma kırılmalarının yol açtığı (karıncalanma ve soyulmaların görülmesi hali) çalışma emniyetini en fazla tehdit eden durumlar göz önüne alındığında, temel dinamik yük sayısı  $C_r$ 'nin değeri, her bir boyut tipi için rulman kataloglarında gösterilmektedir. Bu yük değeri, rulmanın, 1milyon defa dönmesine imkan tanıması münasebetiyle, nominal(anma) ömrünü ortaya koyan değer olup, ISO 281'e göre belirlenmiştir.

"d" mil çapına göre, ulaşılmak istenen rulman anma ömrü için gerekli temel dinamik yük sayısı aşağıdaki denklemden elde edilir:

$$C_r \geq (L_{10})^{1/p} P_r, \quad [KN], \quad \text{burada}$$

$L_{10}$  – milyon devir olarak temel anma ömrü

$P_r$  – eşdeğer dinamik yük, [KN]

$p$  - aşağıdaki değerler uyarınca ömür denkleminin üs sayısı:

- $p=3$  bilyalı rulmanlar için

- $p=10/3$  makaralı rulmanlar için

Saat (h) cinsinden temel anma ömrünün ve  $d/dak$  cinsinden  $n$  devir hızının bilinmesi halinde,  $L_{10}$  değişkeni aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$L_{10} = (nL_n 60) / 10^6, \quad \text{milyon devir olarak}$$

Dinamik eşdeğer yük  $P_r$  ise, aşağıdaki formül yardımıyla bulunur :

$$P_r = f_d(XF_r + YF_a), \quad [KN]$$

Burada:  $f_d = f_k \cdot f_s \cdot f_r$  (dinamik yüklenme endeksi olup; tasarım hatalarından dolayı, sistem içinde iletilen hareket ve titreşimlerin yol açtığı sapmaların, rulmanlar üzerinde herhangi bir kuvvet oluşturması halinde dikkate alınır);

$F_k$  = seçilmiş olan rulmanın takılı olduğu mildeki dişli çarkın hassasiyetine bağlı katsayı;

$F_s$  = işleme operasyonuna özel ilave kuvvetlerine bağlı katsayı;

$F_r$  = sadece tekerlekli araçların şaft ve aks rulmanları için dikkate alınan katsayı. Diğer hallerde  $f_k = f_r = 1$

Dinamik eşdeğer yük  $P_r$ , rulman tipine bağlı olarak katalog ve rulman tablolarından alınan  $X$  (radyal yük faktörü) ve  $Y$  (eksenel yük faktörü) değerlerinin kullanıldığı aşağıdaki orantıyla tespit edilir:

$$e = F_a / F_r$$

burada:  $F_r$  – Radyal bileşen, KN;

$F_a$  – eksenel bileşen, KN.

Çoğu uygulamalarda, yükün büyüklüğü ve dönme hızı değişken olduğundan, dinamik eşdeğer yükün bulunabilmesi için ortalama sabir bir  $F_{mr}$  radyal veya  $F_{ma}$  eksenel yük değerinin hesaplanması şarttır.

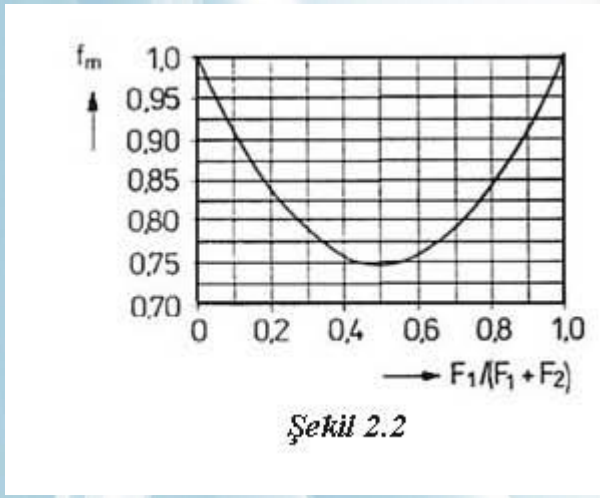
1) Sabit devir hızında dönen rulmana etkiyen kuvvet, belirli zaman aralıklarında yönünü korumak suretiyle minimum bir  $F_{mr}$  ve  $a_{min}$  ile maksimum bir  $F_{mr}$  ve  $a_{max}$  değerleri arasında doğrusal olarak değişiyorsa, ortalama yük değeri aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$F_{mr,n} = (F_{r,a_{min}} + 2 \cdot F_{r,a_{max}}) / 3, \quad [KN]$$

- 2) Dönen rulmana etkiyen radyal yük, büyüklüğü ve yönü sabit bir  $F_{r1}$  kuvveti ile (örneğin bir rotun kendi ağırlığı) sabit bir dönme kuvveti  $F_{r2}$ 'den (örneğin balanssızlık hali) oluşuyorsa, ortalama yük değeri aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$F_{rm} = f_m(F_{r1} + F_{r2}), \quad [\text{KN}]$$

$f_m$  katsayısına ait değerler **Şekil 2.2**'den alınabilir:



- 3) Merkez pozisyona göre 2'lik bir açıyla (bkz. **Şekil 2.3**) salınan rulmana etkiyen  $F_r$  yükü için, ortalama radyal yük aşağıdaki formülün yardımıyla hesaplanır:

$$F_{mr} = f_0 F_r, \quad [\text{KN}]$$

Buradaki  $f_0$  katsayısının değerleri salınım açısı  $\gamma^0$  ve rulman ömür formülündeki  $p$  üssüne bağlı olmak kaydıyla **Tablo 2.3**'de verilmiştir.

$$F_{mra} = [\sum (F_{ira}^p \cdot n_i / n)]^{1/p}, \quad [\text{KN}]$$

burada:  $F_{mra}$  - radyal veya eksenel ortalama sabit yük miktarı,  
 $F_{ira}$  -  $n$  devir hızının etkisiyle kesintisiz uygulanan sabit yük,  
 $n_i$  -  $F_{ira}$  yüklerine tekabül eden dönme sayısı  
 $n = \sum n_i$ , dakikadaki devir sayısı  
 $p = 3$  bilyalı rulmanlar için ve  
 $10/3$  makaralı rulmanlar için

Büyüklüğü, etkileme süresi ve yönü değişken yükler ve farklı devir hızları için, ortalama dinamik yükün değeri aşağıdaki formül sayesinde bulunur:

İhtiyaç duyulan temel dinamik yük sayısının,  $d$  mil çapı için katalogta verilen değerlerin tamamından daha büyük olması halinde, aşağıda bahsedilen çözüm yolları dikkate alınmalıdır:

$$C_r = i^{0.7} C_n \quad [\text{KN}] \quad \text{noktasal temaslı rulmanlar için;}$$

$$C_r = i^{7/9} C_n \quad [\text{KN}] \quad \text{doğrusal temaslı rulmanlar için.}$$

-Devir hızı, boyutlar etkiyen yük türlerinin uygun biçimde karşılanabilmesi gibi diğer kısıtlayıcı faktörlerin tatmin edici sınırlar dahilinde kalması halinde, aynı  $d$  çapı için öncelikli olarak temel dinamik yükleri taşımayı garanti edebilen başka bir rulman tipinin seçilmesi;

-Mil çapının tashihi (kontrüksiyon ve montaj şartlarının buna müsaade etmesi durumunda);

-rulman adedinin  $i$  ile gösterildiği, iki ve daha fazla sayıda eş rulmanın birlikte takılması durumunda dinamik yük sayısı hesabı aşağıdaki gibi yapılır:

**Tablo 2.3**

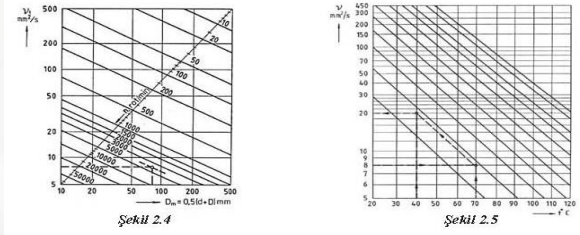
$\gamma^0$	$f_0$	
	$p = 3$	$p = 10/3$
10	0,47	0,53
20	0,61	0,65
30	0,69	0,72
45	0,79	0,81
60	0,87	0,89
75	0,94	0,95
90	1,0	1,0



Yüklerin düzgün karşılanabilmesi için, bu rulmanlar, çift takılma durumunda çap ve radyal boşluk değerlerine ait sapma miktarları izin verilen tolerans sınırlarının ½'sini aşmayacak şekilde eşleştirilmelidir. Rulman tablolarındaki makaralı rulmanlara ait temel dinamik yük sayılarının kaynak alınmasından ortaya çıkan tüm formülasyon, ISO 281'e göre belirlenmiş olan "temel nominal rulman ömrü" ( $L_{10}$ )'a bağlıdır. Bu norm uyarınca, eşit şartlar altında çalışan (doğru montaj, yabancı

$A_3$ -çalışma şartlarını ve yağlama kalitesini dikkate alan düzeltme faktörü.

$F_t$ - çalışma sıcaklığına bağlı düzeltme



**Tablo 2.4**

Bozulma ihtimali, %	$L_{na}$	$a_1$
90	$L_{10a}$	1
95	$L_{5a}$	0,62
96	$L_{4a}$	0,53
97	$L_{3a}$	0,44
98	$L_{2a}$	0,33

maddelerin girişine karşı koruma, doğru yağlama ve düzgün yük durumu, aşırı hız ve sıcaklıklardan kaçınılması) aynı tip ve boyuttaki rulman gruplarının en az %90'ının hedeflenen ömre ulaşacağı ya da bu ömrü aşacağı varsayılmıştır. Temel dinamik yük esas alınarak yapılan rulman seçimini müteakip, efektif ömrün (ISO 281'de bahsi geçen şartlardan bağımsız olarak), aşağıdaki formülden belirlenmesi tavsiye olunur:

$$L_n = a_1 a_2 a_3 f_t (C_r / P_r)^3$$

burada:  $L_n$  - düzeltilmiş nominal ömür / yorulma ömrü (milyon devir),

$a_1$  - bozulma ihtimali için düzeltme faktörü (Tablo 2.4);

$a_2$  - malzeme kalitesini ve üretim teknolojisini dikkate alan düzeltme faktörü [ URB rulmanlarının üretiminde kullanılan malzeme ve teknolojiler için  $a_2 = 1$ ]

**Tablo 2.5**

$v/v_1$	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2	3	4	5
$a_{23}$	0,45	0,55	0,75	1	1,3	1,6	2	2,5	2,5

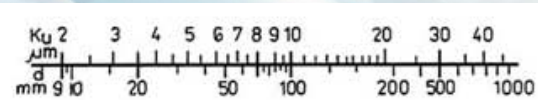
**Tablo 2.6**

Çalışma sıcaklığı [°C]	150	200	250	300
$f_t$	1	0,73	0,42	0,22

faktörü (Tablo 2.6)

$A_2$  ve  $a_3$  faktörleri arasındaki ilişki, bu iki katsayıyı (aldığı değerler Tablo 2.5'de verilmiş olan,)  $a_{23}$  olarak tek bir katsayıda birleştirmek mümkündür. Bu faktör yağın, Şekil 2.4'deki diyagramdan devir hızına bağlı olarak bulunan  $v_1$  bağlı viskozitesininin;  $St$  ya da  $mm^2/s$  cinsinden  $40^\circ C$ 'deki anma viskozite doğrusuna paralel olarak,  $70^\circ C$ 'lik işletme sıcaklığındaki kinematik viskozite değeri  $v=20mm^2$

**Yağın kinematik viskozitesinin hesaplanmasına dair örnek:** 3500 d/dak ile dönen ve  $D_m=85$  mm olan bir rulman için, bağlı viskozite Şekil 2.4'den  $v=8$   $mm^2/s$  olarak bulunur. Şekil 2.5'den ise,  $40^\circ C$ 'deki anma viskozite doğrusuna paralel olarak,  $70^\circ C$ 'lik işletme sıcaklığındaki kinematik viskozite değeri  $v=20$   $mm^2/s$  olarak bulunur.



**Şekil 2.7**

## 4) Aşınma

Uygun olmayan çalışma şartları durumunda (etrafta aşındırıcı zerreciklerin olması, makaralı rulmanın eksenden kaçık olarak merkezlenmesi nedeniyle kafes ve yuvarlanma elemanları arasında zımpara etkisi yapacak şekilde oluşan sürtünmeler) rulmanın radyal boşluğunda büyüme gözlenir.

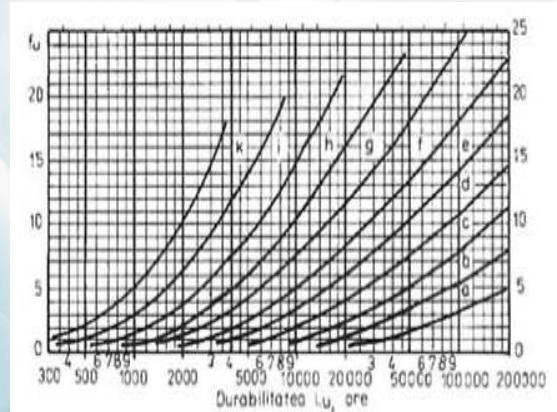
Radyal boşluktaki büyüme sınırı  $\Delta G_r = f_u K_u$ ; rulmanın çalışma şartlarını esas alarak, **Şekil 2.6'**ya göre belirli bir  $L_u$  nominal ömrü ortaya koyan, rulmana ait işletme süresi ve şartlarının belirlediği aşınma faktörü (bkz. **Tablo 2.7**) ile makaralı rulmanın çapına bağlıdır.

$K_u$ ; rulman delik çapı  $d$ 'ye göre **Şekil 2.7'**den tespit edilen bir sabittir. Çalışma şartlarındaki aşındırıcı sürtünme kuvvetlerinin belirlediği  $L_u$  nominal ömür ile yüzey sürtünmeleri nedeniyle ortaya çıkan metal yorumlarının belirlediği  $L_n$  yorulma ömrünün karşılaştırılması neticesi, bu hesaplanan iki ömürden en düşük değere sahip olanı, muhtemel anma ömrü olarak değer kazanır.

**Tablo 2.7**

İşletme alanı	$f_u$	Fonksiyonel saha aralığı	İşletme alanı	$f_u$	Fonksiyonel saha aralığı
Küçük dişli sistemleri	3-8	e- g	Küçük motorlar	3-5	e- g
Orta büyüklükte dişli sistemleri	3-8	d- e	Orta büyüklükte motorlar	3-5	d- e
Küçük fanlar	5-8	f- h	Büyük motorlar	3-5	c- d
Orta büyüklükte fanlar	3-5	d- f	Tehrik motorları	4-6	d- e
Büyük fanlar	3-5	c- d	Vagonetler için raylı taşıt rulmanları	12-15	f- h
Santrifüj pompalar	3-5	d- f	Tramvay arabaları için raylı taşıt aks rulmanları	8-12	e- f
Santrifüj ayırma cihazları	2-4	d- e	Yolcu vagonları için raylı taşıt aks rulmanları	8-12	c- d
El çarkları	8-12	c- d	Yük vagonları için raylı taşıt aks rulmanları	8-12	c- d
Bantlı konveyör makaraları	10-30	h- k	Hafriyat vagonları için aks rulmanları	8-12	c- d
Bantlı konveyör tamburları	10-15	e- f	Banyö trenleri için aks rulmanları	6-10	d- e
Ekskavator döner kepeplerinin tamburları	12-15	e- g	Lokomotif aks rulmanları (iç, dış rulmanlar)	6-10	d- e
Konkasörler	8-12	f- g	Raylı taşıt dişli üniteleri	3-6	d- d
Çekişli kırımlar	4-6	c- d	Haddehaneler	6-10	e- f
Titreşimli elekler	4-6	e- f	Hadde dişli üniteleri	6-12	c- d
Döner elekler	3-4	g- i	Santrifüj döküm makineleri	8-12	e- f
Briket presleri	8-12	e- g	Dümen rulmanları	6-10	e- f
Büyük mikserler	8-15	g- h	Kağıt makineleri, kuru çalışma	10-15	a- b
Döner fırın makaraları	12-18	f- g	Aritma silindiri, vb.	5-8	b- c
Volanlar	3-8	d- f	Merdaneler, vb.	4-8	a- b
Tekerlek rulmanları	4-8	h- i	Tekstil makineleri	2-8	a- e
Dişli kutuları	5-10	i- k	Kağıt makineleri, ıslak çalışma	7-10	b- c
Pervane destek mil rulmanları	15-20	e- f			
Gemiler için ağır dişli üniteler	5-10	c- d			
Direksiyon mekanizmaları	3-6	i- k			
Elektrikli ev cihazları	3-5	i- k			

Aşınma faktörü  $f_u$  ile işletme şartlarının belirlediği fonksiyonel saha aralığına ait değerler **Şekil 2.6'**dadır.



**Şekil 2.6**



## DEVİR HIZINA VE ÇALIŞMA SICAKLIĞINA GÖRE RULMAN SEÇİMİ

Bir rulmanın çalışabileceği devir hız sınırına ait değerler, gres veya sıvı yağlama durumuna bağlı olarak rulman tablolarından ve kataloglardan alınabilir.

Söz konusu değerler, yaklaşık değerler olup, rulmanların,  $L_n < 150.000$  saatlik bir anma ömrüne tekabül eden yüklenme durumunda ve aşağıdaki şartları sağlaması halinde geçerlidir.

- Mil ve yuvanın rijit olması
- Elverişli yağlama şartları
- Homojen ısı dağılımı (maks. çalışma sıcaklığı 70°C)
- Yeterli sızdırmazlık.

Rulmanın çalışma şartlarının iyi bilinmediği hallerde, efektif devir hız sınırının, katalog değerlerinin %75'ini aşmaması tavsiye edilir.

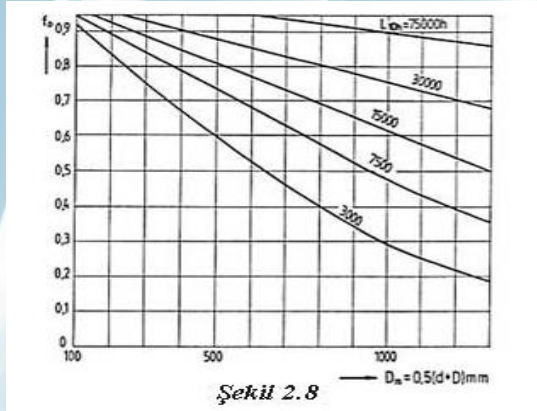
Delik çapı 100 mm'den büyük rulmanlara ağır yüklerin etkimesi halinde, eğer nominal ömür  $L_n$  75.000 saatten daha düşük çıkıyorsa, kataloglarda verilen devir hız sınır değeri **şekil 2.8**'den alınan  $f_0$  faktörü ile çarpılmalıdır.

Rulmana karma yükler ekleniyorsa, kataloglarda verilen devir hızı değeri **şekil 2.9**'dan alınan  $f_1$  faktörü ile çarpılmalıdır.

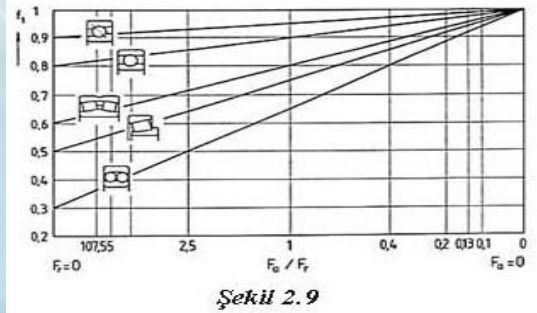
Kataloglarda verilen devir hızlarına ait sınır değerlerin üzerine çıkmak isteniyorsa, hem daha yüksek hassasiyet sınıfından rulmanların kullanılması, hem mil ve yuvanın üretim hassasiyetinin daha fazla olması, hem de yağlama ve soğutma şartlarının en iyi seviyede olması zorunludur.

**Tablo 2.8** devir hız sınırlarına ait çarpım faktörünü göstermektedir.

Yüksek devir hızları için küçük boyut serisinden rulmanlar tercih edilmelidir.



Şekil 2.8



Şekil 2.9

Tablo 2.8

Yapısal özellikler/ Hassasiyet sınıfı	Yağlama türü	Rulman tipi	
		Bilyalı radyal rulman Makaralı radyal r.	Bilyalı eksenel rulman
Özel kafes / P6	Sıvı yağ sirkülasyonu	1,6 - 1,8	1,1 - 1,3
Özel kafes / P5	Soğutulmuş sıvı yağ sirkülasyonu / yağ buharı	1,8 - 2,1	1,3 - 1,4
Özel kafes / P4	Soğutulmuş sıvı yağ sirkülasyonu/spot	2,1 - 2,4	1,3 - 1,4

Rulman yalnızca radyal yüklerin etkisi altında ise, radyal-bilyalı veya radyal makaralı rulmanlar daha yüksek devir hızlarına dayanabilir.

Karma yüklerin taşınması halinde, rulmana gelen eksenel yük çok daha büyük olsa bile, bu durumda yine radyal-eksenelbilyalı rulmanların kullanılması tercih edilmelidir.

Ağırlıklı olarak eksenel yükleri karşılama durumundaki oynak bilyalı ya da oynak makaralı rulmanlarda, devir hızına ait sınır değerlerin daha altında çalışılması önerilir.

Yüksek devir hızlarında çalışan tüm rulmanlarda normalden daha küçük radyal boşluk değerleri ve/veya devir hızına uygun radyal boşluk değerleri seçilmelidir.

Normal uygulamalara göre tasarlanmış bir rulman için maks. çalışma sıcaklığı 120 derecedir. Bu sıcaklığın aşılması halinde, bilezik ve yuvarlanma elemanlarının malzeme yapısında, rulmanın boyutsal stabilitesini bozabilecek, rulmanın metal yorulmalarına

karşı dayanıklılığını belirleyen fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilecek değişiklikler meydana geleceği gibi ayrıca, rulman ömrü de düşer.

Bu gibi durumlarda, rulmanı oluşturan parçaların (rulman elementleri) ya özel çeliklerden imal edilmiş olması, ya da ısıl işlem görmüş özel rulmanların kullanılması tavsiye edilir. Bu rulmanlar özel kod sembollerine sahiptir.

NOT: Rulmanın içinde bulunduğu çalışma şartlarında her iki (iç ve dış) bileziğin maruz kaldığı sıcaklık farkı çok yüksekse, normalden büyük radyal boşluğa sahip rulmanların kullanılmasını öneririz (C3,C4,C5 radyal boşluk grupları).

## İSTENEN DÖNME HASSASİYETİ VE SESSİZ ÇALIŞMA ŞARTLARINA GÖRE RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ;

Rulmana ait hassasiyet sınıfı, sistemde çalışan milin dönme hassasiyetine bağlı olduğu kriterlere göre seçilir (radyal ve eksenel salgı). Mühendislik alanındaki uygulamaların büyük çoğunluğunda P0 hassasiyet sınıfına dahil rulmanlar kullanılır.

**Yüksek devir hızı, çok düşük gürültü seviyesi,** yüksek hareket kabiliyetlerinin istendiği özel hassasiyet vb. durumların gerekli olduğu özel uygulama hallerinde daha yüksek hassasiyet sınıfından rulmanların kullanılması gerekmektedir. (p6,p5,p4).



Rektifiye ve hassas finiş tezgahlarının ana mil rulmanları; ölçme, kontrol, tıbbi cihazlar gibi hassas sistemlerin rulmanları; motor rulmanları; vb. bu uygulama alanlarına verilebilecek örneklerden bazılarıdır.

Yeterli hassasiyette imal edilmemiş bir mil veya yuvanın; temas halinde olduğu rulman parçalarının ideal formunu bozacak olmasından, eksenel kaymalara yol açacak olmasından veya bileziklerin kabul edilebilir sınırların üzerinde bir açıyla burulmasına sebebiyet verecek olmasından dolayı; ideal olarak üretilmiş bir rulmanın bile, işletme esnasında gürültülü çalışabileceği hesaba katılmalıdır.

Yukarıda bahsedilenlerin ışığında, rulmanın sebep olduğu titreşim ve gürültü seviyesini azaltabilmek için dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir:

- mil veya yuvanın dizaynından ya da montaj sırasında merkezleme hatalarından ortaya çıkabilecek ölçü sapmalarına ait önceden belirlenmiş imalat toleranslarının hassasiyet sınıfı, normal hassasiyetteki rulmanın iki veya üç sınıf daha üzerinde olmalıdır;
- rulmanın bakım, yağlanma ve sızdırmazlık şartlarına özel itina gösterilerek çok temiz yağlarla çalışılmalıdır.
- normalden daha küçük radyal boşluğa sahip rulmanlar seçilmelidir.
- rulmanın, bileziklerde elastik deformasyona sebep olabilecek şekilde aşırı ön-yüklenmesinden kaçınılmalıdır.

-Rulmanın gürültü seviyesi, delik çapına paralel olarak artar. Bu nedenle ses seviyesi makaralı rulmanlarda, bilyalı rulmanlara oranla daha yüksektir.

Tablo 2.9

Rulman tipi	Açısal uyabilirlük değerleri	
	Derece	Radyan
Bilyalı radyal rulman (mil için k5, delik için J6 tolerans aralığında monte edilmiş)	Normal boşluk	8' 2,5x 10 <sup>-6</sup>
	C3 boşluğu	12' 3,5x 10 <sup>-6</sup>
	C4 boşluğu	16' 5 x 10 <sup>-6</sup>
Makaralı radyal rulman (yuvarlanma elemanı ve yuvarlanma yolu arasındaki temas yüzeyi artırılmak suretiyle güçlendirilmiş yapı)	10, 2, 3, 4 serilerinde N ve NU tip	4' 1,2x 10 <sup>-6</sup>
	Diğer seri ve tipler	2' 0,6x 10 <sup>-6</sup>
Tek sıra oynak makaralı rulman		4' 70x 10 <sup>-6</sup>
Çift sıra oynak makaralı rulman - hafif yükler için		0,5° 8,7x 10 <sup>-6</sup>
		2° 35 x 10 <sup>-6</sup>

## KABUL EDİLEBİLİR SINIRLAR DAHİLİNDEKİ EKSEN KAÇIKLIĞINA UYGUN RULMAN TİPİNİN SEÇİMİ:

Bazı konstrüksiyonlarda açılmalardan, mil burulmalarından ve yuva deformasyonlarından kaçınabilmek çok zordur. Bunlar aşağıdaki hallerde ortaya çıkar:

- Rulmanlar arasındaki mesafe fazla ise;
- Yuva delikleri tek bir bağlamadan işlenmiyorsa;
- Yuvalar farklı zeminlere sabitleniyor ya da metal kaynaklı konstrüksiyonlar üzerinde oturuyorsa.

Bu gibi hallerde, hangi tipin seçileceği iç ve dış bileziklerin birbirleri üzerine devrilme açısına bağlı olmakla birlikte, genelde oynak bilyalı rulmanlar kullanılır (tablo 2.9). Mille yuva arasındaki eksen kaçıklığının sınır değerlerden fazla olması halinde, rulman çok çabuk bozulur.

## BİR YATAKLAMA DÜZENİNDE ÜSTLENDİKLERİ ROLE GÖRE RULMAN SEÇİMİ (SABİT VEYA SERBEST YATAKLAMA)

Herhangi bir yataklama düzeninde, mile etkiyen eksenel yükler iki rulman tarafından karşılanıyorsa, seçilecek rulmanlarla ilgili çözüm iki türlü olabilmektedir:

- Sabit veya kılavuzlayıcı yataklama ve serbest veya oynar yataklama (milin rulmanla birlikte yuva içinde bir "s" boşluğu kadar kayabildiği eksenel kayma hareketli yataklama);
- Ayarlı yataklama
- Çalışma esnasında sıcaklık farkı yaratan ısı değişimlerinin meydana gelebileceği, orta ve uzun boydaki miller için tavsiye edilen bir çözümdür.

**Sabit yatak rulmanı**, tüm radyal yükleri ve mile her iki yönden gelen eksenel kuvvetlerin tamamını karşılamakla sorumludur.

**Kılavuzlayıcı yatak rulmanı**, mil veya yuvaya sıkı geçirilmiş olduğundan, bu durumda hafif radyal yüklenmiş olmaktadır. Bu tür rulman olarak, karma yükleri karşılayabilecek herhangi bir rulman kullanılabilir.

Küresel dış yüzeye sahip rulmanların (S tipi bombeli rulmanlar) sürekli yön değiştiren titreşimli hareketleri karşılaması için tasarlanmadığını da belirtmeliyiz.

Açısal sapmaları sürekli ve en iyi şekilde dengeleyebilen rulmanlar oynak makaralı rulmanlardır.

**Serbest veya oynar yatak rulmanı**, radyal yükleri karşıladığı gibi; aynı zamanda mildeki ısı genleşmelerden dolayı oluşacak eksenel kuvvetlerin rulmana ilave yük getirmesini engelleyecek şekilde; milin yuva içinde eksenel kaymasına da izin verir. Eksenel kayma hareketi, N ve NU tiplerinde faturasız silindirik makaralı rulmanların kullanılmasıyla, rulmanın kendi içinde sağlanabilir.

Çok yüksek eksenel kaymaların görüldüğü hallerde, dış bilezik ile yuva arasında uygun bir geçme yapılarak, makaralı rulmanın eksenel yönde komple hareket etmesi sağlanır (oynar yataklama).

Eğer dış bilezik dönüyorsa, eksenel kayma ,iç bilezik ile mil arasında gerçekleşir.

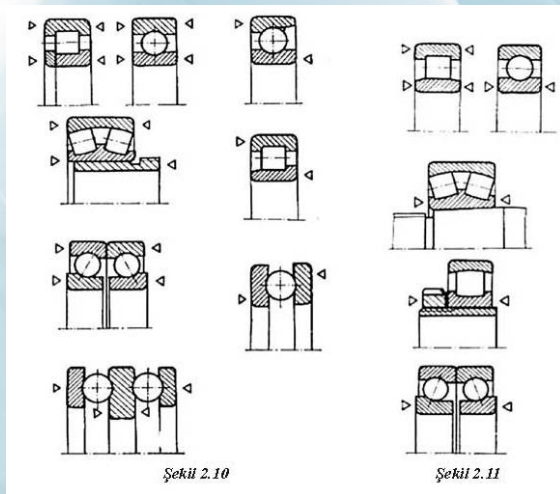
Milin birden fazla rulman tarafından yataklanması durumunda, rulmanlardan biri eksenel olarak sabitlenirken, diğeri, eksenel yönde harekete izin verabilmesi için serbest bırakılır.



b)Kural olarak iki simetrik düzenlenmiş eğik bilyalı ya da konik makaralı rulmandan oluşan ayarlı yataklama durumunda, bileziklerden biri, montaj sırasında, yatak istenilen boşluğa veya ön gerilmeye sahip olacak şekilde oturma yüzeyi üzerinde kaydırılır. Bu tip yataklama, ayar imkanından dolayı, özellikle spiral konik dişli pinyon ve tezgahların iş milleri yataklamaları gibi dar bir kılavuzlamanın gerekli olduğu hallerde genellikle kısa miller için uygundur.

## RULMANLARIN EKSENEL YATAKLANMASI

Rulmanların eksenel sabitlenebilmelerine ait, rulman tipine ve karşılanacak yükün büyüklüğüne bağlı olarak, çok sayfa çözüm bulunmaktadır. Sabit rulmanların eksenel yataklanmasına dair örnekler şematik olarak **şekil 2.10**'da; serbest rulmanlar içinse aynı olay **şekil 2.11**'de gösterilmiştir. Belirli bir rulman üzerinden hiçbir eksele yükün iletilmediği durumlarda, bir bilezik sadece sürme(kayma) geçme olarak takılabilir.



Rulman bileziklerinin eksele olarak desteklendiği en çok başvurulan eksele sabitleme sistemleri; mil veya yuvada fatura,kapak, somun, vidalı çember, segman vb. uygulamalar olmaktadır.

Düşük eksele yüklerde, eksele sabitleme için emniyet halkaları kullanmak mümkündür.

Emniyet halkalarının ve rulman bileziklerinin dış yuvarlatma yüksekliklerinin yeterli olmadığı hallerde, zaman zaman, rulman ve emniyet halkası arasına takılan bir halkaya (mesafe halkası) ihtiyaç duyulur.

İç bileziğin mil üzerinde kayarak dönmesini engelleyebilmek için, mile dar sürme geçme toleranslarında takıldığı durumlarda, rulman bileziği ile mil (tespit) somunu arasında bir tespit rondelası konur.

Mil somunu kontra rondelası olarak görev yapan bu rondela; mildeki bir oluğa girmek suretiyle, sürtünme kuvvetlerinin somuna iletimini kesip, mil somununun kırılma riskini ortadan kaldıran bir mandala sahiptir.

Diğer bir eksele sabitleme sistemi, germe ya da çakma manşonlarının kullanılması yoluyla elde edilen konik geçmeli uygulamalar sayesinde sağlanır.

Bu sistem yalnızca konik delikli rulmanlar için geçerli olup aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- Ağır eksenel yükler her iki yönde de karşılanabilir.
- Milin yüksek hassasiyette imal edilmiş olması şart değildir;
- Takma ve sökme işlemlerinin kolay bir şekilde yapılabilmesine imkân tanır.

Ağır eksenel yüklerden dolayı eksenel kaymayı önleyen çakma maşonlarının ya da rulmanın sökülmesini kolaylaştıran germe maşonlarının kullanıldığı hallerde, her şartta rulman iç bileziğinin, mil boyuna ve bir segmana dayandırılması gereklidir.

## RULMANLA TEMAS HALİNDE OLAN PARÇALARDA ISIL GENLEŞMENİN DENGELENMESİ

İşletme sırasında, yataklama düzeninin sıcaklığının artmasıyla oluşan mil uzamaları serbest ya da oynar olarak yataklanmış bir rulman tarafından dengelenmiyorsa, rulmanın eksenel boşluğu azalacağından; bu durum , bilezik ve yuvarlama elemanları gibi parçaların sıkışarak rulmanı kitlemesine neden olacağı için; rulman ömrü düşer.

Sıcaklığa bağlı olarak mildeki uzama miktarı aşağıdaki ilişkide verilmektedir.

$$\Delta l = \alpha \cdot l (t_2 - t_1), \text{ [mm]}$$

burada: -  $t_2$  - milin çalışma sıcaklığı, [°C]  
-  $t_1$  - çevre sıcaklığı, [°C]  
-  $l$  - mil uzunluğu, [mm]  
-  $\alpha$  - milin ısı genleşme katsayısı [°C]<sup>-1</sup>



## Fabrika

**Anadolu Rulman İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş.**

**Adres:** Yaka Mahallesi 401. Sokak No:17 Cumayeri / DÜZCE –  
TÜRKİYE

**Telefon:** +90 380 735 51 54

**Faks:** +90 380 735 51 75

**E-mail:** [info@anadolurulman.com.tr](mailto:info@anadolurulman.com.tr)

**Web site:** [www.anadolurulman.com.tr](http://www.anadolurulman.com.tr)