



## BİLGİSAYAR DESTEKLİ RULMAN SEÇİMİ

Alaattin KAÇAL\* & Alim IŞIK\*\* & Mustafa ERGİNLİ\*\*\*

### Özet

*Bu çalışmada; öncelikle, çok geniş kullanım alanı olan rulmanlar tanıtılmıştır. Rulman seçimi için "RULSEÇ" isimli bir paket program, "Delphi 5" programlama dilinde hazırlanmıştır. Programın veri tabanının oluşturulmasında Türkiye'de üretim yapan ORS rulman fabrikasına ait standart rulman katalogları kullanılmıştır. Veri tabanı oluşturulurken, rulmanlara ait bilgilerin mümkün olduğunca güncel olmasına dikkat edilmiştir. Kullanıcı, "Bilgi Girişi" ekranında ilgili değerleri girdiğinde "İlk Rulman Listesi" çıkarılmakta, daha sonra da "Hesaplanmış Rulman Listesi" hazırlanmaktadır. Hesaplama sonucunda uygun bulunan rulmanlar hesaplanmış rulman listesinde görüntülenir. Ayrıca, bilgi giriş ekranında rulmanın seri numarasının girilmesiyle de rulman hesaplaması ve seçimi mümkündür. Hesaplama sonunda program, seçilen rulmana ait "Rulman Kontrol Listesi" adı altında bir yazıcı çıktısı vermektedir. Program sayesinde; rulman seçimi ile ilgili bütün işlemler iki dakika gibi kısa bir sürede tamamlanabilmektedir.*

### 1. Giriş

Rulmanlı yataklar terimi; sabit ve hareketli elemanlar arasında dönen bir çok küresel bilyanın kullanıldığı yatakları ifade eder [4]. Genel olarak rulmanlar; destekleyen ve desteklenen elemanlar arasında hareket eden silindirik, konik, küresel ve eliptik küre biçimli (belirli bir yörüngede yuvarlanabilen) elemanların bir kafes aracılığıyla iç ve dış bilezik arasında tutulması ile oluşturulan makine elemanlarıdır.

\* Arş. Gör. DPÜ, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Kütahya, Türkiye. [akacal@dumlupinar.edu.tr](mailto:akacal@dumlupinar.edu.tr)

\*\* Prof. Dr. DPÜ, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye. [alimisik@dumlupinar.edu.tr](mailto:alimisik@dumlupinar.edu.tr)

\*\*\* Arş. Gör. DPÜ, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik - Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Simav, Türkiye. [merginli@dumlupinar.edu.tr](mailto:merginli@dumlupinar.edu.tr)

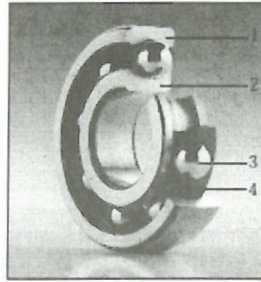
Bir rulmanlı yataktan beklenen en önemli özellikler; uzun ömür, yüksek güvenilirlik ve ekonomiktir. Tasarım esnasında sadece doğru rulmanı seçmek ve uygun rulman düzenini belirlemek yeterli değildir. Tasarım esnasında ilk olarak, yataklamaya etkiyen faktörlerin mümkün olan en kesin değerlendirmesi yapılır. Bu faktörler belirlenince; rulman tipi, düzeni ve başka rulmanların durumları gözden geçirilir. Daha sonra yataklamaya ait diğer kıstaslar değerlendirilir. Bunlar; toleranslar, rulman boşlukları, kafes yapısı, sızdırmazlık, tespit elemanları ve yağlamadır. Rulmanların seçiminde kullanılan hesaplama teknikleri ve denklemler, ISO ve DIN normlarında standartlaştırılmıştır. Türk Standartları Enstitüsü de bu konuda çalışmalar yapmış, hesaplamalara ve denklemlere TSE numarası vermiştir. Tüm dünyada rulman seçimi ve hesaplamaları bu standartlara göre yapılmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü'nün rulmanlarla ilgili bazı standartları; TS 371, TS 510, TS 7009 ve TS 7103'tür.

Rulman seçiminde ve hesaplanmasında, bir dizi karmaşık işlem ve çok sayıda tablo kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu işlemler çok zaman almaktadır. Bu çalışmada; tasarımcıların işlerini kolaylaştırmak, rulman seçiminde ve hesaplanmasında geçen zamanı en aza indirmek için rulman seçimine yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiş ve bu programın tanıtımı yapılmıştır.

## 2. RULMANLI YATAKLAR VE RULMAN SEÇİMİ

### 2.1. Genel

Esas olarak dış bilezik, iç bilezik, kafes ve yuvarlanma elemanlarından (bilyalı veya makaralı) meydana gelen rulmanlarda (Şekil 2.1), kafes, yuvarlanma elemanlarını tek bir hat üzerinde tutar ve yüksek hızlara çıkıldığında, yuvarlanma elemanlarının birbirlerine ve her bir noktaya temas etmelerini önler [12].



1. dış bilezik, 2. iç bilezik, 3. bilya, 4. kafes.

Şekil 2.1. Rulmanların parçaları [2]

### 2.2. Rulmanların Sınıflandırılması

Rulmanlar, yuvarlanma elemanlarına göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Rulmanların Sınıflandırılması [2]

Yuvarlanma elemanlarına göre:	
<p><b><u>Bilyalı rulmanlar:</u></b></p> <p><b>1. Radyal Bilyalı Rulmanlar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tek sıralı sabit bilyalı rulmanlar</li> <li>- Çift sıralı sabit bilyalı rulmanlar</li> <li>- Omuzlu bilyalı rulmanlar</li> <li>- Eğik bilyalı rulmanlar</li> <li>- Oynak bilyalı rulmanlar</li> </ul> <p><b>2. Eksenel Bilyalı Rulmanlar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tek yönlü bilyalı rulmanlar</li> <li>- Çift yönlü bilyalı rulmanlar</li> <li>- Eğik bilyalı rulmanlar</li> </ul>	<p><b><u>Makaralı rulmanlar:</u></b></p> <p><b>1. Radyal Makaralı Rulmanlar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Silindirik makaralı rulmanlar</li> <li>- Konik makaralı rulmanlar</li> <li>- Oynak makaralı rulmanlar</li> <li>- İğne makaralı rulmanlar</li> </ul> <p><b>2. Eksenel Makaralı Rulmanlar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Silindirik makaralı rulmanlar</li> <li>- Konik makaralı rulmanlar</li> <li>- Oynak makaralı rulmanlar</li> </ul>

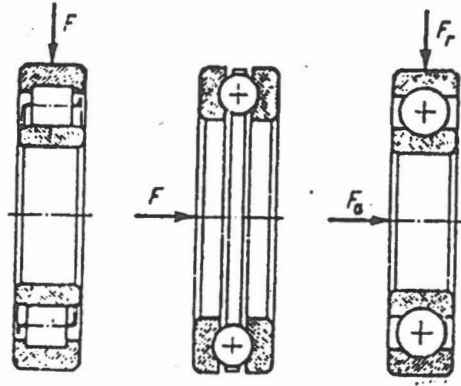
### 2.3. Rulman Seçimine Etkili Özellikler

Rulmanlar, bir tasarım düzeni içerisinde, hesabı ilk önce yapılması gereken makine elemanları değildir. Tüm rulmanlar bir dizi farklı karakteristiğe, aynı zamanda da bir çok ortak özelliğe sahiptirler. Bunlar; devir sayısı, çalışma sıcaklığı, yüklemenin şekli, yükleme, ömür, hassasiyet ve çalışma sesidir. Rulman seçimine etki eden bu temel faktörler aşağıda incelenmiştir.

**Devir sayısı:** Devir sayısı tam olarak rulmanın iç yapısına bağlıdır. Makaralı rulmanlar yüksek devirlerde kullanıma uygundur. Aynı anda radyal ve eksenel yükler söz konusu olduğunda (kombine yüklerde) eğik bilyalı rulmanlar, konik makaralı rulmanlar, oynak makaralı rulmanlar veya eksenel bilyalı rulmanlar kullanılmaktadır. Radyal yüklerde ve yüksek devirlerde radyal bilyalı rulmanlar, eksenel bilyalı rulmanlardan daha iyidir.

**Çalışma sıcaklığı:** Rulmanlar genellikle 120 °C (393 °K)'ye kadar olan sabit çalışma sıcaklıklarında çizelgelerde verilen çalışma kapasitesine ulaşırlar, ancak 150 °C (423 °K) civarında olan uç sıcaklıklara da izin verilir[1]. Daha yüksek sıcaklıklarda ise malzeme bazı değişikliklere uğrar. Sertlik değerinde kayıplar ve ölçü değişiklikleri gözlenir.

**Yükleme:** Her şeyden önce, rulman yapısına göre yapılan seçimde yükün büyüklüğünden çok yükün etkili olduğu yön önemlidir. Yani; yükün radyal mı, eksenel mi yoksa her ikisi birden mi olduğu iyi bilinmelidir. Küçük ve orta büyüklükteki yüklerde bilyalı rulmanlar daha elverişlidir, ancak aynı ölçülerdeki makaralı rulmanlar daha büyük radyal yükler taşıyabilirler. Büyük yüklerde makaralı rulman kullanmak daha ekonomiktir. Şekil 2.2'de rulmanların yükleme durumları gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Rulmanların radyal( $F_r$ ), aksel( $F_a$ ) ve kombine yüklenmesi [1].

## 2.4. Rulman Hesapları Ve Rulman Seçimi

### 2.4.1. Rulman Hesaplamaları

Rulman hesaplarında; ilk önceleri "Stribeck" isimli araştırmacı tarafından geliştirilen pratik formüller kullanılmıştır. Daha sonra, rulmanların ömürlerini veren hesaplama şekli SKF tarafından 1940'larda geliştirilmiş ve 1950'lerde ISO tarafından standartlaştırılmıştır. Günümüzde bu hesaplama yöntemi kullanılmaktadır [5]. Dinamik yüklenen rulmanların seçimi; aşağıda açıklanan nominal ömür ( $L$ ), dinamik yük sayısı ( $C$ ) ve dinamik eşdeğer yük ( $F$ ) olmak üzere üç faktöre göre yapılır.

**Nominal ömür:** Yapılan deneylere göre; tip, boyut ve malzemeleri aynı olan ve aynı yüklere maruz kalan rulmanların ömürlerinin farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Gerçek ömür; bir rulmanın bileziklerinde veya yuvarlanma elemanlarında ilk yorulma belirtileri meydana gelinceye kadar geçen süredeki toplam devir sayısı veya çalışma saati sayısıdır. Nominal ömür ise, aynı rulmanların kullanıldığı bir gruba ait olmakla beraber, o gruptaki rulmanların %90'ının eriştiği veya aştığı ömürdür. Güvenilirlik teorisine göre rulmanların nominal ömrü %90 güvenilirliğe karşılık gelen ömürdür. Nominal ömür çalışma ömrü olarak da adlandırılmaktadır. Nominal ömür, çalışma saati ( $L_h$ ) veya devir sayısı ( $L$ ) olarak ifade edilmektedir [1].

**Dinamik yük sayısı:** Rulmanların bir milyon devirlik bir nominal ömre ulaşırken taşıdıkları yük, "dinamik yük sayısı" olarak tanımlanmaktadır. Rulman tipine göre çeşitli ve karmaşık bağıntılarla hesaplanan bu değer, rulman kataloglarında yer almaktadır. 150 °C'lik işletme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklar için dinamik yük sayısı  $C$ 'nin sıcaklık faktörü ( $f_t$ ) ile düzeltilmesi gerekmektedir. Rulman çalışma sıcaklığına göre sıcaklık faktörü değerleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Sıcaklık Faktörü Değeri ( $f_t$ ) [6]

Rulman çalışma sıcaklığı ( $C^0$ )	<150	175	200	250
Sıcaklık faktörü ( $f_t$ )	1.00	0.95	0.90	0.75

**Dinamik eşdeğer yük:** Rulmanlar aynı anda hem radyal ( $F_r$ ) hem de eksenel ( $F_a$ ) kuvvetlerin etkisi altında kalabilirler. Bu duruma, kombine yüklenme de denilmektedir. Dinamik eşdeğer yük ( $F_{eş}$ ), radyal ve eksenel kuvvetlerin yaptığı etkiye eşit olan yükür. Dinamik eşdeğer yük ( $F_{eş}$ ); rulman sadece radyal yükler etkisinde kalıyorsa radyal yüke ( $F_r$ ), sadece eksenel yükler etkisinde kalıyorsa eksenel yüke ( $F_a$ ) eşittir. Her iki yönden gelen yükler etki ediyorsa;

$$F_{eş} = X F_r + Y F_a \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplama yapılabilir. Burada;

- $F_{eş}$  : Dinamik eşdeğer yük (kN),
- X : Radyal yük katsayısı,
- Y : Eksenel yük katsayısı,
- $F_r$  : Radyal yük (kN),
- $F_a$  : Eksenel yük (kN)'tür.

(1) eşitliğindeki radyal ve eksenel yük katsayıları (X ve Y),  $F_a/F_r$  oranına bağlı olarak belirlenirler. Sabit bilyalı rulmanlarda  $F_a/C_0$  oranı da dikkate alınmaktadır. Çizelge 2.3.'de bazı X ve Y değerleri verilmiştir.

#### 2.4.2. Çalışma Ömrünün Hesaplanması

Pratik denklemlere göre oluşturulan çalışma ömrü eğrileri, denemeleri yapılan rulmanların büyük bir kısmının, hesaplanan çalışma ömründen daha fazla süre çalışabildiklerini göstermiştir. Bir rulmanın çalışma ömrü aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir[6]:

$$L = \left( \frac{C}{F} \right)^p 10^6 \quad (2)$$

Burada;

- L : Çalışma ömrü (devir),
- C : Dinamik taşıma sayısı (kN),
- p : Çalışma ömrü katsayısı (bilyalı rulmanlar için p=3, makaralı rulmanlar için p= 10/3 alınmaktadır),
- F : Dış rulmanın yükü (eğer kombine yük varsa F yerine  $F_{eş}$  değeri yazılır) (kN).

Çeşitli çalışma şartları için deneysel nominal ömür değerleri ortaya konulmuştur. Rulman seçiminde bu deneysel değerlerden de faydalanılmaktadır. Çizelge 2.4'de bu değerler verilmiştir.

Çizelge 2.3. Radyal (X) ve Eksenel (Y) Yük Katsayıları [7]

			Fa/Fr>e				Fa/Fr>e		
Rulman tipi	Fa/Co	e	X	Y	Rulman tipi	e	X	Y	
161,160 60,62,63,64 RLS,RMS	0.014	0.19	0.56	2.30	302 10	0.42	0.40	1.45	
	0.028	0.22		2.00	11.....13	0.41		1.50	
	0.058	0.26		1.70	14	0.42		1.45	
	0.084	0.28		1.55	15	0.44		1.40	
	0.11	0.30		1.45	16.....22	0.42		1.45	
	0.17	0.34		1.30	24	*0.44		1.40	
	0.28	0.38		1.15	303 02.....03	0.29		0.40	2.10
	0.42	0.42		1.05	04.....05	0.30			2.00
	0.56	0.44		1.00	06.....07	0.31			1.90
0.50			2.50	08.....20	0.34	1.75			
E, L, M, BO		0.20	0.50	2.50	08.....20	0.34	0.40	0.72	
72 B, 73 B		1.14	0.35	0.57	313 05.....13	0.83	0.40	0.72	
QJ2, QJ3		0.95	0.80	1.07	322 06.....08	0.37	0.40	1.60	
320 04X, 320/22 X		0.39	0.40	1.55	09	0.40		1.50	
05X.....07X		0.44		1.35	10.....12	0.42		1.45	
08X.....09X		0.39		1.55	13	0.40		1.50	
10X		0.44		1.35	14	0.42		1.45	
11X		0.39		1.55	15.....16	0.43		1.40	
12X.....40X		0.44		1.35	17.....22	0.42		1.45	
302 03.....04		0.35		0.40	1.75	24		0.43	1.40
05.....08		0.38		1.60	323 05	0.30		0.40	2.00
09		0.41		1.50	06.....07	0.31			1.90
					08.....15	0.34	1.75		

Çizelge 2.4. Nominal (Çalışma) Ömre İlişkin Deneysel Rulman Ömrü Değerleri [6]

Çalışma koşulları	Deneysel Ömür L <sub>h</sub> (saat)
Seyrek kullanılan aletler (Ev aletleri vb.)	500....2000
Kısa süreli çalışmalar (Binek otomobilleri vb.)	2000....4000
Çalışma emniyeti çok önemli olmayan günlük orta süreli çalışmalar makinalar (Tarım makinaları vb.)	4000....8000
Çalışma emniyeti çok önemli olan günlük orta süreli çalışmalar (Asansörler vb.)	8000....12000
Tam kapasiteyle kullanılmayan günlük uzun süreli çalışmalar (Kaldırma ve götürme makinaları vb.)	12000....20000
Genellikle tam kapasiteyle kullanılan günlük uzun süreli çalışmalar (Takım tezgahları, demiryolu araçları vb.)	20000....40000
Sürekli çalışma (Büyük motorlar, kompresörler vb.)	40000....80000
Büyük çalışma emniyeti gerektiren sürekli çalışma (Kağıt makinaları, enerji santralleri vb.)	80000....200000

Çalışma ömrünün hesaplanabilmesi için, yönü ve miktarı değişmeyen tam bir radyal yük veya tam merkeze yönelik eksenel yük gerekmektedir. Pratikte ortaya çıkan yüklerin büyük bir kısmı, ya kesin hesaplanamaz cinstendir (örneğin; gerçek diş kuvvetleri, takım tezgahları kesme kuvvetleri vb.) ya da belirli aralıklarla ortaya çıkan ek kuvvetler veya darbelerle birlikte etkili olurlar (örneğin; balanssızlık, takım tezgahlarında kesicinin kesmeye başlaması vb.). Bu durumda rulman yükü ( $F_{eş}$ ), ek faktörler ile düzeltilerek sabit ortalama yük elde edilir. Burada, kullanılan ek faktörler; güvenilirlik için ömür düzeltme faktörü ( $a_1$ ), dişli faktörü ( $f_z$ ) ve makine katkı faktörü ( $f_d$ ), malzeme için ömür düzeltme faktörü ( $a_2$ ), çalışma koşulları için ömür düzeltme faktörü ( $a_3$ ), Sıcaklık faktörü ( $f_t$ ) 'dür. Bu faktörler, Çizelge 2.5, 2.6 ve 2.7'de verilmiştir. Bu durumda ömür denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L = a_1 a_2 a_3 \left( \frac{C f_t}{F f_z f_d} \right)^p 10^6 \quad (3)$$

Burada;

- $a_1$ : Güvenilirlik için ömür düzeltme faktörü,
- $a_2$ : Malzeme için ömür düzeltme faktörü,
- $a_3$ : Çalışma koşulları için ömür düzeltme faktörüdür,
- $f_z$ : Dişli faktörü,
- $f_d$ : Makine katkı faktörü,
- $f_t$ : Sıcaklık faktörüdür.

Burada yer alan  $a_2$  ve  $a_3$  değerlerinin tespiti çok zordur, ancak uygulamada  $a_2 = a_3 = 1$  kabul edilmektedir.

**Çizelge 2.5.** Güvenilirlik İçin Ömür Düzeltme Faktörü ( $a_1$ ) Değerleri [6]

Güvenilirlik	%90	%95	%96	%97	%98	%99
$a_1$	1.00	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

**Çizelge 2.6.** Dişli Faktörü ( $f_z$ ) Değerleri [7]

Uygulama ortamı	$f_z$ faktörü
Dişliler	
-Bölüm ve form hatası <0.02 mm	1.05...1.10
-Bölüm ve form hatası >0.02...0.1 mm	1.10...1.30
Zincirli hareket düzenleri	1
Kayışlı hareket düzenleri	
- V-kayışları	1.50...2.50*
- Gerdirme kasnaklı düz kayış	2.00...3.00
- Gerdirme kasnaksız düz kayış	3.00...4.00

**Çizelge 2.7.** Makine Katkı Faktörü ( $f_d$ ) Değerleri [7]

Uygulama ortamı	$f_d$ faktörü
İş makinaları	
-Darbesiz (Elekt. makineleri, türbinli makineler)	1.0...1,2
-Orta darbeli (içten yanmalı motorlar, takım tezgahları)	1.2...1.5
-Ağır darbeli (değirmenler, kırıcılar)	1.5...3.0
Aks yataklamaları	
- Yaylı	1.3
- Yaysız	1.5...1.7
Teker yataklamaları	
- Havalı lastikler	1.3...1.6

### 2.4.3. Dinamik Yüklenen Rulmanların Seçiminde İşlem Sırası

Rulman seçiminde takip edilecek işlem sırası aşağıda özetlendiği gibidir:

Rulmana etkiyen  $F_r$  ve  $F_a$  kuvvetleri belirlenir. Eğer bu yüklerin her ikisi de rulman üzerine etkiyorsa dinamik eşdeğer yük ( $F_{eş}$ ) hesaplanır. İlgili mil çapına uygun olan rulman, katalogtan seçilir. Eğer rulman sabit bilyalı rulman ise  $C_0$  değeri okunur.  $F_a/C_0$  oranı bulunarak, bu değere karşılık gelen ( $e$ ) değeri bulunur (Çizelge 2.3).  $F_a/F_r$  oranı bulunarak çıkan sonuç ( $e$ ) değeri ile karşılaştırılır. Eğer sonuç  $e$ 'den küçükse  $X=1$ ,  $Y=0$  alınır, büyükse tablodaki  $X$  ve  $Y$  faktörleri kabul edilir. Bu değerlere göre  $F_{eş}$  değeri bulunur. Seçilen rulman sabit bilyalı rulmanların dışında bir rulman ise,  $F_a/F_r$  oranı hesaplanarak ( $e$ ) değeri ile karşılaştırılır.  $F_a/F_r$  oranının ( $e$ ) değerinden büyük veya küçük olması durumuna göre,  $X$  ve  $Y$  değerleri belirlenir ve  $F_{eş}$  değeri hesaplanır.

Makinenin özelliği dikkate alınarak rulmanın ömrü milyon devir veya saat cinsinden Çizelge 2.4'den seçilir.

Ek faktörler ve çalışma koşullarına göre (3) eşitliğinden faydalanılarak dinamik yük sayısı ( $C$ ) hesaplanır.

Hesaplanan bu  $C$  değeri ilgili rulmanın kataloğundaki  $C$  değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanan  $C$  değeri; katalog değerinden küçük veya eşit ise hesaplanan rulman uygun, büyük ise uygun değildir ve diğer bir rulmanın hesabına geçilerek aynı işlem sırası tekrarlanır.

## 3. RULMAN SEÇİM PROGRAMI (RULSEÇ)

### 3.1. Genel

Rulman seçimi için Delphi 5 programlama dilinde hazırlanan bu program sayesinde kullanıcıların sayfalar dolusu katalog ve bir dizi karmaşık işlem ile uğraşmaları önlenmiştir. Rulmanın iç ( $d$ ) ve dış çapının ( $D$ ) minimum ve



maksimum değerlerinin girilmesiyle aynı çap aralığına düşen birden fazla rulman türünü görmek mümkündür.

Programda, Türkiye’de üretim yapan Ortadoğu Rulman Sanayi (ORS)’nin yayınlamış olduğu standart rulman kataloğu veri tabanı olarak kullanılmıştır. Veri tabanına alınan rulman bilgilerinin mümkün olduğunca güncel olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca veri tabanının kullanım sırasında da güncellenmesi mümkün kılınmıştır. Programdaki hesaplamalar dinamik yük sayısına göre yapılmıştır. Burada, ISO standartlarına uygun olarak hesaplanabilir çalışma ömrü denklemi kullanılmıştır. Programa ait akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir.

Hazırlanan program, veritabanıyla birlikte 14.6 MB yer kaplamaktadır. Program “addin” adıyla bir dosyaya kayıt edilmiş ve “BDE” isimli veri yönetimi programıyla birlikte CD’ye yüklenmiştir. Programı kullanabilmek için ilk önce, BDE programının kurulması gerekmektedir. Daha sonra CD’deki addin dosyasının bilgisayar harddiskine kopyalanması gerekmektedir. Bu işlemlerin ardından, bilgisayara yüklenen addin dosyasının içindeki “rulman.exe” kısayol tuşuna tıklanmasıyla program açılmaktadır. İlk olarak, bir açılış penceresi ekrana gelir. Şekil 3.2’de verilen bu penceredeki “Tamam” tuşu tıklatıldığında “Bilgi girişi” bölümü ekrana gelmektedir.

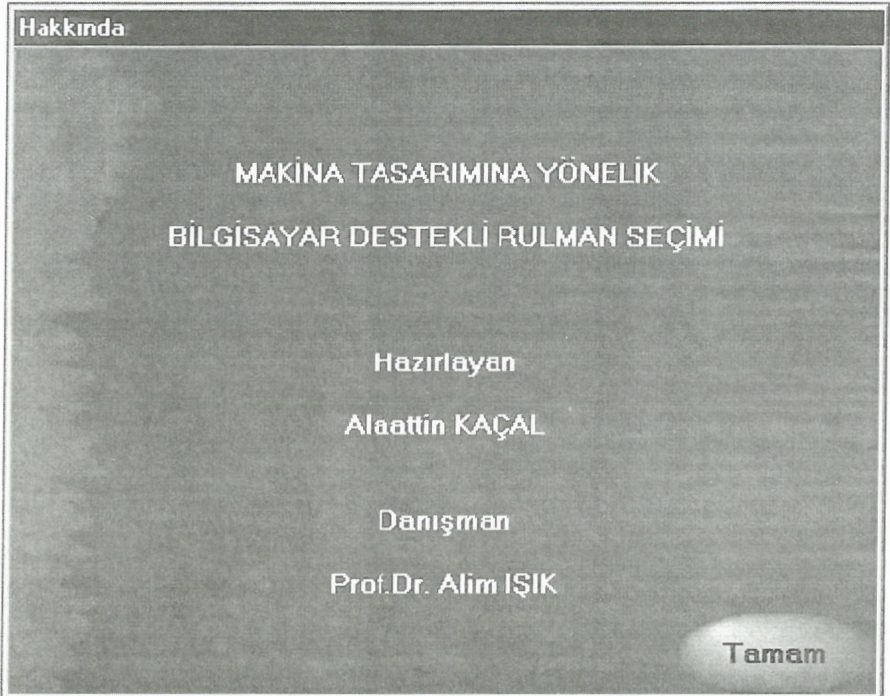
### **3.2. Bilgi Girişi**

Program bilgi girişi bölümüne girilecek değerlere göre hesaplama yapmaktadır. Öncelikle kullanıcı, rulmanın maruz kaldığı yük veya yükleri ilgili hücrelere kN cinsinden girmelidir. Eğer kullanıcı aksenal veya radyal yüklerden birisini girmezse, program sadece girilen yükü dikkate alarak işlem yapar. Daha sonra iç ve dış çap aralıklarının girilmesi gerekmektedir. Eğer bilgi girişi bölümünde bulunan rulman seri numarası bölümüne bilinen bir standart rulman seri numarası yazılırsa program üst bölümde yazılmış/yazılacak olan çap aralıklarını dikkate almayacaktır.

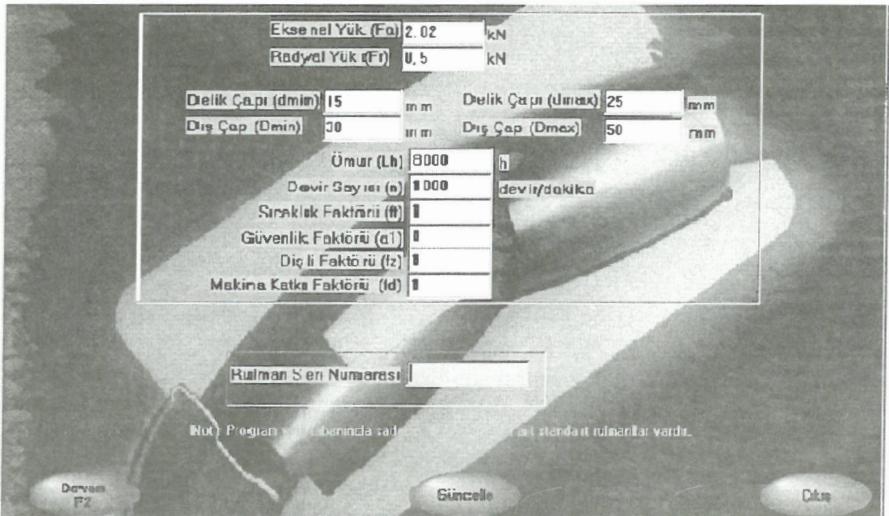
Bilgi girişi bölümünde(Şekil 3.3), rulman seçiminde ve hesaplanmasında etkili olan faktörlerin( $a_1$ ,  $f_z$ ,  $f_d$ ,  $f_t$ ) girilmesi sağlanmıştır. Bu faktörler girilmek istendiğinde, veri girişi kutucuğunun yanında bu faktörlere ait tablolar açılmaktadır. Kullanıcı bu tablolardan faydalanarak bu faktörlerin değerlerini girebilir. Ayrıca bilgi giriş ekranında devir sayısı ve ömür değeri girişi için kutucuklar verilmiştir. Devir sayısının tespiti kullanıcıya bırakılmıştır. Ömür değeri girilmek istendiğinde, içinde tecrübeye dayalı ömür değerlerinin bulunduğu bir pencere açılmaktadır. Kullanıcı bu pencereden faydalanarak ömür değerini girebilir. Bilgi girişi bölümüne ilgili veriler girildikten sonra sol alt köşedeki “Devam” tuşuna ya da klavyedeki F2 tuşuna basılarak bir sonraki bölüme geçilir.



Şekil 3.1. Program akış diyagramı



Şekil 3.2. Açılış penceresi



Şekil 3.3. Bilgi girişi bölümü

### 3.3. Hesaplama ve Seçim

Bilgi giriş ekranında yazılan çap aralıkları ve Rulmana etkileyen yüklere uygun "İlk Rulman Listesi" isimli bölüm ekrana gelir (Şekil 3.4). Bu listede hesaplaması yapılmamış, ancak girilen çap aralıklarına uygun olan rulmanlar yer almaktadır. Listede, rulmanların seri numaraları, iç ve dış çapları, genişlikleri, dinamik yük taşıma sayıları ve programa ait rulman grup bilgileri yer almaktadır. Bu listeden, istenilen herhangi birisi hesaplatılabileceği gibi, listenin tamamını da hesaplatırılabilir. Farenin sağ tuşu tıklatıldığında küçük bir pencere açılmaktadır. Pencerede; "Seçilene Hesapla", "Tamamını Hesapla" ve "Yazdır" seçenekleri bulunmaktadır. Bunlardan "Seçilene Hesapla" seçeneği, seçili olan rulmanın hesaplamasını yapar. Rulman uygun bulunursa üzerinde "Bu rulman tasarım için uygundur" yazan bir pencere ekrana gelmektedir. Rulman uygun bulunmazsa açılan pencerenin üzerinde "Seçilen rulman tasarım için uygun değildir" uyarısını yazacaktır. Uygun bulunan rulman, "Yazdır" seçeneği seçilerek yazdırılabilir. "Tamamını Hesapla" seçeneği seçilirse, program ilk rulman listesindeki rulmanların hepsini hesaplayacak ve uygun olan rulmanları "Hesaplanmış Rulman Listesi" bölümünde listeleyecektir. İlk rulman listesi bölümündeki tuşlar kullanılarak da istenilen işlem yaptırılabilir. Şekil 3.5'de hesaplanmış rulman listesi bölümü görülmektedir. Programda, bir önceki ve bir sonraki bölümlere kolaylıkla geçilebilmektedir.

Rulman Seçimi							
Bilgi Girişi	İlk Rulman Listesi	Hesaplanmış Rulman Listesi					
Seri No	d (mm)	D (mm)	E (mm)	C (kN)	C0 (kN)	Dosya Adı	
6003	17	35	10	6	3,25	bsabit	
63003	17	35	14	6	3,25	bsabit	
16003	17	35	8	6	3,25	bsabit	
3203	17	40	17,5	12	10,6	begik2	
30203	17	40	12	16,6	11,4	mkonik	
2203	17	40	16	8,95	2,68	boynek	
1203	17	40	12	6,65	2,7	boynek	
7203BG	17	40	24	12,3	8,04	begik1	
7203B	17	40	12	7,61	4,96	begik1	
L 17	17	40	10	4,67	1,37	bsabit	
6203	17	40	12	9,55	4,76	bsabit	
EO 17	17	44	11	6,91	1,98	bsabit	
16004	20	42	8	7,91	4,48	bsabit	
6004	20	42	12	9,38	5,03	bsabit	
63004	20	42	15	9,38	5,03	bsabit	
32004X	20	42	15	21,1	16,4	mkonik	
32022X	22	44	15	21,9	17,6	mkonik	

Şekil 3.4. İlk rulman listesi ekran görüntüsü

Bilgi Girişi	İk Rulman Listesi	Hesaplanmış Rulman Listesi				
Seri No	d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	C0 (kN)	DosyaAdı
6013	17	35	10	6	3,25	bsabit
6303	17	35	14	6	3,25	bsabit
16103	17	35	0	6	3,25	bsabit
3213	17	40	17,5	12	10,6	bagik2
30203	17	40	12	16,6	11,4	mkonik
7213BG	17	40	24	12,3	8,04	bagik1
7213R	17	40	12	7,61	4,96	bagik1
6213	17	40	12	9,55	4,76	bsabit
16104	20	42	8	7,91	4,48	bsabit
6014	20	42	12	9,38	5,03	bsabit
63104	20	42	16	9,38	5,03	bsabit
32104X	20	42	15	21,1	16,4	mkonik
32122X	22	44	15	21,9	17,6	mkonik

Yazdır

Önceki

Sonaki


Çıkış

Şekil 3.5. Hesaplanmış rulman listesi ekran görüntüsü

Hesaplanmış rulman listesi bölümünde uygun bulunan rulmanlar listelendikten sonra, listedeki istenilen rulmanın bilgilerinin bulunduğu bir yazıcı çıktısı alınabilmektedir. Şekil 3.6’da yazıcı çıktısı örneği verilmiştir. Yazıcıdan alınan rulman kontrol listesinin ilk bölümünde; hesaplanması yapılan rulmanın standart özellikleri ve basit bir teknik resmi bulunmaktadır. Bu bölümde bulunana bilgileri bilgisayar kendisi doldurmaktadır. Kafes malzemesi, kafes yataklanması, ilave özellikler, satış ve çalışma koşulları bölümleri kullanıcı tarafından isteğe göre elle doldurulmaktadır. Rulman Kontrol Listesi tasarımcının hesapladığı rulmanın siparişi ve temininde bir kolaylık olması için hazırlanmıştır.

Program veri tabanı oluşturulurken, ilk önce rulmanlar; standart sınıflandırmalar da göz önünde bulundurularak gruplara ayrılmış ve bu gruplara isimler verilmiştir. Bu rulman grupları taşıyabildikleri yükler esas alınarak sadece radyal yüklenen rulmanlar, sadece eksenel yüklenen ve kombine yüklenenler olmak üzere üçe ayrılırlar. Böylece ilgili rulman, girilen yük cinsine göre daha kolay bulunacaktır. Program; kullanıcı sadece radyal yükü girerse radyal yükleri taşıyabilen rulmanların olduğu gruba, sadece eksenel yükü girerse eksenel yükleri taşıyabilen rulmanların olduğu gruba, her iki yükü de girerse, her iki yükü de taşıyabilen rulmanların olduğu gruba yönelecektir. Oluşturulan bu üç grup, bilgi giriş bölümünde Fa ve/veya Fr yüklerinin girilmesiyle aktif olmaktadır. Ayrıca kombine yüklenen rulmanların hesaplanmasında kullanılan radyal ve eksenel yük faktörleri rulman seri numaralarıyla ilişkilendirilerek program veri tabanına alınmıştır. Bilgi giriş ekranındaki “Güncelle” tuşuna basıldığında bir pencere açılmaktadır. Bu pencerede ilgili değerler yazıldığında, veri tabanına yeni rulmanlar girilmesi sağlanmaktadır.

## RULMAN KONTROL LİSTESİ

Rulman Seri No : 6003		ÖLÇÜLER (mm)	
Delik Çapı : 17		Dış Çap : 35	Genişlik : 8
		Dinamik Yük Taşıma Sayısı : 6	
Bilyalı Rulman	 sabit bilyalı		
Makaralı Rulman			
Kafes Malzemesi	Preslenmiş Kafes	Kalıplanmış Kafes	
	Çelik	Çelik	Plastik
	Prinç	Prinç	
		<input type="checkbox"/> Hafif metal	
Kafes Yatakları	<input type="checkbox"/> Yuvarlak çamurlama	<input type="checkbox"/> dış bileziğe	<input type="checkbox"/> iç bileziğe
	<input type="checkbox"/> Keçe	<input type="checkbox"/> tek tarafta	<input type="checkbox"/> iki tarafta
	<input type="checkbox"/> Toz koruyucu	<input type="checkbox"/> Korkak delik	
Hava Özellikleri	<input type="checkbox"/> Silindirik delik	<input type="checkbox"/> Korkak delik	
	<input type="checkbox"/> Segman kanak	<input type="checkbox"/> Dış bilezikte	<input type="checkbox"/> İç bilezikte
	<input type="checkbox"/> Yağlama oluğu (deliği)		
Satış	Üretici Firma:		
Çalışma Koşulları	Rulmanın yeri	_____	
	Devir sayısı	_____	
	Sıcaklık	_____	
Yağlama	<input type="checkbox"/> Gres <input type="checkbox"/> Yağ pompası <input type="checkbox"/> Yağ devirdaimi <input type="checkbox"/> Yağ püskürtme		

Şekil 3.6. Rulman kontrol listesi

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; rulman seçiminde yanlışları en aza indirmek ve uygulamada seçimi kolaylaştırmak amacıyla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Delphi 5 programlama dilinde hazırlanan program, girilen verilere göre hesaplama yapmakta ve uygun bulunan rulmanları listelemektedir. Listede rulmanların, iç çap (d), dış çap (D), genişlik (B) değerleri, dinamik taşıma sayıları (C, C<sub>0</sub>) ve rulmanın veri tabanındaki grup ismi yer almaktadır.

Programda, rulman üzerine etkiyen kuvvetleri kullanıcı girmektedir. Gerçekte bu kuvvetler, rulmanın birlikte kullanılacağı makine elemanlarından dolayı değişebilmektedir. Fakat bu değişkenleri tespit etmek ve buna bağlı bir veri tabanı oluşturmak oldukça zordur. Bu nedenle programda, rulman üzerine sadece eksenel (Fa) ve radyal (Fr) kuvvetlerin etki ettiği kabul edilmiştir.

Programda rulman seri numarasının girilmesiyle de hesaplama yapılabilmektedir. Burada önemli olan, kullanıcının seri numarasını girdiği rulmanın hangi yükleri taşıyabildiğini bilmesidir.

Programın önemli bir avantajı da, hesaplama ve seçim aşamasında sayfalarca katalogu incelemeden ve birçok eşitliği kullanmadan iki dakika gibi çok kısa bir sürede rulman seçimini yapabilesidir. Ayrıca, rulman veri tabanı güncellemeye açıktır. Seçim sonunda, üzerinde rulman seri numarası, iç ve dış çapları, genişliği ve dinamik yük taşıma sayısı gibi bilgilerin bulunduğu bir yazıcı çıktısı alınmaktadır. Programa güncelleme menüsü de eklenerek, rulman veri tabanına yeni rulmanların girilebilmesi sağlanmıştır.

Program ile tasarım programları arasında bir veri transferi oluşturulmasıyla, rulmanların teknik resimlerinin dxf formatında çizdirilmesi ve daha etkin bir rulman seçimi sağlanabilir.

#### KAYNAKÇA

- [1] M.Akkurt, *Makine elemanları*, Cilt 1, Birsen Yayınevi, (1997), 439s.
- [2] FAG,..., *FAG-OEM Rulman kataloğu*, Katalog No: WL41520/DB.
- [3] A.Kaçal, *Makine tasarımına yönelik bilgisayar destekli rulman seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, DPÜ FenBilimleri Enstitüsü (2002).
- [4] R. L. Mott, *Machine elements in mechanical design*, Second Edition, Printice-hall, (1992), 601- 609 p.
- [5] Ş.Okday, *Makine elemanları rulmanlı yataklar, kaymalı yataklar ve yağlama* II. Cilt, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, (1977),185-349 s.
- [6] ORS, *Teknoloji kataloğu*, (2001)102 s.
- [7] ORS-STEYR, ..., *Rulman kataloğu teknik el kitabı 282 TR*, Başak Ofset, 317 s.
- [8] N. Özçilingir, ve İ.Z.Şen, *Makine meslek resmi II*, Lito Matbaacılık, (1992), 304 s.
- [9] H.Rende, *Makine elemanları*, Cilt I, Seç Yayınları Dağıtım (1996).

- [10] J.E. Shigley, and C.R.Mischke, *Mechanical engineering design*, Fifth Edition, Mc-Graw Hill International Editions, (1989), 451-475 p.
- [11] J.E. Shigley, and C.R.Mischke, *Standart handbook of machine design*, Second Edition, Mc-Graw Hill International Editions, (1996), 27.2-27.13 p.
- [12] M.F. Spotts, and T.E.Shoup, 1998, *Design and machine element*, Mc-Graw Hill International Editions, (1998), 461-491 p.
- [13] TSE, TS 371, *Rulmanlarda statik yük değerleri*, (1982).
- [14] TSE, TS 7009, *Rulmanlı yataklar-dinamik yük ve ömür değerleri*, (1989).