

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİL TASARIMI  
VE VERİ TABANI HAZIRLANMASI**

**Levent ÖZBAŞARAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2007**

**ANKARA**

Levent ÖZBAŞARAN tarafından hazırlanan BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİL VE TASARIMI - VERİ TABANI HAZIRLANMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Kürşad DÜNDAR

Üye : Prof. Dr. Faruk MENDİ

Üye : Doç. Dr. İsmet ÇELİKTEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Tarih : 17 / 7 / 2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Levent ÖZBAŞARAN

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİL TASARIMI  
VE VERİ TABANI HAZIRLANMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Levent ÖZBAŞARAN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2007**

**ÖZET**

Bu çalışmada, üzerinde güç iletim elemanlarını (dişli çarklar) bulunduran millerin çap hesabını veren veri tabanı Excel programında hazırlanmıştır. Ayrıca, Excel ortamında mil çapı hesaplarını yapan bir program hazırlanmıştır. Hazırlanan veri tabanı ile yapay zekâ teknikleri (yapay sinir ağları, bulanık mantık vb.) kullanılarak mil çapı bulmada alternatif metotlar geliştirilebilmesinin olanaklı olup olmayacağı tartışılmıştır. Veri tabanı ve program, üzerinde 3 adet dişli çark ve 2 adet rulman bulunan milin çapını hesaplamaktadır. Hazırlanan sistemde, düz, helis ve konik dişli çarklar kullanılmıştır. Veri tabanı, her biri içinde 5 adet Excel çalışma sayfası bulunduran 27 adet Excel dosyasından oluşmaktadır. Mil üzerinde bulunan 3 adet dişli çarkın türünün (Düz dişli - Helis dişli - Konik dişli) değişimi bir Excel kitabını oluşturmaktadır. Excel kitaplarının içerisindeki çalışma sayfalarının oluşturulmasında, mil üzerindeki elemanların aralarındaki sıralaması (Örneğin; dişli – rulman – dişli – rulman - dişli) dikkate alınmıştır. Excel çalışma sayfalarının sütunlarında sırasıyla mil çapı hesabı için gerekli girdiler, hesaplamayla ilgili işlemler ve mil çapı sonucu yer almakta, her bir satırda değişik girdilere göre mil çapı bulunmaktadır. Ayrıca, veri tabanının kullanılabilirliğini arttırmak için; sadece girdi ve sonuç değerlerinin bulunduğu Excel çalışma sayfaları ve metin dosyaları hazırlanmıştır. Excel çalışma sayfasında en fazla 65536 satır kullanılabildiğinden veri tabanının girdilerinde

sınırlama yapılmıştır. Her biri yaklaşık 60000 satır içeren 135 Excel çalışma sayfası oluşturulmasına rağmen oluşan veri tabanı yapılan sınırlamalardan dolayı dar bir alanı kapsamıştır. Program veri tabanını destekleyici olarak hazırlanmıştır. Programın görselliği üzerinde çalışılmıştır.

**Bilim Kodu** : 708.1.090  
**Anahtar Kelimeler** : Mil çapı, mil tasarımı, veri tabanı  
**Sayfa Adedi** : 99  
**Tez Yöneticisi** : Yrd. Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK

**COMPUTER AIDED SHAFT DESIGN  
AND PREPARING DATABASE  
(M.Sc. Thesis)**

**Levent ÖZBAŞARAN**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
July 2007**

**ABSTRACT**

**In this study a database giving measurements of diameters of the shafts that have power transmission elements (gears) on have been prepared in the Excel Programme. Besides, a programme which is calculating shafts diameters has been prepared in the medium of Excel. With this database by using techniques of artificial intelligence (artificial neural networks, fuzzy logic) alternative methods can be developed to measure shaft diameters. The database and the programme calculate the diameter of the shaft on which there are three gears and two bearings. In this system spur, helical and bevel gears have been used. The database consists of 27 Excel files in which each has 5 Excel worksheet. The changes of the three types of gears on the shaft (spur gear-helical gear-bevel gear) has formed one Excel book. While constructing the worksheets in the Excel books, the order of the elements on the shaft is taken into consideration (e.g. Gear - Bearing - Gear – Bearing - Gear). On the columns of Excel worksheets, the necessary inputs for the measurements of shaft diameter, calculations for measurements, and the result of shaft diameter have taken place and on each line there is shaft diameter for different inputs. Additionally, in order to increase the utilization of the database, Excel worksheets and text files which have only input and result values have been prepared. The inputs of the database have been limited for the reason that on the Excel worksheet maximum 65536 lines can be used. Although 135 Excel worksheets, which each**

**includes almost 60000 lines, have been constructed, the database covers a limited area due to the limitations. The programme has been prepared to support the database. On the visualization of the programme has been studied.**

**Science Code : 708.1.090**

**Key Words : Shaft diameter, shaft design, database**

**Page Number: 99**

**Adviser : Assist. Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK**

**TEŞEKKÜR**

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK'a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
3. MİLLER.....	7
3.1. Mil Malzemesi .....	7
3.2. Millerin Şekillendirmesi .....	8
3.3. Millerde Dişli Çarklarla Güç ve Hareket Aktarımı.....	10
3.3.1 Rulmanlar.....	10
3.3.2 Dişli çarklar.....	11
3.4. Mil Çapı Hesabı .....	18
4. HAZIRLANAN VERİ TABANI .....	22
4.1. Mil üzerindeki elemanların dizimi .....	22
4.2. Veri tabanında Uygulanan Sınırlamalar.....	25
4.2.1 Güç (P) .....	27
4.2.2 Devir sayısı (n).....	28
4.2.3 Modül (m) .....	29

	<b>Sayfa</b>
4.2.4. Diş sayısı (Z).....	29
4.2.5. Mil malzemesi (Rk) .....	30
4.3. Diğer sınırlamalar.....	30
4.4. Veri Tabanı Hazırlanması .....	31
4.5. Veri Tabanının İçeriği .....	40
5. HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI .....	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	50
KAYNAKLAR .....	52
EKLER.....	54
EK-1. Veri tabanı çıktı örnekleri.....	55
EK-2. Mil üzerindeki elemanların dizilişleri .....	82
EK-3. Örnek çözüm .....	88
ÖZGEÇMİŞ .....	99

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Eğilme ve Burulma faktörü.....	20
Çizelge 4.1. Veri tabanında kullanılan girdi değerleri .....	25
Çizelge 4.2. Standart dişli çark modülleri.....	29
Çizelge 4.3. Veri tabanının girdilerine örnek satırlar.....	33
Çizelge 4.4. Formüllerin Excel ortamına aktarımı.....	34
Çizelge 4.5. Rulmanlara gelen yüklerin bulunması .....	35
Çizelge 4.6. Veri tabanında rulman üzerine gelen yatay ve düşey düzleme göre kuvvetlerin bulunduğu satır örnekleri .....	36
Çizelge 4.7. Düşey düzlemde momentlerin bulunması.....	37
Çizelge 4.8. Yatay düzlemde momentlerin bulunması .....	37
Çizelge 4.9. Veri tabanında düşey düzleme göre moment değerlerinin bulunduğu örnek satırlar .....	38
Çizelge 4.10. Veri tabanında yatay düzleme göre moment değerlerinin bulunduğu örnek satırlar .....	38
Çizelge 4.11. Mil çapının hesaplanması .....	39
Çizelge 4.12. Veri tabanında mil çapı sonuçlarının bulunduğu örnek satırlar.....	39
Çizelge 4.13. Program satır sayısı.....	40

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Dayama faturaları.....	9
Şekil 3.2. Yuvarlatılmış mil faturası .....	9
Şekil 3.3. Rulmanlarda yuvarlanma elemanları .....	10
Şekil 3.4. Kuvvet yönüne göre rulmanlı yataklar .....	11
Şekil 3.5. Eş çalışan dişli çarklar .....	11
Şekil 3.6. Dişli çark mekanizmaları .....	12
Şekil 3.7. Dişli kuvvetleri .....	13
Şekil 3.8. Düz dişli çark .....	14
Şekil 3.9. Helis dişli çark .....	15
Şekil 3.10. Aksenal kuvvet yönleri.....	16
Şekil 3.11. Konik dişli çark.....	17
Şekil 3.12. Moment diyagramı.....	19
Şekil 4.1. Rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanması.....	23
Şekil 4.2. Veri tabanında kullanılan rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanması .....	23
Şekil 4.3. Veri tabanında kullanılan rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanmasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması.....	24
Şekil 4.4. Dişli çarklarda güç aktarımı.....	28
Şekil 4.5. Dişlilerin dizilişi .....	32
Şekil 4.6. Kuvvet diyagramı .....	34
Şekil 4.7. Moment diyagramı.....	36
Şekil 4.8. Moment noktaları.....	36
Şekil 5.1. Programda hesap sayfası.....	41

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.2. Programda resim sayfası .....	42
Şekil 5.3. Programda sonuc sayfası .....	42
Şekil 5.4. Elemanların dizilişi .....	43
Şekil 5.5. Dişli çark seçimi .....	44
Şekil 5.6. Elemanlar arası mesafe girdileri .....	45
Şekil 5.7. Güç girdisinin seçimi .....	45
Şekil 5.8. Güç seçenekleri .....	45
Şekil 5.9. Devir sayısı girdisi .....	46
Şekil 5.10. Mil malzemesinin seçimi .....	46
Şekil 5.11. Mil malzemesinin akma ve kopma dayanımı .....	46
Şekil 5.12. Milin dönüş yönü .....	47
Şekil 5.13. Çevrilen dişlinin seçimi .....	47
Şekil 5.14. Eksenel kuvveti taşıyan rulmanın seçimi .....	47
Şekil 5.15. Çalışma durumunun belirlenmesi .....	48
Şekil 5.16. Milin türünün belirlenmesi .....	48
Şekil 5.17. Dişli çarklara ait girdi değerleri .....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

Simgeler	Açıklama
$d$	Çap
$D$	Bölüm dairesi çapı
$F_a$	Eksenel kuvvet
$F_r$	Radyal kuvvet
$F_t$	Teğetsel kuvvet
$K_a$	Eğilme faktörü
$K_b$	Burulma faktörü
$m$	Modül
$n$	Mil devir sayısı
$P$	Güç
$r$	Yarı çap
$R_k$	Mil malzemesinin kopma dayanımı
$T$	Burulma momenti
$W$	Açısal hız
$Z$	Diş sayısı
$\alpha$	Kavrama açısı
$\beta$	Helis açısı
$\tau_D$	Kesme açısından ömür

### Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
<b>CAM</b>	Bilgisayar Destekli İmalat
<b>CAD</b>	Bilgisayar Destekli Tasarım
<b>MIT</b>	Massachussets Institute of Technology

## 1. GİRİŞ

Farklı makinelerde, farklı boyutlara sahip ve bazen de farklı malzemelerden üretilen, temelde yapıları işlevleri aynı olan ve daha başka alt elemanlara ayıramayan elemanlara makine elemanları denir [Babalık, 2006]. Mil, kama ve dişli çark birer makine elemanıdır.

Makine elemanlarının tasarımını kolaylaştırmak ve kalitesini arttırmak için bilgisayar programlarından yararlanılmaktadır. İlk dijital bilgisayar 1939'da Bell laboratuvarında üretildikten kısa bir süre sonra, 1945'de mekanik olmayan elektronik ilk bilgisayar, askeri amaçla kullanılmaya başlamıştır. 1950'li yıllarda ABD silahlı kuvvetlerinin isteği üzerine MIT (Massachusetts Institute of Technology)'de sayısal kontrollü takım tezgahlarının geliştirilmesi ele alınmış ve bu çalışmalar Bilgisayar Destekli İmalatın (CAM) başlangıcı olmuştur [Çetinkaya, 1995]. Tasarım işlemleri bilgisayarda, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) programlarıyla yapılmaktadır. En yaygın kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarından bir tanesi AutoCAD programıdır.

Bilgisayar destekli tasarım programlarının gelişimiyle birlikte geleneksel modelleme yöntemlerinin yerini bilgisayar destekli tasarım almıştır. Günümüzde tasarım programları, unsur tabanlı parametrik modelleme şeklinde çalışmaktadır. Unsur, bir parçadaki geometrik, topolojik ve fonksiyonel elemanların, tasarım, analiz ve üretimde en uygun kullanılacak şekilde gruplanmasıdır [Bayat, 2005]. XY düzleminde çizilen iki boyutlu eskizin Z ekseninde çekilmesi bir unsura örnek verilebilir. Parametrik modellemede, modelin bütün ölçüleri parametrelerle tanımlanmaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım programlarında tasarım yapılırken karşılaşılabilecek problemler önceden görülerek gerekli çözümler üretilebilmektedir. Tasarım aşamasında karmaşık hesaplar yapmak gerekebilmektedir. Bu hesapların analizi sonucunda tasarımda uygun olmayan kısımlarda değişikliğe gidilir ve hesaplar en

baştan tekrar yapılır. Bilgisayar destekli tasarım programlarında hazırlanan yazılımlar sayesinde bu hesaplar daha kolay ve çabuk yapılabilir.

Mil tasarımı, değişik çalışma ve yükleme şartlarında yeterince mukavemet ve rijitlik sağlamak için mil çapının doğru bir şekilde belirlenmesidir [Taşkesen, 1997]. Miller, üzerindeki güç iletim elemanlarından dolayı, kesme kuvveti, eğilme momenti, burulma momenti ve eksenel kuvvet ile zorlanırlar. Mil malzemesinin fiziksel özellikleri, milin üzerindeki desteklenme ve güç iletim elemanlarının konumları ve mile etkileri hesaplamaya dâhil edilerek mil çapı hesaplanır.

Bu çalışma ile belirli sınırlamalar dâhilinde gerekli veriler kullanılarak çeşitli kombinasyonlarda mil çapını veren veri tabanı hazırlanmıştır. Hazırlanan veri tabanı ile yapay zekâ teknikleri (Yapay sinir ağları, bulanık mantık vb.) kullanılarak, üzerinde 3 adet dişli çark ve 2 adet rulman bulunan millerin çaplarını bulmada alternatif metotlar geliştirilebilmesi için hazırlanmıştır.

Veri tabanı, Microsoft Office Excel 2003 programında hazırlanmıştır. Mil çapı hesabı için gerekli girdi değerleri, hesaplamalar ve sonucun bir arada olabilmesinden dolayı veri tabanının hazırlanmasında Excel programı kullanılmıştır. Excel çalışma sayfasının sütunlarında, mil çapı hesabı için gerekli girdi değerleri, hesaplamalarla ilgili formüller ve hesaplamalar sonucu bulunan mil çapı bulunur. Excel çalışma sayfasının satırlarında ise, değişik girdi değerlerine göre mil çapı hesaplanmaktadır.

Hazırlanan veri tabanında, düz, helis ve konik dişli çark kullanılmıştır. Mil üzerinde 3 adet dişli çark bulunduğundan, 27 alternatif dizilimi (örneğin; düz dişli çark-düz dişli çark-helis dişli çark) ele alınmıştır.

3 adet dişli çark ve 2 adet rulman mil üzerinde 10 farklı şekilde dizilebilir. Bunlardan 5 tanesi veri tabanında kullanılmıştır (Kullanışlılık, imalat gibi şartlar göz önüne alınmıştır).

Hazırlanan veri tabanında 27 alternatif dizilime göre 5 çeşit dizilim için 135 adet veri tabanı dökümü çıkarılmıştır ( $27 \times 5 = 135$ ). Ayrıca 135 veri tabanı dökümünün kullanılabilirliğini arttırmak için, hesaplamalardan arındırılmış bir şekilde sadece girdi ve mil çapı değerlerini içeren Excel çalışma sayfaları ve metin dosyaları hazırlanmıştır.

Excel ortamında Visual Basic programı kullanılarak, veri tabanında kullanılan sistem için mil çapını hesaplayan program hazırlanmıştır. Veri tabanında uygulanan sınırlamaların çokluğundan dolayı bu program hazırlanmıştır.

Excel'de mil çapı hesaplamalarında, makrolar kullanılmıştır. Visual Basic düzenleyicisi yardımıyla oluşturulan modüllere, mil çapının hesaplamasında kullanılan formüller girilmiştir ve modüller Excel ortamına makro olarak atanmıştır.

Excel ortamında hazırlanan programın görselliği üzerinde çalışılmıştır. Kullanıcı seçimlerini şekilsel olarak görebilmektedir. Mil çapı için gerekli girdiler tek bir sayfa üzerinde bulunmaktadır. Kullanıcı, girdileri belirledikten sonra sayfa üzerindeki "Hesaplama" adlı butona basarak hesaplama işlemini yapmaktadır. Hesaplama sonuçları kullanıcıya ayrı bir sayfa üzerinde verilmektedir. Böylece kullanıcı isterse sonuçları kâğıt üzerine yazdırabilir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, bilgisayar destekli mil tasarımı hakkında yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Taşkesen (1997), “Bilgisayar destekli mil tasarımı” adlı çalışmasında millerin 3 boyutlu tasarım ve konstrüksiyonu için mukavemet ve deformasyon hesaplarını yapan bilgisayar programı hazırlamıştır. Quick Basic 7.0 programlama dilinde hazırlanan programda deformasyon hesaplarını sonlu farklar metodunu kullanarak yapmıştır [Taşkesen, 1997].

Ekmekçi (1999), “Kademeli millerde burulma analizi” adlı çalışmasında burulmaya maruz bir kademeli milin gerilme analizini incelemiştir. Birbirine eklenmiş farklı çaplarda ve farklı kayma modüllerine sahip yarı sonsuz miller için bir bilgisayar programı hazırlamıştır [Ekmekçi, 1999].

Esen (1994), “Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bilgisayar yardımıyla millerin analizi ve tasarımı” adlı çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak milleri modelleyip deplasmanlar, statik ve dinamik zorlanmalar açısından kontrol edebilen Quick Basic dilinde bir program hazırlamıştır [Esen, 1994].

Bayat (2005), “Unsur tabanlı parametrik modelleme yazılımları için mil, helis ve kam tasarımı modülü geliştirme ve uygulamaları” adlı çalışmasında unsur tabanlı parametrik modelleme yazılımlarında kullanılacak bir alt program hazırlamıştır. Mil tasarımı, helis, formüle dayalı çizim ve kam çizimi sekmeleri ile modelleme yapılmakta, kam çiziminde kam profili NC kodu ve koordinat tablosu şeklinde dosyaya yazılmaktadır [Bayat, 2005].

Çetinkaya (1995), “Bilgisayar yardımı ile dişli kutusu elemanlarının tasarımı ve güvenilirlik analizi” çalışmasında silindirik düz ve helisel dişlilerden oluşan 1, 2, 3 ve 4 kademeli dişli kutusu elemanlarının bilgisayar yardımı ile tasarımını yapmıştır [Çetinkaya, 1995]. Program, GWBASIC programlama dilinde hazırlanmıştır.

Bilgisayar programının her çeşit güç ve çevrim oranında optimum tasarımları yapabildiği sonucuna varmıştır.

Yılmaz (2002), “Kuyruk milinden hareketli makinalarda güç iletimini sağlayan bağlantı elemanlarının (mafsallı mil) bilgisayar destekli tasarımı üzerine bir araştırma” adlı çalışmasında AutoLisp programlama dili kullanılmıştır. Farklı kategori ve güç büyüklüklerinde, değişik boru profillerine göre mafsallı millerin bilgisayar destekli tasarımı yapılmıştır [Yılmaz, 2002].

Erkoç (2000), “AutoCAD ve ANSYS yazılımlarını kullanarak mil tasarımı” adlı çalışmasında kama ile bağlı dişli çarkın bulunduğu bir milin tasarımı yapılmaktadır. Burulmaya ve eğilmeye maruz kalan milin mukavemet kontrolü yapıldıktan sonra AutoCAD ile milin katı modellemesi yapılmış ve IGES formatında ANSYS yazılımına aktarılmış. ANSYS programında milin statik ve elastik gerilme analizi SOLID95 ile yapılmıştır [Erkoç, 2000].

Daban (1999), “Eş zamanlı mil tasarımı” adlı çalışmasında Borland Pascal 7.0 programlama dilini kullanarak, mil tasarımının kavramsal ve şekillendirme tasarım safhalarını ele alan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Program, fonksiyonel olarak formüle edilen mil ihtiyacını karşılayacak kavramların otomatik oluşturulmasını, bu kavramlardan birisinin seçimi ve bir imalat yönteminin belirlenmesi sonrası tasarımın kolay imal ve montaj edilebilir, geometrik biçimde yeniden şekillendirilmesinde destek sağlamakta ve tasarlanan mile ait muhtelif dayanım ve kritik çap hesaplamalarını yapmaktadır [Daban, 1999].

Şahin (1996), “Sonlu elemanlar metodu ile millerdeki kritik hızların elde edilmesi” adlı çalışmasında millerdeki titreşim hareketlerinin, sonlu elemanlar metodu ile incelenmesi yapılmıştır [Şahin, 1996].

Çarkoğlu (1992), “Bilgisayar yardımı ile mekanik güç iletimi elemanları tasarımı” adlı çalışmasında mil tasarımı, fren ve kavrama tasarımı, düz ve helisel dişli tasarımı,

kaymalı yatak tasarımı, rulmanlı yatak seçimi ve mil üzerine monte edilmiş değişik makine elemanlarının tasarımını yapmaktadır [Çarkoğlu, 1992].

Bilgin (1996), “Bilgisayar destekli tasarım AutoLisp uygulaması” konulu çalışmasında, AutoCAD programının bünyesinde bulunan AutoLisp programlama dili kullanılarak bir düz dişli kutusu tasarlamak amacıyla bir uzman sistem geliştirmiştir [Bilgin, 1996].

İncelenen çalışmalarda, farklı programlama dillerinde (GWBASIC, AutoLisp, Borland Pascal 7.0), farklı hesaplama yöntemleri kullanılarak mil tasarımı yapılmış. Bu çalışmada kullanılan Microsoft Excel programının incelenen çalışmalarda kullanılmadığı görülmüştür.

Yapılan literatür araştırmasında, mil tasarımıyla ilgili hazırlanan veri tabanına rastlanmamıştır.

İncelenen çalışmalarda, farklı programlama dillerinde (GWBASIC, AutoLisp, Borland Pascal 7.0), farklı hesaplama yöntemleri kullanılarak mil tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan Microsoft Excel programının incelenen çalışmalarda kullanılmadığı görülmüştür. Yapılan literatür araştırmasında, mil tasarımıyla ilgili hazırlanan veri tabanına rastlanmamıştır. Bundan önceki yapılan çalışmalarda, üzerinde 1 veya 2 dişli çark bulunan millerin tasarımının yapıldığı görülmüştür. Bu tezde, üzerinde 3 adet dişli çark bulunan millerin tasarımına ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Bu da hazırlanan tezin literatüre katkıda bulunacağını göstermektedir. Hazırlanan bu tez hem kullanılan metot, hem de mil üzerinde kullanılan eleman sayısı bakımından literatürden farklıdır.

### 3. MİLLER

Miller ve akslar; dişli çark, kasnak, kavrama gibi dönen elemanları taşıyan; kuvvet/moment iletilmesini sağlayan; yataklarla desteklenen makine elemanlarıdır. Mil ve aks arasındaki fark, üstlendikleri görevdir [Babalık, 2006].

Aks, duran ya da dönen makine elemanlarını taşımak ve onlara gelen kuvveti, takılı olduğu yatak üzerinden gövdeye aktarmaktadır. Aks, bu kuvvetlerin etkisinde sadece kesmeye ve eğilmeye zorlanır [Babalık, 2006].

Mil, üzerine takılı elemanları taşımanın yanı sıra, kavrama, dişli çark veya kasnak üzerinden aldığı dönme momentini diğer elemanlara iletmektedir [Babalık, 2006]. Miller, dönme hızıyla güç iletimi sırasında burulma momentiyle zorlanır. Bunun sonucu milde burulma gerilmesi meydana gelir. Ayrıca, millerin üzerindeki güç iletim elemanları, millere kuvvet uygular. Bu kuvvetlerin etkisiyle miller eğilmeye de zorlanır. Güç ileten bir milin herhangi bir kesitinde aynı anda burulma gerilmesi ve eğilme nedeniyle normal gerilmeler meydana geldiğine göre, milin boyutlandırmasında eş değer gerilme dikkate alınır [Doughtie, 1964].

İstenen bir dönme hızında istenen bir gücü iletecek olan milin çapını bulmak için mili zorlayan eğilme ve burulma momentlerinin mil boyunca nasıl değiştiğinin bilinmesi gerekir [Nawate ve Terauchi, 1993]. Bu bilgiler ışığında tasarımcı, milin farklı bölgeleri için gerekli olan çapları tespit edebilir. Çapların hesaplanmasında kesit farklılıklarının yol açtığı gerilme yığılmaları, mil üzerine etkiyen kuvvetlerin değişkenliği, millerin rijitliğinin kontrolü ve bütün bunlara ilaveten milin içi boş şekilde yapılabileceği de dikkate alındığında bilgisayar kullanımının gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkar [Çetinkaya, 1995].

#### 3.1. Mil Malzemesi

Mil üretiminde kullanılan malzemeler; St42, St50, St60 ve St70 çelikleridir. Büyük yüklerde veya yüzey sertleştirmenin gerekli olduğu hallerde ıslah çelikleri (C35,

40Mn4, 34Cr4), taşıtlarda ise sementasyon çelikleri (16MnCr5, 18CrNi8) çok kullanılan malzemelerdir. Eğer malzeme olarak asil çelikler kullanıldıysa, çentiğe duyarlı oldukları düşünölebilecek değışken yüklerde çentik etkisini azaltacak konströktif önlemler alınmalıdır [Babalık, 2006].

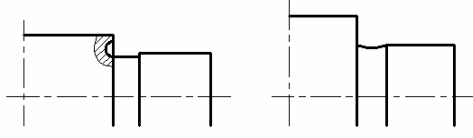
Genel olarak, millerdeki kırılma olaylarının sebebi düşük mukavemetli çelik seçilmesi değil, çentik tesiridir. Yüksek kaliteli çelikler çentik tesirine karşı çok daha hassas olduklarından, normal çelikler kullanılarak, çentik tesirini azaltacak mil konströksiyonları yapma yoluna gidilir [Taşkesen, 1997].

150 mm çapa kadar miller, tornalama, soğuk ve sıcak çekme yöntemleri kullanılarak imal edilirler [Babalı, 2006]. Milde konströksiyon gereğı büyük çap farklılıkları varsa önceden döverek şekillendirilir, daha sonra tornalama ile istenilen ölçüye getirilir.

### **3.2. Millerin Şekillendirmesi**

Millerin şekillendirmesinde; çentik etkilerinin az olması ve mil ile birlikte çalışacak yatak, segman, dişli, kasnak, keçe, vb elemanların kolay montaj edilebilmesine dikkat edilir.

Miller; dönme hareketi esnasında, statik yüklerin (dişli, kayış vs kuvvetleri) etkisiyle tam değışken eğilmeye zorlandıklarından, çentiğe karşı duyarlıdırlar. Mil çapının değıştiğı noktalarda, direnç momenti de değışeceğinden gerilme değeri ani değışmelere maruz kalır ve aynı zamanda çentik etkisi oluşturur[Babalık, 2006]. Bu bakımdan çentiğın mukavemet düşürücü etkisini azaltmak için çap değışikliklerinde faturaların dikkatli bir şekilde yuvarlatılması veya yardımcı çentiklerle bu noktalardaki gerilme yığılmasının dağıtılması gerekir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Dayama faturaları

Millerin kademe çaplarında büyük farkların bulunması çentik etkisini arttırmakla birlikte işçilik girdisini ve metal kaybını arttırır. Bundan dolayı millerin kademe çapları arasındaki fark az olmalıdır.

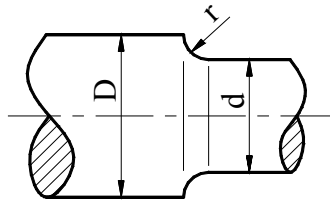
Millerde açılan faturalarda  $D$  ve  $d$  çap farkları mümkün olduğu kadar küçük tutulur.

$$D \leq (1,10 \dots 1,25) \times d \quad (\text{mm}) \quad (3.1)$$

Çap değişikliğinin yapıldığı yerlerde, çentik etkisini azaltmak için  $r$  kenar yuvarlaklığı büyük alınır (Şekil 3.2).

$$r \geq (0,1 \dots 0,05) \times d \quad (\text{mm}) \quad (3.2)$$

$r$  kenar yuvarlaklığı için,  $0,05 \times d$  değerine imkan dahilinde inilmemelidir [Taşkesen, 1997].



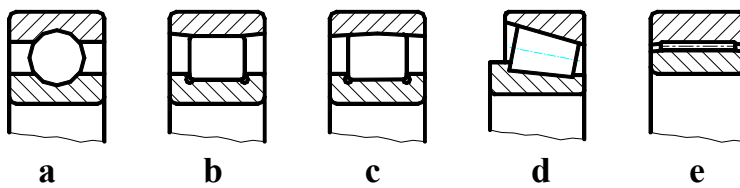
Şekil 3.2. Yuvarlatılmış mil faturası

### 3.3. Millerde Dişli Çarklarla Güç ve Hareket Aktarımı

#### 3.3.1. Rulmanlar

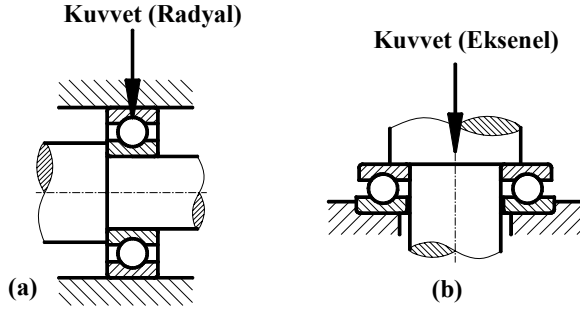
Dönel ve doğrusal hareket altında kuvvet ve hareket ileten mil, aks, ve tabla gibi elemanların aksenal ve radyal yöndeki kuvvetleri taşıyan ve destekleyen elemanlara yatak denir. Yataklar, dönel hareketli yuvarlak kesitli milleri taşımak ve onların dönmesini kolaylaştıracak şekilde dairesel şekilli olarak üretilir. Dönme olayının meydana geldiği kayma yüzeyinin cinsine ve dönme hareketine gösterdiği dirence göre yataklar iki ana grupta toplanabilir; kayma dirençli (kaymalı) yataklar, yuvarlanma dirençli (yuvarlanmalı = rulmanlı) yataklar [Şen ve Özçilingir, 1995].

Rulmanlar; biri dönen, diğeri sabit iki makine parçası arasında kuvvet iletimini, bu iki parçaya oturacak şekilde montajı yapılan iki bileziğin arasına yerleştirilmiş, yuvarlanma elemanlarının yuvarlanma (dönme+kayma) hareketi sayesinde, çok az sürtünmeyle sağlar [Babalık, 2006]. Rulmanlar, yuvarlanma elemanının geometrisine göre; bilyalı, silindirik makaralı, masuralı (fıçı makaralı), konik makaralı, iğneli rulman diye sınıflandırılırlar (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Rulmanlarda yuvarlanma elemanları a) Bilya b) Silindirik  
c) Fıçı d) Koni e) İğne [Babalık, 2006]

İlettikleri kuvvetin yönüne göre de radyal ve aksenal yatak olarak iki grupta incelenirler (Şekil 3.4).

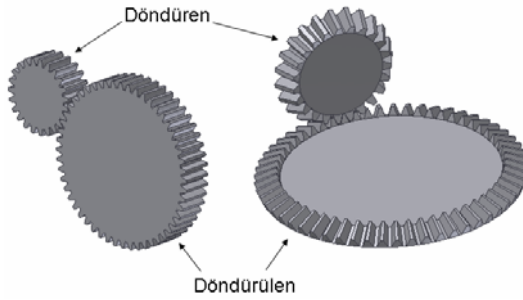


Şekil 3.4. Kuvvet yönüne göre rulmanlı yataklar  
a) Radyal Yatak b) Eksenel Yatak [Babalık, 2006]

Rulmanlar, çok büyük sayılarda kitle üretimi şeklinde ve büyük bir hassasiyet düzeyinde üretilir.

### 3.3.2. Dişli çarklar

Dişli çarklar, iki mil arasında kuvvet ve hareket ileten makine elemanlarıdır. Dişli çarklar tek başına kullanılamaz, eş çalışan en az iki dişli çark kullanılır[Şen ve Özçilingir, 1995]. Güç ve hareketin verildiği dişliye çeviren (döndüren) diğerine de çevrilen (döndürülen) dişli denir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Eş çalışan dişli çarklar

Eş çalışan en az iki dişli çarktan meydana gelen sisteme dişli çark mekanizması denir[Babalık, 2006]. Dişli çark mekanizmaları, millerin birbirine göre konumları ve diş şekline göre çeşitlere ayrılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Dişli çark mekanizmaları [Babalık, 2006]

Dişli çarklar bağlı oldukları mil ile birlikte belirli bir açısal hızda döner ve güç aktarır. Bu güç ve açısal hızdan burulma momenti ( $T$ ) bulunur.

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (\text{Nm}) \quad (3.3)$$

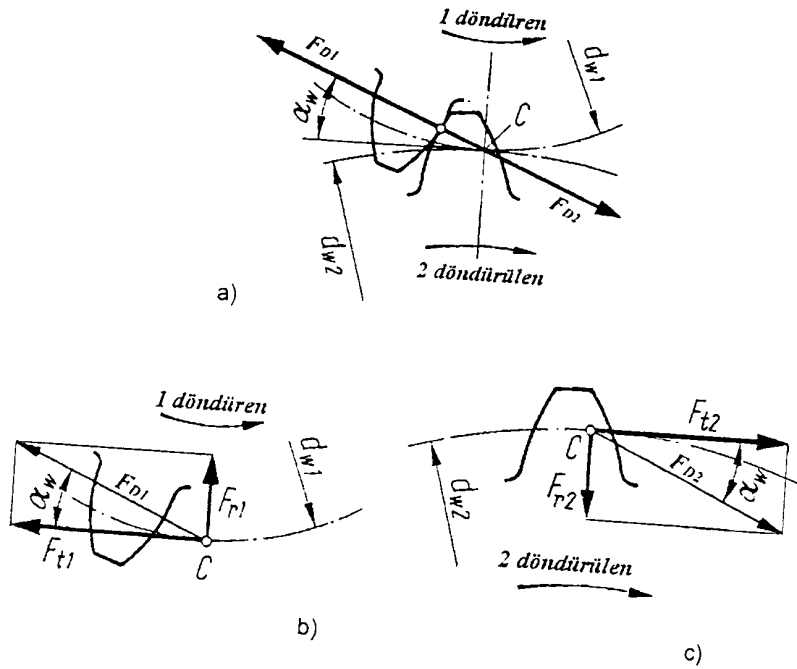
Burulma momentinin dişli çarkın bölüm dairesi yarıçapına ( $D/2$ ) oranıyla dişli çarkın teğetsel kuvveti bulunur.

$$F_t = \frac{2 \times T}{D} \quad (\text{N}) \quad (3.4)$$

### Düz dişli çarklar

Eksenleri paralel olan miller arasında kuvvet ve hareket iletiminde kullanılan, dişleri mil eksenine paralel açılmış dişlilere düz dişli çark denir. Düz dişli çarklar çift olarak çalışır, dişli çiftinin çevre hızları eşit ve dönüş yönleri terstir.

Birbirini kavrayan iki düz dişli çarkın dişleri arasında kuvvet iletimi temas yüzeyleri üzerinden olur ve temas noktalarından iletilen bu kuvvetlerin yönü, yan yüzeylerin temas noktasındaki ortak normaleri doğrultusunda olacaktır; dolayısıyla hangi noktada etki ederlerse etsinler kuvvetlerin uzantısı yuvarlanma noktasından geçer. Şekil 3.7 incelenirse, dişli kuvveti  $F_D$ 'yi yuvarlanma noktası C'ye kadar kuvvet doğrultusunda kaydırıp C noktasından teğetsel ( $F_t$ ) ve radyal bileşenlerine ( $F_r$ ) ayırmak mümkündür. Etki-tepki yasasından dolayı  $F_{D1}=F_{D2}$  olacağı, dolayısıyla da  $F_{r1}=F_{r2}$ ,  $F_{t1}=F_{t2}$  olacaktır [Babalık, 2006].



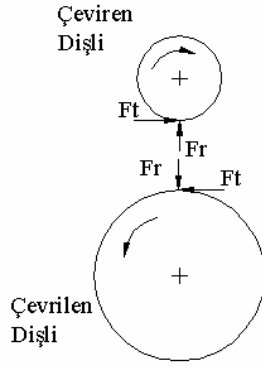
Şekil 3.7. Dişli kuvvetleri

- Dişlerin kavrama hali
- Döndüren dişliye etkiyen kuvvet
- Döndürülen dişliye etkiyen kuvvet [Babalık, 2006]

Düz dişli çarklarda kavrama açısı ( $\alpha$ )  $20^\circ$  olarak kabul edilmiştir. Düz dişli çarklardaki radyal kuvvet ( $F_r$ ),

$$tg\alpha = \frac{F_r}{F_t} \quad \Rightarrow \quad F_r = F_t \times tg\alpha \quad (\text{N}) \quad (3.5)$$

olarak elde edilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Düz dişli çark

Dişli çarkların yuvarlandığı daire bölüm dairesidir ve dişler bu daire üzerinde oluşturulur. Dişli çarkın modül ( $m$ ) ve diş sayısına ( $Z$ ) göre bölüm dairesi çapı hesaplanır.

$$D = m \times Z \quad (\text{mm}) \quad (3.6)$$

Dişli çarkların genişliği güç iletiminde önemlidir. Dişliler kırılmadan kuvvet iletebilmelidir.

$$b = 4 \times m \times \pi \quad (\text{mm}) \quad (3.7)$$

### Helis dişli çarklar

Eksenleri paralel, dik veya herhangi bir açıda çalışan millerde kuvvet ve hareket iletiminde kullanılan, dişleri mil eksenine eğik açılmış dişlilere helis dişli çark denir.

Helis dişli çarklarda diş alınları mil eksenine  $\beta$  açısı altında sağ veya sol yöne eğimlidir. Helis dişli çark mekanizmasında, karşılıklı çalışan eksenleri paralel helis dişli çarkların eğim açıları eşit olmalı, ancak eğim yönleri birinde sağ diğerinde sol helis olmalıdır. Helis saat ibresi dönüş yönünde sarılıyorsa sağ helis, tersi ise sol helis adını alır.

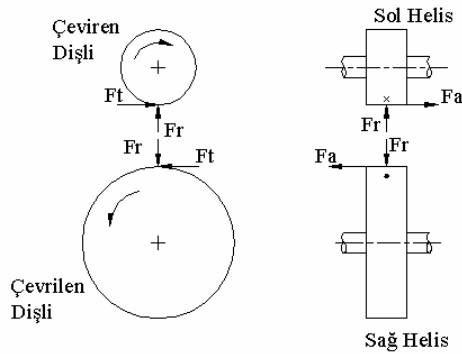
Helis dişli çark mekanizmalarında, dişler birbirlerini tüm genişlikte darbe şeklinde kavramadıkları için düz dişli çark mekanizmalarına göre daha sessiz çalışırlar. Birden fazla birbirini kavramış diş bulunduğu için, hem taşınabilen kuvvetler hem de kavrama oranı büyüktür.

Helis açısı ( $\beta$ ) genellikle  $10^\circ$ - $30^\circ$  derece arasında seçilir.  $\beta < 10^\circ$  olursa, helis dişlinin avantajlarından fazla yararlanılamaz.  $\beta > 30^\circ$  olursa, aksenal kuvvet çok büyük olur [Babalık, 2006].

Helis dişli çarklarda, dişli kuvveti ( $F_D$ ) dişli çarkların normal kesit düzleminde olup normal kesitteki diş profiline diktir. Diş kuvveti ( $F_D$ ); teğetsel ( $F_t$ ), radyal ( $F_r$ ) ve aksenal ( $F_a$ ) kuvvet bileşenlerine ayrılır (Şekil 3.9).

$$F_r = F_t \times \frac{tg\alpha}{\cos\psi} \quad (N) \quad (3.8)$$

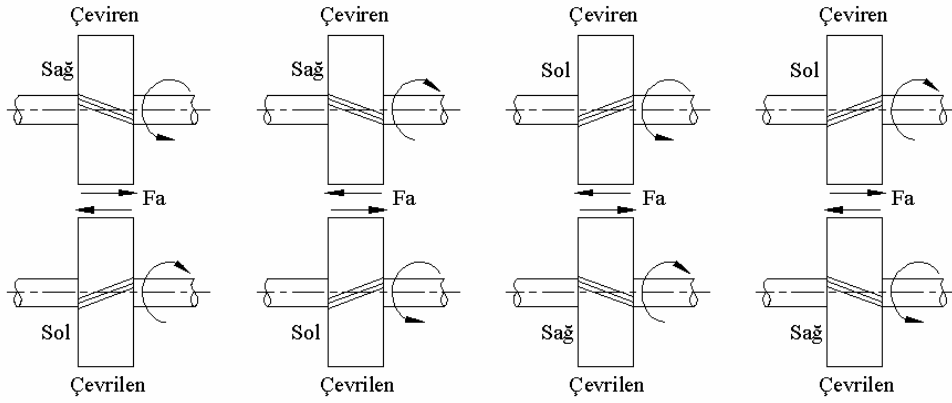
$$F_a = F_t \times tg\psi \quad (N) \quad (3.9)$$



Şekil 3.9. Helis dişli çark

Radyal kuvvet ( $F_r$ ) dişli çark merkezine doğrudur. Teğetsel kuvvet ( $F_t$ ), dişli çarkın dönme yönü değiştiğinde yön değiştirir. Çeviren dişliye etkiyen çevresel kuvvet dönme yönünün zıddı, çevrilen dişliye etkiyen çevresel kuvvet ise dönme yönündedir.

Eksenel kuvvetin ( $F_a$ ) yönü, dişli çarkın helis yönü ve dönme yönüne göre belirlenir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Eksenel kuvvet yönleri

Helis dişli çark, eksenine dik düzlemle kesildiğinde alın kesit elde edilir. Helis doğrultusuna dik düzlemle kesildiğinde normal kesit elde edilir. Helis dişli çarklarda normal kesitte ölçülen modül normal modüldür ve standart modül değerlerinden seçilir. Normal modül ( $m_n$ ) ve alın kesitte ölçülen modül ( $m_t$ ) arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$m_n = m_t \times \cos \beta \quad (3.10)$$

Helis dişli çarkın bölüm dairesi çapı ve genişliği, dişli çarkın alın kesitinden alınır.

$$D = m_t \times Z = \frac{m_n}{\cos \beta} \times Z \quad (\text{mm}) \quad (3.11)$$

$$b = 6 \times m_t \times \pi = 6 \times \frac{m_n}{\cos \beta} \times \pi \quad (\text{mm}) \quad (3.12)$$

### Konik dişli çarklar

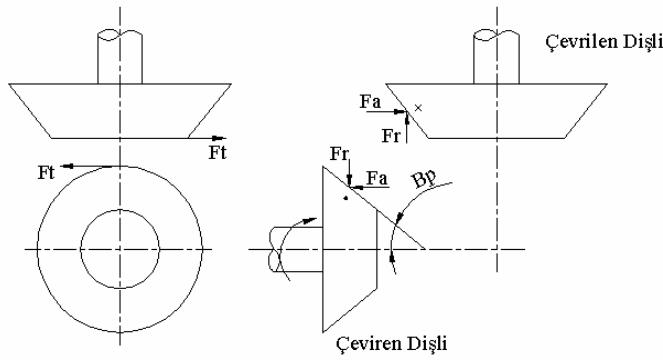
Eksenleri kesişen millerde, kuvvet ve hareket iletimi amacıyla kullanılan ve yanıl yüzeylerin çevresine ve kesik koni tepe noktasında birleşecek şekilde dişler açılmış dişlilere konik dişli çark denir [Şen ve Özçilingir, 1995].

Konik dişli çarklarda diş kuvveti ( $F_D$ ), teğetsel ( $F_t$ ), radyal ( $F_r$ ) ve eksenel ( $F_a$ ) kuvvet bileşenlerine ayrılır (Şekil 3.11).

$$F_r = F_t \times \tan \alpha \times \cos \beta_p \quad (\text{N}) \quad (3.13)$$

$$F_a = F_t \times \tan \alpha \times \sin \beta_p \quad (\text{N}) \quad (3.14)$$

$$\tan \beta_p = \frac{D_p}{D_g} \quad (\text{radyan}) \quad (3.15)$$



Şekil 3.11. Konik dişli çark

Dişli çarkın dönme yönü değişirse, sadece teğetsel ( $F_t$ ) kuvvetin yönü değişir. Eksenel kuvvet dişli çarkın takılış şekline göre belirlenir.

Konik dişli çarkın modül ve diş sayısından bölüm dairesi çapı hesaplanır.

$$D = m \times Z \quad (\text{mm}) \quad (3.16)$$

Konik dişli çarkın diş uzunluğu (b) modül ve dişli çiftinin diş sayılarından hesaplanır.

$$b = \frac{m}{6} \times \sqrt{Z_p^2 + Z_g^2} \quad (\text{mm}) \quad (3.17)$$

### 3.4. Mil Çapı Hesabı

Mil hesabında mukavemet ve şekil değiştirmeler göz önünde bulundurulur. Eğilme, burulma ve burkulma momentleri mil tasarımını etkiler. Mil üzerine etkiyen kuvvetler için, yatay ve düşey düzlem moment diyagramı hazırlanır.

Mil döner bir eleman olduğu için belli bir devir sayısı vardır. Milin devir sayısına bağlı olarak belli bir açısal hızı (W) bulunur.

$$W = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (\text{rad/sn}) \quad (3.18)$$

Mil üzerindeki elemanlar hareket iletirken, mille birlikte belli bir gücü de aktarırlar. Bu güçten dolayı mil üzerinde burulma momenti (T) bulunur.

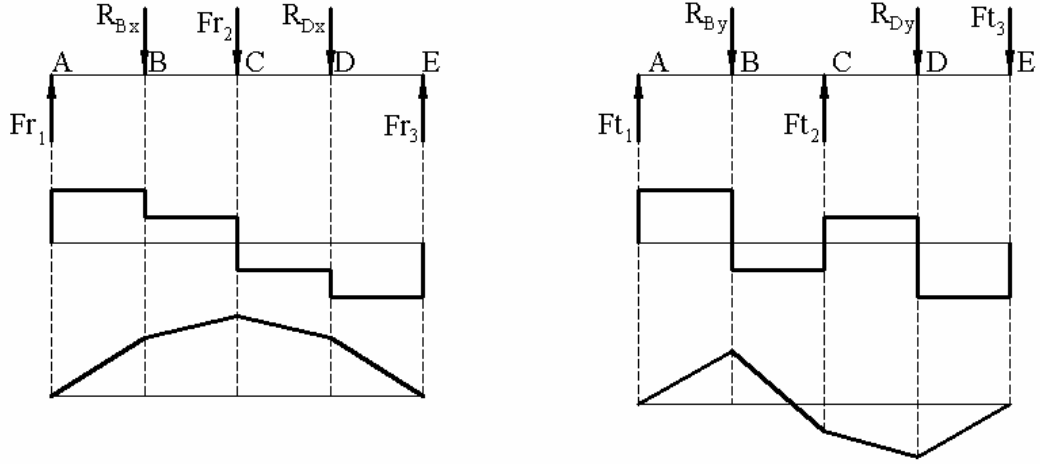
$$P = T \times W \quad (\text{Nm}) \quad (3.19)$$

Mil üzerindeki elemanlardan dişli çarklardaki teğetsel kuvvet ( $F_t$ ),

$$F_t = \frac{2 \times T}{D} \quad (\text{N}) \quad (3.20)$$

olarak elde edilir. Teğetsel kuvvetten, dişli çarkın çeşidine göre radyal ve eksenel kuvvetler hesaplanır. Mile etki eden dişli çark kuvvetlerinin yatay ve düşey

düzlemlere göre momenti alınarak yataklara gelen kuvvetler hesaplanır. Mile etki eden kuvvetler hesaplandıktan sonra, moment diyagramı hazırlanır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Moment diyagramı

Mil çapı hesabında, milin bir noktasının yatay ve düşey düzlem momentlerinin bileşkesi alınır.

$$M = \sqrt{M_{düşey}^2 + M_{yatay}^2} \quad (\text{Nm}) \quad (3.21)$$

Mil üzerindeki bileşke momenti bulunduktan sonra mil çapı (d);

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times \tau_D \times (1 - K^4)} \times \sqrt{\left[ K_e \times M + \frac{\alpha \times F_a \times d \times (1 + K^2)}{8} \right]^2 + (K_b \times T)^2}} \quad (3.22)$$

formülü kullanılarak elde edilir.

Mil üzerine uygulanan yükler göz önüne alınarak, eğilme ( $K_e$ ) ve burulma ( $K_b$ ) faktörleri kullanılır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Eğilme ve Burulma faktörü

	Eğilme faktörü ( $K_e$ )	Burulma faktörü ( $K_b$ )
Yavaş yavaş uygulanan yüklerde	1,5	1
Aniden uygulanan yüklerde	1,5 – 2	1 – 1,5
Ağır darbeli yüklerde	2	3

Mil tasarımında mil malzemesinin etkisi kesme açısından ömür ( $\tau_D$ ) olarak yer alır.

$$\tau_D = 0,18 \times \sigma_k \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.23)$$

Mil üzerinde kama bulunuyorsa, kesme açısından ömür değeri %25 azalır.

$$\tau_D \times 0,75 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.24)$$

İçi boş millerde; iç çapın ( $d_i$ ) dış çapa ( $d_0$ ) oranı mil çapına etki eder. İçi dolu millerde bu oran sıfırdır ( $K=0$ ).

$$K = \frac{d_i}{d_0} \quad (3.25)$$

Eksenel kuvvetler ( $F_a$ ) mil üzerinde basma kuvveti oluşturursa, mil çapı formülünde kullanılır. Mil üzerindeki basma kuvvetinin oluşturacağı burkulmadan dolayı;

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0,0044 \times \left( \frac{L}{\sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}} \right)} \quad \frac{L}{r_j} < 115 \quad (3.26)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_{ak}}{\pi^2 \times n \times E} \times \left( \frac{L}{\sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}} \right)^2 \quad \frac{L}{r_j} > 115 \quad (3.27)$$

$\alpha$  değeri mil çapı hesabında kullanılır. Eksenel kuvvetler mil üzerinde çekme kuvveti oluşturursa, mil çapı formülünde kullanılmaz.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times \tau_D \times (1 - K^4)} \times \sqrt{(K_e \times M)^2 + (K_b \times T)^2}} \quad (\text{mm}) \quad (3.28)$$

#### 4. HAZIRLANAN VERİ TABANI

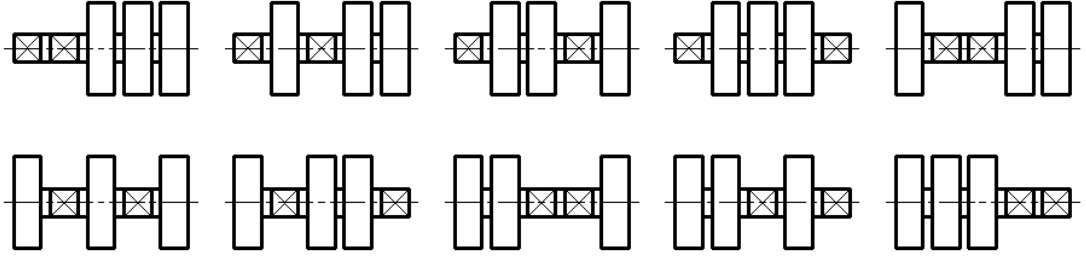
Mil tasarımı safhalarında kullanılmak amacıyla Microsoft Excel programında mil çapı veri tabanı hazırlanmıştır. Veri tabanı 2 rulmanla desteklenen, üzerinde 3 dişli çark bulunan miller için hazırlanmıştır.

Veri tabanında girdi olarak; mil üzerindeki güç (P), milin devir sayısı (n), mil malzemesinin kopma dayanımı (Rk), mil üzerindeki dişli çarkların modülleri (m) ve diş sayıları (Z) kullanılmıştır.

##### 4.1. Mil üzerindeki elemanların dizimi

Hazırlanan veri tabanında, tasarlanan mil üzerinde 2 adet rulman ve 3 adet dişli çark bulunmaktadır. Mil üzerindeki bu 5 eleman farklı şekillerde mil üzerinde sıralanabilirler. Şekil 4.1’de ihtimal sıralamalar verilmiştir.

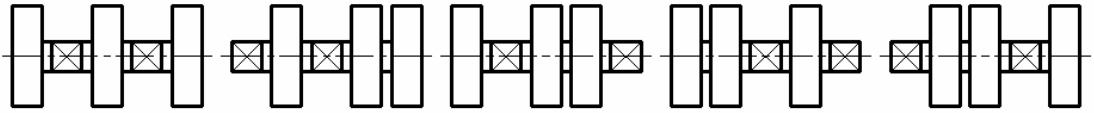
Rulman – Rulman – Dişli – Dişli – Dişli  
 Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli  
 Rulman – Dişli – Dişli – Rulman – Dişli  
 Rulman – Dişli – Dişli – Dişli – Rulman  
 Dişli – Rulman – Rulman – Dişli – Dişli  
 Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli  
 Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman  
 Dişli – Dişli – Rulman – Rulman – Dişli  
 Dişli – Dişli – Rulman – Dişli – Rulman  
 Dişli – Dişli – Dişli – Rulman – Rulman



Şekil 4.1. Rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanması

Kullanışlılık, imalat gibi şartlar göz önüne alındığında, veri tabanı için Şekil 4.2’de verilen sıralamalar kullanılmıştır.

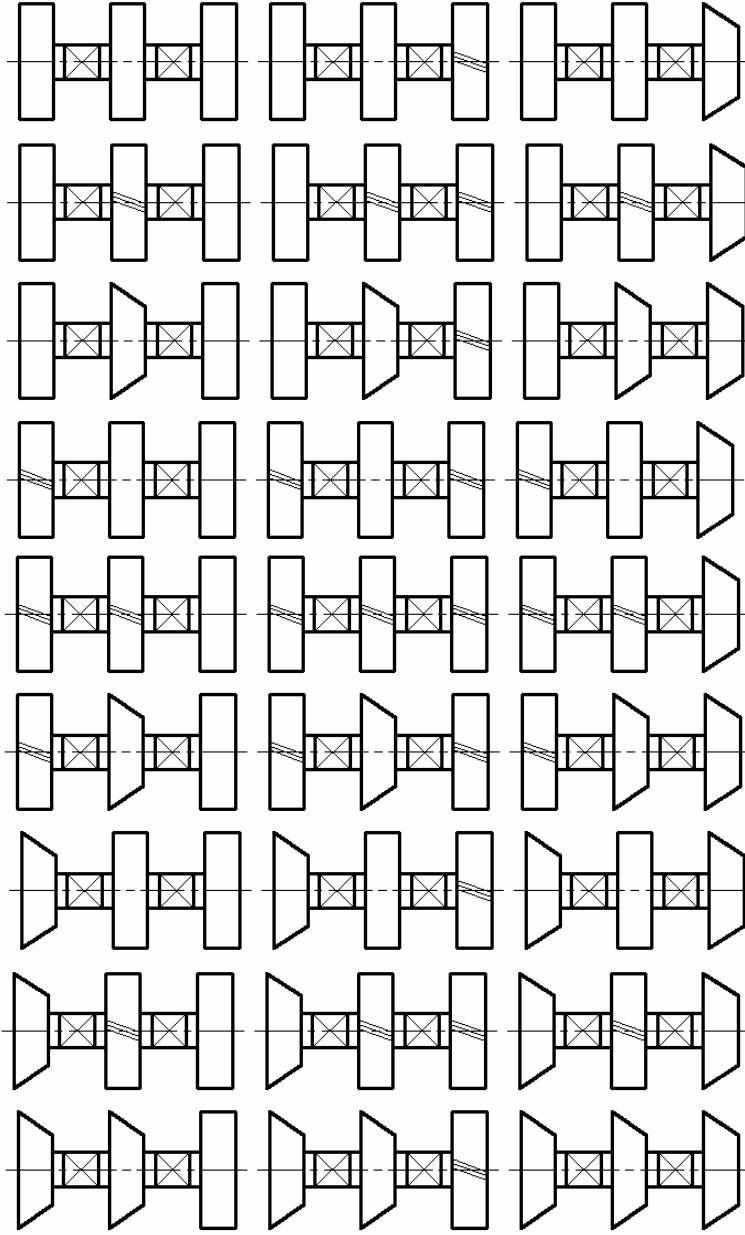
Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli  
 Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli  
 Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman  
 Dişli – Dişli – Rulman – Dişli – Rulman  
 Rulman – Dişli – Dişli – Rulman – Dişli



Şekil 4.2. Veri tabanında kullanılan rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanması

Dişli çarkların birden fazla çeşidi bulunmaktadır. Bu veri tabanında sadece düz, helis ve konik dişli çarklar kullanılmıştır. Rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanmasında düz, helis ve konik dişli çark çeşitleri kullanılır.

Şekil 4.3’de dişli – rulman – dişli – rulman – dişli sıralamasında, düz, helis ve konik dişli çark çeşitlerinin kullanımı verilmektedir. Diğer alternatifler Ek-2’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Veri tabanında kullanılan rulman ve dişli çarkların mil üzerinde sıralanmasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması

#### 4.2. Veri tabanında Uygulanan Sınırlamalar

Veri tabanında girdi sayısının azaltılması ve Microsoft Excel programının çalışma sayfasında en fazla 65536 satır kullanılabildiğinden, değişken parametrelerinde sınırlama yapılmıştır.

Veri tabanı oluşturulurken kullanılması gerekli olan değişken parametrelerin (güç, devir sayısı, diş sayıları, modüller v.b.) çok fazla olması aynı zamanda bu parametrelerinde büyük bir aralıkta kullanılıyor olması veri tabanında bu parametrelerin belli sınırlamalar dahilinde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Örneğin, düz dişli çark - düz dişli çark - düz dişli çark alternatifinin motor gücü parametresi bütün çözümlerde 0,75–1,1–3 olarak alınmıştır. Motor gücü parametresinin 1 adet daha artırılmasıyla veri tabanı 20736 satır artmaktadır. Böylece veri tabanının satır sayısı toplamda 82944 satıra ulaşmaktadır. Excel çalışma sayfasında en fazla 65536 satır kullanılabildiğinden dolayı bu veri tabanının oluşması mümkün olmamaktadır. Çizelge 4.1’de dişli çark çeşitlerinin dizilimi için muhtemel dizilişler ve bu dizilişlerde kullanılan sınırlamalar verilmiştir. Bu sınırlamalar mil üzerindeki elemanların dizilimlerinin 5 alternatifi içinde mevcuttur.

Çizelge 4.1. Veri tabanında kullanılan girdi değerleri

	P (kw)	n	m1	Z11	Z12	M2	Z21	Z22	M3	Z31	Z32	Rk
Düz dişli çark	0,75	200	1	20	-	0,5	20	-	0,5	20	-	420
Düz dişli çark	1,1	400	1,5	26	-	1	26	-	1	26	-	550
Düz dişli çark	3	700	2,5	32	-	2,5	32	-	2,5	32	-	600
			4			4			4			700
Düz dişli çark	0,75	200	0,5	20	-	0,5	20	-	0,5	20	-	420
Düz dişli çark	1,1	400	1	26	-	1	26	-	1	26	-	550
Helis dişli çark	3	700	2,5	32	-	2,5	32	-	2,5	32	-	600
			4			4			4			700
Düz dişli çark	0,55	200	1	19	-	1	19	-	1	19	57	420
Düz dişli çark	2,2	500	3	24	-	3	24	-	3	24	48	550
Konik dişli çark	5,5	800	6	28	-	6	28	-	6	28	70	700
Düz dişli çark	0,75	200	0,5	20	-	0,5	20	-	0,5	20	-	420
Helis dişli çark	1,1	400	1	26	-	1	26	-	1	26	-	550
Düz dişli çark	3	700	2,5	32	-	2,5	32	-	2,5	32	-	600
			4			4			4			700
Düz dişli çark	0,75	200	0,5	20	-	0,5	20	-	0,5	20	-	420
Helis dişli çark	1,1	400	1	26	-	1	26	-	1	26	-	550
Helis dişli çark	3	700	2,5	32	-	2,5	32	-	2,5	32	-	600
			4			4			4			700

Çizelge 4.1.(Devam) Veri tabanında kullanılan girdi değerleri

	P (kw)	n	m1	Z11	Z12	M2	Z21	Z22	M3	Z31	Z32	Rk
Düz dişli çark	0,55	200	1	19		1	19		1	19	57	420
Helis dişli çark	2,2	500	3	24	-	3	24	-	3	24	48	550
Konik dişli çark	5,5	800	6	28		6	28		6	28	70	700
Düz dişli çark	1,1	300	0,7	20		2	24	48	0,7	20		420
Konik dişli çark	4	600	1	25	-	5	30	55	1	25	-	550
Düz dişli çark	7,5	1000	1,5	27		8	33	60	1,5	27		700
Düz dişli çark	1,1	300	0,7	20		2	24	48	0,7	20		420
Konik dişli çark	4	600	1	25	-	5	30	55	1	25	-	550
Helis dişli çark	7,5	1000	1,5	27		8	33	60	1,5	27		700
Düz dişli çark	0,55	200	2	60	-	1,25	36	72	0,7	24	48	420
Konik dişli çark	1,5	400	2,5	63	-	1,5	40	80	0,9	28	56	550
Konik dişli çark	2,2	500	3			1,75		96	1,25		64	700
Helis dişli çark	0,55	100	0,5	21		0,5	21		0,5	21		420
Düz dişli çark	2,2	600	2	25	-	2	25	-	2	25	-	550
Düz dişli çark	5,5	1000	5	30		5	30		5	30		600
			8			8			8			700
Helis dişli çark	0,55	100	0,5	21		0,5	21		0,5	21		420
Düz dişli çark	2,2	600	2	25	-	2	25	-	2	25	-	550
Helis dişli çark	5,5	1000	5	30		5	30		5	30		600
			8			8			8			700
Helis dişli çark	0,55	200	1	19		1	19		1	19	57	420
Düz dişli çark	2,2	500	3	24	-	3	24	-	3	24	48	550
Konik dişli çark	5,5	800	6	28		6	28		6	28	70	700
Helis dişli çark	0,55	100	0,5	21		0,5	21		0,5	21		420
Helis dişli çark	2,2	600	2	25	-	2	25	-	2	25	-	550
Düz dişli çark	5,5	1000	5	30		5	30		5	30		600
			8			8			8			700
Helis dişli çark	0,55	100	0,5	21		0,5	21		0,5	21		420
Helis dişli çark	2,2	600	2	25	-	2	25	-	2	25	-	550
Helis dişli çark	5,5	1000	5	30		5	30		5	30		600
			8			8			8			700
Helis dişli çark	0,55	200	1	19		1	19		1	19	57	420
Helis dişli çark	2,2	500	3	24	-	3	24	-	3	24	48	550
Konik dişli çark	5,5	800	6	28		6	28		6	28	70	700
Helis dişli çark	1,1	300	0,7	20		2	24	48	0,7	20		420
Konik dişli çark	4	600	1	25	-	5	30	55	1	25	-	550
Düz dişli çark	7,5	1000	1,5	27		8	33	60	1,5	27		700
Helis dişli çark	1,1	300	0,7	20		2	24	48	0,7	20		420
Konik dişli çark	4	600	1	25	-	5	30	55	1	25	-	550
Helis dişli çark	7,5	1000	1,5	27		8	33	60	1,5	27		700
Helis dişli çark	0,55	200	2	60	-	1,25	36	72	0,7	24	48	420
Konik dişli çark	1,5	400	2,5	63	-	1,5	40	80	0,9	28	56	550
Konik dişli çark	2,2	500	3			1,75		96	1,25		64	700
Konik dişli çark	0,55	100	1,25	36	18	0,7	24		0,7	24		420
Düz dişli çark	1,1	200	1,5	46	23	0,9	28	-	0,9	28	-	550
Düz dişli çark	4	400	1,75	54	26	1,25	32		1,25	32		700
Konik dişli çark	0,55	100	1,25	36	18	0,7	24		0,7	24		420
Düz dişli çark	1,1	200	1,5	46	23	0,9	28	-	0,9	28	-	550
Helis dişli çark	4	400	1,75	54	26	1,25	32		1,25	32		700
Konik dişli çark	0,55	200	2	60	21	1,25	36		0,7	24	48	420
Düz dişli çark	1,5	400	2,5	63	24	1,5	40	-	0,9	28	56	550
Konik dişli çark	2,2	500	3		28	1,75			1,25		64	700

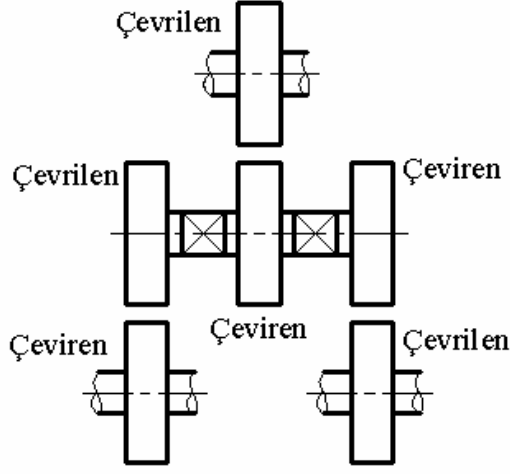
Çizelge 4.1. (Devam) Veri tabanında kullanılan girdi değerleri

	P (kw)	n	m1	Z11	Z12	M2	Z21	Z22	M3	Z31	Z32	Rk
Konik dişli çark	0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	-	0,7	24	-	420
Helis dişli çark	1,1	200	1,5	46	23	0,9	28	-	0,9	28	-	550
Düz dişli çark	4	400	1,75	54	26	1,25	32	-	1,25	32	-	700
Konik dişli çark	0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	-	0,7	24	-	420
Helis dişli çark	1,1	200	1,5	46	23	0,9	28	-	0,9	28	-	550
Helis dişli çark	4	400	1,75	54	26	1,25	32	-	1,25	32	-	700
Konik dişli çark	0,55	200	2	60	21	1,25	36	-	0,7	24	48	420
Helis dişli çark	1,5	400	2,5	63	24	1,5	40	-	0,9	28	56	550
Konik dişli çark	2,2	500	3	63	28	1,75	40	-	1,25	28	64	700
Konik dişli çark	0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	-	420
Konik dişli çark	1,5	400	2,5	63	24	1,5	40	80	0,9	28	-	550
Düz dişli çark	2,2	500	3	63	28	1,75	40	96	1,25	28	-	700
Konik dişli çark	0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	-	420
Konik dişli çark	1,5	400	2,5	63	24	1,5	40	80	0,9	28	-	550
Helis dişli çark	2,2	500	3	63	28	1,75	40	96	1,25	28	-	700
Konik dişli çark	1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	48	420
Konik dişli çark	4	500	2,5	63	24	1,5	40	80	0,9	28	56	550
Konik dişli çark	7,5	1000	3	63	24	1,75	40	80	1,25	28	56	700
Konik dişli çark	15	1000	3	63	24	1,75	40	80	1,25	28	56	700

Veri tabanında kullanılan değerler standart değerler arasından seçilmiştir.

#### 4.2.1. Güç (P)

Mil üzerindeki dişli çarklardan, kuvvet ve momentin dengeli olanı, gücün sisteme girmesini sağlayan dişli çark, yani çeviren dişli çarktır. Dengesiz olan çevrilen dişli çarktır. Veri tabanı hazırlanan mil üzerinde 3 adet dişli çark bulunduğu için; Şekil 4.4'te gösterildiği gibi 3 adet dişli çarktan biri çevrilen, diğer 2 adedi çeviren dişli çark olarak çalışacaktır. Hazırlanan veri tabanında, ilk dişli çark çevrilen dişli çark olarak sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırma yapılarak veri tabanının satır sayısında 2/3'lük azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.4. Dişli çarklarda güç aktarımı

Veri tabanında, güç (P) olarak belirtilen girdi tasarlanan mile giriş gücüdür. Mil üzerindeki çevrilen dişliden sisteme girer. Gücün birimi KW olarak alınmıştır. Hazırlanan her bir veri tabanında güç değeri olarak kullanılan değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Veri tabanında mil üzerindeki çeviren dişlilerdeki güç giriş gücünün yarısı olarak alınmıştır.

#### 4.2.2. Devir sayısı (n)

Mil döner bir eleman olduğu için belli bir açısal hızla döner. Bu açısal hıza bağlı olarak milin belli bir devir sayısı vardır.

$$W = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Veri tabanında devir sayısı, tasarlanan milin devir sayısıdır. Birim olarak dev/dk alınmıştır. Hazırlanan her bir veri tabanında devir sayısı olarak kullanılan değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

### 4.2.3. Modül (m)

Modül dişli çarkın mukavemetini, güç nakledebilme kabiliyetini doğrudan belirleyen büyüklüktür. Dişli çark malzemesi, diş sayısı, diş genişliği gibi parametreler yaklaşık belirlendikten sonra mukavemet hesaplarına dayalı olarak dişli çark modülü hesaplanabilir. Dişli çark modülü keyfi bir sayı olmayıp, standartlaştırılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Standart dişli çark modülleri

Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2
0,05			0,35	1,5			11
	0,055	0,40			1,75	12	
0,06			0,45	2			14
	0,07	0,50			2,25	16	
0,08			0,55	2,5			18
	0,09	0,60			2,75	20	
0,1			0,65	3			22
	0,11	0,70			3,5	25	
0,12			0,75	4			28
	0,14	0,80			4,5	32	
0,16			0,85	5			36
	0,18	0,90			5,5	40	
0,20			0,95	6			45
	0,22	1			7	50	
0,25			1,125	8			
	0,28	1,25			9		
0,30			1,375	10			

Hazırlanan her bir veri tabanında, modül değeri olarak alınan değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

### 4.2.4. Diş sayısı (Z)

Dişli çarkların diş sayısı kinematik ve dinamik açıdan uygun olmalıdır. Ekonomik açıdan diş sayısı mümkün olduğunca küçük istense de, titreşim, gürültü ve diş dibi kesilmesi yönünden diş sayısı küçük istenmemektedir.

Güç iletiminde kullanılan mekanizmalarda en küçük diş sayısı  $z=12$  (karşılık dişlisinde en az 23) olur. Dişli mekanizması güç iletmeden sadece dönme amaçlı

kullanılıyorsa  $z=7$  olabilir. İşletme koşulları bağlı olarak aşağıdaki diş sayıları önerilir.

Yüksek hız, büyük kuvvet iletimi ( $v=12-60$ m/s)	$z_{\min}=16$
Orta hız ( $v=4-12$ m/s)	$z_{\min}=12$
Düşük hız, küçük kuvvet iletimi ( $v<4$ m/s)	$z_{\min}=10$
Dış dişli mekanizmada	$z_1+z_2>24$
İç dişli mekanizmada	$z_2-z_1>10$

Düz ve helis dişli çark mekanizmalarının sadece mil üzerindeki dişlisinin diş sayısı veri tabanına girdi olarak alınmıştır. Konik dişli çark mekanizmalarında ise, karşılık dişlilerinin de diş sayısı girdi olarak veri tabanına alınmıştır. Hazırlanan her bir veri tabanında diş sayısı olarak kullanılan değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

#### 4.2.5. Mil malzemesi (Rk)

Mil malzemesi olarak Ç 1020, Ç 1040, Ç 1050 ve Ç 3230 seçilmiştir. Her bir veri tabanında bu malzemelerden 3 veya 4 tanesi kullanılmıştır (Çizelge 4.1).

#### 4.3. Diğer sınırlamalar

Milin içi dolu olarak kabul edilmiştir. Böylece, mil çapı hesabında, iç çapın dış çapa oranı sıfır alınmıştır ( $K=0$ ).

Eğilme ve burulma faktörleri sabit tutulmuştur ve  $K_e=2$ ,  $K_b=1,5$  olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki elemanlar arasındaki mesafe değerlerinde de sınırlamaya gidilmiştir. Mil üzerindeki iki eleman arasındaki mesafe sınırsız sayıda değere sahip olabileceğinden veri tabanında bu değer sınırlandırılmıştır. Konik dişli çark bulunan her bir veri tabanında elemanlar arasındaki mesafe 10 mm olarak alınmıştır. Diğer veritabanlarında 5 mm alınmıştır.

Milin dönüş yönü saat yönü olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki aksenal yükü ikinci rulman taşımaktadır. Rulman genişliği 30 mm olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki dişlilerde aksenal kuvvetler aynı yönde olacak şekilde sınırlandırılmaya gidilmiştir. Helis dişlilerde, çeviren dişliler sol helis, çevrilen dişliler sağ helis olarak sınırlandırılmıştır. Konik dişlilerde, aksenal kuvvet sağdan sola olarak sınırlandırılmıştır.

Mil üzerinde oluşacak çentik etkisi göz ardı edilmiştir.

#### **4.4. Veri Tabanı Hazırlanması**

Bu çalışmada, üzerinde 2 rulman ve 3 dişli çark bulunan bir milin üzerindeki elemanların farklı sıralanması, dişli çarkların değişik çeşitleri ve çeşitli malzemeler kullanılarak Microsoft Excel'de mil çapını veren veri tabanı oluşturulmuştur.

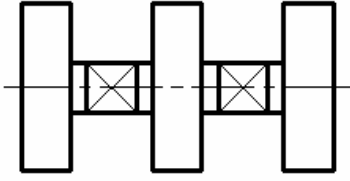
Veri tabanı oluşturulurken ilk olarak mil üzerindeki dişlilerin çeşitlerine göre sıralanması dikkate alınmış ve her bir sıralanma için bir Excel kitabı oluşturulmuştur. Bu, toplamda 27 adet Excel kitabı anlamına gelir. (3 adet dişli çark ve 3 adet dişli çark çeşidi,  $3^3=27$ ).

Excel kitaplarının içinde mil üzerindeki rulman ve dişli çarkların sıralanması dikkate alınmıştır. Kullanışlılık, imalat gibi şartlar göz önüne alındığında, veri tabanında 5 adet sıralama kullanılmış ve her bir Excel kitabında 5 adet sayfa oluşturulmuştur.

Veri tabanı sayfalarında, her satırda farklı bir değer ile işlem yapıldığından, çok sayıda olasılık alt alta sıralanmaktadır. Her sütunda da mil çapı hesabı için gereken değerler sıralanmıştır.

Örnek Veri Tabanı Çalışması:

Şekil 4.5'te, mil üzerindeki elemanların Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli şeklinde sıralanmasında ve Düz dişli – Düz dişli – Düz dişli alternatifinin veri tabanının oluşturulması ve Microsoft Excel ortamına aktarımı anlatılmaktadır.



Şekil 4.5. Dişlilerin dizilişi

Kullanılan formül bileşenleri için kabul edilen sınır değerleri ve artış miktarları aşağıda verilmiştir.

Güç (P) = 0,75 – 1,1 – 3 kw değerleri alınmıştır.

Devir sayısı (n) = 200 – 400 – 700 dev/dak değerleri alınmıştır.

I. dişli çarkın modülü (m1) = 1 – 1,5 – 2,5 – 4 mm değerleri alınmıştır.

I. dişli çarkın diş sayısı (Z1) = 20 – 26 – 32 diş değerleri alınmıştır.

II. dişli çarkın modülü (m2) = 0,5 – 1 – 2,5 – 4 mm değerleri alınmıştır.

II. dişli çarkın diş sayısı (Z2) = 20 – 26 – 32 diş değerleri alınmıştır.

III. dişli çarkın modülü (m3) = 0,5 – 1 – 2,5 – 4 mm değerleri alınmıştır.

III. dişli çarkın diş sayısı (Z3) = 20 – 26 – 32 diş değerleri alınmıştır.

Mil malzemesi kopma dayanımı (Rk) = 420 – 550 – 600 – 700 N/mm<sup>2</sup>

Milin içinin boşluk oranı ( $K$ ) = 0 olarak alınmıştır.

Eğilme faktörü ( $K_e$ ) = 2 olarak alınmıştır.

Burulma faktörü ( $K_b$ ) = 1,5 olarak alınmıştır.

Rulman genişliği 30 mm olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki elemanlar arasındaki mesafe 5 mm olarak alınmıştır.

Çizelge 4.3'te veri tabanının ilk 6 satırındaki girdi değerleri örnek olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Veri tabanının girdilerine örnek satırlar

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	P (kw)	n (dev/dak)	m1	Z1	m2	Z2	m3	Z3	Rk
2	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	20	420
3	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	20	550
4	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	20	600
5	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	20	700
6	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	26	420
7	0,75	200	1	20	0,5	20	0,5	26	550

Mil çapı hesaplamalarında kullanılan formüllerin Microsoft Excel ortamına aktarılmasıyla oluşan Excel formülleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Formüllerin Excel ortamına aktarımı

Formül adı	Simge	Formül	Excel ortamında formül
Açısal hız	W	$\frac{2 \times \pi \times n}{60}$	(B2*2*Pi()/60)
Burulma momenti (I. dişli)	T <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> /W	((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))
Burulma momenti (II. dişli)	T <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> /W	((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))
Burulma momenti (III. dişli)	T <sub>3</sub>	P <sub>3</sub> /W	((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))
Dişli çapı (I. dişli)	D <sub>1</sub>	$m_1 \times Z_1$	(C2*D2)
Dişli çapı (II. dişli)	D <sub>2</sub>	$m_2 \times Z_2$	(E2*F2)
Dişli çapı (III. dişli)	D <sub>3</sub>	$m_3 \times Z_3$	(G2*H2)
Dişli genişliği (I. dişli)	b <sub>1</sub>	$4 \times m_1 \times \pi$	(4*C2*Pi())
Dişli genişliği (II. dişli)	b <sub>2</sub>	$4 \times m_2 \times \pi$	(4*E2*Pi())
Dişli genişliği (III. dişli)	b <sub>3</sub>	$4 \times m_3 \times \pi$	(4*G2*Pi())
Teğetsel kuvvet (I. dişli)	F <sub>t1</sub>	$\frac{2 \times T_1}{D_1}$	(2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))
Teğetsel kuvvet (II. dişli)	F <sub>t2</sub>	$\frac{2 \times T_2}{D_2}$	(2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))
Teğetsel kuvvet (III. dişli)	F <sub>t3</sub>	$\frac{2 \times T_3}{D_3}$	(2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))
Radyal kuvvet (I. dişli)	F <sub>r1</sub>	$F_{t1} \times \tan \alpha$	((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))
Radyal kuvvet (II. dişli)	F <sub>r2</sub>	$F_{t2} \times \tan \alpha$	((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*TAN(20*Pi()/180))
Radyal kuvvet (III. dişli)	F <sub>r3</sub>	$F_{t3} \times \tan \alpha$	((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))*TAN(20*Pi()/180))

Hesaplanan dişli çark kuvvetleri Şekil 4.6’da gösterildiği gibi kuvvet diyagramına yerleştirilir.



Şekil 4.6. Kuvvet diyagramı

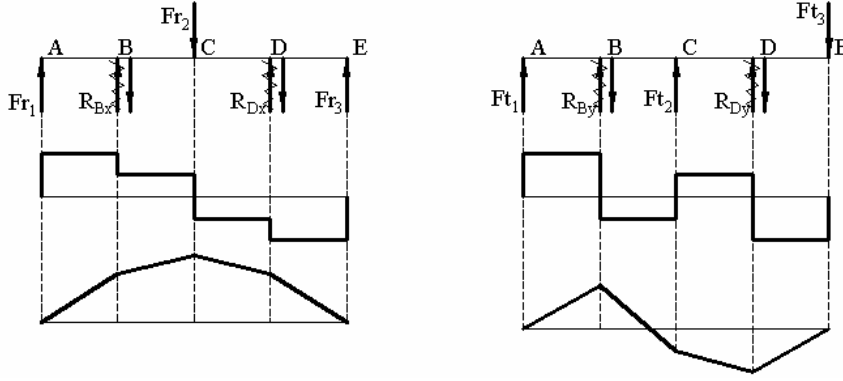
Kuvvet diyagramında, toplam moment eşittir sıfır kuralına göre, B noktasından moment alınarak D noktasındaki (rulman üzerine gelen) kuvvet bulunur. Veri tabanında, düşey ( $R_{D_x}$ ) ve yatay ( $R_{D_y}$ ) düzleme göre D noktasındaki rulman üzerine gelen kuvvetlerin hesaplanması için oluşturulan Excel formülleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

D noktasındaki rulman üzerine gelen kuvvetler bulunduktan sonra, toplam kuvvet eşittir sıfır kuralına göre B noktasındaki (rulman üzerine gelen) kuvvet bulunur. Veri tabanında, düşey ( $R_{B_x}$ ) ve yatay ( $R_{B_y}$ ) düzleme göre B noktasındaki rulman üzerine gelen kuvvetlerin hesaplanması için oluşturulan Excel formülleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Rulmanlara gelen yüklerin bulunması

	Simge	Excel ortamında formül
Düşey düzlemde D noktasında rulmana gelen yük	$R_{D_x}$	$=(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))*(((4*C2*Pi())/2)+5+15)+((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*TAN(20*Pi()/180))*(15+5+((4*E2*Pi())/2))-((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))*TAN(20*Pi()/180))*(15+5+(4*E2*Pi()))+5+30+5+((4*G2*Pi())/2))/(15+5+(4*E2*Pi()))+5+15)$
Yatay düzlemde D noktasında rulmana gelen yük	$R_{D_y}$	$=(2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*(((4*C2*Pi())/2)+5+15)-(2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*(15+5+((4*E2*Pi())/2))+2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))*(15+5+(4*E2*Pi()))+5+30+5+((4*G2*Pi())/2))/(15+5+(4*E2*Pi()))+5+15)$
Düşey düzlemde B noktasında rulmana gelen yük	$R_{B_x}$	$=0-(J2+((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))-((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*TAN(20*Pi()/180))+((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))*TAN(20*Pi()/180)))$
Yatay düzlemde B noktasında rulmana gelen yük	$R_{B_y}$	$=0-(L2+(2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))+2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))-2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(G2*H2))$

Rulmanlara gelen kuvvetler bulunduktan sonra moment diyagramı hazırlanır (Şekil 4.7). Çizelge 4.6'da veri tabanında rulmanlara gelen kuvvetlerin hesaplandığı sütunların ilk 6 satırı örnek olarak verilmiştir.

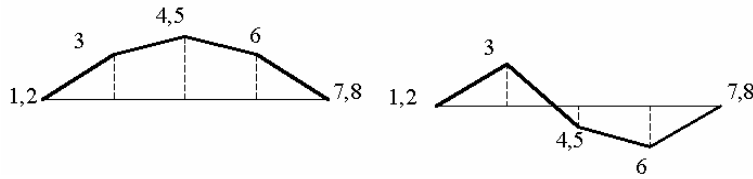


Şekil 4.7. Moment diyagramı

Çizelge 4.6. Veri tabanında rulman üzerine gelen yatay ve düşey düzleme göre kuvvetlerin bulunduğu satır örnekleri

	J	K	L	M
1	$R_{D_x}$	$R_{B_x}$	$R_{D_y}$	$R_{B_y}$
2	-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
3	-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
4	-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
5	-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
6	-112,049	-890,545	4374,976	-8782,34
7	-112,049	-890,545	4374,976	-8782,34

Moment diyagramında moment eğrilerinin geçtiği noktaların değerleri tek tek hücrelerde hesaplanmıştır. Düz, helis ve konik dişlilerde bir olması amacıyla (eksenel kuvvetlerde bir bölgede iki moment noktası bulunmaktadır) 8 nokta alınmıştır. Dişli çarkların bulunduğu yerlerde 2, rulmanların bulunduğu yerlerde 1 nokta alınmıştır. Düşey ve yatay düzlemler için ayrı ayrı moment değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Moment noktaları

Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli dizilişinde, Düz dişli – Düz dişli – Düz dişli çeşidinde moment değerlerinin hesaplanması için oluşturulan Excel formülleri Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Düşey düzlemde momentlerin bulunması

	Simge	Excel ortamında formül
1. noktadaki moment	m <sub>1-1</sub>	=0
2. noktadaki moment	m <sub>1-2</sub>	=0
3. noktadaki moment	m <sub>1-3</sub>	=O2+(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))*(((4*C2*Pi())/2)+5+15))
4. noktadaki moment	m <sub>1-4</sub>	=P2+(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))+K2)*(15+5+((4*E2*Pi())/2))
5. noktadaki moment	m <sub>1-5</sub>	=Q2+(0*((E2*F2)/2))
6. noktadaki moment	m <sub>1-6</sub>	=R2+(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))+K2-((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*TAN(20*Pi()/180))*(((4*E2*Pi())/2)+5+15))
7. noktadaki moment	m <sub>1-7</sub>	=YUVARLA(S2+(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*TAN(20*Pi()/180))+K2-((2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*TAN(20*Pi()/180))+J2)*(15+5+((4*G2*Pi())/2)),0.1)
8. noktadaki moment	m <sub>1-8</sub>	=T2+(0*((G2*H2)/2))

Çizelge 4.8. Yatay düzlemde momentlerin bulunması

	Simge	Excel ortamında formül
1. noktadaki moment	m <sub>2-1</sub>	=0
2. noktadaki moment	m <sub>2-2</sub>	=0
3. noktadaki moment	m <sub>2-3</sub>	=(2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))*(((4*C2*Pi())/2)+5+15)
4. noktadaki moment	m <sub>2-4</sub>	=X2+((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))+M2)*(15+5+((4*E2*Pi())/2))
5. noktadaki moment	m <sub>2-5</sub>	=Y2
6. noktadaki moment	m <sub>2-6</sub>	=Z2+((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))+M2+(2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))*(((4*E2*Pi())/2)+5+15))
7. noktadaki moment	m <sub>2-7</sub>	=YUVARLA(AA2+(((2*((60*A2*1000000)/(B2*2*Pi()))/(C2*D2))+M2+(2*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*Pi()))/(E2*F2))+L2)*(15+5+((4*G2*Pi())/2)),0.1)
8. noktadaki moment	m <sub>2-8</sub>	=0

Çizelge 4.9’da veri tabanında düşey düzleme göre moment değerlerinin hesaplandığı örnek satırlar verilmiştir.

Çizelge 4.9. Veri tabanında düşey düzleme göre moment değerlerinin bulunduğu örnek satırlar

	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	m_1-1	m_1-2	m_1-3	m_1-4	m_1-5	m_1-6	m_1-7	m_1-8
2	0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
3	0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
4	0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
5	0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
6	0	0	34256,7	43810,2	43810,2	23201,6	0	0
7	0	0	34256,7	43810,2	43810,2	23201,6	0	0

Çizelge 4.10'da veri tabanında yatay düzleme göre moment değerlerinin hesaplandığı örnek satırlar verilmiştir.

Çizelge 4.10. Veri tabanında yatay düzleme göre moment değerlerinin bulunduğu örnek satırlar

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	m_2-1	m_2-2	m_2-3	m_2-4	m_2-5	m_2-6	m_2-7	m_2-8
2	0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
3	0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
4	0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
5	0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
6	0	0	94119,7	-26248	-26248	-63745,9	0	0
7	0	0	94119,7	-26248	-26248	-63745,9	0	0

Hesaplanan moment noktalarına göre mil çapı bulunur. Çizelge 4.11'de mil çapının bulunması için hazırlanan Excel formülleri verilmiştir.

Çizelge 4.11. Mil çapının hesaplanması

	Simge	Excel ortamında formül
1. noktadaki moment	Do-1	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((N2^2)+(V2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
2. noktadaki moment	Do-2	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((O2^2)+(W2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
3. noktadaki moment	Do-3	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((P2^2)+(X2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
4. noktadaki moment	Do-4	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((Q2^2)+(Y2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
5. noktadaki moment	Do-5	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((R2^2)+(Z2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
6. noktadaki moment	Do-6	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((S2^2)+(AA2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
7. noktadaki moment	Do-7	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((T2^2)+(AB2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
8. noktadaki moment	Do-8	=YUKARIYUVARLA((16*((2*(((U2^2)+(AC2^2))^0.5))^2+(1.5*((60*A2*1000000/2)/(B2*2*PI()))^2)^0.5)/(PI)*(0.75*0.18*I2)))^(1/3),2)
Uygun olan çap	Do	=MAK(AD2:AK2)

Veri tabanının, mil çaplarının hesaplandığı sütunların ilk 6 satırı Çizelge 4.12’de örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 4.12. Veri tabanında mil çapı sonuçlarının bulunduğu örnek satırlar

	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL
1	Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
2	16,9	16,9	26,51	22,71	22,19	25,22	13,42	13,42	26,51
3	15,45	15,45	24,24	20,75	20,29	23,05	12,26	12,26	24,24
4	15,01	15,01	23,54	20,16	19,71	22,39	11,91	11,91	23,54
5	14,26	14,26	22,36	19,15	18,72	21,27	11,32	11,32	22,36
6	16,9	16,9	26,51	21,81	21,17	23,17	13,42	13,42	26,51
7	15,45	15,45	24,24	19,93	19,35	21,17	12,26	12,26	24,24

#### 4.5. Veri Tabanının İÇeriği

Bu alışmada, 27 Excel kitabı ve her bir Excel kitabında 5 sayfa bulunmaktadır.

Excel sayfasının satır sayısındaki sınırlılığından dolayı girdilerde sınırlamaya gidilmiştir. Çizelge 4.1.'de verilen değerlere göre elde edilen program satır sayısı izelge 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Program satır sayısı

	Satır sayısı
Düz dişli ark - Düz dişli ark - Düz dişli ark	62208
Düz dişli ark - Düz dişli ark - Helis dişli ark	62208
Düz dişli ark - Düz dişli ark - Konik dişli ark	59049
Düz dişli ark - Helis dişli ark - Düz dişli ark	62208
Düz dişli ark - Helis dişli ark - Helis dişli ark	62208
Düz dişli ark - Helis dişli ark - Konik dişli ark	59049
Düz dişli ark - Konik dişli ark - Düz dişli ark	59049
Düz dişli ark - Konik dişli ark - Helis dişli ark	59049
Düz dişli ark - Konik dişli ark - Konik dişli ark	52488
Helis dişli ark - Düz dişli ark - Düz dişli ark	62208
Helis dişli ark - Düz dişli ark - Helis dişli ark	62208
Helis dişli ark - Düz dişli ark - Konik dişli ark	59049
Helis dişli ark - Helis dişli ark - Düz dişli ark	62208
Helis dişli ark - Helis dişli ark - Helis dişli ark	62208
Helis dişli ark - Helis dişli ark - Konik dişli ark	59049
Helis dişli ark - Konik dişli ark - Düz dişli ark	59049
Helis dişli ark - Konik dişli ark - Helis dişli ark	59049
Helis dişli ark - Konik dişli ark - Konik dişli ark	52488
Konik dişli ark - Düz dişli ark - Düz dişli ark	59049
Konik dişli ark - Düz dişli ark - Helis dişli ark	59049
Konik dişli ark - Düz dişli ark - Konik dişli ark	52488
Konik dişli ark - Helis dişli ark - Düz dişli ark	59049
Konik dişli ark - Helis dişli ark - Helis dişli ark	59049
Konik dişli ark - Helis dişli ark - Konik dişli ark	52488
Konik dişli ark - Konik dişli ark - Düz dişli ark	52488
Konik dişli ark - Konik dişli ark - Helis dişli ark	52488
Konik dişli ark - Konik dişli ark - Konik dişli çark	62208

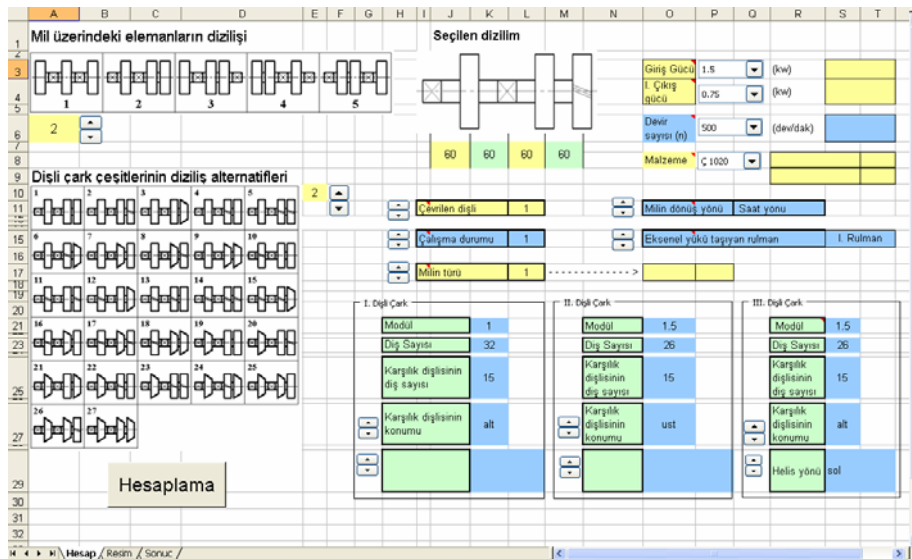
## 5. HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI

Hazırlanan veri tabanına alternatif olarak Excel programında Visual Basic düzenleyicisi kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Program Excel sayfası üzerinde çalışmaktadır. Kullanıcının belirleyeceği girdilerin hepsi Excel sayfası üzerinde bulunmaktadır.

Program, veri tabanında olduğu gibi üzerinde 2 adet rulman ve 3 adet dişli çark bulunan miller için hazırlanmıştır.

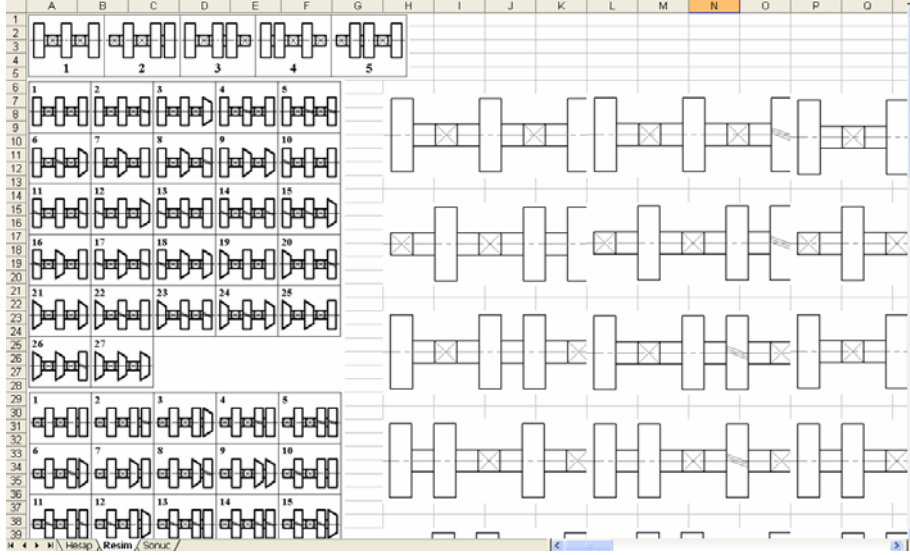
Bilgisayar programı, Microsoft Office Excel 2003 sürümünde hazırlanmıştır. Programın rahat kullanılması için bilgisayar ekranının çözünürlüğü en az 1152x864 piksel olarak ayarlanmalıdır.

Programın oluşturulduğu Excel dosyasında 3 adet sayfa oluşturulmuştur. Bu sayfalara, “Hesap”, “Resim” ve “Sonuc” adları verilmiştir. Hesap sayfasında, mil çapının hesaplanması için gerekli girdiler bulunmaktadır. Bu girdileri kullanıcı isteğine göre değiştirmektedir (Şekil 5.1).



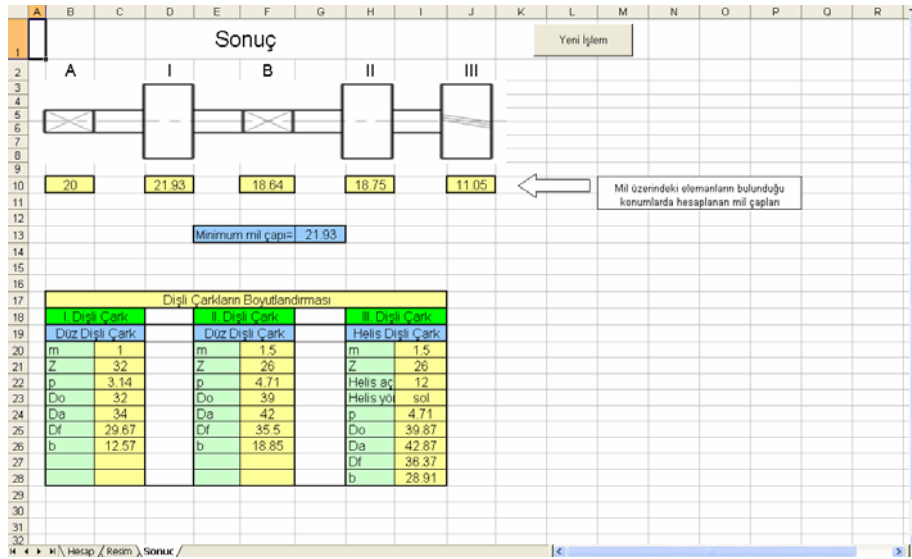
Şekil 5.1. Programda hesap sayfası

Resim sayfasında, programda kullanılan resimler bulunmaktadır (Şekil 5.2). Mil üzerindeki elemanların 5 farklı şekilde yerleşimini gösteren resim sabit, diğer resimler kullanıcının seçimine göre değişmektedir. Kullanıcı resim sayfasında herhangi bir değişiklik yapmamalıdır.



Şekil 5.2. Programda resim sayfası

Sonuc sayfasında, hesaplamalar sonucu elde edilen mil çapı değeri ve dişi çarkların genel ölçüleri verilmektedir (Şekil5.3).



Şekil 5.3. Programda sonuc sayfası

Programda, mil üzerindeki güç iletim elemanlarıyla (3 adet) rulmanların (2 adet) yerleşimi 5 farklı şekilde kullanıcıya sunulmaktadır. Bu seçenekler resim olarak “Hesap” sayfasının sol üst bölümünde verilmiştir. Şekil 5.4’te gösterilen değer değiştirici butonu yardımıyla, kullanıcı seçimini yapmaktadır. Kullanıcının seçimi değer değiştirici butonunun solundaki Excel hücresinde gösterilmektedir (Şekil 5.4).

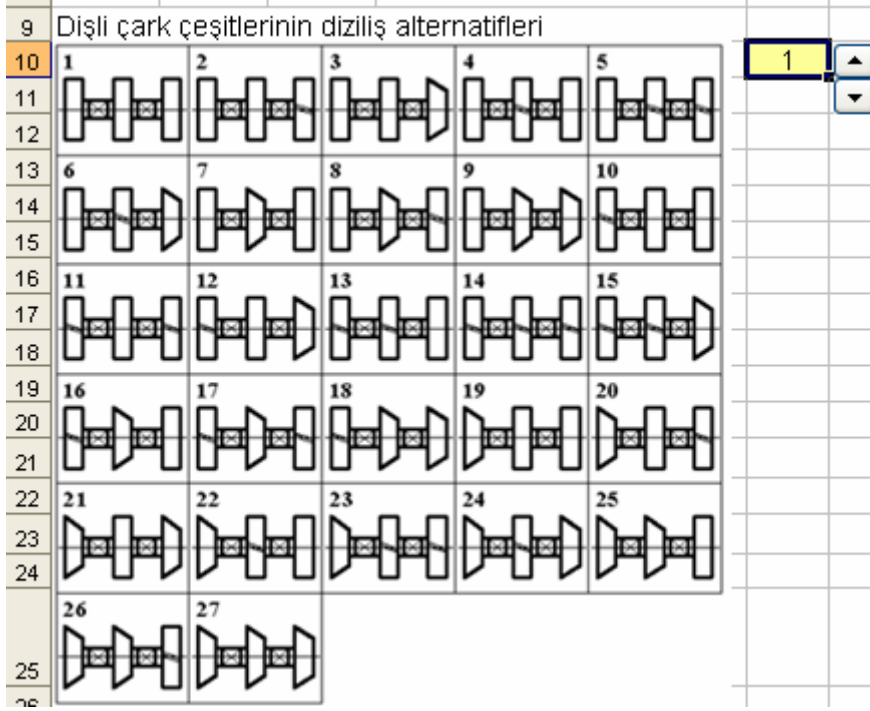


Şekil 5.4. Elemanların dizilişi

Şekil 5.4’te gösterilen değer değiştirici butonuna atanan makroyla, kullanıcının yaptığı değişikliklere bağlı olarak, mil üzerindeki dişli çarkların çeşitlerini gösteren resim Şekil 5.5’te görülen “Dişli çark çeşitlerinin diziliş alternatifleri” başlığının altına yapıştırılır.

Değer değiştirici butonunda yapılan her değişiklikte; “Dişli çark çeşitlerinin diziliş alternatifleri” başlığının altında bulunan resim silinir. Resim sayfasından yeni seçime uygun resim kopyalanır. Kopyalanan resim hesap sayfasında “Dişli çark çeşitlerinin diziliş alternatifleri” başlığının altına yapıştırılır.

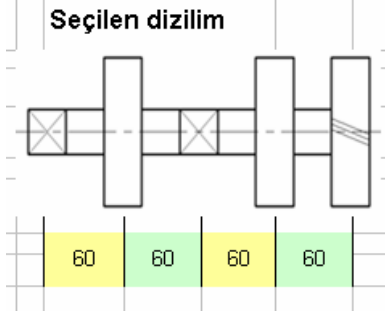
Düz, helis ve konik dişli çark çeşitlerinin seçimi, Şekil 5.5’te görülen değer değiştirici butonuyla yapılır. Şekil 5.5’teki resimde, kullanıcıya, seçilen dizilimde uygulanan dişli çark çeşitlerinin 27 adet seçeneği sunulmuştur. Kullanıcı Şekil 5.5’te görünen değer değiştirici butonuyla seçimini yapar. Kullanıcının seçimi değer değiştirici butonunun solundaki Excel hücresinde görülmektedir.



Şekil 5.5.Dişli çark seçimi

Değer değiştirici butonuna atanan makroyla, kullanıcının yaptığı değişikliklere bağlı olarak, seçilen dişli çark çeşitlerini bulunduran resim Şekil 5.6’da görünen “Seçilen dizilim” başlığının altında gösterilir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’te gösterilen değer değiştirici butonlarıyla yapılan her değişiklikte “Seçilen dizilim” başlığının altındaki resim silinir ve resim sayfasından yeni seçime uygun resim kopyalanır ve hesap sayfasında “Seçilen dizilim” başlığının altına yapıştırılır. Ayrıca, kullanıcının dişli çark seçimine göre, karşılık dişlilerinin konumu, helis dişlilerin helis yönü ve konik dişlilerin aksel kuvvet yönü otomatik olarak atanır. Kullanıcı bu değerlerde daha sonra değer değiştirici butonlarını kullanarak değişiklik yapabilir.

Mil üzerindeki elemanlar arasındaki mesafeler kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Şekil 5.6’da gösterilen hücrelerde mil üzerindeki elemanların orta noktaları arasındaki mesafeler tanımlanmaktadır. “Seçilen dizilim” başlığının altında bulunan resim Excel hücrelerine uygun olarak hazırlanmıştır. Her bir hücre iki eleman arasındaki mesafeyi göstermektedir. Kullanıcı elemanlar arası mesafeleri Excel hücrelerine tanımlayacaktır.



Şekil 5.6. Elemanlar arası mesafe girdileri

Kullanıcı, mil üzerindeki dişli çarklardan, mile gücü aktaran dişli çarkın aktardığı gücü Şekil 5.7’de “Giriş Gücü” başlığıyla gösterilen açılır kutuda bulunan seçeneklerinden seçmelidir.

Mile giren torkla çıkan torkun eşit olması için, dişlilerden birinin daha taşıdığı güç belirlenmelidir. Bunun için Şekil 5.7’de “I. Çıkış gücü” başlığıyla verilen açılır kutuda, kullanıcı mil üzerindeki çeviren dişlilerden solda olanının gücünü seçmelidir.

Giriş Gücü	1.5	(kw)	
I. Çıkış gücü	0.75	(kw)	

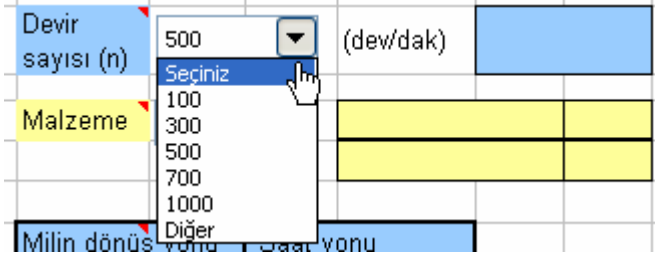
Şekil 5.7. Güç girdisinin seçimi

Açılır kutularında, 7 adet seçenek verilmiştir (Şekil 5.8). “Seçiniz” seçeneği seçilirse, program uyarı verir. “Diğer” seçeneği seçilirse, açılır kutunun sağındaki hücreye kullanıcı farklı bir güç değerini tanımlar.

Giriş Gücü	1.5
I. Çıkış gücü	Seçiniz 0.5 0.75
Devir sayısı (n)	1 1.25 1.5 Diğer

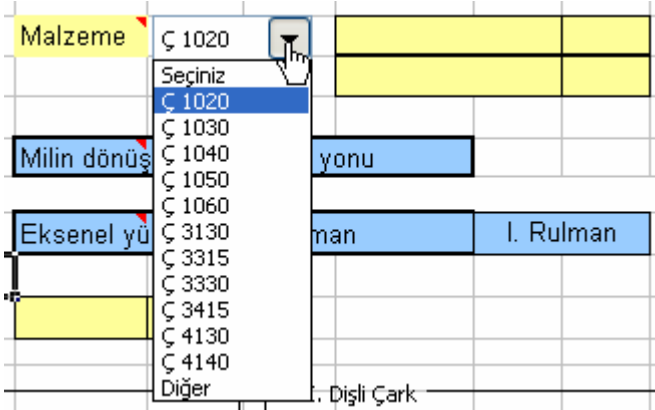
Şekil 5.8. Güç seçenekleri

Milin devir sayısı, Şekil 5.9’da “Devir sayısı (n)” başlığıyla verilen açılır kutudan seçilir. Açılır kutusunda, 7 adet seçenek verilmiştir. “Seçiniz” seçeneği seçilirse, program uyarı verir. “Diğer” seçeneği seçilirse, açılır kutunun sağındaki Excel hücrelerine, kullanıcı devir sayısı değerini tanımlar.



Şekil 5.9.Devir sayısı girdisi

Mil malzemesi, Şekil 5.10’da “Malzeme” başlığıyla verilen açılır kutudan seçilir.



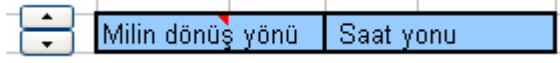
Şekil 5.10. Mil malzemesinin seçimi

Açılır kutuda, 13 adet seçenek verilmiştir. “Seçiniz” seçeneği seçilirse, program uyarı verir. “Diğer” seçeneği seçilirse, açılır kutunun sağındaki Excel hücrelerinde mil malzemesinin akma ve dayanımı değerini, alt satırında da mil malzemesinin kopma dayanımı değerini kullanıcı tanımlar (Şekil 5.11).



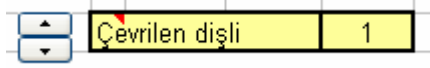
Şekil 5.11. Mil malzemesinin akma ve kopma dayanımı

Milin dönüş yönü, Şekil 5.13’de gösterilen değer değiştirici butonu ile belirlenir. Değer değiştirici butonuna atanan makroyla, kullanıcıya “Saat yonu” ve “Saatin ters yonu” seçenekleri verilmiştir (mile soldan bakışa göre). Kullanıcının seçimi “Milin dönüş yönü” başlığının sağındaki hücrede görülmektedir.



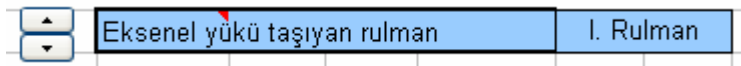
Şekil 5.12. Milin dönüş yönü

Mil üzerindeki üç dişli çarktan biri çevrilen diğer ikisi çeviren dişli çarktır. Kullanıcı Şekil 5.14’te gösterilen değer değiştirici butonunu kullanarak üç dişli çarktan birini çevrilen dişli çark olarak seçmektedir.



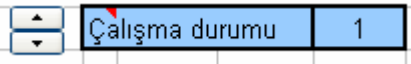
Şekil 5.13. Çevrilen dişlinin seçimi

Mil üzerindeki aksenal kuvveti taşıyacak olan rulman Şekil 5.15’te gösterilen değer değiştirici butonu kullanılarak seçilir ve seçim sağ tarafta bulunan Excel hücresinde gösterilir.



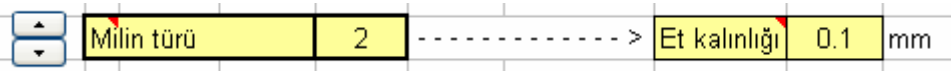
Şekil 5.14. Aksenal kuvveti taşıyan rulmanın seçimi

Milin çalışma şartlarının seçimi, Şekil 5.16’da gösterilen değer değiştirici butonuyla seçilir. Kullanıcıya, “Çalışma durumu” başlığın bulunduğu Excel hücresinin açıklama etiketinde, “1-Yük yavaş yavaş uygulanıyorsa”, “2-Yük aniden uygulanıyorsa” ve “3-Ağır darbe” seçenekleri sunulmuştur. Kullanıcı değer değiştirici butonuyla seçim yaptığında açıklama etiketinde belirtilen numara sağ taraftaki Excel hücresinde gösterilmektedir.



Şekil 5.15. Çalışma durumunun belirlenmesi

Milin yapısı olarak “İçi dolu mil” ve “İçi boş mil” seçenekleri kullanıcıya verilmiştir. Kullanıcı, Şekil 5.17’de gösterilen değer değiştirici butonunu kullanarak istediği seçeneği seçebilir. Kullanıcının seçimi, “Milin türü” başlığının bulunduğu Excel hücresinin açıklama etiketinde belirtilen numarayla “Milin türü” başlığının sağındaki hücrede gösterilmektedir. İçi boş mil seçeneği (2 numaralı seçim) seçildiğinde, değer değiştirici butonuna atanan makroyla et kalınlığı etiketi açılır ve “Et kalınlığı” başlığının sağındaki hücrede, kullanıcı tarafından milin et kalınlığı tanımlanır.



Şekil 5.16. Milin türünün belirlenmesi

Dişli çarkların modülü, diş sayısı ve seçilen dişli çark konik dişli çark ise karşılık dişlisinin diş sayısı Şekil 5.12’de görüldüğü gibi Excel hücrelerinde kullanıcı tarafından tanımlanmalıdır. Karşılık dişlisinin konumu değer değiştirici butonu kullanılarak seçilir ve seçim değeri Excel hücresi içinde gösterilir. Seçilen dişli çarkın türüne göre helis yönü veya aksenal kuvvet yönü değer değiştirici butonu kullanılarak seçilir ve seçim değeri Excel hücresi içinde gösterilir (Düz dişli çarklar seçimlerinde boş hücre olarak gösterilir).

I. Dişli Çark		II. Dişli Çark		III. Dişli Çark	
Modül	1	Modül	1.5	Modül	1.5
Diş Sayısı	32	Diş Sayısı	26	Diş Sayısı	26
Karşılık dişlisinin diş sayısı	15	Karşılık dişlisinin diş sayısı	15	Karşılık dişlisinin diş sayısı	15
Karşılık dişlisinin konumu	alt	Karşılık dişlisinin konumu	ust	Karşılık dişlisinin konumu	alt
				Helis yönü	sol

Şekil 5.17. Dişli çarklara ait girdi değerleri

Mil üzerindeki dişli çarkların karşılık dişlilerinin konumu için iki seçenek verilmiştir. Bu seçenekler; alt ve üst şeklindedir. Şekil 5.17’de “Karşılık dişlisinin konumu” başlığının solunda bulunan değer değiştirici butonlarla kullanıcı istediği seçeneği seçebilir. Kullanıcının seçimi sağdaki Excel hücresinde görünür.

Helis dişli çarkların helis yönleri sağ ve sol helis olarak seçilebilmektedir. Şekil 5.17’de “Helis yönü” başlığının solunda bulunan değer değiştirici butonlarla kullanıcı istediği seçeneği seçebilir. Kullanıcının seçimi sağdaki Excel hücresinde görünür. Konik dişli çark seçimlerinde kuvvetin yönü belirlenir. Helis yönü seçiminde olduğu gibi aksenal kuvvet yönü belirlenir.

Kullanıcı, hesaplama için gerekli girdi seçimlerini yaptıktan sonra “Hesaplama” butonu kullanarak hesaplama işlemini gerçekleştirir. Hesaplama işlemi sonunda otomatik olarak “Sonuc” sayfası açılır (Şekil5.3). Bu sayfada hesaplanan mile ve dişlilere ait tüm değerleri görmek mümkündür.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazırlanan veri tabanı ve program sayesinde üzerinde 3 adet güç iletim elemanı (düz, helis, konik dişli çark) bulunan ve 2 adet rulmanla desteklenen bir milin çapı bulunmaktadır.

Veri tabanının hazırlandığı Excel programının bir sayfasında en fazla 65536 satır kullanılabilirdiğinden dolayı veri tabanı bir sayfa üzerinde kısıtlı kalmaktadır. Bunun için veri tabanı bölümlere ayrılmıştır. Veri tabanı, dişli çark çeşitlerinin mil üzerinde sıralanış şekilleri dikkate alınarak 27 adet Excel kitabı oluşturulmuştur. Bu Excel kitaplarının içerisinde, mil üzerindeki elemanların sıralanışları dikkate alınarak düzenlenen ve en çok kullanılan 5 farklı sıralanışın her biri için birer sayfa bulunmaktadır. Böylece veri tabanı toplamda 135 (27x5) sayfadan oluşmaktadır. Veri tabanını kullanılırken sadece istenen Excel kitabını kullanılacağı için kullanıcının çalışmasına fazladan veri yüklenmesi önlenmiş olur.

Veri tabanı sayfalarında kullanıcı sadece mil malzemesini, gücü, milin devir sayısını, mil üzerindeki güç iletim elemanlarının modül ve diş sayılarına göre mil çapını vermektedir. Mil çapı hesabında gerekli olan girdilerden bazıları sabitlenmiş, bazıları da belirli değerlerle sınırlandırılmıştır. Sabitleme ve sınırlandırma olmaması durumunda milyarlarca satıra ihtiyaç vardır. Bu da kapsamlı bir veritabanı oluşturulmasını şu andaki bilgisayarların kapasiteleri düşünüldüğünde imkansız hale getirmektedir. Dolayısıyla böyle bir veri tabanı oluşturup YSA veya Bulanık mantık programlarında bu verileri değerlendirmek şimdilik olanak dışı olarak görülmelidir.

Mil malzemesi, güç, milin devir sayısı, mil üzerindeki güç iletim elemanlarının modül ve diş sayılarında uygulanan sınırlama sayıları Excel sayfasına sığacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir değer değişikliği için bir satırda çap hesaplanmıştır. Her satırda işlem yapılmasından dolayı Excel sayfalarının bulunduğu Excel kitabının boyutu büyümektedir (300–400 MB). Bunun için işlemlerin bulunduğu Excel sayfalarındaki girdi değerleri ve mil çapı değerini içeren farklı Excel sayfaları ve metin dosyaları oluşturulmuştur. Böylece boyutu daha küçük veri tabanları elde edilmiştir.

Oluşturulan veri tabanı, mil tasarımıında yapay sinir ağıları tabanlı bir yaklaşımla uzman sistemler oluşturulmasında kullanılabilir.

Excel çalışma sayfasında en fazla 65536 satır kullanılabilirdiğinden veri tabanının girdilerinde sınırlama yapılmıştır. Her biri yaklaşık 60000 satır içeren 135 Excel çalışma sayfası oluşturulmasına rağmen oluşan veri tabanı yapılan sınırlamalardan dolayı dar bir alanı kapsamıştır.

Excel ortamında oluşturulan programda kullanıcı istediği değerleri girerek mil çapı hesabını bulmaktadır. Veri tabanında olduğu gibi mil üzerindeki elemanların en çok kullanılan 5 farklı sıralanışı kullanıcıya sunulmuştur. Bu seçeneklere bağlı olarak mil üzerindeki 3 dişli çarkın hangi çeşit olduğunu belirlemek için 27 değişik seçenek verilmiştir. Mil çapı için gerekli girdileri giren kullanıcı bir butonu kullanarak mil çapı hesabını yapmaktadır.

Mil çapı hesaplamalarında, Excel'de makrolardan yararlanılmıştır. Visual Basic düzenleyicisi yardımıyla oluşturulan modüllere, komutlar yazılmış ve modüller Excel ortamına makro olarak atanmıştır.

Programın görselliği için çalışılmıştır. Kullanıcının dişli çeşidi seçimi ve elemanların sıralanış şekli seçimini kullanıcı her değiştirdiğinde kullanıcının seçimini gösteren resim Excel sayfasına yerleştirilmektedir. Ayrıca bu resim sayesinde kullanıcı mil üzerindeki elemanların konumları arasındaki mesafeyi tanımlaması kolaylaşmaktadır.

Bu çalışmanın kullanılan metod ve mil üzerinde kullanılan eleman sayısı bakımından literatürden farklı olmasından dolayı literatüre katkısının olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Babalık, F. C., “Makine elemanları ve konstrüksiyon örnekleri 2. baskı”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 31-32, 361-392, 515-534, 727-836 (2006).

Bağcı, M., “Teknik Resim Cilt II”, *Birsene Yayınevi*, İstanbul, 165-176, 266-275 (1999).

Bayat, O. G., “Unsur tabanlı parametrik modelleme yazılımları için mil, helis ve kam tasarımı modülü geliştirme ve uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3, 30-32 (2005).

Bilgin, Y., “Bilgisayar destekli tasarımda AutoLisp uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1-5 (1996).

Çarkoğlu, N., “Bilgisayar yardımı ile mekanik güç iletimi elemanları tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 41-49 (1992).

Çetinkaya, K., “Bilgisayar yardımı ile dişli kutusu elemanlarının tasarımı ve güvenilirlik analizi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-28,52-56,70-75 (1995).

Daban, S., “Eş zamanlı mil tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3, 70-73 (1999).

Doughtie, V. L., Valence, A., “Design of machine elements”, *McGraw Hill Book Company Inc.*, New York, 177-178 (1964).

Ekmekçi, N., “Kademeli millerde burulma analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 23-29, 71-73 (1999).

Eldem, C., “Bilgisayar destekli unsur tasarımı ve veri yapısının oluşturulması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2-5 (1996).

Erkoç, C. N., “AUTOCAD ve ANSYS yazılımlarını kullanarak mil tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-18 (2000).

Esen, İ., “Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bilgisayar yardımıyla millerin analizi ve tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-2, 34-36 (1994).

Koca, K., “Mil konstrüksiyonlarında çentik etkisi ve önlenmesi için alınacak konstrüktif tedbirler (Yorulma dizaynı)”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 60-70 (1996).

Nawate, S., Terauchi, Y., “Number of teeth in contact and loading capacity of gear type shaft caupling”, **Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers**, Japan, 59:252-257 (1993).

Şahin, İ., “Sonlu elemanlar metodu ile millerdeki kritik hızların elde edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, 1-3 (1996).

Şen, İ. Z., Özçilingir, N., “Makine meslek resmi II”, **Lito matbaa reklam ve pazarlama**, İstanbul, 23-36 (1995).

Taşbaşı, G. MZ., “Visual Basic 6”, **Atlas yayıncılık**, İstanbul, 51-69, 134-165, 223-236 (2004).

Taşkesen, A, “Bilgisayar destekli mil tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 3-14, 25-44, 49-50, 52-53 (1997).

Yılmaz, D, “Kuyruk milinden hareketli makinelerde güç iletimini sağlayan bağlantı elemanlarının (mafsallı mil) bilgisayar destekli tasarımı üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, **Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antalya, 1-2, 10-22 (2002).

**EKLER**

## EK-1. Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Düz dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.1. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	420
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	550
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	600
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	700
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	26	420

Çizelge 1.2. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
536,9774	-3143,72	4282,871	-11444,8
536,9774	-3143,72	4282,871	-11444,8
536,9774	-3143,72	4282,871	-11444,8
536,9774	-3143,72	4282,871	-11444,8
896,7091	-2901,9	3294,516	-12109,3

Çizelge 1.3. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	0	60324,23	47897,71	47897,71	12426,51	12426,51	0
0	0	60324,23	47897,71	47897,71	12426,51	12426,51	0
0	0	60324,23	47897,71	47897,71	12426,51	12426,51	0
0	0	60324,23	47897,71	47897,71	12426,51	12426,51	0
0	0	60324,23	53493,92	53493,92	20751,28	20751,28	0

Çizelge 1.4. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	165739,4	66627	66627	99112,44	99112,44	0
0	0	165739,4	66627	66627	99112,44	99112,44	0
0	0	165739,4	66627	66627	99112,44	99112,44	0
0	0	165739,4	66627	66627	99112,44	99112,44	0
0	0	165739,4	51251,54	51251,54	76240,34	76240,34	0

Çizelge 1.5. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,9	16,9	31,77	24,94	24,94	26,49	26,49	16,9	31,77
15,45	15,45	29,04	22,8	22,8	24,21	24,21	15,45	29,04
15,01	15,01	28,21	22,15	22,15	23,52	23,52	15,01	28,21
14,26	14,26	26,8	21,04	21,04	22,34	22,34	14,26	26,8
16,9	16,9	31,77	24,2	24,2	24,66	24,66	16,9	31,77

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Düz dişli – Helis dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman –Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.6. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	420
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	550
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	600
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	700
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	26	420

Çizelge 1.7. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-557,452	-2049,29	11809,09	-19127,6
-557,452	-2049,29	11809,09	-19127,6
-557,452	-2049,29	11809,09	-19127,6
-557,452	-2049,29	11809,09	-19127,6
-256,674	-1748,51	11000,77	-19935,9

Çizelge 1.8. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	0	29412,38	29412,38	29412,38	-21446,3	-13834,7	0
0	0	29412,38	29412,38	29412,38	-21446,3	-13834,7	0
0	0	29412,38	29412,38	29412,38	-21446,3	-13834,7	0
0	0	29412,38	29412,38	29412,38	-21446,3	-13834,7	0
0	0	29412,38	29412,38	29412,38	-13981,7	-6370,04	0

Çizelge 1.9. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	80809,86	80809,86	412288,8	293074	293074	0
0	0	80809,86	80809,86	412288,8	293074	293074	0
0	0	80809,86	80809,86	412288,8	293074	293074	0
0	0	80809,86	80809,86	412288,8	293074	293074	0
0	0	80809,86	80809,86	412288,8	273013,4	273013,4	0

Çizelge 1.10. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,9	16,9	25,3	25,3	42,07	37,57	37,55	16,9	42,07
15,45	15,45	23,13	23,13	38,45	34,34	34,32	15,45	38,45
15,01	15,01	22,46	22,46	37,35	33,36	33,34	15,01	37,35
14,26	14,26	21,34	21,34	35,48	31,69	31,67	14,26	35,48
16,9	16,9	25,3	25,3	42,07	36,68	36,67	16,9	42,07

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Düz dişli – Konik dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.11. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	550
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	700
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	550

Çizelge 1.12. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-648,685	-286,804	-472,654	-2291,62
-648,685	-286,804	-472,654	-2291,62
-648,685	-286,804	-472,654	-2291,62
-702,093	-252,389	-441,507	-2322,76
-702,093	-252,389	-441,507	-2322,76

Çizelge 1.13. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	-8972,16	-8972,16	13530,07	15739,37	15739,37	-3517,83	0
0	-8972,16	-8972,16	13530,07	15739,37	15739,37	-3517,83	0
0	-8972,16	-8972,16	13530,07	15739,37	15739,37	-3517,83	0
0	-7895,52	-7895,52	15683,35	17298,51	17298,51	-3022,53	0
0	-7895,52	-7895,52	15683,35	17298,51	17298,51	-3022,53	0

Çizelge 1.14. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-71689,1	-71689,1	-56902,9	-56902,9	-56902,9	0	0
0	-71689,1	-71689,1	-56902,9	-56902,9	-56902,9	0	0
0	-71689,1	-71689,1	-56902,9	-56902,9	-56902,9	0	0
0	-72663,4	-72663,4	-58851,7	-58851,7	-58851,7	0	0
0	-72663,4	-72663,4	-58851,7	-58851,7	-58851,7	0	0

Çizelge 1.15. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	23,79	23,79	22,36	22,43	22,43	15,34	15,24	23,79
13,93	21,74	21,74	20,44	20,5	20,5	14,02	13,93	21,74
12,86	20,06	20,06	18,86	18,91	18,91	12,94	12,86	20,06
15,24	23,87	23,87	22,63	22,68	22,68	15,32	15,24	23,87
13,93	21,82	21,82	20,68	20,72	20,72	14	13,93	21,82

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Helis dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.16. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	420
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	550
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	600
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	700
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	26	420

Çizelge 1.17. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
-563,216	-740,156	5614,548	-9195,53
-112,049	-890,545	4374,976	-8782,34

Çizelge 1.18. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
0	0	34256,7	47290,5	47290,5	30162,1	0	0
0	0	34256,7	43810,2	43810,2	23201,6	0	0

Çizelge 1.19. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
0	0	94119,7	-35809,9	-35809,9	-82869,7	0	0
0	0	94119,7	-26248	-26248	-63745,9	0	0

Çizelge 1.20. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,9	16,9	26,51	22,71	22,19	25,22	13,42	13,42	26,51
15,45	15,45	24,24	20,75	20,29	23,05	12,26	12,26	24,24
15,01	15,01	23,54	20,16	19,71	22,39	11,91	11,91	23,54
14,26	14,26	22,36	19,15	18,72	21,27	11,32	11,32	22,36
16,9	16,9	26,51	21,81	21,17	23,17	13,42	13,42	26,51

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Helis dişli – Helis dişli alternatifinde Rulman – Dişli –Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.21. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	420
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	550
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	600
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	20	700
0,75	200	0,5	20	0,5	20	0,5	26	420

Çizelge 1.22. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-3114,17	507,4293	2987,256	-10149,2
-3114,17	507,4293	2987,256	-10149,2
-3114,17	507,4293	2987,256	-10149,2
-3114,17	507,4293	2987,256	-10149,2
-2267,55	262,3605	712,0024	-9490,62

Çizelge 1.23. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	11742,72	11742,72	52100,11	44488,49	57081,7	-7611,62	0
0	11742,72	11742,72	52100,11	44488,49	57081,7	-7611,62	0
0	11742,72	11742,72	52100,11	44488,49	57081,7	-7611,62	0
0	11742,72	11742,72	52100,11	44488,49	57081,7	-7611,62	0
0	6071,44	6071,44	43252,92	35641,3	42152,47	-7611,62	0

Çizelge 1.24. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-234869	-234869	-273582	-273582	-173859	0	0
0	-234869	-234869	-273582	-273582	-173859	0	0
0	-234869	-234869	-273582	-273582	-173859	0	0
0	-234869	-234869	-273582	-273582	-173859	0	0
0	-219628	-219628	-249806	-249806	-133738	0	0

Çizelge 1.25. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,9	34,91	34,91	36,91	36,85	32,33	17,22	16,91	36,91
15,45	31,91	31,91	33,74	33,68	29,53	15,73	15,46	33,74
15,01	31	31	32,77	32,72	28,69	15,28	15,02	32,77
14,26	29,44	29,44	31,13	31,08	27,24	14,51	14,26	31,13
16,9	34,14	34,14	35,78	35,73	29,64	17,2	16,91	35,78

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Helis dişli – Konik dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.26. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	550
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	700
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	550

Çizelge 1.27. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-784,237	-151,252	-230,706	-2473,16
-784,237	-151,252	-230,706	-2473,16
-784,237	-151,252	-230,706	-2473,16
-839,68	-114,801	-199,56	-2504,3
-839,68	-114,801	-199,56	-2504,3

Çizelge 1.28. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	-4731,65	-4731,65	22011,09	24457,12	18875,27	-3517,83	0
0	-4731,65	-4731,65	22011,09	24457,12	18875,27	-3517,83	0
0	-4731,65	-4731,65	22011,09	24457,12	18875,27	-3517,83	0
0	-3591,35	-3591,35	24291,69	26079,93	20498,07	-3022,53	0
0	-3591,35	-3591,35	24291,69	26079,93	20498,07	-3022,53	0

Çizelge 1.29. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-77368,3	-77368,3	-68261,3	-66169,2	-66169,2	0	0
0	-77368,3	-77368,3	-68261,3	-66169,2	-66169,2	0	0
0	-77368,3	-77368,3	-68261,3	-66169,2	-66169,2	0	0
0	-78342,6	-78342,6	-70210,1	-68117,9	-68117,9	0	0
0	-78342,6	-78342,6	-70210,1	-68117,9	-68117,9	0	0

Çizelge 1.30. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	24,32	24,32	23,88	23,76	23,58	15,34	15,24	24,32
13,93	22,23	22,23	21,82	21,71	21,54	14,02	13,93	22,23
12,86	20,51	20,51	20,13	20,02	19,87	12,94	12,86	20,51
15,24	24,4	24,4	24,13	24	23,81	15,31	15,24	24,4
13,93	22,31	22,31	22,05	21,93	21,76	14	13,93	22,31

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Konik dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli– Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.31. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	550
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	700
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	550

Çizelge 1.32. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-1667,06	-1499,16	8604,662	-10063,6
-1667,06	-1499,16	8604,662	-10063,6
-1667,06	-1499,16	8604,662	-10063,6
-1145,27	-1656,84	7171,049	-9630,37
-1145,27	-1656,84	7171,049	-9630,37

Çizelge 1.33. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	0	53521,94	64432,42	58733,09	53521,94	0	0
0	0	53521,94	64432,42	58733,09	53521,94	0	0
0	0	53521,94	64432,42	58733,09	53521,94	0	0
0	0	53521,94	59080,22	53380,89	42817,55	0	0
0	0	53521,94	59080,22	53380,89	42817,55	0	0

Çizelge 1.34. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	147050,3	-24761	-24761	-147050	0	0
0	0	147050,3	-24761	-24761	-147050	0	0
0	0	147050,3	-24761	-24761	-147050	0	0
0	0	147050,3	-10056	-10056	-117640	0	0
0	0	147050,3	-10056	-10056	-117640	0	0

Çizelge 1.35. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,78	16,78	30,55	23,68	23,14	30,55	16,78	16,78	30,55
15,33	15,33	27,93	21,64	21,15	27,93	15,33	15,33	27,93
14,15	14,15	25,77	19,97	19,52	25,77	14,15	14,15	25,77
16,78	16,78	30,55	22,74	22,14	28,44	16,78	16,78	30,55
15,33	15,33	27,93	20,79	20,23	25,99	15,33	15,33	27,93

EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Konik dişli – Helis dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.36. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	550
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	700
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	550

Çizelge 1.37. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-3798,59	632,3622	5052,86	-6621,09
-3798,59	632,3622	5052,86	-6621,09
-3798,59	632,3622	5052,86	-6621,09
-3065,17	263,0632	3081,851	-5628,62
-3065,17	263,0632	3081,851	-5628,62

Çizelge 1.38. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	18590,33	18590,33	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	18590,33	18590,33	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	18590,33	18590,33	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	7733,592	7733,592	68989,12	35672,04	29972,71	-7442,47	0
0	7733,592	7733,592	68989,12	35672,04	29972,71	-7442,47	0

Çizelge 1.39. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-194648	-194648	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-194648	-194648	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-194648	-194648	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-165471	-165471	-183893	-100551	-100551	0	0
0	-165471	-165471	-183893	-100551	-100551	0	0

Çizelge 1.40. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,78	32,85	32,85	36,15	29,19	29,07	17,06	16,78	36,15
16,88	30,1	30,1	33,08	26,8	26,68	17,04	16,88	33,08
15,57	27,77	27,77	30,52	24,72	24,61	15,72	15,58	30,52
18,46	31,22	31,22	33,1	27,37	27,24	18,64	18,47	33,1
16,88	28,54	28,54	30,24	25,01	24,88	17,03	16,88	30,24

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Düz dişli – Konik dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman –Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.41. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	420
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	550
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	700
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	56	420
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	56	550

Çizelge 1.42. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-552,166	-244,917	2756,209	-1234,76
-552,166	-244,917	2756,209	-1234,76
-552,166	-244,917	2756,209	-1234,76
-574,507	-250,702	2738,512	-1217,07
-574,507	-250,702	2738,512	-1217,07

Çizelge 1.43. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	0	4930,627	656,1308	-6710,46	-19807,2	-15532,7	0
0	0	4930,627	656,1308	-6710,46	-19807,2	-15532,7	0
0	0	4930,627	656,1308	-6710,46	-19807,2	-15532,7	0
0	0	4930,627	656,1308	-6710,46	-20169,6	-16404,5	0
0	0	4930,627	656,1308	-6710,46	-20169,6	-16404,5	0

Çizelge 1.44. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	13546,79	13546,79	67123,86	77533,52	77533,52	0
0	0	13546,79	13546,79	67123,86	77533,52	77533,52	0
0	0	13546,79	13546,79	67123,86	77533,52	77533,52	0
0	0	13546,79	13546,79	67123,86	78195,55	78195,55	0
0	0	13546,79	13546,79	67123,86	78195,55	78195,55	0

Çizelge 1.45. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,24	16,37	16,26	23,29	24,56	24,47	15,24	24,56
15,33	15,33	16,02	15,95	21,5	22,61	22,53	15,33	22,61
14,15	14,15	14,79	14,72	19,84	20,87	20,79	14,15	20,87
16,78	16,78	17,53	17,45	23,52	24,81	24,73	16,78	24,81
15,33	15,33	16,02	15,95	21,5	22,67	22,6	15,33	22,67

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Düz dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.46. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	420
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	550
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	600
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	700
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	25	420

Çizelge 1.47. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
1050,006	-4691,17	6179,448	-15964,9
1050,006	-4691,17	6179,448	-15964,9
1050,006	-4691,17	6179,448	-15964,9
1050,006	-4691,17	6179,448	-15964,9
1398,394	-4456,97	5222,26	-16608,3

Çizelge 1.48. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	11163,71	101529	77230,18	77230,18	24298,81	24298,81	0
0	11163,71	101529	77230,18	77230,18	24298,81	24298,81	0
0	11163,71	101529	77230,18	77230,18	24298,81	24298,81	0
0	11163,71	101529	77230,18	77230,18	24298,81	24298,81	0
0	11163,71	101529	82649,92	82649,92	32361,05	32361,05	0

Çizelge 1.49. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	242851,1	99848,85	99848,85	143002,3	143002,3	0
0	0	242851,1	99848,85	99848,85	143002,3	143002,3	0
0	0	242851,1	99848,85	99848,85	143002,3	143002,3	0
0	0	242851,1	99848,85	99848,85	143002,3	143002,3	0
0	0	242851,1	84958,25	84958,25	120851,4	120851,4	0

Çizelge 1.50. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	19,45	36,3	28,75	28,75	30,01	30,01	19,2	36,3
19,32	19,46	33,27	26,57	26,57	27,67	27,67	19,32	33,27
18,77	18,91	32,32	25,81	25,81	26,87	26,87	18,77	32,32
17,83	17,96	30,7	24,52	24,52	25,53	25,53	17,83	30,7
21,14	21,29	36,4	28,56	28,56	29	29	21,14	36,4

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Düz dişli – Helis dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.51. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	420
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	550
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	600
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	700
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	25	420

Çizelge 1.52. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-2321,42	-1319,74	-2658,37	-7345,65
-2321,42	-1319,74	-2658,37	-7345,65
-2321,42	-1319,74	-2658,37	-7345,65
-2321,42	-1319,74	-2658,37	-7345,65
-1315,11	-1743,47	-5362,78	-6206,91

Çizelge 1.53. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	-32752,9	-21589,2	36023,12	36023,12	36023,12	-11163,7	0
0	-32752,9	-21589,2	36023,12	36023,12	36023,12	-11163,7	0
0	-32752,9	-21589,2	36023,12	36023,12	36023,12	-11163,7	0
0	-32752,9	-21589,2	36023,12	36023,12	36023,12	-11163,7	0
0	-43268,9	-32105,2	14991,24	28473,23	28473,23	-11163,7	0

Çizelge 1.54. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-182302	-182302	-121753	-126812	-126812	0	0
0	-182302	-182302	-121753	-126812	-126812	0	0
0	-182302	-182302	-121753	-126812	-126812	0	0
0	-182302	-182302	-121753	-126812	-126812	0	0
0	-154041	-154041	-65230,8	-106522	-106522	0	0

Çizelge 1.55. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	32,41	32,31	29,06	29,39	29,39	19,58	19,22	32,41
19,32	29,79	29,7	26,83	27,12	27,12	19,53	19,33	29,79
18,77	28,93	28,85	26,06	26,33	26,33	18,97	18,77	28,93
17,83	27,49	27,41	24,74	25,01	25,01	18,02	17,83	27,49
21,14	31,16	31,01	25,03	28,21	28,21	21,36	21,14	31,16

EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Düz dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.56. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	550
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	700
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	550

Çizelge 1.57. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
132,4984	-1067,99	5496,889	-8200,75
132,4984	-1067,99	5496,889	-8200,75
132,4984	-1067,99	5496,889	-8200,75
100,6474	-1055,13	5400,219	-8104,08
100,6474	-1055,13	5400,219	-8104,08

Çizelge 1.58. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	5581,856	31658,79	31658,79	31658,79	364,6347	3882,465	0
0	5581,856	31658,79	31658,79	31658,79	364,6347	3882,465	0
0	5581,856	31658,79	31658,79	31658,79	364,6347	3882,465	0
0	5581,856	31658,79	31658,79	31658,79	-2,40534	3020,12	0
0	5581,856	31658,79	31658,79	31658,79	-2,40534	3020,12	0

Çizelge 1.59. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	70080,15	70080,15	241140,8	161069,7	161069,7	0
0	0	70080,15	70080,15	241140,8	161069,7	161069,7	0
0	0	70080,15	70080,15	241140,8	161069,7	161069,7	0
0	0	70080,15	70080,15	241140,8	162044	162044	0
0	0	70080,15	70080,15	241140,8	162044	162044	0

Çizelge 1.60. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,44	24,26	24,26	35,26	30,78	30,78	15,24	35,26
15,33	15,45	22,34	22,34	32,26	28,19	28,19	15,33	32,26
14,15	14,26	20,62	20,62	29,77	26,01	26,01	14,15	29,77
16,78	16,9	24,44	24,44	35,29	30,9	30,9	16,78	35,29
15,33	15,45	22,34	22,34	32,26	28,24	28,25	15,33	32,26

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Helis dişli – Düz dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.61. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	420
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	550
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	600
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	700
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	25	420

Çizelge 1.62. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-4123,08	481,9106	3820,707	-13387,5
-4123,08	481,9106	3820,707	-13387,5
-4123,08	481,9106	3820,707	-13387,5
-4123,08	481,9106	3820,707	-13387,5
-3330,72	272,1417	1643,728	-12811,2

Çizelge 1.63. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	11959,9	23123,61	83466,23	72302,51	84262,41	0	0
0	11959,9	23123,61	83466,23	72302,51	84262,41	0	0
0	11959,9	23123,61	83466,23	72302,51	84262,41	0	0
0	11959,9	23123,61	83466,23	72302,51	84262,41	0	0
0	6753,922	17917,63	75190,21	64026,5	70780,43	0	0

Çizelge 1.64. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-332247	-332247	-384965	-384965	-231509	0	0
0	-332247	-332247	-384965	-384965	-231509	0	0
0	-332247	-332247	-384965	-384965	-231509	0	0
0	-332247	-332247	-384965	-384965	-231509	0	0
0	-317943	-317943	-362226	-362226	-194468	0	0

Çizelge 1.65. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	39,18	39,21	41,44	41,36	35,53	19,2	19,2	41,44
17,55	35,82	35,84	37,87	37,8	32,47	17,55	17,55	37,87
17,05	34,79	34,81	36,79	36,72	31,54	17,05	17,05	36,79
16,2	33,05	33,07	34,95	34,88	29,97	16,2	16,2	34,95
19,2	38,62	38,63	40,59	40,51	33,58	19,2	19,2	40,59

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Helis dişli – Helis dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.66. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	420
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	550
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	600
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	21	700
0,55	100	0,5	21	0,5	21	0,5	25	420

Çizelge 1.67. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-1595,67	-2045,5	14678,12	-24463,5
-1595,67	-2045,5	14678,12	-24463,5
-1595,67	-2045,5	14678,12	-24463,5
-1595,67	-2045,5	14678,12	-24463,5
-721,789	-2336,79	12329,62	-23680,7

Çizelge 1.68. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	11163,71	101529	141129,8	129966,1	79201,57	-11163,7	0
0	11163,71	101529	141129,8	129966,1	79201,57	-11163,7	0
0	11163,71	101529	141129,8	129966,1	79201,57	-11163,7	0
0	11163,71	101529	141129,8	129966,1	79201,57	-11163,7	0
0	11163,71	101529	133900,5	122736,8	64743,12	-11163,7	0

Çizelge 1.69. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	242851,1	-121426	-121426	-242851	0	0
0	0	242851,1	-121426	-121426	-242851	0	0
0	0	242851,1	-121426	-121426	-242851	0	0
0	0	242851,1	-121426	-121426	-242851	0	0
0	0	242851,1	-101997	-101997	-203995	0	0

Çizelge 1.70. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	19,45	36,3	32,46	31,99	36,16	19,58	19,22	36,3
17,55	17,78	33,18	29,67	29,24	33,04	17,88	17,56	33,18
17,05	17,27	32,23	28,82	28,41	32,09	17,37	17,06	32,23
16,2	16,41	30,62	27,38	26,98	30,47	16,49	16,21	30,62
19,2	19,45	36,3	31,44	30,91	34,14	19,55	19,21	36,3

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Helis dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.71. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	550
0,55	200	1	19	1	19	1	19	48	700
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	420
0,55	200	1	19	1	19	1	19	57	550

Çizelge 1.72. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
209,5917	-1145,08	1842,518	-4485,98
209,5917	-1145,08	1842,518	-4485,98
209,5917	-1145,08	1842,518	-4485,98
180,7389	-1135,22	1835,248	-4478,71
180,7389	-1135,22	1835,248	-4478,71

Çizelge 1.73. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	5581,856	40428,88	35615,63	30033,78	2623,619	6141,45	0
0	5581,856	40428,88	35615,63	30033,78	2623,619	6141,45	0
0	5581,856	40428,88	35615,63	30033,78	2623,619	6141,45	0
0	5581,856	40428,88	35957,16	30375,31	2400,895	5423,42	0
0	5581,856	40428,88	35957,16	30375,31	2400,895	5423,42	0

Çizelge 1.74. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	93649,23	31925,17	31925,17	53989,42	53989,42	0
0	0	93649,23	31925,17	31925,17	53989,42	53989,42	0
0	0	93649,23	31925,17	31925,17	53989,42	53989,42	0
0	0	93649,23	32176,98	32176,98	55070,19	55070,19	0
0	0	93649,23	32176,98	32176,98	55070,19	55070,19	0

Çizelge 1.75. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,44	26,53	21,03	20,52	21,79	21,82	15,24	26,53
13,93	14,11	24,25	19,22	18,76	19,91	19,95	13,93	24,25
12,86	13,02	22,38	17,74	17,31	18,38	18,41	12,86	22,38
15,24	15,44	26,53	21,08	20,57	21,91	21,94	15,24	26,53
13,93	14,11	24,25	19,27	18,8	20,03	20,05	13,93	24,25

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Konik dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.76. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	550
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	700
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	550

Çizelge 1.77. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
691,6564	-3857,88	8305,609	-9655,22
691,6564	-3857,88	8305,609	-9655,22
691,6564	-3857,88	8305,609	-9655,22
873,7148	-3675,82	7805,408	-10155,4
873,7148	-3675,82	7805,408	-10155,4

Çizelge 1.78. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	7442,474	54211,46	48512,13	94188,89	20333,47	20333,47	0
0	7442,474	54211,46	48512,13	94188,89	20333,47	20333,47	0
0	7442,474	54211,46	48512,13	94188,89	20333,47	20333,47	0
0	7442,474	54211,46	48512,13	94188,89	25685,67	25685,67	0
0	7442,474	54211,46	48512,13	94188,89	25685,67	25685,67	0

Çizelge 1.79. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	125688,8	125688,8	341290,1	244170,2	244170,2	0
0	0	125688,8	125688,8	341290,1	244170,2	244170,2	0
0	0	125688,8	125688,8	341290,1	244170,2	244170,2	0
0	0	125688,8	125688,8	341290,1	229465,2	229465,2	0
0	0	125688,8	125688,8	341290,1	229465,2	229465,2	0

Çizelge 1.80. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,78	16,99	29,26	29,11	39,96	35,38	35,38	16,78	39,96
15,33	15,53	26,75	26,61	36,52	32,34	32,34	15,33	36,52
14,15	14,33	24,68	24,55	33,7	29,84	29,84	14,15	33,7
16,78	16,99	29,26	29,11	39,96	34,7	34,7	16,78	39,96
15,33	15,53	26,75	26,61	36,52	31,71	31,71	15,33	36,52

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Konik dişli – Helis dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.81. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	550
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	20	700
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	420
1,1	300	0,7	20	2	24	48	0,7	25	550

Çizelge 1.82. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-3567,33	401,1087	4802,966	-6261,89
-3567,33	401,1087	4802,966	-6261,89
-3567,33	401,1087	4802,966	-6261,89
-2861,21	59,10751	2905,317	-5342,78
-2861,21	59,10751	2905,317	-5342,78

Çizelge 1.83. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	12733,09	20175,56	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	12733,09	20175,56	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	12733,09	20175,56	90702,59	45025,84	39326,51	-7442,47	0
0	1876,352	9318,826	68989,12	35672,04	29972,71	-7442,47	0
0	1876,352	9318,826	68989,12	35672,04	29972,71	-7442,47	0

Çizelge 1.84. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-198782	-198782	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-198782	-198782	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-198782	-198782	-242246	-125689	-125689	0	0
0	-169605	-169605	-183893	-100551	-100551	0	0
0	-169605	-169605	-183893	-100551	-100551	0	0

Çizelge 1.85. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
16,78	33,05	33,09	36,15	29,19	29,07	17,06	16,78	36,15
15,33	30,21	30,24	33,04	26,67	26,56	15,59	15,34	33,04
14,15	27,88	27,91	30,48	24,6	24,5	14,38	14,15	30,48
16,78	31,36	31,38	33,02	27,18	27,04	17,05	16,78	33,02
15,33	28,67	28,68	30,18	24,83	24,7	15,58	15,34	30,18

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Helis dişli – Konik dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.86. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	m2	z21	z22	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	420
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	550
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	48	700
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	56	420
0,55	200	2	60	1,25	36	72	0,7	24	56	550

Çizelge 1.87. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-368,001	-429,082	1826,082	-295,073
-368,001	-429,082	1826,082	-295,073
-368,001	-429,082	1826,082	-295,073
-394,048	-431,161	1823,427	-292,417
-394,048	-431,161	1823,427	-292,417

Çizelge 1.88. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	5581,856	12634,22	3627,512	-646,984	-14626,5	-10352	0
0	5581,856	12634,22	3627,512	-646,984	-14626,5	-10352	0
0	5581,856	12634,22	3627,512	-646,984	-14626,5	-10352	0
0	5581,856	12634,22	3558,104	-716,392	-15016,8	-11251,6	0
0	5581,856	12634,22	3558,104	-716,392	-15016,8	-11251,6	0

Çizelge 1.89. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	18952,8	23394,35	23394,35	51368,6	51368,6	0
0	0	18952,8	23394,35	23394,35	51368,6	51368,6	0
0	0	18952,8	23394,35	23394,35	51368,6	51368,6	0
0	0	18952,8	23483	23483	52066,18	52066,18	0
0	0	18952,8	23483	23483	52066,18	52066,18	0

Çizelge 1.90. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,44	17,56	17,69	17,65	21,71	21,59	15,24	21,71
13,93	14,11	16,05	16,17	16,13	19,84	19,73	13,93	19,84
12,86	13,02	14,81	14,92	14,89	18,31	18,21	12,86	18,31
15,24	15,44	17,56	17,7	17,66	21,8	21,69	15,24	21,8
13,93	14,11	16,05	16,18	16,15	19,93	19,83	13,93	19,93

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Düz dişli – Düz dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.91. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	550
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	700
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	550

Çizelge 1.92. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-1910,29	1150,382	3880,223	-6214,5
-1910,29	1150,382	3880,223	-6214,5
-1910,29	1150,382	3880,223	-6214,5
-1461,36	1026,551	2646,783	-5874,27
-1461,36	1026,551	2646,783	-5874,27

Çizelge 1.93. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	33582,67	42131,66	77645,63	77645,63	66902,42	0	0
0	33582,67	42131,66	77645,63	77645,63	66902,42	0	0
0	33582,67	42131,66	77645,63	77645,63	66902,42	0	0
0	29967,72	38516,71	71728,55	71728,55	57344,93	0	0
0	29967,72	38516,71	71728,55	71728,55	57344,93	0	0

Çizelge 1.94. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-181417	-181417	-253554	-253554	-183813	0	0
0	-181417	-181417	-253554	-253554	-183813	0	0
0	-181417	-181417	-253554	-253554	-183813	0	0
0	-171485	-171485	-237297	-237297	-157554	0	0
0	-171485	-171485	-237297	-237297	-157554	0	0

Çizelge 1.95. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	32,37	32,46	36,39	36,39	32,98	19,2	19,2	36,39
17,55	29,58	29,67	33,26	33,26	30,14	17,55	17,55	33,26
16,2	27,3	27,38	30,69	30,69	27,81	16,2	16,2	30,69
19,2	31,77	31,87	35,6	35,6	31,4	19,2	19,2	35,6
17,55	29,04	29,13	32,54	32,54	28,7	17,55	17,55	32,54

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Düz dişli – Helis dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.96. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	550
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	700
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	550

Çizelge 1.97. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-75,5801	-684,33	2350,763	-4821,67
-75,5801	-684,33	2350,763	-4821,67
-75,5801	-684,33	2350,763	-4821,67
124,1035	-558,91	1814,125	-5158,73
124,1035	-558,91	1814,125	-5158,73

Çizelge 1.98. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	8548,993	30732,78	32954,7	32954,7	-13563	-2399,27	0
0	8548,993	30732,78	32954,7	32954,7	-13563	-2399,27	0
0	8548,993	30732,78	32954,7	32954,7	-13563	-2399,27	0
0	8548,993	30732,78	36641,84	36641,84	-7224,08	3939,634	0
0	8548,993	30732,78	36641,84	36641,84	-7224,08	3939,634	0

Çizelge 1.99. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	68143,55	-4981,47	-4981,47	74624,33	74624,33	0
0	0	68143,55	-4981,47	-4981,47	74624,33	74624,33	0
0	0	68143,55	-4981,47	-4981,47	74624,33	74624,33	0
0	0	68143,55	-14890,4	-14890,4	57588,92	57588,92	0
0	0	68143,55	-14890,4	-14890,4	57588,92	57588,92	0

Çizelge 1.100. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	19,35	24,77	21,01	21,01	24,86	24,76	19,2	24,86
17,55	17,69	22,64	19,21	19,21	22,72	22,63	17,55	22,72
16,2	16,32	20,89	17,72	17,72	20,97	20,88	16,2	20,97
19,2	19,35	24,77	21,57	21,57	23,28	23,25	19,2	24,77
17,55	17,69	22,64	19,72	19,72	21,27	21,25	17,55	22,64

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Düz dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman –Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.101. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	550
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	700
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	56	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	56	550

Çizelge 1.102. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-461,004	-282,288	2721,584	-1200,14
-461,004	-282,288	2721,584	-1200,14
-461,004	-282,288	2721,584	-1200,14
-484,697	-286,721	2704,401	-1182,96
-484,697	-286,721	2704,401	-1182,96

Çizelge 1.103. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	3157,511	7435,004	7435,004	-1581,61	-17242,8	-12968,3	0
0	3157,511	7435,004	7435,004	-1581,61	-17242,8	-12968,3	0
0	3157,511	7435,004	7435,004	-1581,61	-17242,8	-12968,3	0
0	3157,511	7435,004	7435,004	-1581,61	-17605,2	-13840,1	0
0	3157,511	7435,004	7435,004	-1581,61	-17605,2	-13840,1	0

Çizelge 1.104. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	12451,36	12451,36	65175,83	76559,51	76559,51	0
0	0	12451,36	12451,36	65175,83	76559,51	76559,51	0
0	0	12451,36	12451,36	65175,83	76559,51	76559,51	0
0	0	12451,36	12451,36	65175,83	77221,54	77221,54	0
0	0	12451,36	12451,36	65175,83	77221,54	77221,54	0

Çizelge 1.105. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,31	16,38	16,38	23,05	24,41	24,33	15,24	24,41
13,93	13,99	14,98	14,98	21,07	22,31	22,24	13,93	22,31
12,86	12,91	13,82	13,82	19,44	20,59	20,52	12,86	20,59
15,24	15,31	16,38	16,38	23,05	24,48	24,41	15,24	24,48
13,93	13,99	14,98	14,98	21,07	22,38	22,31	13,93	22,38

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Helis dişli – Düz dişli alternatifinde Rulman – Dişli – Dişli – Rulman –Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.106. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	550
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	700
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	550

Çizelge 1.107. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-2002,37	1242,458	3920,663	-6118,3
-2002,37	1242,458	3920,663	-6118,3
-2002,37	1242,458	3920,663	-6118,3
-1560,53	1125,725	2706,725	-5797,58
-1560,53	1125,725	2706,725	-5797,58

Çizelge 1.108. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	36270,61	44819,6	86743,91	75580,2	66902,42	0	0
0	36270,61	44819,6	86743,91	75580,2	66902,42	0	0
0	36270,61	44819,6	86743,91	75580,2	66902,42	0	0
0	32862,87	41411,86	80892,08	69728,37	57344,93	0	0
0	32862,87	41411,86	80892,08	69728,37	57344,93	0	0

Çizelge 1.109. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	-178609	-178609	-257837	-257837	-183813	0	0
0	-178609	-178609	-257837	-257837	-183813	0	0
0	-178609	-178609	-257837	-257837	-183813	0	0
0	-169247	-169247	-241759	-241759	-157554	0	0
0	-169247	-169247	-241759	-241759	-157554	0	0

Çizelge 1.110. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	32,24	32,35	36,69	36,54	32,98	19,2	19,2	36,69
17,55	29,47	29,57	33,54	33,4	30,14	17,55	17,55	33,54
16,2	27,19	27,28	30,95	30,82	27,81	16,2	16,2	30,95
19,2	31,68	31,78	35,92	35,77	31,4	19,2	19,2	35,92
17,55	28,95	29,05	32,84	32,7	28,7	17,55	17,55	32,84

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Helis dişli – Helis dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.111. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	Rk(mil)
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	550
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	24	700
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	420
0,55	100	1,25	36	18	0,7	24	0,7	28	550

Çizelge 1.112. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-1791,67	1031,758	7189,188	-9523,46
-1791,67	1031,758	7189,188	-9523,46
-1791,67	1031,758	7189,188	-9523,46
-1304,01	869,206	5878,642	-9086,61
-1304,01	869,206	5878,642	-9086,61

Çizelge 1.113. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	8548,993	30732,78	87608,82	76445,1	61078,72	-11163,7	0
0	8548,993	30732,78	87608,82	76445,1	61078,72	-11163,7	0
0	8548,993	30732,78	87608,82	76445,1	61078,72	-11163,7	0
0	8548,993	30732,78	82448,64	71284,93	50758,37	-11163,7	0
0	8548,993	30732,78	82448,64	71284,93	50758,37	-11163,7	0

Çizelge 1.114. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	68143,55	-160075	-160075	-194147	0	0
0	0	68143,55	-160075	-160075	-194147	0	0
0	0	68143,55	-160075	-160075	-194147	0	0
0	0	68143,55	-146208	-146208	-166412	0	0
0	0	68143,55	-146208	-146208	-166412	0	0

Çizelge 1.115. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
19,2	19,35	24,77	32,25	31,96	33,54	19,53	19,21	33,54
17,55	17,69	22,64	29,48	29,22	30,65	17,84	17,56	30,65
16,2	16,32	20,89	27,2	26,96	28,27	16,46	16,2	28,27
19,2	19,35	24,77	31,41	31,1	31,9	19,52	19,21	31,9
17,55	17,69	22,64	28,71	28,43	29,15	17,83	17,56	29,15

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Helis dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman –Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.116. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	m3	z31	z32	Rk(mil)
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	550
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	48	700
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	56	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	0,7	24	56	550

Çizelge 1.117. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-569,46	-173,832	2856,91	-1309,96
-569,46	-173,832	2856,91	-1309,96
-569,46	-173,832	2856,91	-1309,96
-591,544	-179,874	2837,72	-1290,77
-591,544	-179,874	2837,72	-1290,77

Çizelge 1.118. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	3157,511	8065,03	2483,175	-7683,42	-20293,7	-16019,2	0
0	3157,511	8065,03	2483,175	-7683,42	-20293,7	-16019,2	0
0	3157,511	8065,03	2483,175	-7683,42	-20293,7	-16019,2	0
0	3157,511	8065,03	2483,175	-7683,42	-20656,1	-16891	0
0	3157,511	8065,03	2483,175	-7683,42	-20656,1	-16891	0

Çizelge 1.119. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	14285,3	14285,3	72789,43	80366,31	80366,31	0
0	0	14285,3	14285,3	72789,43	80366,31	80366,31	0
0	0	14285,3	14285,3	72789,43	80366,31	80366,31	0
0	0	14285,3	14285,3	72789,43	81028,34	81028,34	0
0	0	14285,3	14285,3	72789,43	81028,34	81028,34	0

Çizelge 1.120. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,31	16,64	16,38	23,88	24,83	24,74	15,24	24,83
13,93	13,99	15,21	14,98	21,83	22,7	22,62	13,93	22,7
12,86	12,91	14,04	13,82	20,15	20,95	20,87	12,86	20,95
15,24	15,31	16,64	16,38	23,88	24,9	24,82	15,24	24,9
13,93	13,99	15,21	14,98	21,83	22,76	22,69	13,93	22,76

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Konik dişli – Düz dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.121. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	550
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	700
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	28	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	28	550

Çizelge 1.122. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-549,19	-359,077	1778,862	-257,416
-549,19	-359,077	1778,862	-257,416
-549,19	-359,077	1778,862	-257,416
-442,486	-303,229	1485,695	-410,858
-442,486	-303,229	1485,695	-410,858

Çizelge 1.123. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	3157,511	8509,462	1541,322	-2733,17	-16145,2	-16145,2	0
0	3157,511	8509,462	1541,322	-2733,17	-16145,2	-16145,2	0
0	3157,511	8509,462	1541,322	-2733,17	-16145,2	-16145,2	0
0	3157,511	8509,462	3405,822	-868,675	-13008,3	-13008,3	0
0	3157,511	8509,462	3405,822	-868,675	-13008,3	-13008,3	0

Çizelge 1.124. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	15579	21597,01	21597,01	52295,39	52295,39	0
0	0	15579	21597,01	21597,01	52295,39	52295,39	0
0	0	15579	21597,01	21597,01	52295,39	52295,39	0
0	0	15579	16474,34	16474,34	43676,79	43676,79	0
0	0	15579	16474,34	16474,34	43676,79	43676,79	0

Çizelge 1.125. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,31	16,83	17,39	17,41	21,87	21,87	15,24	21,87
13,93	13,99	15,38	15,9	15,91	19,99	19,99	13,93	19,99
12,86	12,91	14,2	14,67	14,69	18,44	18,44	12,86	18,44
15,24	15,31	16,83	16,7	16,65	20,74	20,74	15,24	20,74
13,93	13,99	15,38	15,26	15,22	18,96	18,96	13,93	18,96

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Konik dişli – Helis dişli alternatifinde Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.126. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	z22	m3	z31	Rk(mil)
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	550
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	700
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	28	420
0,55	200	2	60	21	1,25	36	72	0,7	28	550

Çizelge 1.127. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-1341,84	433,5722	4161,534	-2708,4
-1341,84	433,5722	4161,534	-2708,4
-1341,84	433,5722	4161,534	-2708,4
-1102,01	356,29	3516,993	-2500,71
-1102,01	356,29	3516,993	-2500,71

Çizelge 1.128. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	3157,511	8509,462	28004,11	23729,61	30539,36	-5581,86	0
0	3157,511	8509,462	28004,11	23729,61	30539,36	-5581,86	0
0	3157,511	8509,462	28004,11	23729,61	30539,36	-5581,86	0
0	3157,511	8509,462	25424,02	21149,53	25379,19	-5581,86	0
0	3157,511	8509,462	25424,02	21149,53	25379,19	-5581,86	0

Çizelge 1.129. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	15579	-60229,8	-60229,8	-97073,5	0	0
0	0	15579	-60229,8	-60229,8	-97073,5	0	0
0	0	15579	-60229,8	-60229,8	-97073,5	0	0
0	0	15579	-53296	-53296	-83205,9	0	0
0	0	15579	-53296	-53296	-83205,9	0	0

Çizelge 1.130. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
15,24	15,31	16,83	23,18	23	26,6	15,49	15,25	26,6
13,93	13,99	15,38	21,19	21,02	24,31	14,15	13,94	24,31
12,86	12,91	14,2	19,55	19,4	22,43	13,06	12,86	22,43
15,24	15,31	16,83	22,37	22,17	25,3	15,48	15,24	25,3
13,93	13,99	15,38	20,44	20,27	23,12	14,15	13,93	23,12

## EK-1. (Devam) Veri tabanı çıktı örnekleri

Aşağıda veri tabanının; Konik dişli – Konik dişli – Konik dişli alternatifinde Dişli – Dişli – Rulman –Dişli – Rulman sıralamasının satırlarına örnek verilmiştir.

Çizelge 1.131. Girdi parametreleri

P (kw)	n (dev/dak)	m1	z11	z12	m2	z21	z22	m3	z31	z32	Rk(mil)
1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	48	420
1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	48	550
1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	48	700
1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	56	420
1,5	100	2	60	21	1,25	36	72	0,7	24	56	550

Çizelge 1.132. Rulman üzerine gelen kuvvetler

r 2 1	r 1 1	r 2 2	r 1 2
-2790,22	-1508,73	14950,21	-6651,41
-2790,22	-1508,73	14950,21	-6651,41
-2790,22	-1508,73	14950,21	-6651,41
-2915,36	-1536,99	14854,92	-6556,13
-2915,36	-1536,99	14854,92	-6556,13

Çizelge 1.133. Düşey düzleme göre moment değerleri

m 1-1	m 1-2	m 1-3	m 1-4	m 1-5	m 1-6	m 1-7	m 1-8
0	17222,78	40990,28	17674,85	-24135,2	-101806	-78490,2	0
0	17222,78	40990,28	17674,85	-24135,2	-101806	-78490,2	0
0	17222,78	40990,28	17674,85	-24135,2	-101806	-78490,2	0
0	17222,78	40990,28	17674,85	-24135,2	-103782	-83245,3	0
0	17222,78	40990,28	17674,85	-24135,2	-103782	-83245,3	0

Çizelge 1.134. Yatay düzleme göre moment değerleri

m 2-1	m 2-2	m 2-3	m 2-4	m 2-5	m 2-6	m 2-7	m 2-8
0	0	69184,81	69184,81	361423,4	420556,7	420556,7	0
0	0	69184,81	69184,81	361423,4	420556,7	420556,7	0
0	0	69184,81	69184,81	361423,4	420556,7	420556,7	0
0	0	69184,81	69184,81	361423,4	424167,8	424167,8	0
0	0	69184,81	69184,81	361423,4	424167,8	424167,8	0

Çizelge 1.135. Mil çapı değerleri

Do-1	Do-2	Do-3	Do-4	Do-5	Do-6	Do-7	Do-8	Do
26,83	26,94	28,89	28,52	40,8	43,11	42,96	26,83	43,11
24,52	24,63	26,41	26,06	37,29	39,4	39,26	24,52	39,4
22,63	22,72	24,37	24,05	34,41	36,36	36,23	22,63	36,36
26,83	26,94	28,89	28,52	40,8	43,23	43,1	26,83	43,23
24,52	24,63	26,41	26,06	37,29	39,52	39,39	24,52	39,52

## EK-2. Mil üzerindeki elemanların dizilişleri

Veri tabanı ve bilgisayar programı, üzerinde 2 adet rulman ve 3 adet dişli bulunduran miller için hazırlanmıştır. Bu elemanların mil üzerindeki 5 farklı sıralanışı ele alınmıştır.

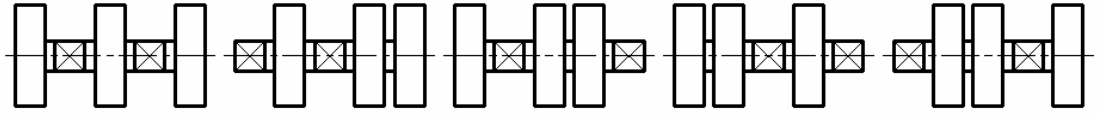
Dişli – Rulman – Dişli – Rulman – Dişli

Rulman – Dişli – Rulman – Dişli – Dişli

Dişli – Rulman – Dişli – Dişli – Rulman

Dişli – Dişli – Rulman – Dişli – Rulman

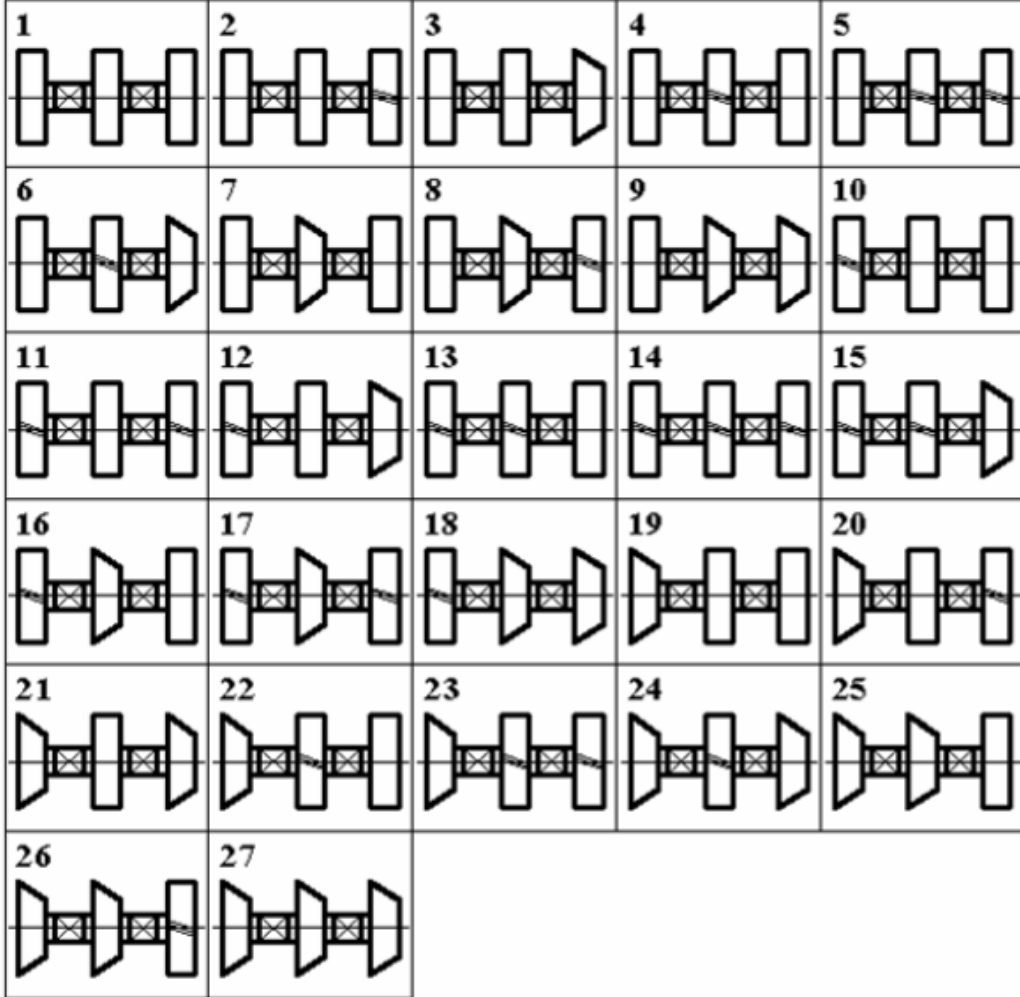
Rulman – Dişli – Dişli – Rulman – Dişli



Şekil 2.1. Mil üzerindeki elemanların sıralanış şekilleri

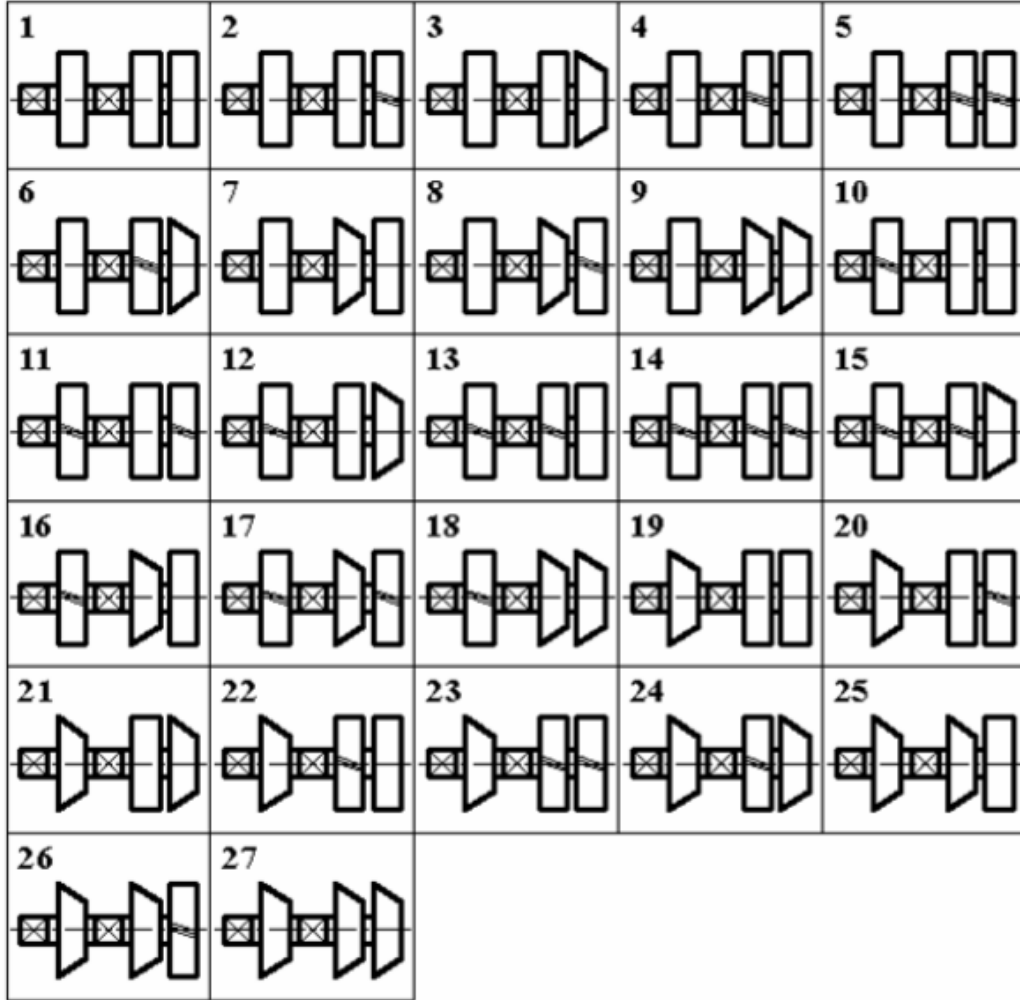
EK-2.(Devam) Mil üzerindeki elemanların dizilişleri

Veri tabanı ve bilgisayar programında, mil üzerindeki 3 adet dişli çarkın düz, helis veya konik dişli seçenekleri ne göre 27 farklı sıralanış alternatifi oluşturulmuştur.



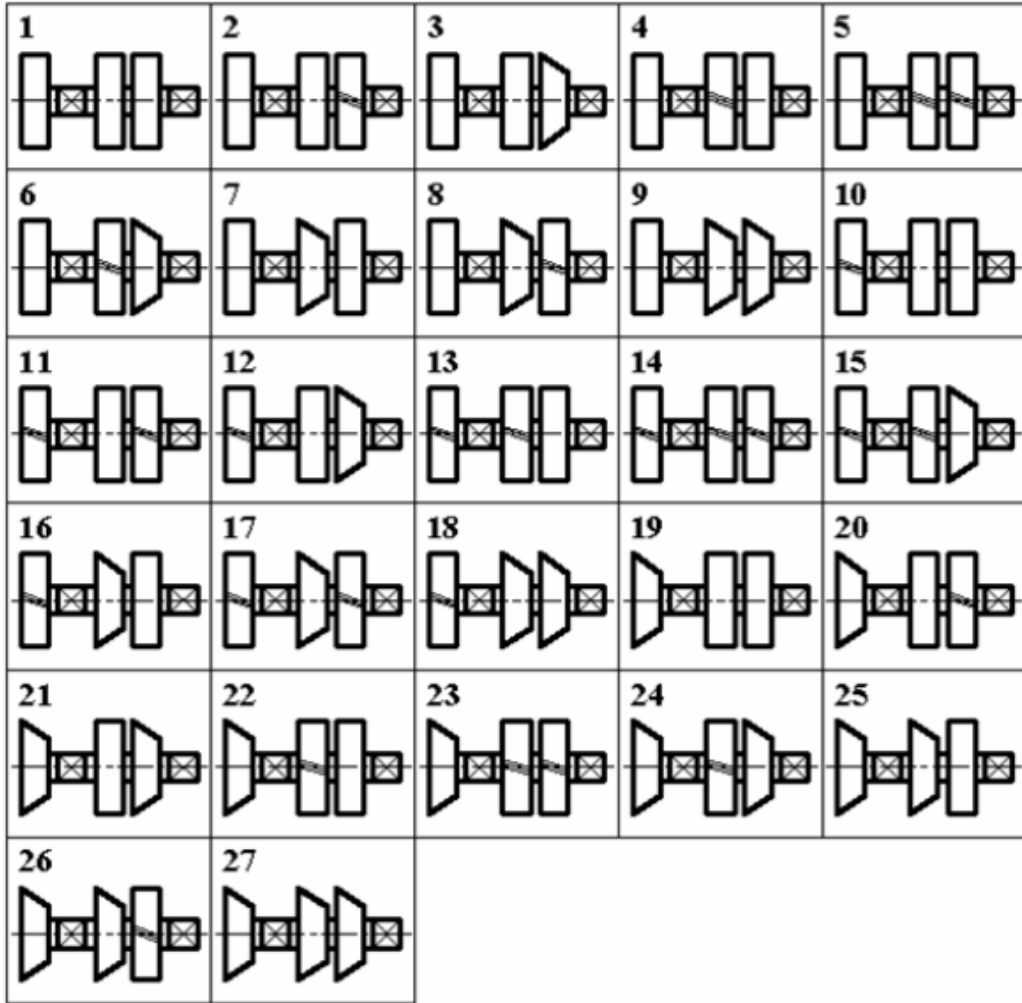
Şekil 2.2. Dişli–Rulman–Dişli–Rulman–Dişli sıralamasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması

EK-2.(Devam) Mil üzerindeki elemanların dizilişleri



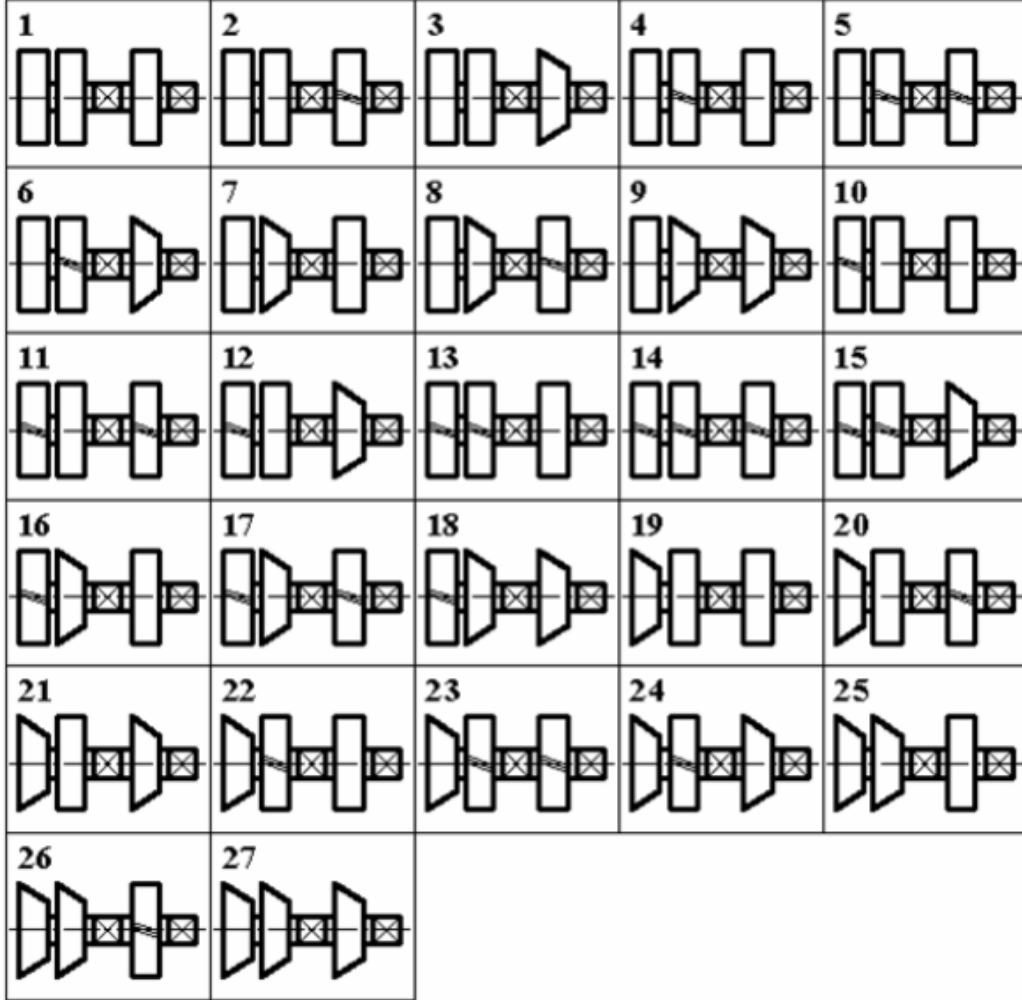
Şekil 2.3. Rulman–Dişli–Rulman–Dişli–Dişli sıralamasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması

EK-2.(Devam) Mil üzerindeki elemanların dizilişleri



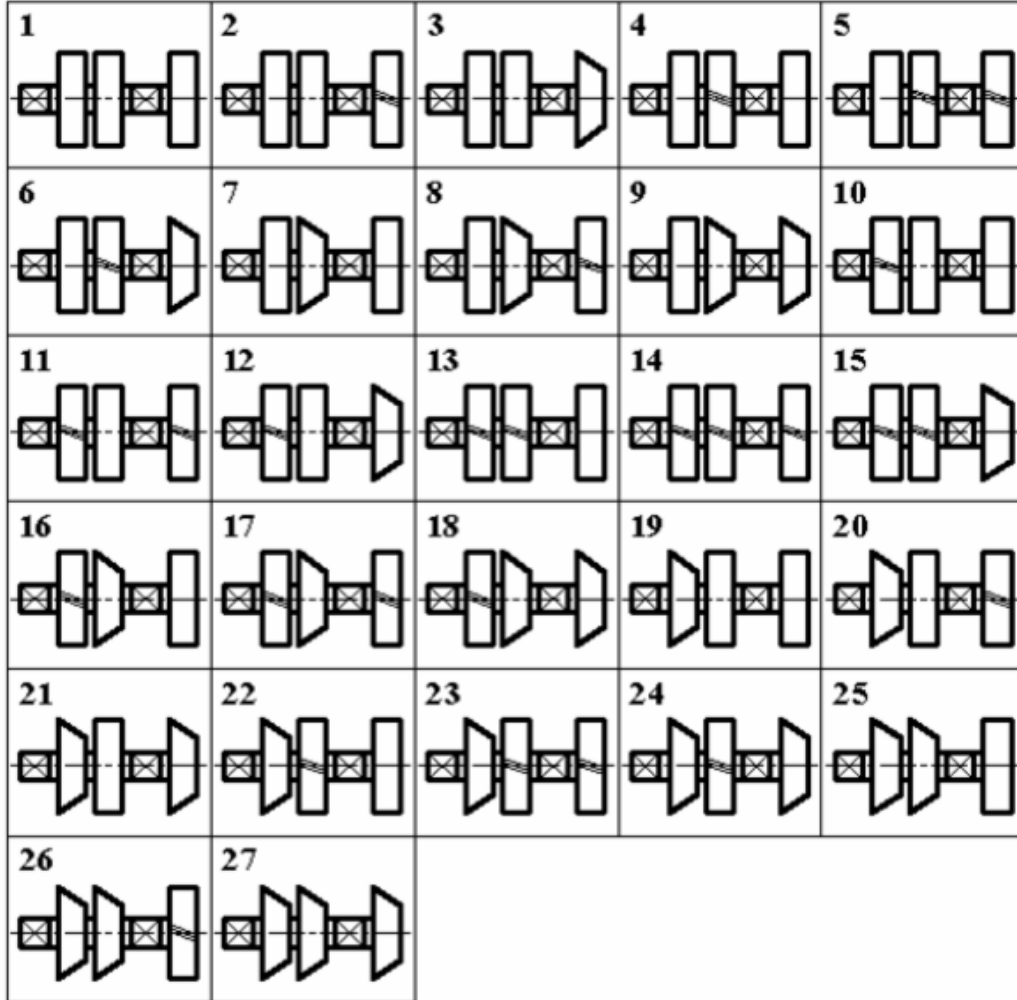
Şekil 2.4. Dişli-Rulman-Dişli-Dişli-Rulman sıralamasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması

EK-2.(Devam) Mil üzerindeki elemanların dizilişleri



Şekil 2.5. Dişli-Dişli-Rulman-Dişli-Rulman sıralamasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması

EK-2.(Devam) Mil üzerindeki elemanların dizilişleri



Şekil 2.6. Rulman–Dişli–Dişli–Rulman–Dişli sıralamasında dişli çark çeşitlerinin uygulanması



EK-3.(Devam) Örnek çözüm

II. dişli çarkın diş sayısı ( $Z_2$ ) = 26

III. dişli çarkın modülü ( $m_3$ ) = 2,5

III. dişli çarkın diş sayısı ( $Z_3$ ) = 40

Mil malzemesi = Ç 1020

Milin içinin boşluk oranı ( $K$ ) = 0 (Dolu mil)

Mil üzerindeki elemanların merkezleri arası 60 mm olarak alınmıştır.

Milin dönüş yönü saat yönü olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki I. dişli çevrilen olarak alınmıştır.

Mil üzerindeki aksenal yükü II. rulman karşılamaktadır.

Çalışma şartı olarak “Yük yavaş yavaş uygulanıyorsa” olarak alınmıştır.

Eğilme faktörü ( $K_e$ ) = 1,5

Burulma faktörü ( $K_b$ ) = 1

Mil üzerindeki dişlilerin karşılık dişlilerinin konumu sırasıyla “alt”, “üst” ve “alt” alınmıştır.

Helis dişli çarkın helis yönü “sağ helis” alınmıştır.

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

Çözüm

Güç ve açısal hızdan burulma momenti (T) bulunur.

Gücün girdiği dişli çarkta bulunan tork;

$$P = T \times W \Rightarrow T = \frac{P}{W} \Rightarrow T = \frac{1.25 \times 1000}{500 \times \frac{2 \times \pi}{60}} \Rightarrow T = 23,873 \text{ Nm} \Rightarrow T = 23873 \text{ Nmm}$$

İkinci dişli çarkta bulunan tork;

$$P = T \times W \Rightarrow T = \frac{P}{W} \Rightarrow T = \frac{1 \times 1000}{500 \times \frac{2 \times \pi}{60}} \Rightarrow T = 19,1 \text{ Nm} \Rightarrow T = 19100 \text{ Nmm}$$

Üçüncü dişli çarkta bulunan tork;

$$23873 = 19100 + T_3 \Rightarrow T_3 = 4773 \text{ Nmm}$$

Üçüncü dişli çarkın gücü;

$$P = T \times W \Rightarrow P_3 = 4773 \times 500 \times \frac{2 \times \pi}{60} \Rightarrow P_3 = 250 \text{ W} \Rightarrow P_3 = 0,25 \text{ KW}$$

Tork diyagramı hazırlanır.



Şekil 3.4. Tork diyagramı

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

I. Dişli çarkın teğetsel kuvveti bulunur.

$$T = F_{t_1} \times \frac{D_1}{2} \Rightarrow F_{t_1} = \frac{2 \times T}{D_1} \Rightarrow F_{t_1} = \frac{2 \times 23873}{1 \times 32} \Rightarrow F_{t_1} = 1492 \text{ N}$$

I. Dişli çarkın radyal kuvveti bulunur.

$$F_{r_1} = F_{t_1} \times \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow F_{r_1} = 1492 \times \operatorname{tg} 20 \Rightarrow F_{r_1} = 543 \text{ N}$$

II. Dişli çarkın teğetsel kuvveti bulunur.

$$T = F_{t_2} \times \frac{D_2}{2} \Rightarrow F_{t_2} = \frac{2 \times T}{D_2} \Rightarrow F_{t_2} = \frac{2 \times 19100}{\frac{1,5 \times 26}{\cos 12}} \Rightarrow F_{t_2} = 958 \text{ N}$$

II. Dişli çarkın radyal kuvveti bulunur.

$$F_{r_2} = F_{t_2} \times \operatorname{tg} \alpha / \cos \Psi \Rightarrow F_{r_2} = 958 \times \operatorname{tg} 20 / \cos 12 \Rightarrow F_{r_2} = 356,5 \text{ N}$$

II. Dişli çarkın aksenal kuvveti bulunur.

$$F_{a_2} = F_{t_2} \times \operatorname{tg} \psi \Rightarrow F_{a_2} = 958 \times \operatorname{tg} 12 \Rightarrow F_{a_2} = 203,6 \text{ N}$$

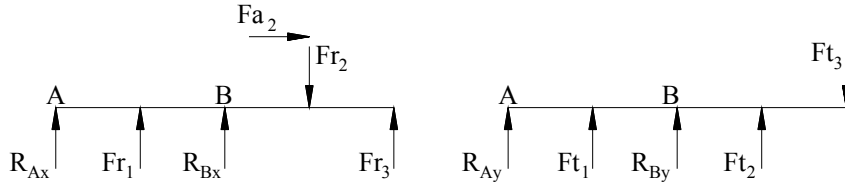
III. Dişli çarkın teğetsel kuvveti bulunur.

$$T = F_{t_3} \times \frac{D_3}{2} \Rightarrow F_{t_3} = \frac{2 \times T}{D_3} \Rightarrow F_{t_3} = \frac{2 \times 4773}{2,5 \times 40} \Rightarrow F_{t_3} = 95,5 \text{ N}$$

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

III. Dişli çarkın radyal kuvveti bulunur.

$$F_{r_3} = F_{t_3} \times \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow F_{r_3} = 95,5 \times \operatorname{tg} 20 \Rightarrow F_{r_3} = 34,5 \text{ N}$$



Şekil 3.2. Mile etki eden kuvvetler

Düşey düzlemde moment;

$$\sum M_A = 0$$

$$-60 \times 543 - 120 \times R_B + 180 \times 356,5 + \frac{1,5 \times 26}{2 \times \cos 12} \times 203,6 - 240 \times 34,5 = 0$$

$$R_B = 228 \text{ N}$$

Düşey düzlemde kuvvet;

$$\sum F = 0$$

$$R_A + 543 + 228 - 356,5 + 34,5 = 0$$

$$R_A = -449 \text{ N}$$

Yatay düzlemde moment;

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

$$\sum M_A = 0$$

$$-1492 \times 60 - 120 \times R_B - 180 \times 958 + 240 \times 95,5 = 0$$

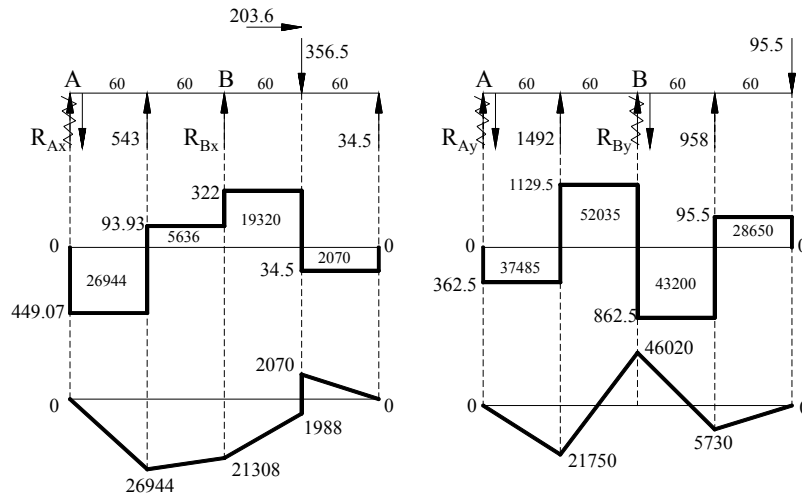
$$R_B = -1992 \text{ N}$$

Yatay düzlemde kuvvet;

$$\sum F = 0$$

$$R_A + 1492 - 1992 + 958 - 95,5 = 0$$

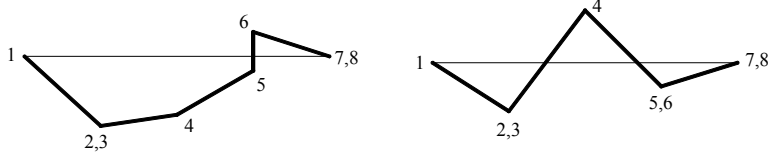
$$R_B = -362,5 \text{ N}$$



Şekil 3.3. Kuvvet ve moment diyagramları

Mil üzerinde bulunan dişli çark ve rulmanların bulunduğu noktalarda moment değerleri bulunmuştur.

## EK-3.(Devam) Örnek çözüm



Şekil 3.4. Moment noktaları

I. Rulman ve III. Dişli çarkın bulunduğu yerdeki momentler sıfırdır.

$$M1 = 0$$

$$M7 = 0$$

$$M8 = 0$$

I.Dişli çarkın bulunduğu yerdeki moment;

$$M2 = \sqrt{26944^2 + 21750^2} = 34627 \text{ Nmm}$$

I.Dişli çark düz dişli olduğundan, dişli çarkın bulunduğu noktadaki 2 momentin de değeri aynıdır.

$$M2 = M3$$

II.Rulmanın bulunduğu yerdeki moment;

$$M4 = \sqrt{21308^2 + 46020^2} = 50713 \text{ Nmm}$$

II.Dişli çarkın bulunduğu yerdeki moment;

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

$$M_5 = \sqrt{1988^2 + 5730^2} = 6065 \text{ Nmm}$$

II.Dişli çarkın aksenal kuvvetinde etkisiyle bulunan moment;

$$M_6 = \sqrt{2070^2 + 5730^2} = 6092 \text{ Nmm}$$

Mil malzemesinin kesme açısından ömür faktörü;

$$\tau_D = 0,18 \times \sigma_k = 0,18 \times 420 = 75,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_D = 0,3 \times \sigma_k = 0,3 \times 260 = 78 \text{ N/mm}^2$$

Kamalı birleştirmeden dolayı kesme açısından ömür faktörü;

$$\tau_D = 0,75 \times \sigma_k = 0,3 \times 75,6 = 56,7 \text{ N/mm}^2$$

Mil üzerindeki aksenal kuvvet çekme kuvveti olduğundan mil çapı formülünde  $F_a=0$  alınır.

Bulunan moment noktalarında mil çapı hesaplanır.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times \tau_D \times (1 - K^4)} \times \sqrt{(K_e \times M)^2 + (K_b \times T)^2}}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 34627)^2 + (1 \times 0)^2}} = 16,7 \text{ mm}$$

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 34627)^2 + (1 \times 23873)^2}} = 17,25 \text{ mm}$$

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 50713)^2 + (1 \times 23873)^2}} = 19,27 \text{ mm}$$

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 6065)^2 + (1 \times 23873)^2}} = 13,19 \text{ mm}$$

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 6092)^2 + (1 \times 4773)^2}} = 9,75 \text{ mm}$$

$$d_7 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 0)^2 + (1 \times 4773)^2}} = 7,54 \text{ mm}$$

$$d_8 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 56,7} \times \sqrt{(1,5 \times 0)^2 + (1 \times 4773)^2}} = 7,54 \text{ mm}$$

Eksenel kuvveti 2. rulman taşıdığından,

$$R_A = \sqrt{449^2 + 362,5^2} = 577 \text{ N}$$

Rulman katalogundan,

$$d_1 = 10 \text{ mm için}$$

$$C_{\text{iso}} = 4,00 \text{ kN}$$

EK-3.(Devam) Örnek çözüm

$$L_C = \left( \frac{C}{P} \right)^m$$

$$L_C = \left( \frac{4 \times 1000}{577} \right)^3 = 333,16 \times 10^6 \text{ dev}$$

$$L_h = \frac{L_C \times 10^6}{n \times 60} = \frac{333,16 \times 10^6}{500 \times 60} = 11105 \text{ saat}$$

Mil çapı olarak bulunan değerlerden en büyüğü alınır.

$$d_4 = 19,27 \text{ mm}$$

## EK-3.(Devam) Örnek çözüm

Aynı girdilerle bilgisayar programıyla çözüm aşağıdadır.

**Mil üzerindeki elemanların dizilişi**

**Seçilen dizilim**

**Dişli çark çeşitlerinin diziliş alternatifleri**

**Hesaplama**

I. Dişli Çark		II. Dişli Çark		III. Dişli Çark	
Modül	1	1.5	2.5	Modül	2.5
Diş Sayısı	32	26	40	Diş Sayısı	40
Karşılık dişlisinin diş sayısı	15	15	15	Karşılık dişlisinin diş sayısı	15
Karşılık dişlisinin konumu	alt	ust	alt	Karşılık dişlisinin konumu	alt
Helis yönü		sag			

Şekil 3.5. Mil çapı hesabı için girdilerin seçimi

**Sonuç**

**Dişli Çarkların Boyutlandırması**

I. Dişli Çark		II. Dişli Çark		III. Dişli Çark	
m	1	m	1.5	m	2.5
Z	32	Z	26	Z	40
p	3.14	Helis aç	12	p	7.85
Do	32	Helis yö	sag	Do	100
Da	34	p	4.71	Da	105
Df	29.67	Do	39.87	Df	94.17
b	12.57	Da	42.87	b	31.42
		Df	36.37		
		b	28.91		

Şekil 3.6. Mil çapı sonucu

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZBAŞARAN, Levent  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 07.03.1981 Bursa  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (535) 939 65 78  
e-mail : [leventozbasaran@hotmail.com](mailto:leventozbasaran@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Bölümü	2004
Lise	Hürriyet Teknik Lisesi	1999

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-	-	-

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayımlar

1. Başak, H., Özbaşaran, L., “İnventor ile Tasarım ve Modelleme”, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 2006.

### Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Basketbol