

# BİLGİSAYAR YARDIMIYLA DÜZ, HELİSEL, KONİK ve SONSUZ VİDA DİŞLİ MEKANİZMALARININ BOYUTLANDIRILMASI ve ANALİZİ

**Fatih KARPAT \***, **Kadir ÇAVDAR \*\***,  
**Fatih C. BABALIK \*\*\***

*Dişli çarklar binlerce yıldan beri kullanılan makina elemanlarıdır. Farklı boyut, malzeme ve uygulamalarda olsalar da dişli çarklar hemen her makinada, giriş ve çıkış milleri arasında şekil bağıyla kuvvet ve hareket ileten eleman olarak karşımıza çıkarlar.*

*Bu çalışmada; karmaşık bir süreç olan dişli çarkların yaklaşık tasarım ve sonlu elemanlar analizini kolaylaştırarak, olası hesap hatalarını ve süresini en aza indirmek amacıyla geliştirilmiş olan bilgisayar programları tanıtılacaktır.*

**Anahtar sözcükler:** Dişli çark tasarımı, bilgisayar destekli hesap

*Gears are machine elements that have been used for thousand years. Despite the variations of dimensions, materials and applications of gears, those are called machine elements which transmit force and movement among input and output shafts with shape connection.*

*In this paper, two computer programs will be introduced, which are developed for decreasing the computation time and errors, by facilitating design process.*

**Keywords:** Gear design, computer aided design

\* Arş.Gör.Y.Müh. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Müh. Bölümü

\*\* Arş.Gör.Dr. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Müh. Bölümü

\*\*\* Prof.Dr. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Müh. Bölümü

## GİRİŞ

Bugün sanayide kullanılan dişli çarklar; silindirik dişli çarklar, konik dişli çarklar ve vida mekanizmaları olarak üç ana sınıfa ayrılırlar [1]. Bu üç sınıfın alt grupları da giriş ve çıkış millerinin konumuna, dişlerin profiline göre oluşturulur.

Dişli çarkların boyutlandırılması ve modellenmesi alanlarında literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Hefeng, Savage ve Knorr [2] yaptıkları çalışmada kremayer bıçak ile imal edilmiş silindirik düz dişli çarkların bilgisayar ortamında modellenmesini gerçekleştirmiş ve geometrik ifadeler elde etmiştir. Rao [3] çalışmasında gerilme analizinde kullanılmak üzere helisel dişli çarkların üç boyutlu modelini elde etmek için temel matematiksel denklemler vermiştir. Arıkan ve Tamar [4], çalışmalarında daha önceden Tsay [5] tarafından kullanılmış olan diş oluşturma metodunu kullanarak, üç boyutlu diş modelini Ideas programıyla gerçekleştirmişlerdir. Akkurt ve Engin [6] helisel dişli çarkların tasarımı için Autocad-ADS lisansını kullanan bir program geliştirmişlerdir. Bu programda, ilk aşamada girilen veriler kullanılarak önce dişli çark boyutlandırılmakta ve imalatta kullanılacak çizimler Autocad programında otomatik olarak elde edilmektedir. Fetvacı [7], ANSYS sonlu elemanlar analiz programını kullanarak, iki boyutlu düz dişli

modellenmesini gerçekleştirmiş ve ANSYS programının parametrik dizayn modülünü etkin olarak kullanarak diş kuvvetlerinin tatbikinde otomasyon sağlayan bir makro program geliştirmiştir. Argyris, Donno ve Litvin [8] sonsuz vida mekanizmalarının temas çizgilerini belirleyerek grafiksel çözüm sunan bir programı Visual Basic yazılım dilini kullanarak geliştirmişlerdir. Bu program, mekanizmanın iletim hatalarının analizine imkan vermektedir. Çavdar ve Karpaz [9] tarafından sunulan yayının devamı olarak hazırlanan bu çalışmada, programlar ve yaklaşım tamamen yenilenmiştir.

Dişli çarkların boyutlandırılmasında kullanılan hesap yöntemlerinde genel olarak

- diş dibi mukavemetine ve
- yan yüzey mukavemetine

göre modül ( $m$ ) hesaplanarak başlanır. Hesaplamalarda sürekli mukavemet veya zaman mukavemeti isteğine bağlı olarak malzeme emniyet değerlerinin yanı sıra çalışma şartlarını ifade eden çok sayıda faktör kullanılır. Bu faktörler, dişli çark hesaplamalarının uzun ve karmaşık olmasının nedeni olarak gösterilebilirler. Uygun sonuçlara ulaşılmadığında yaşanan, hesap adımlarında sıklıkla önceki adımlara geri dönme zorunlulukları da zaman kaybı ve hesap hatalarına neden olmaktadır.

Dişli çark boyutlandırma süreci çeşitli alanlarda kapsamlı bilgiler, tecrübe ve yoğun bir mühendislik çalışması gerektirmektedir. Tasarımcı hesaplama sürecinde faktörlerin ne anlama geldiğinden, dişli çark imalat bilgilerine kadar uzanan geniş bir yelpazede bilgiye ihtiyaç duyar. Tasarımcının bu bilgilere güvenli ve hızlı bir şekilde ulaşması tasarım sürecinin verimliliği için önemlidir.

## GENEL DIŞLI ÇARK BOYUTLANDIRMA SÜRECİ

Millerin konumuna ve diş şekillerine göre ayrı ayrı sınıflandırılan dişli çark mekanizmalarının yaklaşık boyutlandırma hesapları da bazı farklılıklar gösterir.

Mekanizma hesaplarında *fonksiyon emniyeti* yani istenen gücün emniyetle nakli ön plandadır. Bunun yanında; boyut, ağırlık ve gürültü minimizasyonu da arzu edilir. Sayılan tüm bu kriterlere uygun olarak mekanizmaları boyutlandırmak için çeşitli hesap yöntemleri geliştirilerek standartlaştırılmıştır. Bu standartlardan bir tanesi olan DIN (Deutsches Institut für Normung), yayında tanıtılacak bilgisayar programlarında temel alınmıştır.

Bu standarda göre; düz ve helisel dişli çark mekanizmalarında diş dibi mukavemeti açısından modül (düz çm'da *alın* modül, helisel çm'da *normal* modül) değeri:

$$m \geq 3 \sqrt{\frac{2 \cdot M_d \cdot \cos \beta \cdot K_A}{z_1 \frac{b}{m} \sigma_{Fem}} Y_F \cdot Y_\epsilon \cdot K_{F\alpha}} \quad (1)$$

yan yüzey mukavemeti açısından:

$$m \geq 3 \sqrt{\frac{u+1}{u} \frac{2 \cdot M_d \cdot \cos^2 \beta \cdot K_A}{z_1^2 \frac{b}{m} \sigma_{Hem}^2} K_{H\alpha}^2 \cdot Z_E^2 \cdot Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2} \quad (2)$$

denklemleri ile yaklaşık olarak hesaplanabilir.

Konik dişli çark mekanizmalarında ortalama çaptaki yaklaşık modül değeri için diş dibi mukavemeti açısından:

$$m \geq 3,75 \sqrt[3]{\frac{M_d \cdot K_A \cdot \sin \delta_1}{z_1^2 \cdot \sigma_{Flim}}} \quad (3)$$

yan yüzey mukavemeti açısından:

$$m \geq \frac{205}{z_1} \sqrt[3]{\frac{M_d \cdot K_A \cdot \sin \delta_1}{u \cdot \sigma_{Hlim}^2}} \quad (4)$$

denklemleri kullanılır.

Sonsuz vida dişli mekanizmalarında ise modül hesabı ise:

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{0,8 \cdot M_{d2}}{\frac{d_{m1}}{m} C_{em} \cdot z_2}} \quad (5)$$

denklemleriyle yapılabilir.

Bu bağıntılarda kullanılan sembollerin anlamları da şöyle özetlenebilir:  $m$ : Modül [mm],  $z$ : Diş sayısı,  $b$ : Diş genişliği [mm],  $M_d$ : Dişliye etkiyen döndürme momenti [Nmm],  $u$ : Diş sayıları oranı ( $u = z_1 / z_2$ ),  $\beta$ : Helis açısı [°],  $K_A$ : İşletme faktörü,  $K_{Fa}$ ,  $K_{H\alpha}$ : Alın ve yan yüzey yük dağılım faktörleri,  $Y_f$ : Diş form faktörü,  $Y_e$ : Diş dibi hesabı için kavrama faktörü,  $\sigma_{Flim}$ ,  $\sigma_{Hlim}$ ,  $\sigma_{Fem}$ ,  $\sigma_{Hem}$ : Malzeme emniyet değerleri [N/mm<sup>2</sup>],  $Z_e$ :

Yan yüzey hesabı için kavrama faktörü,  $Z_E$ : Elastisite faktörü  $\left[ \sqrt{N/mm^2} \right]$ ,  $Z_H$ : Bölge faktörü,  $C_{em}$ : Yükleme katsayısı,  $d_m$ : Vida ortalama çapı [mm].

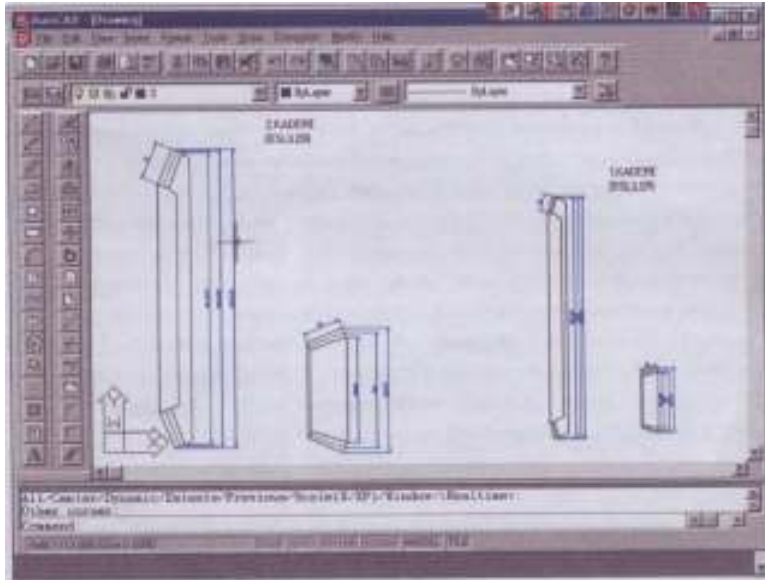
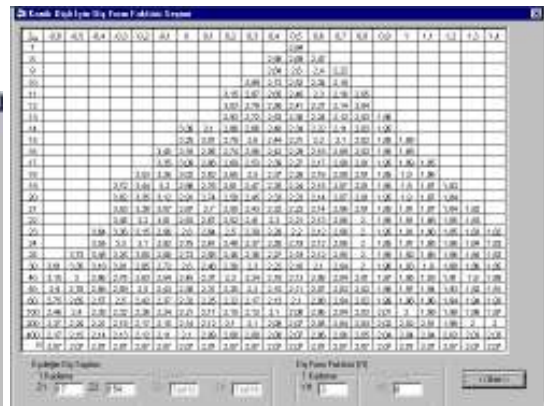
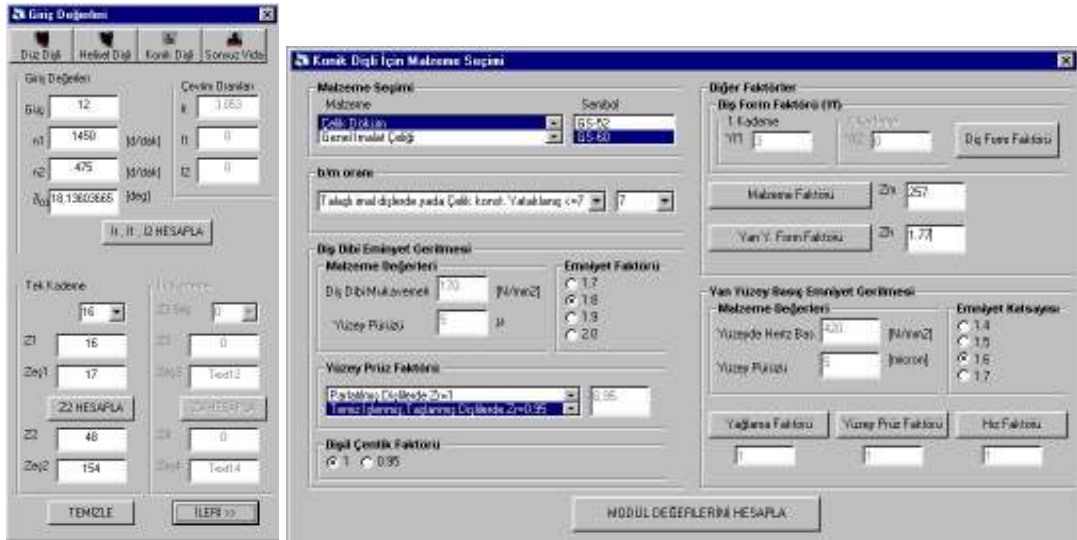
## HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI

Farklı platformlarda çalışan iki ayrı bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programlar arasında veri aktarımı yoluyla ortak çalışma da yapılabilmektedir. Programların yapısı ve çalışması aşağıda tanıtılmaktadır:

### **Program 1.**

Bu programda; düz, helisel, konik ve sonsuz vida dişli mekanizmalarının boyutlandırılması ve “Autocad 2000” programında dişlilerin 2 boyutlu olarak modellenmesi gerçekleştirilmektedir. Bu programın hazırlanmasında “Visual Basic” programı kullanılmıştır.

İlk adımda mekanizma türünün seçilmesi istenmektedir. Daha sonra seçilen mekanizma türüne göre değişen formlar sayesinde veri girişleri yapıp, veri girişlerine göre oluşan hesap sonuçları anında görülebilmektedir. Kullanıcının verilerine bağlı olarak hesaplanan modül değerine yakın standart modül kullanıcı tarafından tablodan seçilir. Modül değerinin belirlenmesiyle modüle bağlı olan dişli çark boyutları hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır. Son aşamada, Autocad programı ile eş çalışılarak, mekanizmayı oluşturan dişli çarkların ön ve yan görünüşlerinden oluşan 2 boyutlu modelleme resmi elde edilmektedir. Veri girişi ve sonuçların gösterimiyle ilgili programdan alınmış bazı örnek formlar ve Autocad programında yaptırılan bir örnek çizim Şekil 1’de verilmiştir.



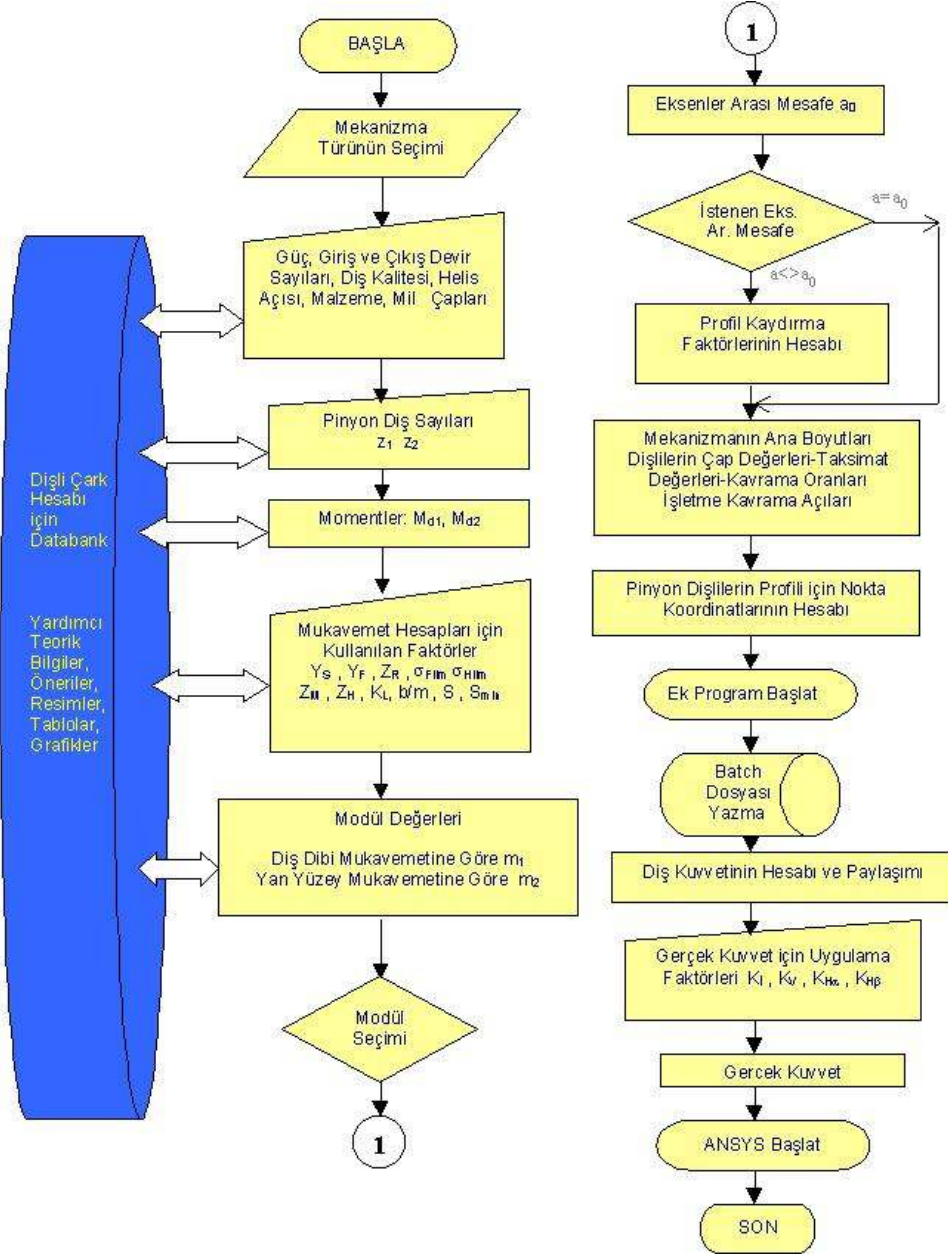
Şekil 1. Program 1: Örnek Formlar ve Hesaplama Sonucunda Oluşturulan Örnek Çizim

## Program 2.

Bu program ile hesap süreci en aza indirilerek parametrik tasarıma benzer bir çözüm amaçlanmıştır. Burada; tek ya da çift kademeli diği çark mekanizmalarının en az sürede, en az hata ile boyutlandırılmasını sağlayan ilk adımın ardından ANSYS programında sonlu elemanlar analizi için kullanılacak 3 boyutlu

dış modeli de elde edilmektedir. Dış modelinin elde edilmesinde Colbourne [6] tarafından önerilen geometrik ifadeler kullanılmıştır.

Program mantığını anlatan işlem akışı Şekil 2’de verilmiştir. Bu program, ilkinden farklı bir olarak “Microsoft Excel” uygulamasıdır. Excel’in formül yazma, makro yaratma ve “Visual Basic” nesnelere kullanılabilir özelliklerinden faydalanılarak hazırlanan programda işlemlerdeki hız ve hassasiyetinin yanı sıra görselliğiyle de kullanıcıya kolaylık sağlanmaktadır.



Şekil 2. Program-2'nin Algoritması [11]

Program, bazı örnekleri Şekil 3’te görülen çalışma sayfaları şeklinde hazırlanmış olup sayfalar arasında geçişler makrolara sahip butonlarla yapılmaktadır.

Giriş verileri

P	20000	Watt
ng	1250	d/dk
nç	125	d/dk
i T	10	<input type="button" value="Yardım"/>
i 1	3,95	
i 2	2,531648	
$\beta$	10	derece <input type="button" value="Yardım"/>
1. Mil Çapı	30	mm
2. Mil Çapı	30	mm
Dişli Kalitesi	7	<input type="button" value="Yardım"/>

Diş Sayıları

z1	21	z2	83	<input type="button" value="Yardım"/>
z3	24	z4	61	<input type="button" value="Yardım"/>
zeg1	22	zeg2	67	<input type="button" value="Yardım"/>
zeg3	25	zeg4	64	<input type="button" value="Yardım"/>
İl gerçek	3	1. Kademenin Çevrim Çarpanı	2,541667	<input type="button" value="Yardım"/>



1. Yivler

M01 =	102708	Yivler	M02 =	822075	Yivler
YF1	2,421	mm	Dr	5,172	mm
YL	1,111	mm	Dr	2,011	mm
YC	1,111	mm	Dr	2,011	mm
P F Yivleri	402	mm	P F Yivleri	5028	mm
ALSO	12	mm	ALSO	12	mm
S	1,111	mm	S	1,111	mm

2. Yivler

M03 =	909978	Yivler	M04 =	1024060	Yivler
YF2	2,421	mm	Dr	5,172	mm
YL	1,111	mm	Dr	2,011	mm
YC	1,111	mm	Dr	2,011	mm
P F Yivleri	402	mm	P F Yivleri	5028	mm
ALSO	12	mm	ALSO	12	mm
S	1,111	mm	S	1,111	mm

1. Yivler

Model 1	2,4207	mm	x20P	0,000	mm
Model 2	2,4211	mm	x1	0	mm
Model 3	2,4207	mm	x2	0,000	mm
Model 4	2,4211	mm	Dr	5,172	mm
Model 5	2,4207	mm	Dr	2,011	mm
Model 6	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 7	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 8	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 9	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 10	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 11	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 12	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 13	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 14	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 15	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 16	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 17	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 18	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 19	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 20	2,4211	mm	Dr	2,011	mm

2. Yivler

Model 21	2,4207	mm	x20P	0,000	mm
Model 22	2,4211	mm	x1	0	mm
Model 23	2,4207	mm	x2	0,000	mm
Model 24	2,4211	mm	Dr	5,172	mm
Model 25	2,4207	mm	Dr	2,011	mm
Model 26	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 27	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 28	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 29	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 30	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 31	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 32	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 33	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 34	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 35	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 36	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 37	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 38	2,4211	mm	Dr	2,011	mm
Model 39	2,4207	mm	Dr	5,172	mm
Model 40	2,4211	mm	Dr	2,011	mm

1. Kademe

d01	210,701	mm	d02	210,701	mm
d03	204,44	mm	d04	204,44	mm
d05	215,69	mm	d06	215,69	mm
d07	191,635	mm	d08	191,635	mm
d09	210,692	mm	d10	210,692	mm

2. Kademe

d01	247,764	mm	d02	247,764	mm
d03	236,536	mm	d04	236,536	mm
d05	254,536	mm	d06	254,536	mm
d07	232,4	mm	d08	232,4	mm
d09	246,811	mm	d10	246,811	mm

2. Yivler koordinatları

P	X	Y	Z	P	X	Y	Z
P1	3,3201	20,000	0	P16	-1,4205	45,000	0
P2	1,4205	50,000	0	P17	-1,4205	50,000	0
P3	2,3172	41,1888	0	P18	-2,3172	41,1888	0
P4	3,1770	48,5073	0	P19	-3,1770	48,5073	0
P5	3,15254	46,3056	0	P20	-3,15254	46,3056	0
P6	3,84419	44,4105	0	P21	-3,84419	44,4105	0
P7	5,0007	40,6805	0	P22	-5,0007	40,6805	0
P8	4,93636	41,066	0	P23	-4,93636	41,066	0
P9	4,9317	41,9933	0	P24	-4,9317	41,9933	0
P10	3,9195	42,213	0	P25	-3,9195	42,213	0
P11	3,91308	42,7967	0	P26	-3,91308	42,7967	0
P12	5,34139	40,6211	0	P27	-5,34139	40,6211	0
P13	1,94752	14,3088	0	P28	-1,94752	14,3088	0
P14	0	-15	0				
P15	0	50,000	0				

Kuvvet Hesabı

1. Yivler

Taksimat dakresi üzerinde dişe gelen dişli kuvvetleri

F D	6194,09	N
F B	5132,1	N
F m	5830,20	N
F R	2137,27	N
F e	1010,72	N

En yüksek tekilli diş noktasında kuvvet dağılımı

F D	6194,07	N
F B	5189,4	N
F m	5853,4	N
F R	2131,56	N
F e	1017,9	N

Tek dişe gelen kuvvetler

F D	2108,61	N
F B	2141,34	N
F m	779,115	N
F e	371,84	N

2. Yivler

Taksimat dakresi üzerinde dişe gelen dişli kuvvetleri

F D	13338,2	N
F B	12363,3	N
F m	12550,26	N
F R	4435,77	N
F e	2184,84	N

En yüksek tekilli diş noktasında kuvvet dağılımı

F D	13338,2	N
F B	12906,23	N
F m	12558,1	N
F R	4467,04	N
F e	887,017	N

Tek dişe gelen kuvvetler

F D	5030,52	N
F B	5103,19	N
F m	1602,95	N
F e	887,017	N

Dişli e göre

Tek Dişe Gelen Dişli Kuvvet Dağılımı

Fiyonçuk =  $F_D \cdot K_D \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta}$

1. Yivler

K <sub>D</sub>	1,25	N
K <sub>V</sub>	1	N
K <sub>Hα</sub>	1,4	N
K <sub>Hβ</sub>	1,2	N

Fiyonçuk = 2591,5 N

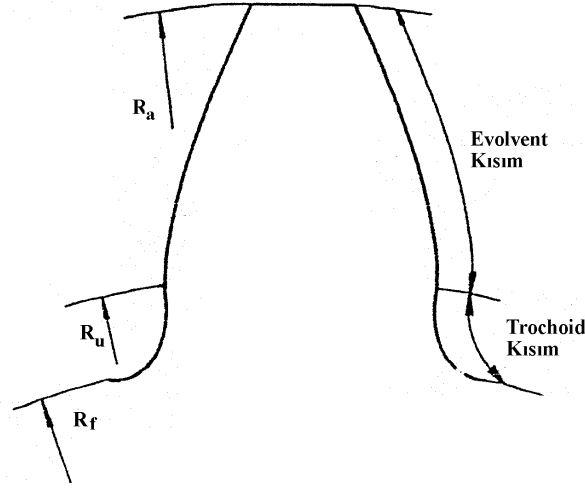
2. Yivler

K <sub>D</sub>	1,25	N
K <sub>V</sub>	1	N
K <sub>Hα</sub>	1,4	N
K <sub>Hβ</sub>	1,2	N

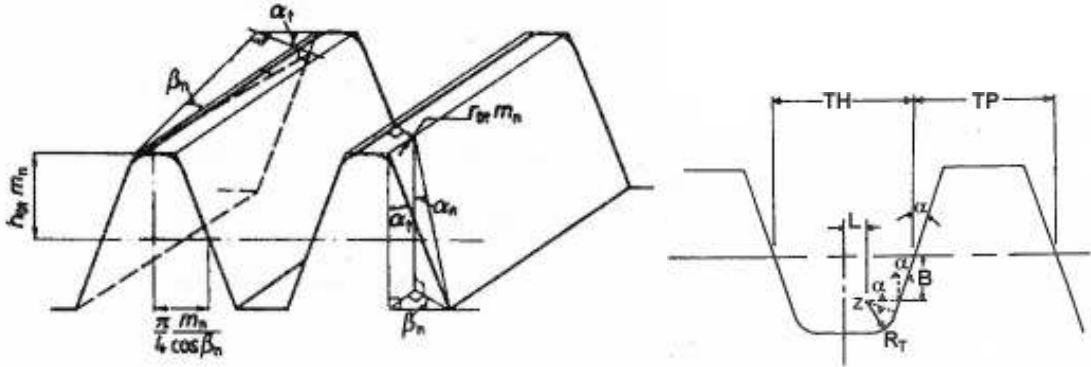
Fiyonçuk = 11318 N

Şekil 3. Program 2'den Örnek Formlar [11]

Programda modül değerinin seçimiyle mekanizma boyutları hesaplanıp, sunulmasının yanı sıra model oluşturmak için gerekli diş profilini meydana getiren noktaların koordinatları da elde edilmektedir. Bu koordinatlar diğer çizim programlarında da kullanılabilir. Dişli profili aktif ve aktif olmayan iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 4). Aktif olan kısım evolvent eğrisi, diş dibi kısmı (trochoid) takım özelliklerine bağlı olarak elde edilen bir eğridir. Bu çalışmada elde edilen koordinatlar kremayer ve azdırma takımı ile elde edilen diş profiline aittir (Şekil 5). Takım başı kavis yarıçapı ( $R_r$ )  $0,3.m$  olarak alınmıştır.



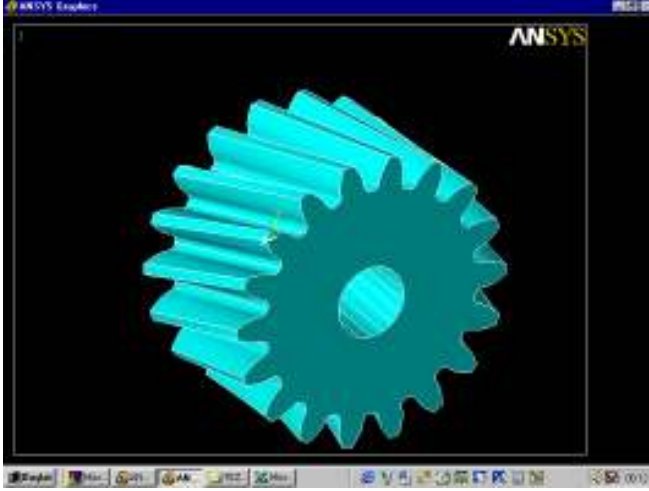
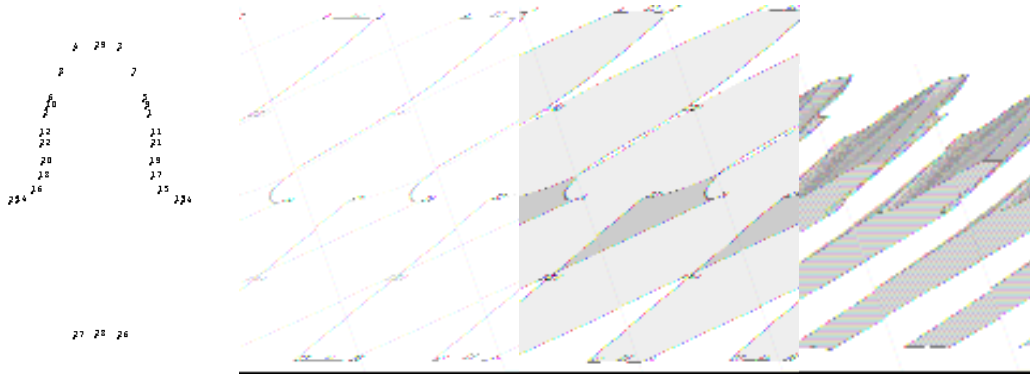
Şekil 4. Diş Profili



( $m_n$ : Normal modül,  $\alpha$ : Kavrama açısı,  $\beta$ : Helis açısı,  $h_a$ : Katsayı,  $\sim 1,2$  TH+TP: taksimat-burada TH=TP,  $z$ : Diş kavisinin merkezi, L, B: Takım referans eksenine mesafeler, indis n: Normal düzlem, indis t: Alın düzlem)

#### Şekil 5. Helisel Dişlerde Takım Geometrisi ve Takımın Boyutlandırılması [11]

Nokta koordinatlarının elde edilmesinden sonra çalışma sayfasındaki bir link ile Borland Pascal programında dosya yazdırmak için bir ekran açılmaktadır. Koordinatlar girildiğinde seçime bağlı olarak ANSYS programında tek diş ya da tüm diş modelini otomatik olarak elde edilmesini sağlayacak .txt uzantılı bir Batch dosyası oluşturulmaktadır. Bu dosya ANSYS programı açılarak okutulduğunda diş modeli otomatik elde edilmektedir. Bu da model hazırlamak için harcanacak süreyi en aza indirmektedir. Model oluşturma aşamaları Şekil 6'da görülmektedir.



Programda boyutlandırmanın ardından yapılacak analize yardımcı olmak amacıyla kuvvet hesabı, özellikle de temas çizgisinin eksene paralel olmadığı helisel diş için karmaşık olan tek dişe düşen kuvvet hesabı yapılmaktadır.

Her iki programın tam olarak tüm fonksiyonlarıyla çalıştırılabilmesi için kullanılacak bilgisayarda Microsoft Excel®, Borland Pascal, Autocad 2000 ve ANSYS programlarının kurulu olması gerekmektedir.

## SONUÇ

[9] nolu yayında tanıtılmış olan bilgisayar programının gelişmiş versiyonu olan, bu yayında tanıtılmaya çalışılan her iki program da dişli çark tasarımındaki hesap aşamasını kolaylaştırıp, işlem süresini kısaltmaktadır. Ayrıca 2 ve 3 boyutlu modelleme için harcanacak süreyi en aza indirmektedir. Bu sayede farklı parametrelerle farklı çözümlere daha kolay ve kısa sürede ulaşılmaktadır.

Sanayide kullanılan dişli çarkların hızlı ve güvenli şekilde tasarımı için uygun olan bu programlar gelişmeye açık olarak tasarlanmıştır. Her iki programa da [www20.uludag.edu.tr/~makelbd](http://www20.uludag.edu.tr/~makelbd) adresinden ulaşılabilir.

Gelecekte; tasarımcılardan gelecek eleştiri ve isteklere bağlı olarak programlar sürekli güncellenecek ve databank içerisinde yer alan data ve bilgiler artırılacaktır. Gelişimde öncelikle; malzeme bilgileri, gürültüsü az tasarım, plastik dişli çarklar ve özel dişli çark mekanizmalarının programa eklenmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Babalık, F.C, Makina Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri Cilt III, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, 2002.
2. Hefeng B. ve M. Savage ve R. J. Knorr. 1985. Computer Modelling of Rack Generated Spur Gears. Mechanism and Machine Theory, 20 (4) : 351-360.



3. **Rao, C.R.M. ve G. Muthuveerappan.** 1992. Finite Element Modelling and Stress Analysis of Helical Gear Teeth. Computers and Structures, 49(6) : 1095-1106.
4. **Arıkan, M. A. S. ve M. Tamar.** 1992. Tooth Contact and 3-D Stress Analysis of Involute Helical Gears. Proceedings the ASME 1992 6<sup>th</sup> International Power Transmission and Gearing Conference, 256-301.
5. **Tsay, C.B.** 1988. Helical Gears with Involute Shaped Teeth. ASME Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, 110 : 482-491.
6. **Akkurt, M. ve Ş. Engin.** 1994. Silindirik Helisel Dişli Çarkların Autocad ortamında ADS ile İnteraktif Tasarımı. 6. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 463-471.
7. **Fetvacı, M.C.** 1999. ANSYS Sonlu Elemanlar Analiz Programı ile Düz Dişli Çarkların Modellenmesi. Mühendis ve Makina Dergisi, 40-474: 41-44.
8. **Argyris, J., M. De Donno, F. L. Litvin,** “Computer Program in Visual Basic Language for Simulation of Meshing and Contact of Gear Drives and its Application for Design of Worm Gear Drive”, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Volume 189, Issue 2, 1 September 2000, Pages 595-612.
9. **Çavdar K., Karpat, F.,** Dişli Çark Mekanizmalarının Bilgisayar Yardımıyla Boyutlandırılması, Makina-İmalat Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, 14-15 Ekim 1999, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Konya Şubesi.
10. **Colbourne, J.R.** 1987. The Geometry of Involute Gears. Springer Verlag, New York, 527s.
11. **Karpat, F.,** Helisel Dişli Çarkların Boyutlandırılmasında Bilgisayar Desteği, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2001, Bursa.