

Ülkemizde Takım Tezgahı Pazarı ve Firmalar İçin CNC Seçiminde Bir Uygulama

Muzaffer Karagöz

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2010

Machine Tools Market In Our Country And An Application For Companies In The Selection  
of CNC

Muzaffer Karagöz

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Mechanical Engineering

July 2010

Ülkemizde Takım Tezgahı Pazarı ve Firmalar İçin CNC Seçiminde Bir Uygulama

Muzaffer Karagöz

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Konstrüksiyon – İmalat Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Melih Cemal KUŞHAN

Temmuz 2010

## ONAY

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Muzaffer Karagöz'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Ülkemizde Takım Tezgahı Pazarı ve Firmalar İçin CNC Seçiminde Bir Uygulama" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd. Doç. Dr. Melih Cemal KUŞHAN

**İkinci Danışman** : -

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Melih Cemal KUŞHAN

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Şerafettin ALPAY

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Osman Nuri ÇELİK

**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Ümit ER

**Üye:** Öğr. Gör. Dr. A. Nafi PEKÖZCAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışmada takım tezgahlarına bir giriş yapıldıktan sonra CNC takım tezgahları hakkında bilgi verilmiştir. Günümüzde sanayide çok yaygın olarak kullanılmaya başlanılan takım tezgahlarının Türkiye'deki sektörü incelenmiş ve Türkiye'nin Dünya üzerindeki yeri araştırılmıştır. Ayrıca son yıllarda hızla artan CNC talebinin üzerine, CNC takım tezgahı seçiminde izlenilmesi gereken yol bir örnekle anlatılmıştır. Seçim kriterleri incelenip, yatırım yapmak isteyen firmalar için alternatifler arasından ön eleme işlemi yaparak CNC takım tezgahı seçen (CTTS) bir program geliştirilmiş, hazırlanan program DELPHI ile yazılmıştır. Ön eleme işleminin ardından elde edilen sonuçlara göre alternatiflerin teke indirilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP tekniği uygulanarak seçim işlemi tamamlanmıştır. AHP tekniğinin uygulanmasında Expert Choice programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CNC, takım tezgahı, takım tezgahı sektörü, CNC seçim, DELPHI, AHP, Expert Cohice

## SUMMARY

In this study, after an introduction to machine tools, the information about CNC machine tools has been given. The sector of machine tools which are widely used in industry nowadays has been examined in Turkey and the situation of Turkey has been analyzed all over the World. Also increased rapidly in recent years on demand for CNC, the way of choosing CNC machine tool has been explained with an example. Selection criterias have been examined and for companies seeking to invest in, by the process of pre-elimination of alternatives, a program which chooses CNC machine tools (CTTS) has been developed. The program has been written with Delphi. After the process of pre-elimination according to the results obtained to make alternatives single AHP method which is the one of the multi-criteria decision methods has been applied to complete the selection process. In order to applied AHP method Expert Choice software has been used.

Keywords: CNC, machine tools, machine tools sector, CNC selection, DELPHI, AHP, Expert Cohice

## TEŞEKKÜR

Gerek derslerimde ve gerekse tez alıőmalarında, bana danıőmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Melih Cemal KUŞHAN' a teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET .....</b>	<b>v</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>xiii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TAKIM TEZGAHLARI .....</b>	<b>3</b>
2.1 CNC Takım Tezgahları .....	6
2.2 Otomatik Tezgahların Sınıflandırılması ve Niteliği.....	7
2.3 CNC Tezgah ve Sistemlerinin Çalışma İlkesi.....	8
2.4 CNC Takım Tezgahlarının Avantajları.....	10
2.5 CNC Takım Tezgahlarının Dezavantajları.....	11
2.6 CNC Takım Tezgahlarının NC Tezgahlara Göre Üstünlükleri .....	11
2.7 CNC Takım Tezgahlarının Çeşitlerinin ve Endüstrideki Kullanım Alanları.....	13
2.7.1 CNC torna tezgahları.....	13
2.7.2 CNC işleme merkezleri .....	15
2.7.3 CNC matkap tezgahları .....	17
2.7.4 CNC taşlama tezgahları.....	17
2.7.5 CNC pres ve zımbalı deliciler .....	19
2.7.6 CNC nokta kaynak makineleri .....	19
2.7.7 Diğer tür CNC takım tezgahları .....	20
<b>3. TÜRKİYE'DEKİ TAKIM TEZGAHI SEKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ.....</b>	<b>21</b>
3.1 Türkiye'de Takım Tezgahı Sektörünün Genel Durumu .....	21
3.1.1 Türkiye'nin takım tezgahı üretimi.....	23
3.1.2 Türkiye'nin takım tezgahı ihracatı .....	24



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3 Türkiye'nin takım tezgahı ithalatı .....	29
3.1.4 Türkiye'nin takım tezgahı tüketimi .....	34
3.2 Türkiye'nin Takım Tezgahı Sektörünün Analizi .....	35
3.2.1 Türkiye'nin takım tezgahı sektörünün güçlü yönleri .....	36
3.2.2 Türkiye'nin takım tezgahı sektörünün zayıf yönleri .....	36
<b>4. CNC TAKIM TEZGAHI SEÇİM KRİTERLERİ VE FİRMALAR İÇİN CNC SEÇİMİNDE BİR UYGULAMA .....</b>	<b>37</b>
4.1 Sistematik Yaklaşım .....	38
4.2 İmalatı Yapılması Düşünülen Parçaların Boyutlarının Analiz Edilmesi .....	39
4.3 Teknik Değerlendirme .....	40
4.4 Teknik Özellikler .....	41
4.4.1 Kızakların yapısı.....	41
4.4.2 Pozisyon hassasiyeti .....	44
4.4.3 Taret ve magazin dizaynı .....	44
4.4.4 Yatırımı düşünülen tezgahın mekanik yapısının uygunluğu.....	45
4.4.5 Çubuk sürücü sistemleri .....	47
4.4.6 Ara yataklar .....	48
4.5 CNC Tezgahının Kontrol Ünitesinin Seçimi .....	49
4.6 Tezgah Performansını Etkileyen Diğer Faktörler .....	51
4.7 Referanslar ve Satış Sonrası Servis.....	52
4.8 Bilgisayar Programı Yardımıyla CNC Takım Tezgahı Seçiminde Ön Eleme İşlemi.....	52
4.8.1 CNC torna tezgahı seçimi.....	55
4.8.2 CNC işleme merkezi seçimi .....	60
4.9 AHP Tekniği Kullanılarak Kararsızlığın Giderilmesi.....	67
4.9.1 Hiyerarşi yapının oluşturulması .....	68
4.9.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması .....	69
4.9.2.1 Alternatifleri alt kriterlere göre karşılaştırma matrisleri.....	70

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.9.2.2 Alt kriterlerin ana kriterlere göre karşılaştırma matrisleri.....	71
4.9.2.3 Ana kriterlerin amaca göre karşılaştırma matrisi .....	73
4.9.3 Sentez aşaması.....	73
4.9.4 Duyarlılık analizi .....	77
4.9.5 Üretim müdürü bakış açısıyla problemin çözümü .....	79
4.9.6 Finansman müdürü bakış açısıyla problemin çözümü .....	80
4.9.7 Kullanıcı (tezgah operatörü) bakış açısıyla problemin çözümü.....	82
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>84</b>
<b>6. KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>86</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 CNC torna tezgahı.....	14
2.2 CNC torna tezgahının gövde yapısı .....	14
2.3 CNC işleme merkezi .....	15
2.4 CNC işleme merkezinin gövde yapısı.....	16
2.5 CNC matkap tezgahı .....	17
2.6 CNC taşlama tezgahı.....	18
2.7 CNC zımbalama (punch) tezgahı .....	19
3.1 Türkiye’de takım tezgahı sektörünün genel durumu (USD).....	22
3.2 Türkiye’nin takım tezgahı üretimi .....	24
3.3 Türkiye’nin takım tezgahı ihracatı .....	25
3.4 Türkiye’nin yıllara göre talaşlı ve talaşsız takım tezgahı ihracatı.....	26
3.5 2009 yılına göre Türkiye’deki takım tezgahı ihracatının ürün gruplarına göre dağılımı.....	27
3.6 Türkiye’nin takım tezgahı ithalatı.....	31
3.7 2007 yılında Türkiye’nin ithalat yaptığı ülkeler .....	32
3.8 2009 yılına göre Türkiye’deki takım tezgahı ithalatının ürün gruplarına göre dağılımı .....	34
4.1 Bilyeli lineer kızak sistemi.....	43
4.2 Makaralı (Masuralı) lineer kızak sistemi .....	43
4.3 Çubuk sürücü .....	48
4.4 CNC ara yatak (lünet) .....	49
4.5 Başlat menüsü .....	53
4.6 Dosya menüsü .....	53
4.7 CNC işleme merkezi listesinin bulunduğu veri tabanı.....	54
4.8 CNC torna tezgahı listesinin bulunduğu veri tabanı .....	54
4.9 Boş CNC torna seçim ekranı.....	57
4.10 Dolu CNC torna tezgahı seçim ekranı .....	58
4.11 Doldurulan forma göre seçilen CNC torna listesi.....	58
4.12 CTTS programı CNC torna tezgahı akış şeması.....	59

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.13 Boş CNC işleme merkezi seçim ekranı.....	63
4.14 Dolu CNC işleme merkezi seçim ekranı.....	64
4.15 Doldurulan forma göre seçilen CNC işleme merkezi listesi.....	64
4.16 CTTS programı CNC işleme merkezi akış şeması .....	65
4.17 CNC takım tezgahı seçiminin hiyerarşik yapısı.....	69
4.18 Karar probleminin hiyerarşik yapısı.....	74
4.19 Ana kriterlere göre alt kriterlere ait karşılaştırmalı matris değerleri giriş ekranı.....	75
4.20 Ana kriterlerin öncelik değerleri .....	76
4.21 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu .....	76
4.22 Expert Choice ile CNC takım tezgahı seçiminin sonuç grafikleri .....	77
4.23 Ana kriterlerin önceliklerinin eşitlenmesinden sonraki durum.....	78
4.24 Üretim müdürü bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı.....	79
4.25 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu .....	80
4.26 Finansman müdürü bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı.....	81
4.27 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu .....	81
4.28 Kullanıcı bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı .....	82
4.29 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu.....	83

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1 EBCDIC kodlama sistemi .....	10
3.1 Türkiye’de takım tezgahı sektörünün genel durumu (USD).....	22
3.2 Gümrük tarife istatistik pozisyon numaralarının ürün grupları cinsinden karşılıkları .....	28
3.3 Gümrük tarife istatistik pozisyon numarasına göre (GTİP) Türkiye’de takım tezgahı ihracatı .....	29
3.4 2009 yılında dünya çapında ithalattaki ilk 10 ülke ve Türkiye.....	30
3.5 Gümrük tarife istatistik pozisyon numarasına göre (GTİP) Türkiye’de takım tezgahı ithalatı .....	33
4.1 Kriterleri karşılaştırmada kullanılan tercih ölçeği.....	70
4.2 Alternatiflerin ana kriterlerin alt kriterine göre karşılaştırılması .....	71
4.3 Alt kriterlerin ana kriterlere göre karşılaştırılması.....	72
4.4 Ana kriterlerin amaca göre karşılaştırılması .....	73

**KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
CNC	Bilgisayar destekli nümerik kontrollü (Computer numerical control)
NC	Nümerik kontrollü
CTTS	CNC takım tezgahı seçimi
GTİP	Gümrük tarife istatistik pozisyon
TİAD	Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği
AHP	Analitik hiyerarşi süreci
BCD	İkili kodlamalı onluk sistem
EBCDIC	Genişletilmiş ikili kodlamalı onluk sistem değiştirme kodlaması

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Takım tezgahı sektörü, otomotiv, tekstil, mobilya, gemi inşa, tarım, inşaat elektronik, havacılık, savunma, gıda sanayi gibi bütün önemli sektörlerin imalatı için gerekli olan üretim araçlarını sağlamakta, aynı zamanda uyguladığı teknolojiler ile bu sektörlerin produktivitesini de etkilemektedir. Herhangi bir imalat konusunda yaşanabilecek durgunluk, bu sektör için tezgah imal eden firmaların imalatlarında azalmalara neden olmaktadır. Dünyanın çok sayıda ülkesini etkileyen küresel krizler, sadece bir veya birkaç sektörü etkilememekte, hemen tüm sektörlerde bir duraklamaya neden olmaktadır. Bu tür krizin yaşanması değil, kriz beklentisinin oluşması bile sanayinin genelinde yatırımların ertelenmesine yol açmakta, krizin aşılması durumunda dahi, yatırımcının ortamın güvenli hale geldiğinden emin olmasına kadar acil olmayan makine alımları bekletilmektedir.

Takım tezgahı sektörü son yıllarda dünyada ve Türkiye’de hızlı bir gelişme sürecine girmiş bulunmaktadır. Ülkemizde sanayinin gelişmesine bağlı olarak özellikle 2001 ve 2008 yılları arasında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Ancak global krizin etkisinin hissedilmeye başladığı anda sektörde önce bir durgunluk meydana gelmiş sonrasında ise ciddi bir gerileme ile 2009 yılını kapamıştır.

Bu çalışma ile ülkemizde takım tezgahı sektörünün mevcut durumu, yıllar içerisindeki gelişimi ve sektörün ekonomik krizlere karşı ne kadar kırılgan olduğu, ekonomide yaşanan olumlu gelişmelere bağlı olarak da nasıl ilerlediği araştırılmıştır.

CNC takım tezgahları kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygınlaşmıştır. Özellikle teknolojinin artması, rekabetin artması, zaman, hareket ve malzeme kaybının son derece hassas bir noktaya ulaşması CNC takım tezgahlarının dünyada ve ülkemizde kullanımının artmasının başlıca nedenleridir. Ancak yatırım

yapmadan önce alım esnasında piyasada çok fazla seçeneğin bulunması, tezgahların teknik özelliklerinin birbirlerine çok benzemesi seçim işini çok zor ve riskli bir duruma sokmuştur. İlk yatırım maliyeti yüksek olan CNC takım tezgahlarının seçiminde izlenmesi gereken yol ve seçim kriterleri ayrıca incelenip, yatırım yapmak isteyen firmalar için örnek bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada öncelikle veri tabanında çok fazla alternatif tezgah bulunduran ve kullanıcının ihtiyacı doğrultusunda nicel kriterlere göre bir CNC takım tezgahı seçen (CTTS) program geliştirilmiş, hazırlanan program DELPHI ile yazılmıştır. Sonrasında ise alternatiflerin teke düşmediği durumlarla da karşılaşılacağı görülmüş, bu gibi durumlarda da karasızlığın giderilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP tekniğine başvurulmuştur. AHP tekniğinin uygulanmasında ise Expert Choice programından yararlanılmış, çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.



## BÖLÜM 2

### TAKIM TEZGAHLARI

Üretim aracı olarak takım tezgahlarının kullanılması insanlık tarihi ile başlar. Ancak 19. yüzyılın başlangıcında İngiltere ve diğer batı Avrupa ülkelerinde sanayi devriminin başlamasıyla, takım tezgahları günümüzdeki anlamı ile hızlı bir gelişme göstermişler ve bu ülkelerde, sanayinin belkemiğini oluşturan güçlü bir takım tezgahı sanayi kurulmuştur.

Sanayinin ilk aşamasında parçalar, tezgahlarda kaba boyutları ile işleniyor ve sonra birbirleri ile çalışması için elle alıştırma yapılıyordu. 19. yüzyılın ortalarında, parçaların değiştirilebilirlik ilkesinin bulunması, parçaların tezgahlarda toleranslı olarak imal edilmesini sağlamış ve montajlar, elle alıştırma ile değil de, parçanın tezgahlarda işlenmiş hali ile yapılabilmıştır. Bu buluş üretkenliği artırarak seri imalatın başlanmasında ilk etken olmuştur. 19. yüzyılın sonlarına doğru imalat teknolojisinin ve imalat organizasyonunun ilkelerinin tespiti ile, seri imalat çağı başlamış, 1900 yılında, o tarihe kadar takımlar için kullanılan alaşımsız ve az alaşımlı takım çeliklerinin yanı sıra, Taylor tarafından hız çelikleri uygulamaya konulmuş, kesme hızlarında ve buna bağlı olarak üretimde büyük artışlar sağlanmıştır. Bu şekilde lokomotifler, motorlar, türbinler, ucuz fiyata otomobiller ve saat gibi ürünler daha çok imal edilmeye başlanmıştır. 1930'lu yıllarda sert karbürlerin bulunması, kesme hızlarını daha da arttırarak daha kaliteli yüzeylerin elde edilmesini sağlamıştır. Şöyle ki bu gelişmelerin sonucu olarak atölyelerde başlayan usta ve işçilerin kişisel tecrübelerine dayanan talaş kaldırma olayı usta ve ampirik seviyeden bilim seviyesine ulaşmıştır. Bu hususta M. E. Merchant, F. W. Taylor ve M. Kronenberg gibi bilim adamlarının büyük katkıları olmuştur. Bu gelişmelere paralel olarak gerek takım gerekse tezgah konstrüksiyonunda önemli değişiklikler olmuş ve yine aynı yıllarda, üretimin arttırılmasında önemli bir etken olan otomatik takım tezgahlarının imalatına başlanmıştır.

İmalatın amacı, ham madde halinde herhangi bir malzemeyi, belirli bir şekle dönüştürmektir. İmalat, insan veya hayvan gücü kullanılarak ilkel yöntemlerle veya mekanik enerji kullanılarak makinelerle yapılabilir. Makinelerin çoğunlukla kullanıldığı imalat sistemine sanayi denir. Toplumun, örneğin tarım, tekstil, gıda v.s. gibi herhangi bir üretim alanına tatbik edilebilen sanayi, ülkenin kalkınmasında ve ekonominin gelişmesinde önemli rol oynar.

İmalatın hedefi olan ürün üretim araçları ile gerçekleştirilir. Çok geniş bir anlamda tüm üretim araçlarına takım tezgahı denilebilir. Ancak dar bir anlamda tüm üretim araçlarına sadece metal, plastik, ahşap ve taş gibi malzemeleri işleyen ve bunlara belirli bir şekil veren üretim araçlarına takım tezgah denir. Takım tezgahlarından en yaygın olanları metalik malzemeleri işleyen takım tezgahlarıdır.

Herhangi bir imalat, şekil değişimine uğrayan malzemenin yanı sıra imalat yöntemi, takım ve tezgah olmak üzere üç etkenin yardımı ile gerçekleşir. İmalat yöntemi, ham maddeye şekil vermek için uygulanan fiziksel olay; takım, imalat işlemini gerçekleştiren eleman; tezgah, imalat yöntemini gerçekleştirmek için ham maddeye ve takıma gereken hareketleri sağlayan makinedir. Tekniğin gelişmesi ile, bu konular kendi aralarında yapılan incelemelerin ve araştırmaların sonucu olarak ayrı ayrı gelişme göstermişler ve günümüzde imalat yöntemleri, takım konstrüksiyonu ve tezgah konstrüksiyonu olarak ayrı ayrı bilim dallarını oluşturmuşlardır. Bunların yanı sıra, imalat işlemini kolaylaştırmak ve işleme kalitesini sağlamak amacıyla gerek parçaların gerekse takımların tezgaha tutturulmasını inceleyen tutturma tertibatı konstrüksiyonu; bir parçaya nihai şekli vermek için en yüksek prodüktiviteyi ve en düşük maliyeti sağlamak amacı ile uygulanması gereken imalat yöntemlerini inceleyen imalat teknolojisi; aynı kriterlere göre tüm fabrika çapında veya fabrikalardan kurulu holding ve karteller çapında imalat proseslerini inceleyen fabrika organizasyonu ve yöneylem araştırması gibi bilim dalları da meydana gelmiştir.

İmalat yöntemleri, mekanik ve fiziksel – kimyasal olmak üzere iki büyük gruba ayrılabilir. Bunlardan en önemlisi olan mekanik imalat yöntemleri talaşlı ve talaşsız olmak üzere iki gruba ayrılır. Adı üzerinde talaşsız imalat yöntemleri, talaş

kaldırmadan, talaşlı imalat yöntemleri ise talaş kaldırarak şekil veren yöntemlerdir. Talaşsız imalat yöntemleri döküm, dövme, presleme, haddeme, çekme, derinçekme, sıvama, bükme, kaynak, zımbalama, lehim, yapıştırma ve perçinleme; talaşlı imalat yöntemleri ise tornalama, frezeleme, delme, planyalama, vargelleme, broşlama, taşlama, honlama, lepleme gibi işleri kapsamaktadır. Fiziksel – kimyasal işleme grubuna elektroerozyon, telerozyon, kimyasal, elektro kimyasal, elektron, lazer ve plazma ile işleme gibi yöntemler girmektedir.

Çok kısa bir zamanda gerçekleşmelerine rağmen talaşsız imalat yöntemleri, yüzey, boyut ve şekil kalitesi bakımından, parçada istenilen kaliteyi sağlayamamaktadır. Bu nedenle, bu şekilde imal edilen parçaların yüzeylerinin bir kısmı veya tamamı, talaşlı imalat yöntemleri ile işlenmektedir (Akkurt, 2004).

Genel olarak takım tezgahları imalat yöntemlerine göre 2 grupta incelenebilir.

#### 1. Talaşsız İmalat Tezgahları

- Presler
- Boru Bükme Tezgahları
- Hidrolik Giyotin Makas
- Zımba Tezgahları
- Katlama Kesme Tezgahları
- Kaplama Makinesi

#### 2. Talaşlı İmalat Tezgahları

- Freze Tezgahları
- Torna Tezgahları
- Matkap Tezgahları
- Planya Tezgahları
- Erozyon Tezgahları
- Taşlama Tezgahları
- Dişli Açma Tezgahları
- Testere Tezgahları

## 2.1 CNC Takım Tezgahları

Takım tezgahlarında herhangi bir parçanın işlenmesi, aşağıda gösterilen teknik ve ekonomik koşullarda gerçekleştirilmesi gerekir.

- Kalite (şekil, boyut, yüzey);
- Tüm üretim boyunca kaliteyi sabit tutmak;
- Yüksek produktivite;
- En düşük maliyet;
- Esneklik, yani kolay değiştirilebilen işleme koşulları.

Bu koşulları en iyi şekilde gerçekleştiren otomasyon olgusudur. Birçok durumlarda mekanizasyon ile karıştırılan otomasyon tezgahın enerji ve bilgi girişlerine göre bilimsel olarak ifade edilebilir. Buna göre mekanizasyon enerji otomasyon ve bilgi faktörüne bağlıdır. Enerji, takım tezgah mekanizmalarını harekete geçiren mekanik iş ile ilgilidir. Tezgahlara enerji insan veya motor tarafından verilebilir. İnsan enerjisi ile oluşturulan harekete elle hareket; motor enerjisi ile sağlanan harekete mekanik hareket veya mekanizasyon denilir. Mekanizasyon, kısmi veya tam olabilir. Kısmi mekanizasyonda bazı hareketler motor enerjisi bazıları ise elle yani operatör tarafından yapılır. Örneğin kesme hareketi bir motor, ilerleme ve yardımcı hareketler elle yapılabilir. Tam mekanizasyonda tezgahın tüm hareketleri motor enerjisi ile yapılır.

Tezgaha verilen bilgiler geometrik ve teknolojik olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Geometrik bilgiler takımın parça üzerinde yolunu belirler. Teknolojik bilgiler kesme hızı, ilerleme, talaş kalınlığı gibi değerlerden meydana gelir. Bilgi verileri tezgaha insan (operatör) veya burada program olarak adlandırılan bir nesne tarafından verilebilir. Bilgilerin direkt olarak insan tarafından verilen tezgahlara konvansiyonel; program yolu ile verilenlere ise otomat denilir. Otomat tezgahlarda yapılan işlemlerin kapsamına da otomasyon denilir. Genelde herhangi bir sistemi daha önceden istenilen ve belirlenen bir duruma getirme işlemine kontrol denilir. Duruma getirme veya durumu değiştirme insan müdahalesi olmadan bir program tarafından yapılırsa bu işleme otomatik kontrol denilir. Buna göre otomasyon insan müdahalesi

olmadan herhangi bir hareketin oluşmasına ve bu hareketin istenildiği gibi gerçekleşmesine denilir. Otomasyon kısmi veya tam olabilir. Kısmi otomasyonda bazı hareketler ve işlemler örneğin parça ve (veya) takım bağlama çözme işlemleri operatör; talaş kaldırma işlemleri otomatik olarak yapılır. Tam otomasyonda bütün hareketler otomatik olarak yapılır (Akkurt, 1996).

## **2.2 Otomatik Tezgahların Sınıflandırılması ve Niteliği**

Otomatik tezgahlar programın niteliğine göre mekanik ve nümerik kontrollü olmak üzere iki gruba ayrılır. Mekanik otomat tezgahlarında program bir mekanik tertibatla gerçekleştirilir. Bu bakımdan pim kontrollü, kam kontrollü ve kopya kontrollü gibi mekanik otomat tezgahları vardır.

Nümerik kontrollü tezgahlarda program bilgisayarlarda olduğu gibi yazılı bir belgedir. Program iş parçasının imalat resmine göre parçanın geometrik şeklini ve talaş kaldırma koşullarını dikkate alarak yazılır. Bu program tezgahın kontrol ünitesine girilir burada okunur ve alınan bilgilere göre tezgahın kızaklarına ve takıma gönderilerek bunların hareket etmesi ve parçanın işlenmesi sağlanır.

Mekanik otomat tezgahları rijid sistemlerdir. İşlenecek parçada herhangi bir değişiklik, programı oluşturan mekanik tertibatında (pimlerin yerleri, kamların profilleri ve kam mili üzerindeki dizilişi v.b.) değişiklik yapılması gerekir. Bu işlem zaman alan bir işlemdir. Ayarlama zamanı da denilen bu zaman nümerik kontrollü tezgahlarda ise çok daha kısadır. Nümerik kontrollü tezgahlar esnek sistemlerdir. Burada işleme operasyonları, yazılı bir belge olan programda çok çabuk olarak değiştirilebilir. Bu yüzden nümerik kontrollü tezgahlarda ayarlama zamanı daha kısadır. Bu ve diğer avantajlarından dolayı günümüzde daha çok nümerik kontrollü tezgahlar üretilmekte çok az mekanik otomat tezgahlar yapılmaktadır.

İlk yapılan nümerik kontrollü tezgahlarda sadece kontrol ünitesi vardı. Bu çeşit tezgahlara konvansiyonel “Nümerik Kontrollü” (Numerical Control) veya kısaca “NC” tezgahları denilir. Bu tezgahların program saklayacak bellekleri olmadığı gibi birçok işlemleri de yapamazlar. Bu nedenle bu çeşit tezgahlarda her parça işleyişinde programı taşıyan band tekrar başa alınır yani program tekrar girilir. Daha sonraki aşamada NC tezgahlar program saklama belleklerine sahip olan ve bir karmaşık lojik ve aritmetik işlemler yapabilen bilgisayarlarla donatılmıştır. Bu tezgahlara “Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrollü” (Computer Numerical Control) veya “CNC” tezgahları denilmektedir. CNC tezgahlarda program bellekte saklanabilir, gerektiği durumlarda bellekten çağrılabilir ve parçalar başka işlem yapmadan arka arkaya işlenebilir. Ayrıca merkezi bir bilgisayara bağlı olan birçok NC, CNC tezgahlarından oluşan sistemlerde vardır ki bunlara da “Direkt Nümerik Kontrollü” veya kısaca “DNC” sistemleri denilmektedir.

CNC takım tezgahlarına programların transferi eskiden delikli kağıt şeritler (Punched Tapes), manyetik şerit (Magnetic Tapes), floppy disket vb. veri taşıyıcıları aracılığıyla gerçekleştirilirken günümüzde bir bilgisayar yardımı ile RS232 bağlantısı, data server (veri sunucusu) bağlantısı ve çeşitli hafıza kartları ile gerçekleştirilmektedir. Bunların dışında direkt olarak kontrol panosundaki düğmelere basarak da tezgaha program girişi yapılabilir (Akkurt, 1996).

### **2.3 CNC Tezgah ve Sistemlerinin Çalışma İlkesi**

Nümerik kontrol sistemlerinde giriş verileri sayısal olarak verilir. Sayı düzeni olarak bit adında, 0 ve 1 işaretleri ile temsil edilen ikili sayı düzeni kullanılır. Bunun nedeni bu sistemleri oluşturan elektronik elemanların açık ve kapalı olmak üzere iki karşı durumda bulunmalarındır. NC sistemleri elektronik vurgularla çalışır. Buna göre kontrol sistemine girişler vurgu şeklinde temsil edilir. Bu bakımdan vurgu, yani elektrik akımın geçtiği durum 1, vurgu yok yani akımın geçmediği durum 0 ile gösterilir.

İkili sayı düzeni ile ilgili şu problem ortaya çıkmıştır. Sadece 0 ile 1 işaretlerine sahip bir sistemde günlük yaşantıda kullanılan ve programlarda yazılan harfler, ondalık sayılar ve özel işaretler nasıl ifade edilebilir. Bu konu kodlama sistemleri ile çözülmüştür.

Sadece sayıları kodlayan BCD (binary coded decimal - ikili kodlamalı onluk sistem) sisteminde 0'dan 9'a kadar olan sayıları aşağıda gösterildiği gibi dört bit'ten oluşan 8-4-2-1 tertipleme denilen bir grupta temsil edilir (Akkurt, 1996; Dinçel, 1999).

Onluk Sayı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

Buna göre herhangi bir onluk sayısı, örneğin 2607 ikili sayı düzeninde;

2      6      0      7  
 0010 0110 0000 0111

şeklinde ifade edilir.

Bu şekilde dizilen bitler topluluğuna byte denir. Harfleri, sayıları ve diğer işaretleri de kodlayan EBCDIC (extended binary coded decimal interchange code - genişletilmiş ikili kodlamalı onluk sistem değiştirme kodlaması) sisteminde byte'lar 8 bit'ten meydana gelir. Örneğin A ve G harfleri ile +8 ve -8 sayıları şu şekilde kodlanır.

A                  G                  +8                  -8  
 1100 0001    1100 0111    1100 1000    1101 1000

EBCDIC sistemi delikli kart sisteminin esasını oluşturmaktadır.

**Çizelge 2.1** EBCDIC kodlama sistemi

<b>Simge</b>	<b>EBCDIC</b>	<b>Simge</b>	<b>EBCDIC</b>	<b>Simge</b>	<b>EBCDIC</b>
A	1100 0001	M	1101 0100	Y	1110 1000
B	1100 0010	N	1101 0101	Z	1110 1001
C	1100 0011	O	1101 0110	0	1111 0000
D	1100 0100	P	1101 0111	1	1111 0001
E	1100 0101	Q	1101 1000	2	1111 0010
F	1100 0110	R	1110 0001	3	1111 0011
G	1100 0111	S	1110 0010	4	1111 0100
H	1100 1000	T	1110 0011	5	1111 0101
I	1100 1001	U	1110 0100	6	1111 0110
J	1101 0001	V	1110 0101	7	1111 0111
K	1101 0010	W	1110 0110	8	1111 1000
L	1101 0011	X	1110 0111	9	1111 1001

#### 2.4 CNC Takım Tezgahlarının Avantajları

- Konvansiyonel tezgahlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgahın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Tezgah operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgahın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, master, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.



- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir

## 2.5 CNC Takım Tezgahlarının Dezavantajları

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgah ve sistemlerinin avantajları yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar şunlardır;

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.
- Tezgahın saat ücreti yüksektir.
- Konvansiyonel tezgahlarla kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım gerekir.
- Kesme hızları yüksek olduğundan kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.
- Programlama için kalifiye elemana ihtiyaç vardır.

## 2.6 CNC Takım Tezgahlarının NC Tezgahlara Göre Üstünlükleri

CNC takım tezgahlarının fiziksel tasarım ve konstrüksiyonları NC tezgahları ile aynıdır. Ancak NC takım tezgahlarında yapılmaları pratikte mümkün ve ekonomik olmayan bir dizi fonksiyonel özellikler bu tür tezgahlara ilave edilmiştir. Bu özellikler şunlardır;

- Tezgaha yüklenmiş olan parça programları kontrol ünitesi hafızasında saklanabilir, buradan çağrılarak defalarca işletilir.
- Tezgah kontrol ünitesini besleyen özel bir güç kaynağı mevcuttur. Tezgahın enerjisi kesilse bile program vb. veriler muhafaza edilir.

- Parça programı üzerinde yapılması düşünülen değişiklikler istenildiği anda ve kolaylıkla yapılır. Değiştirilmiş olan program son şekliyle hem işletilir hem de hafızada saklanır.
- Bazı rutin operasyonlar program içerisinde döngüler (cycles) şeklinde tanımlanır ve gerekli yerlerde kullanılır. (Delik delme, delik büyütme, dikdörtgen cep frezeleme, kademeli ve konik tornalama, küresel tornalama vb. )
- Bir iş parçası üzerinde döngüler dışındaki tekrarlanması gereken operasyonların programlama ana program içerisinde bir kez yazılır ve alt program adıyla isimlendirilirler. Ana programın uygulanması sırasında bu alt programlar gerekli yerlerde çağrılarak işlem tamamlanır.
- Bir parçanın programı yazıldığında normal olarak belirli tür ve çaptaki kesicilerle işlenir. NC tezgah için program yazma esnasında kesici çapının dikkate alınarak bazı belirli ölçüsel kaydırmaların yapılması gerekir. Halbuki kesici telafisi kolaylığı ile bu kaydırmalar CNC kontrol ünitesi tarafından programın işletimi esnasında yapılır. Kullanılan kesici kırıldığında ve aynı çapta başka bir kesici bulunamadığı durumlarda farklı çaptaki kesici ile programa kalınan yerden devam edilebilme kolaylığı sağlar. Kontrol ünitesi yeni kesicinin çapına göre gerekli ölçüsel kaydırmaları yapar.
- Bilgisayar sayesinde konum değiştirmeler, devir sayısı ve ilerlemelerde optimum değerlere ulaşır. Bunun sonucu olarak CNC takım tezgahlarında ideal çalışma koşulları sağlanmış olur. Alın tornalama işleminde iş parçasının çapı sürekli olarak değiştiğinden buna bağlı olarak devir sayısının da değişmesi gerekir. Sonuç olarak elde edilen yüzey kalitesi ve hassasiyet konvansiyonel tezgahlarla kıyaslanmayacak derecede iyidir.
- CNC kontrol ünitesinde bilgisayar kullanımı sonucu diğer pek çok bilgisayar ve sistemleriyle iletişim kurabilme avantajına sahiptir.
- Parça imalatına geçilmeden önce görüntü ünitesi yardımıyla grafik olarak parça programının benzetimi mümkündür.
- Kesici aletlerin değiştirilmeleri her hangi bir manuel müdahale olmaksızın yapılabilir. Bunun için tornalarda dönerli taretler, işleme merkezlerinde takım magazinleri kullanılır.

## 2.7 CNC Takım Tezgahlarının Çeşitlerinin ve Endüstrideki Kullanım Alanları

Günümüzde endüstrinin talaşlı imalat adını verdiğimiz bölümü CNC' nin en yaygın biçimde kullanıldığı alandır. Üç eksenli bir freze tezgahı ilk kez 1952 yılında çalıştırıldığında bu tezgah o günkü bazı imalat problemlerinin çözümünü sağladığı için çok mükemmeldi. Freze tezgahlarına uygulanan bu sistemler daha sonra torna, taşlama vb. takım tezgahlarına da uygulandı. Günümüzde imalatın yapıldığı hemen her alanda CNC kullanılmaktadır. (Dinçel, 1999).

CNC'nin kullanıldığı başlıca alanlar;

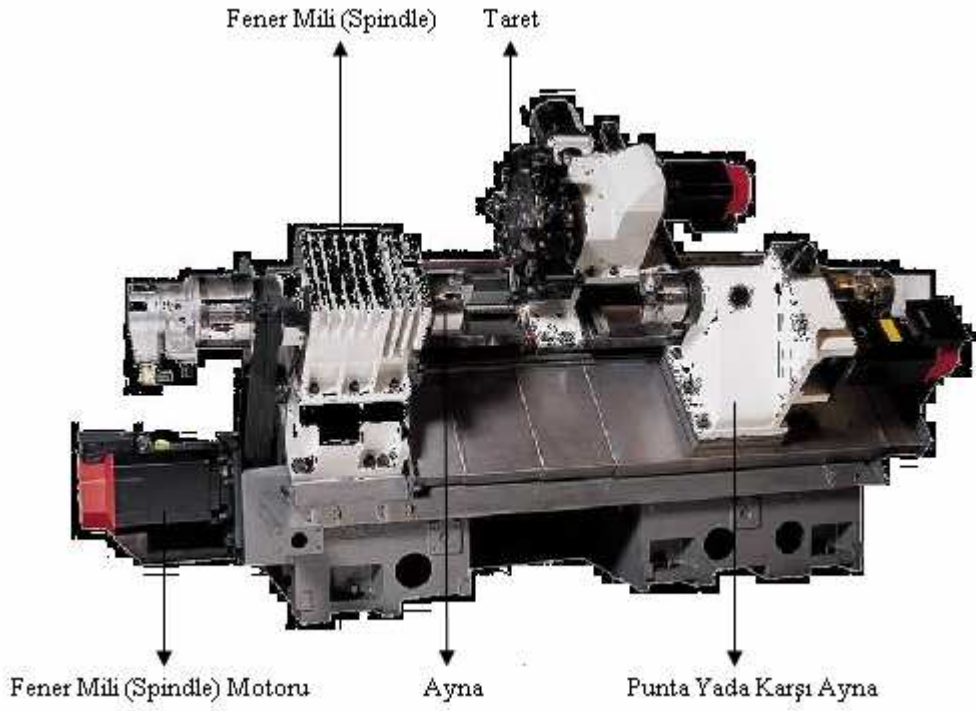
- Talaşlı imalat
- Fabrikasyon ve kaynakçılık.
- Pres işleri
- Muayene ve kontrol.
- Montaj.
- Malzemelerin taşınması.

### 2.7.1 CNC torna tezgahları

Nümerik kontrollü torna tezgahlarında genelde X ve Z eksen olmak üzere iki temel eksen vardır. Bu tür takım tezgahlarında pek çok profil tornalama işlemlerinin yapılabilmesi için doğrusal interpolasyon (Linear Interpolation) ve eğrisel interpolasyon (Circular İnterpolation) işlem özelliği yeterlidir. Ayrıca devir sayısı ve kesici değiştirme, ilerleme hızının belirlenmesi vb. fonksiyonlara sahiptirler. İşleme kapasiteleri daha geniş olan CNC torna tezgahlarında (Şekil 2.1) eksen sayıları 3 yada daha fazla olabilir [15]. Üçüncü eksen tezgah taretinin eksen hareketi olabilir. Özellikle endüstriyel tip CNC torna tezgahlarında tezgahın yapısal direncini artırmak, daha hassas imalatı gerçekleştirebilmek ve çıkan talaşları kesme bölgesinden uzaklaştırabilmek için yapısal ayrıntılarında bazı dizayn değişiklikleri yapılmıştır. Şekil 2.2 de CNC torna tezgahının gövde yapısı görülmektedir [10].



Şekil 2.1 CNC torna tezgahı



Şekil 2.2 CNC torna tezgahının gövde yapısı

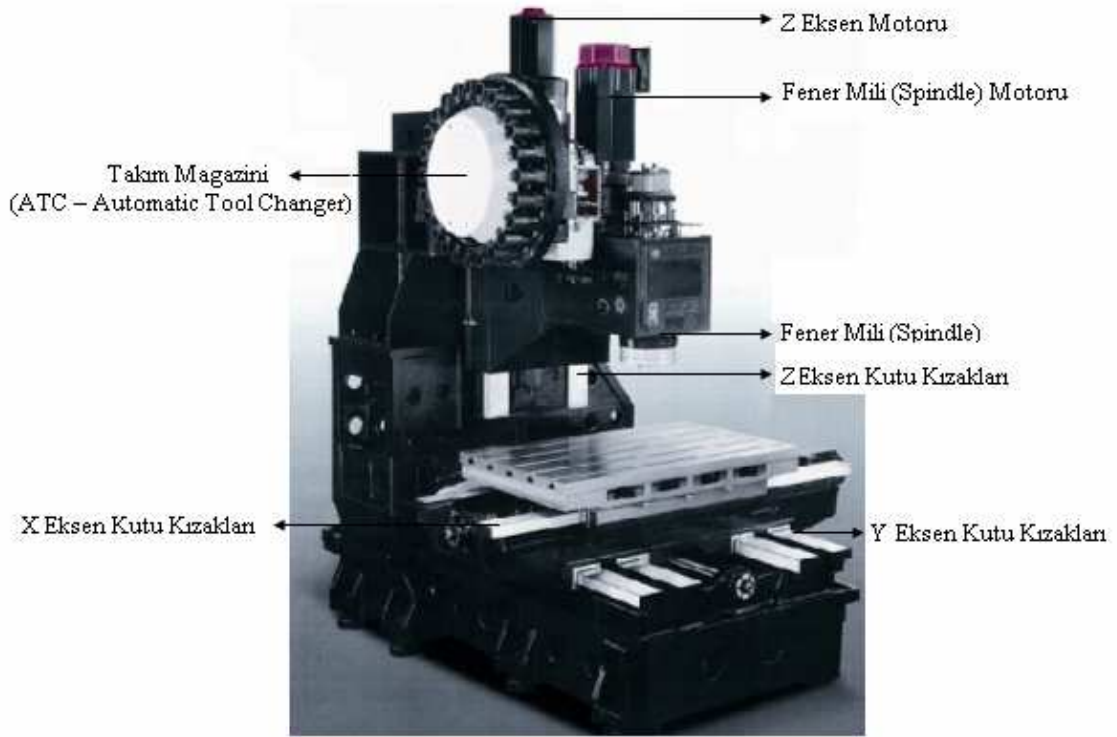
### 2.7.2 CNC işleme merkezleri

Bu tür CNC tezgahları (Şekil 2.3) en az 3 olmak üzere 4 , 5 ve daha fazla eksenle işlem yapabilme özelliklerine sahip olup noktasal hareket (Point to Point) ve sürekli iz kontrolü (CPC) ile donatılmıştır [11]. Böyle kompleks ve çok sayıda operasyonlara sahip iş parçalarının imalatları bir bağlamada gerçekleştirilir. Otomatik kesici değiştirme (Automatic Tool Change) kolaylıkları bir başka özellikleridir. Kesici telafisi (Tool Compensation) özellikle eğrisel frezeleme işlemlerinde ve kalıpcılıkta büyük kolaylık sağlar.

Üç boyutlu iş parçalarının ideal profil ve optimum özellikte işlenmeleri başarıyla gerçekleştirilir. Kullanılan kesiciler, uçları radyuslu ve yüksek kesme hızına sahip sert maden ve titanyum kaplı uçlardır. İşleme merkezleri yatay ve dikey olmak üzere iki çeşittir. Şekil 2.4 de CNC dik işleme merkezinin gövde yapısı görülmektedir [6].



Şekil 2.3 CNC işleme merkezi



**Şekil 2.4** CNC işleme merkezinin gövde yapısı

### **İşleme Merkezlerinin Karakteristik Özellikleri**

- Prizmatik iş parçalarının bir bağlanışta 3, 4 hatta 5 yüzeyi aynı anda işlenebilir.
- Alın frezeleme, delme, delik büyütme, rayba ve kılavuz çekme, profil işleme, açılı delik delme vb. işlemler yapılabilir.
- Kullanılacak olan kesiciler tezgahın magazin kısmına yerleştirilir ve program içerisinde gerekli olan işlemlerde kullanılır. Magazinler 10-30-60-80 yada daha fazla kesici takım kapasitesine sahiptir.
- İş parçalarının tezgaha bağlanma ve çözülme işlemlerinde robot kol ve ekipmanlar kullanılabilir. Böylece bu alandaki zaman kayıpları ortadan kaldırılır.

### 2.7.3 CNC matkap tezgahları

CNC matkap tezgahları (Şekil 2.5) işlem fonksiyonları bakımından konvansiyonel türlerinden çok farklı değildir [14]. Başlı başına CNC matkap tezgahı olarak değil küçük kapasiteli dik işleme merkezi olarak tasarlanırlar. Tezgah tablasının hareketleri X ve Y eksenleri, kesicinin hareketi ise Z eksenine doğrudur.



Şekil 2.5 CNC matkap tezgahı

Bu tür tezgahlarda pek çok olasılıklar söz konusudur. Tabla sabit kesicinin bağlandığı başlık koordinat eksenlerinde hareket edebilir veya birden fazla tezgah mili ve tablası bulunabilir. Özellikle basit frezeleme, delme ve delik büyütme işlemlerinde çok kullanışlıdır.

### 2.7.4 CNC taşlama tezgahları

Silindirik ve düzlem taşlama işlemlerinde yüksek hassasiyet ve yüzey kalitesi elde edilmesi gerekir. Bu nedenle özellikle teknolojik bakımdan nümerik kontrolün temel felsefesine çok uygundur. Ne yazık ki bu alanda NC kullanımı son yıllarda olmuştur. Taşlama ile ilgili bazı özel problemlerini başarı ile çözümlen imalatçı

firmalar nümerik kontrolü imalatları ile bütünleştirerek kendi NC sistemlerini geliştirmişlerdir.



**Şekil 2.6** CNC taşlama tezgahı

Torna ve freze tezgahlarında kullanılan standart kontrol tasarımları taşlama tezgahlarında kullanışlı değildir. Bu nedenle CNC taşlama tezgahlarının (Şekil 2.6) kontrol sistemlerinde diğer tür tezgahlardan farklı çözümlere ihtiyaç vardır [7]. Bunlar bazen 0,1 mikrona varan yüksek hassasiyet, çok geniş bir ilerleme hızı alanıdır. İlerleme hızları 0,02 mm/dak. ile 60 m/dak. arasında değişir. Taşlama işlemleri ile ilgili özel taşlama döngülerine (Canned Grinding Cycles), kademeli ilerleme artışı, bekleme, salınım, rutin, taş bileme vb döngüler örnek verilebilir. Otomatik kesici telafisinin zımpara taşının bilenmesinden sonra yapılması, doğrusal (Linear) ve eğrisel (Circular) interpolasyon hızları kesilmeden yapılmalıdır. Herhangi kontur sapmalarında zımpara taşının bilenmesi ile programa sonradan yapılacak veri girişleri ve düzeltme işlemleri kolaylıkla yapılabilir. Taşlama tezgahlarında kullanılan kesici miktarı fazla olmadığı için telafi işlemi daha basittir.



### 2.7.5 CNC pres ve zımbalı deliciler

CNC pres ve zımbalı delicilerle (Şekil 2.7) konum değiştirmeler iki eksenli sürekli iz kontrolü şeklinde ve yüksek değerlerde yapılır [16]. Programlanabilen kurs ilerlemesi sac malzemelerin kalınlıklarına göre değiştirilebilir. Genelde bu tezgahlarda imal edilen parçalar benzerdir. Bu nedenle program hafızaları geniş ölçüde kombine ve tekrarlanabilir programlama yeteneklerine sahiptir.



**Şekil 2.7** CNC zımbalama (punch) tezgahı

Zımbalı delicilerde zımba şekilleri basitten kompleks profillere kadar değişik işlem yapabilecek özelliklere sahiptir. Bunun için yaygın olarak kullanılan zımbalar standartlaştırılmış ve hazır olarak bulunabilir. Yine bu tür tezgahların zımba uçlarının otomatik olarak değiştirilme özellikleri de vardır. Zımba taretlerinin en yaygın olarak kullanılan 36 istasyonlu olanlarıdır. Bilgisayar yardımı ile imal edilecek parçalar, sac plakalar üzerine yerleştirilir. Böylece en az fire verebilecek şekilde optimum parça yerleşimi sağlanır. Parçaların taşınmaları ve tezgaha sürülme işlemi, mamul ve artık parçaların uzaklaştırılmaları programlı taşıyıcılar yardımıyla yapılır.

### 2.7.6 CNC nokta kaynak makineleri

Nümerik Kontrollü Nokta Kaynak Makineleri (Numerical Controlled Spot-Welding Machines) son yıllarda özellikle otomotiv endüstrisi alanında uygulamaya konulmuştur. Parçaların transfer hatları üzerinde kaynaklanması manuel kaynaklamaya

göre büyük bir başarıyla gerçekleştirilir. Karmaşık geometriye sahip parçaları seri ve istenilen tamlıklarda kaynaklanır. Program ilk parçanın yapımıyla düzenlenir ve tekrarlanır. Bu işlem 'Playback' tekniği olarak isimlendirilir. Yani kaynak yapılacak parçanın her bir kısmı manuel olarak ayarlanır ve klavye aracılığı ile hafızaya girişi yapılır. Böylece yardımcı koordinat hesaplamaları da ortadan kalkmış olur. CNC nokta kaynak makinelerinin pek çoğu CNC kaynak hattıyla şebekelendirilir. İşlem esnasında hafızadan gerekli olan kaynak programı çağrılır ve kaynak işlemi yapılır.

Bu makinelerdeki CNC temelde operasyon kontrolünden çok makine kontrolüdür. Oksi-asetilen, plazma yada lazer kesicilerde işlemi yapan başlık tezgah milidir. Eğer bu başlıklar yerine bir kaynak torqu takılırsa CNC kaynak makinesi elde edilir. Kaynak işlemlerinde robot kullanımı en başarılı ve yaygın olan uygulamadır.

### **2.7.7 Diğer tür CNC takım tezgahları**

Yüksek verim ve hassasiyetinden dolayı CNC günümüzde her türlü imalat sisteminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomatik kesici değiştirme özellikleriyle de otomasyonda büyük ölçüde kolaylık ve zaman tasarrufu sağlar. Günümüzde CNC 'nin kullanıldığı tezgah çeşitleri yalnızca yukarıda bahsedilenler değildir. Ancak bunlar en yaygın olarak kullanılanlarıdır. Bunların dışında CNC 'nin kullanıldığı tezgah türleri:

- Üç boyutlu ölçme ve kontrol tezgahları (CMM)
- Alet bileme tezgahları
- Testere tezgahları
- Montaj sistemleri
- Tel erozyon tezgahları
- Kaplama tezgahları
- Malzeme taşıma sistemleri
- Lazer kesme tezgahları
- Boru bükme makineleri
- Sıvama tezgahları
- Alevle kesme makineleri

## BÖLÜM 3

### TÜRKİYE'DEKİ TAKIM TEZGAHI SEKTÖRÜNÜN İNCELENMESİ

Türkiye takım tezgahı sektörü yaklaşık 50 yıllık bir geçmişe sahip olup, Avrupa ülkelerindeki asırlık kuruluşlarla karşılaştırıldığında sektörümüzün oldukça genç olduğu söylenebilir.

Takım tezgahı yatırım mali olması nedeni ile ekonominin istikrar bulması ile ancak hareketlenen ve en ufak ekonomik çalkantılarda dahi ilk olarak etkilenen bir sektördür. Son dönemdeki istikrarlı ortam hemen her sektörü olduğu gibi takım tezgahı sektörünü de olumlu etkilemiştir. Ancak ülkemizdeki istikrarlı ortama rağmen 2008 yılının ikinci yarısında başlayan ve 2009 yılında devam eden global krizin etkisi Türkiye'de ve diğer ülkelerde ilk olarak takım tezgahı sektörünü etkilemesiyle olumlu hava aniden yerini olumsuz havaya bırakmıştır.

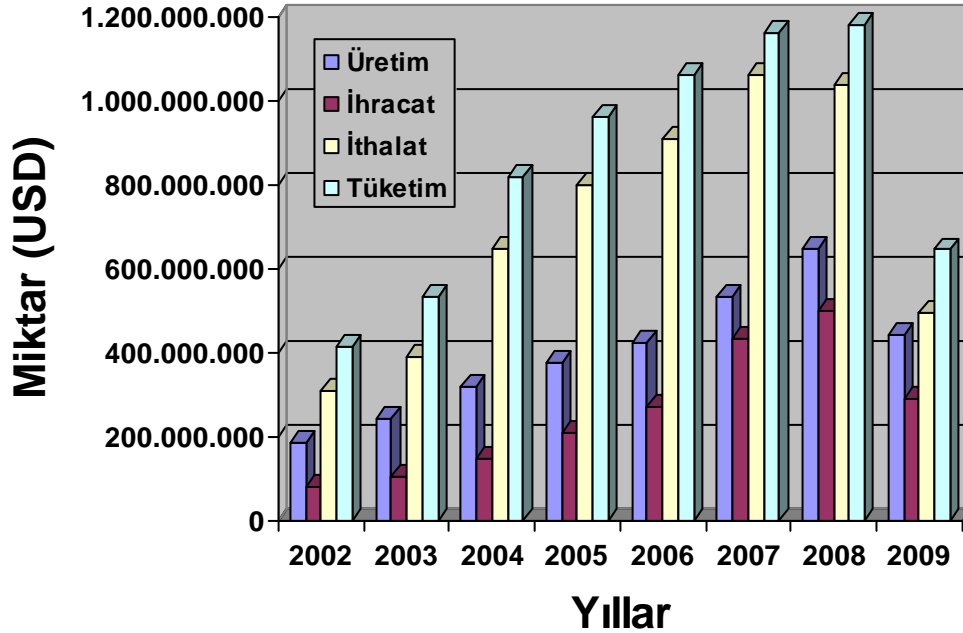
#### 3.1 Türkiye'de Takım Tezgahı Sektörünün Genel Durumu

Ülkemizin 2001 yılında yaşanan ekonomik krizin ardından hızlı bir toparlanma sürecine girdiğini, 2008 yılının ikinci yarısında başlayan global kriz ile sekteye uğradığını rakamlara bakarak rahatlıkla söyleyebiliriz (Çizelge 5.1). Takım tezgahı sektörü 2008 yılında başlayan global krize rağmen 2008 yılında bile gerek üretim gerekse ihracat ve ithalatta önemli artışlar kaydetmiş, 2009 yılında ciddi bir düşüş yaşamıştır (Şekil5.1). Bütün bu gelişmeler ülkemizdeki takım tezgahı sektörünün ekonomik istikrarla doğru orantılı bir şekilde nasıl değiştiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Çizelge 3.1 Türkiye’de takım tezgahı sektörünün genel durumu (USD)

Üretim	YILLAR							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Talaşlı İmalat Tezgahları</i>	65.952.000	76.159.000	97.825.000	113.447.000	127.860.000	159.810.000	165.550.000	129.500.000
<i>Talaşsız İmalat Tezgahları</i>	119.660.000	170.380.000	221.251.000	261.076.000	298.340.000	372.890.000	482.345.000	311.750.000
<b>Toplam</b>	185.612.000	246.539.000	319.076.000	374.523.000	426.200.000	532.700.000	647.895.000	441.250.000
<i>Değişim %</i>	14,4	32,8	29,4	17,3	13,8	25	21,6	-31,9
<b>İhracat</b>	82.569.967	104.354.879	150.823.924	213.213.297	271.706.677	433.000.000	502.962.861	292.827.436
<i>Değişim %</i>	13,4	26,4	44,5	41,3	27,4	59,3	16,1	-41,7
<b>İthalat</b>	311.845.522	390.568.063	647.362.870	798.786.671	907.803.018	1.062.000.000	1.035.334.306	496.655.304
<i>Değişim %</i>	47,7	25,2	65,7	23,4	13,6	17	-2,5	-52
<b>Tüketim</b>	414.875.555	534.413.184	819.438.946	960.096.374	1.062.296.341	1.161.000.000	1.180.266.445	645.077.868
<i>Değişim %</i>	30,3	28,8	53,3	17,1	10,6	9,2	1,6	-45,3

Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)



Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

Şekil 3.1 Türkiye’de takım tezgahı sektörünün genel durumu (USD)

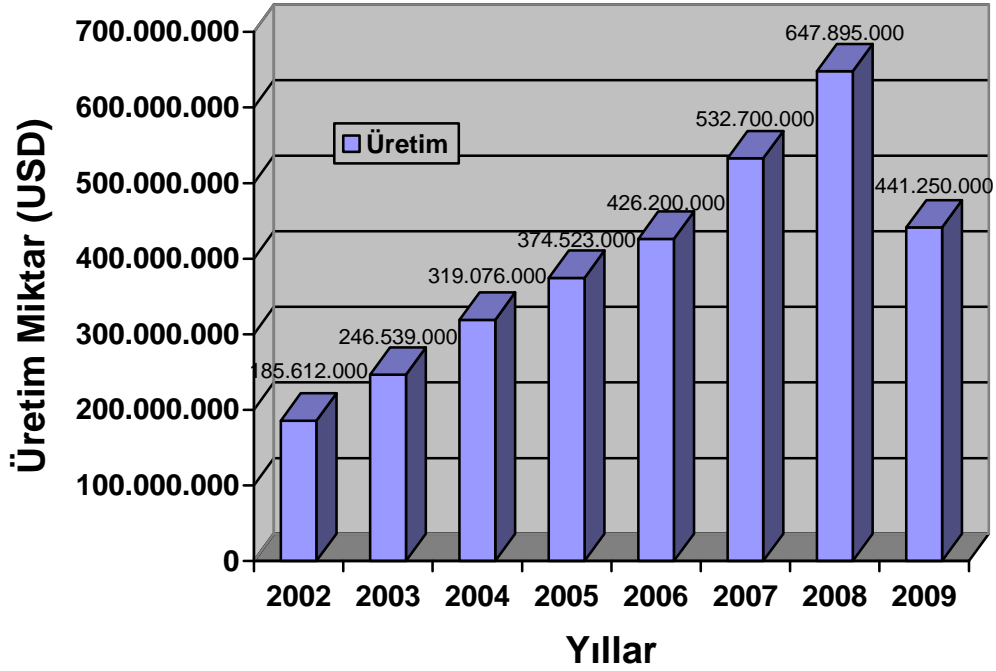
### 3.1.1 Türkiye'nin takım tezgahı üretimi

Elde edilen bilgilere göre 2007 yılında üretim %25 artarak 532.700.000 \$ ' a çıkarken 2008 yılında %21 artarak 647.895.000 \$'a çıkmış global krizle birlikte 2009 yılında %31,8 azalarak 441.250.000 \$'a inmiş ve 2006 yılı seviyelerine gerilemiştir (Çizelge 3.1). İlk yıllarda olduğu gibi bugün için de ülkemizdeki tezgah imalatı ve ihracatı içinde sac işleme makinelerinin payı oldukça fazladır. Talaşlı imalat tezgahları 2002 yılı ve 2009 yılları arasında toplam üretimin ortalama %30'unu oluştururken %70'ini talaşsız imalat tezgahları oluşturmaktadır. Talaşlı imalat tezgahları 2008 yılına kadar istikrarlı bir şekilde artarken 2009 yılında 2006 yılı seviyelerine geri dönmüştür (Şekil 3.2).

2007 yılının verilerine göre Türkiye dünya takım tezgahları üretiminin %92 'sini karşılayan 29 ülkenin içerisinde bulunduğu grupta 2006 yılında 16. sırada yer alırken 2007 yılında 15. sıraya yükselmiştir. Böylece bir sıra yükselen Türkiye Hollanda'nın hemen arkasındaki yerini almıştır. 2006 yılında ise 2005 yılına göre iki sıra gerilemiştir. Oysa Türkiye 2004 yılında Avusturya, Hollanda, Finlandiya, İsveç, Çek Cumhuriyeti'ni geride bırakarak 19. sıradan 14. sıraya yükselmiş ve 2005 yılında da bu yerini korumuştur. 2008 yılında ise bir önceki yıla göre 3 sıra kaybederek Hollanda'nın da altına inmiş ve 18. sıraya gerilemiştir. 2009 yılında ise yerini korumuştur.

2009 yılında dünya takım tezgahları üretiminin %81 'ini yapan ülkeler sırasıyla Çin, Almanya, Japonya, İtalya, Güney Kore, Tayvan ve Amerika olmuştur. Bu 7 ülke dünya üretiminde önemli bir yere sahiptir.

Bu haliyle Türkiye dünya takım tezgahı üretiminin ancak binde 6'sını üretirken, bu oran talaşlı takım tezgahlarında binde 1,2'lik bir bölüme, talaşsız takım tezgahlarında ise binde 4,8'lik bir bölüme karşılık gelmektedir. CECIMO (Avrupa Takım Tezgahı İmalatçıları Ekonomik İşbirliği Komitesi) gurubu ülkelerde ise ihracatta ülkemizin tam tersi bir durum gözlenmektedir. Bu ülkelerdeki imalatın yaklaşık % 70'i talaşlı takım tezgahıdır.



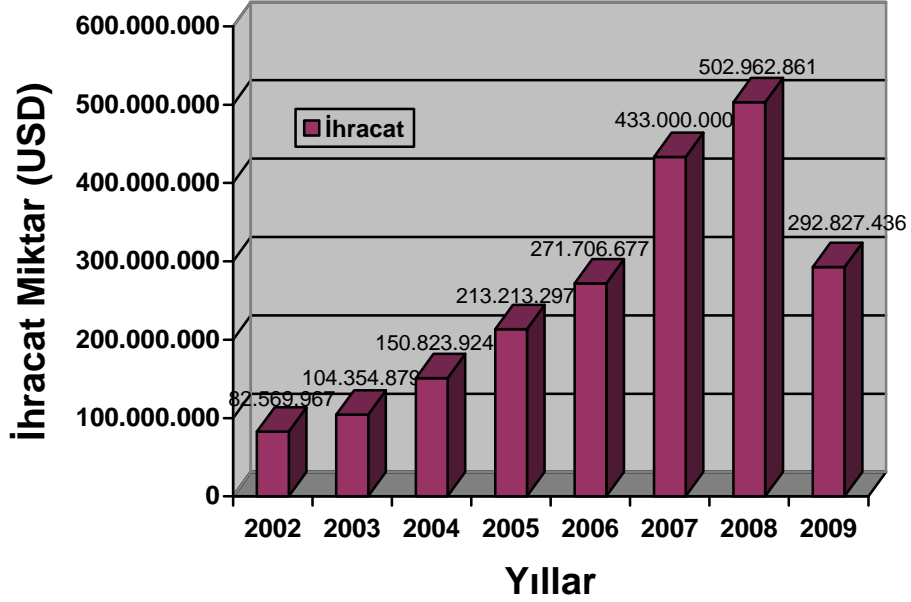
Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

Şekil 3.2 Türkiye'nin takım tezgahı üretimi

### 3.1.2 Türkiye'nin takım tezgahı ihracatı

2008 yılı diğer yıllar içerisinde takım tezgahının ihracatında en iyi yıl olmuştur. Türkiye'de takım tezgahının ihracatı 2006 yılına göre 2007 yılında %59 artarak 433.000.000 \$'a ulaşırken, 2007 yılına göre 2008 yılında %16 artarak 502.962.861 \$'a çıkmıştır (Şekil 3.3). 2009 yılında ise yine 2006 yılı seviyelerine gerilemiştir. Testere ve talaşsız imalat tezgahlarına (pres, giyotin, makas, abkant v.b.) talaşlı imalat tezgahları temel alınarak bakarsak çok hızlı bir gelişme görülmektedir. Takım tezgahı ihracatımızın % 77,1'i bu grup tezgahlardan oluşmaktadır. Yine bu grupta yer alan tezgahların ihracatının yaklaşık % 60'ı Avrupa Birliği ülkelerine, ABD ve Kanada'ya yapılmaktadır. Bu grupta yer alan imalatçılarımız talaşlı imalat takım tezgahlarına oranla çok daha konvansiyonel nitelikteki ürünlerinin gamını sürekli geliştirmekte ve pazar paylarını arttırmaktadırlar. Bu süreç bize ülkemizdeki takım tezgahı üretiminin

sadece fiyat değil aynı zamanda kalite ve teknolojileri ile de rekabetçi bir düzeye geldiğimizi göstermektedir.

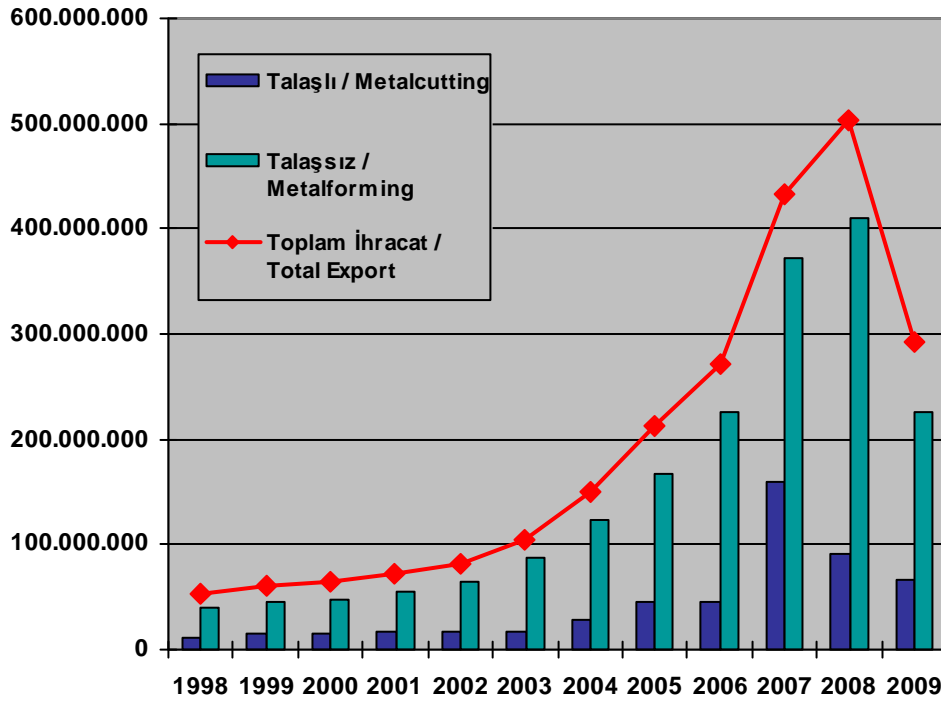


Kaynak: TIAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

### Şekil 3.3 Türkiye'nin takım tezgahı ihracatı

İhracatımız 1998'den bu yana 2008 yılına kadar düzenli bir artış göstermiştir. 2008 yılında talaşlı takım tezgahlarındaki ihracatımızın azalmasına rağmen toplam ihracatımızdaki artış devam etmiştir (Şekil 3.4). 2004 ve 2005 yıllarındaki artış oranı bir önceki yıla göre %40'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Tezgah ihracatında yaşanan bu önemli artış aslında dünya konjonktürünün pek de uygun olmadığı bir dönemde sağlanmış bulunmaktadır. Özellikle 2002 ve 2003 yılları, birçok gelişmiş ülkede ve bu arada makine ihracatımız için önemli pazarlar olan Avrupa Birliği, ABD ve Kanada'da durgunluk, hatta pazar daralmasının yaşandığı yıllar olmuştur. Örneğin, CECIMO gurubu 15 Avrupa ülkesinde takım tezgahı satışları 2002 yılında %16,7 ve 2003 yılında %13 azalmış iken, aynı yıllarda Türkiye'nin takım tezgahı ihracatı sırası ile %13,2 ve

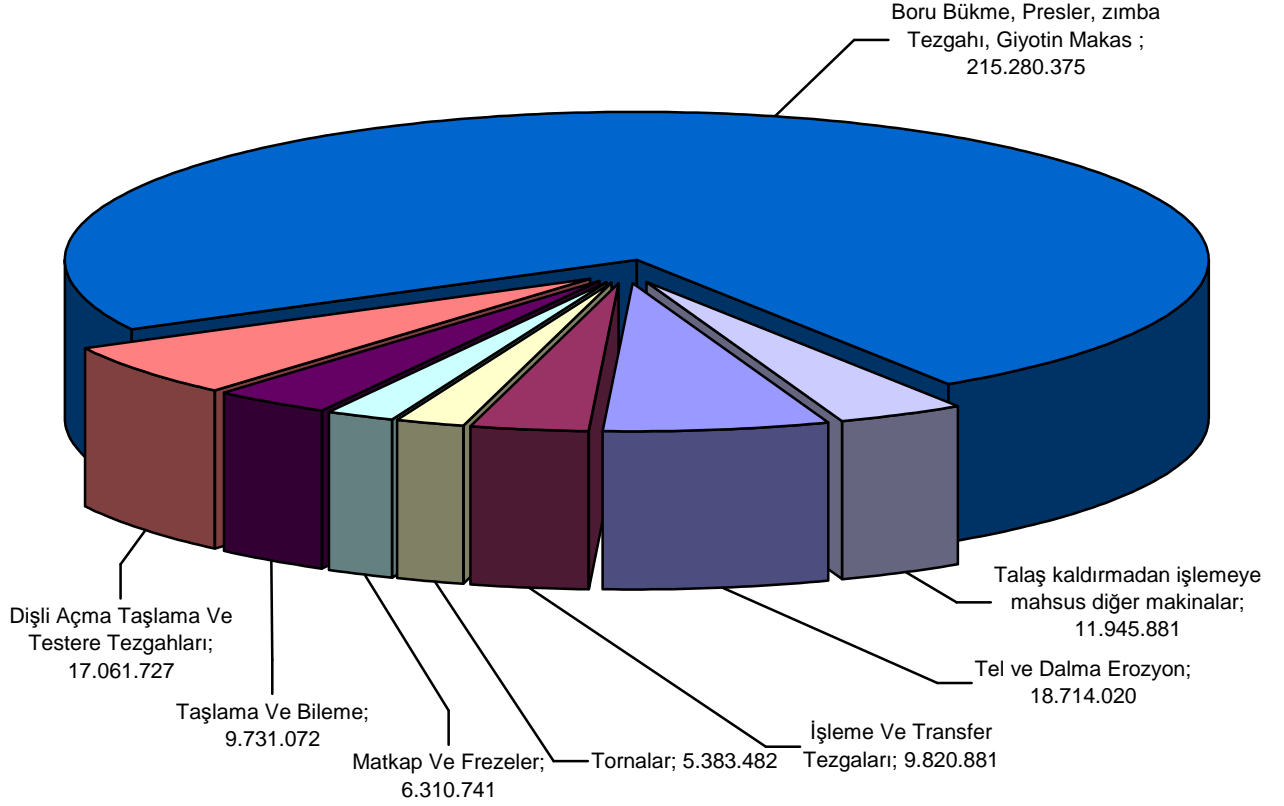
% 26,2 artmıştır. 2004, 2005 ve 2006 yılında, söz konusu pazarlarda bir iyileşme yaşanmasına rağmen tatmin edici düzeyde değildir. 2006 yılında artış oranı her ne kadar düşmüşse de 2007 yılında, 2004, 2005 ve 2006 yılındaki ortalama artışa göre % 5 daha yüksek bir artış göstermiştir. 2008 yılında artış hızı özellikle talaşlı takım tezgahlarındaki durgunluk nedeniyle daha yavaş bir artış göstermiş ve 2009 yılında tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ciddi miktarda azalmıştır.



Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

**Şekil 3.4** Türkiye'nin yıllara göre talaşlı ve talaşsız takım tezgahı ihracatı





Kaynak: TIAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

**Şekil 3.5** 2009 yılına göre Türkiye'deki takım tezgahı ihracatının ürün gruplarına göre dağılımı

Türkiye'nin takım tezgahı ihracatını GTİP'e göre (Gümrük Tarife İstatistik Pozisyon Numarası) incelediğimiz zaman en çok başarılı olduğumuz kısmın 2009 yılına kadar saç şekillendirme – dövme tezgahlarında olduğunu söyleyebiliriz (Çizelge 3.3). Global krizle beraber boru bükme tezgahı, giyotin makas, presler, zımba tezgahı, katlama kesme tezgahı ve kaplama tezgahlarını kapsayan takım tezgahlarının da (GTİP 84.62) krizden etkilendiği ve %45'lik bir azalışla yaklaşık 215.2 milyon \$'a gerilediği görülmüştür. Diğer önde gelen grup olan planya, vargel, yiv açma, broş, dişli açma, dişli taşılama veya dişli tamamlama tezgahları, testere, dilme tezgahları ise (GTİP 84.61) 2009 yılında %38,4'lük bir azalışla yaklaşık 17 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir.

İşleme merkezleri, transfer tezgahları (GTİP 84.57) %65,1, tel ve dalma erozyon tezgahları ise (GTİP 84.56) %11,9 oranında krize rağmen aratarak dikkatleri üzerlerine çekmişlerdir. Tornalar (GTİP 84.58) , taşlama ve bileme tezgahları (GTİP 84.60), matkap tezgahları, özel delik delme tezgahları, freze tezgahları (GTİP 84.59) 2009 yılı içerisinde ihracatta krizden doğrudan etkilenmiş ve ciddi anlamda gerilemiştir. Özellikle torna tezgahları (GTİP 84.58) 2008 yılında bir önceki yıla göre %79 gibi büyük bir oranda azalmış 2009 yılında da 17,8'lik azalma ile gerilemeye devam etmiştir. Çizelge 3.2 de GTİP numaralarının ürün gruplarına göre açılımları verilmiştir. Takım tezgahı konusunda ülkemizin en önemli partnerleri ihracatta İtalya, Almanya, İspanya ve Rusya olmuştur.

**Çizelge 3.2** Gümrük tarife istatistik pozisyon numaralarının ürün grupları cinsinden karşılıkları

<b>G.T.İ.P. No:</b>	<b>Ürün Grupları</b>
<b>84.56</b>	Tel Erozyon Ve Dalma Erozyon
<b>84.57</b>	İşleme Ve Transfer Tezgahları
<b>84.58</b>	Tornalar
<b>84.59</b>	Matkap Ve Frezeler
<b>84.60</b>	Taşlama Ve Bileme
<b>84.61</b>	Dişli Açma Taşlama Ve Testere Tezgahları
<b>84.62</b>	Boru Bükme, Presler, zımba Tezgahı, Giyotin Makas
<b>84.63</b>	Talaş Kaldırmadan İşlemeye Mahsus Diğer Makinalar

**Çizelge 3.3** Gümrük tarife istatistik pozisyon numarasına göre (GTİP) Türkiye’de takım tezgahı ihracatı

GTİP	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>84.56</b>	444.331	1.557.025	1.520.555	2.005.090	5.110.553	7.520.244	16.730.412	18.714.020
<b>84.57</b>	3.000.606	655.327	3.654.593	9.439.729	3.013.018	5.265.859	5.947.260	9.820.881
<b>84.58</b>	5.274.783	3.511.458	1.695.389	3.998.854	2.417.638	3.740.250	6.549.405	5.383.482
<b>84.59</b>	2.729.452	2.690.001	3.852.037	6.830.113	8.528.654	13.056.394	13.198.183	6.310.741
<b>84.60</b>	3.085.160	3.881.900	5.495.605	10.240.207	8.784.204	14.860.291	21.749.276	9.731.072
<b>84.61</b>	2.894.236	4.580.244	11.351.233	12.692.927	17.349.541	26.843.073	27.740.964	17.061.727
<b>84.62</b>	61.024.341	84.744.439	120.077.604	160.836.756	213.581.939	349.768.009	390.843.489	215.280.375
<b>84.63</b>	4.117.058	2.734.385	3.179.908	7.169.921	12.844.232	11.945.881	20.203.872	10.525.138
<b>Toplam</b>	82.569.967	104.354.879	150.823.924	213.213.297	271.629.769	433.200.000	502.962.861	292.827.436

Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

### 3.1.3 Türkiye’nin takım tezgahı ithalatı

2007 yılında takım tezgahı ithalatındaki önemli değişme Çin’in eğiliminin dünya üzerinde kendine yeten bir ülke haline gelmesidir (Çizelge 3.3). 2007 yılında Çin’in ithalatı, ihracatı arttan ülkelerde artmıştır. Çin’in 2006 yılındaki 7.2 milyar \$’lık ithalatı 2007 yılında 6.9 milyar \$’a azalırken 2008 yılında 7.5 milyar \$’a çıkmış 2009 yılında ise global krizle birlikte 5.8 milyar \$’a azalmıştır. İthalat rakamları gösteriyor ki 2009 yılındaki global krizden en çok etkilenen ülkeler Amerika, Almanya, İtalya, Tayvan, Rusya, İspanya, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Danimarka ve Türkiye olmuştur. Bu ülkelerde ithalattaki azalış %50’den fazla meydana gelmiştir. En çok etkilenen ülke ise %76’lık düşüşle Tayvan olmuştur.

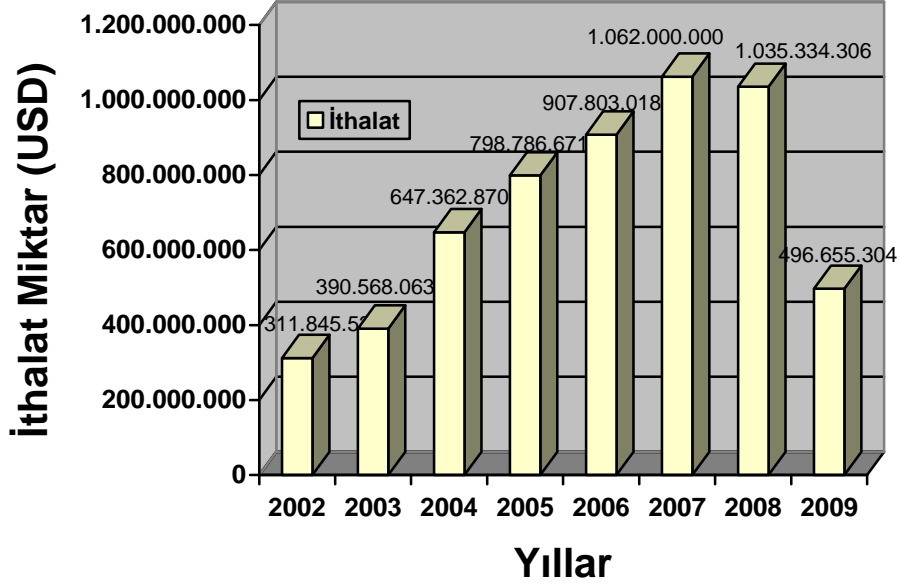
Ülkemiz ithalat açısından ise 2006 yılında dünya ülkeleri arasında 9. ve Avrupa ülkeleri arasında 4. sırada iken yaklaşık 1 milyar \$ ile 2007 yılında dünya ülkeleri arasında 11. sırada yer almıştır. 2008 yılında 12. sıraya, 2009 yılında ise 13. sıraya kadar gerilemiştir. Tablo incelendiğinde sektörün ithalat ağırlıklı bir durumda olduğu görülmektedir. Özellikle talaş kaldırarak işlem yapan takım tezgahları konusunda ithalat ağırlıklı bir tablo gözlenmektedir.

**Çizelge 3.4** 2009 yılında dünya çapında ithalattaki ilk 10 ülke ve Türkiye

No:	Ülkeler	İthalat (milyon USD)	Değişim	İthalatın Tüketimi Karşılama Oranı
1	Çin	5.800,00	-24%	30%
2	A.B.D.	2.259,60	-54%	67%
3	Almanya	2.224,80	-49%	41%
4	Brezilya	1.454,70	0%	57%
5	G. Kore	1.130,10	-15%	44%
6	Fransa	924,7	-35%	82%
7	Meksika	906,3	-36%	90%
8	Hindistan	900,7	-43%	78%
9	İtalya	817,6	-62%	30%
10	Belçika	721,7	-36%	155%
13	Türkiye	496,6	-52%	87%

Kaynak: TIAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

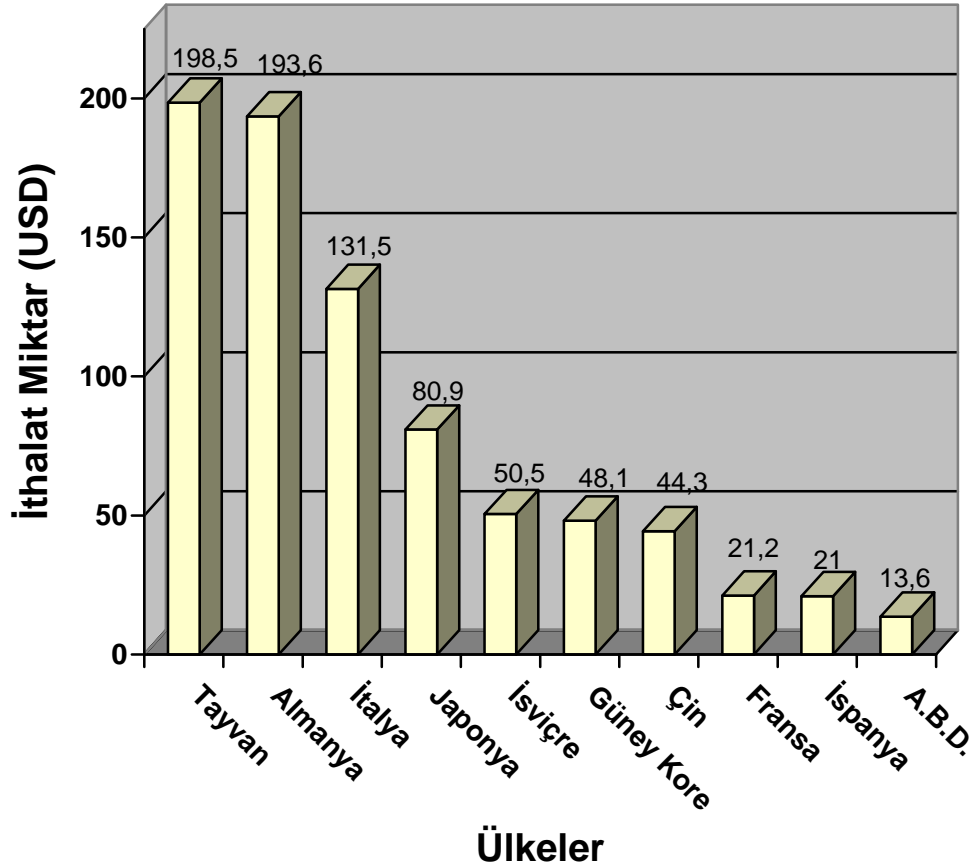
Rakamlar incelendiğinde (Çizelge 3.1) ihracatın %59 arttığı 2007 yılında ve %16,1 arttığı 2008 yılında, tüketimin 2006 yılına göre 2007 yılında, 2007 yılına göre de 2008 yılında aynı seviyede olduğu görülmektedir. Aynı yıllarda üretim ve ithalatın ise arttığı görülmektedir. Takım tezgahı ithalatı 2007 yılında bir önceki yıla göre %18 'lik bir artışla 1.062 milyon USD ile 2006 yılında ulaşılan seviyeyi de geçerek rekor düzeye ulaşmıştır (Şekil 5.6). 2003 yılından bu yana ülkemiz otomotiv sanayinin yaşadığı hızlı büyüme, gerek ana sanayi firmalarında, gerekse yan sanayi kuruluşlarında yatırımları teşvik etmiştir. Son yıllarda döviz kurunun olması gereken değerin önemli ölçüde altında kalması ise, yatırımcıları ithal tezgahlara yöneltmiştir. 2008 yılının ikinci yarısında yaşanan kriz yatırımların ertelenmesine ve iptal edilmesine neden olmuş ve sektörde durgunluğun yaşanmasını sağlayarak %2,5'luk bir azalma ile etkisini göstermiştir. 2009 yılında ise krizin etkisi tam olarak görülmüş ve sektördeki azalma %52'ye ulaşmıştır.



Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

**Şekil 3.6** Türkiye'nin takım tezgahı ithalatı

2006 yılında Türkiye'nin en büyük ithalat kaynakları Almanya, Tayvan, Japonya, İtalya, Güney Kore, İsviçre ve Çin iken 2007 yılında da beklenildiği gibi Tayvan, Almanya, İtalya, Japonya, İsviçre, Güney Kore ve Çin yine en büyük ithalat kaynakları olmuştur (Şekil 3.6). Tayvan'dan 198,5 milyon \$, Almanya'dan 193,6 milyon \$, İtalya'dan 131,5 milyon \$, Japonya'dan 80,9 milyon \$ ve İsviçre'den 50,5 milyon \$'lık ithalat ile bu ülkeler bizim ticaretimizde öncü ülkeler haline gelmiştir. Toplamda 803 milyon \$ ithalat ise Türkiye tarafından bu 10 ülkeden yapılmaktadır. 2008 ve 2009 yıllarında da yine Türkiye'nin en büyük ithalat kaynakları bu ülkeler olmuştur.



Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

**Şekil 3.7** 2007 yılında Türkiye'nin ithalat yaptığı ülkeler

Gümrük tarife istatistik pozisyon numarasına göre Türkiye'nin ithalatını analiz edersek, 2007 yılına kadar ithalatta en büyük güç olan saç şekillendirme ve dövme tezgahları (GTİP 84.62) yerini %43.5 artış gösteren transfer tezgahlarına ve işleme merkezi grubuna (GTİP 84.57) bırakmışken 2008 yılında yerini tekrar saç şekillendirme ve dövme tezgahlarına bırakmıştır (Çizelge 3.5). 2009 yılında ise saç şekillendirme ve dövme tezgahları yine ithalattaki en büyük grup olurken transfer tezgahları ve işleme merkezi grubu ikinci sıradaki yerini torna tezgahları grubuna (GTİP 84.58) bırakmıştır. Her ne kadar bu grupların derecelerinde ufak değişiklikler olsa da bu üçlü grup toplam ithalatın %65'ini oluşturmaktadır.

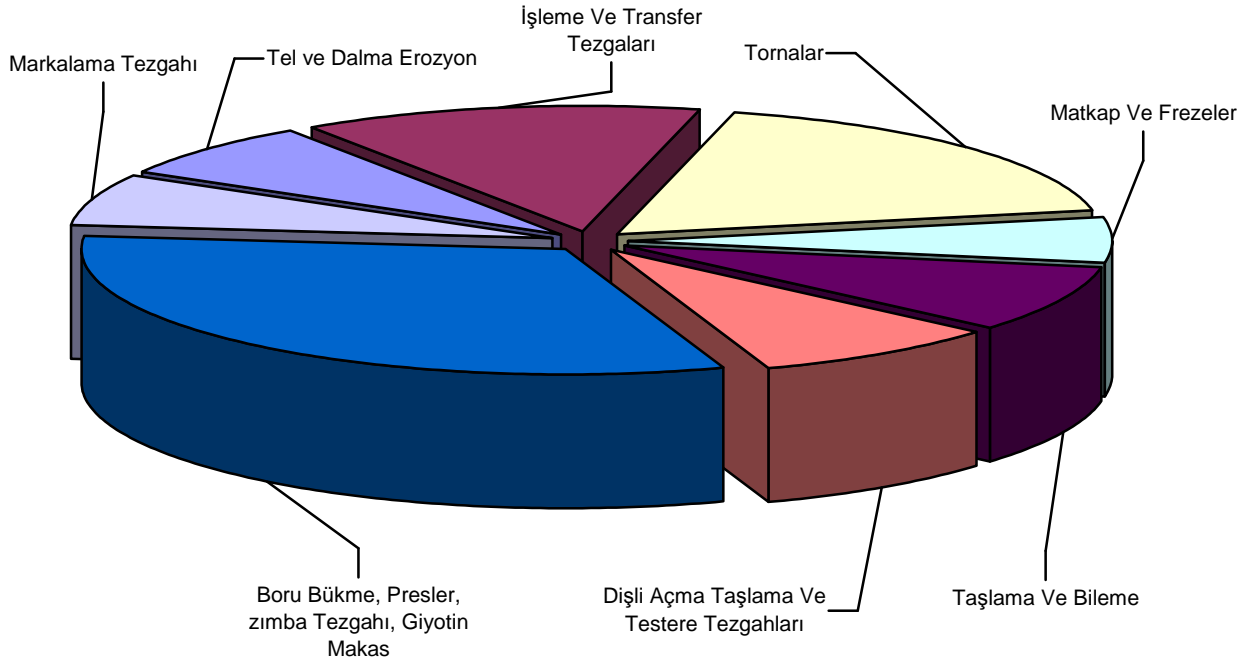
**Çizelge 3.5** Gümrük tarife istatistik pozisyon numarasına göre (GTİP) Türkiye’de takım tezgahı ithalatı

GTİP	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>84.56</b>	21.782.787	34.198.439	54.684.208	66.342.255	83.333.201	105.689.019	88.162.240	35.500.903
<b>84.57</b>	77.285.687	84.303.786	128.179.155	177.933.739	173.005.640	245.869.020	212.255.979	66.238.860
<b>84.58</b>	44.375.679	82.904.930	131.070.452	157.712.966	174.257.070	213.022.189	165.512.868	90.238.183
<b>84.59</b>	29.705.944	35.883.091	54.610.704	48.208.875	69.003.811	74.239.653	75.714.162	28.479.691
<b>84.60</b>	37.695.966	19.820.017	57.039.627	60.373.126	69.702.992	85.799.490	91.547.131	43.130.451
<b>84.61</b>	15.974.683	12.874.856	28.784.532	26.360.281	37.235.862	38.868.612	31.245.397	41.171.107
<b>84.62</b>	68.028.379	93.856.315	132.526.651	208.578.844	222.117.606	233.590.218	283.488.689	158.875.565
<b>84.63</b>	16.996.398	26.726.681	60.467.541	53.276.585	79.146.836	64.921.800	87.407.840	33.020.544
<b>TOPLAM</b>	311.845.522	390.570.066	647.364.874	798.786.671	907.803.018	1.062.000.000	1.035.334.306	496.655.304

Kaynak: TİAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

2009 yılı için diğer takım tezgahlarının ithalatına bakacak olursak, tel erozyon ve dalma erozyon tezgahları (GTİP 84.56) %60’lık bir azalış ile 35.5 milyon \$’a gerilerken, taşlama ve bileme tezgahları (GTİP 84.60) %52,8’lik bir azalışla 43.1 milyon \$’a gerilemiştir (Çizelge 3.5).

Matkap tezgahlarının, özel delik delme tezgahlarının ve freze tezgahlarının (GTİP 84.59) ithalatı 2006, 2007 ve 2008 yıllarında yatay bir seyirde iken 2009 yılında 2008 yılına göre %62,3 azalarak 28,2 milyon \$’a gerilemiştir. Planya, vargel, yiv açma, broş, dişli açma, dişli taşlama veya dişli tamamlama tezgahları, testere, dilme tezgahları (GTİP 84.61) grubunun ithalatı ise bütün ürün gruplarında düşme yaşanmasına rağmen 2009 yılında %31,8 artarak 41,1 milyon \$’a ulaşmıştır (Şekil 3.8).



Kaynak: TIAD (Takım Tezgahları Sanayici Ve İşadamları Derneği)

**Şekil 3.8** 2009 yılına göre Türkiye'deki takım tezgahı ithalatının ürün gruplarına göre dağılımı

### 3.1.4 Türkiye'nin takım tezgahı tüketimi

Ülkemiz takım tezgahı tüketimi açısından 2007 yılında 1,161 milyar USD ile dünyada 16., Avrupa ülkeleri arasında ise Almanya, İtalya, Fransa ve İspanya'nın ardından 5. sırada yer almıştır. 2008 yılında tüketim miktarı daha da artarak 1,180 milyar \$'a çıkarak dünyada 14., Avrupa ülkelerinde yine 5. sırada yer almıştır. 2009 yılına bakacak olursak dünyada 15., Avrupa ülkelerinde 6. sırada yer almıştır.

Ülkemizde takım tezgahı tüketimi 2001 yılında yaşanan krizin ardından hızla artış göstermiştir. 2004 yılında %54 artışla önce 819 milyon USD seviyesine ulaşmış, 2005 yılında %17 artışla 960 milyon USD 'a çıkmış, artışını sürdürerek 2006 yılında 1 milyar doların üstüne çıkmıştır. 2008 yılında ise konumunu koruyarak 1 milyar doların üzerinde tutunmayı başarmış ancak 2009 yılındaki global krizden ciddi olarak etkilenmiştir.



Her ne kadar bu tüketimde ithalatın payı yüksek olsa da, takım tezgahlarının kullanımındaki bu yaygınlık ülkemiz sanayisi için umut vericidir. 2009 yılında tüketim miktarı azalmış olsa da takım tezgahlarının kullanımındaki bu yaygınlığa sebep 2003 yılından bu yana ülkemiz otomotiv sanayisinin yaşadığı hızlı büyüme, gerek ana sanayi firmalarında, gerekse yan sanayi kuruluşlarında yatırımları teşvik etmesi, beyaz eşya ve kalıpcılık sanayideki gelişmeler başlıca etken olarak görülmektedir.

Ülkemiz kişi başı tüketimde 2007 yılında 15,42 \$ ile 19. sırada yer alırken küresel krizin ardından 2009 yılında 8,39 \$ ile 24. sıraya gerilemiştir. Tüketimdeki bu tablo sanayileşmemizi daha ileri seviye çıkarmamız gerektiği konusunda bir fikir vermektedir.

### **3.2 Türkiye'nin Takım Tezgahı Sektörünün Analizi**

Tüm bu gerçeklere karşı ülkemizde takım tezgahlarına karşı yeterince ilginin gösterildiğini söylemek mümkün değildir. Ülkemizde takım tezgahı sektörünün genel durumuna baktığımızda 2007 yılı itibarı ile yaklaşık 1,062 milyar dolarlık, 2008 yılında 1,180 milyar dolarlık, 2009 yılında ise 645 milyon dolarlık bir iç tüketim söz konusudur. Bu rakam ülkemizin sanayileşme adına nerelerde olduğunun da bir ifadesidir. Çünkü takım tezgahları tamamıyla üretime yönelik en önemli girdiyi teşkil etmektedir.

Dünya takım tezgahı üretiminde 2009 yılında Japonya, Almanya, Çin, İtalya, Tayvan, A.B.D., G. Kore, İsviçre, İspanya ve Brezilya önde gelen ülkelerdir. İhracatta, üretimde ilk 10 ülke içinde yer alan Brezilya yerini Avusturya'ya bırakmıştır. Diğer 9 ülke ise üretimde olduğu gibi ihracatta da ilk 10 ülke arasında yer bulmuşlardır. 2009 yılı takım tezgah ithalatına baktığımızda dünyanın en büyük ithalatçısı Çin ve ardından Çin'i A.B.D., Almanya, G. Kore, Fransa, Meksika, Hindistan, İtalya ve Belçika takip etmektedir. Yani üretimdeki ilk 10 ülke takım tezgahı ihracat ve ithalatında da benzer yerlerde-dir.

### **3.2.1 Türkiye'nin takım tezgahı sektörünün güçlü yönleri**

- Talep fazlalığının bulunması,
- Ekonomik gelişmelerin sektöre olumlu etkisi,
- Girdi maliyetlerinin rakip ülkelere göre daha düşük olması (Avrupa ülkelerine göre),
- Türkiye'nin jeopolitik konumu sebebi ile birçok pazara olan yakınlığı,
- Talaşsız imalatta sağlanan uzmanlaşma,

### **3.2.2 Türkiye'nin takım tezgahı sektörünün zayıf yönleri**

- Yerli sanayinin gelişmemesi,
- Talaşlı üretimde yetersiz kapasite,
- AR-GE çalışmaları ve teknoloji yatırımlarının yetersiz olması,
- Yüksek üretim maliyetleri,
- Yan sanayinin gelişmemesi,
- Yetersiz pazarlama ve tanıtım çalışmaları (yurtdışı fuarlar)

## BÖLÜM 4

### CNC TAKIM TEZGAHI SEÇİM KRİTERLERİ VE FİRMALAR İÇİN CNC SEÇİMİNDE BİR UYGULAMA

Talaşlı imalat işleminin ekonomisi üzerine etkide bulunan birçok faktör vardır. Bu faktörler arasında takım tezgahı, iş parçası malzemesi, iş parçasının boyutları, parti büyüklüğü, otomasyon oranı ve kontrol tipi sayılabilir. Bir imalat işlemi planlandığında, temel talaş kaldırma yöntemlerinin ve performansın daha planlama prosedürünün en başında işlemin bir parçası olarak düşünülmesi ve projeyi oluşturan diğer parçalarla uyum içerisinde işlemin sürdürülmesi gerekmektedir.

Üretimde optimizasyon işlemleri sayesinde en yüksek verimlilik elde edilir. Bu durum bir yatırım planlanırken veya var olan bir üretim hattı yeniden yeni parçalar için düzenlenirken kesici takım performansının ve mevcut takım tezgahı kapasitelerinin dikkate alınması gerekir. Takım ve tezgah üreticilerinin birbirlerine danışarak sürdürecekları çalışmalar sonucunda çok daha verimli bir üretim sağlayacak talaşlı imalat yöntemlerinin geliştirilmesi mümkündür.

Talaş kaldırma işlemlerinde ekonomiklik önemli ölçüde üretim kaynaklarının en iyi kullanımına bağlıdır. İş hayatında ekonomiklik yapılan bir yatırımın getirisine bağlıdır. Bir işe yatırılan paranın getirisi iyi değilse yatırım normal olarak mantıklı gelmez. Bir şirket bir fabrikaya getirisi tatminkar ise yatırım yapar, şirket yöneticileri üretim kaynaklarına yine tatminkar bir getiri görürlerse yatırım yaparlar, üretimden sorumlu bir müdür bir takım tezgahına, tezgah belirli bir sayıdaki iş parçasını tatminkar bir maliyetle üretebilirse yatırım yapar ve bu sebep – sonuç ilişkisi kesici takıma kadar bu şekilde devam eder.

Üretim maliyeti genellikle sırasıyla kesici takım maliyeti, tezgah maliyeti, iş parçası malzemesi maliyeti, işçilik maliyeti ve geriye kalan genel giderlerden oluşur. Kesici takım maliyeti üretim maliyetinin sadece yaklaşık %3'ünü oluşturmasına rağmen diğer maliyetlere etkide bulunması ve sürekliliği açısından listenin en başında yer alır. İkinci sırada ise yatırım yapıldı anda verilen kararın değiştirilmesi pek mümkün olmayan takım tezgahı maliyeti bulunmaktadır (Sandvik Coromat, 2006).

Günümüzde rekabete dayalı modern imalat teknolojisinde zaman, hareket ve malzeme kaybını azaltmak son derece önem kazanmıştır. Dolayısıyla imalatçı firmalar müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayan, zaman kaybı olmaksızın ihtiyaçlara cevap veren ve hata oranı minimuma indirgenmek kaydıyla istenen miktarda parça üretmek zorunluluğu ile karşılaşmaktadırlar. Bu zorunluluğun yerine getirilmesinde CNC takım tezgahları, sağladığı avantajlar nedeniyle yaygın bir kullanıma kavuşmuş, modern imalat sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir (Tlusty, 2000).

Rekabet içindeki firmaların minimum zaman, malzeme kaybı, yüksek yüzey kalitesi ve hassasiyet için sahip oldukları ve yatırımını yapmak istedikleri CNC takım tezgahlarının yeteneklerini doğru bir şekilde değerlendirmeleri gerekir. Bu sebeple sahip olunan ya da yatırımı yapılmak istenen tezgahın, imalatı yapılacak ya da yapılması düşünülen parçaların boyutlarına uygun bir seçim olması gerekmektedir. Eğer bir iş parçası için yeni bir yatırım yapılacaksa işlenecek parçanın adet miktarına ve yüzey kalitesine uygun konstrüksiyona ve kontrol ünitesine sahip tezgah araştırılmalıdır. Sonrasında zaman etüt çalışması ile fiyat performans kıyaslaması yapılarak seçilen tezgahlar arasından bir tanesi için yatırım kararı verilerek seçim işlemi tamamlanır.

#### **4.1 Sistematik Yaklaşım**

CNC yatırım düşüncesi firmanın ilgili biriminin üzerine yüklenmiş en büyük sorumluluklardan biridir. İlgili birim teknik değerlendirme kurulundan oluşmuş CNC teknolojisinin çok yönlü çeşitlerini iyice dikkate alarak karar vermelidir.

Öncelikle CNC teknolojisinin gerekliliğinin ve inanırlığının kabul edilmesi gerekir. Sonraki adım teknik şartnamenin çerçevesini oluşturmak olmalıdır. Şu aşamada gereksinimlerin ve beklentilerin iyi bir şekilde belirlenmiş olması gerekir. Çünkü fiyat teklifi ilk aşamada belirlenen faktörlere büyük ölçüde bağlı olduğundan alınan sorumluluk büyüktür.

Özelliklerin ve teknik şartnamenin belirlenmesinde iki yaklaşımdan bahsedebiliriz. Bunlardan birincisi iş parçası odaklı yaklaşım olarak adlandırılır. Bu yaklaşımda sadece işlenecek parçaların boyutsal karakteristiklerinin sağlanması amaçlanır. CNC torna tezgahlarında iç çap dış çap ölçüleri, parçanın toplam uzunluğunu içerirken CNC işleme merkezleri için iş parçası ölçülerini, iş parçasının üzerinde varsa deliklerin çap ve derinliklerini, eğer gerekli görülürse iş parçasının malzeme seçimi, ağırlı ve detaylı teknik resmini içerebilir. Böyle bir yaklaşımda, müşterilerin ihtiyaçlarına en uygun tezgah tipi için firmalardan gelen teklif boyutu ve niteliği belirlenen iş parçasına göre fiyatlandırılmış olacaktır.

İkinci yaklaşım ise makine odaklı yaklaşımdır. Bu yaklaşım sayesinde tezgahın özellikleri ve ölçüleri parçanın kendisinden daha ön plana çıkmaktadır. Makine odaklı yaklaşımda eğer CNC torna tezgahı seçimi yapılacaksa tornanın çevirme ve tornalama çapı, merkezler arası mesafe, tornalama boyu, gerekli eksen sayısı, taret tipi ve eksen sayısı, ayna tipi, iş mili devre, kontrol sistemleri; eğer CNC işleme merkezi seçimi yapılacaksa tabla boyutu, eksen hareket miktarları, iş mili devri ve motor gücü, kesme hızları ve tornada olduğu gibi kontrol sistemleri gibi tezgahların özellikleri dikkate alınır. Bu sebeple ikinci yaklaşım birinci yaklaşıma göre daha kapsamlı özellikleri içeren bir formülasyona ihtiyaç duyulmaktadır (Sayeed, 1992).

#### **4.2 İmalatı Yapılması Düşünülen Parçaların Boyutlarının Analiz Edilmesi**

Firmalar tezgah yatırımı yapmadan önce, imalatındaki parçaların boyutlarını, en küçükten en büyüğe doğru analiz yapmalıdır. Elde edilen tecrübeler bize firmaların yatırımını yapmayı düşündüğü tezgahın imalat kapasitesinin, imalatını gerçekleştirdiği parçaların %85'ini işleyebilecek kapasitede olması durumunda tezgahın işleme

kapasitesinin yeterli olduğu anlamına geldiğini göstermektedir. Çünkü daha büyük kapasiteli, tüm imalatı kapsayabilecek bir tezgah, hem ilk yatırım maliyeti açısından yüksek olup fark %15'lik imalat dışının getirisinden çok yüksek kalacak hem de asıl imalatın yoğunlaştığı küçük parçalarda imalat süresini arttıracaktır. İmalattaki en büyük kayıplar makinelerin verimsiz çalıştırılmasıdır.

Tezgah yatırımı sadece tek çeşit parça için yapılacaksa işin devamlılığına göre o parçaya uygun işleme kapasitesine sahip bir seçim yapılmalıdır. İşleme kapasitesi sınır değerlerinde olan bir tezgah sıkıntı yaşatabilir. CNC işleme tezgahlarında takım boyları, bağlama aparatlarının ve eğer kullanılacaksa döner tablanın boyutları da göz önünde bulundurulmalıdır. CNC torna tezgahlarında ise tornalama boyu hesaplanırken matkap takımlarının ve delik kalemlerinin boyu hesaba katılmalıdır. Piyasaların durumu, işin devamlılığı ve tezgahın piyasadan iş bulabilirliği de dikkate alınmalıdır.

### 4.3 Teknik Değerlendirme

Bu aşamada öncelikle takım tezgahı satış firmalarından gelen ön teklifler kabul edilir. Sonraki mantıklı adım bütün bu teklifleri dikkatlice incelemek olmalıdır. Tekliflerin değerlendirilmesinde müşterinin karşısına ihtiyacı olmayan veya ihtiyaçlarını karşılamayan tezgahların teklifleri de gelebilir. Bu yüzden ön objektif değerlendirme bu tip teklifleri elemeye yönelik olmalıdır. Temel kriterleri sağlayan teklifler belirlendikten sonra kapsamlı ve karşılaştırmalı bir rapor hazırlanmalıdır. Bu rapor teknik parametreleri ve finanssal parametreleri içeren bir rapor olmalıdır. Karşılaştırma raporu karar verme aşamasında çok hızlı bir referans sunacağından çok önemli bir rapor olma özelliği taşımaktadır.

Rapor yatırım yapmak isteyen firmanın ilgili birimi tarafından belirlenmiş bütün önemli kriterlerin bulunduğu bir kontrol listesini içermelidir. Bu listede sonraki sütunda ise teklif veren firmaların tezgahlarının özellikleri yer almalıdır. Satış firmaları tarafından fiyatlandırılan bu karşılaştırmalı rapor, yatırım yapacak firmalara karşı tekliflerdeki tezgahların uygunluğu hakkında çok doğru fikirler verecektir. (Sayeed, 1992).

Tekliflerin tam ve doğru incelenmesi için son durumda firmanın ihtiyacını karşılamaya en yakın 2 ya da 3 tip tezgah modelinin teklifinin bırakılması iyi olacaktır.

#### 4.4 Teknik Özellikler

İş parçasının boyutlarının ve malzeme türünün belirlenmesi gibi yatırım için düşünülen tezgahın da teknik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu özellikler iş parçasının analizinden sonra kesinleştirilebilir. Kızakların yapısı, pozisyonlama hassasiyeti, tornalarda taret işleme merkezlerinde magazin türü ve tezgahın mekanik yapısının uygunluğu gibi özellikler bu bölümde incelenebilir (Sayeed, 1992).

##### 4.4.1 Kızakların yapısı

Kızaklar CNC takım tezgahlarının pozisyon hassasiyetinde ve rijitliğinde rol oynayan en önemli bir parçalarındandır. Kızaklarda kullanılan malzeme ve bu malzemenin aşınma direnci ile yatakların ömrü müşteri tarafından biliniyor olmalıdır. Takım tezgahı üreticileri genellikle tezgahlarında kutu (sürtünmeli) kızakları teklif ederler. Ancak günümüzde lineer kızaklı tezgahlar da tezgah üreticileri tarafından müşterilere tavsiye edilmektedir (Sayeed, 1992).

İmalatı yapılacak parça döküm, dövme, paslanmaz çelik gibi sert yada eksen kaçıklığı olan bir parça ise kutu kızak diye tabir edilen (Şekil 2.4) Turcite B teflon (politetrafluoroetilen) maddesi kaplanmış sürtünmeli kızak yapılı tezgahlar tercih edilmelidir. Bu plastik malzeme şerit yapıdırma ile taret arabasının kayma yüzeyi ile tezgahın eksen kızaklarının kayma yüzeyi arasına yerleştirilerek sürtünmeyi azaltır. Aynı zamanda bu malzeme sayesinde yapışma etkisi en aza indirilmek amaçlanır. Yapışma etkisi ilk defa tezgah start aldığı anda yeterli yağlama ve yağ basıncı olmadığında ortaya çıkar. Böylece küçük ilerlemelerde makinenin hassasiyetinin almasına neden olur. Bu etki sadece start alma zamanında ortaya çıktığından tezgah belli bir süre çalışıp yağlama ve yağ basıncı olması gerektiği değerlere çıktığında tekrar azalacaktır. Her ne kadar zararsız gibi görünse de bu etkinin kaldırılmış olması gerekir.

Çünkü bu olay kaplama maddesinin ömrünü azaltır, ömrü biten kaplamanın yenisinin takılması ve yapıştırılması çok pahalı bir prosedürdür.

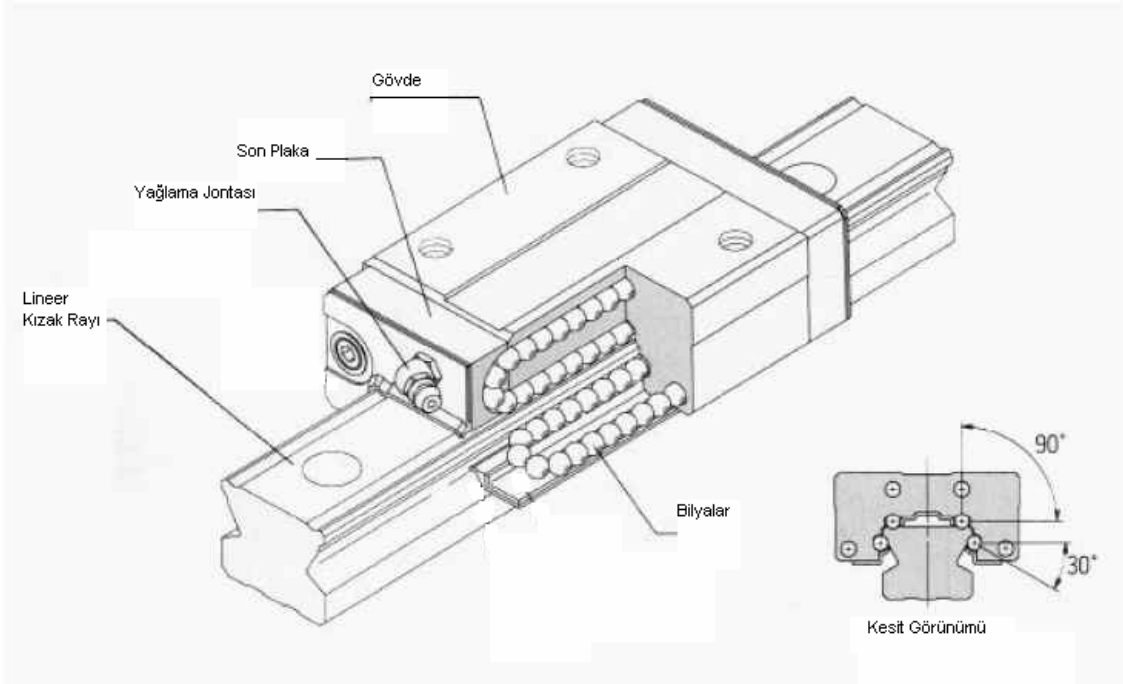
Sürtünmeli (kutu) kızağa sahip tezgahlarda, makine gövdesinde oluşabilecek titreşimler minimuma indirilerek takım ömrü artacak, makine hassasiyeti ve ömrü de artacaktır. Parça işleme esnasında oluşabilecek tüm darbeler geniş kutu kızaklar tarafından karşılanacaktır. Bu tezgahlar lineer kızaklara göre daha fazla talaşa girebildiğinden parçanın imalat süresi de azalacaktır. Sürtünmeli (kutu) kızaklar zamanla kullanımdan dolayı aşınabilirler ve bakıma ihtiyaç duyarlar. Bu kızakların bakımı ustalık isteyen bir iştir ve bu yüzden de masraflıdır. Eğer herhangi bir sorunla karşılaşılmamış bile olsa 5 yılda bir Turcite B değiştirilmesi tezgahın sorunsuz çalışması bakımından tavsiye edilir.

Darbesiz, pirinç, alüminyum, sertlik derecesi az çelik gibi talaşlı işlemesi kolay parçalarda ise eksen hızlarının fazla olduğu lineer kızaklı (Şekil 4.1) CNC tezgah seçimi imalat hızına etkisinden dolayı tercih edilmelidir. Lineer kızaklı tezgah kutu kızaklı tezgaha göre en az % 50 daha hızlıdır. Bundan dolayı tezgahın boşta ilerlemeleri daha hızlı olacak ve parça daha kısa sürede imal edilecektir. Ayrıca lineer kızaklı tezgahlar daha yüksek kesme hızlarını desteklediğinden özellikle kalıp imalatçıları tarafından tercih edilmelidir. Sonuçta kalıp işlemede yüksek devir ve yüksek kesme hızları kullanılmaktadır.

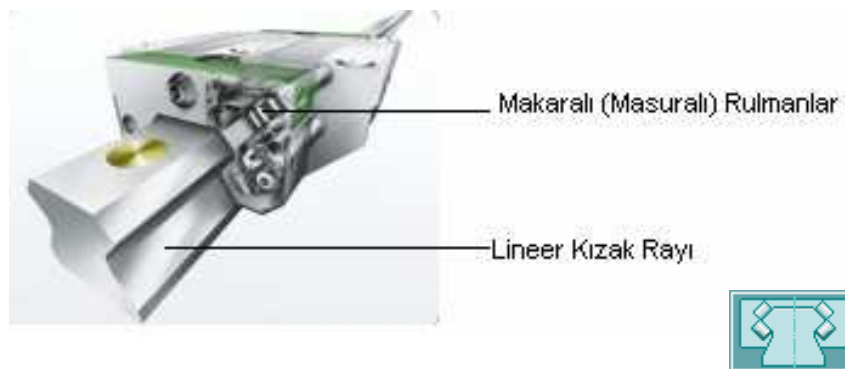
Lineer kızaklar kendi aralarında bilyeli ve masuralı olarak ikiye ayrılır. Günümüzde yüksek hızla birlikte yüksek dayanım isteyen firmalara kutu kızaklara alternatif olması açısından tavsiye edilen, kutu kızak yapılı tezgahlar kadar mukavemetli fakat bilyeli lineer kızaklar kadar da hızlı ekipmanlar olan masuralı kızakların (Şekil 4.2) kullanımı giderek artmakta, takım tezgahı üreticilerinin tasarımlarında daha fazla yer almaktadır. Masuralı kızak seçiminde doğru tercih yapılabilmesi için kızakların statik ve dinamik yük değerleri, tezgaha yüklenecek iş parçası ve işleme anında oluşacak yükler hesaba katılarak seçilmelidir. Sonuçta masuralı kızaklar kutu kızaklara alternatif olarak piyasaya sürülmüş olsa bile hala onların dayanıklılığına ulaşmış değillerdir.



Lineer kızaklar hassasiyetlerini kayb ettiklerinde veya tezgah ta takımın parçaya, aynaya ya da tablaya kontrolsüz şekilde çarp tırılması sonucu hasar gördüklerinde belli standartlara göre üretildiklerinden kolayca de ğ iştir ilip ilk günkü hassasiyetler elde edilebilir. Ancak kutu kızakların bakımı daha uzun sürer ve ustalık isteyen bir iş tir. Bu yüzden kutu kızakların hassasiyet ayarları çok daha zordur.



**Şekil 4.1** Bilyeli lineer kızak sistemi [13]



**Şekil 4.2** Makaralı (Masuralı) lineer kızak sistemi [9]

#### 4.4.2 Pozisyon hassasiyeti

CNC üreticileri tezgahlarının pozisyon hassasiyetlerini uluslar arası kabul edilen limitler altında tutmalı ve tekliflerinde belirtmelidirler. Ayrıca normal çalışma saatlerine bağlı olarak beklenen pozisyon hatalarını ve hassasiyetindeki değişmeyi belirtmelidirler. Son yıllarda yüksek hassasiyetli CNC torna ve işleme merkezleri bütün eksenlerde en az 5 – 6 mikron hassasiyet verebilmektedir.

#### 4.4.3 Taret ve magazin dizaynı

CNC torna tezgahının ekipmanlarından taretteki istasyon sayısı doğal olarak işlenecek parçaların operasyon sayısına göre değişir. Eğer işlenecek parça basit ve operasyon sayısı az ise 16 istasyonlu gibi çok istasyonlu bir taret seçimi yapmak anlamsız olacaktır. Bazı CNC tornaların taret dizaynları sabit ve döner takımları bir arada bulundurarak özellikle kompleks parçalar için esnek bir işleme kapasitesi sunar. Ancak parça üzerinde eksenden kaçık delik delme, frezeleme işlemleri mevcut değilse döner takımlı taret seçimi gereksiz bir maliyet olacaktır.

Kompleks ve operasyon sayısı fazla olan parçalar için elbette takım sayısı fazla olan taretler kullanılmalıdır. Yalnız çok istasyonlu taret tezgah içinde daha fazla yer işgal edecektir dolayısıyla işleme için daha az yer kalacaktır. Bu gibi durumlarda her istasyona 2 takım bağlanabilen kompleks taret dizaynları tezgah üretici ve satış firmaları tarafından teklif edilebilir. Bu tip taretler müşterilerine her istasyonda bir adet takım bulunan ve daha çok yer kaplayan disk tip taretlere göre daha hızlı takım değiştirme ve indeksleme süresi ile daha fazla çalışma hacmi sunmaktadır. Her istasyonda 2 takım bulunan taretlerde bir takım dış çap için tasarlanıp taretin dış çevresine bağlanırken diğer takım iç çap için tasarlanıp iç çevresine bağlanarak daha serbest işleme imkanı sunmaktadır.

Taretler hidrolik ve servo taretler olmak üzere genel olarak 2 çeşittir. Taretin indeksleme işlemi hidrolik taretlerde hidrolik üniteler ve servo taretlerde ise servo motor tahriki ile yapılır. Hızın ve işleme sürelerinin daha ön plana çıktığı günümüzde

servo taretler hidrolik taretlere göre çok daha hızlı takım değiştirme sürelerine sahip oldukları için kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır. Daha pahalı bir sistem olmasına rağmen taretin indeksleme hızı, boşta dönme hızı ve bazı ufak arızaların hassasiyet ayarlarının parametrelerle kontrol ünitesinden yapılmasına izin vermesi hidrolik tarete göre daha avantajlı bir durma gelmesini sağlamıştır. Öte yandan hidrolik tarette mevcut olan bir arızaya müdahale etmek daha fazla zaman alabilir.

CNC işleme merkezlerin magazin seçimi iş parçasının türüne göre değişiklik göstermektedir. Tezgahta işlenecek iş parçası kalıp ise çok fazla takıma ihtiyaç duyulmayacağı için magazin seçiminde en az takımlı basit ve ucuz magazinli tezgahlar seçilebilir. Sonuçta kalıp parçası işlenirken az takım kullanıldığında takım değiştirme süresi çok da önem kazanmaz. Hatta maliyeti göz önüne alınarak magazin düşünölmeye de bilinir. Ancak iş parçası seri imalat parçası ise o takdirde takım değiştirme süresi önem kazanacağından hızlı takım değiştiren magazinler tercih edilmelidir. Aynı zamanda seri imalat parçalarında magazindeki takım sayısı mümkün olduğunca fazla tutulmalıdır.

#### **4.4.4 Yatırımı düşünölen tezgahın mekanik yapısının uygunluğu**

İmalatı yapılacak parçanın, talaş kaldırma değerlerini dikkate alarak bu talaşı kaldıracabilecek mekanik yapı ve motor gücüne sahip tezgahlar seçilmelidir. Unutulmamalıdır ki aynı kesme hızında ne kadar fazla talaş derinliğine girerseniz takım ömrü değişmeyecek fakat yapılan iş miktarı artacaktır. Ancak tezgahın girebileceği talaş derinliği eksen motorlarının ve fener mili motorlarının güç ve tork değerleri ile aktarım organlarına bağlıdır.

Kalıp işlemeyi düşünölen firmalar yüksek devirli high speed (yüksek hızlı) dediğimiz dik işleme merkezlerini tercih ederken vidalı millerinin yağ soğutmalı olup olmadığına dikkat etmeli mümkünse vidalı millerinde soğutma olan tezgahı tercih etmelidirler. Bir kalıbın tezgahta işlenme süresi bazen günler sürebilmektedir. Dolayısıyla uzun zaman çalışacak vidalı mil ısıya maruz kalacak ve sonuçta termal genleşmelere maruz kalacaktır. Bu da doğrudan kalıbın ölçü hassasiyetini

etkileyecektir. Ayrıca fener mili (spindle) sisteminde ısıya dayanıklı olan seramik rulmanların kullanılması ve fener mili soğutma sisteminin olması tezgahın yüksek devirlerde uzun süre kullanılmasına olanak sağlar.

Günümüzde piyasada bulunan en iyi dik işlem merkezi fener mili sistemleri, fener mili ısı olarak kontrol edebilen soğutma sistemlerine sahiptir. Soğutma sistemleri, ısıyı kaynağında yok ederek ısı genleşmeyi tahmin eden ve dengeleyen karmaşık yazılım ve donanım sistemlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Buna ilaveten soğutmakla görevli bu soğutucular çok hassas olmalıdır. Bu soğutma sistemleri dik işlem merkezi fener mili ısını sürekli takip etmek ve soğutma kapasitesini ayarlamak zorundadır. Kalıp işleme sırasında parçalar üzerinde yapılması gereken manuel düzenlemeleri azaltmak için gerekli stabil ünite derecesini sağlayabilmek için sıcaklığın 1 derece toleransı içinde tutulması gereklidir.

CNC takım tezgahları artık sadece kağıt üzerinde beygir güçleri, torku, x y z eksen hareketleri ve fiyatları karşılaştırılarak da seçilmemelidir. Küresel pazarlarda rekabetçi olabilmek için, özellikle kalıpcılar çok yüksek isabet ve üstün yüzey kalitesi gereksinimleri gibi makine performansını belirleyen etkenleri de düşünmeli buna göre tezgah seçimi yapmalılar. Fener mili tasarımı ısı denge ve konstrüksiyon ve makine stabilitesi artık takım tezgahlarının seçiminde beygir gücü ve tork gibi değerlerden daha önemli olmaktadır. Parçaları bir daha elle düzeltmeden parçalar arasındaki uyumu sağlayabilmek için fener mili tasarımı kritik bir belirleyicidir.

Dik işleme merkezlerinde yüksek performanslı fener milleri yüksek düzeyde stabil z ekseni isabetine sahip olmalıdırlar. Bu gereksinim manuel işlemin elenmesinde temel bir yere sahiptir. Eğer bir fener mili yüksek z ekseni isabetine sahip değilse birbirini tamamlayan parçalar arasında bir uyumun sağlanmasına imkan olmayacaktır.

Makine tasarımı modern teknoloji felsefelerini takip etmek zorundadır. Geleneksel bir dikey işleme merkezi ısıya ve hacimsel stabiliteye özen gösterilerek dizayn edilmez. Bu dakikada 0,5 – 1 metre ilerlemelerde bir sorun oluşturmaz. Günümüz dakikada onlarca metrelik ilerleme kapasitesinde makine dökümü ve tasarımı

ile ilgili ihtiyaçlar etkileyici bir şekilde değişmiştir. Dik işleme merkezinin dökümünde ısıl stabilitenin tasarlanmasına gerek vardır. Günümüzde mümkün olan yüksek devirli servo tahriklerle bu elemanlar makine dökümüne çok belirgin ısılar indirgeyebilirler. Hatalı bir tasarımda döküm önemli termal deformasyonlara uğrayabilir. Bu ise hacimsel hassasiyetin mahvolmasına yol açarken kalıpcıyı ise yüksek maliyetli ve devamlı makine manuel ayarlamalarını yapmaya zorlayabilir. Sonuçta buda domino etkisi yaratarak işleme zamanlarını büyütürken kalıbı tamamlamak için gerekli maliyeti yükseltir. Bütün bunlara rağmen bugünün dikey işleme merkezleri uzun çevrim zamanları için gerekli çok yüksek düzeyde isabetli hacimsel hassasiyete sahiptirler. Sonuçta bu elle son paso verme gereksinimini ortadan kaldırır.

CNC torna tezgahların özellikle ağır iş operasyonlarında talaş kesme kabiliyetini arttırmak için gövdeleri 30° ve 45° 'lik açılara sahip eğimli yapılıdır. Ayrıca gövdenin yekpare döküm (monoblok gövde) olmasına özen gösterilir. Bu gövde yapısı sayesinde tezgaha maksimum rijitlik ve eğilme ve bükülmeye karşı maksimum direnç kazandırılmış olunur.

CNC torna tezgahlarında uzun silindirik ve çapı küçük malzemelerin tornalanmasında iş parçasının tornanın fener milinden geçirilip aynaya bu şekilde sabitlenip işlenmesi tavsiye edilir. Dolayısıyla uzun küçük çaplı malzemelerin tornalanmasında iş mili delik çapının parça çapından büyük olmasına dikkat etmek gerekir. Bu tip işlemler genelde seri imalatlarda kolay yükleme durumları için tercih edilir ve kullanışlıdır.

#### **4.4.5 çubuk sürücü sistemleri**

Yüksek hacimde ve sayıda işlenmesi gereken torna parçaları mevcut ise ve parçanın çapı iş mili delik çapından küçükse çubuk sürücü sistemleri torna tezgahına yardımcı ekipman olarak eklenebilir. Bu sistemler sayesinde çubuk malzeme iş milinden aynaya doğru hatasız, hızlı ve kılavuzlu bir şekilde sürülür, balanssız ve salgısız dönme sağlanır.

Çubuk sürücü sistemleri (Şekil 4.3) her ne kadar pahalı gibi görünseler de belli bir süre sonra kendini amorti edecektir. Çubuk sürücü sistemleri maksimum iş mili devri kullanımı, zaman kaybı olmadan yeni çubuk yükleme, minimum titreşim ve çubuk malzemenin sürülmesi durdurulması gibi fonksiyonları kullanıcıya vermesi gibi birçok avantajları içermektedir (Sayeed, 1992).

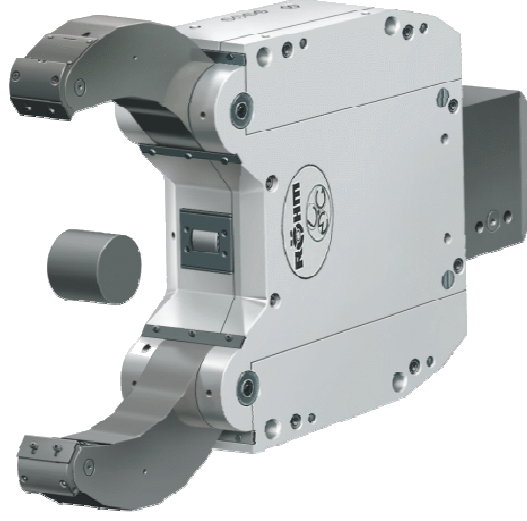


**Şekil 4.3** Çubuk sürücü [12]

#### **4.4.6 Ara yataklar**

Ara yataklar (Şekil 4.4) yüksek hassasiyet oranına sahip karşı ayna yada punta ile ayna merkezleri arasında işlenmesi istenen parçaların desteklenmesi ve sabitlenmesi için tavsiye edilen bir ekipmandır. Günümüzde CNC tezgahlarda kullanılan ara yataklar programlanabilir özellikte olup açılıp kapanması, kızaklar üzerindeki hareketi kontrol ünitesinden programlanabilir.

Ara yatakları taşımak için bulunan kızak yollarının taret taşıyan kızak yollarından farklı ayrı bir hat olması ara yatakların rahat çalışma olanağı kazanmasına, taret kızak yollarının daha az yüke maruz kalmasına ve daha geniş çalışma alanı sağlanmasına imkan verdiği için ara yatak seçiminde bu kritere dikkat etmek gerekir (Sayeed, 1992).



**Şekil 4.4** CNC ara yatak (lunet) [8]

#### **4.5 CNC Tezgahının Kontrol Ünitesinin Seçimi**

Kontrol sistemleri CNC takım tezgahlarının çeşitli operasyon ve programlarını üzerine taşıyan bir komut merkezidir. CNC kontrol sistemi takımın gideceği yolu, hangi takımın parça işleyeceği, kesme hızı iş mili devri, makinenin işleme anındaki durumu ve bu fonksiyonlar gibi birçok fonksiyonları yapıldığı izlendiği bir yerdir.

CNC kontrol sistemi yapılan programları saklamak için mutlaka yeterli miktarda boş hafızaya sahip olmalı ve hafızada bulunan bu programlara bütün normal fonksiyonları ve standart operasyonları uygulamaya yeterli olmalıdır.

İlk defa CNC tezgahı kullanılacak firmalar ve kullanıcılar için dinamik grafik simülasyonu gösterimli bir kontrol ünitesi seçimi çok yararlı olacaktır. Bazı yazılımlar taret ve takımların hareketinin animasyonunu gösterir. Hatta torna tezgahlarında ayna ayaklarının ve punta gövdesi ile pinolünün pozisyonunu da gösterebilir. Bu özellikler parça bağlamadan başlangıç seviyesindeki kullanıcıların özellikle eğitimleri sırasında parça bağlamadan eş zamanlı ve gerçeğe yakın programı çalıştırmasına imkan sunduğundan özellikle tezgah bindirme risklerini ortadan kaldırmaktadır.

Dünya üzerinde birçok kontrol ünitesi olmasına rağmen Türkiye’de imalatçılar ağırlıklı olarak Fanuc kontrol üniteli tezgahlar kullanmaktadırlar. Türkiye’deki tezgahların yaklaşık %85’i Fanuc kontrol ünitesine sahiptir. Dolayısıyla bu kontrol ünitelerinin üzerinde durmak gerekir.

CNC torna seçiminde küresel parçaların imalatı (rot, vana küresi..vs) yapılacaksa dairesel geçişleri düzgün yapabilen ön okumalı kontrol üniteleri seçilmelidir (Oi-TC, 21i-T, 18i-T, 16i-T, 31i-T). Eğer çok progresif dairesel geçiş olmayan yüzey işlemler imalatlar söz konusu ise Fanuc Oi-Mate serisi tezgahlar seçilebilir. Çünkü Oi-Mate serisi fiyat olarak daha uygun olduğundan yatırım maliyeti daha düşük olacaktır.

CNC işleme merkezlerinde ise kalıp, gravürlü yüzeyler, eliptik yüzeyler işlenecek ise AICC veya AI NANO kontrollü (look ahead fonksiyonlu) önden blok okuma değerleri yüksek kontrol üniteleri tercih edilmelidir (21İ-MB, 18İ-MB, 16İ-MB). Makine parçası, yedek parça imali gibi işlerde önden okuma değerleri yüksek olmayan Fanuc Oi-Mate, Oi-MC tarzı kontrol üniteleri seçilebilir. Böylece daha ekonomik olan bu kontrol üniteleriyle tüm imalatımızı aynı hassasiyet ve hızlı şekilde yapabiliriz.

Standart CNC işleme merkezi 3 eksenli iken ekstra döner tabla ile eksen sayısı 4, 5 hatta daha fazla olabilmektedir. Bu durumda tezgahın simültane 3, 4 ve daha fazla eksen çalıştırması için kontrol ünitesinin bu özelliği desteklemesi gerekmektedir. Bu durum torna tezgahlarında da geçerlidir. Çift taretli çift aynalı 7 eksen torna tezgahında eğer Fanuc kontrol ünitesi kullanılacaksa 18İ-TB kontrol ünitesinden aşağı bir ünite seçilmemelidir.

Fanuc dışında diğer kontrol üniteleri seçildiğinde ise yine imal edilecek parçanın özelliklerine göre okuma hızı yüksek istenilen kesme hızlarını destekleyen kontrol üniteleri seçilmelidir. Kontrol ünitelerinin hafızaları çok büyük olmadığından harici hafızalara ya da data server sistemlerine ihtiyaç duyulabilir.



#### 4.6 Tezgah Performansını Etkileyen Diğer Faktörler

Uygun dizaynların yapısı, mekanik elemanları, ortam ısı stabilitesiyle birlikte modern CAM sistemi ve takımlama yeteneklerinin tümüyle tamamlanmasını yüksek performanslı CNC kontrol sistemleri sağlar. Dikey işleme merkezinden kazanç elde edebilmek için kontrol işlemleri ve datalara çok fazla dikkat edilmelidir.

Kalıplarda elemanların uygunluğunu sağlayabilmek için kontrole odaklanılmalı ve bu kontrol maksimum hassasiyeti sağlamak üzere tasarlanmalıdır. Günümüzde çoğu kontrol takım yolu verisini kendi orijinal halinde bir eğriye çevirmektedir (nurbs tarzı takım yolu). Bu çevirme süreci takım tezgahına karmaşık geometrilerde izlemesi hayli etkileyici yüksek ilerleme miktarlarında hareket etme olanağı sağlar. Yinede böyle bir çeviri kesme bölgesinde haddinden daha fazla hassasiyetsizliğe neden olabilir ve bu manuel düzeltme gereksinimi yaratabilir.

Teknolojik açıdan gelişmiş makine dizaynı ve yüksek performans kullanımı için rijit konstrüksiyon ve yüksek stabil fener mili ve yüksek performans kontrol ile firmalar yüksek para tasarrufu ve işlem zamanında azalma sağlayacak bir dik işleme merkezine sahip olabilirler. Ama bunlar tek başlarına yeterli değildir. Düzgün seçilmiş bir işleme merkezinin yanı sıra iyi bir CAM sistemi ve takımlara da önem verilmelidir.

Var olan CAM sistemleri teknolojik açıdan gelişmiş işleme merkezinden maksimum verimi almaya yeterlidir. Yüksek hassasiyetli takım yolları oluşturma yeteneği çok kritiktir. Aynı zamanda kesici takım ayarlarında ve takım yolundaki detaylarda kullanıcıya esneklik sağlar. Kesin tekrarlanabilir sonuçlar almak için özellikle de beklenilmeyen üretim sistemlerinde bu maddeler oldukça önemli hale gelir. Dengelenmiş takım tutucuları hassasiyet ve yüzey son paso gereksinimlerinde kritik önem taşır. Yüksek hassasiyetli form kontrolünde kesme takımlarının kontrolü göz ardı edilemez. Yüksek kaliteli kesme takımları tipik olarak 0,0001 mm. toleransa sahiptir ki günümüzde kullanılan kalıp endüstrisi için oldukça yeterlidir. Daha kesin gereksinimler için bile kesicilerde hassas toleranslar kullanılabilir.

#### **4.7 Referanslar ve Satış Sonrası Servis**

Son kararı vermeden önce firmalar buldukları bölgede teklif edilen tezgahlardan olup olmadığını araştırmalı eğer varsa kullanıcılarla görüşmeli ve tezgah hakkındaki fikirlerini sormalıdır. Satış sonrası servis göz önünde bulundurulması gereken en önemli bir noktadır. Bu aşamada firmalar rutin bakım anlaşmaları yapmalı üretici ve satıcı firmanın satış sonrası servis ziyaret programı belirlenmelidir. Özellikle tezgahın kullanılmaya başlandığı ilk 2 – 3 yıl çok önemlidir (Sayeed, 1992).

#### **4.8 Bilgisayar Programı Yardımıyla CNC Takım Tezgahı Seçiminde Ön Eleme İşlemi**

Bu bölümde teknik özellikler ve imalat sisteminin özellikleri doğrultusunda CNC takım tezgahı seçen bir program (CTTS) geliştirilmiştir. CTTS 'nin geliştirilmesinde hazırlanan program DELPHI ile yazılmıştır. CTTS 'nin veri tabanında işleme merkezi ile torna tezgahlarına ait bilgiler bulunmaktadır. Veri tabanında bulunan tezgahlara ait teknik özellikler çeşitli markalarda işleme merkezlerinin satış temsilcisi firmalarla yapılan görüşmelerden, firmalara ait tezgahların katalog bilgilerinden ve takım tezgahı satış firmalarına ait internet sayfalarındaki bilgilerden faydalanılarak oluşturulmuştur. Kullanıcıya, programda yöneltilen sorular ise CNC takım tezgahı satışı ile uğraşan firmalarla yapılan görüşmelerin yanı sıra imalat sanayinde CNC kullanan firmaların görüşleri ve tecrübelerinden yararlanılarak belirlenmiştir (İç ve Yurdakul 2008).

CNC takım tezgahı seçimi için hazırlanan programın ilk aşamasında giriş bölümü ekrana gelmektedir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

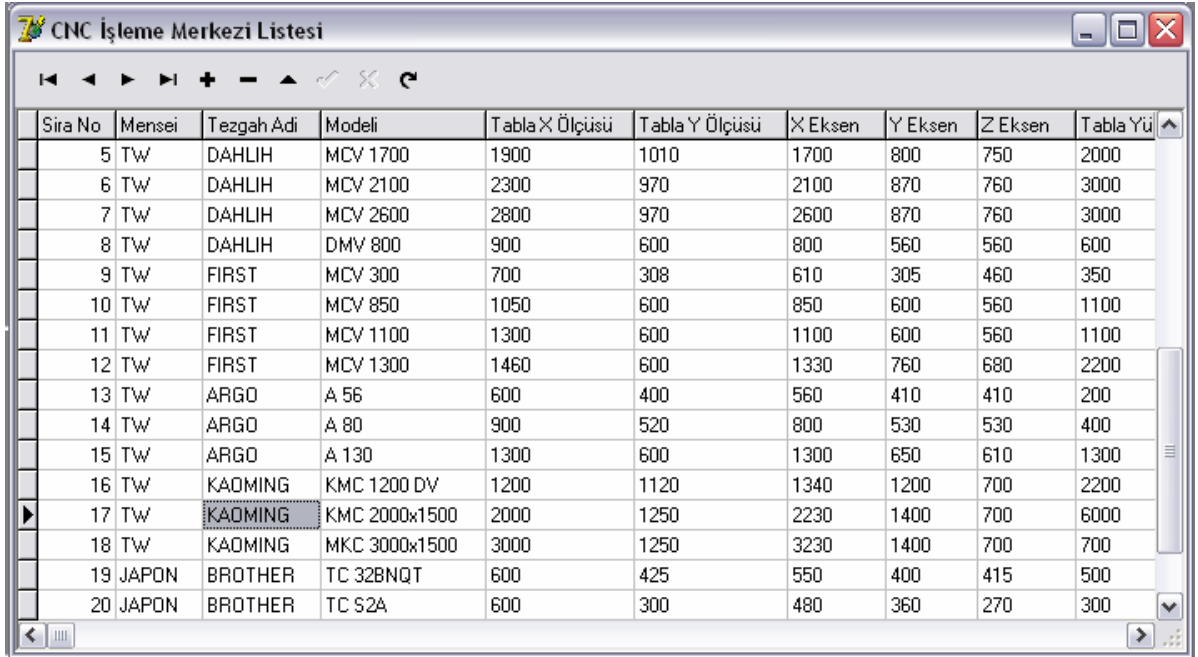


**Şekil 4.5** Başlat menüsü



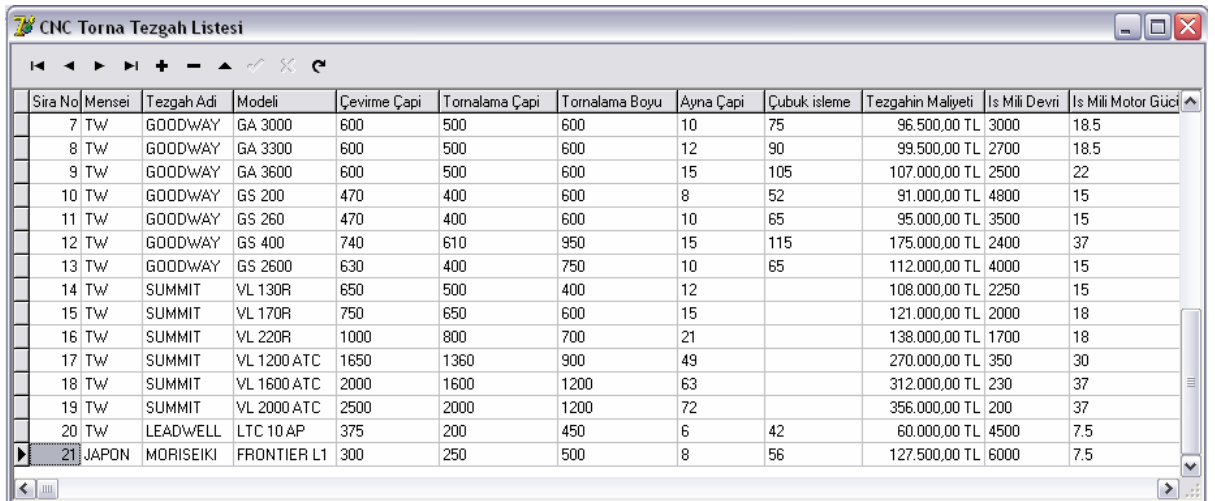
**Şekil 4.6** Dosya menüsü

Giriş bölümünde “CNC Torna Tezgahı Seçimi”, “CNC İşleme Merkezi Seçimi” ve “Çıkış” seçeneklerini içeren “Başlat” menüsü ve “CNC Torna Tezgahı Listesi” ile “CNC İşleme Merkezi Listesi” seçeneklerini içeren “Dosya” menüsü bulunmaktadır. Kullanıcı “Dosya” menüsünden listelere kolayca ulaşabildiği gibi burada bulunan tezgahları güncel bilgilerle tutabilmekte yeni tezgah ekleyebilmektedir.



Sıra No	Mensei	Tezgah Adı	Modeli	Tabla X Ölçüsü	Tabla Y Ölçüsü	X Eksen	Y Eksen	Z Eksen	Tabla Yü
5	TW	DAHLI	MCV 1700	1900	1010	1700	800	750	2000
6	TW	DAHLI	MCV 2100	2300	970	2100	870	760	3000
7	TW	DAHLI	MCV 2600	2800	970	2600	870	760	3000
8	TW	DAHLI	DMV 800	900	600	800	560	560	600
9	TW	FIRST	MCV 300	700	308	610	305	460	350
10	TW	FIRST	MCV 850	1050	600	850	600	560	1100
11	TW	FIRST	MCV 1100	1300	600	1100	600	560	1100
12	TW	FIRST	MCV 1300	1460	600	1330	760	680	2200
13	TW	ARGO	A 56	600	400	560	410	410	200
14	TW	ARGO	A 80	900	520	800	530	530	400
15	TW	ARGO	A 130	1300	600	1300	650	610	1300
16	TW	KAOMING	KMC 1200 DV	1200	1120	1340	1200	700	2200
17	TW	KAOMING	KMC 2000x1500	2000	1250	2230	1400	700	6000
18	TW	KAOMING	MKC 3000x1500	3000	1250	3230	1400	700	700
19	JAPON	BROTHER	TC 32BNQT	600	425	550	400	415	500
20	JAPON	BROTHER	TC S2A	600	300	480	360	270	300

Şekil 4.7 CNC işleme merkezi listesinin bulunduğu veri tabanı



Sıra No	Mensei	Tezgah Adı	Modeli	Çevirme Çapı	Tomalama Çapı	Tomalama Boyu	Ayna Çapı	Çubuk işleme	Tezgahın Maliyeti	İs Mili Devri	İs Mili Motor Gücü
7	TW	GOODWAY	GA 3000	600	500	600	10	75	96.500,00 TL	3000	18,5
8	TW	GOODWAY	GA 3300	600	500	600	12	90	99.500,00 TL	2700	18,5
9	TW	GOODWAY	GA 3600	600	500	600	15	105	107.000,00 TL	2500	22
10	TW	GOODWAY	GS 200	470	400	600	8	52	91.000,00 TL	4800	15
11	TW	GOODWAY	GS 260	470	400	600	10	65	95.000,00 TL	3500	15
12	TW	GOODWAY	GS 400	740	610	950	15	115	175.000,00 TL	2400	37
13	TW	GOODWAY	GS 2600	630	400	750	10	65	112.000,00 TL	4000	15
14	TW	SUMMIT	VL 130R	650	500	400	12		108.000,00 TL	2250	15
15	TW	SUMMIT	VL 170R	750	650	600	15		121.000,00 TL	2000	18
16	TW	SUMMIT	VL 220R	1000	800	700	21		138.000,00 TL	1700	18
17	TW	SUMMIT	VL 1200 ATC	1650	1360	900	49		270.000,00 TL	350	30
18	TW	SUMMIT	VL 1600 ATC	2000	1600	1200	63		312.000,00 TL	230	37
19	TW	SUMMIT	VL 2000 ATC	2500	2000	1200	72		356.000,00 TL	200	37
20	TW	LEADWELL	LTC 10 AP	375	200	450	6	42	60.000,00 TL	4500	7,5
21	JAPON	MORISEIKI	FRONTIER L1	300	250	500	8	56	127.500,00 TL	6000	7,5

Şekil 4.8 CNC torna tezgahı listesinin bulunduğu veri tabanı

#### 4.8.1 CNC torna tezgahı seçimi

Kullanıcı CNC torna tezgahı seçimi yapacağı zaman “Başlat” menüsünden “CNC Torna Tezgahı Seçimi” seçeneğini kullanmak zorundadır. Bu seçim yapıldığında ekrana “CNC Torna Tezgahı Seçimi Ekranı” formu çıkmaktadır. Burada kullanıcıya seçiminde yardımcı olacak seçim kriterleri bulunmaktadır.

**Seçim Kriteri 1 - Torna Tipini Giriniz :** Bilindiği gibi CNC torna tezgahları yatay ve dikey olmak üzere iki çeşittir. Bu bölümde kullanıcı hangi tür torna tezgahı seçimi yapacağını belirlemek zorundadır.

**Seçim Kriteri 2 - Tezgah Ölçülerini Giriniz:** Bu bölümde torna tezgahının çevirme çapı, tornalama çapı, tornalama çapı, çubuk işleme kapasitesi ve ayna çapı girilerek ölçü kriterleri tamamlanmış olur.

**Seçim Kriteri 3 - Y Eksen İhtiyacı:** CNC torna tezgahlarında karmaşık parçaların işlenmesinde frezeleme operasyonunu yapabilecek, taretin üzerindeki döner takımların iş parçasından talaş kaldırmasına imkan tanıyan ekstra bir eksene daha ihtiyaç duyulmaktadır. Tarete ekstra hareket veren bu eksen y ekseni olarak tanımlanır. İş parçası üzerinde eksenden kaçık delik ve frezeleme operasyonları varsa bu özelliğe sahip tezgahlar seçilmelidir.

#### **Seçim Kriteri 4 - İş Mili Bilgilerini Giriniz:**

- İş Mili Aktarım Tipini Giriniz

CNC torna tezgahlarında iş mili kayış kasnaklı, şanzımanlı ve direkt tahrikli (direkt drive) olmak üzere 3 çeşit aktarım opsiyonuna sahiptir. Kayış kasnak sisteminde iş mili motoru iş miline kayış kasnak sistemi ile bağlı iken, şanzımanlı sistemde iş mili motoru ile iş mili arasında 2 yada 4 kademeli dişli kutusu bulunur. Direkt tahrikli sistemde ise iş mili motoru iş miline direkt bağlıdır. Kullanıcı burada yüksek tork değerlerine ihtiyaç duyuyorsa şanzımanlı sistemi, yüksek hızlar ve hassasiyet istiyorsa direkt tahrikli sistem, sıradan bir iş parçası işleyecekse kayış kasnaklı sistemi tercih etmelidir.

- İş Mili Motor Gücü

Kullanıcı iş parçası için gerekli motor gücünü ilgili kataloglardan belirleyip değerini buraya yazmalıdır.

- İş Mili Motor Devri

Kullanıcı iş parçası için gerekli motor devrini ilgili kataloglardan belirleyip değerini buraya yazmalıdır.

**Seçim Kriteri 5 - Karşı Ayna Ve Punta Seçimi Yapınız:** CNC tornalarda ayna merkezi ile aynı merkezde ve aynanın tam karşısında iş parçasının durumuna bağlı olarak karşı ayna veya puntaya ihtiyaç duyulabilir. Karşı ayna iş parçasının iki tarafının da işlenmesi gerektiği durumlarda kullanılır. Kontrol ünitesi tarafından programlanabilen karşı ayna, iş parçasının ön yüzündeki operasyon bittikten sonra aynadan alarak arka yüzünün de işlenmesini sağlar. Punta ise özellikle uzun, hassas, ayna tarafından yeterinde sıkılamayan ve bu nedenle desteğe ihtiyaç duyan iş parçaları için tercih edilir. Punta çoğu torna tezgahında standart iken bazı tezgahlarda opsiyonel olup eğer hiç kullanılmayacaksa maliyeti düşürmek adına seçilmeyebilir.

**Seçim Kriteri 6 - Taret Tipini Belirleyiniz:** CNC torna tezgahları genel olarak 3 çeşit taret tipi ile karşımıza çıkmaktadır. Kullanıcı seçimini yaparken takım değiştirme sürelerini, bakım ve tamir maliyetlerini ve iş parçasının durumu göz önünde bulundurarak seçimini yapmalıdır. Maliyeti göz önünde bulundurmak gerekiyorsa hidrolik taret, takım değiştirme sürelerini ve indeksleme hızını, bakım ve tamir sürelerini göz önünde bulunduruyorsa servo taret, iş parçası üzerinde eksenden kaçık delik, anahtar ağız gibi işlemler varsa c eksenli taret seçmelidir.

**Seçim Kriteri 7 - Taretteki Takım Sayısı:** Kullanıcı iş parçası üzerindeki operasyon sayısına göre tarette olması gereken veya olmasını istediği takım sayısı miktarını buraya girmelidir.

**Seçim Kriteri 8 - Kızak Tipini Belirleyiniz:** Tezgahlar genel olarak 3 çeşit kızak tipine sahiptir. Kullanıcı iş parçasının ve imalat hızının durumuna göre masuralı lineer, bilyeli lineer ve kutu kızak sistemlerinden birini seçmelidir.

**Seçim Kriteri 9 - Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz:** Kullanıcı firmanın yatırım için düşündüğü miktarı buraya girerek seçim kriterlerinin sonuna gelir.

The screenshot shows a software interface for selecting a CNC lathe machine. The window title is "CNC Torna Tezgahı Seçim Ekranı". The interface is divided into several sections:

- Torna Tipini Giriniz:** Radio buttons for "Dik Torna" and "Yatay Torna".
- Tezgah Ölçülerini Giriniz:** Input fields for "Çevirme Çapı" (mm), "Tornalama Çapı" (mm), "Tornalama Boyu" (mm), "Çubuk İşleme" (mm), and "Ayna Çapı" (inch).
- İş Mili Bilgilerini Giriniz:** Radio buttons for "İş Mili Aktarım Tipini Seçiniz" (Kayış Kasnaklı, Şanzimanlı, Direkt Tahrikli). Input fields for "İş Mili Motor Gücü" (kw) and "İş Mili Motor Devri" (rpm).
- Taret Tipini Belirleyiniz:** Radio buttons for "Hidrolik Taret", "Servo Taret", and "C Eksenli Taret".
- Taretteki Takım Sayısını Giriniz:** Input field for the number of tools.
- Y Eksen İhtiyacı Var mı:** Radio buttons for "Evet" and "Hayır".
- Karşı Ayna Ve Punta Seçimi Yapınız:** Radio buttons for "Hidrolik Punta ve Manuel Punta Gövdesi", "Programlanabilir Hidrolik Punta Ve Gövdesi", "Karşı Ayna", and "Karşı Ayna ve Punta Yok".
- Kızak Tipini Belirleyiniz:** Radio buttons for "Masuralı Lineer Kızak", "Bilyeli Lineer Kızak", and "Kutu (Sürtünmeli) Kızak".
- Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz:** Input field for the maximum budget in TL.

Buttons for "Tezgah Seç" and "Ana Sayfa" are located on the right side of the interface.

**Şekil 4.9** Boş CNC torna seçim ekranı

Bütün kriterler girildiğinde kullanıcı "Tezgah Seç" düğmesine basarak seçim işlemini tamamlar. Bütün kriterler belirlenmek zorunda değildir. Kullanıcı sadece bir tane kriterle de tezgah seçebilmektedir. "Tezgah Seç" düğmesi tıklanıldığında girilen kriterler çerçevesinde CNC torna tezgahı seçimi ekrana gelir. Şekil 4.12'de programa ait akış şeması gösterilmiştir.

**CNC Torna Tezgahı Seçim Ekranı**

Torna Tipini Giriniz  
 Dik Torna  Yatay Torna

Tezgah Ölçülerini Giriniz  
 Çevirme Çapı  mm.  
 Tornalama Çapı  mm.  
 Tornalama Boyu  mm.  
 Çubuk İşleme  mm.  
 Ayna Çapı  inch

İş Mili Bilgilerini Giriniz  
 İş Mili Aktarım Tipini Seçiniz  
 Kayış Kasnaklı  
 Şanzumanlı  
 Direkt Tahrikli  
 İş Mili Motor Gücü  kw  
 İş Mili Motor Devri  rpm

Taret Tipini Belirleyiniz  
 Hidrolik Taret  
 Servo Taret  
 C Eksenli Taret

Taretteki Takım Sayısını Giriniz

Y Eksen İhtiyacı Var mı  
 Evet  Hayır

Karşı Ayna Ve Punta Seçimi Yapınız  
 Hidrolik Punta ve Manuel Punta Gövdesi  
 Programlanabilir Hidrolik Punta Ve Gövdesi  
 Karşı Ayna  
 Karşı Ayna ve Punta Yok

Kızak Tipini Belirleyiniz  
 Masuralı Linear Kızak  
 Bilyeli Linear Kızak  
 Kutu (Sürtünmeli) Kızak

Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeği Giriniz  TL

Tezgah Seç  
 Ana Sayfa

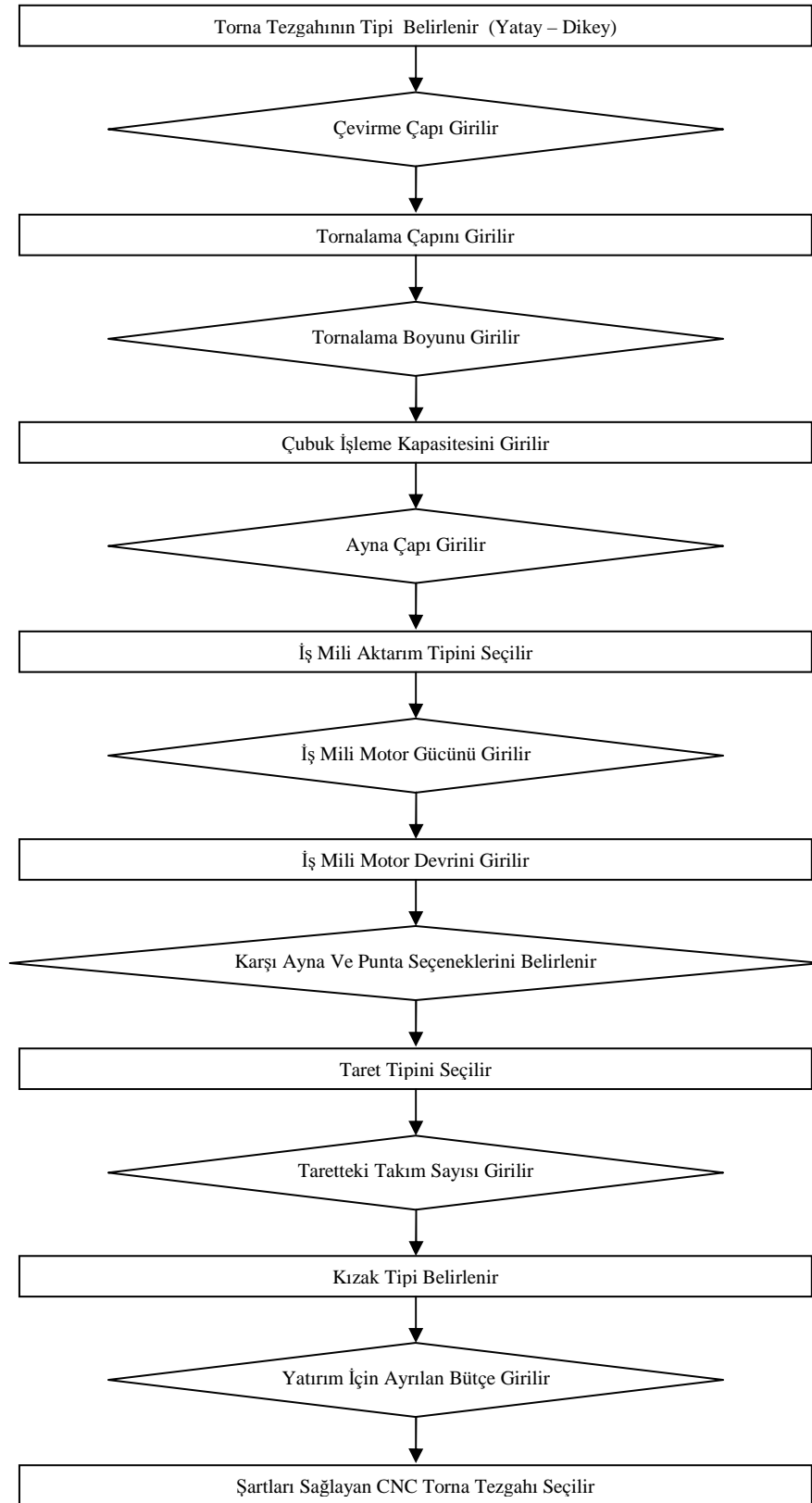
**Şekil 4.10** Dolu CNC torna tezgahı seçim ekranı

**CNC Torna Tezgahı Seçim Ekranı**

Mensei	Tezgah Adı	Modeli	Çevirme Çapı	Tornalama Çapı	Tornalama Boyu	Ayna Çapı	Çubuk İşleme	Tezgahın Maliyeti	İş Mili Devri	İş Mili Motor Gücü
▶ TW	GOODWAY	GA 2000	580	350	600	10	52	79.000,00 TL	4800	15

**Şekil 4.11** Doldurulan forma göre seçilen CNC torna listesi





**Şekil 4.12** CTTS programı CNC torna tezgahı akış şeması

CTTS programı ile CNC torna tezgahı seçiminde formdaki kriterlere aşağıdaki değerler girilmiştir.

- Torna Tipini Giriniz: *Yatay*
- Tezgah Ölçülerini Giriniz:
  - Çevirme Çapı: *300 mm.*
  - Tornalama Çapı: *250 mm.*
  - Tornalama Boyu: *500 mm.*
  - Çubuk İşleme Kapasitesi *50 mm.*
  - Ayna Çapı: *10 inch*
- Y Eksen İhtiyacı Var mı: *Hayır*
- İş Mili Bilgilerini Giriniz
  - İş Mili Aktarım Tipini Giriniz: *Kayış kasnak*
  - İş Mili Motor Gücü: *15 kw.*
  - İş Mili Motor Devri: *3000 rpm*
- Karşı Ayna Ve Punta Seçimi Yapınız: *Programlanabilir hidrolik punta ve gövdesi*
- Taret Tipini Belirleyiniz: *Servo taret*
- Taretteki Takım Sayısı: *12*
- Kızak Tipini Belirleyiniz: *Kutu (Sürtünmeli) kızak*
- Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz: *80.000 TL*

Girilen bu bilgilere göre CTTS programı akış şemasında verilen hiyerarşiye göre veri tabanından kriterlere en uygun olan tezgahları seçmiştir. Seçim ekranı incelenecek olursa kriterlere en uygun tezgah olarak Goodway GA 2000 olduğu görülmektedir.

#### 4.8.2 CNC işleme merkezi seçimi

Kullanıcı CNC işleme merkezi seçimi yapacağı zaman “Başlat” menüsünden “CNC İşleme Merkezi Seçimi” seçeneğini kullanmak zorundadır. Bu seçim yapıldığında ekrana “CNC İşleme Merkezi Seçimi Ekranı” formu çıkmaktadır. Burada kullanıcıya seçiminde yardımcı olacak seçim kriterleri bulunmaktadır.

**Seçim Kriteri 1 - Tezgah Ölçülerini Giriniz:** Bu bölümde kullanıcı ihtiyaç duyduğu tezgahın tabla ölçülerini, x, y ve z eksen hareket miktarlarını ve tablanın taşıyabileceği maksimum yükü belirler.

**Seçim Kriteri 2 - İş Mili Özelliklerini Giriniz:**

- İş Mili Hareketi / Tipi

CNC işleme merkezlerini genel olarak iş milinin konumuna göre yatay ve dikey olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Kullanıcı seçimini burada belirterek yatay işleme merkezi mi dik işleme merkezi mi seçeceğini programa bildirir.

- İş Mili Aktarım Tipini Giriniz

iş mili kayış kasnaklı, şanzımanlı ve direkt tahrikli (direkt drive) olmak üzere 3 çeşit aktarım opsiyonuna sahiptir. Kayış kasnak sisteminde iş mili motoru iş miline kayış kasnak sistemi ile bağlı iken, şanzımanlı sistemde iş mili motoru ile iş mili arasında dişli kutusu bulunur. Direkt tahrikli sistemde ise iş mili motoru iş miline direkt bağlıdır. Kullanıcı CNC torna seçiminde olduğu gibi burada da yüksek tork değerleri istiyorsa şanzımanlı sistemi tercih etmelidir. Normal şartlarda kayış kasnaklı sistemler yeterli gelmektedir.

- Fener Mili İçinden Su Vermeye İhtiyaç Var mı?

İş parçası üzerinde derin delikler ve kör delikler olduğunda ve iş parçasında çok fazla delik delme işlemi olduğunda tercih edilmesi gereken bir opsiyondur. Bu opsiyon sayesinde özel takımlar kullanılarak iş parçasındaki deliklerin normalden çok kısa zamanda açılması, takım ucundan gelen çok basınçlı soğutma suyun sayesinde talaşın çok hızlı tahliyesi takım ömrünün artması ve yüzey kalitesinin iyileşmesi sağlanır.

- İş Mili Motor Gücü

Kullanıcı iş parçası için gerekli motor gücünü ilgili kataloglardan belirleyip değerini buraya yazmalıdır.

- İş Mili Devri Sayısı

Kullanıcı iş parçası için gerekli motor devrini ilgili kataloglardan belirleyip değerini buraya yazmalıdır.

- İş Mili Koniğini Seçiniz

İşleme merkezlerinde çok çeşitli iş mili konikliğı mevcuttur. En yaygın olarak kullanılanları:

- BT30,
- BT40,
- BT50, SK30,
- SK40, SK50,
- HSK-A 40,
- HSK-A 50,
- HSK-A 63,
- HSK-A 100,
- HSK-C 40,
- HSK-C 50,
- HSK-C 63,
- HSK-C 100,
- HSK-E 40,
- HSK-E 50,
- HSK-E 63,
- HSK-E 100

**Seçim Kriteri 3 - Kızak Tipini Belirleyiniz:** İşleme merkezleri de genel olarak 3 çeşit kızak tipine sahiptir. Kullanıcı iş parçasının ve imalat hızının durumuna göre masuralı lineer, bilyeli lineer ve kutu kızak sistemlerinden birini seçmelidir.

**Seçim Kriteri 4 - Vidalı Mil Soğutma Sistemine İhtiyaç Var mı?:** İşleme merkezi hiç durmadan tek bir parça üzerinde işleme yapacaksa tezgahın vidalı mili çok fazla ısınmaya maruz kalacaktır. Özellikle kalıp işlenmesi durumunda tezgah saatler hatta günlerce tek bir kalıbı işlemek üzere programlanmış olabilir. Bu şartlar altında tezgah termal genleşmelere uğrayacak ve hassasiyetinde azalma yaşanabilir. Kullanıcı iş parçasına göre bu opsiyonu göz önünde bulundurmalıdır.

**Seçim Kriteri 5 - Takım Ölçme Sistemine İhtiyaç Var Mı?:** İş parçası üzerinde çapı 5 mm'den küçük delik delme işlemi var ise, bu durumda takım boyu çapından takriben 5 kat daha büyük olan takımlarda takım kırılması durumu söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle durumun tespiti ve önlem alabilmek amacıyla, işleme merkezinin takım ölçme sistemine sahip olması istenmektedir.

**Seçim Kriteri 6 - Gerekli Takım Sayısını Giriniz:** Kullanıcı iş parçası üzerindeki operasyon sayısına göre magazinde olması gereken veya olmasını istediği takım sayısı miktarını buraya girmelidir.

**Seçim Kriteri 7 - Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz:** Kullanıcı firmanın yatırım için düşündüğü miktarı buraya girerek seçim kriterlerinin sonuna gelir.

The screenshot shows a software interface for selecting a CNC machine. The window title is 'CNC İşleme Merkezi Seçim Ekranı'. The interface is organized into three main columns of options:

- Tezgahın Ölçülerini Giriniz (Enter Machine Dimensions):**
  - Tabla Ölçülerini Giriniz (Enter Table Dimensions):** X Eksen (mm), Y Eksen (mm).
  - Eksen Hareketlerini Giriniz (Enter Axis Movements):** X Eksen (mm), Y Eksen (mm), Z Eksen (mm).
  - Tabla Yükünü Giriniz (kg).
  - Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz (TL).
- İş Mili Özelliklerini Giriniz (Enter Spindle Characteristics):**
  - İş Mili Hareketi / Tipi (Spindle Movement / Type):** Yatay (Horizontal), Dikey (Vertical).
  - İş Mili Aktarım Tipini Seçiniz (Select Spindle Drive Type):** Kayış Kasnaklı (Belt Drive), Şanzumanlı (Gear Drive), Direkt Tahrikli (Direct Drive).
  - Fener Mili İçinden Su Vermeye İhtiyaç Var Mı? (Need Water from Spindle?)** Evet (Yes), Hayır (No).
  - İş Mili Motor Gücü (kw).
  - İş Mili Devir Sayısı (rpm).
  - İş Mili Konisi Seçiniz (Select Spindle Taper):** BT 40.
- Kızak Tipini Belirleyiniz (Select Tool Type):**
  - Masuralı Lineer Kızak (Linear Tool).
  - Bilyeli Lineer Kızak (Ball-bearing Linear Tool).
  - Kutu (Sürtülmeli) Kızak (Cubic (Sliding) Tool).
  - Vidalı Mil Soğutma Sistemine İhtiyaç Var Mı? (Need Coolant System?)** Evet (Yes), Hayır (No).
  - Takım Ölçme Sistemine İhtiyaç Var Mı? (Need Tool Measurement System?)** Evet (Yes), Hayır (No).
  - Gerekli Takım Sayısını Giriniz.

At the bottom right, there are two buttons: 'Tezgah Seç' (Select Machine) and 'Ana Sayfa' (Home).

**Şekil 4.13** Boş CNC işleme merkezi seçim ekranı

Bütün kriterler girildiğinde kullanıcı “Tezgah Seç” düğmesine basarak seçim işlemini tamamlar. Yine burada da bütün kriterler belirlenmek zorunda değildir.

Kullanıcı sadece bir tane kriterle de tezgah seçebilmektedir. “Tezgah Seç” düğmesi tıklanıldığında girilen kriterler çerçevesinde CNC işleme merkezi seçimi ekrana gelir. Şekil 4.16’da programa ait akış şeması gösterilmiştir.

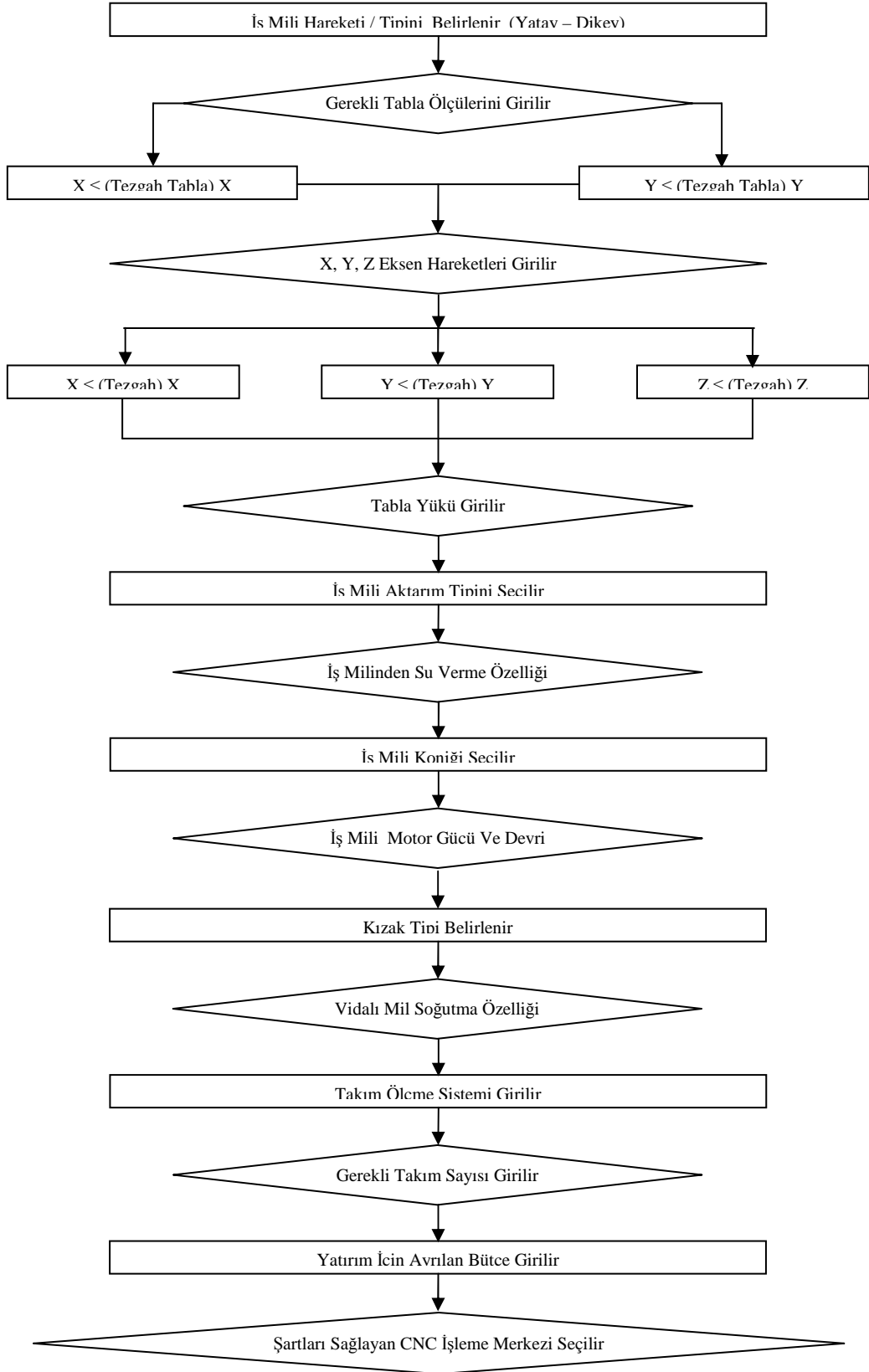
The screenshot shows the 'CNC İşleme Merkezi Seçim Ekranı' (CNC Machining Center Selection Screen) with the following fields and options:

- Tezgahın Ölçülerini Giriniz (Table Dimensions):**
  - Tabla Ölçülerini Giriniz: X Eksen: 1100 mm, Y Eksen: 500 mm.
  - Eksen Hareketlerini Giriniz: X Eksen: 1000 mm, Y Eksen: 550 mm, Z Eksen: 500 mm.
  - Tabla Yükünü Giriniz: 1000 kg.
  - Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz: 80000 TL.
- İş Mili Özelliklerini Giriniz (Spindle Characteristics):**
  - İş Mili Hareketi / Tipi:  Yatay,  Dikey.
  - İş Mili Aktarım Tipini Seçiniz:  Kayış Kasnaklı,  Şanzımanlı,  Direkt Tahrikli.
  - Fener Mili İçinden Su Vermeye İhtiyaç Var mı?:  Evet,  Hayır.
  - İş Mili Motor Gücü: 11 kw.
  - İş Mili Devir Sayısı: 8000 rpm.
  - İş Mili Koniğini Seçiniz: BT 40.
- Kızak Tipini Belirleyiniz (Slit Type):**
  - Masuralı Lineer Kızak
  - Bilyeli Lineer Kızak
  - Kutu (Sürtülmeli) Kızak
- Vidalı Mil Soğutma Sistemine İhtiyaç Var mı?:**  Evet,  Hayır.
- Takım Ölçme Sistemine İhtiyaç Var mı?:**  Evet,  Hayır.
- Gerekli Takım Sayısını Giriniz:** 20.
- Buttons:** Tezgah Seç, Ana Sayfa.

Şekil 4.14 Dolu CNC işleme merkezi seçim ekranı

Tezgah Adı	Modeli	Tabla X Ölçüsü	Tabla Y Ölçüsü	X Eksen	Y Eksen	Z Eksen	Tabla Yüğü
DAHLI	MCV 1020BA	1300	660	1020	550	560	1000
▶ ARGO	A-130	1300	600	1300	650	610	1500

Şekil 4.15 Doldurulan forma göre seçilen CNC işleme merkezi listesi



Şekil 4.16 CTTS programı CNC işleme merkezi akış şeması

CTTS programı ile CNC torna tezgahı seçiminde formdaki kriterlere aşağıdaki değerler girilmiştir.

- İş Mili Hareketi / Tipini Giriniz: *Yatay*
- Tezgah Ölçülerini Giriniz:
  - Tabla Ölçülerini Giriniz:
- X Eksen: *1100 mm.*
- Y Eksen: *500 mm.*
  - Eksen Harekelerini Giriniz:
- X Eksen: *1000 mm.*
- Y Eksen: *550 mm.*
- Z Eksen: *500 mm.*
- Tabla Yükünü Giriniz: *1000 kg.*
- İş Mili Aktarım Tipini Giriniz: *Kayış kasnak*
- Fener Mili İçinden Su Vermeye İhtiyaç Var mı: *Evet*
- İş Mili Koniğini Seçiniz: *BT 40*
- İş Mili Motor Gücü: *11 kw.*
- İş Mili Motor Devri: *8000 rpm*
- Kızak Tipini Belirleyiniz: *Bilyeli Lineer Kızak*
- Vidalı Mil Soğutma Sistemine İhtiyaç Var mı: *Hayır*
- Takım Ölçme Sistemine İhtiyaç Var mı: *Hayır*
- Gerekli Takım Sayısını Giriniz: *20*
- Tezgah İçin Ayrılan Maksimum Bütçeyi Giriniz: *80.000 TL*

Girilen bu bilgilere göre CTTS programı akış şemasında verilen sıraya göre veri tabanından kriterlere en uygun olan tezgahları seçmiştir. Seçim ekranı incelenecek olursa girilen kriterlere en uygun tezgahların Dahlih MCV 1020BA ve Argo A-130 olduğu gözükmemektedir.

Ön eleme işleminde CNC torna örneğinde olduğu gibi birçok tezgah içinden, taşıdığı özel koşullar nedeniyle geriye bir tek seçenek kalabildiği gibi, CNC işleme



merkezi seçiminde olduğu gibi iki hatta daha fazla seçenek kalabilmektedir. Bu durumda kullanıcı tekrar bir seçim yapmak zorunda kalacaktır. Bu gibi belirsizliklerin giderilmesinde literatürde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden özellikle de “Analitik Hiyerarşi Sürecinin” (AHP) tercih edildiğini görmekteyiz. Literatür incelendiğinde ÇKKV yöntemlerinin bulanık mantıkla birleştirilerek makine ekipman seçimi yapılan çalışmalara da rastlanılmaktadır. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) ve Bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği) (BTOPSIS) yöntemlerini içermektedir (İç ve Yurdakul, 2008). Bu çalışmada kararsızlığın giderilmesi için AHP tekniğinden yararlanılmıştır.

#### **4.9 AHP Tekniği Kullanılarak Kararsızlığın Giderilmesi**

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir. AHP bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Herişçakar 1999).

AHP’ nin en kritik yanı karar vericinin bir çok kriterli karar verme problemini görsel olarak, kriter hiyerarşisi formunda görebilmesine olanak sağlamasıdır. Bu şekilde oluşturulmuş bir hiyerarşi en az üç seviyeden oluşur. En üstte problemin en üst amacı, ortada alternatifleri tanımlayan kriterler, ve en altta da seçim yapılacak olan alternatifler bulunur. Bir kriter “iyi olmak” gibi çok soyut ya da geniş kapsamlı olduğunda alt kriterler ya da alt-alt kriterler türetilerek çok seviyeli hiyerarşiye yerleştirilir. AHS yönteminde temel olarak üç prensip uygulanır: (Yaralıoğlu, 2004)

1. Problemler, önemli olan faktörlerin tanımlanmasıyla parçalanır.
2. Problemin parçalanmış elemanları üzerinde karşılaştırmalı yargılara varılır.
3. Çiftli karşılaştırma matrislerinden bağıl önem ölçüleri elde edilir ve bunlar daha sonra elde bulunan seçeneklerin genel değerlendirilmesi için birleştirilirler.

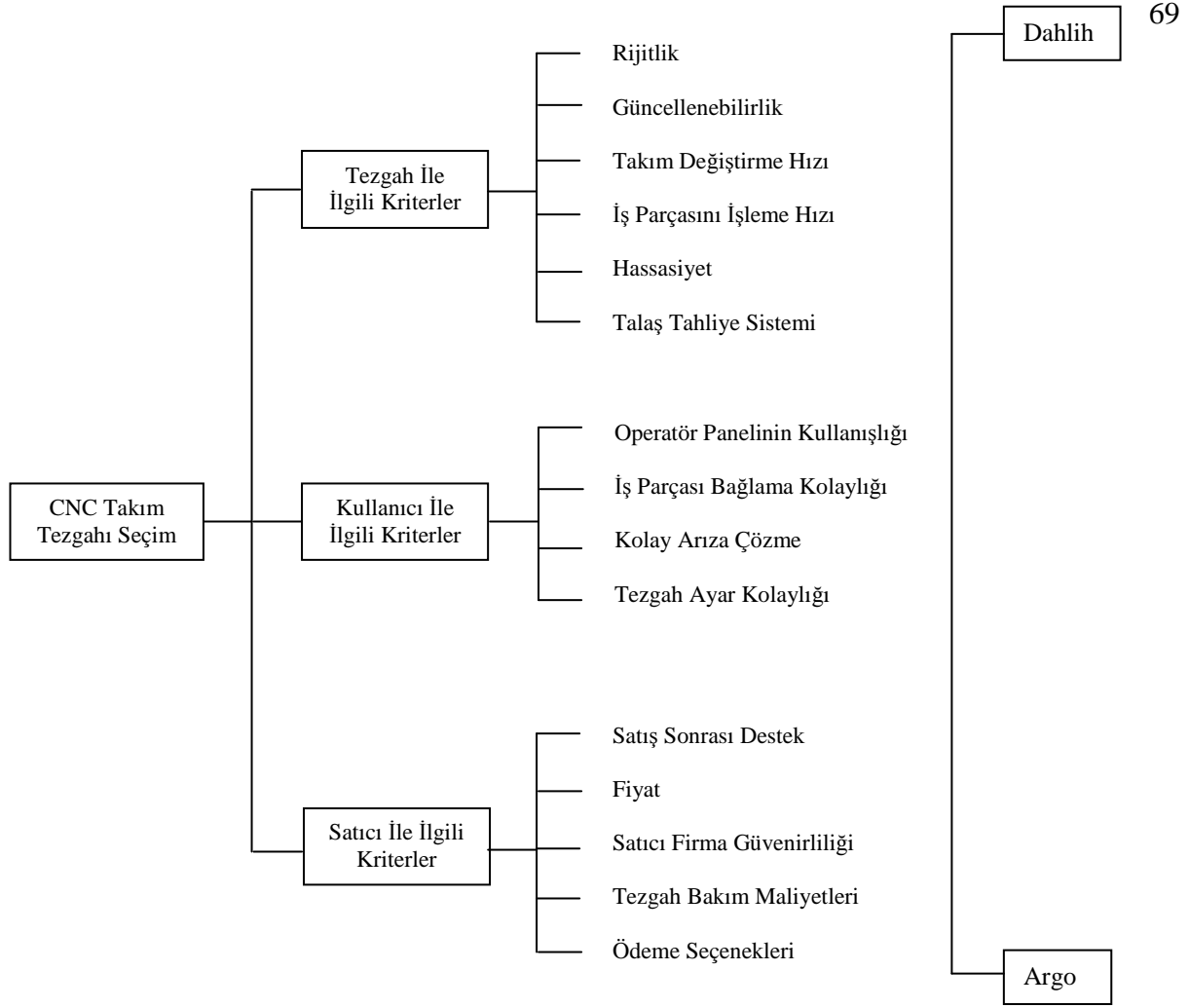
#### 4.9.1 Hiyerarşi yapının oluşturulması

AHP ile karar problemi çözme aşamalarından ilki, problemin irdelenerek daha kolay anlaşılmasını sağlamak için hiyerarşik yapıyı oluşturacak amaç, kriter, alt kriterlerin ve alternatiflerin ortaya konmasıdır. Amaca hizmet eden kriterler karar verme probleminin karmaşıklığına göre hiyerarşiye ilave edilebilir. Hiyerarşik yapının oluşturulması karar problemine analitik bir bakış kazandırır (Kuruüzüm ve Atsan 2001).

Bu çalışmada amaç CNC takım tezgahı seçmektir. CNC takım tezgahı seçiminde nitel ve nicel çok fazla sayıda kriter tanımlanabilir. Ancak bunlar arasından uygulamaya belli sayıda kriter alınmıştır. Ele alınan ana kriterler şunlardır:

- Tezgah ile ilgili kriterler
- Kullanıcı ile ilgili kriterler
- Satıcı ile ilgili kriterler

Ele alınan kriterler ve bunlara ait alt kriterler ile ön eleme sonucu elde ettiğimiz alternatiflerle oluşturulan hiyerarşik model Şekil 4.17'de görülmektedir.



**Şekil 4.17** CNC takım tezgahı seçiminin hiyerarşik yapısı

#### 4.9.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Bu aşamada hiyerarşinin tüm seviyelerinde yer alan ve kararı etkileyebilecek öğelerle ilgili verilecek yargıların matrise dönüştürülmesi sağlanır. AHP' de her kriterin ikili karşılaştırmaları yapılarak hiyerarşideki elamanların birbirlerine göre göreceli önemleri belirlenmektedir. Bu işlem yapılırken Saaty'nin 1-9 ölçeği (Çizelge 4.1) kullanılarak nitel olarak değerlendirilecek kriterlere ilişkin yargılar karşılaştırma matrislerine aktarılır (Kadak 2006)

**Çizelge 4.1** Kriterleri karşılaştırmada kullanılan tercih ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığa uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler
	Reciprocal	Tersi karşılaştırmalar için

Karşılaştırma matrisleri oluşturulurken;

- Alt kriterlere göre alternatiflerin;
- Ana kriterlere göre alt kriterlerin;
- Amaca göre ana kriterlerle ilgili kullanıcı tarafından verilen yargılar ikili karşılaştırma matrislerine aktarılacaktır (Alanbay 2005).

#### 4.9.2.1 Alternatifleri alt kriterlere göre karşılaştırma matrisleri

İlk olarak birinci ana kriter olan tezgahla ilgili kriterlerden rijitlik alt kriterine göre alternatifleri karşılaştırmadan başlanır. Daha sonra bu ana kriterde bulunan alt kriterler bittiğinde ikinci ana kriterin alt kriterlerine ve son olarak da üçüncü ana kriterin alt kriterlerine göre alternatifler karşılaştırılmak üzere karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Rijitlik alt kriterine göre alternatiflerin karşılaştırıldığı tablo incelendiğinde Argo tezgahının Dahlih tezgahına göre 4 kere daha rijit olduğu anlatılmak istenmiştir. Sonraki adımda alternatifler diğer alt kriterlere göre bu şekilde karşılaştırılmaya devam edilir (Çizelge 4.2) (Alanbay 2005).

**Çizelge 4.2** Alternatiflerin ana kriterlerin alt kriterine göre karşılaştırılması

<b>Rijitlik</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	¼
Argo	4	1

<b>Güncellenebilirlik</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/3
Argo	3	1

<b>Takım Değişirme Hızı</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	7
Argo	1/7	1

<b>İş Parçasını İşleme Hızı</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	7
Argo	1/7	1

<b>Hassasiyet</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	3
Argo	1/3	1

<b>Talaş Tahliye Sistemi</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/5
Argo	5	1

<b>Operatör Panelinin Kullanışlılığı</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	¼
Argo	4	1

<b>İş Parçası Bağlama Kolaylığı</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/5
Argo	5	1

<b>Kolay Arıza Çözme</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/3
Argo	3	1

<b>Tezgah Ayar Kolaylığı</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	2
Argo	1/2	1

<b>Satış Sonrası Destek</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	2
Argo	1/2	1

<b>Fiyat</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	7
Argo	1/7	1

<b>Satıcı Güvenirliği</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/3
Argo	3	1

<b>Bakım Maliyetleri</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	1/5
Argo	5	1

<b>Ödeme Seçenekleri</b>	Dahlih	Argo
Dahlih	1	5
Argo	1/5	1

#### 4.9.2.2 Alt kriterlerin ana kriterlere göre karşılaştırma matrisleri

Alt kriterlere göre alternatifler karşılaştırıldıktan ve ilgili matrisler hazırlandıktan sonra alt kriterler kendi içerisinde bağlı bulunduğu ana kriterlere göre karşılaştırılır ve ilgili matrislere aktarılır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3** Alt kriterlerin ana kriterlere göre karşılaştırılması

<b>Tezgah İle İlgili Kriterler</b>	Rijitlik	Güncellenebilirlik	Takım Değişirme Hızı	İş Parçasını İşleme Hızı	Hassasiyet	Talaş Tahliye Sistemi
Rijitlik	1	1/3	½	2	3	1/3
Güncellenebilirlik	3	1	3	3	5	1/3
Takım Değişirme Hızı	2	1/3	1	3	3	1/3
İş Parçasını İşleme Hızı	½	1/3	1/3	1	1/3	1/3
Hassasiyet	1/3	1/5	1/3	3	1	7
Talaş Tahliye Sistemi	3	3	3	3	1/7	1

<b>Kullanıcı İle İlgili Kriterler</b>	Operatör Panelinin Kullanışlılığı	İş Parçası Bağlama Kolaylığı	Kolay Arıza Çözme	Tezgah Ayar Kolaylığı
Operatör Panelinin Kullanışlılığı	1	3	5	7
İş Parçası Bağlama Kolaylığı	1/3	1	1/3	2
Kolay Arıza Çözme	1/5	3	1	3
Tezgah Ayar Kolaylığı	1/7	½	1/3	1

<b>Satıcı İle İlgili Kriterler</b>	Satış Sonrası Destek	Fiyat	Satıcı Güvenirliği	Bakım Maliyetleri	Ödeme Seçenekleri
Satış Sonrası Destek	1	2	3	5	7
Fiyat	1/2	1	2	3	3
Satıcı Güvenirliği	1/3	1/2	1	3	5
Bakım Maliyetleri	1/5	1/3	1/3	1	1/2
Ödeme Seçenekleri	1/7	1/3	1/5	2	1

#### 4.9.2.3 Ana kriterlerin amaca göre karşılaştırma matrisi

Alt kriterler ana kriterlere göre karşılaştırıldıktan ve karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonraki adım ise ana kriterlerin amaca göre karşılaştırılması olacaktır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4** Ana kriterlerin amaca göre karşılaştırılması

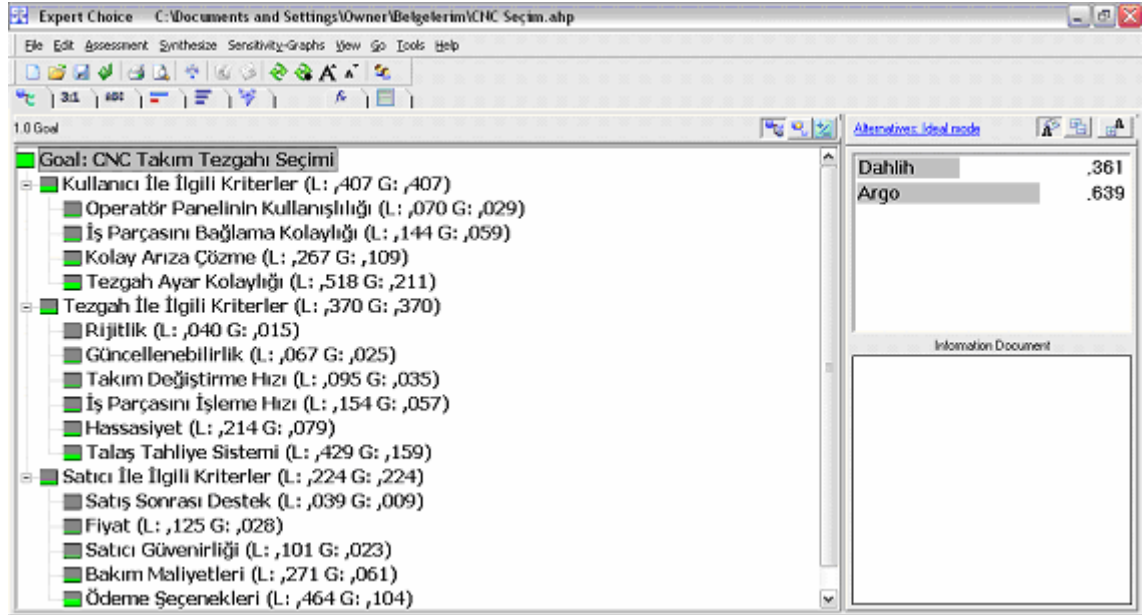
CNC Seçim	Tezgah İle İlgili Kriterler	Kullanıcı İle İlgili Kriterler	Satıcı İle İlgili Kriterler
Tezgahla İlgili Kriterler	1	2	$\frac{1}{2}$
Kullanıcı İle İlgili Kriterler	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{3}$
Satıcı İle İlgili Kriterler	2	3	1

#### 4.9.3 Sentez aşaması

Uygulamanın bu aşamasından itibaren Expert Choice 11 yazılımı kullanılmıştır. Expert Choice yazılım paketi AHP'nin yazılım programı olarak Expert Choice firması tarafından geliştirilmiştir. Expert Choice, karmaşık problemlerin analizinde kullanılan bir karar destek aracıdır. Karar vericilerin çok basit ve kolay bir biçimde karar problemlerini hiyerarşik bir yapıda görüntülemelerine, gerekli ikili yargıları yapmalarına, otomatik olarak özdeğer yaklaşımı ile göreceli öncelikleri hesaplamalarına olanak vermektedir. Karar verici ikili karşılaştırma yaparken sözel, sayısal veya grafiksel karşılaştırma seçeneklerinden istediğini tercih edebilir. Ayrıca, bireysel veya grup bazında analiz yapmaya elverişli bir programdır (Alanbay 2005).

Yukarıda belirlenen matrisler programa aktarıldıktan sonra program her karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranını hesaplayacaktır. Böylece tutarlılık oranı kabul edilebilir limitin dışında olduğu durumlarda uzman tarafından alınan verilerin tekrar gözden geçirilmesini sağlanmaktadır. Tutarlılık oranı 0,1'i geçmemelidir.

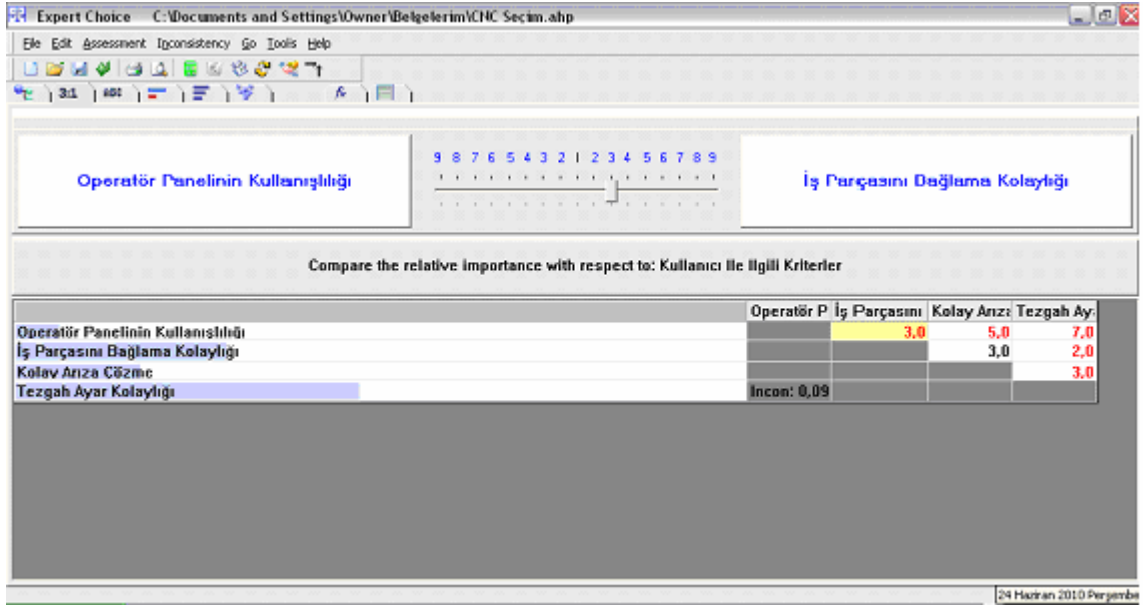
AHP'nin ilk aşaması olan hiyerarşik yapının oluşturulmasında, CNC takım tezgahı seçme amacına hizmet eden ana kriterler ve alt kriterler Şekil 4.18'de verilen program ekran görüntüsünde olduğu gibi modellenir.



Şekil 4.18 Karar probleminin hiyerarşik yapısı

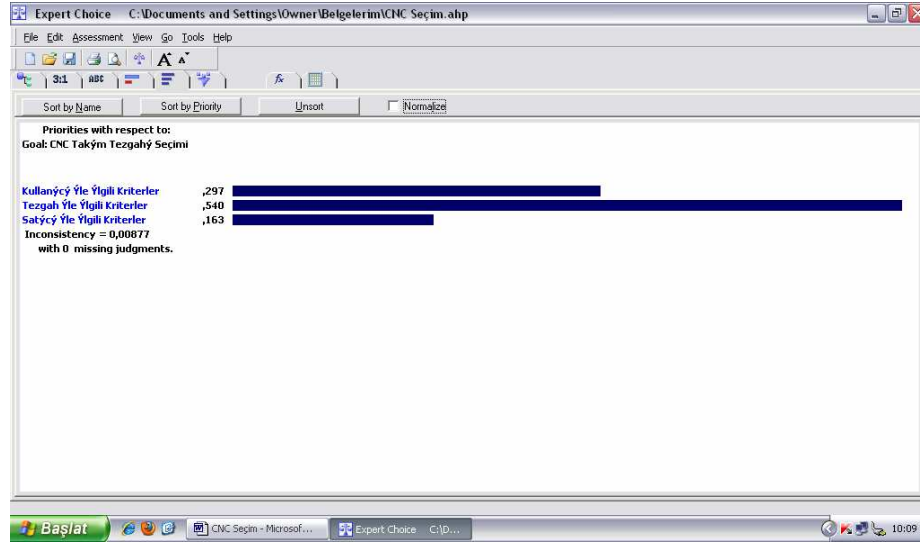
Şekil 4.18 incelendiğinde, sol tarafta hiyerarşik yapıyı oluşturan kriterlerin sağ tarafta ise alternatiflerin yer aldığı görülmektedir. Burada ana kriter ve alt kriterlerin isimlerinin yanında görülen G değerleri, o kriterlerin sahip oldukları global; L değerleri ise o kriterlerin sahip oldukları lokal öncelik değerleridir. Yani, tezgah ile ilgili kriterler ana kriterini örnek olarak ele alırsak, 0,407 değeri bu ana kriterinin amaca bu oranda katkıda bulunduğunu belirtir. Belirlenen iki alternatif içerisinde bu kriterlere bağlı olarak yapılan CNC takım tezgahı seçimi sonucunda, 0,639 öncelik değeriyle Argo alternatifinin Expert Choice tarafından seçildiği görülmektedir.





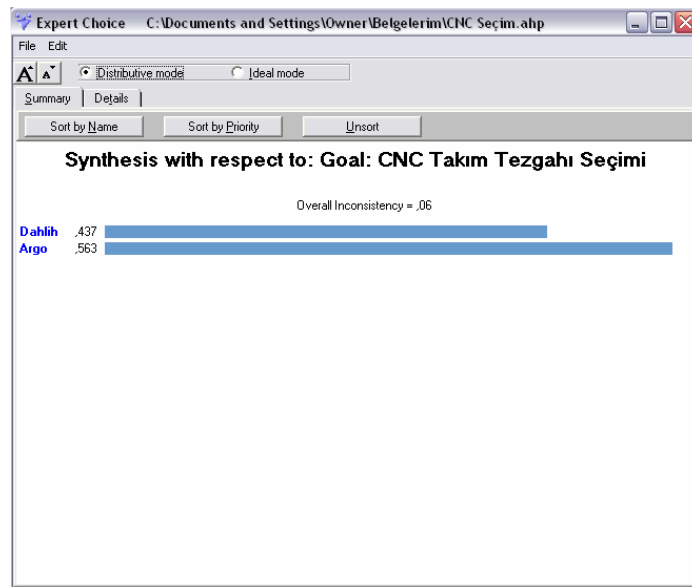
**Şekil 4.19** Ana kriterlere göre alt kriterlere ait karşılaştırmalı matris değerleri giriş ekranı

İkili karşılaştırma matrislerinin değerlerinin girişinin yapıldığı ekranı, CNC takım tezgahı seçimi için alt kriterlerin ana kriterlere göre değerlendirildiği ekrandan alınan örnekle Şekil 4.19'da gösterebiliriz. Burada matrisin tutarlılık oranı, sol alt köşede otomatik olarak hesaplanmaktadır. Ele aldığımız matrisi yorumlayacak olursak, CNC takım tezgahı seçimine, iş parçası bağlama kolaylığının operatör panelinin kullanılışlılığına göre daha fazla katkıda bulunduğu söylenebilir. Matrisin tutarlılık oranının 0,09 olarak hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 4.20 Ana kriterlerin öncelik değerleri

Şekil 4.20’de sentez aşamasındaki ana kriterlerin öncelik değerlerini gösteren ekran görülmektedir. Burada ana kriterlerin amaca hangi oranlarda katkı sağladıkları kolaylıkla görülebilmektedir. Ekranı bakarak tezgah ile ilgili kriterlerin % 54 ağırlığa sahip olduğunu, satıcı ile ilgili kriterlerin % 16,3 ve kullanıcı ile ilgili kriterlerin ise % 29,7 ağırlığa sahip oldukları görülmektedir.

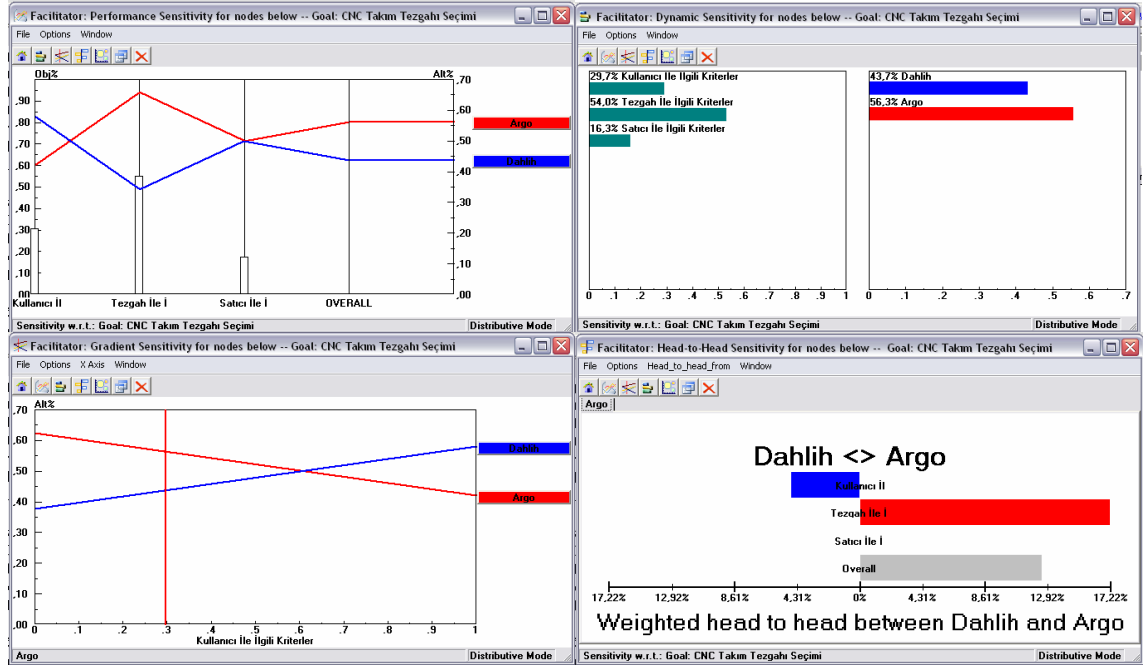


Şekil 4.21 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu

AHP ile kurulan CNC takım tezgahı seçim sisteminin genel tutarlılık oranı Şekil 4.21'de görüldüğü üzere 0,06' dır. Bu oran bize karar problemi için tanımlanmış olduğumuz ana kriterler ve alt kriterler için oluşturulan tüm matrisler ile kabul edilebilir seviyede olduğunu göstermektedir. Oluşturulan bu sistem ile alternatiflerden Argo marka tezgahın 0,563 öncelik değeri ile ilk sırayı aldığı görülmektedir.

#### 4.9.4 Duyarlılık analizi

Uygulamada kullanılan Expert Choice yazılımı pratik olarak problem üzerinde duyarlılık analizi yapmamızı sağlar. Belirli bir kriterin önceliğinin değişmesi durumunda, diğer kriterlerin, alternatiflerin ve dolayısıyla da tüm sonucumuzun nasıl etkilendiğini duyarlılık analizi ile görebilmemiz mümkündür. Şekil 4.22'de görülen program ekranında genel amacımıza yönelik oluşturulan değerlendirmelere ait grafikler yer almaktadır. Expert Choice ile oluşturulan dört farklı duyarlılık grafiği tek ekranda görülmektedir (Kadak 2006).



Şekil 4.22 Expert Choice ile CNC takım tezgahı seçiminin sonuç grafikleri

Mevcut kriter ağırlıklarına göre değerlendirme sonucunda Argo tezgahı %56,3 öncelik değeri ile ilk sırada yer almaktaydı (Şekil 4.21). Tüm ana kriterlerin öncelik değerlerini eşit düzeye getirdiğimizde oluşan değişiklikler Şekil 4.23’de görülmektedir. Her iki sonuç karşılaştırıldığında Argo tezgahının öncelik değerinin % 52,7’ye yükseldiğini ve sıralamanın değişmediği görülmektedir.

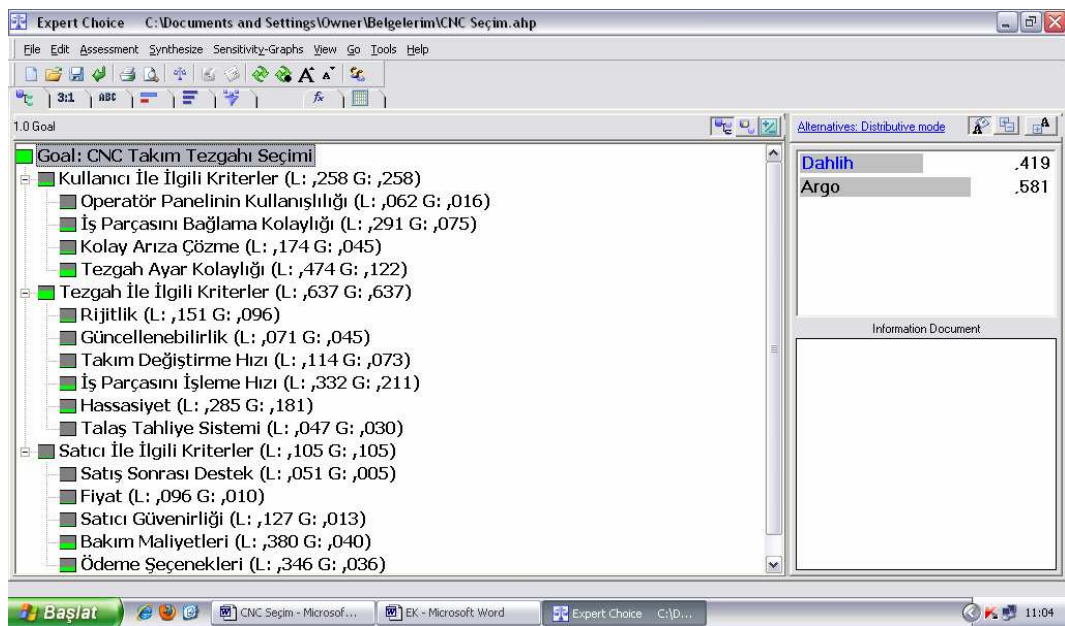


Şekil 4.23 Ana kriterlerin önceliklerinin eşitlenmesinden sonraki durum

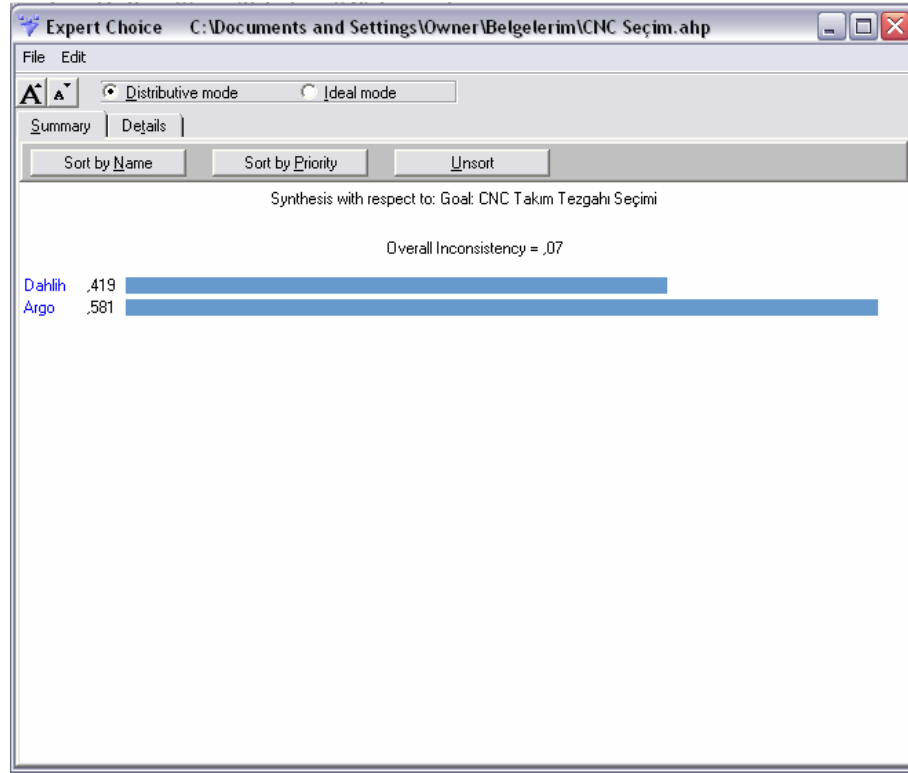
Problemin çözümünde sonuç olarak Argo tezgahının Dahlih tezgahına göre daha iyi bir seçenek olduğu karşımıza çıkmıştı. Ancak kriterlerin ağırlık oranlarının değiştirilmesi ile sonucun farklılık göstereceği, Dahlih’in daha iyi bir seçenek olarak karşımıza çıkabileceği aşikardır. Dolayısıyla problemi farklı bakış açılarına göre çözüp sonucun ne derece değiştiğini görmek gerekir.

#### 4.9.5 Üretim müdürü bakış açısıyla problemin çözümü

Üretim müdürü seçimini yaparken tezgaha ait kriterler ve kullanıcıya ait kriterler ağırlık vermek isteyecektir. Doğal olarak işine en uygun seçimi yaparken muhasebe ile ilgili kısımları önemsemek istemeyecektir. Göreceli de olsa bir üretim müdürünün bakış açısıyla seçim yapıldığında muhtemelen şu sonuçlar karşımıza çıkacaktır (Şekil 4.25).



Şekil 4.24 Üretim müdürü bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı

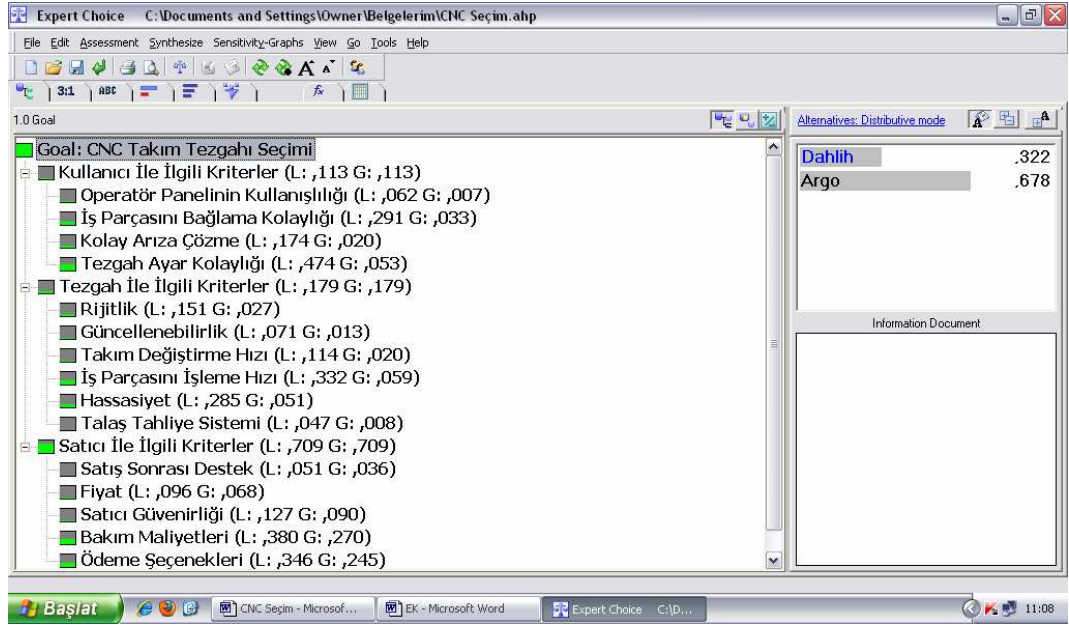


**Şekil 4.25** Problemin genel tutarlılığı ve sonucu

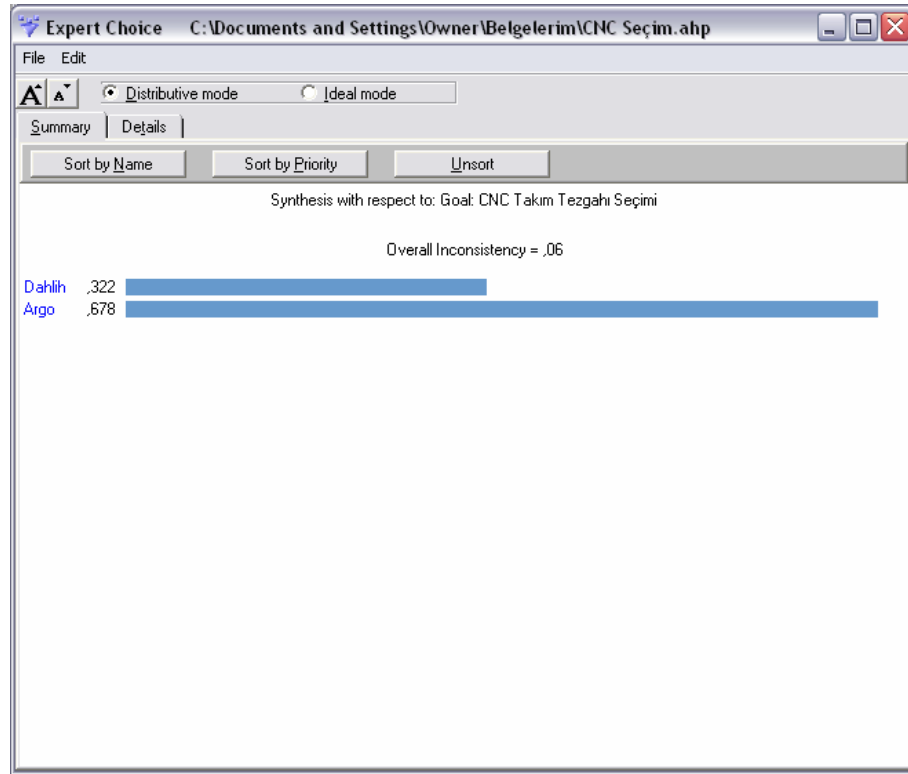
Şekil 4.25’de görüldüğü gibi kullanıcı ile ilgili kriterlerin öncelik değeri 0,637 olurken satıcı ile ilgili kriterlerin öncelik değeri 0,105’e gerileyip Argo tezgahı %58,1 ağırlık oranı ile ilk sırayı almıştır. Burada tutarlık oranının 0,07 olduğu da görülmektedir.

#### 4.9.6 Finansman müdürü bakış açısıyla problemin çözümü

Finansman müdürünün bakış açısıyla bakarak aynı yolları izlersek ağırlık oranlarını tekrar değiştirmek gerekecektir. Bir finansman müdürü tezgah seçimi yaparken satıcı firmanın güvenilirliği, tezgahın fiyatı, ödeme seçenekleri ve bakım maliyetleri gibi kriterleri daha ön planda tutacağı için diğer kriterlerin ağırlıkları nispeten azalacaktır. Bu yolla seçim yaptığımızda aşağıdaki şekil 4.27’de belirtilen sonuca yakın bir sonuç çıkacaktır.



Şekil 4.26 Finansman müdürü bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı

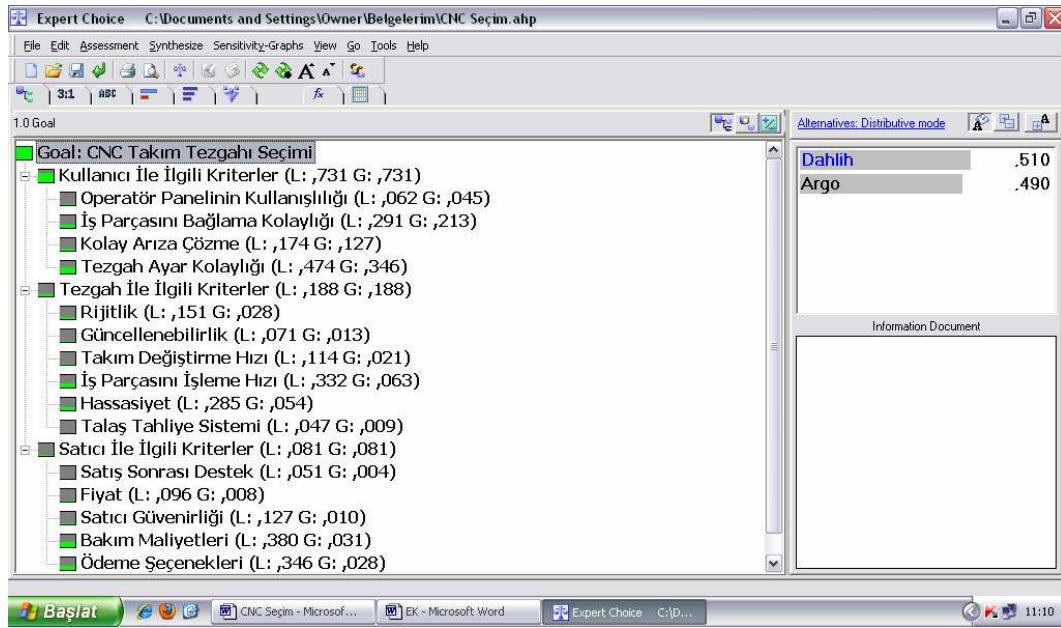


Şekil 4.27 Problemin genel tutarlılığı ve sonucu

Şekil 4.26 incelendiğinde finansman müdürünün seçim kriterlerinden satıcı ile ilgili kriterlere daha önem verip öncelik değerini 0,709'a çıkardığı görülmektedir. Bu sayede önceki seçime göre yine ilk sırada yer almasına rağmen ağırlık oranını %67,8'e çıkarttığı görülmektedir. Tutarlılık oranının ise 0,06 olduğu görülmektedir.

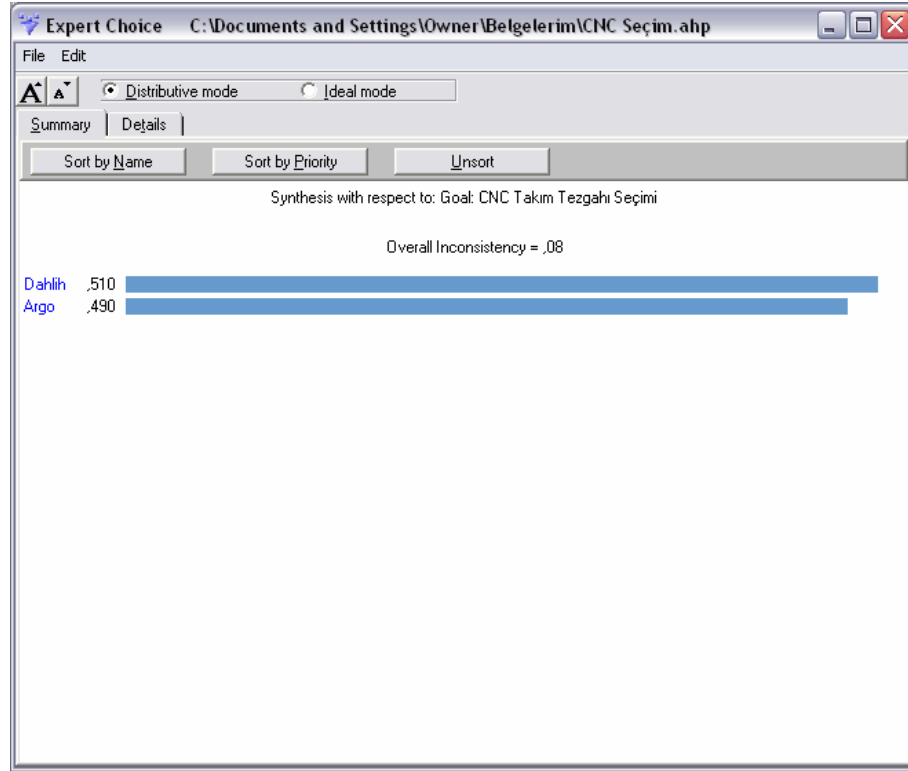
#### 4.9.7 Kullanıcı (tezgah operatörü) bakış açısıyla problemin çözümü

Operatör tezgah seçimi yaparken tezgahın kullanım kolaylığı, kullanışlılığı gibi ihtiyaç duyduğu kriterlere önem vereceğinden kullanıcı ile ilgili kriterlerin bulunduğu grubun ağırlık oranını arttıracaktır. Şekil 4.29'da operatör bakış açısıyla seçim yapıldığında çıkabilecek sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4.28 Kullanıcı bakış açısına göre değiştirilen kriter ağırlıklarının yer aldığı hiyerarşik yapı





**Şekil 4.29** Problemin genel tutarlılığı ve sonucu

Şekil 4.28'de görülen ekran görüntüsündeki kriterlerin ağırlık oranlarına baktığımızda kullanıcı ile ilgili kriterlerin ağırlık oranının 0,731'e çıkararak bu sefer de Dahlih tezgahının %51 ağırlık oranı ile ilk sırayı aldığını görmekteyiz.

Örneklerin sayısı elbette ki artırılabilir. İlgili birimin ilgili kişilerinin kendi önceliklerine göre kendi kriterlerine ağırlıklar tekrar tekrar hesaplanabilir. Ancak sonuç her seferinde kişisel önceliklere göre değişecektir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ

Özellikle 1950’li yıllardan sonra dünyada takım tezgahı sektörü, hızla gelişmiş ve gelişmeye de devam etmektedir. Türkiye ise 70’li ve 80’li yıllarda tarım ülkesi iken, bu gelişen takım tezgahı sektörüne biraz geç de olsa girerek dünyada adından söz ettirmeyi başarmıştır. Özellikle sanayileşmenin hızla artması nedeniyle takım tezgahı ihtiyacı giderek artmış, çağın gerektirdiği gibi manuel takım tezgahlardan hızla CNC takım tezgahlarına doğru yol alınmıştır. Ancak Türkiye her ne kadar özellikle talaşsız takım tezgahları konusunda dünya pazarında önemli bir yer kazanmış olsa da CNC takım tezgahları konusunda hala dışa bağımlılığını aşamamıştır.

Takım tezgahı sektörünün yıllar içerisindeki gelişimine baktığımızda sektörün ekonomik krizlere karşı ne kadar kırılgan olduğu açıkça görülmektedir. 2001 yılına kadar genelde ekonomideki durgunluktan dolayı yatay bir seyirde yol alan sektör, 2001 yılından sonra artan bir ivme ile hızlanmıştır. 2008 yılına kadar çok önemli gelişmelerin yaşandığı takım tezgahı sektörü global krizden ilk etkilenen sektör olmuş, 2008 yılını durağan bir şekilde kapamıştır. 2009 yılında ise krizin etkileri net olarak gözükmemektedir. Sektör krizle birlikte yaklaşık %40-50 oranında gerileyerek 2006 yılı seviyelerine geri dönmüştür.

CNC Takım Tezgahları, imalatın hızını, kalitesini ve güvenilirliğini arttırarak günümüz teknolojisinin bu noktaya taşınmasında önemli yol almıştır. Türkiye’de ithal edilen takım tezgahlarının yaklaşık % 70 ‘i CNC Takım Tezgahlarından oluşmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’de de CNC Takım Tezgahları artık zorunlu bir ihtiyaç olmuştur. Fakat ilk yatırım maliyeti manuel tezgahlara göre oldukça yüksek olan CNC takım tezgahlarını seçerken çok dikkatli davranmak gerekir.

Bu sebeple bu çalışmada üretim maliyetlerinde en önemli girdiyi oluşturan CNC takım tezgahlarının seçimi için izlenmesi gereken bir yol gösterilmiştir. Öncelikle seçim kriterleri anlatılmış, sonrasında ise CNC takım tezgahının ve iş parçasının özelliklerine göre veri tabanındaki tezgahlardan eleme metodu ile seçim yapan bir program hazırlanmıştır. Programlama için literatürde yaygın olarak kullanılan DELPHI tercih edilmiştir. Yapılan araştırmalara göre firmaların çoğu hem işleme merkezi hem de CNC torna yatırımını birlikte yaptıklarından literatürdeki çalışmalardan farklı olarak seçim işleminde hem işleme merkezi hem de torna tezgahı birlikte düşünülmüştür. Sonuçta bir işletme torna ve işleme merkezinin ikisine de mutlaka ihtiyaç duyacağından bu iki grubu bütün olarak ele almak gerekir. Hazırlanan DELPHI programı sayesinde seçim işlemi için harcanan zaman ve hatanın minimuma indirildiği açıkça görülmektedir. Özellikle yıl içerisinde çok fazla yatırım yapan firmalara bu uygulama çok yararlı olacaktır. Ancak piyasada aynı özellikte birçok takım tezgahının bulunmasından dolayı programın seçim ekranında birden çok alternatifle karşılaşılabilir. Bu aşamada oluşan kararsızlığın giderilmesi gerekmektedir. Literatürde bu gibi durumlarda çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanıldığı görülmektedir. Bu yöntemlerin içinde en yaygın kullanılan AHP tekniğinin bu problem için en uygun çözüm olduğuna karar verilmiş, AHP tekniği için hiyerarşik yapı ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, oluşturulan bu matrisler Expert Choice programına aktararak problem çözülmüştür. Burada problemin çözümünün kullanıcının iş yerindeki pozisyonuna göre nasıl değiştiği tartışılmış, hangi kriterlerin sonuca ne kadar etki ettiği gözlemlenmiştir. Özellikle orta ve büyük ölçekli işletmeler için tekliflerin son değerlendirme aşamasında AHP tekniğinin uygulanması seçim işleminin güvenilirliği açısından önemli olduğu kanısına varılmıştır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

Akkurt, M., 1996, Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 339 s.

Akkurt, M., 2004, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 347 s.

Alanbay, O., 2005, ERP selection using Expert Choice software, [http://www.isahp.org/2005Proceedings/Papers/AlanbayO\\_ERPSelection.pdf](http://www.isahp.org/2005Proceedings/Papers/AlanbayO_ERPSelection.pdf)

Dinçel, M., 1999, CNC Takım Tezgahları, Diploma Çalışması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Tekirdağ

G. Trusty Manufacturing Processes and Equipment, Chapter 7-10, Printice Hall, USA, 2000

<http://www.analizmakina.com/yenilik.asp>, 02.03.2010

[http://www.en.machine-catalog.com/adsl/Outer\\_ec\\_catalog/129/02/0-0.htm](http://www.en.machine-catalog.com/adsl/Outer_ec_catalog/129/02/0-0.htm), 12.03.2010

<http://www.hhrobertsmachinery.com/Accessories/Rhom/steady-rests.html>, 24.02.2010

<http://www.ina.com.tr/content.schaeffler.tr/tr/products/index.jsp>, 06.03.2010

<http://www.inmak.com.tr/tur/cutex240.html>, 04.03.2010

<http://www.istmak.com/urunler/index.html>, 04.03.2010

[http://www.lns-europe.com/barfeeders/fixed\\_and\\_sliding\\_headstock\\_manual\\_barfeeder/superhydrobarhs/ES](http://www.lns-europe.com/barfeeders/fixed_and_sliding_headstock_manual_barfeeder/superhydrobarhs/ES), 12.03.2010

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

<http://www.makineteknik.com/MAKALEDEPO/YHM/YukseK10.jpg>, 04.03.2010

[http://www.tezmaksan.com/urunler3.asp?alt\\_alt\\_kat=14](http://www.tezmaksan.com/urunler3.asp?alt_alt_kat=14), 02.03.2010

[http://www.tezmaksan.com/urunler4.asp?alt\\_alt\\_alt\\_kat=55](http://www.tezmaksan.com/urunler4.asp?alt_alt_alt_kat=55), 23.02.2010

<http://www.tezmaksan.com/urunler6.asp?kat=HPS-2500>, 04.03.2010

Herişçakar, E., 1999, Gemi ana makine seçiminde çok kriterli karar verme yöntemleri AHP ve SMART uygulaması, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, Yapım Matbaacılık, İstanbul, 240-256.

İç, Y.T. ve Yurdakul, M., 2008, İşleme merkezi seçimine yönelik bir karar destek sisteminin geliştirilmesi, 85-95.

İç, Y.T., Yurdakul, M. ve Doğramacı, T., 2008, Küçük ve orta ölçekli imalat firmaları için bir işleme merkezi seçim programı, Makine ve Mühendis, 12-18.

Kadak, E. G., 2006, Türkiye’de AHP Tekniğinin Performans Değerlendirmedeki Yeri ve İlaç Dağıım Sektöründe Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliğı Bölümü, Adana, 130 s.

Kuruüzüm, A., ve Atsan, N., 2001, Analitik hiyerarşı yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 83-105

Sandvik Coromat, 2006, Modern talaşlı imalatın esasları, (Çev. M. C. Çakır), Nobel Basımevi, Ankara, 267s.

Sayeed, R., 1992, Choosing your turn, Manufacturing Engineer, 40-42.

Yaralıoğlu, K., 2004, Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Ofset, İzmir.