

SERİ  
SERIES  
SERIE  
SÉRIE

A

CİLT  
VOLUME  
BAND  
TOME

44

SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

1

1994

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
**ORMAN FAKÜLTESİ**  
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,  
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



# BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİMİN ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE UYGULANMASI<sup>1)</sup>

Öğr. Gör. Dr. K. Hüseyin KOÇ<sup>2)</sup>

## Kısa Özet

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim, orman ürünleri endüstrisinde uygulanmıştır. Bu amaçla, AUTOCAD, PHYTIA, QSB, LOTUS gibi yazılımlar, CNC tezgâhlar ve matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılmıştır. Uygulama sonucunda, levha kesiminde % 15-20'lerde seyreden fire oranı % 6'ya düşerek ortalama 3 kat azalırken, kesim işlemi zamanı klasik yöntemle işleme zamanına göre 25 kat, delik delme için ihtiyaç duyulan işlem zamanı da 4.4 kat azalmaktadır. Araştırma ile, üretimde bilgisayar desteğinin doğrudan ya da işletmenin finansal gücü dikkate alınarak aşamalı bir şekilde sağlanabileceği ve uygulamanın endüstride önemli bir rasyonalizasyon sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Hızla kalkınmaya ve gelişmeye çalışan Türkiye'de, bu çabaların itici gücü, mevcut endüstri kuruluşlarının teknolojik gelişimi yakalamaları ile sağlanabilir. Özellikle, Avrupa Ekonomik Topluluğu'na katılma çabaları doğrultusunda Türkiye'deki tüm endüstri dalları için teknolojik gelişimi yakalamak hayati bir önem taşımaktadır.

Teknolojik gelişimle beraber, matematiksel optimizasyon teknikleri ile bütünleşen, modern yönetim ve üretim teknikleri işletmelere hızla yerleşmektedir. Bu nedenle, işletmelerin yoğun rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmeleri bilgisayarı ve optimizasyon tekniklerini bir araç olarak kullanarak teknolojik gelişimi yakalamalarına bağlıdır.

Bugün, sayısal yöntemlerde, elektronik ve teknoloji dünyasındaki sağlanan gelişmelerin doğal bir sonucu olarak, endüstriyel üretim tekniklerinde köklü değişimler olmakta ve bilgisayarlar üretimin hemen her aşamasında devreye girmektedir. Bu gelişmeler karşısında, işletmelerin mevcut geleneksel üretim tekniklerini gözden geçirmeleri ve bilgisayarla bütünleşik yeni üretim tekniklerine yönelmeleri kaçınılmaz olmuştur.

1) İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal Yöntemler Bilim Dalı'nda Hazırlanmış Doktora Tezi Özeti'dir.

2) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstrisi, Makinalar ve İşletme Anabilim Dalı.

## 2. ARAŞTIRMANIN AMACI, KAPSAMI VE YÖNTEMİ

**Araştırmanın Amacı:** Bilgisayarla bütünlük üretim sistemlerinin yapısını inceleyerek, bilgisayar ve sayısal tekniklerle bütünlük bu sistemleri Orman Ürünleri Endüstrisi'nde uygulamaktır. Araştırmada, bilgisayar destekli üretim geniş anlamda, bilgisayarla bütünlük üretim anlamında kullanılmaktadır.

**Araştırmanın Kapsamı:** Genelde tüm işletmelere yönelik olmakla beraber, özel bir uygulama alanı olarak Orman Ürünleri endüstrisi içinde önemli bir yere sahip olan Mobilya endüstrisi ele alınmış ve kabin tipi mobilya üretiminin üretimde darboğaz oluşturan temel aşamalarında uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar tasarım, leva kesimi (boyutlandırma) ve delik delme-yuva açma faaliyetlerinden oluşmaktadır. Çalışma amacına uygun olarak bu endüstri dalında belirlenen örnek işletmelerde mobilya üretiminin temel adımları gerçekleştirilmiştir. Uygun işletmeler olarak; KELEBEK Mobilya, TEKAĞAÇ San. Tic. A.Ş. ve KOLLEKSİYON Mobilya, O.D.T.Ü. CAD/CAM Merkezi ve ORARUM Atölyesi seçilmiştir.

**Araştırma Yöntemi:** Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) sisteminden oluşan Bilgisayarla Bütünlük Üretim (CIM) sistemidir. CAD ve CAM sistemleri bir bütünlük oluşturacak yaklaşımlarla uygulanmıştır. Bu amaçla, PC üzerinde uygulanabilen bir CAD sistemi olan AUTOCAD yazılımı, bilgisayar kontrollü (CNC) tezgâhlar ve PHYTIA, LOTUS, QSB, STORM gibi çeşitli yazılımlar ve optimizasyon teknikleri kullanılmıştır.

Araştırmada, öncelikle CAD/CAM sisteminin yapısı incelenerek, bilgisayar destekli üretim konusundaki teknolojik gelişmeler ile bunların orman ürünleri endüstrisine yansımaları araştırılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirilmesine kabin tipi mobilya üretiminde ana problemlerin belirlenmesi ile başlanmış ve AUTOCAD sistemi ile kabin tipi bir mutfak takımının üretime yönelik olarak tasarımı gerçekleştirilmiştir. CAD sistemi ile yapıları ayrıntılı olarak ortaya konan ürün parçaları, gerekli analizlerden sonra, bir CAM uygulaması olarak bilgisayar kontrollü tezgâhlarda üretilmiştir. Dolaylı bir CAM uygulaması olarak kabin tipi mobilya üretiminde ortaya çıkan kesim problemi matematiksel bir yaklaşımla PHYTIA adlı yazılımla optimize edilmiştir. CNC tezgâhda ve PC üzerinde bulunan sonuçlar QSB adlı program desteği ile matematiksel bir model üzerinde optimallik kontrolünden geçirilmiştir. Ayrıca kesim problemine LOTUS benzeri programlar desteği ile alternatif çözüm yolları önerilmiştir. PC üzerinde yürütülen uygulamaların amacı, finansal açıdan zayıf işletmeler için bilgisayar destekli üretim sistemlerine geçmede alternatif çözüm yolları geliştirmektir.

## 3. YÖNTEME İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

### 3.1. Bilgisayar Destekli Üretim Kavramı ve Üretim Sistemleri

Bilgisayar destekli üretim, üretimin tüm aşamalarının bilgisayar desteği ile yönlendirilmesi ve kontrol altında tutulması olarak tanımlanabilir. Burada, üretim ile ilgili işlevler; tasarım, mühendislik, imalat, üretim programlaması, stok kontrolü, kalite kontrolü, bakım programlaması, malzeme kullanımı, finans ve muhasebe vb. gibi faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin bilgisayar desteği ile yürütülmesi sonucunda ise, üretim artışı ile birlikte kalitenin yükselmesi, maliyetlerin düşmesi, verimliliğin artması ve sonuçta, özetle tüm üretim faaliyetlerinin optimize edilmesi hedeflenmektedir.

Bilgisayar destekli üretim, literatürde CAD/CAM veya CIMS olarak bilinir. CAD; "Computer Aided Design" olarak bilinen bilgisayar destekli tasarım, CAM; "Computer Aided Manufacturing" olarak bilinen bilgisayar destekli üretim anlamındadır. CAD ve CAM'in entegre olduğu sistemlere de CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems), yani bilgisayarlarla bütünlük üretim sistemleri denilmektedir.

Çeşitli şekillerde sınıflandırılabilen üretim sistemlerini, geleneksel ve modern sistemler olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Geleneksel sistemler: sipariş türü, akış tipi, proje tipi ve sürekli

proses tipi üretim sistemleridir. Modern sistemler ise, grup teknolojisi, hücreli imalat ve bilgisayar destekli üretim sistemi olarak incelenebilir. Modern sistemler, geleneksel üretim sistemlerinin sakıncalarını ortadan kaldırıp, yararlarını arttıracak bir yaklaşımla oluşturulmaktadır. Esneklik ve otomasyon bu sistemlerin kilit iki kavramıdır. Geleneksel sistemlerden atölye tipi üretim, esnekliğe, akış tipi üretim ise otomasyona çok yakındır (TANYAŞ 1992).

Üretim sistemlerinin gelişimini etkileyen en önemli faktörlerin başında teknolojik gelişim gelmektedir. 1950'lerden sonra üretim sistemlerinde verimliliği esas alan, grup teknolojisi esaslı yaklaşımlara paralel olarak sayısal sistemler, elektronik ve bilgisayar dünyasında sağlanan olağanüstü gelişmeler, üretimde NC ve CNC tezgâhlar dönemini başlatmıştır. Bugün, bu teknolojik gelişmeler hızla yaygınlaşmakta ve geleneksel sistemler yerini hızla bilgisayar destekli üretim sistemlerine bırakmaktadır. Bu sistemlerden en yaygın kullanılanı Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Kaynak Planlama (MRP-II), Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE), Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) ve CNC sistemleridir. Araştırmalar, ileri teknoloji kullanan işletmelerin % 93'ünün CAD sistemini ve % 61'inin de CAM sistemini kullandığını göstermektedir (YOUSSEF 1992).

### 3.2. Bilgisayar Destekli Üretim ve Fonksiyonel Adımları

Bilgisayar destekli üretime bir sistem yaklaşımı çerçevesinde bakıldığında, tasarım, planlama ve üretim gibi alt sistemlerden oluştuğu görülmektedir (HANDKE 1986). Bu alt sistemlerde, kendi aralarında, Şekil-1'de görüldüğü gibi, çeşitli bileşenlere ayrılmaktadır. Bu sistemlerde ürünler, bilgisayar desteği ile tasarlanmakta, gerekli konstrüksiyon hesaplamaları ve analizlerden sonra, üretim için gerekli planlar ve çalışma programları oluşturulmakta ve sonuçta yine bilgisayar desteği ile CNC tezgâhlarda üretilmektedir.

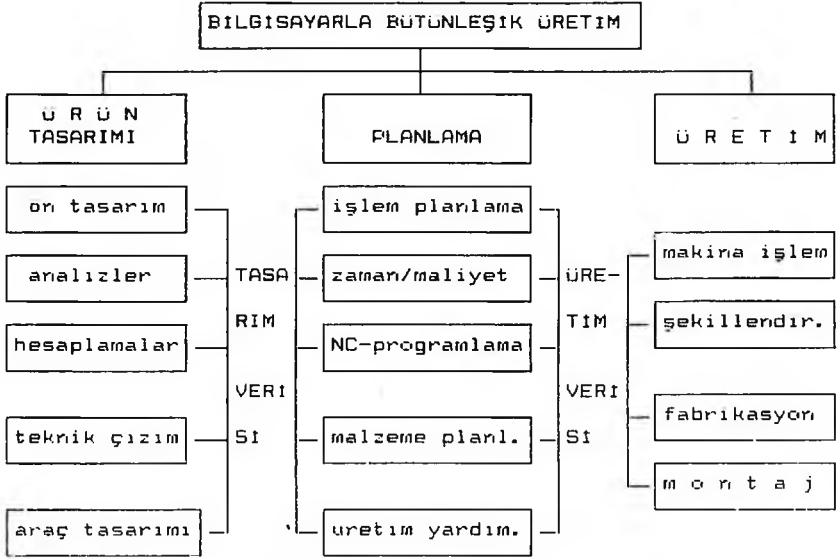
Bilgisayar destekli üretim sistemlerinde (CAD/CAM) gerçekleşen fonksiyonel adımlar Şekil-2'deki gibi gösterilebilir. Burada, yeni bir ürün tasarlanabileceği gibi, mevcut bir ürün üzerinde ihtiyaç duyulan değişiklikler de yapılabilir. Bundan sonra ürünün eldesi için gerekli modelleme aşamasına geçilir. Modelleme ICEM, DUCT vb. gibi CAD/CAM sistemleri ile ürün ve ürün parçalarına ait tüm yüzeyler tanımlanacak şekilde gerçekleştirilir. Bu aşamadan sonra, yüzeyleri üretilebilmek için gerekli makina işlem yolu belirlenir. Bunu, ürünün koordinatlarını, takımı ve hareketleri tanımlayan programın oluşturulması izler. Bu program CNC tezgâhın anlayabileceği kodlara (genelde G kodlarına) döktülür. Son adım, parçanın üretimi için CNC tezgâha gerekli emri vermektir.

Bugün, Şekil-2'de şematize edilen fonksiyonel adımların birçoğu oluşturulan büyük programlar aracılığıyla birarada gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, makine işlem yolunun bulunması, programlama ve programın G kodlarına dönüştürülmesi aynı sistemde gerçekleştirilebilmekte, yüzeyi modellenen bir parça, doğrudan CNC tezgâha aktarılarak üretilmektedir.

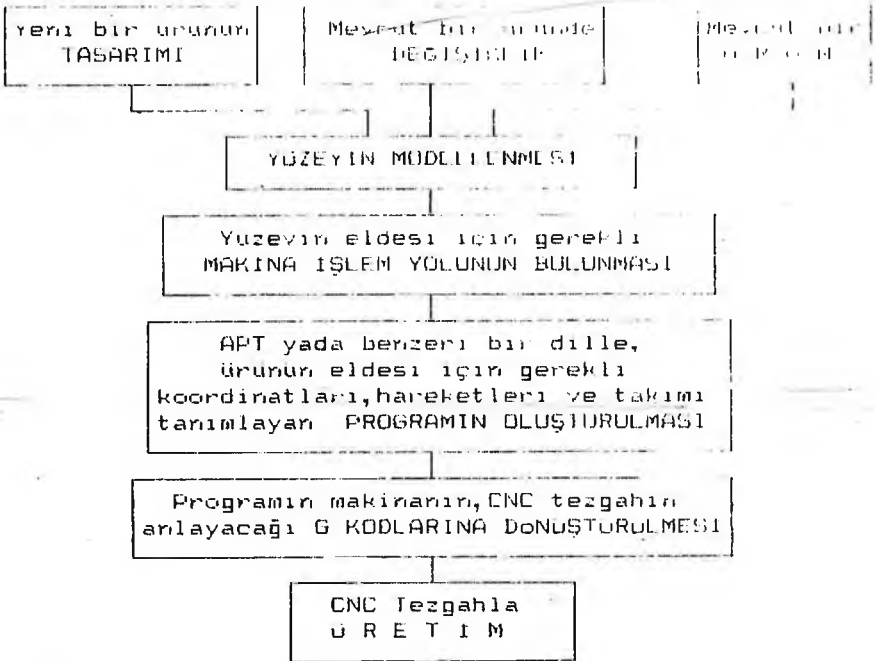
CAD/CAM sisteminin uygulanmasında ihtiyaç duyulan fonksiyonel adımlardan esas olanı iki ana başlıkla karakterize edilebilir. Bunlar; ürüne ait yüzey modelinin oluşturulması ve yüzeyin eldesi için gerekli makina işlem yolunun bulunmasıdır (LEE ve Diğ., 1990). Üretim somut olarak bu iki adımda düşümlenmekte, diğer adımlar bu iki adımı bütünlükte ve CAD sistemi ile CAM sistemi arasında bağlantıyı sağlamaktadır.

#### 3.2.1. Ürüne Ait Yüzey Modelinin Oluşturulması

CAD/CAM uygulamalarında, genelde, önce ürüne ilişkin tam boyutlu bir yapı oluşturulur. Sonra bu, bir koordinat ölçme makinasında sayısallaştırılır. Sayısallaştırma sonucunda ölçülen veriler uygun şekilde düzenlenerek yüzeyin modelini temsil edecek bir parametrik yüzey elde edilir. Bu konuda Rogers ve Adams (1976), Faux ve Pratt (1979), Back, Farouki, Hinds (1986)'in çalışmaları vardır (LEE ve Diğ. 1990).



Şekil 1 : Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi  
Figure 1 : Computer Integrated Manufacturing System



Şekil 2 : CAD/CAM Sisteminde Fonksiyonel İşlem Adımları \*)  
Figure 2 : Functional process used in CAD/CAM system.

\*) O.D.T.Ü. CAD/CAM Merkezinde Gerçekleştirilen Uygulama Çalışmalarından Yararlanılarak Düzenlenmiştir.

Parametrik yüzeylerin, CAD tekniklerinden yararlanılarak eldesi oldukça kolaydır. Ancak, matematiksel bir ifadenin işlenen bir yüzeye tam olarak benzetilmesi çok zordur. Burada daha çok, gerçek yüzeye eşdeğer bir parametrik yüzey elde etmek için, parçalardaki detaylı veri noktaları ölçülür ve yüzeyin bu veri noktalarına uygun olması sağlanır. Yüzey modelinin oluşturulmasında, en küçük kareler yöntemi (EKKY)'nden yararlanılmaktadır. EKKY yardımıyla üç boyutlu (3D) koordinat ölçme makinasından söz konusu ürüne ilişkin elde edilen veriler uygun şekilde biraraya getirilerek en uygun parametrik yüzey oluşturulabilmektedir.

### 3.2.2. Makina İşlem Yolunun Belirlenmesi

Yüzey modelinin eldesinden sonra parçanın üretimi için gerekli makina-işlem yolu bulunur. Burada makinanın izleyeceği yol ürünün şekillenmesini ve uygun toleranslarla üretilmesini belirleyen temel adımdır. Makina-işlem yolunun belirlenmesine yönelik, takım kılavuzlama, kartezyen makinalama, parametrik makinalama ve adaptif yol planlama gibi çeşitli yaklaşımlar vardır (LEE ve Diğ., 1990).

**Takım kılavuzlama yöntemi**, parça yüzeyini ve sürtücü yüzeyini tanımlayan ve APT olarak bilinen takım yolu generasyonu esaslı bir yöntemdir. Yöntemin esası, kesicinin tek bir yönde hareket etmesi ve herbir durma noktasında pozisyonu belirlemek için iteratif sayısal araştırmalar yapmasıdır. İteratif hesaplamanın zaman alması ve bileşik yüzeylerin işlenmesindeki kararsızlık yöntemin dezavantajıdır. **Kartezyen makinalama yöntemi**, parça yüzeyi ve paralel bölümlenen bir düzlemler dizisi arasında arakesit eğrileri bulan bir yöntemdir. Yöntem yüzey arakesitleri için büyük sayısal hesaplamalara ve zamana ihtiyaç duyar. **Parametrik makinalama yöntemi** ise, parametrik yüzeyler için uygun olan takım yolunu parametrik uzayda tanımlar (LONEY/ÖZSOY 1987).

Bu yöntemlerden bir ve ikincisinde, yüzey arakesit problemini çözmeye ihtiyacı duyulur. Bu da daha fazla zaman harcanmasını gerektirir. Eğer yüzey uygun formda ise, takım yolunun parametrik yöntemle bulunması en basit yöntemdir. Yaygın olarak kullanılan parametrik yöntemlerden birisi "izoparametrik stepsiz" yöntemidir. Yöntem kesici yolu sabit adımlarla arttırarak bulur (LONEY/ÖZSOY 1987).

**Adaptif Yol Planlama**, geleneksel planlama yöntemlerinin sakıncalarını ortadan kaldırmak amacı ile geliştirilmiştir. Burada, herbir parça için diğer parçalardan bağımsız olarak parça parça takım yolu ortaya konur. Yöntem eski yöntemlere göre % 25 zaman tasarrufu sağlamaktadır (LONEY ve Diğ., 1990).

### 3.3. Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemi

Bilgisayar Destekli Tasarım, literatürde CAD (Computer Aided Design) olarak bilinir. Genel olarak, bir mühendislik tasarımının yaratılması, değiştirilmesi ya da döküman haline getirilmesinde etkili bilgisayar kullanımını içeren bir tasarım faaliyeti olarak tanımlanır. CAD, birbirleriyle ilişkili bir bilgisayar grafik sistemi içermekte ve üretime iyi bir şekilde destek olmayı hedeflemektedir (GROOVER 1989).

CAD sistemini oluşturan temel bileşenler; bilgisayarlar, yazılımlar, mikro işlemciler, monitör, çizici ya da yazıcı, mouse ve sayısallaştırıcı gibi yardımcı araçlardan oluşur. Bilgisayar sektöründe yaşanan olağanüstü gelişmeler CAD sisteminin daha da gelişmesine fırsat yaratmıştır. Bilgisayar destekli tasarım sisteminin kullanımını gerekli kılan ve hızla yaygınlaşmasını sağlayan nedenler; "tasarımcının verimliliğini yükseltmesi, tasarım kalitesinin ve dökümantasyonunun iyileşmesi, ve imalat veri tabanı (ürün kütüphanesi) yaratması"dır.

Tasarımda bilgisayar desteği, tasarım sürecinin dört aşamasında etkin ve yararlı bir şekilde sağlanabilmektedir. CAD aktivitesi ile birlikte bu dört aşama aşağıdaki gibi sıralanabilir (GROOVER 1989);

Sentez: Geometrik modelleme

Analiz ve Optimizasyon: Mühendislik analizi

Değerlendirme: Tasarımın yeniden gözden geçirilmesi

Sunma: Otomatik Çözüm

Geometrik modelleme, bir nesnenin geometrik yapısının matematiksel bir tasviridir. Bu amaçla CAD sistemi kullanılır. CAD sistemi kullanıcıya matematiksel bir modelin görüntüsünü yaratma ve modelde belirli işlemleri düzeltme ve değiştirme fırsatını vermektedir. CAD sisteminde mühendislik analizleri için mevcut olan, kütle özelliği ve sınırlı eleman analizi gibi yazılımlar tasarımcının daha yüksek performans göstermesini sağlamakta ve dayanım hesaplamaları, ısı transfer analizleri ve dinamik simulasyon gibi analizler yapılabilir. Bilgisayar destekli tasarım sistemiyle tasarımlar çok kolay ve hızlı bir şekilde değerlendirilir. Tanımlanan geometrik bir modelde, yüzeyler arası uzaklıklar, boyutlandırmalar otomatik bir şekilde verilebilir. Sonuçta, tasarımın ortaya konması ve dökümantasyon, bilgisayar desteğiyle otomatik olarak ve oldukça hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Yapılan bir araştırma, CAD sisteminin, tasarım ve çizim fonksiyonunda, tasarımın elle hazırlanmasına göre verimliliği en az beş kat artırdığını göstermektedir (GROOVER, 1989).

Bilgisayar destekli tasarım, teknolojik gelişimle birlikte daha küçük CAD sistemlerine yönelmiştir. Artık, büyük "main-frame" sistemlerin fonksiyonları bir kişisel bilgisayara (PC) sığdırılmaktadır. Bu gelişme, büyük iş istasyonlarında çalışan CAD sistemlerini kurmaya finansal gücü yetersiz olan işletmeler için önemli bir fırsattır. Bir PC üzerinde CAD sisteminin uygulanma olanağı doğmuştur. Hızla kendini yenileyen CAD sistemlerinden yaygın olarak kullanılanları: "ICEM, DUCT, IDEAS, CAEDS, AUTOCAD, PATRAN, PROENGINEER, ABACUS, AES, CAD/CAY, ANSYS, BEASY, BRAVO, CADDSTATION, CADROW, CAM-X, CIS, MEDUSA, COMPAC, DOODLE, BORA/SID, EASYDRAF/EASY3, EUCLID, FAM, GIFTS, HOLGUIN-CAD, INCAD, MENTAT" olarak sıralanabilir (PUIG/PAY 1987 ve Diğ.).

### 3.4. Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi

Bilgisayar destekli üretim, bir CAD sistemi aracılığıyla tasarımı, konstrüksiyon hesapları ve mühendislik analizleri yapılan bir ürünün uygun üretim planı ve gerekli iş hazırlığı yapıldıktan sonra, bilgisayar kontrollü tezgâhlarda üretilmesi olarak tanımlanabilir. Burada bilgisayar destekli üretimin fonksiyonel aşamalarının gerçekleşmesi ve bir ürüne ulaşılması söz konusudur.

Bilgisayar destekli tasarım sisteminde ürün, istenilen özellikleri ile birlikte ortaya konulmuş ve analiz edilmiştir. Bundan sonraki aşama ise, ürüne ait bu detaylı bilgileri uygun bir programlama diliyle tezgaha aktarmak ve tezgâhın en uygun makina işlem yolunu izleyerek üretimi gerçekleştirmesini sağlamaktır (BRADLEY 1990). Bilgisayar Destekli Üretim, üretimin planlanması ve üretimin kontrolü olmak üzere iki ana aşamada incelenebilir.

#### 3.4.1. Üretimin Planlanması

Üretimin planlanması aşamasında CAM uygulamaları, bilgisayarın üretim fonksiyonuna destek olması amacı ile etkili bir şekilde kullanımını içerir. Bilgisayarla üretim işlemi arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Bilgisayar üretim faaliyetlerinin etkili bir şekilde planlanması ve yönetimi için bilgi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Üretimin planlanması içerisinde yer alan önemli bilgisayar destekli üretim fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir (BRADLEY 1990):

- 1- Maliyet tahminleri,
- 2- Bilgisayar destekli süreç planlama,
- 3- Veri tabanı sistemleri oluşturma,

- 4- Bilgisayar destekli parça programlama,
- 5- İş standartlarının geliştirilmesi,
- 6- Üretim ve stok planlama.

Bu fonksiyonlar bilgisayar desteğinin sağlanması ile daha sağlıklı olarak yerine getirilebilmektedir. Bu amaçla, CAD ve CAM ile ilgili tüm aşamalar birlikte değerlendirilir. Tasarım ve üretim için gerekli verilerin hızlı ve güvenilir bir şekilde sağlanabilmesi için veri tabanı sistemleri oluşturulur. İş standartları geliştirilir. Bu verilerden yararlanarak üretim ve stoklar planlanır ve üretimle ilgili tahminler yapılır. Burada CAD ve CAM'le doğrudan ilişkili iki ana kavram kısaca incelenecektir.

#### 3.4.1.1. Bilgisayar Destekli Süreç Planlama

CAD ve CAM sistemleri arasındaki bağlantı bilgisayar destekli süreç planlama sistemi (CAPP) ile sağlanır. CAPP burada planlama fonksiyonunu yerine getirir. Ürünün üretimi için gerekli ardışık adımlar, makina hücrelerinin ve ihtiyaç duyulan takımların belirlenmesi gibi, ortaya konur ve bir forma dökülür. Bu formlar üretim faaliyetlerini, her bir faaliyetin gerçekleştiği makina hücrelerini, ihtiyaç duyulan takımları ve her bir görev için ihtiyaç duyulan standart zamanları belirten bilgileri içerir (GROOVER 1989).CAPP sistemleri, üretim aktivitelerini optimum bir şekilde koordine ederek, uygun takımın, kesme şartları ve besleme hızının seçimi gibi, ekonomik yarar sağlamaktadır (LEO ve Diğ., 1989).

Bilgisayar destekli süreç planlama faaliyetlerinin yürütülmesi temel olarak aşağıda verilen iki yaklaşım çerçevesinde gerçekleşmektedir (CHANK/WYSK 1984). Bunlar:

- Retrieval (tekrar düzenlenebilen) CAP sistemleri.
- Generative (Yaratıcı) CAPP sistemleri.

**Retrieval tipteki süreç planlama sistemleri**, grup teknolojisi parça sınıflandırma ve kodlama esası değişken CAPP sistemleri olarak adlandırılır. Bu sistemlerde bilgisayarın hafızasına her parça kod numarası için ayrı bir standart süreç planı depolanır. Bu süreç planları her bir ürün ailesi için hazırlanmış işletmede kullanılan planlar ya da ideal bir planı baz alan planlardır.

**Generatif tipteki CAP sistemi**, süreç planlamada alternatif bir yaklaşım ortaya koyar. İmalata ilişkin teknik bilgi ve mantığı kullanılır. Bu bilgi ve mantık bilgisayar programına kodlanır. Konu, uzman sistem alanına girmektedir. Uzman sistemler, spesifik bir problem sınıfını çözmek için sezgisel stratejiler kullanırlar. Bugün, bir uzman sistemin hızla geliştirilmesini sağlayan "Expert Sytem Shell" yapıları oluşturulmaktadır (GEORGE 1989). Süreç planlama sistemlerinde, CAD ve CAM'in entegrasyonuna yönelik bilgi temelli yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir (RICHARD ve Diğ., 1992). CAPP sistemlerinin verimliliği % 600 artırdığı bulunmuştur (GROOVER 1989).

#### 3.4.1.2. Bilgisayar Kontrollü Tezgâhın Programlanması

Programlama, CNC tezgâhta ardışık işlem adımlarının planlanmasıdır. Ürün parçasının işlenmesi için gerekli bilgiler tezgâhın kontrol ünitesinin anlayacağı şekle getirilir. Tezgâha verilen bilgiler **geometrik ve teknolojik** olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Parçanın geometrik şeklini tayin eden ve boyutlara bağlı olan geometrik bilgiler, işlem takımının hareketleri ile ilgili bilgilerdir. Parçanın eldesi için takımın izleyeceği yol koordinatları ile belirlenir. Teknolojik bilgiler, kesme ve ilerleme gibi talaş kaldırma gerektiren bilgilerdir (AKKURT, 1991).

Programlama işlemi, manuel programlamadan otomatik programlamaya kadar bir dizi yöntemden herhangi birisiyle yapılabilir. Bugün gelişmiş CAD/CAM sistemlerinde (ICEM, DUCT, IDEAS...) programlama tamamen otomatik bir şekilde yapılmaktadır.



Programlama dillerini, üniversal ve özel diller olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Üniversal diller tezgâh ve bilgisayardan bağımsız olan dillerdir. Özel diller ise tezgâh ve bilgisayara bağlı dillerdir. Üniversal programlama dillerinin tümü APT (Automatically Programmed Tools) sistemine dayanır. Üç ile beş eksenli ve üç boyutta işlem yapan tezgâhlara uygulanabilir. Geliştirilen dilere örnek; EXAPT, ADAPT, IFAPT, MINIAPT, NEL-NC, AUTOSPOT, SPLIT, COMPACT II olarak verilebilir.

### 3.4.2. Üretimin Kontrolü

Bilgisayar destekli üretimde üretimin planlanması aşamasından sonra gelen ikinci aşama üretimin kontrolü aşamasıdır. Burada, üretimin kontrolü fonksiyonunu yerine getirecek bilgisayar sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Üretimin kontrolü bir işletmedeki fiziksel işlemlerin yönetilmesi ve kontrolü ile ilgilidir. Süreç kontrolü, kalite kontrolü, shoop floor kontrol ve proses gözlemi, üretim kontrol fonksiyonları içerisinde yer alır (GROOVER 1989).

Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) sisteminin beynini sayısal kontrollü (NC) tezgâhlar oluşturmaktadır. NC tezgâhlarda, üretimin fiziksel olarak kontrol altında tutulduğu birim tezgâhın kontrol sistemidir. Bu, kontrol devresi ve tezgâhtan oluşur. Parçanın üretimi için gerekli bilgileri içeren program NC tezgâhta program okuyucu tarafından okunur. Veri bilgiler kontrol sistemine gönderilir. Burada işlenerek geometrik ve teknolojik bilgiler ayrılır. Geometrik bilgiler tezgâhın hareketli elemanlarına (kızak, tablak gibi), teknolojik bilgiler ise hız kutularına gönderilir (AK-KURT, 1986).

NC tezgâhların kontrol sistemleri dijit düzene göre çalışmaktadır. Kontrol devresi ise analog veya dijit, kapalı veya açık olabilir. Ayrıca, tezgâhın kontrol tipi noktasal, doğrusal ve eğri-sel olabilir. NC tezgâh tipleri bu özelliklerin bir kombinasyonu olarak değişmektedir. Bugün yukarıdaki kontrol tiplerini 2-5 eksen kadar gerçekleştirebilen CNC tezgâhlar geliştirilmiştir.

### 3.5. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi

Bilgisayarla bütünleşik üretim, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) sistemleri arasında entegrasyonun sağlanması ile oluşur. Bugünkü; ICEM, DUCT, IDEAS, ANSYS, CAEDS... gibi gelişmiş sistemleri tamamen entegrasyona yöneliktir. Bu sistemlerde, ürünün tasarımı, yüzey modelleme, takım yolunun belirlenmesi, parça programlama gibi üretim için gerekli tüm işlemler birarada yapılabilmektedir. Bütünleşik üretim sistemlerinde; CAD, PPS (iş planlaması), CAP (süreç planlaması), CAQ (kalite kontrol) ve CAM gibi alt sistemler karşılıklı etkileşim içerisinde (WESTKAMPER 1993).

Bütünleşik üretim sistemi CAD ve CAM'in tüm mühendislik fonksiyonlarını içerdiği gibi, işletmenin, yönetim, üretim, pazarlama, finans, personel, muhasebe ve araştırma-geliştirme gibi işletmecilik fonksiyonlarını da kapsar. Burada bir faaliyetin çıktısı bir başka faaliyetin girdisi olmakta ve bilgisayar sistemi, üretime destek olacak şekilde işletmeyi baştan başa sarmaktadır.

## 4. ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM

Araştırmalar, orman ürünleri endüstri işletmelerinde bilgisayardan yararlanma oranının diğer endüstri işletmelerine göre daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır (ÇINAR, 1989). Böyle olmakla birlikte yapılan birçok araştırma bu endüstri işletmelerinin otomobil, uçak, metal işleme ve benzeri endüstri işletmelerinde olduğu gibi, bilgisayar desteğinden yeterli bir düzeyde yararlanabileceğini hatta bunu çok daha üst düzeylere ulaştırarak bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerine geçebileceğini göstermektedir (LAIKA 1989; BRADLEY/VICKERS 1990; MARTENSON/FOLLIN 1990; WESTKAMPER/PREKWINKEL 1991; ZAPT 1992).

Yapılan uygulamalarda, C. Bradley ve G.W. Vickers tarafından kapı üretimi bilgisayarla bütünleşik bir üretim sisteminde gerçekleştirilmiştir (1990). Çalışmada önce kapıyı oluşturan parçalar bir CAD sistemi yardımı ile tasarlanmış, gerekli mühendislik analizleri ve planlamalardan sonra bir CAM sisteminde üretim yapılmıştır. Bu çalışmaya benzer çalışmalar, İtalya, İsviçre, Almanya, Kanada, ABD ve benzer ülkelerde görülmekte ve konu ile ilgili özel araştırma-geliştirme merkezleri kurulmaktadır. Örneğin İsviçre'de kurulan merkezde, özellikle orta ve küçük ölçekli işletmeler için, faaliyetleri optimize etmeye yönelik bilgisayarla entegre üretim sistemlerine geçiş hedef alınmıştır (ZAPT 1992).

Westkamper ve Prekwinkel tarafından 1991 yılında gerçekleştirilen çalışmada, bir oturma grubu mobilyasının bilgisayarla entegre bir üretim sisteminde üretimi araştırılmış ve CAD, CAPP, CAQ ve CAM le entegre bir sistem tasarlanmıştır. Bir başka çalışmada, bu endüstride daha kısa periyodlarda değişen talep karşısında, üretimde verimlilik artışı ve esnekliği sağlayabilmek ve kaliteyi daha da iyileştirebilmek amacıyla CAD sistemi ile ilişkili sayısal kontrollü (NC) makinelerin kullanılması gerektiği belirtmekte ve bir dolap üretimi gerçekleştirilmektedir (PREKWINKEL 1991).

CNC tezgâhların odun işlemede kullanımına ve bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerine geçmeye yönelik çalışmalara Hans (1989), Horst (1989), Kristian (1989) ve Licher (1991) de örnek olarak verilebilir. Tüm bu çalışmalar bilgisayar destekli üretim sistemlerinin yapısının odun endüstrisi için uygun olduğunu ve diğer endüstrilerde olduğu gibi odun endüstrisi işletmelerinde de CAD/CAM sistemlerine uygun bir planlama ile belirli bir sürede geçilebileceğini göstermektedir.

#### 4.1. Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisinde Bilgisayar Desteği

Türkiye'deki Orman Ürünleri Endüstrisi İşletmeleri incelendiğinde, yeniliğe açık sınırlı sayıda işletmeleri birer istisna olarak değerlendirsek, işletmelerin yeterli düzeyde bir bilgisayar desteği sağlayamadıkları söylenebilir. Belirli düzeyde bir maliyete katlanarak bilgisayarla bütünleşik üretime (CIM) geçemeyen işletmeler, nispeten daha düşük maliyete katlanarak tasarım, planlama gibi, çeşitli CIM bileşenlerinde de yeterli bir bilgisayar desteği sağlayamamışlardır. Bunda, endüstriyel yapı bozukluğunun da önemli bir etkisi vardır.

**Tasarımda Bilgisayar Desteği:** Ürün tasarımında, örneğin gardrop, mutfak mobilyası vs. gibi bilgisayar desteği sağlayan işletmelere rastlanmakla beraber, bunların sayısı oldukça sınırlıdır. Çok büyük işletmelerden ancak 2-3 tane öncü olarak nitelenebileceklerde tasarımda bilgisayar desteği sağlanmıştır. Bu işletmelerde bile bilgisayar desteği tam anlamıyla bilgisayar destekli imalata yönelik olmayıp daha çok bağımsız bir sistem olarak işlev göstermektedir. Ayrıca yeterli düzeyde bir bilgisayar donanımına sahip oldukları halde ürünlerin tasarımında CAD sisteminden yararlanmayan işletmeler vardır.

**Üretimde Bilgisayar Desteği:** Türkiye orman ürünleri endüstrisinde üretimde bilgisayar desteğinin tam olarak sağlandığı işletmeye rastlanmamıştır. Ancak yine öncü olarak nitelenebilecek birkaç firmada kısmende olsa üretimde bilgisayar desteği vardır. Bunlar genelde kabin tipi mobilya üreten işletmelerdir. Bu işletmelerde levha kesiminde (ebatlama), levha kenar profilendirme, delik delme, lamba ve zıvana işlemlerinde bilgisayar desteği aşama aşama da olsa sağlanabilmektedir. Özellikle mobilya üretiminde optimum kesim planları oluşturan ve bu planlara uygun bir şekilde üretimi gerçekleştiren CAM uygulamaları vardır. Bu uygulamalar, CAD/CAM sistemlerine ulaşabilmek için birer örnek yapı niteliğindedir.

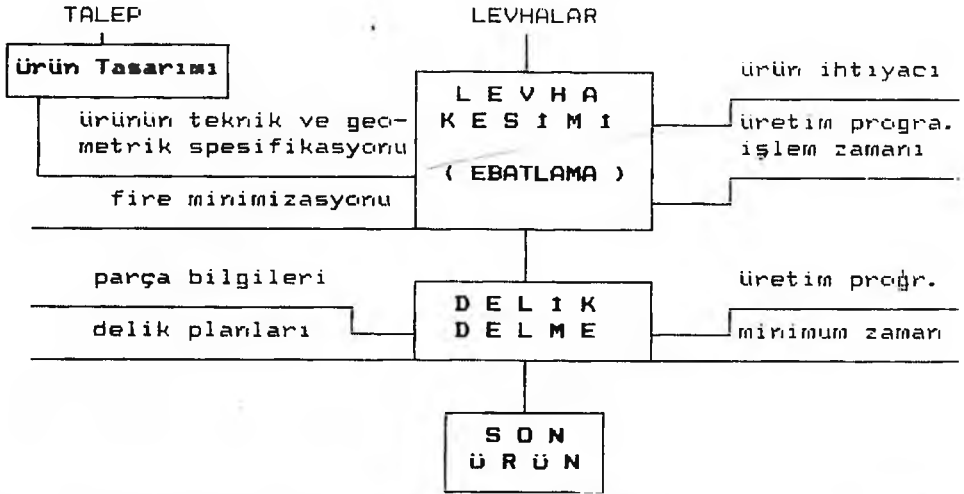
**CAD/CAM Entegrasyonu:** Tasarım ve üretim sisteminin entegrasyonuna yönelik üretim planlama ve programlama, malzeme ihtiyaç planlaması, kalite kontrol ve muhasebe, vb. gibi faaliyetlerde belirli ölçülerde de olsa bilgisayar desteğine rastlanmaktadır. Yalnız, bu destek gerçek anlamda CAD/CAM entegrasyonuna yönelik bir destek değildir. Özellikle muhasebe uygulamaları artık çok yaygınlaşmıştır ve bilgisayar desteğinin en fazla sağlandığı alanların başında gelmekte-

dir. Ancak, bu muhasebe daha çok personel işleri, maaş hesaplamaları ile ilgili olup, üretim kararlarında etkili olacak maliyetlendirme ve analizlere yönelik değildir.

#### 4.2. Mobilya Üretiminde Ortaya Çıkan Temel Problemler

Üretim teknikleri bakımından mobilya üretimi; kabin tipi mobilya üretimi, masif mobilya üretimi, sandalye üretimi, bükme ve oturma grubu üretimi olarak genellenebilir. Kabin tipi mobilya denince; gardrop, mutfak dolapları, portmanto ve benzeri gibi, üretiminde levha kullanılan ürünler akla gelmektedir. Günümüzde seri mobilya üretim teknolojisinin en fazla uygulama alanı bulunduğu yer kabin tipi üretimdir (KURTOĞLU 1993). Bu üretimin de öncelikle söz konusu ürün modelinin özelliklerine ve boyutlarına göre gerekli elemanların tasarından üretimin son aşamasına kadar çok hassas bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Mobilya üretiminde öncelikli olarak görülen ve Şekil-3'de şematize edilen problemler kısaca tanımlanacaktır.

**Tasarım Problemi:** Mobilya endüstrisinin en önemli problemlerinin başında ürün tasarımı ve yeni ürün geliştirme gelmektedir. Çünkü, ürünler, bir mobilya modeli, herhangi bir katalogdan alınmakta ve genelde yeterli bir mühendislik analizine tabi tutulmadan üretime geçilmektedir. Bu durum ancak modern tasarım tekniklerinin (AUTOCAD vb.) işletmelere yerleşmesi ile aşılabilecek ve hedef pazardaki talebin yapısına daha uygun ürünlerin tasarlanıp üretilmesi olanağı doğacaktır.



Şekil 3 : Kabin Tipi Mobilya Üretiminde Ana Problem aşamaları  
Figure 3 : Main problems in production of cabinet furniturs

**Kesim Problemi:** Üretimine karar verilen bir ürünü oluşturacak parçaların standart ölçülerdeki levhalardan minimum fire oranı ve aynı zamanda minimum işlem süresi ile, istenilen kalite düzeyinde, kesilmesi klasik üretim yöntemleri ile çalışan işletmelerde bir kesim problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Klasik levha kesim makinelerinde yapılan kesimler günde 5-10 m<sup>3</sup> kapasite ve % 15-20 fire oranı ile kişisel becerilere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Oysa bilgisayar kontrollü levha kesim makineleri (CNC) ile, kişilerin özel yeteneklerine bağlı olmaksızın üretim kapasitesini 50-100 m<sup>3</sup>'e çıkarma ve istenilen kesim kalitesinde minimum fire oranı ile çalışma olanağı vardır.

**Delik Delme ve Zıvana Açma Problemi:** Bir mobilya ürününe ait parçalarda ihtiyaç duyulan deliklerin ve zıvanaların, istenilen çap, genişlik ve derinlikte ve kabul edilebilir toleranslar-

da, hassas bir şekilde gerçekleştirilmesi, tasarlanan mobilyanın konstrüksiyonu bakımından çok önemlidir. Bu işlemlerin klasik yöntemlerle gerçekleştirilmesinde delik koordinatlarının tam olarak tutturulamaması, delik özelliklerinin istenilen hassaslıkta gerçekleştirilememesi bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problem ürün kalitesini de olumsuz yönde etkilemekte ve montaj problemlerine neden olmaktadır. Bilgisayar kontrollü tezgâhlarla çalışıldığında bu problemler çözülmekte ve istenilen hassasiyet düzeyinde işlem gerçekleştirilmektedir.

### 5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SİSTEMİ İLE KABİN TİPİ BİR MOBİLYANIN TASARIMI

Geleneksel yöntemlerin, araç ve gereçlerin kullanımı ile ortaya çıkarılan mühendislik çözümlerinin yanında, bugün bu düşünceye alternatif olarak ortaya çıkan düşünce ve yöntem, çizim ve tasarım konularında bilgisayardan yararlanmayı ve onların desteklediği sistemleri kapsamaktadır. Bu yöntem günümüzde Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD=Computer Aided Design) olarak adlandırılmaktadır.

Burada, mutfak takımının tasarımı, PC üzerinde çalışan bir CAD sistemi olan AUTOCAD ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ait örnek çizimler Şekil-4 ve Şekil-5'de gösterilmiştir. Uygulama, 80386/DX-33 işlemci tabanlı, 2MB RAM, 120MB Hard Disk ve VGA monitöre sahip bir PC'de yapılmıştır. Hemen belirtmek gerekir ki bu donanımınla çalışma yapılabilmeyle beraber, AUTOCAD programının gelişmiş versiyonlarının sorunsuz ve daha yüksek performansla çalıştırılması için 80486 işlemci tabanlı ve RAM'i 8 veya daha fazla olan, yüksek çözünürlüğe sahip grafik monitöre ve RS-232C seri iletişim bağlantısına sahip bir PC donanımına ihtiyaç vardır.

CAD sistemi ile oluşturulan bir mobilya modelinin çok ayrıntılı olarak görülmesi ve incelenmesi mümkündür. Ürün modeli, yüksek çözüm gücüne sahip grafik terminalleri, güçlü mikro-bilgisayarlar ve yüksek hıza sahip geniş bellekli sistemler yardımıyla ortaya konur. Model bilgisayar üzerinde döndürülebilir, parçalanabilir, birleştirilebilir ya da yok edilebilir. Ürüne ait elemanların bağlantı özelliklerinin ve bazı fiziksel özelliklerin model üzerinde incelenip analiz edilmesi olanaklı da bulunmaktadır.

Burada gerçekleştirilen mutfak takımına ait çizimler çok daha detaylanabilir. Farklı görüşler elde edilebileceği gibi, tasarımda özel önem verilen yerler ayrıca çizilebilir. Ancak, burada amacın örnek bir uygulamayı gerçekleştirmek olması nedeniyle fazla ayrıntılara girilmeye gerek duyulmamıştır. Mobilya fabrikalarında, arzu edildiğinde, oluşturulan ürün modellerine ilişkin ayrıntılı çizimler bilgisayar desteğinin sağlanması ile çok kısa sürede üretilebilir. İşletmelerde zamanla standart ürün dosyaları (file) oluşturulabilir. Bu dosyalar içerisinde ayrı ayrı standart modeller yer alabilir. Yeni bir ürün tasarlandığında ayrıntularla uğraşmadan ürünün yaratılması bu dosyalar yardımı ile kolaylaşacaktır. Özellikle Orman Ürünleri Endüstrisi için ağacın yapısını, türünü ve kullanılan malzemenin niteliğini tanıtmaya yönelik standart tarama şekilleri oluşturulması sağlanabilir. AUTOCAD'de oluşturulacak bu veriler ürün tasarımında ve detayların oluşturulmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

AUTOCAD ya da benzeri bir programla standart modeller ve ürün kütüphaneleri oluşturulması, söz konusu modeller ya da ürünler için gerek duyulan malzeme hesabının önceden yapılmış olması nedeniyle, farklı ürün kombinasyonlarında önemli kolaylıklar sağlayacak ve gerekli malzeme hesapları kısa sürede bulunabilecektir. Bu amaçla, işletmenin yapısına uygun bir ürün kütüphanesinin zamanla zenginleştirilmesi işletmeye, gerek ürün tasarımı ve geliştirilmesinde ve gerekse üretimdeki optimizasyona yönelik çalışmalarda büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Örneğin burada, bilgisayarla belirlenecek ürün parça listeleri levha kesimi için doğrudan kesim optimizasyonu programına aktarılarak kesim optimizasyonu gerçekleştirilebilmektedir.

## 6. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM SİSTEMİNDE KABİN TİPİ MOBİLYANIN ÜRETİMİ

Çalışmanın bu aşamasında iki ayrı modeldeki toplam 9804 parçadan oluşan 330 adet mutfak takımının bilgisayar destekli üretimi (CAM) gerçekleştirilmiştir. Önce, doğrudan bir CAM uygulaması olarak parçalar bilgisayar kontrollü (CNC) levha işleme makinasında kesilmiştir. Aynı kesim işlemi, üretime dolaylı bir bilgisayar desteği sağlayacak şekilde, PHYTIA adlı programla, bir PC'de optimize edilmiştir. Ayrıca, CNC tezgâhta ve PHYTIA ile PC üzerinde gerçekleştirilen levha kesimleri matematiksel bir yaklaşımla analiz edilmiştir.

Üretimde bilgisayar desteğinin sağlanmasının ikinci aşaması, söz konusu parçaların montajı için gerekli deliklerin CNC tezgâhlarda delinmesi ile gerçekleştirilmiştir. Delik delme işlem zamanı ve işgücü açısından incelenmiştir. Son aşama olarak, bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilen levha kesimi ve delik delme işlemi, daha sağlıklı bir değerlendirme amacıyla atölye tipi bir işlemede incelenmiştir. CNC tezgâhta ve atölyede üretim için aynı modeller kullanılmıştır.

### 6.1. Bilgisayar Kontrollü Tezgâh ile Levha Kesimi

Kabin tipi mobilya üretiminde darboğaz oluşturan levha kesimi (ebatlama) aşaması, kesimde (üretimde) bilgisayar desteğinin sağlanması ile kolayca çözülebilmektedir. Bu amaçla, CNC levha işleme tezgâhı kullanılmaktadır. CNC tezgâhla levha kesim işlemi aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilmektedir;

- Ürüne ait parça listelerinin oluşturulması,
- Parça, miktar, boyut bilgilerinin bilgisayara yüklenmesi,
- Parametrelerin ve işlem önceliklerinin belirlenmesi,
- Optimum levha kesme planının elde edilmesi,
- Sonuçların analizi ve kesim kararı,
- Optimum levha kesiminin gerçekleştirilmesi.

**Ürün parça listelerinin düzenlenmesi ve bilgisayara girişi,** levha kesiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Detayları bilgisayar destekli tasarım sistemi ile oluşturulan 330 adet mutfak takımına ait parça listesi Çizelge 1 ve Çizelge 2'deki gibi oluşturulmuştur. Bu listelerde, üretim için gerekli parça boyutları, parça adetleri, herbir parçadan ihtiyaç duyulan toplam miktarlar gibi bilgiler yer almaktadır. Mutfak takımlarını üretmek için gerekli malzemeler, yonga levha ve melaminli yonga levha (suntalam) kesimi olarak iki ana grupta incelenmiştir. Parça listeleri bu amaca göre doğrudan kesime girebilecek şekilde düzenlenerek bilgisayara yüklenmiştir.

**Kesim optimizasyonu parametrelerinin belirlenmesi,** ürüne ait bilgilerin bilgisayara girilmesinden sonra, CNC tezgâhın bilgisayarında kesim optimizasyonunun başlatılabilmesi için gereklidir. Optimizasyon parametrelerinin seçilmesinde işletmenin o anki koşulları, hedefleri, sipariş teslim zamanı, fire oranı ve benzeri gibi öncelikler dikkate alınır. Optimizasyonda işlem zamanı ya da fire minimizasyonu parametlerinden birine öncelik verilebileceği gibi, bu iki parametre arasında bir denge de kurulabilir. Bu araştırmada fire minimizasyonu öncelik kazanmıştır. Parametre seçimini, CNC tezgâhın teknolojik yapısı (kesici sayısı, hareket yönleri, dönebilme durumu) ve kesim teknolojisinin sınırlayıcı koşulları da etkilemektedir.

**Üretim öncesi yapay kesim sonuçlarının alınması ve değerlendirilmesi,** hiçbir üretim maliyetine katlanmadan kesim sonuçlarının kontrolü açısından çok önemlidir. Üretim öncesi optimum kesim planları CNC tezgâh bilgisayarında elde edilerek işletme amaçlarına uygunluğu denetlenmektedir. Sonuçlar ayrıntılı olarak analiz edilmekte, kesimde ortaya çıkacak fire oranı ve işlem süreci değerlendirilmektedir. Gerekliğinde parametreler üzerinde değişiklik yapılarak farklı işlem

Çizelge 1 : Yonga levha kesimi için ürün parça listesi.

Table 1 : The list of product parts for cutting particle boards.

Parça Kodu	Parça Adı	Parça Boyutları (mm)			Toplam İhtiyaç	AÇIK-LAMA
		UZUN.	GENİŞ.	KAL.		
1101	Üst Dolap Kapağı	620	410	18	1224	1. Tak.
1102	Alt Dolap Kapağı-1	740	650	18	204	1. Tak.
1103	Alt Dolap Kapağı-2	740	450	18	816	1. Tak.
1104	Aspiratör Kapağı	620	400	18	204	1. Tak.
1205	Alt Dolap Kapağı-3	600	400	18	504	2. Tak.
1206	Alt Dolap Kapağı-4	750	600	18	126	2. Tak.
1207	Çekmece Kapağı	400	150	18	504	2. Tak.
Toplam Parça Sayısı: 3582						

Çizelge 2 : Melaminli Yonga Levha kesimi için ürün parça listesi.

Table 2 : The list of product parts for cutting particle boards coated with a melamine sheet.

Parça Kodu	Parça Adı	Parça Boyutları (mm)			Toplam İhtiyaç	AÇIK-LAMA
		UZUN.	GENİŞ.	KAL.		
2101	Üst Dolap Üst-Altı	2450	300	18	408	1. Tak.
2102	Üst Dolap Yanı	600	300	18	408	1. Tak.
2103	Üst Dolap Dikmesi	560	300	18	408	1. Tak.
2104	Üst Dolap Rafı	800	300	18	612	1. Tak.
2105	Alt Dolap Yanı	830	550	18	816	1. Tak.
2106	Alt Dolap Dikmesi	720	540	18	204	1. Tak.
2107	Alt Dol. Çekm. Aral	540	170	18	204	1. Tak.
2108	Üst Dol. Aspi. Yanı	400	300	18	408	1. Tak.
2109	Üst Dol. Aspi. Altı	580	300	18	204	1. Tak.
2110	Üst Dol. Aspi. Üstü	580	300	18	204	1. Tak.
2111	Alt Dolap Tabanı	245	55	18	204	1. Tak.
2212	Üst Dolap Üst-Alt-2	2100	300	18	252	2. Tak.
2213	Üst Dol. Yanı-Dik.-1	600	300	18	756	2. Tak.
2214	Üst Dol. Yanı-Dik.-2	400	300	18	252	2. Tak.
2215	Alt Dolap Alu	2100	500	18	126	2. Tak.
2216	Alt Dol. Yan ve Dik.	750	500	18	504	2. Tak.
2217	Alt Dolap Rafı	800	280	18	252	2. Tak.
Toplam Parça Sayısı: 6222						

seçenekleri de incelenebilmekte ve maliyetlendirme yapılabilmektedir. Burada elde edilen sonuçlar, Çizelge 3 ve Çizelge 4'de özetlenmiştir. Ayrıca, bir kesim planı örneği de Şekil 6'da gösterilmiştir. Kesim işlemi, 7 aşaması yonga levha ve 13 aşaması suntalam için olmak üzere 20 aşamada tanımlanmıştır.

Çizelge 3 : Kesim Optimizasyonu Özet Sonuçları-1  
Table 3 : Main results of cutting optimization-I

MUTFAK DOLABI K E S İ M İ	PARÇA SAYISI	ÜRETİM MİKTARI		LEVHA %'Sİ	
		M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>		
Parça İhtiyacı	3582	939,48	16,723	90,46	
Üretim Fazlası	48	10,00	0,178	0,96	
Toplam Üretim	3630	949,48	16,901	91,46	
Kullanılabilir ARTIK	600	62,96	1,121	6,06	
Kullanılamaz ARTIK-FİRE	-	25,71	0,458	2,48	
TOPLAM ARTIK	-	88,67	1,579	8,54	
İŞL. ZAM.	saat	dak.	parça/sa.	m <sup>2</sup> parça/sa.	m <sup>3</sup> parça/sa.
Mak. İşl.	4	35	792	226,63	4,034
Gerçekl.	6	6	594	169,97	3,026

Standart boyutlardaki (3660\*1830\*18) levhalara uygulanan kesim optimizasyonu sonucunda yonga levha kesimi % 2,48 fire ve toplam % 8.54 artık oranı ile gerçekleşmiştir. Bu artıkların % 6.06'sı yeniden kullanılabilir. Melaminli yonga levha kesiminde gerçekleşen fire oranı % 2.53, toplam artık oranı da % 6.32'dir. Kesim işlemi, yonga levha kesimi için 6 saat, melaminli levha için 9 saat olarak bulunmuştur. CNC levha işleme makinası ile saatte ortalama 600 adet parça, başka bir ifade ile saatte 200-250 m<sup>2</sup>'lik ürün parçası üretilebilmektedir.

Elde edilen optimum kesim planlarının, incelenip kontrol edilmesinden sonra bilgisayara CNC tezgâhın üretime başlaması için gerekli komut verilmektedir. Bilgisayarda önceden görüldüğü şekilde üretim gerçekleşmektedir. Üretime ilişkin sonuçlar Çizelge 5 ve 6'da özetlenmiştir. Toplam 330 adet mutfak takımı % 6.74 fire ortalaması ile 155 yonga levha ve 126 suntalam olmak üzere toplam 458 levhadan 15 saatte kesilmiştir.

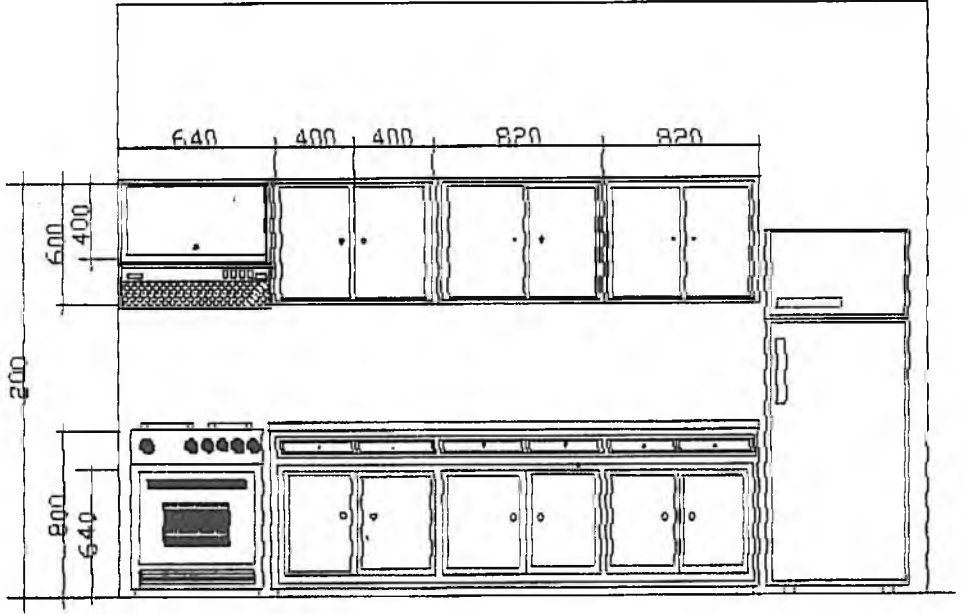
Çizelge 4 : Kesim Optimizasyonu özet sonuçları-2  
Table 4 : Main result of cutting optimization-2

MUTFAK DOLABI KESİMİ	PARÇA SAYISI	ÜRETİM MİKTARI		LEVHA %'Sİ	
		M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>		
Parça İhtiyacı	6222	1884,82	33,550	92,87	
Üretim Fazlası	198	16,37	0,291	0,81	
Toplam Üretim	6420	1901,19	33,841	93,68	
Kullanılabilir ARTIK	852	76,92	1,369	3,79	
Kullanılamaz ARTIK-FİRE	-	51,53	0,914	2,53	
TOPLAM ARTIK	-	128,45	2,283	6,32	
İŞL. ZAM.	<u>saat</u>	<u>dak.</u>	<u>parça/sa</u>	<u>m<sup>2</sup> parça/sa.</u>	<u>m<sup>3</sup> parça/sa.</u>
Mak. İşl.	6	54	931	294,31	5,239
Gerçekl.	9	12	698	220,73	3,929

Çizelge 5 : Optimize Edilmiş Kesim Planları Sonuçları-1  
Table 5 : Main results of optimized cutting plan-1

3660 * 1820 * 18 mm <sup>3</sup> Y O N G A L E V H A			
KESİM PLANI	KESİLEN LEVHA ADEDİ	ÜRETİLEN PARÇA SAYISI	FİRE % Sİ
1	15	405	325
2	21	399	10,35
3	4	132	4,15
4	16	336	6,29
5	72	1512	10,89
6	9	306	4,33
7	18	540	6,54
TOPLAM	155	3630	ORT: 6,54





Şekil 4 : AUTOCAD'de Tasarlanan Mutak Takımı Görünüşü

Figure 4 : The view of a cabinet kitchen furniture designed using AUTOCAD system

Çizelge 6 : Optimize Edilmiş Kesim Planları Sonuçları-2

Table 6 : Main results of optimized cutting plan-2

3660 * 1820 * 18 mm <sup>3</sup> Y O N G A L E V H A			
KESİM PLANI	KESİLEN LEVHA ADEDİ	ÜRETİLEN PARÇA SAYISI	FİRE % Sİ
1	13	208	7,12
2	21	378	6,12
3	68	1224	2,45
4	34	816	2,71
5	42	756	3,25
6	18	324	5,94
7	5	90	5,94
8	13	468	3,25
9	35	910	7,85
10	9	288	12,58
12	38	456	18,21
13	2	336	11,68
TOPLAM	303	6404	ORT: 6,94

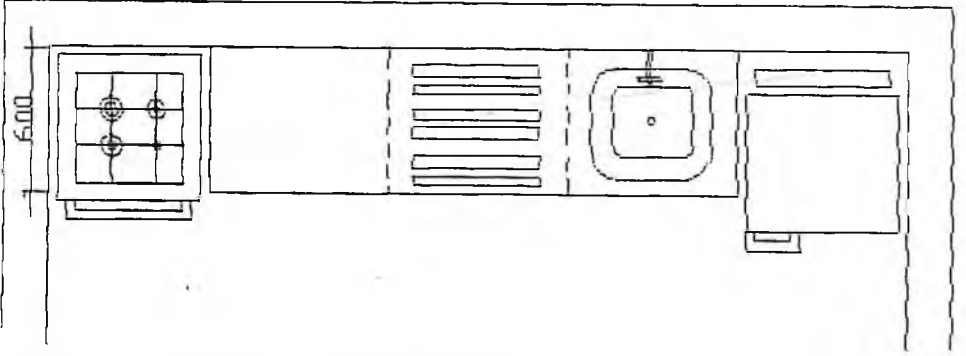
## 6.2. Bilgisayar Destekli Üretim ve Verimlilik

Bilgisayar destekli üretim ile verimlilik ilişkisi, üç yıllık bir üretim döneminde incelenmiştir. Burada, CNC tezgâhta gerçekleşen toplam  $20*12*3=720$  günlük üretim değeri dikkate alınarak, aylık ortalamalar şeklinde, üretim miktarı, fire oranı ve işlem süresi belirlenmiştir. Fire oranı ve işlem süresi kabin tipi mobilya üretiminde verimliliği belirleyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir.

Araştırmada, üretimin ortalama % 93.8 verimle (% 6.2 fire ile) gerçekleştirilebildiği bulunmuştur. Fire oranının genel eğilimi Şekil 7'de görülmektedir. Fire değerleri arasında, 36 aylık değerlendirmede, 0.66 gibi istatistiki bakımdan oldukça düşük bir sapma vardır. Yıllık ortalama üretim  $529524 \text{ m}^2$ 'dir. Günde ortalama  $2500 \text{ m}^2$  levha işlenebilmektedir. Bu miktar gerek duyulduğunda artırılabilir. Günlük 8 saat çalışma ile, 300 gün üzerinden,  $750.000 \text{ m}^2$ lik yıllık levha işleme kapasitesi vardır. Burada gerçekleşen işlem kapasitesi  $262 \text{ m}^2/\text{saat}$ 'dir.

## 7. KESİM OPTİMİZASYONUNUN PC'DE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Üretimde bilgisayar desteği, PC üzerinde uygulanacak uygun programlarla dolaylı bir şekilde sağlanabilir. Bu yaklaşım, Türkiye gibi, finansal gücü zayıf küçük ve orta ölçekli işletmelere sahip ülkeler için daha da önemlidir.



Şekil 5 : AUTOCAD'de Tasarlanan Mutak Takımı Planı

Figure 5 : The plan of a cabinet kitchen furniture designed using AUTOCAD system

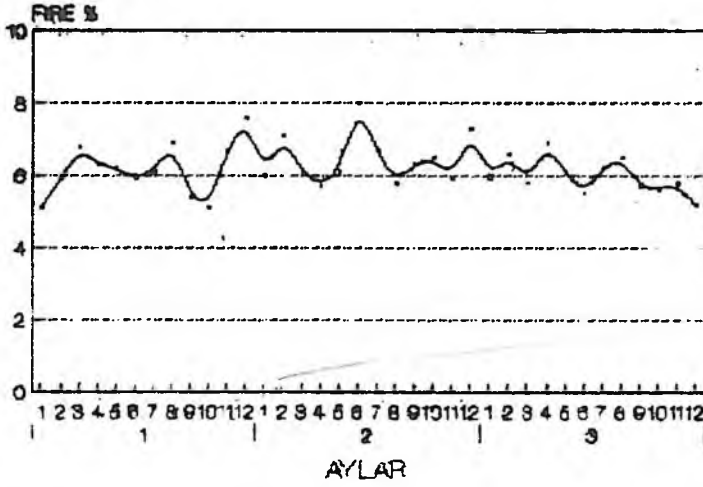
740x 450*2		740x 650*4		...		...
620x 400*8						620x 410
400x 600*5						400x 620

Şekil 6 : Optimize Edilmiş Kesim Planları Sonuçları-1

Figure 6 : Main results of optimized cutting plan-1

Optimizasyon 80386 işlemci tabanına sahip bir PC'de, ULTIMA yazılım tarafından yapılmış PHYTIA adlı program ile gerçekleştirilmiştir. Program ile, 330 adet mutfak takımının üretimi planlanmış; 7 farklı boyutta 3582 adet ürün parçası  $3660*1820*18 \text{ mm}^3$  boyutlarındaki standart yonga levhalardan, 17 farklı boyuttaki toplam 6222 adet parça yine aynı boyutlardaki melamini kâğıtla kaplı yonga levha (suntalam)'dan üretilmiştir. Üretim işlemi (levha kesimi) aşağıdaki ana işlem adımları ile gerçekleştirilmiştir. Bunlar:

- Ürün parça listelerinin bilgisayara girilmesi,
- Kesim önceliklerinin ve parametrelerin belirlenmesi,
- Optimizasyonun gerçekleştirilmesi ve kesim planlarının eldesi.



Şekil 7 : Bilgisayar destekli üretimde fire oranları.

Figure 7: Waste ranges produced in computer aided manufacturing.

Çizelge 7 : PHYTIA ile PC'de Kesim Optimizasyonu-1

Table 7 : Cutting Optimization-I using PHYTIA designed for PC's

KESİM PLANI	KESİLEN LEV. ADEDİ	ÜRETİLEN PARÇA SAYISI	KULLANILAN LEVHA SAYISI	KALAN LEVHA ALANI	FİRE % Sİ
1	11	187	647680000	18840000	2,77
2	51	1071	629320000	36800000	5,52
3	26	546	640480000	25640000	3,85
4	12	408	639500000	26620000	4,00
5	15	525	624460000	41660000	6,25
6	14	378	648000000	18120000	2,72
7	25	525	533820000	13230000	19,86
TOPLAM	154	3640	4363260000	180910000	—
FİRE ORTALAMASI					6,42

**Ürün Parça Listelerinin Bilgisayara Girilmesi**, oluşturulan ya da yeni oluşturulacak ürün dosyalarına, parça boyutlarını, gerekli parça miktarlarını ve önemli ise parçaların kesiliş yönlerini gösterecek şekilde yapılmaktadır. Oluşturulan ürün parça listesi CNC tezgâhla kesim için hazırlanan listeye benzemektedir. Bu nedenle, bu listeler yeniden verilmemiştir.

**Kesim Önceliklerinin ve Parametrelerin Belirlenmesi**, ürüne ilişkin bilgilerin bilgisayara girilmesinden sonra gerçekleşmektedir. Üretilen ürünün yapısına bağlı olarak gerek duyulan kesim önceliği belirlenmekte ve parametreler bilgisayara girilmektedir. Levha kesim optimizasyonunda, özellikle çıplak yüzeyli yani herhangi bir işlem görmemiş levhalar için kesim yönü önem taşımamaktadır. Ancak örneğin masif ya da diğer kaplamalar ile yüzeyleri kaplı ve desen yönleri üretim sonucunda oluşacak estetik yapı bakımından önemli olan levhalar için kesim yönü son derece önemli olmakta ve program optimizasyonu bu kısıt altında gerçekleştirilmektedir. Mutfak takımlarının üretiminde ise, desen yönünün söz konusu olmaması nedeniyle herhangi bir kısıta gerek duyulmamıştır.

**Optimizasyonun Gerçekleştirilmesi ve Kesim Sonuçları**, yukarıda izlenen aşamalardan sonra, yaklaşık bir saatlik bir işlem sonucunda, elde edilmiş ve toplam 9804 ürün parçasının üretim aşamaları belirlenmiştir. Örnek bir aşaması Şekil-6'da görülebileceği gibi, bu kesim planları üzerinde herbir parçanın nasıl yerleştirileceği ve bu yerleşimle toplam ne kadar levhanın kesileceği, ne kadar fire ile kesileceği bulunmuştur. Yonga levha kesimi 7 aşamada, toplam 154 adet yonga levhadan kesilerek, ortalama % 6.42 fire ile gerçekleştirilmiştir. Suntalam kesimi ise 17 aşamada, toplam

Çizelge 8 : PHYTIA ile PC'de Kesim Optimizasyonu-2

Table 8 : Cutting optimization-2 using PHYTIA designed for PC's

KESİM PLANI	KESİLEN LEV. ADEDİ	ÜRETİLEN PARÇA SAYISI	KULLANILAN LEVHA SAYISI	KALAN LEVHA ALANI	FİRE % Sİ
1	30	780	646532500	19587500	2,94
2	21	399	637100000	29020000	4,36
3	13	247	637100000	29020000	4,36
4	42	462	640770000	25350000	3,81
5	16	432	641000000	25120000	3,77
6	8	272	642000000	24120000	3,62
7	24	528	639660000	26460000	3,97
8	33	924	639000000	27120000	4,07
9	1	29	643500000	22620000	3,40
10	4	116	643500000	22620000	3,40
11	9	234	648000000	18120000	2,72
12	34	714	641100000	25020000	3,76
13	8	208	634800000	31320000	4,70
14	1	30	626400000	39720000	5,96
15	6	216	626400000	39720000	5,96
16	19	285	595100000	71020000	10,66
17	34	408	547800000	11832000	17,76
TOPLAM	303	6284	10729762500	487789500	—
FİRE ORTALAMASI					5,27

303 levhanın % 5.27 fire ile kesilmesi ile tamamlanmıştır. Sonuçlar özet olarak Çizelge-7 ve Çizelge-8'de verilmiştir. Çizelge 7 yonga levha kesimi sonuçlarını, Çizelge 8 ise suntalam kesim sonuçlarını göstermektedir. Kesim planları CNC tezgâhla kesim sonuçlarında gösterildiği gibi (Şekil 6) herbir parçanın yerleşimini göstermekte ve bu kesim planları çizdirilerek üretim için kesim elemanlarına verilebilmektedir. Buradaki kesim planları arasında da gerçekleşen fire oranları bakımından önemli farklılıklar vardır.

## 8. KESİM PROBLEMİNE MATEMATİKSEL YAKLAŞIM VE OPTİMİZASYON KONTROLLERİ

Bu çalışmada kesim problemi matematiksel bir yaklaşımla incelenirken, CNC tezgâhda ve PHYTIA ile PC üzerinde elde edilen kesim planları optimallik kontrolünden geçirilmiştir. Bu amaçla QSB adlı optimizasyon programından yararlanılmıştır. Ayrıca, kesim problemine LOTUS ve benzeri programlar desteği ile yine PC üzerinde çözüm yolları önerilmiştir.

**Kesim Problemi:** Mobilya endüstrisinde olduğu gibi, uçak, gemi yapımı, ayakkabı, çelik konstrüksiyon, düz cam imalatı gibi çeşitli endüstrilerde karşılaşılan bir problemdir. Kesilecek şekillerin biçimsizliği, plakaların boyutları, kesim teknolojisi ve üretimle ilgili kısıtlar problemin karmaşıklığını etkiler. Çözümü için çeşitli yöntemler önerilen bu problem, dikdörtgen şekillerin yerleştirilmesi, giyotin kesim ve biçimsiz şekillerin yerleştirilmesi olarak üç ana grupta toparlanabilir (DAĞLI/TATOĞLU 1984).

Dikdörtgen şekillerin yerleştirilmesi ile ilgili problemler için fireyi minimize eden kesim planları bulan çeşitli matematiksel programlama yöntemleri önerilmektedir. Gilmore ve Gomory (1961) probleme iki aşamalı bir algoritma ile yaklaşarak, dinamik programlama ile ilk yerleşim seçeneklerini bulmakta ve daha sonra iki boyutlu en iyi yerleşimi veren bir tamsayılı programlama modelinden yararlanmaktadır. Başka bir model de H. Dyckhoff (1981) tarafından geliştirilmiştir. Giyotin kesim problemleri için Christofides ve Whitlock (1977) bir ağaç tarama algoritması önermektedir. Biçimsiz şekillerin plakalar üzerine yerleştirilmesinde sezgisel yaklaşımlar kullanılmaktadır (Dağlı ve Nişancı 1981).

Yerleştirilecek parçaların şekillerine göre, yapılan çalışmalar matematiksel programlama yöntemlerini ya da sezgisel algoritmaları kullanmaktadır. Matematiksel modelleri sezgisel algoritmalarla birlikte kullanan bir çalışma Dağlı ve Tatoğlu (1984) tarafından yapılmış ve Türkiye metal endüstrisinde fire oranının % 20'den % 7.7'lere düşürülebileceği bulunmuştur.

Kabin tipi mobilya üretiminde levha kesimi, fire ya da işlem zamanı minimizasyonu gibi iki ana hedefe göre gerçekleştirilir. Burada yapılan çalışmada fire minimizasyonu öncelik kazanmıştır. Problem, "standart ölçülerdeki plakalardan (yonga levha, suntalam... gibi), gerekli ürün parçalarını, ihtiyaç duyulan miktar ve boyutlarda minimum fire oranı ile üretmek' olarak tanımlanabilir. Plakalardan dikdörtgen kesitli şekillerin minimum fire oranı ile üretimi problemi, oluşturulan kesim planları dikkate alındığında bir doğrusal programlama problemi olarak formüle edilebilir. Bu durumda, problem sadece minimum fire oranını sağlayacak şekilde herbir kesim planındaki plaka sayısının belirlenmesine dönüşmektedir.

### Problemin formülasyonu:

Fi: Herbir kesim planında gerçekleşen fire oranı (%)

Xi: Herbir kesim planında kesilecek levha miktarı (adet)

Pi: Herbir kesim planından elde edilen parça sayısı

Nk: Herbir parçadan ihtiyaç duyulan miktar (adet) olmak üzere,

**Amaç Denklemi:**

$$F_{\min} = F_1 X_1 + F_2 X_2 + F_3 X_3 + \dots + F_i X_i$$

**Kısıtlar:**

$$P_1 X_1 + P_1 X_2 + P_1 X_3 + \dots + P_1 X_i \geq N_1$$

$$P_2 X_1 + P_2 X_2 + P_2 X_3 + \dots + P_2 X_i \geq N_2$$

$$P_3 X_1 + P_3 X_2 + P_3 X_3 + \dots + P_3 X_i \geq N_3$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots$$

$$P_i X_1 + P_i X_2 + P_i X_3 + \dots + P_i X_i \geq N_k$$

**Optimizasyon Kontrolü:** Yukarıdaki model çerçevesinde CNC tezgâhta ve PHYTIA'da bulunan sonuçlar ayrı ayrı programa girilmiş ve elde edilen sonuçlardan biri uygulama sonuçları ile kıyaslamalı olarak Çizelge-9'da özellenmiştir. Bu çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi, QSB'de mevcut sonuçların optimize edilmesi ile bulunan değerler CNC tezgâhta ve PHYTIA ile elde edilen değerlerle birbirine yakın sonuç vermekte ve özellikle kesim planının son aşamasında optimalikten sapma görülmektedir. Buradan, gerek CNC tezgâhta ve gerekse PHYTIA ile bulunan sonuçların matematiksel kesinlikte bir optimum sonuç taşımamakla beraber optimuma çok yakın sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz.

**Lotus Desteği:** Çalışmanın bu aşamasında LÖTUS desteği ile probleme çözüm aranmakta ve kesim problemi bu açıdan modelize edilmektedir. Bu amaçla canlı hücreler oluşturulmakta ve sonuçta birebir ölçülerde hangi parçanın yatay ya da düşey konumda ne kadarlık bir fire oranı ile

**Çizelge 9 :** Uygulanan kesim sonuçlarının optimallik kontrolü

**Table 9 :** Control of the optimization obtained in panel cutting

CNC TEZGAHDA MELAMİNLİ YONGA LEVHA KESİMİ			PHYTIA İLE PS ÜZERİNDE YONGA LEVHA KESİMİ		
DEĞİŞKEN	ALDIĞI DEĞER		DEĞİŞKEN	ALDIĞI DEĞER	
	CNC	QSB		PHYTIA	QSB
X1	13	13	X1	11	13
X2	21	21	X2	51	51
X3	68	68	X3	26	26
X4	34	39	X4	12	12
X5	42	42	X5	15	54
X6	18	18	X6	16	0
X7	5	0	X7	25	0
X8	13	4			
X9	35	92			
X10	5	6			
X11	9	9			
X12	38	0			
X13	2	2			

yerleştirilebileceği görülmektedir. Ürün parçasının kesim yapılacak plaka üzerine yerleşim yönü fire oranını önemli ölçüde etkilemektedir.

Yapılan uygulamalardan birisi örnek olması amacı ile Çizelge-10'da verilmiştir. Çizelgede bulunan 1 birinci yerleşimin, yani levha uzun kenarına parçanın uzun kenarı gelecek şekilde seçilmesi gerektiğini, 2 ise ikinci yerleşim seçeneğinin, yani levhanın uzun kenarına parçanın kısa kenarı gelecek şekilde, 0 ise birinci ve ikinci yerleşim seçeneği arasında önemli bir fark olmadığı anlamına gelmektedir. Burada % 1'lik fire farkının önemli bir fark olmadığı kabul edilmiştir. Özetle, LOTUS benzeri programlar, uygun bir formülasyonla kesim probleminin çözümüne önemli ölçüde destek sağlayabilecektir.

**Çizelge 10 :** LOTUS'da birebir yerleşimde oluşan artık oranları.

**Table 10 :** The wastes obtained using LOTUS designed for PC's.

KESİLEN LEVHA	PARÇA KODU	BOYUNA YERLEŞİMDE FIRE %'Sİ	ENİNE YERLEŞİMDE FIRE %'Sİ	KESİM ÖNCELİĞİ
YONHA	1101	23	40	1
	1102	42	28	2
	1103	20	21	0
LEVHA	1104	25	34	1
	1205	13	4	2
	1206	19	20	0
	1207	3	14	1
ORTALAMA		19	23	—

## 9. BİLGİSAYAR KONTROLLU TEZGÂHLARDA DELİK DELME VE ZIVANA AÇMA UYGULAMASI

Kabin tipi mobilya üretiminde ihtiyaç duyulan deliklerin ve zivanaların parça üzerine açılması, genelde değişik yapıdaki klasik delik delme makinalarıyla gerçekleştirilmekte, ancak bunlar istenilen hassaslık ve esneklik düzeyinde yapılamamaktadır. Bugün bu işlemler klasik tezgâhların olumsuzluklarını kaldıracak şekilde, CNC tezgâhlarda gerçekleştirilmektedir.

CNC tezgâhlarda deliklerin planlanan koordinatlarda ve istenilen çap, derinlik ve hassaslık düzeyinde açılması için gerekli işlemler üç aşamada uygulanmaktadır. Bunlar;

- Parçaların tanımlanması ve tezgâha yüklenmesi,
- İşlem parametrelerinin ve önceliklerinin seçimi,
- Programın derlenmesi ve işlemin gerçekleştirilmesi.

**Ürün Parçalarının Tanımlanması ve Tezgâha Yüklenmesi:** Ürünü oluşturacak parçaların uygun şekilde biraraya getirilebilmesi için parça üzerinde ihtiyaç duyulan delgi işlemlerinin belirlenmesi, delik planlarının oluşturulması ve bunların tezgâh bilgisayarına yüklenmesi gerekir. Bu amaçla, tasarım aşamasında oluşturulan ürün parça listeleri yeniden gözden geçirilerek düzenlenir. Listelerden birisi örnek olması için Çizelge-11'de gösterilmiştir. Listelerdeki bilgiler ürün dosyalarına yüklenir. Bu dosyalar üretim esnasında yeniden oluşturulabileceği gibi, önceden oluşturulmuş bilgisayarda yüklü bir dosya yeniden güncelleştirilebilir. Seri üretim yapan işletmelerde bu dosyalar zamanla standart hale dönüşmekte ve üretim işlemleri daha az zaman alıcı ve kolay olmaktadır.

**Çizelge 11: Delik delme işlemi için ürün parça listesi-1 \***  
**Table 11 : The list of product parts for drilling**

PARÇA KODU	PARÇA BOYUTU		PARÇA ADEDİ	DELİK SAYISI	KOORDİNATI		DER. Z	DEL. ÇAPI	TOP.DE SAYISI
	UZUN.	GENİŞ.			X	Y			
1101	620	410	1224	1	370	50	18	4	1224
				2	22	75	15	35	1224
				22	598	15	35	1224	
1102	740	650	204	1	610	690	18	4	204
				2	22	75	15	35	204
				22	718	15	35	204	
1103	740	450	816	1	40	690	18	4	816
				2	22	75	15	35	816
				22	665	15	35	816	
1104	620	400	204	1	378	310	18	4	204
				2	22	75	15	35	204
				22	545	15	35	204	
11205	600	400	504	1	360	550	18	4	504
				2	22	75	15	35	204
				22	545	15	35	504	
1206	750	600	126	1	40	710	18	4	126
				2	22	75	15	35	126
				22	695	15	35	126	
1207	400	150	504	1	128	200	18	4	504
Toplam Parça Adedi: 3582							GENEL TOPLAM:		9738

\*) Çizelgelerde kullanılan uzunluk ölçü birimi mm'dir.

**İşlem Parametrelerinin ve Önceliklerinin Seçimi:** Ürün parçalarını tanımlayan bilgilerin bilgisayara yüklenmesinden sonra uygun parametrelerin seçimi ve işlem önceliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla tezgâh bilgisayarında takım uçları, makina işlem hızı ve referans noktaları tanımlanır. Eğer daha önce aynı işlem yapılmış ve bir parametre dosyası oluşturulmuş ise bu durumda sadece sözkonusu dosya güncelleştirilmektedir.

**Programın Derlenmesi ve İşlemin Gerçekleştirilmesi:** İşlem parametrelerinin ve varsa önceliklerinin seçiminden sonra CNC tezgâhta işlem başlatılır. Bu amaçla uygulama programı parça ya da tüm ürün grubu için derlenir. Daha önce üretilen ve parametrelerinde bir değişiklik duyulmayan parçalar için derleme programı çalıştırılmadan doğrudan delgi işlemi başlatılır.

CNC delik delme tezgâhında, toplam 9804 parça üzerinde ihtiyaç duyulan 34974 adet farklı çap ve derinlikteki delgi işlemleri toplam 71.2 saatte gerçekleştirilmiştir. Toplam işgücü ise 87



adam-saat olarak bulunmuştur. Parçaların bir kısmına ait veriler Çizelge-12'de özetlenmiştir. Delik delmede, işlem süresi parça boyutuna, koordinatlara, delik derinliğine ve çapına bağlı olarak değişmekle beraber ortalama 3 saniyedir. Bu uygulamada, işlem zamanından çok, CNC tezgâhın sağladığı sıfır hata düzeyi ve esnek bir yapıda çalışma daha önemlidir.

Çizelge 12: Delik delme işlemi sonuçları-1

Table 12 : The drilling results-1 on the CNC machines

PARÇA KODU	Parça Adı	İŞLEM SÜRESİ (saat)	HARCANAN İŞÇİLİK (adam-saat)
1101	Üst Dolap Kapağı	3,060	3,060
1102	Alt Dol. Kapağı-1	0,510	0,510
1103	Alt Dol. Kapağı-2	2,040	2,040
1104	Aspiratör Kapağı	0,510	0,510
1205	Alt Dol. Kapağı-3	1,260	1,260
1206	Alt Dol. Kapağı-4	0,315	0,315
1207	Çekmece Kapağı	0,420	0,420
T O P L A M		8,115	8,115

## 10. KLASİK YÖNTEMLE ATÖLYE-TİPİ BİR İŞLETMEDE ÜRETİM

Bilgisayar destekli olarak üretilen 330 adet mutfak takımının klasik yöntemle atölye tipi bir işletmede üretimi araştırılmıştır. ORARUM atölyesinde gerçekleştirilen 330 adet takıma ait, levha kesiminde ve delik delme işleminde harcanan işlem zamanı, işçilik ve fire değerleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Mutfak takımlarının üretimi için levha kesim aşamasında toplam 371.25 saat, delik delme işlemi içinde 314.3 saat çalışılmıştır. Harcanan işçilik ise levha kesimi için 742.5 adam-saat, delik delme işlemi için de 483.8 saat'dir. Özetlenen sonuçlar, dinlenme ve ara verme gibi saatlerin dışındaki fiili çalışma saatleridir. Fire oranına ilişkin buradaki üretimin yapısı gereği net bir sonuç bulunamamıştır. Ancak, atölye tipi üretimde ortalama % 15-20'lerde seyreden fire değerinin burada oldukça düşük bir düzeyde gerçekleştiği söylenebilir.

## 11. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bilgisayar destekli üretim sistemlerinin kabin tipi mutfak mobilyasının üretimine uygulanması sonucu elde edilen işlem sürelerine ilişkin bulgular Çizelge 13'de özetlenmiştir. Üretim levha kesim aşamasında ihtiyaç duyulan işlem süresi 371 saat'ten 15 saat'e düşerek 25 kat azalmıştır. Delik delme aşamasında ihtiyaç duyulan işlem süresi 4.4 katlık bir azalma ile 314 saat'ten 71 saat'e düşmüştür. Bu sonuçlar işgücü açısından değerlendirildiğinde, ihtiyaç duyulan işgücü, levha kesiminde 50 kat, delik delmede ise 5.6 kat azalmaktadır.

**Çizelge 13 :** Kabin tipi mutfak mobilyasının klasik yöntemle ve bilgisayar destekli olarak üretimine ilişkin işlem süreleri.

**Table 13 :** The precessing times of cabinet kitchen furniturs in production units operating according to the tradational technology and CAM system.

İŞLEM TİPLERİ Processing Types	KLASİK YÖNTEM Tradational Technology a saat (hr)	BİLGİSAYAR DESTEKLİ CAM b saat (hr)	a/b
LEVHA KESİMİ Panel Cutting	371.25	15	24.75
DELİK DELME Drilling	314.3	71.2	4.4

Levha kesiminin bilgisayar kontrolü (CNC) tezgâhlarda gerçekleştirilmesi ya da bir kişisel bilgisayar (PC) üzerinde çalışan PHYTIA adlı optimizasyon programı ile planlanması sonucunda fire oranı 3 kat azalarak % 15-20'den % 6'ya düşmektedir.

AUTOCAD sistemi ile bir mutfak takımının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama, yeterli donanımına sahip bir PC üzerinde ürünlerin tasarımının daha verimli bir şekilde yapılabileceğini ortaya koymaktadır. Tasarımı yapılan ürün parçaları üzerinde istenilen değişiklikler kolayca yapılabilmekte, oluşturulan ürün dosyaları ile tasarımda değişiklik ya da yeni ürün tasarımı oldukça kolaylaşmaktadır. Tasarımda bilgisayar desteğinin sağlanması bilgisayar destekli üretim sistemlerine geçmek için önemli bir adım oluşturmaktadır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinin (CAD/CAM) Orman Ürünleri Endüstrisi'nde uygulanmasının bu endüstriye önemli bir rasyonelasyon sağlayacağını göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar ve ortaya konan tartışma çerçevesinde aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Orman Ürünleri Endüstri işletmeleri kendi yapılarını analiz ederek bilgisayar destekli üretim sistemlerine geçmek için yapılarına uygun stratejileri geliştirmeli ve geçiş planları oluşturmalarıdır.

- Bilgisayar destekli üretim sistemlerine geçişte matematiksel optimizasyon teknikleri ve bilgisayarlar önemli birer araç olarak kullanılmalıdır.

- Yeterli finansal güce sahip işletmeler bilgisayar destekli sistemlere doğrudan geçiş yapılmalıdır. Finansal gücü zayıf olan işletmeler ise bilgisayar destekli üretime geçişte aşamalı bir yol izlemelidir. Bu amaçla atılacak ilk adım, işletmede AUTOCAD, PHYTIA, LOTUS, QSB ve benzeri programları ve matematiksel optimizasyon tekniklerini kullanmaktır. İkinci adım ise, üretimde dar boğaz oluşturan alanlarda doğrudan bilgisayar desteğinin sağlanarak CAM uygulamasına başlamaktır. Son aşamada işletmeler, bilgisayar desteğini sağlamaya yönelik faaliyetler arasında entegrasyon sağlayarak çabaları ortak bir hedefe yani bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerine yönlendirmelidir.

# THE APPLICATION OF THE COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING TO FOREST PRODUCTS INDUSTRY

Öğr. Gör. Dr. K. Hüseyin KOÇ

## Abstract

The impact of the application of Computer Integrated Manufacturing (CIM) to Forest Products Industry was investigated. The methods investigated were: AUTOCAD system as a CAD system, CNC machine for panel cutting, and for drilling, and PHYTIA, a program for the personal computers. AUTOCAD system was used to design one of the kitchen furnitures. Computer Aided Manufacturing (CAM), was applied for production of 330 kitchen furniture. An optimization was obtained in panel cutting process by reducing waste in production. CAM helped to elevate accuracy and reduced production time in drilling operations.

The results showed that by using AUTOCAD an important reduction in products design process and in drafting time spent, and an increase in productivity, can be achieved. Application of CNC panel cutting machine in production, and by using PHYTIA, a reduction from 15-20 % to 6 % was obtained in the waste produced. By using CNC machine in panel cutting, a reduction from 371 hr to 15 hr was obtained in machine time. By using CNC machine in drilling, a reduction from 314 hr to 71 hr was obtained in machine time.

## 1. INTRODUCTION

The traditional production systems are replaced by the CIM systems integrated with numerical methods. The producers are enforced by the competition to apply technological innovations according to their own requirements. Therefore the forest product industry has to follow up, and analyse, technological innovations in the CIM (CAD/CAM) systems and develop a suitable plan to adopt them. CIM is the result of integration of CAD and CAM systems. A recent survey of technologically advanced industrial units indicated that 93 % of them use CAD and 61 % CAM (YOUSSEF 1992).

The degree of the use of computers in the forest product industry is lower than in the other industrial sectors. It is generally accepted, however, that the forest product industry could start to apply computers and benefit from their use as much as industrial sectors engaged in production of automobiles, airplanes or processing metals. The forest product industry is already using CIM in

the production of doors, windows, chair, etc. (LAIKA 1989; BRADLEY/VICKERS 1990; MARTENSON /FOLLIN 1990; WESTKAMPER/PREKWINKEL 1991; ZAPT 1992).

Present paper deals with the investigations on the impact of the application of CIM to Forest Products Industry. The results obtained indicate that by the application of CAD/CAM systems in the forest product industry, major improvements can be achieved in design, productivity and economic performance.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Computer Aided Design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM) systems are used in the production 330 kitchen furnitures. The cut of 458 boards on Computer Numerical Control (CNC) machines were optimized and 34974 drilling of a variety of diameter, depth, and coordinates, were carried out on CNC machines in the production of 9804 pieces furniture. Data used in panel cutting and drilling is presented in Tables-1, 2 and 11.

The methods employed are CAD and CAM systems. AUTOCAD system is applied as a CAD system on PC. CNC machines for panel cutting, and for drilling, the program PHYTIA and LOTUS on PC for optimizing panel cutting plans, are applied as a CAM system. The program QSB on PC was used to control results of panel cutting plans.

Above systems are used in tree critical production stages: product design, panel cutting and drilling. For comparison same furnitures were produced in traditional production facilities.

## 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

Results on the CAD/CAM applications to the processing time were shown in Table-13. The time required for cutting has been reduced from 371 to 15 hr, a reduction of 25 folds, and time required for drilling from 314 to 71 hr, a reduction of 4.4 folds. Labour required expressed as man-day has been reduced for panel cutting 50, for drilling 5.6, folds.

The waste produced in panel cutting on CNC machine and by application of the program PHYTIA has been reduced from 15-20 % to 6 %, a reduction of about 3 folds.

The results demonstrate that the application of CAD/CAM (CIM) systems on the Forest Product Industry will constitute an important rationalization.

Based on this conclusion following suggestions can be made:

- Production units using raw materials based on wood have to analyse their structure and develop strategies to adopt CIM systems, and transition plans into that system.

- In this transition the techniques of mathematical optimization, and computers should be used.

- Institutions with sufficient financial resources should go through this transition directly. Those with deficient resources should consider as a first step the adoption of AUTOCAD, PHYTIA, etc., and mathematical optimization techniques. The second step would be the application of CAM in critical areas of the production process. Finally the integration of the CAD and CAM should be aimed.

## KAYNAKLAR

- AKKURT, M., 1986: *Bilgisayar Kontrollü Takım Tezgâhları ve Sistemleri I.T.Ü. Makina Fakültesi, Birsen Yayınevi.*
- BRADYEL, C., VICKERS, G.W., 1990: *Integrated Design And Manufacturing Utilising A PC: A Woodworking Industry Application, Victoria University.*
- CHANK, T.C., RICHARD, A.W., 1984: *Integrating CAD and CAM through automated process planning, Int. J. Prod. Res., v. 22, 5*
- ÇINAR, S. 1989: *Computer applications in the furniture and joinery industries. Furniture and joinery industries for developing countries, Seminer, UNIDO, Vienna.*
- DAĞLI, H.C., TATOĞLU, M. Y., 1984: *Metal Plakalardan Kesilecek Şekillerin Yerleştirilmesi İçin Sezgisel Bir Yöntem, Yöneyem Araştırması Dergisi, 3 (1).*
- DAĞLI, H.C., NIŞANCI, I.H., 1981: *A. Heuristik for Cutting Stock Problem International Conferans In Production Research, Novi Sad, Yugoslavya, Ağustos.*
- GEORGE, F.L. ve WILLIAM, A.S., 1989: *Artificial Intelligence and the Design of Expert Systems, University of New Mexico Albuquerque.*
- GROOVER, M.P., 1989: *Automation, Production Systems and Computer Int. Manufacturing, Prentice-Hall International Inc.*
- HANDKE, G., 1986: *Computer Integrated and Automated Manufacturing Systems in Aircraft, Int. J. Prod.Res., v. 24, n. 8*
- HANS, Z., 1989: *Rechnerintegrierte Fertigung-CIM, Seminars, Rechn. Fert. in der Holzindustrie, Rosenheim, HK 5.*
- KRISTIAN, B., ve DIG., 1989: *Rechner. Produktionsvorberetung und Leitung der Production in der Mob. mit dezentralen Computer systemen, Holztechnologie-Leibzig 30.*
- KURTOĞLU, A., 1993: *Mobilya Endüstrisi Ders Notları, I.Ü. Orman Fak., Yayınlanmamış, İstanbul.*
- LAIKA, A., 1989: *CNC Holzbearbeitungsmaschinen, Holz als Roh-und Werkstoff, Sayı 47.*
- LEO, A. ve HONGCHAO, Z., 1989: *Computer Aided Process Planning, Int. J. Prod. Res., Vol. 27, No. 4*
- LICHER, E., 1991: *Schnittwert-Datebank für die Holzbearbeitung, Holz als Roh-und Werkstoff Sayı: 49.*
- LONEY, G. C., ÖZSOY, T.M., 1987: *NC Macining of free form surfaces, Computer Aided Design, No. 19.*
- MARTENSSON, A. ve FOLLIN, A., 1991: *Computer-aided engineering systems in wood industry, Holz als Roh-und Werstoff 49.*
- PREKWINKEL, F., 1991: *Rechmergeführte Produktions Systeme für die Holzindustrie, Holz als Roh-und Werstoff 49.*
- PUIG-PEY, J. ve BIREBBIA, C., A., 1987: *Computer Aided Engineering Systems Handbook, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston, Tokyo.*

*RICHARD, M.S., SRIKANTH, P., MOHAN, S.D., 1992: Feature-driven approach to the integration of CAD/CAM in Wireframe model Int. J. Prod. Res., Vol. 3, No. 5*

*TANYAŞ, M., 1992: Bilgisayar Destekli Üretim Planlama ve Kontrol, MPM Semineri, Yayımlanmamış, 18-20 Kasım, İstanbul*

*WESTKAMPER, E. ve PREKWINKEL, F., 1993: Rechnerintegrierte Production in der Holzbearbeitung, Holzforschung und Holzwertung Sayı 3, Braunschweig.*

*YOUSSEF, M.A., 1992: Getting to Know Advanced Manufacturing Technologies, Industrial Engineering, February.*

*ZAPT, C., 1992: CIM in der Schweizer Holzwirtschaft, Holforschung und Holzwertung, Sayı 5.*