

**T C İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİK KAPI SEKTÖRÜNDE AHŞAP BÖLÜMÜ İÇİN ÜRETİM - DAĞITIM
PLANLAMA MODELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ümit KAVİ**

**Anabilim Dalı : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Programı : Kalite ve Üretim Yönetimi**

Tez Danışmanı: Yard.Doç.Dr. Rıfat Gürcan ÖZDEMİR

EYLÜL 2008

TEŞEKKÜR

Sayın Yard. Doç. Dr. Rıfat Gürçan ÖZDEMİR'e araştırmam boyunca gösterdiği rehberlik, olağanüstü anlayış ve eşsiz katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda gerekli yardımları ve desteklerini, bilgi ve görüşlerini bizlerden esirgemeyen Kavi Metal Plastik San. yönetici ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimi boyunca varlıklarını ve desteklerini hiç esirgemeyen arkadaşlarım Bilgisayar Y. Müh. Mustafa ÇAKIR, İnşaat Y. Müh. Özgün GÜNDOĞDU'na ve diğer tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması süresince anlayış ve desteklerini esirgemeyen AİLEME ve özellikle de öğrenim hayatım boyunca başarılı olmam için her türlü imkanı sağlayan babam Rahmi KAVİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2008

Ümit KAVİ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
KISA ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
3. ÜRETİM	9
3.1. ÜRETİM YÖNETİMİ.....	10
3.2. ÜRETİM SİSTEMLERİ.....	13
3.3. ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL	16
3.3.1. ÜRETİM PLANLAMASI.....	16
3.3.2. ÜRETİM KONTROLÜ	23
4. MATEMATİKSEL MODELLEME	26
4.1. TARİHSEL GELİŞİM	26
4.2. MATEMATİKSEL TANIMI	29
4.3. UYGULAMA ALANLARI	30
4.4. MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA MODELLERİNİN ÇEŞİTLERİ.....	31
4.5. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	32
4.6. TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	32
5. İŞLETMENİN VE ÜRETİM SİSTEMİNİN TANITIMI.....	36
5.1. FİRMA TANITIMI.....	36
5.2. ÜRETİM ORTAMI.....	42
5.2.1. İŞLETMENİN ÜRETİM ÜNİTELERİ	42

5.2.2. ÜRETİM SÜRECİ.....	45
6. ÜRETİM PLANLAMA VE DAĞITIM PROBLEMİNİN TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜLMESİ.....	48
6.1. PROBLEMİN BELİRLENMESİ	48
6.2. MODELİN VARSAYIMLARI	49
6.3. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ	50
6.3.1. MODELİN PARAMETRELERİ VE KARAR DEĞİŞKENLERİ	50
6.3.2. GELİŞTİRİLEN MODEL.....	53
6.3.3. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN ÇÖZÜMÜ	56
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKÇA.....	67
EK – 1 LİNDÖ KODU.....	69
EK – 2 LİNDÖ ÇÖZÜMÜ.....	84
EK – 3 FABRİKA YERLEŞİM PLANI.....	91

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Üretim Yönetimi Sistemlerinin Tarihi Gelişimi	11
Tablo 2. 2007 Yılı Çelik Kapı Satış Miktarları	40
Tablo 3. Makine Parkuru ve Çalışan Sayıları.....	42
Tablo 4. Üretim Süreleri.....	47
Tablo 5. Talep Tablosu	49
Tablo 6. MDF Üretim Tablosu	57
Tablo 7. MDF Stok Tablosu.....	58
Tablo 8. Dolap Üretim Tablosu.....	59
Tablo 9. Dolap Stok Tablosu.....	60
Tablo 10. Masa Üretim Tablosu	61
Tablo 11. Masa Stok Tablosu.....	62
Tablo 12. Eklenen Araç Sayısı Tablosu.....	63
Tablo 13. Ek Yapılan Sefer Sayıları	63

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. MDF panelleri için üretim süreci şeması.....46
- Şekil 2. Masa ve Dolap ürünleri için üretim süreci şeması.....47

Üniversite : İstanbul Kültür Üniversitesi
Enstitüsü : Sosyal Bilimler
Anabilim Dalı : İşletme
Programı : Kalite ve Üretim Yönetimi
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Rıfat Gürcan Özdemir
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek lisans – Eylül 2008

KISA ÖZET

ÇELİK KAPI ÜRETİM SEKTÖRÜNDE AHŞAP ÜRETİMİ İÇİN ÜRETİM VE DAĞITIM PLANLAMA MODELİ

Bu çalışmada, Çelik kapı sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ahşap departmanında ürettiği ürünler için daha etkin bir üretim planlama ve dağıtım modeli geliştirilmiştir. Modelin amacı firma karlılığını ön planda tutarak üretim, stok ve dağıtım maliyetlerini en aza indirmektir. Model tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak tasarlanmış ve paket program yardımı ile çözümlenmiştir. Bu uygulamanın sonuçlarına göre firma karlılığı arttırılmış, daha etkin bir üretim planlama yapılmış, stok miktarı ve maliyeti en aza indirilmiş, daha düşük maliyetli dağıtım planı çıkarılmıştır.

Anahtar kelimeler : Üretim planlama, Dağıtım planlama, Tamsayılı doğrusal programlama, Ahşap endüstrisi

University : İstanbul Kültür University
Institute : Institute of Social Sciences
Department : Department of Business Administration
Programme : Quality and Production Management
Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Rıfat Gürcan Özdemir
Degree Awarded and Date : MA – September 2008

ABSTRACT

THE PRODUCTION AND DISTRIBUTION PLANNING MODEL FOR WOOD PRODUCTION IN STEEL DOOR SECTOR

In this work, more active production planning and distribution model is improved in wood department in a factory of steel doors sector. The model's aim is to give a preference firm's profitability and decrease the cost of production, stock and distribution. The problem is modelled as a linear programming model and solved using an optimization software. According to this reasons of application, firm's profitability is increased, more active an production planning is done, the stock's quantity and cost is decreased at least and low-cost distribution planning is expelled.

Key words: Production planning, Distribution planning, Integer linear programming,
Wood industry

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze hızla artan bir grafik gösteren suç olayları “güvenlik” kelimesini daha sıkça sorgulanmasına neden olmaktadır. Türkiye’de asayiş suçlarının çoğunluğunu (%55) mala karşı suçlar oluşturmaktadır. Mala karşı suçlar içinde hırsızlık suçları %81,1 gibi yüksek bir orandadır. Daha sonra dolandırıcılık ve mala zarar vermek ve benzeri suçlar (%10.7), gasp/yağma (%2.3), yangın (%1.9) suçları gelmektedir. Hırsızlık; en çok evden, iş yerinden, oto hırsızlığı ve otodan hırsızlık şeklinde gerçekleşmektedir. Gasp/yağma suçlarının büyük bir kısmı şahıstan gasp şeklindedir.¹ Geri kalan kısmı ise ev ve işyerlerinden meydana gelmektedir. Hırsızlık olaylarındaki artış, mağdur ve güvenlik görevlilerini olayların gerçekleştikleri konumda güvenlik açıklıklarını araştırmaya yöneltmektedir. Göze ilk çarpan eksiklik bina, ev veya işyerlerinde kullanılan giriş kapılarının çok eski olması, kapıların uygun malzemelerden yapılmamış olması, kilit mekanizmaların uygun kalitede olmaması gibi etkenleri gözler önüne sermektedir. Güvenlik için sadece kapının iyi olması yetmemektedir ama ilk basamağı kullanılan kapılar oluşturmaktadır.

Bu durum Türkiye için yeni bir yatırım ve iş kapısı anlamına gelmektedir. 1990 yıllarında başlayan ortaya atılan “Çelik Kapı” ifadesi zaman içinde olmazsa olmaz tüketim maddeleri arasında yerini almıştır. 1990 yıllarında bir kaç firmayla üretimi başlayan Çelik Kapı zaman içerisinde Metal sektöründe önemli bir paya sahip iş kolu haline geldi. Bu iş kolunun bu kadar büyümesinde asıl önemli olan hırsızlık olaylarında büyük bir caydırıcılığa sahip olmasıdır. Yapısal olarak ahşap kapılardan ve önceki sistem sac kapılardan darbelere karşı daha çok mukavemet gösteriyor olmasıdır. Kullanılan kilit sistemlerinin de bu artışta büyük bir payı vardır. Oluşan

¹ Yılmaz Ali, Günayergün Semra, “Türkiye’de Şehir Asayiş Suçları : Dağılışı ve Başlıca Özellikleri”

talep daha güvenli daha sağlam ve daha uzun ömürlü kilit sistemlerinin geliştirilmesine zemin yaratmıştır.

Yılları içerisinde talebi hızla bir artış grafiği gösteren bu iş kolu insanların ilgisini çok süre geçmeden çekmeye başladı. 1990 yıllarında bir kaç üretici ile başlayan iş kolu artan talep sonucunda üretici sayısında sürekli yükselen bir grafik çizmeye başladı. Ülke şartları göz önünde alındığında kendisine yeni bir iş arayan ve taleplerdeki artışla kar oranın çok olduğunu düşünen birçok kişi, firma ve holding bu iş kolu üzerinde yatırım yapmaya ve çalışmaya başlamıştır.

2000'in başlarına kadar küçük ve orta büyüklükte işletmelerde yapılan iş kolu 2000 yılından sonra Çelik Kapı'ya olan taleplerin değişmesi sonucunda daha alanlarda ve şekillerde yapılmaya başlanmıştır. Üretimler küçük iki – üç yerde yapılmaktan tek çatı altına toplanmaya başlandı. Fabrikasyon örneklerine ilk önce Kayseri ilinde rastlanmaya başlandı. Kayseri ilinde büyüklü küçüklü işletmeler açılmaya başlandı. Çelik Kapı'nın yan sanayisinin de burada yerleşmesiyle başlamasıyla Kayseri ili Türkiye'nin Çelik Kapı üretiminde en önemli ili haline gelmiştir.

Oluşan iş sektörlerin en önemli halkası yan sanayileridir. Tedarikçiler ana üretimleri ayakta tutan en büyük etkendir. Ana iş kolunu oluşturan bir firma üretimi esnasında kullandığı her malzemeyi kendisinin üretmesine imkan yoktur. Bu nedenden dolayı üretimini destekleyecek yan sanayi kuruluşları kurulmaktadır. Bu durumun ana iş kolunu üreten firma için bir çok avantaj sağlamaktadır. Bunlar;

- Aynı malzemeyi bir çok üreten olduğu için rakabetten kaynaklı olarak daha kaliteli malzeme temin etme durumu,
- Ana iş kolunu üreten firmanın tedarikçiyi belirli spesifikasyonlara uymaya zorlaması, böylelikle hem üretimin kalitesinin sürekliliğinin sağlanması,

- Ana iş kolunun tedarik edebileceği bir malzemeyi kendisi yapması için gereken yatırım ve işletim maliyetlerinden kurtulmasını sağlaması,
- Rekabetin var olması ile daha düşük maliyetlerde ürün temin etme olasılığı,
- Tek bir noktaya bağlı kalmama, yaşanacak olası sorunlarda ürün temininde başka alternatif yolların var olması,

Bu duruma en iyi örnek; otomobil fabrikalarıdır. Çok büyük yatırımlarla kurulan otomobil fabrikalarını sadece ana üretimleri ile ilgilenmektedir. Ürünüde kullanacağı herşey çevresine yerleşmiş yan sanayisinden temin etmektedir. Bu durum ülke sanayisinde gelişime büyük katkı sağlamaktadır.

Bu avantajlarının yanında ihtiyaç duyulan malzemeleri yan sanayiden temin etmeninde bazı dezavantajlarıda bulunmaktadır. Bunlar ise;

- Ana iş koluna olan uzaklıkları maliyetler açısından büyük bir eksi teşkil etmektedir,
- Tedarikçinin üretiminin kontrol edilmesinin zorluğu,
- Her iş kolu için yeterli kalifiyede tedarikçi bulunmaması, var olanlarında bazı zamanlarda kalifiyeliğin sürekliliğinde problemler yaşaması,

Şeklinde özetlenebilir.

Çelik Kapı sektörü içinde durum benzer bir hal içerisindedir. Ana iş kolunun ihtiyacı bulunan tüm malzemeler yan sanayi tarafından tedarik edilebilmektedir. Üretim için gerekli her türlü malzeme piyasada kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu durum bu sektörün hızlı bir şekilde yayılmasına neden olmaktadır. Hızla büyüyen ve her çeşit ürünün kolay bir şekilde bulunması üretim için yeterli spesifikasyonlara sahip olmayan kişilerinde bu ürünü üretmesi olarak sonuçlanmaktadır. Bu durum “Merdiven altı” şeklinde tarif edilen imalatçıların hızla çoğalması ve kalitenin

düşmesi sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme kalitesinde doğru orantılı olarak düşmesine sebep olmaktadır.

Bu durum seri üretim yapan firmaların üretimlerinde kullandıkları bazı temel ihtiyaçlarını kendi bünyelerinde üretmeye sevk etmiştir. Uygulamanın gerçekleştirdiğimiz firma da yaşadığı benzer kalite sorunlarından sonra böyle bir karar alarak üretimde kullandığı MDF panellerini kendi bünyesinde kurduğu bir fabrikadan temin etmeyi amaçlamıştır. Firma bu sayede kısmi olarak bazı sorunlardan bertaraf olmayı hedeflemektedirler.

Yapılan bu çalışmanın ana konusu, üretim yapan bir firma'nın yaptığı üretim konusundaki en önemli sorunu olan üretim planlama' ya, yapılan üretimin dağıtım sorunlarının tamsayılı doğrusal programlama yöntemi kullanılarak çözülmesidir.

Yedi ana bölümden oluşan çalışma kapsamında, giriş ve literatur taramasından sonra üçüncü bölümde üretim, üretim yönetimi ve üretim planlama ve kontrol konuları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, üretim planlama problemlerinin çözümlenmesinde de kullanılabilen çok geniş bir uygulama alanına sahip yöneylem araştırması bünyesindeki doğrusal programlama ve tamsayılı doğrusal programlama yöntemleri incelenmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümde ise, MDF panel üretimi yapan bir üretim işletmenin tanıtımı ve üretim süreci tanıtılmaktadır.

Altıncı bölümde ise, kısa dönemli üretim planlaması ve dağıtım için tamsayılı doğrusal programlama yöntemi kullanılarak matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model paket program yardımıyla çözümlenmiştir.

Son bölümde, çalışmanın, amacına uygun olarak gerçekleştirilip gerçekleştirmediği değerlendirilerek konu ile ilgili öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

İşletmelerde karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde en fazla kullanılan kantitatif tekniklerin başında gelen doğrusal programlama modelleri, ilk uygulamalarının yapıldığı 1940' lı yıllardan beri, üretim planlama problemlerinin çözümü amacıyla çok sayıda çalışmada kullanılmıştır. Petrol rafinerisi, orman endüstrisi, yapı işletmeleri, metal sanayi, gıda sanayi, otomobil yan sanayi, tekstil sanayi gibi çok farklı sektörlerde doğrusal programlama yöntemi kullanılarak yapılmış bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda verilmiştir.

Karayılmazlar ve Balaban (2000), birden çok ürün tipinin üretildiği işletmelerde üretim planlama problemlerinden birisi olan, optimum ürün bileşiminin belirlenmesi (hangi tip üründen ne kadar üretileceği) problemi için bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Orman endüstrisinde bir işletme için kurdukları tamsayılı doğrusal programlama modeli ile işletmenin belli bir dönem için hangi üründen ne miktarda üreteceği, ne miktarda satacağı, ne miktarda stoklayacağını üretim, satış, stok kısıtları uyarınca, optimum üretim planı ile satışlardan elde edilecek geliri maksimize edecek şekilde belirlemişlerdir.

Özkan (2006) da, mobilya sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üretimlerini daha etkin planlamalarını sağlayacak bir üretim planlama modeli geliştirmiştir. Modelin amacı toplam üretim, stok ve isgücü maliyetlerini enazlamaktır. Model tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak tasarlanmış ve ülkemizin en büyük mobilya üreticilerinden birisinde çok satan bir yatak odası modeline uygulanmıştır. Bu uygulama sonuçlarına göre, toplam üretim, stok ve isgücü maliyetleri işletmenin kullandığı sezgisel yöntemlerle ortaya çıkan maliyetlere göre yüzde 20 oranında azalmıştır.

Sarıca (1998) de, seri üretim yapan bir işletmede üretim planlama ve kontrolünü gerçekleştirmiştir. Üretim planlama ile işletme kaynaklarının nasıl planlanacağı, üretim sürecinin nasıl kontrol edileceği ve malzeme gereksinimlerinin nasıl belirleneceği ortaya konulmuştur.

Chen ve Wang (1997), Kanada’ da faaliyet gösteren entegre bir çelik üretim işletmesinde üretim ve dağıtım planlaması için doğrusal programlamayı kullanmışlardır. İşletmenin, birden çok fabrikadan oluşması, çok sayıda malzeme tedarikçisi ile çalışması, farklı coğrafik bölgelerde müşterilerinin olması ve müşterilerinin farklı üretim süreçlerinden ürünler (yarı mamul veya bitmiş ürün şeklinde) sipariş edebilmesi sebebiyle; etkileşimli bir malzeme akışının zorunlu olduğu, planlamanın çok önemli olduğu bu ortamda; işletmenin satınalma, üretim ve dağıtımla ilgili problemlerini bütünleştirerek tek bir planlama altında modelleyen bir çalışma yapmışlardır. Doğrusal programlama yaklaşımıyla kurdukları modelin çözümüyle, işletmeye büyük finansal fayda sağlamışlardır.

Bircan ve Kartal (2003) de, kantitatif karar verme tekniklerinden doğrusal programlama tekniğinin kurulu işletme kapasitelerinin en karlı biçimde kullanılmasında sağladığı faydaları göstermektedir. Yöntem bir çimento fabrikasında kapasite planlaması yapmışlardır.

Gülenç ve Karabulut (2005) ise, kapasitenin tam kullanılması, makine/tezgah/kalıp boş bekleme süresinin minimize edilmesi, fazla mesainin ve fason üretimin mümkün olduğunca azaltılması, stokların belli bir seviyeyi aşmaması, karın maksimize edilmesi gibi birden çok amacın olabileceği durumlarda etkin bir araç olan, doğrusal programlamanın uzantısı amaç programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Bir lastik üretim işletmesinde, bir aylık dönemde üretilecek optimum ürün miktarını; belirli bir emniyet stoğu ile çalışılması, üretimin belirlenen miktarı geçmemesi, ayrılan stoklama alanının aşılmaması, işletme kapasitesinin tam kullanılması, normal mesaide (fazla mesai olmadan) işlerin tamamlanması ve lastik üretimi için ayrılan

bütçenin aşılmaması hedefleri altında modellemiştir. Çalışma sonucunda, işletme hedefleri çerçevesinde bir aylık dönemde üretilecek optimum lastik miktarı belirlenmiştir.

Ergülen (2003) de, İşletmelerinin dağıtım planına ait maliyet tutarlarının hesaplanmasında ve ileriye yönelik dağıtım maliyetlerinin tahmin edilebilmesinde Tamsayılı-Doğrusal Programlama modellerini kullanmıştır. Ayrıca bu modeller işletmelerin finansal planlarının ve dağıtım stratejilerinin kısa zamanda oluşturulmasında da önemli rol oynadığını belirtmiştir. Bu çalışmada, optimum çözüm planıyla oluşturulan model, Tamsayılı-Doğrusal Programlama yöntemiyle hesaplanmış ve firmanın dağıtım sistemine alternatif bir model olarak kurmuştur.

3. ÜRETİM

Üretim, en yalın tanımıyla yaratılan değerdir. İnsanın yaşaması için gerekli maddelerin yaratılmasıdır. Ayrıca, bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini arttırıcı bir değişiklik yapmak veya hammadde ve yarı mamülleri bir ürüne dönüştürmek olarak tanımlanabilir.

İşletmenin amaçlarına ulaşabilmesi için insan gereksinimlerini karşılayacak ürün ve hizmetler oluşturma işlemine üretim denmektedir. Üretim; ekonomide fayda yaratma, yani gereksinimleri karşılamayı sağlayan ve yararlı olan ürün ve hizmetleri oluşturma olarak da tanımlanabilir.²

Üretim işlemini gerçekleştirebilmek için insan, makine ve malzemeden oluşan bir üretim sistemine ihtiyaç vardır. Bu sisteme verilen bir takım girdiler bir değiştirme ve dönüştürme işlevinden sonra çıktı olarak elde edilirler.³

Ekonomistler üretimi fayda yaratmak şeklinde tanımlarlar. Mühendisler ise, bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini arttırıcı bir değişiklik yapmayı veya hammadde veya yarı mamüllerin kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim sayarlar.⁴

Üretim ekonomide fayda yaratma, yani gereksinimleri doyumayı sağlayan ve yararlı olan mal ve hizmetleri oluşturma olarak tanımlanabilir.⁵

²Hasgöl Özlem, “Ana Üretim Planlanmasında Karar Destek Sistemlerinin Kullanılması ve Stoksuz Üretim Yapılan Bir İşletmede Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, 2005, s.3.

³Savsar Mehmet, “Üretim Sistemleri Analizi”, (Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:59, 1984), s.5.

⁴Kobu Bülent, Üretim Yönetimi, İstanbul, Avcıol Basım Yayın, 2006, s.4.

⁵Özkan Murat, “Bir Mobilya Fabrikasında Üretim Planlama Sisteminin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, 2006, s.5.

3.1. ÜRETİM YÖNETİMİ

Günümüzde bir taraftan sürekli olarak yükselen yaşam düzeyinin, diğer taraftan hızla artan dünya nüfusunun etkisi ve talepleri doğrultusunda geçmişe oranla daha fazla ürün talep edilmekte ve daha karmaşık ürünler üretilmektedir.

Bahsedilen talep ve karmaşık ürünlerin üretilmesi için;

- Gerekli hammadde ve yarı mamüllerin çeşitli kaynaklardan uygun fiyatla ve istenilen zamanda sağlanması,
- Her parçanın değişik spesifikasyonlarda olması ve bu özelliklere göre işlenmesi,
- Talep edilen parçanın üretimde istenen yerde, istenen miktarda hazır bulunması,
- Bütün bu faaliyetlerin eldeki insan gücü ve makina parkurundan en iyi şekilde yararlanarak sınırlı süreler içerisinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

(Kobu, 2006)

Buradan yola çıkarak üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan malzeme, makina, işgücü kaynaklarının belirli miktardaki ürünün talep niteliklerinde belirtilen spesifikasyonlara sahip, talep edildiği zaman içinde ve uygulanabilinen en düşük maliyetlerde üretimini sağlayacak bir biçimde bir araya getirilmesi ve bu sistemin yönetilmesi olarak tanımlanabilir.

Tablo 1.'de üretim yönetimi sistemlerinin tarih içerisindeki gelişimi özet olarak gösterilmektedir.

Tablo 1. Üretim Yönetimi Sistemlerinin Tarihi Gelişimi

1776	ADAM SMITH	İMALLATTA UZMANLAŞMA
1832	CHARLES BABBAGE	UZMANLAŞMAYA GÖRE İŞ BÖLÜMÜ
1900	F.W.TAYLOR	BİLİMSEL YÖNETİM
	F.B.GILBERTH	ZAMAN ETÜDÜ
1901	H.L.GANTT	ÇİZELGELEME
1927	E.MAYO	İNSAN İLİŞKİLERİ
1930	H.FORD	KİTLESEL ÜRETİM
1940	P.M.S.BLACKET	II. DÜNYA SAVAŞINDA YÖNEYLEM
1946		DIGITAL BİLGİSAYAR UYGULAMALARI
1947		DOĞRUSAL MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA
1970		ÜRETİMDE BİLGİSAYAR UYGULAMALARI
1980..		CAD/CAM
		MRP II
		JIT
		TQM
		FMS
		OPT
		CIM

Modern üretim yönetiminin Adam Smith zamanında başladığı kabul edilmektedir. 18 y.y.'da Adam Smith uzmanlaşma teoris ile işleri küçük parçalara ayırarak her işçinin sadece bir işi yaptığında daha etkin çalışacağını öne sürmüştür.

1830'larda Charles Babbage'ın iş bölümü prensibinin uygulanması ile sağlanacak yararların ayrıntılarını saptamasıyla, iş basitleme, uzamanlaşma ve reorganizasyon ile üretkenliğin yolunda deneyler yapılmıştır.

Üretim yönetimi kapsamının gelişmesi F.Taylor ile gerçekleşmiştir. (1900 – 1920 yılları arasında Bilimsel yönetim kurallarını ortaya atmıştır.) Verimlilik artışı,

organizasyon, insagücü verimi, işyeri düzeni gibi kavramlar bugünkü tanımlarıyla Taylor ile ortaya çıkmıştır. Taylor'un bilimsel yönetim kuralları :

- İş analizlerinde parmak hesabı yerine bilimsel yöntemlerin kullanılması,
- Çalışanların seçme, eğitim ve yerleştirilmesinde sistematik yöntemlerin uygulanması,
- Çalışan ile yöneten arasında sağlam temellere dayanan işbirliğinin kurulması,
- İşyükünün çalışanlar arasında dengeli, adil ve uygun biçimde bölünmesi,

şeklinde özetlenebilir.

Aynı dönemde Frank ve Lilian Gilbert hareket ekonomisi (zaman etüdü) prensiblerini ortaya koymuş, mikro hareketleri tanımlamış, F.W.Harris matematik modelleri stok kontrol problemlerine uygulamış, H.L.Gantt çizelgeleme yöntemini geliştirmiştir.

II. Dünya savaşı sonrasına kadar etkinliğini sürdüren Fordist üretim sistemi; "Taylorist Bilimsel Yönetim"e göre örgütlenmiştir ve akan üretim hattında özel amaçlı makinalar ve niteliksiz işgücü kullanarak ayrıntılı işbölümü esasına göre kitle üretimi yaparak verimlilik sağlanmasını içermektedir.

Bu dönemde sistemin atölye içi işleyişindeki aşırı stok, kalitesiz ve hatalı ürün, makinaların boş kalması gibi bazı sorunlar sistemin verimliliğini ve etkinliğini olumsuz etkilemekteydi. Bu sonucunda yeni sistem arayışları söz konusu olmuştur.

II. Dünya savaşı sürerken P.M.S.Blacket yöneylem uygulamasını geliştirmiştir. Savaş sonrasında modellerle simülasyon yöntemleri uygulanmış, lineer programlama ve diğer matematiksel yöntemler geliştirilmiş, bilgisayarın ortaya çıkması ile otomasyon, bununla birlikte ergonometri önem kazanmıştır.

3.2. ÜRETİM SİSTEMLERİ

Üretim sistemi işgücü, malzeme, bilgi, enerji, sermaye gibi girdilerin belirli bir dönüştürme sürecinden geçirilerek ürün ve hizmetin üretildiği bir sistemdir. Üretim sistemleri, en iyi girdileri kullanarak kaliteli üretimi gerçekleştirip, müşterilerinin tatminini en yüksek düzeye çıkarmayı hedefler. Genel olarak sistem aralarında ilişkiler bulunan ve belli bir amacı gerçekleştirmek üzere bir araya getirilmiş elemanlardan oluşan bir bütün şeklinde tanımlanır. Herhangi bir üretim sistemi de beş elemandan oluşur.⁶

Bir üretim sistemini meydana getiren girdiler;

- Üretim süreci
- Çıktılar
- Geri besleme analizleri
- Çevre

Bütün üretim sistemlerinin ortak amaçlarına ulaşmak için uymak zorunda oldukları ortak nokta kaynakların verimli kullanılmasıdır. Girdiler genelde dört ana başlık altında toplanır.⁷

- a) Toprak (veya hammadde kaynakları)
- b) İşçilik (veya insan gücü kaynakları)
- c) Sermaye
- d) Yönetim

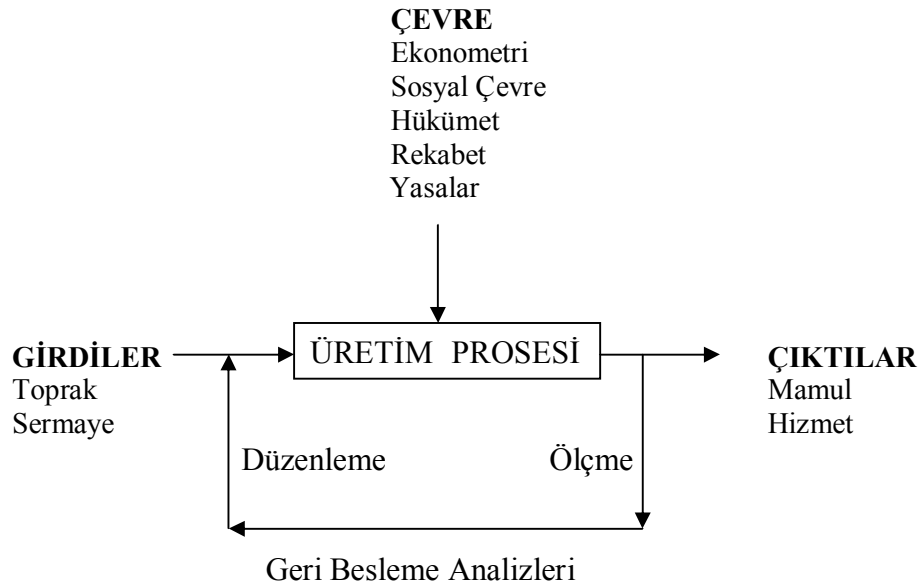
Üretim süreci sisteme giren unsurların bir fayda yaratacak şekilde bir ürüne veya hizmete dönüşmesi sürecidir. Üretim sisteminin çıktısı ürün yada hizmet olabilir.

⁶ Kobu Bülent, Üretim Yönetimi, İstanbul, Beta Yayın, 2006, s.32

⁷ Nesime Acar, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M Yayınları, Ankara, 1989, s.9

Genel olarak sistem aralarında ilişkiler bulunan ve belli bir amacı gerçekleştirmek üzere bir araya getirilmiş elemanlardan oluşan bir bütün şeklinde tanımlanır. Her sistem daha büyük bir sistemin bir parçasıdır. Büyüklüğü ve cinsi ne olursa olsun her sistem beş temel elemandan oluşur. Bir üretim sistemindeki girdiler, üretim prosesi, çıktılar, geri besleme analizleri ve çevre elemanlarından oluşmaktadır.⁸ Üretim sisteminin elemanları Şekil 1’de verilmiştir.

Firmalar müşteri siparişlerinin karşılığında veya talepleri doğrultusunda üretim yaparlar. Bu yüzden üretim sistemleri genel olarak iki kategoride toplanır: Sipariş ve stoğa dayalı üretim.⁹



Şekil 1. Bir üretim sisteminin temel elemanları

⁸ Kobu Bülent, Üretim Yönetimi, İstanbul, Beta, 2006, s.32

⁹ Iğın Poyraz, Üretim Kaynakları Planlaması Sisteminin Performansını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi ve Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulaması, (Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003), s.5.

Stok üretiminde, üretilecek ürünün özellikleri (yapısı, büyüklüğü, şekli, hacmi, vs.) sipariş gelinceye kadar belirsiz olup, planlamada belirsizlikler ve güçlükler vardır. Üretim sistemlerini ayrıca kesikli ve sürekli olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür. Eğer üretim hızının talebe uyumu mümkünse ve üretim olanakları komple bir ürünün üretimine harcanıyorsa sürekli üretim sistemleri mevcuttur. Sürekli üretimde büyük miktarlarda üretim yapılmakta ve özel amaçlı makineler kullanılmaktadır. Bu tip üretim sermaye yoğun işletme özelliklerini taşımaktadır.

Seri üretim de iki farklı şekilde olabilir:

- a) Parça tipi ürünlerin seri üretimi
- b) Akışkan tipi ürünlerin seri üretimi

Kimyasal ürünler, petrol rafinerisi, kağıt teknolojisi vs. akışkan tipten üretime girerler. Otomobil üretimi parça tipinden ürün üretimidir.

Belli bir ürüne olan talep üretim kapasitesini bütünüyle doldurmak için yeterli değilse, bu üretim sistemi kesikli üretim yapısını taşır. Tesisin etkin bir şekilde kullanımını sağlamak için, değişik ürünlerin değişik zamanlarda üretimini sağlayacak şekilde bir ürün karması oluşturulur. Literatürde bu tür üretim sistemlerine akış atölyesi tipi üretim de denilmektedir. Kesikli üretimde ise işlemlerin teknolojik ihtiyacına göre bir rotası söz konusudur. Bu tür üretim sistemlerine iş atölyesi tipi üretim de denilmektedir. Kesikli üretimde siparişe dayalı bir üretim söz konusudur ve daha çok genel amaçlı makineler kullanılmaktadır. Emek yoğun ve kalifiye iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.¹⁰

¹⁰ Feray Odman Çelikçapa, “Üretim Planlaması “ İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım, Yayın no: 565, Ağustos, 1999), s.14.

3.3. ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL

Üretim planlama ve kontrol bir üretim yönetimi etkinliği olarak üretilecek ürünü belirlemek, üretim için donanım gereğini saptamak ve ürünlerin istenen kalite ve maliyette, istenen sürede, doğru zamanlarda ve istenen miktarlarda oluşumunu sağlayacak çizelgeleme, programlama çalışmalarını kapsar.

Diğer bir ifadeyle gelecekteki faaliyetlerin (veya miktarlarının) düzeylerini veya limitlerini belirleyen ve gerekli zamanlarda önlem alan fonksiyona üretim planlama ve kontrol denir.

Görüldüğü üzere Üretim Planlama ve Kontrol, planlama ve kontrol olmak üzere iki ana faaliyetten oluşmaktadır. Üretim planlama ne zaman, ne miktarda, nerede ve hangi olanaklar ile üretimin yapılacağı ile ilgilenir.

Üretim kontrol ise planlanan üretime uygunluğu denetler ve aksaklıkları gidermeye çalışır.

3.3.1. ÜRETİM PLANLAMASI

Üretim planlaması işletmenin mevcut kaynaklarını rasyonel olarak kullanarak istenilen kalitede mamullerin üretilebilmesi konusunda karar alma işlemidir.

Üretim planlama gelecekteki imalat işlerinin düzeyini ve limitini belirleme işlevi gördüğü gibi, henüz mevcut olmayan bazı kolaylıkları da hesaba katarak, öngörülen satışları sağlamak üzere, üretim işlemini de düzenler. Bunlardan başka üretim planlama ayrıntılı programın ve stok kontrol şemasının işlenmesi için gerekli çerçeveyi ortaya koyar. Üretim planlama, planlanan dönemde imalat işlemlerinin genel karakteristiklerini saptar.

Üretim planı, süre açısından, birkaç ayı kapsayabileceği gibi, birkaç yılı da kapsayabilir. Planlarda bu dönemlere göre düzenlenir.

1. Gelecek birkaç ayı yada bir yılı kapsayan ve işgücü bütçesi ile stok amaçları için yapılan (kısa dönem) planlar.
2. Sermaye – teçhizat bütçelemesi için, 5 yıla kadar uzayan dönemler (orta dönem) açısından yapılan planlar.
3. Fabrika inşaatı, ürün geliştirmesi için yapılan 5-15 yıllık dönemleri kapsayan (uzun dönem) planlar.

Bu dönemler içerisinde; 1-5 yıllık planlama dönemi olan uzun dönem üretim planlaması, teknolojik tahminlere bağlıdır ve işletme politikasını etkiler. Bu nedenle, üst düzey yöneticilerin kararları ve eğilimleri tarafından belirlenen uzun dönem üretim planlaması kapsam dışı bırakılmıştır. Diğer taraftan planlama dönemi bir ayla bir yıl arasında olan orta dönem planlama (ana planlama) ve kısa dönem üretim planlaması (detaylı planlama) derhal kullanılacak planları kapsar. Ana üretim planlaması üretim hızının ve işgücü düzeyinin tespiti ve böylece tamamlanmamış mal, stok düzeyinin talebi karşılamak üzere fazla mesai veya dışarıya iş verme ihtiyacının belirlenmesiyle ilgilenen orta dönem bir üretim planlamasıdır.¹¹

Başka bir ifadeyle üretim planlaması, işletmenin üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer, ve zamanda; kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağına ilişkin faaliyetlerden meydana gelmektedir. Üretim planlaması ile başarılmak istenen, belirli bir mamülün üretimini istenilen miktarda ve nitelikte gerçekleştirmektir. Bunun sağlanabilmesi, gerekli üretim faaliyetlerinin yeterli miktarda ve uygun zamanda sağlanabilmesi ile mümkün olur.

¹¹ Nesime Acar, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M yayınları, Ankara, 1996, s.19

Üretimi düşünölen mamölün nitelikleri ve miktarı; hammadde, malzeme, işgücü ve sermaye maliyetleri gibi üretim faktörleriyle doğrudan ilgili olmaktadır. İşletme yöneticileri, üretim planlamasını gerçekleştirebilmek için, ilk olarak gelecekte yapılacak üretim faaliyetleri sonucu elde edilecek mamüllerin piyasada olabileceği durumu ve gelecekte teknolojiden etkilenebilme gibi hususları, birtakım tahmin metodlarına göre önceden tespit ederler. Bu tahminlerden sonra planlama faaliyetleri başlar. Üretim planlaması, üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak daha çok önem kazanmaya başlamıştır.

Modern bir işletmede, üretim planlamasının ön plana çıkmasını sağlayan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- İşletmedeki faaliyetlerle ilgili koordinasyon zorluğu,
- İşletmeler arasındaki ilişkilerin gelişmesi ve rekabet durumu,
- Üretim sistemlerinin yoğunluğu ve karışıklığı,
- Tüketici zevk ve tercihlerindeki değişimler,
- Teknoloji vb. Sebeplerle hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin artması,
- İşletmenin ekonomik üretim düzeyinde faaliyette bulunmasını sağlamak amacıyla; malzeme, hammadde, makina saati ve işgücü kayıplarının minimum düzeye indirilmesinin sağlanması.

Üretim planlaması, talep tahminleri ve siparişlere göre istenilen özelliklerde ve miktarda üretimi gerçekleştirebilmek amacıyla yapılan planlama faaliyetleridir.

Üretim planlama faaliyetleri aşağıda belirtilen üç ana konuyla ilgilidir;

- Satışlar ve Üretim Planlaması,
- Üretim sürecinde yapılacak olan işlerin iş akışı şemalarının çizilmesi ve yükleme yapılması,
- Üretim Kontrolü, Stok Kontrolü ve Malzeme İhtiyaç Planlaması,

Üretim planlamasıyla, işletmenin mevcut kaynakları optimal şekilde kullanılarak, üretim kayıpları en aza indirilerek, istenilen kalite düzeyinde üretim yapılabilir. Bu sebeple çok sayıda standart olarak üretilen mamüllerin üretim planlamasının yapılması ön planda tutulmaktadır.

Üretim planlamasıyla;

- Üretim ve stok seviyelerinin tespiti,
- Minimum maliyetle üretim işlemlerinin sıralanması ve sistemin kurulması,
- Hammaddelerin zamanında ve istenilen miktarlarda temini,
- Yeni makina, tezgah ve ekipmanların alınması
- Ek kapasitelerin tespiti

gibi problemler çözülmeye çalışılır.

Sanayi işletmeleri istenilen kapasite düzeyinde çalışabilmeleri için finansman kaynağına ihtiyaç duymaktadır. İşletmelerde yeni finansal kaynakların en sağlam ve rasyonel olanı, üretim faaliyeti sonucunda elde edilen karlar olmaktadır. İşletmelerin karlarını arttırabilmeleri mevcut ve yeni mamüllerin üretimlerini planlanması ve yeni mamüllerin geliştirilmesi ile mümkün olmaktadır. İşletme yöneticileri üretim planlamasının ilk aşamasında, gelecekteki üretim faaliyetleri sonucu piyasaya sürülecek mamüllerin piyasa rekabet durumunu dikkate alarak talep tahmini yaparlar. Yapılan talep tahminlerine uygun olarak üretim planlama faaliyetiyle, sıralama ve programlama işlemleri sistematik olarak uygulamaya konulur.

Talep tahminlerinin üretim planına dönüştürülmesi uzun ve kısa dönemli olarak yapılabilmektedir. Uzun döneme ilişkin üretim planlamasında; gelecekte teknolojiye meydana gelebilecek değişiklikler; üretilen yeni mamüller, fiyat, kalite, ve maliyet değişiklikleri, etkinlik ve verimlilik artışları gözönünde bulundurularak karar verilir. Sonraki aşamada kısa dönemli üretim planlaması yapılır. Kısa dönemli üretim planlaması faaliyetleri üretim planlaması olarak ifade edilmekte olup, üretim

programlaması kısa dönemli tahminlere dayalı ayrıntılı planlar yapılması esasına dayanmaktadır. Üretim planlama işlemi sistematik bir yaklaşımla belirli faaliyetlerin yerine getirilmesiyle tamamlanmaktadır.

Üretim planlama faaliyetleri şunlardır;

- Üretim ve satınalma kararları,
- Üretim ve kalite kontrolü,
- İşgücü kapasite planlaması,
- Satınalma kararları,
- Mamülün teknik özellikleri,
- Üretim sürecini planlamadır.

Teknolojinin yani input-output ilişkilerini belirleyen tekniğin hızlı gelişmesi, üretim faaliyetlerinin karmaşıklığı ve eşgüdüm zorluğu, üretim faktörlerinin ekonomik olarak kullanılma zorunluluğu, işletmelerin birbirinden tam bağımsız olarak faaliyet gösterememeleri vb. nedenlerle üretim planlama her işletme için yaşamsal önem taşır.

Üretim planları başlıca iki amaç için hazırlanır ve kullanılırlar:

1. Öngörülen maliyetler, üretim politikası, işgücü stabilitesi, finansman ve müşteri servisi gereksinimlerini karşılamak üzere planlama. Buna direkt planlama da denmektedir ve bu tür planlar imalat işleminin düzenlenmesi kadar, yedek kapasitenin nerede gerekeceği hususunu da kapsar.
2. İşletmenin temel politikasını ortaya koymak ve yöneticiye rehberlik etmek için hazırlanan planlar. Yöneticiler çoğu kez kalitatif faktörlerin tartışılmasında güçlük çekerler. Seçenekli politika varsayımları ışığı altında yapılacak planlar, yöneticinin karar vermesinde yardımcı olurlar.

Bunlardan ayrı olarak, üretim planlaması ve planlama yöntemleri kritik imalat alanları ve darboğazlar için mühendislik çaba ve araştırmalarına da yardımcı olmak üzere kullanılabilirler.

İşletmelerde öngörülen stok miktarının bulundurulması planlanan yada umulan talebin karşılanması içindir. Çoğu kez, artan talebi karşılamak, fabrikanın tatile girmesi, arızalanmalar, bakım-onarım gibi nedenlerle üretimin durmasından doğacak boşluğu kapatmak için güven stoku bulundurmak gerekir. Kaldı ki mevsimlik talep yeni bir tip planlama sorunu ortaya koyar.

Mevsimlik sorunlar iki şekilde ortaya çıkar:

1. Yoğun yada yüklü mevsim sorunları. Bayram önceleri, moda değişimleri, mevsim başı – sonu tüketici gereksinimleri ile ortaya çıkan sorunlardır.
2. Endüstrinin durumuna göre, göreceli olarak, mevsimlik dalgalanmaların ortaya koyduğu sorunlardır. Bazı ev eşyaları, inşaat malzemeleri talebi gibi.

Belirsizliğin daha az önemli olduğu mevsimlik sorunlar oldukça kararlı, fakat talep değişmelerinin dışsal etkilerle olduğu endüstrilerde görülür.

Her iki durumda da bazı önlemler almak olasıdır:

- A. Güven stoku bulundurulması,
- B. Üretim oranının düzenlenmesi,
- C. Kısa dönem düzenlemeler.

3.3.1.1. ÜRETİM PLANLAMASININ AMAÇLARI

Üretim planlamasının amacı; üretim sürecinde yapılmakta olan faaliyetleri minimum maliyetle gerçekleştirerek ve zamanında üretim yaparak tüketici taleplerini karşılamaktır.

Üretim planlamasının bu amaçları sağlayabilmek için aşağıdaki alt amaçları yerine getirmesi gerekir:

- a. Hammadde, yardımcı malzeme ve işletme malzemesini, üretim yapabilmek üzere istenilen miktar, zaman ve yerde hazır bulundurmak üzere planlama yapılmalıdır.
- b. Mevcut makina, araç-gereç ve teçhizatı verimli bir şekilde kullanarak iş akışı ve iş sıralamasını gerçekleştirerek daha ekonomik bir üretim yapılması sağlanmalıdır.
- c. Pazarlama araştırmasıyla elde edilen bilgilere göre istenilen miktar ve kalitede üretim yaparak, tüketicilerin ihtiyacı karşılanmalıdır.
- d. İşgücü kullanım verimliliği artırılarak üretim yapılması sağlanmalıdır.
- e. Üretim sisteminin alt sistemleri, öteki sistemler ve bölümler arasında bilgi alışverişini sağlamak üzere iletişim sistemi kurulmalıdır.
- f. Bütün siparişleri karşılayabilmek amacıyla zamanında yeterli üretim yapılması sağlanmalıdır.
- g. İşletmenin mamül stokları pazarın ihtiyacını karşılayacak düzeyde tutulmalıdır.

Üretim planlamasında bilgisayar kullanılarak yukarıdaki amaçlar kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Böylece işletmenin etkin ve verimli üretim yaparak rakip işletmelerle rekabet etmesi ve pazarın önemli kısmını ele geçirmesi sonucu toplam karını maksimum düzeye çıkarabilmesi sağlanır.

3.3.1.2. ÜRETİM PLANLAMANIN AŞAMALARI

Üretim planlamanın aşamaları şu şekilde ifade edilebilir:

1. Üretim planının kapsayacağı zaman aralığı tespit edilir,

2. Ekonomik stok düzeyleri hesaplanır,
3. Talep tahminleri yapılır,
4. Plan dönemi başındaki ve sonundaki stok düzeyleri belirlenir,
5. Başlangıç ve bitiş stokları arasındaki fark bulunur,
6. Planlama dönemi içinde üretilmesi gereken miktar bulunur,
7. Üretilmesi gereken miktar dönem dilimlerine dağıtılır,

Üretim planlama farklı organizasyonel düzeylerde ve değişik zaman aralıklarını içerecek şekilde oluşur. Firmanın üst yönetimi uzun vadeli kapasite planlarını oluşturur. Bu yüksek düzeyli planlar genellikle üretim hatları, fabrikalar, pazarlarla ilgili olup yıl ölçeğindedir. Bir aşağı düzeyde operasyondan sorumlu yöneticiler orta vadeli planlar oluşturur. Bu planlar ürünlerin ayrıntılı planları yerine toplu üretim miktarlarını içerir. Kısa vadeli planlar (çizelgeler) fabrika düzeyinde oluşturulur ve ayrıntılı olarak ürünlerin üretim miktarlarını ve üretilecekleri zamanları içerir. Haftalık ya da aylık olabilir.

3.3.2. ÜRETİM KONTROLÜ

Üretim ve satışlar arasındaki ilişkiler dikkate alındığında üretim kontrolü; işletmenin arz ve talep ilişkilerini birleştiren ve dengeleyen faaliyetler olarak tanımlanabilir. İşletmelerde kontrol; işletmelerin planlama faaliyetleri değerleriyle, gerçekleşen faaliyet sonuçlarını karşılaştırarak, meydana gelen sapmaları ortaya çıkaran faaliyetler. Üretim Kontrolü ise; üretim planlamasıyla üretim akışına uygun olarak hazırlanan plan ve programların, yapılan faaliyetler sonucunda elde edilen değerlerle karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Üretim planlamasıyla sıralama ve programlama işlemlerinden sonra üretim kontrolü yapılmaktadır.

3.3.2.1. ÜRETİM KONTROLÜNÜN AMAÇLARI

İşletmelerde üretim kontrolünün amacı, üretim planlaması ile gerçekleşen üretim sonuçlarını karşılaştırarak bir değerlendirme yapılmasını sağlamaktır.

Üretim kontrolünün amacı, işletmenin mevcut kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını sağlamakta etkili olan faktörlerin göz önüne alınarak işletmenin faaliyetlerini koordine etmeye yönelik çalışmaları düzenlemektir.

Üretim planları ve gerçekleşen üretim sonuçları arasında bir sapma olması durumunda gerekli düzeltme işlemi yapılır. Üretim kontrolünün başlıca amaçları şunlardır:

1. Pazarlama araştırması sonucunda elde edilen bilgilere göre siparişlere uygun miktar ve kalitede üretim yapılmasını sağlamak, Üretim kontrolüyle, işletmenin tüketici ihtiyaçlarına uygun özellikte mamüller üreterek, beklenen üretim kapasite düzeyinde üretim yapma durumu kontrol edilir. İşletme beklenen kapasite düzeyinde üretim yapmadığı takdirde, tüketici ihtiyaçları zamanında karşılanamayacağı için gelecek dönemde talepte düşüşler meydana gelebilir. İşletmenin sahip olduğu yönetim ve organizasyon yapısı da üretilecek mamül miktarını ve kalitesini yakından etkilemektedir.

2. İşletmenin bölümleri arasında bilgi aktarmayı sağlayacak haberleşme sistemini kurmak. Üretim işlemi sırasında işletmenin bütün bölümleri arasında bilgi akışı ve haberleşme önemli rol oynar. Üretim miktarında ve mamülde meydana gelen değişikliklerin, zamanında işletmenin bütün bölümlerine bilgi olarak aktarılarak, üretimin bu değişikliklere uygun olarak yapılmasını sağlamalıdır.

3. Üretim kontrolü, üretim sisteminin göstergesi durumundadır. Üretim sürecinde birbirinden farklı işlemlerin ve değişik üretim aralıklarının birbiriyle uyumlu hale getirilerek üretim sisteminin etkin ve verimli çalışma durumunun ölçümü üretim kontrolüyle belirlenir.

İşletme yöneticileri üretim kontrol sistemini mevcut ve gelecek dönemdeki ihtiyaçları gözönünde bulundurarak kurmalıdır. Üretim kontrol sistemi işletmenin öteki kontrol faaliyetleriyle birlikte entegre olacak şekilde düzenlenerek işletmenin etkin ve verimli çalışmasını sağlamalıdır.

4. MATEMATİKSEL MODELLEME

4.1. TARİHSEL GELİŞİM

Bir işin en iyi yolun seçilerek başarılması fikri uygarlık tarihi kadar eskidir. Örneğin, Yunan tarihçisi Herodotus'a göre, Mısırlılar Nil nehrinin her yıl taşması sonucu arazi sınırlarının yeniden belirlenmesi ve yeni sınırlara göre vergilendirme işleminin *en iyi* yolla yapılabilmesi için çaba sarfetmişlerdir. Bu çabalar, ölçme ve karar verme aracı olarak düzlem geometrisinin temel kavramlarının oluşturulmasına yol açmıştır.¹² Mısırlılar, Nil nehrinin bahar dönemlerindeki yıllık taşmalarında nehir kıyısından toplu halde uzaklaşıp sular çekildiğinde yine büyük topluluklar halinde geri dönüyorlardı. Çekilme işlemi çok kısa sürede yapılamamaktaydı. Bunun için günlerce önceden halk uyarılmalıydı. Bu amaçla, Mısırlılar *en iyi* çekilme zamanını hesaplayabilmek için bir tür takvim bile geliştirmişlerdi. Söz konusu takvimi de sayma ve geometri konusundaki birikimlerini kullanarak yapmışlardı.¹³

Newton ve Leibniz tarafından Kalkülüs'ün (Calculus) 17. yüzyılda geliştirilmesi optimizasyon teorisinin gelişiminde önemli bir kilometre taşı olmuştur. Kalkülüs, hem matematiksel bir fonksiyonun hem de fonksiyon oluşturabilen bağımsız değişkenlerin maksimum veya minimum cinsinden optimal koşullarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Kalkülüs'ün kullanımı düzgün-davranışlı fonksiyonlarla sınırlandırılmıştır. Ancak, Kalkülüs uygulamalarında karşılaşılan cebirsel problemlerin çözümü bazen güç olabilmektedir. Dolayısıyla, Kalkülüs

¹² Byron S. Gottfried, Joel Weisman, "Introduction to Optimization Theory", New Jersey, Prentice Hall Inc., 1973.

¹³ Roger Cooke, "The History of Mathematics: A Brief Course", Canada, John Wiley & Sons Inc., 1997.

pragmatik anlamda gerçek dünya problemlerinin optimizasyonunda yeterli ve güçlü bir araç olamamaktadır.¹⁴

J.L. Lagrange'ın 1788 yılında Lagrange çarpanları yöntemini bilim dünyasının hizmetine sunması önemli bir adım olmuştur. 1939'da W. Karush'un kısıtlandırılmış problemler için optimallik koşullarını bulması optimizasyon teorisinde yeni bir atılım olmuştur. II. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla 1942'de İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'nin Yöneylem Araştırması gruplarını oluşturması optimizasyon dünyası için bir dönüm noktası olmuştur. Sezgisel optimizasyon araçlarından olan yapay sinir ağları 1943'de W. McCulloch ve W. Pitts tarafından çalışıldı. Ertesi yıl ise, J. Von Neumann ve O. Morgenstern tarafından "Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranış" adlı eserle oyun kuramı tanıtıldı.¹⁵

II. Dünya Savaşı'ndan sonra yeni sınıf optimizasyon teknikleri geliştirildi. Sözkonusu teknikler daha karmaşık problemlere başarıyla uygulandı. Bunda, yüksek hızlı dijital bilgisayarların geliştirilmesi ve optimum değerlerin elde edilmesi için nümerik tekniklere matematiksel analizin uygulanması son derece etkili olmuştur. Nümerik teknikler Kalkülüs'ün bir takım zorluklarını ortadan kaldırmıştır.

Lineer programların çözümü için Simplex yöntem 1947'de G.B. Dantzig tarafından geliştirildi. Bu, optimizasyon dünyasında gerçekten bir devrim sayılmaktadır. R. Bellman 1950'de dinamik programlama modelini ve çözümünü geliştirdi. 1951'de H. Kuhn ve A. Tucker daha önce Karush'un önerdiği kısıtlandırılmış problemler için optimallik koşullarını tekrar formüle ederek doğrusal olmayan programlama modelleri üzerinde çalıştılar. Yine aynı yıl, J. Von Neumann, G. Dantzig ve A. Tucker primal-dual lineer programlama modellerini geliştirdiler. Yine önemli bir katkı 1955'de stokastik programlama adı altında G. B. Dantzig tarafından yapıldı. Kuadratik programlama 1956'da M. Frank ve P. Wolfe tarafından geliştirildi.

¹⁴ Byron S. Gottfried, Joel Weisman, "Introduction to Optimization Theory", New Jersey, Prentice Hall Inc., 1973.

¹⁵ Saul I. Gass, "Great Moments in History", OR/MS Today, V 29, 2002, s.31.

1958'deki önemli bir katkı R. Gomory tarafından tamsayı programlama olarak adlandırıldı. A. Charnes ve W. Cooper şans kısıtlı programlama modellerini 1959'da optimizasyon dünyasına armağan ettiler. 1960'da sezgisel optimizasyon araçlarından birisi olan yapay zeka ve yöneylem araştırması ilişkilerini içeren çalışmalar yapıldı. Hedef programlama modeli yine A. Charnes ve W. Cooper tarafından 1965 yılında geliştirildi. 1975'de çok amaçlı karar verme teorisinin temelleri M. Zeleny, S. Zionts, J. Wallenius, W. Edwards ve B. Roy tarafından atıldı. L. Khachian lineer programlama modellerinin çözümü için farklı bir algoritma olan elips yöntemini 1979'da geliştirildi. 1984'te, N. Karmarkar lineer programlama için alternatif bir çözüm algoritması olan içnokta algoritmasını geliştirdi. 1992'de J.H. Holland tarafından bir sezgisel optimizasyon tekniği olarak kabul edilen genetik algoritma geliştirildi. Çağdaş optimizasyon dünyasında da her geçen gün artan bir ivmeyle önemli katkılar yapılmakta ve bilimin hizmetine sunulmaktadır.¹⁶

Optimizasyon modelleri yukarıda da belirtildiği gibi matematiksel teknikler kullanılmaktadır. Daha özel anlamda, optimizasyon modelleme geleneksel olarak *matematik programlama* olarak adlandırılmaktadır.¹⁷ Diğer bir ifadeyle, matematik programlama, optimizasyon modelinin kurulması ve çözümün elde edilmesi işlemine verilen genel isimdir. Geçmişten gelen bir gelenekle günümüzde de "matematik programlama" ve "optimizasyon" kavramları eşanlamlı olarak kullanılmaktadır.

Matematik programlama kavramı, "matematik planlama ve düzenleme" anlamında kullanılmaktadır. "Programlama" sözcüğü İngiliz İngilizcesindeki "programme" kavramının karşılığı olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar programcılığı anlamına gelmemektedir. Kaldı ki, "matematik programlama" ifadesi "bilgisayar programcılığı" kavramının ortaya çıkışından önce de kullanılmaktaydı.

¹⁶ Eyüp Çetin, "Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 2004.

¹⁷ Samuel E. Bodily, "Quantitative Business Analysis: Text and Cases", USA, Irwin/ McGraw-Hill, 1998.

4.2. MATEMATİKSEL TANIMI

Matematik programlama problemi, belirli kısıtlar altında bir amaç fonksiyonunun optimize edilmesinden oluşmaktadır. Diğer bir deyişle, *karar değişkenleri* olarak nitelendirilen fonksiyon değişkenlerinin kısıtların tümünü sağlayan (uygun çözüm bölgesinde bulunan) ve amaç fonksiyonunu optimize eden sayısal değerlerini bulma problemidir. Tipik bir matematik program aşağıdaki gibi ifade edilebilir; n değişken sayısı ve m kısıt sayısı olmak üzere,

$$\begin{array}{l} \text{Optimum:} \\ \text{Kısıtlar:} \end{array} \quad \begin{array}{l} z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \quad \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{array} \right.$$

Bu ifadeye, m sayıda farklı kısıt \leq , $=$, \geq sembollerinden birisini içerebilir. Her g_i fonksiyonu ve b_i katsayıları sıfır seçilirse *kısıtsız matematik programlar* elde edilir. Burada, f amaç fonksiyonu ve g_i kısıt fonksiyonları lineer (doğrusal) ise matematik program *linear programlama*, diğer durumlarda ise *linear olmayan programlama* adını alır.¹⁸

Matematik programlama modellerinde, f fonksiyonu optimize edilecek yani maksimize ya da minimize edilecek *amaç fonksiyonu* dur. Kâr, getiri, fayda ve benzeri gibi kavramlar amaç fonksiyonunda yer alırsa maksimize, maliyet, gider ve benzeri gibi kavramlar yer aldığında da minimize edilir. g_i fonksiyonlarının herbiri birer kısıt belirtmektedir. Kısıt sayısında herhangi bir sınır bulunmamaktadır. Kısıtların hepsi birlikte bir uygun çözüm bölgesi belirlerler. Optimal çözüm değeri

¹⁸ Richard Bronson, "Theory and Problems of Operations Research, Schaum's Outline Series", USA, McGraw-Hill, 1982.

veya değerleri bu bölgeye ait bir değer olmaktadır. Kısıtlar sınırlayıcı şartların ifadeleridir. İşletme ve ekonomi problemlerinde sınırlayıcı şartların varlığını görebilmek oldukça kolaydır. Örneğin, üretilmesi planlanan ürünler için hammadde, işçilik, makine zamanı, stoklama alanı gibi sınırlamalar kısıtlar olarak ifade edilirler. Sözkonusu kısıtlar genelde doğrusaldırlar. Bazı özel problemlerde amaç fonksiyonu olmayabilmektedir. Optimizasyonun sözkonusu olmadığı böylesi modellerde sadece uygun bir çözümün varlığı yeterli olmaktadır.¹⁹

4.3. UYGULAMA ALANLARI

Matematik programlama teknikleri çok geniş bir yelpazede kullanım alanlarına sahiptirler. Mühendislikten işletme ve ekonomiye, askeri modellerden tarıma, tıp ve ilaç sektöründen spora kadar birbirlerinden çok farklı alanlarda geniş ölçüde kullanılmaktadır. Daha spesifik olarak, örneğin, uydu yörüngelerinin düzenlenmesi, robot kolunun hareketinin optimizasyonu, finansal planlama, taşımacılık problemleri, spor liglerinin optimizasyonu, mamul karışım problemleri, askeri hedeflerin vurulmasında optimal silah karışımının belirlenmesi ve radyoterapide ışınların optimal açı ve yoğunluklarının belirlenmesi bunlardan sadece bir kaçıdır.

¹⁹ Eyüp Çetin, “Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 2004.

4.4. MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA MODELLERİNİN ÇEŞİTLERİ

Matematik programlama modelleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Matematik programlar fonksiyonlarının tipine göre, yukarıda değinildiği gibi, birinci dereceden fonksiyonlardan oluşuyorlarsa *lineer programlama*, diğer durumlarda ise *lineer olmayan programlama* şeklinde sınıflandırılırlar.

Karar değişkenlerinin tipine göre, sadece tam sayılı değişkenlerden oluşan problemlere *tam sayılı programlama* adı verilir. Hem sürekli hem de tam sayılı değişken içeren modeller ise *karma tam sayılı programlama* adını alırlar. En az bir tane rassal parametre içeren programlar ise *stokastik programlar* olarak nitelendirilirler. Aksi halde ise model *deterministik* olarak isimlendirilir. Optimizasyon probleminin çözümü zamanın bir fonksiyonu ise, problem *dinamik programlama* olarak adlandırılmaktadır. Dinamik programlama da kendi içerisinde deterministik ve stokastik olarak sınıflandırılabilir. Birden fazla amaç fonksiyonuyla başa çıkmak için geliştirilen ve çok kriterli karar verme aracı olan *hedef programlama*, birbirleriyle çelişebilen amaçları hep birlikte göz önüne almakta ve amaçlardan sapmaları minimize ederek çözüme ulaşmaktadır. *Konveks* ve *kesirli programlama* türleri de yine yaygın olarak kullanılabilen optimizasyon modellerindedir.

Burada sadece bazılarından söz edilen matematik programlama türlerinin çözümleri için farklı matematiksel yöntemler geliştirilmiştir. Örneğin, lineer programlar için geliştirilen Simplex yöntem tüm lineer modelleri çözmeye potansiyeline sahipken lineer olmayan programlama modellerinin hepsini çözebilen genel bir çözüm yolu geliştirilememiştir. Lineer olmayan modeller için önerilen algoritmalar bazı özellikleri taşıyan tiplere uygulanabilmektedir. Söz gelimi, eşitlik kısıtlı lineer olmayan modellere Lagrange çarpanları kullanılırken eşitsizlik kısıtlı problemlere de Kuhn-Tucker koşulları uygulanmaktadır.

4.5. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Doğrusal programlama belirli bir amacı gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların en etkin kullanımını ve çeşitli alternatifler arasında en optimum dağılımlarını sağlayan bir matematiksel programlama tekniğidir. Buradaki “doğrusal” terimi modeldeki tüm fonksiyonların doğrusal olduğunu anlatırken; “programlama” terimi ise bir hareket tarzının veya planının seçilmesi anlamına gelmektedir. Doğrusal programlama modellerin karar problemlerine yaklaşım bakımından en önemli katkısı; sistem yaklaşımını benimsemiş olması, faaliyetlerin diğer unsurlarla ilişkilerini de bir bütünlük içerisinde ele alabilmesidir.

4.6. TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Yöneticilerin karar almaları gereken bir çok durumda alınan kararların tamsayılı olarak ifade edilmeleri gerekir. Örneğin, bir montaj hattında montajı bitirilecek otomobil miktarının, kullanılacak işgücü sayısının, nakliye araçlarının yapacağı sefer sayılarının, güzergahlara atanacak otobüs sayılarının tamsayılı değerler olması gerekir. Bazı durumlarda da yöneticiler; “evet/hayır”, “uygula/uygulama”, “ret/üretme” gibi sadece iki seçenekten oluşan kararlar da almak durumunda kalırlar. Örneğin, belirli bir kuruluş yerinde fabrika kurup/kurmamak, a işinin 2 nolu tezgaha atanması/atanmaması, b işinin 3 nolu kalıba alınması/alınmaması gibi. İşte bu tip karar durumlarında, değişkenler sadece iki tamsayılı değerleri 0-1 değerlerini alabilirler. Değişkenlerin tümünün veya bir kısmının tamsayılı değerler aldığı, doğrusal programlama modellerinin uzantısı olan modellere tamsayılı doğrusal programlama modelleri denir.

Tamsayılı doğrusal programlama modelleri: saf pozitif, karma pozitif, saf sıfır-bir, karma sıfır-bir olmak üzere dört sınıfa ayrılırlar. nce tamsayılı olma şartının değişkenlerin tümünün m bir kısmının m üzerine konulduğuna bağlı olarak saf ve karma modeller; sonra da bu modellerin tamsayılı olan değişkenlerinin alabilecekleri

değerler itibariyle de tekrar ikiye ayrılırlar (Özgüven, 2003). Tamsayılı değişkenler sadece 0-1 değerlerini alabiliyorsa sıfır – bir modeller olarak; her pozitif tamsayı değerini alabiliyorlarsa pozitif tamsayılı doğrusal programlama modelleri olarak sınıflandırılırlar.

Doğrusal programlama modellerinde değişkenler sürekli değerler alırken; tamsayılı programlama modellerinde kesikli değerler alabilmektedirler. Bu modeller de, doğrusal programlama modellerine benzer şekilde kurulurlar. Tek fark: pozitiflik sınırının yerini, tamsayılı pozitif değerler alma sınırının almış olmasıdır. Ancak bu ufak farklılık, tamsayılı programlama modellerinin çözümünü doğrusal programlama modellerine göre oldukça fazla zorlaştırır. Bu sebeple tamsayılı değişkenler kullanırken, bunların gerekliliği iyi irdelenmeli, fazladan hesap yüküne katlanmamak için sayıları mümkün olduğunca az tutulmalıdır.

Tamsayılı programlama modellerinin çözümünde, 2 veya 3 değişkenli küçük modeller için grafik yöntemi kullanılabilmesine rağmen; simpleks yöntemi yetersiz kalmaktadır. Bunun temel sebebi, simpleks yönteminin optimum çözümü uygun çözüm alanının sadece köşe noktalarında aramasıdır. Oysa, bir tamsayılı programlama modelinde optimum çözüm (tamsayılılık şartı sebebiyle) sadece köşe noktalarda yer almayabilir. Bu sebeple, tamsayılı programlama modellerinin çözümünde, bir çok optimizasyon paket programlarının da temelinde kullanılan, Dal-Sınır Yöntemi etkinlikle kullanılmaktadır. Bu yöntemde, modelin uygun çözüm alanında yer alan tamsayılı çözümler (ana küme olarak ifade edebiliriz) hiç biri ziyan edilmeden parçalara (alt kümeler) ayrılır ve her bir alt kümeyle denk gelen doğrusal programlama modelleri teker teker çözümlenerek optimum çözüm elde edilir (Özgüven, 2003). Her alt kümenin çözümünde de yine simpleks yönteminden faydalanılmaktadır.

4.7. MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA MODELLERİNİN GÖSTERİMİ

Bir tamsayılı doğrusal programlama modelinin yapısındaki amaç fonksiyonu, sınır denklemleri ve pozitiflik şartından oluşan üç temel bileşen matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

1. Amaç Fonksiyonu: Doğrusal programlamanın varsayımına uygun olarak doğrusaldır. Genellikle kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu amacına uygun şekilde kurulurlar.

$X_j =$ Karar değişkenleri (Üretim yada maliyet miktarları gibi),

$c_j =$ Birim kar veya maliyet katsayısı,

Maksimum problemlerinde amaç fonksiyonu;

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^N X_j c_j \quad (j=1,2,\dots,N)$$

Minimum problemlerinde amaç fonksiyonu;

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^N X_j c_j \quad (j=1,2,\dots,N)$$

Şeklinde ifade edilir.

2. Sınır Şartları: Modelde yer alan kıt kaynaklarla ilgili sınır şartları,

$b_i =$ i. Kaynağın kullanılabilir kapasitesi,

a_{ij} = i. Kaynağın, j. Madde üretimi için kullanılması gereken miktarı,

Maksimum problemlerinde,

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_j a_{ij} \leq b_i \quad (j=1,2,\dots,N \quad i=1,2,\dots,M)$$

Minimum problemlerinde,

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_j a_{ij} \geq b_i \quad (j=1,2,\dots,N \quad i=1,2,\dots,M)$$

şeklinde ifade edilir.

3. Pozitiflik Şartı: Faaliyetler koordinat ekseninin iki değişkenin de pozitif olduğu, birinci bölgesinde meydana geleceğinden karar değişkenleri mutlaka pozitif olacaktır. Bu durum da

$X_j \geq 0$, şeklinde ifade edilir.

5. İŞLETMENİN VE ÜRETİM SİSTEMİNİN TANITIMI

Bu bölümde; Sırasıyla Çelik Kapı firması, daha sonra uygulamanın yapıldığı ahşap bölümü ve üretim prosesi hakkında bilgi verilmektedir. Verilen bilgiler model kurulması esnasında modele yol göstermektedir.

5.1. FİRMA TANITIMI

1952 yılında Bayburt ilinde kurulmuştur. 1989 yılına kadar saç işleminde ihtisaslaşmış firma bu tarihte İstanbul ilindeki ilk şubesini açmıştır. Açılan şube ile üretimi yapılan Elektrik Panosu, Dosya ve Elbise Dolabı, Ranza gibi üretimlerine ek olarak PVC den imal edilen Lambri, Panjur, Perde rayı ve çeşitli plastik aksesuarlarında üretimine başlamıştır. Yaptığı toplam plastik üretiminin yaklaşık % 94,8'ni 24 ülkeye ihraç edilmektedir.

1999 yılında Bayburt ilinde bulunan saç işleme bölümünü genişleterek Çelik Kapı imalatına başlamıştır. Artan ilgi ve üretimin kalitesi düşünülerek 2005 yılında yeni oluşum içerisinde bulunan Bayburt Organize Sanayi bölgesinde 3000 m² kapalı alan içerisinde üretimini yaptığı Çelik Kapılarda kullanılan MDF göbeklerinin de imalatına başlamıştır. Bölümün kurulum kapasitesi aylık 1500 paneldir.

Bölümün kurulum amacı üretimi yapılan çelik kapıların üretim sırasında dışa bağımlılığını azaltmaktır. Kuruluşundan itibaren bu görevi 2 yıl götüren bölüm çelik kapı üretiminin hızla artışı nedeniyle ana fabrikadan gelen ihtiyaç yüküne cevap tam manasıyla cevap veremez hale gelip eksik kalan miktarı tedarikçilerden temin etmeye başlamışlardır.

2007 yılına kadar ana ürünün ve MDF üretimi başabaş devam etmiştir. Tablo 2’de görülmeye olduğu gibi 2007 yılında Çelik kapı ya olan talebin birden yüksek seviyelere çıkmasıyla ahşap bölümü üretimi yetersiz kalmıştır. Aylık ortalama 1500 adet panel üretim kapasitesi olan ahşap bölümü aylık 2500 adet olan talebi karşılayamamıştır. Aylık olarak yaklaşık 1000 adet panel piyasadaki tedarikçilerden sağlanmıştır. 2007’in ilk aylarında değişik firmalardan sağlanan bu miktar yaşanan olumsuzluklar neticesinde bazı firmaların tedarikçi konumundan çıkarılmasıyla son bulmuştur. O tarihten sonra tek bir tedarikçi ile ihtiyaç duyulan üretim fazlası talep karşılanmaktadır.

Ahşap Bölümü 2008 yılına kadar tek vardiyalı düzende çalıştırılmaktaydı. 2008 yılının başından itibaren 3 vardiya düzene geçilmiştir. Ayda 26 gün çalışmakta, bunun sonucu olarak 32760 dakikalık bir işgücü elde edilmektedir.

Kullanılabilir İş Gücü = 3 Vardiya * 7 Saat * 60 Dakika * 26 Gün = 32760 Dakika

Bölüm içerisinde makineler arasında ara stok tutulmaktadır. Bundan dolayı her makina bağımsız olarak çalışabilmekte hiç biri birbirine bağlı değildir. Böylece her makine için 32760 dakikalık çalışma süresi mevcut hale gelmektedir.

Çalışma zamanının artması nedeniyle ihtiyaç duyulan çelik kapı panellerinin üretimi zamanında ve istenilen miktarda üretimi gerçekleştirilmeye başlanmış olundu. Yapılan üretim bölümünün üretim kapasitesinden düşük miktardadır. Bundan dolayı üretim kapasitesinde kullanılmayan, atıl durumda bulunan bir kapasitede vardır.

Kullanılmayan bu atıl kapasite için firma fason üretim yapma kararı almıştır. Konu ile alakalı olarak İstanbul ilinde yerleşik bir ofis mobilyaları üreticisi ile anlaşma sağlanmıştır. Bazen Ahşap bölümünün makina parkurundan dolayı proje bazında bazı özel taleplere cevap verilebilmektedir. Lüks Yat mobilyaları ve özel mutfak, banyo projeleri gibi.

Firma bölümün ihtiyaçlarını ve talep edilenleri aşağıda belirtildiği gibi bölümlere ayırmıştır;

İç Müşteri :

Ahşap bölümün şirket içerisindeki müşterisidir. Çelik kapıların içinde kullanılan MDF panellerini üretmektedir. Her çelik kapı için 2 adet kullanılmaktadır. Çeşitli ebatlarda olup 50 değişik modele ve 3 değişik renge sahiptirler. Firmanın tüm çelik kapılarında kullandığı MDF panelleri ahşap bölümü için üretim talebi olarak gelmektedir.

Firma 2008 yılı için aylık ortalama 1300 adet çelik kapı' dan 1800 adet çelik kapıya çıkarmayı hedeflemektedir. Bu durum firma'nın montaj hattı için 3600 adet MDF panelinin temin edilmesi anlamına gelmektedir.

Aralarında 9 km uzaklık bulunan Ahşap bölümünden montaj fabrikasına malzeme sevkiyatı firma içerisinde muhtelif amaçlarda kullanılan açık kasa, düşük kapasiteli kamyonetle sağlanmaktadır. Bu aracın masrafı fabrika geneline yayıldığından Ahşap bölümü için ek bir masraf olarak görülmemektedir.

Nakliye aracının kapasitesi aylık olarak Ahşap bölümünün üretimine eşit kabul edilmektedir. Ay veya gün içerisinde bölümler arasında yapacağı sefer sayısı göz ardı edilmektedir.

Dış Müşteri :

Dış müşteri tanımı firmanın ahşap bölümünün kullanılarak dış pazardaki müşteriler için fason üretim yapıldığından dolayı gelmektedir. Dış müşteri ofis ve bazı zamanlarda ev mobilyaları üreten bir firmadır.

Dış müşteri yurtiçinde ve çeşitli yurtdışındaki ülkelere ofis mobilyaları üreten ve satan bir firmadır. Yaptıkları satış doğrultusunda fason üretim yaptırma ihtiyacı doğmuştur. Sözü geçen fason üretim iki ana ürün çifti olarak belirlenmiştir. Firmadan talep edilen ürünler masa ve dolap çiftleri ve bu çiftleri oluşturan çeşitli sayılarda ek parçalardan meydana gelmektedir.

Firma ihtiyaç duyulan hammadde'yi Giresun ilinde bulunan MDF fabrikasından temin etmekte ve işlem görecek olan malzemeyi ahşap bölümüne teslim edilmektedir. İşlem görmüş malzemenin teslim müşterinin istanbuldaki fabrikasına olacaktır. Bu noktada hammadde nakliyesi dış mşteriyeye bitmiş ürün nakliyesi Firma' ya ait olmuş oluyor.

Firma tarafından ahşap bölümüne nakilye sorunu için atanan tır'ın bahsedilen ürünler için kapasitesi ise; Bir seferde Masa takımından 620 tk., ve bir seferde Dolap takımından 215 tk. taşıyabiliyor. Yine bu miktarlar araçın içerisinin boş olmasına rağmen taşınabilir ağırlığı doldurduğundan bir seferde daha fazlası taşınması söz konu değildir.

Talep edilen malzeme :

Masa takımı için; 18 mm ve 30 mm MDF kaplamalı Sunta Lam malzeme üzerine çeşitli lclerde 1 st kısım, 2 yan kısım ve 1 n kısımdan toplamda 4 parçadan oluşan bir set takımından aylık olarak 1200 takım talep etmektedirler.

Malzemelere uygulanacak işlemler sırasıyla büyük paneller ebatlanacak, moduler montaj için gerekli delikler açılacak daha sonra yüzey kalibre edilecektir.

Bir Masa takımı'nın firmaya olan toplam maliyeti 21 YTL / Tk. Dış mşteriyeye satışı fiyatı ise 83 YTL / Tk. dir.

Tablo 2. 2007 Yılı Çelik Kapı Satış Miktarları

Ürünler	2007 Yılı Çelik Kapı Satış Miktarları (Ad.)												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Merkezi Sistem Panel	67	64	24	12	17	56	67	29	35	43	41	53	508
Mono Blok Panel	386	326	288	213	200	284	284	301	311	298	276	320	3487
Kancalı Panel	15	3	0	0	3	0	4	0	5	0	0	0	30
Eko. Mono Blok Serenli	423	371	382	291	313	349	376	368	339	342	389	403	4346
Eko. 2000 Seri Serenli	397	534	502	561	523	586	601	633	689	700	721	783	7230
Yangın Kapısı	8	0	1	9	3	12	0	1	2	18	0	0	54
Toplam	1296	1298	1197	1086	1059	1287	1332	1332	1381	1401	1427	1559	15655

Dolap takımı için; 18 mm ve 30 mm MDF kaplamalı Sunta Lam malzeme üzerine çeşitli ölçülerde 1 üst kısım, 2 yan kısım, 1 arka kısım ve 1 alt kısımdan toplamda 5 parçadan oluşan bir set takımından aylık olarak 1400 takım talep etmektedirler.

Malzemelere uygulanacak işlemler sırasıyla büyük paneller ebatlanacak, modüler montaj için gerekli delikler açılacak daha sonra yüzey kalibre edilecektir.

Bir Dolap takımı'nın firmaya olan toplam maliyeti 25 YTL / Tk. Dış müşteri'ye satışı fiyatı ise 106 YTL / Tk. dir.

Tedarikçi :

Firmanın kendisinde üretimini yaptığı ve ana ürünü olan çelik kapılarında kullandığı MDF panellerinden üretim yapmaktadır. Firma ahşap bölümünde yaptığı üretim yeterli gelmediği durumlarda bu tedarikçi firma ile ihtiyacının geri kalanını sağlamaktadır.

Sektörde çok sayıda bu tür imalat yapan firma vardır. Bu firmanın tedarikçi olarak seçilmesinin nedeni;

- Sektörde önemli bir konumda bulunması,
- Tedarik edilen malzeme üzerinde ihtisaslaşmış olmaları,
- Malzeme kalitesinin istenilen düzeyde olması,
- Temin ettikleri ürünlerinin satış sonrasında doğabilecek sorunlar için uygun çözümlerinin bulunması,
- Piyasa şartları düşünüldüğünde uygun ödeme şartları uygun olması.

Tedarik edilen malzeme; Talep edilen değişik ölçülerde, değişik modellerde ve renklerde montaja hazır halde 9 mm MDF'leri üretmek. Tedarikçi firmaya tedarik ettiği panelleri 41 YTL / Adet olarak maliyetlendirmektedir.

Firmanın toplam aylık 4500 panellik bir üretim kapasitesi mevcuttur. Firma tedarikçi ile yaptığı anlaşma gereği tedarikçinin bu mevcut kapasiteni dilediği kadarını dilediği zaman kullanabilmektedir.

Tedarikçi İstanbul ilinde üretimini gerçekleştirmektedir. Tedarikçiden temin edilen malzemeler firmanın İstanbul'daki şubesine teslim edilmektedir. Firma bu malzemeleri kendi imkanlarıyla Bayburt'daki fabrikasına nakil etmektedir. Firma nakil konusunda kendi bünyesinde bulundurduğu tır'dan faydalanmaktadır. Nakliye aracı her seferinde Bayburt fabrika'ya İstanbul'dan 800 adet panel taşıyabilmektedir. Bu miktar karayolların tırlar için belirlediği max. taşınabilir ağırlık sınırlamasından dolayı meydana gelmektedir.

5.2. ÜRETİM ORTAMI

5.2.1. İŞLETMENİN ÜRETİM ÜNİTELERİ

Ahşap bölümü'nün makine parkuru Tablo 3' de gösterildiği gibidir. Üretim esnasında kullanılan bu makinelerin tanımlarıda aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 3 Makine parkuru ve çalışan sayıları

Makine No	Makine	Makine Adeti	Operatör Sayısı
1	Ebatlama	1	2
2	Oyma	1	1
3	Kanal Zımpara	1	2
4	Kalibre Zımpara	1	2
5	Tukallama	1	2
6	Sıcak Pres	1	
7	Zemin Renklendiricisi	1	5
8	Boya ve Fırın	1	3
9	Son Kontrol	1	2

Hammadde : Bölümün ana temel hammaddesi plakalar halinde temin edilen MDF dir. MDF; Termomekanik olarak odun veya diğer lignoselüozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür. MDF'nin her noktasında liflerin eşit

dağılması ve çok yoğun bulunuşu levhanın her iki yüzünün olduğu kadar, kenarlarının da makinayla herhangi bir kırılma olmaksızın ya da malzeme parçacıkları arasında boşluklar ortaya çıkmaksızın işlenmesine imkan sağlamaktadır. MDF bu sayede masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahalı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde başarıyla kullanılabilir. Son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahip olan MDF gerek boyamada, gerekse dekoratif folyo veya ahşap kaplamada çok iyi bir taban oluşturur. Düzgün kalınlığı, makina ile işlenmeye elverişli olması ve sağlamlığı, MDF'nin çekmece yanları, ayna çerçeveleri ve pervazlar gibi uygulamalar için masif ahşaba alternatif olarak kullanılabilmesine olanak sağlar. Buna ek olarak masif ahşaptan daha ucuza mal edilebiliyor olması da diğer bir tercih sebebidir. Bölüm kullandığı MDF'yi İstanbul, Kastamonu, Giresun ve Trabzon daki MDF üreticilerinden temin etmektedir. Üreticilerde sürekli olarak bölümün kullandığı ve dünya standartlarında olan 3660 * 2100 ebatlarındaki MDF plakaları stoklu halde bulunmaktadır. Bundan dolayı hammadde temini bakımından üretim için bir kapasite sınırlandırılması söz konusu değildir. Ayrıca bölüm içerisinde yeteri kadar hammadde stok yapılmaktadır.

Ebatlama Ünitesi : Bu makine CNC kontrollü hassas ebatlama makinesidir. Büyük plakalar halinde gelen hammadeler bu makine yardımıyla istenilen ebatlara bölünmektedir. Ortalama olarak 60 m³ veya 500 plaka / vardiya kapasiteye sahiptir. Kapasitesi ile bölüm içerisinde herhangi bir darboğaza neden olmamaktadır.

Oyma Ünitesi : CNC kontrollü panel işleme merkezidir. Bu makine ile paneller üzerindeki tüm delik, freze ve kanal işlemlerini çok hassas bir şekilde yapılmaktadır. İşlem kapasitesi ve hızı çok yüksek olmasına rağmen üretimi yapılan paneller üzerine yapılan işlemlerin fazlalığından dolayı parça çevrim süresi artmakta ve buna bağlı olarak bu makine bölümün darboğazını oluşturmaktadır.

Kanal Zımpara Ünitesi : CNC kontrollü kanal temizleme makinesidir. Bu makine ile paneller üzerinde oyma ünitesinde oyulmuş kanallar temizlenmekte dolgu ve boya

aşamaları için gerekli olan temiz yüzeyler elde edilmektedir. Yüzey işleme süre çok düşük seviyelerdedir. Bölüm için kapasite sorunu yoktur.

Kalibre Zımpara Ünitesi : CNC kontrollü kalibre zımpara ünitesidir. Bu makine ile gerektiğinde hammadde kalibrasyonu, pressten çıkmış kaplamalı malzemelerin hassas zımparası ve dolgu atılmış panellerin dolgu zımparalarının yapılmasında kullanılmaktadır. Bu makine için üretim kapasitesi ve hızında bölüm için bir kapasite sorunu yoktur.

Tutkallama Ünitesi : NC kontrollü tutkal sürme makinesidir. Bu makine ile ham MDF üzerine kaplaman doğal ağaç yapraklarının yapışması için gerekli olan tutkal sürülmektedir. Bu makine için üretim kapasitesi ve hızında bölüm için bir kapasite sorunu yoktur.

Sıcak Pres Ünitesi : NC kontrollü sıkıştırma presidir. Bu makine ile tutkallama makinesinden geçen tutkallı malzemeler makinenin geniş tablaları arasına yerleştirilerek yüksek basınç altında tutkalın iki malzeme arasında homojen bir dağılımı ve malzemelerin birbirini çok iyi bir şekilde tutması için ısıyla preslenmektedir. Bu makine için üretim kapasitesi ve hızında bölüm için bir kapasite sorunu yoktur.

Zemin Renklendirme Ünitesi : Bu bölümde taşıyıcı sephalar üzerinde doğal ahşap kaplamasıyla kaplanmış malzemelerin çalışan elemanlar tarafından manuel olarak zemin rengi sürülmesidir.

Boya ve Fırın Ünitesi : CNC kontrollü bu makine ile dolgu ve boya uygulamaları yapılmaktadır. Makine boya ve fırın bölümlerinden oluşmaktadır. Bu iki bölüm birbirine konveyör ile bağlanmaktadır. Makine giriş konveyörüyle alınan malzeme boya kısmında sprej yöntemi ile boyanmakta ve boyanan malzemeler boya kısmının devamında bulunan konveyörle fırına gönderilmektedir. Fırına giren malzeme

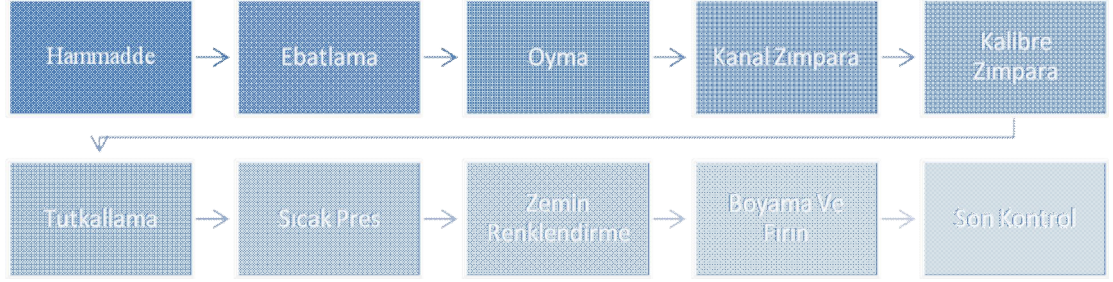
makine içerisindeki raflar ve hareketli sistemle bölümün içerisinde dolaşmaktadır. Üretimi yapılan malzemeye bağlı olarak 45 dakika ile 1 saat fırın bölümünde kurumaya bırakılan malzemeler sürenin bitiminde çıkış bölümünden alınarak son kontrol için yeniden raflara dizilmektedir.

Son Kontrol Masası : Yukarıdaki makinelerdeki işlemlerden geçen malzemeler burada konusunda uzman elemanlar tarafından elle ve gözle hata kontrolünden geçirilmektedir. Onay verilen malzemeler nakil için paketlenmektedir. Onay alamayan hatalı ürünler hata kısımlarının düzeltilmesi için yeniden sisteme sokulmaktadır.

5.2.2. ÜRETİM SÜRECİ

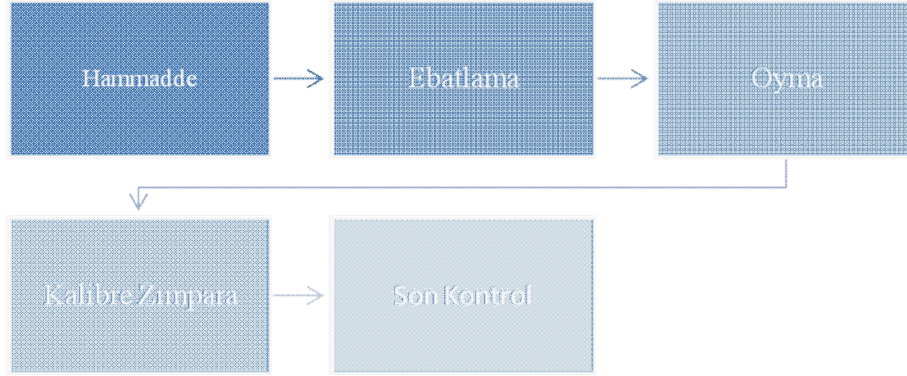
MDF paneller için üretim süreci plakalar halinde olan hammadde'nin Ebatlama makinesinde çelik kapılarda kullanılacak ebatlara dilimlenmesiyle başlar. Buradan Oyma makinesine götürülen MDF paneller burada üzerlerindeki desen ve gerekli montaj delikleri açılır. Desen açılmış paneller buradan sonra Kanal zımpara makinesinde işlem görür. Burada Oyma makinesinde açılan desen kanalının zımparası yapılır. Daha sonra panel yüzeyindeki bozuklukların giderilmesi için Kalibre zımparasından geçmektedir. Şekillere uygun kesilmiş hazır kaplamanın yapışması için ilk önce tutkallama makinesinden geçirilir paneller arkasından kaplama tutkallı panelin üzerine yerleştirilerek Sıcak pres ile basınç altında kaplama ve ham MDF'nin kaynaşması beklenir. Malzeme bu aşamayı geçtikten sonra doğal ahşap kaplamanın renklendirilmesi süreci başlar. Bu aşamada elemanlar malzemenin ana rengini oluşturacak olan zemin rengini panellerin üzerine uygularlar. Panellerin kuruması bittikten sonra paneller sonraki adım olan boya ve fırın makinesine getirilir. Bu makine'de panellerin üzerine hem yüzey dolgunluğunu artırıcı dolgu malzemesi ve malzemenin son rengini veren son kat rengi uygulanır. Ve el değmeden kuruması için konveyörle fırın bölümün içerisine gönderilir. Kurumuş olarak fırından çıkan paneller göz ve dokunma ile son kontrolleri yapıldıktan sonra

montaj hattı için stok alanına götürülür. Şekil 2' de MDF panelleri için iş akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 1. MDF panelleri için üretim süreci şeması

Masa ve Dolap takımları için üretim süreci Şekil 3'de gösterildiği gibidir. Plakalar halinde olan hammadde'nin Ebatlama makinesinde masa ve dolap takımlarında kullanılacak parçalara ayrılır. Ebatlanan parçalar Oyma makinesine götürülür. Burada üzerlerine gerekli montaj delikleri açılır. İşlem görmüş masa ve dolap parçaları daha sonra panel yüzeyindeki bozuklukların giderilmesi için Kalibre zımparasından geçmektedir. MDF panellerinde olduğu gibi göz ve dokunma ile son kontrolleri yapıldıktan sonra müşteriye sevk edilmek için paketlenir ve stok alanına götürülür.



Şekil 2. Masa ve Dolap ürünleri için üretim süreci şeması

Tablo 4’de işletmede üretilen ve üretilmesi planlanan ürünlerin üretim süreleri gösterilmektedir.

Tablo 4 Üretim Süreleri

Makine No	Makine	Üretim Süreleri		
		MDF Paneli	Masa	Dolap
		(Dak./Ad.)	(Dak./Tk.)	(Dak./Tk.)
1	Ebatlama	2,50	3,90	5,10
2	Oyma	6,71	9,89	11,85
3	Kanal Zımpara	0,40	-	-
4	Kalibre Zımpara	0,75	3,00	3,85
5	Tukallama	0,20	-	-
6	Sıcak Pres	3,50	-	-
7	Zemin Renklendiricisi	6,50	-	-
8	Boya ve Fırın	6,00	-	-
9	Son Kontrol	5,00	2,00	4,00

6. ÜRETİM PLANLAMA VE DAĞITIM PROBLEMİNİN TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜLMESİ

Bu bölümde işletmenin ahşap bölümünden alınan veriler yardımıyla yine aynı bölümde mevcut olan üretim planlama ve dağıtım problemini tamsayılı doğrusal programlama ile modellenmesi ve daha sonra yapılan model paket program yardımıyla çözülmesini içermektedir.

6.1. PROBLEMİN BELİRLENMESİ

İncelenen 1 yıllık üretim ve dağıtım planlamasında firma'nın önünde var olan kısıtlar ve hedefler aşağıda belirtilen gibidir.

1. 1 yıllık dönem içerisinde firma fason ve kendine yaptığı imalatla bu bölümden kar elde etmelidir.
2. Üretim kapasitesinin izin verdiği miktar kadar üretim yapması. Bu miktar ile karşılayabildiği kadar talebi karşılamalıdır.
3. Fason üretim yapılan malzeme için karşılanamayan kısmın tedarikçilerden alınmaması, kendi için yaptığı üründen karşılayamadığı kısmı tedarikçilerde temin edilmesine izin verilmiştir.
4. Fason yapılan üretimde masa ve dolap takımları için ayrı ayrı olmak üzere yıl sonunda en fazla 100 takımlık bir stok yapılması düşünülmektedir.
5. Kendi firması için yaptığı malzeme için stok miktarlarında herhangi bir kısıt uygulanmamaktadır.
6. Yapılan üretimin nakliyesinde ilk önce kendi aracını kullanmalıdır. Yetersiz kalınan miktarda yeni araç satın alma yada kiralama alternatiflerinden en uygunu seçerek ihtiyaca cevap vermelidir.

7. Yapılan üretimin nakliyesinde araçları en uygun şekilde atanması sağlanmalıdır.

Bu amaçlar doğrultusunda, firma'dan alınan ve bir yıllık period içerisinde üretilmesi beklenen talepler aşağıdaki Tablo 5' de belirtildiği gibidir.

Tablo 5 Talep Tablosu

Aylar (t)	Ürünler		
	Dolap (Tk.)	Masa (Tk.)	MDF Panel (Ad.)
	YD _t	YM _t	X _t
1	1400	1200	3600
2	1400	1200	3600
3	1400	1200	3600
4	1400	1200	3600
5	1400	1200	3600
6	1400	1200	3600
7	1400	1200	3600
8	1400	1200	3600
9	1400	1200	3600
10	1400	1200	3600
11	1400	1200	3600
12	1400	1200	3600

6.2. MODELİN VARSAYIMLARI

Problemlerin modellenmesinde ve çözümünde aşağıdaki bilgiler göz önünde tutulmalıdır.

- Tüm ürünler için başlangıç stok miktarı sıfırdır,
- İşletmede üçlü vardiya sisteminde çalışıldığı ve her aylık bölümlerde 26 iş günü olduğu belirtilmiştir. Bu sayede her ay 32760 dakikalık bir üretim kapasitesi elde edilmiştir.

- Ayrıca işletmedeki her bir üretim makinesinden tek bir tipin olduğu belirtilmiştir. Ve bu üretim sistemi içinde darboğaz makina Oyma makinasıdır.
- Makinaların bakım ve arıza vb. durma süreleri göz ardı edilmiştir.
- Nakliye araçlarının bakım ve arıza vb. durma süreleri göz ardı edilmiştir.
- Problemin çözümünde kullanılan notasyonlar ise verilerin bulunduğu tablolardan ve mevcut durum başlığı altında yazılan bilgilerden alınmıştır.

6.3. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

6.3.1. MODELİN PARAMETRELERİ VE KARAR DEĞİŞKENLERİ

j = Makina endeksi, $j = 1, 2, \dots, T$

t = Dönem endeksi, $t = 1, 2, \dots, T$

$X_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde iç müşteriye yapılan üretim miktarı (Adet)

$YM_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde dış müşteriye yapılan Masa ürününün üretim miktarı (Adet)

$YD_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde dış müşteriye yapılan Dolap ürününün üretim miktarı (Adet)

II_t = t döneminde iç müşteri için stok miktarı (Adet)

IDM_t = t döneminde dış müşteri masa ürünü için stok miktarı (Adet)

IDD_t = t döneminde dış müşteri dolap ürünü için stok miktarı (Adet)

AX = İç müşteri için yapılan sefer sayısı

AY = Dış müşteri için yapılan sefer sayısı

AXF_t = t döneminde iç müşteri için fazladan eklenen sefer sayısı

- AYF_t = t döneminde dış müşteri için fazladan eklenen sefer sayısı
- UX = İç müşteri için kullanılan araçın sefer başına taşıma kapasitesi (Adet)
- UY = Dış müşteri için kullanılan araçın sefer başına taşıma kapasitesi (Adet)
- WX = İç müşteri için kullanılan araçın bir dönemde yapabileceği maksimum sefer sayısı (Adet)
- WY = Dış müşteri için kullanılan araçın bir dönemde yapabileceği maksimum sefer sayısı (Adet)
- DX_t = t döneminde iç müşterinin talep ettiği ürün miktarı (Adet)
- KI_t = t döneminde yapılan talep'den karşılanamayan miktar (Adet)
- DYM_t = t döneminde dış müşterinin talep ettiği Masa ürününün miktarı (Adet)
- DYD_t = t döneminde dış müşterinin talep ettiği Dolap ürününün miktarı (Adet)
- KDM_t = t döneminde dış müşteriden gelen Masa taleplerinden karşılanamayan miktar (Adet)
- KDD_t = t döneminde dış müşteriden gelen Dolap taleplerinden karşılanamayan miktar (Adet)
- SX = İç müşteri için satın alınan araç sayısı (Adet)
- SY = Dış müşteri için satın alınan araç sayısı (Adet)
- QX_t = t döneminde iç müşteri için kullanılan kiralık araç sayısı (Adet)
- QY_t = t döneminde dış müşteri için kullanılan kiralık araç sayısı (Adet)
- $L_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde toplam üretim kapasitesi (Adet / Aylık)
- $tx_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde iç müşteri için yapabileceği ürünün üretim süresi (Dak. / Adet)
- $tyM_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde dış müşteri için yapabileceği Masa ürünün üretim süresi (Dak./ Adet)

$tyD_{j,t}$ = j makinasının, t döneminde dış müşteri için yapabileceği Dolap ürünün üretim süresi (Dak./ Adet)

pM_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Masa ürününün birim satış fiyatı (YTL / Adet)

pD_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Dolap ürününün birim satış fiyatı (YTL / Adet)

r_t = t döneminde iç müşteriye birim üretim maliyeti (YTL / Adet)

f_t = t döneminde tedarikçiden ürün alım maliyeti (YTL / Adet)

gM_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Masa ürününün birim üretim maliyeti (YTL / Adet)

gD_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Dolap ürününün birim üretim maliyeti (YTL / Adet)

hI_t = t döneminde iç müşteri stok maliyeti (YTL / Adet)

hdM_t = t döneminde dış müşteri için Masa ürünü stok maliyeti (YTL / Adet)

hdD_t = t döneminde dış müşteri için Dolap ürünü stok maliyeti (YTL / Adet)

zx = Tedarikçiden iç müşteri için kullanılan araçın ortalama sefer maliyeti (YTL)

zy = Dış müşteri için kullanılan araçın ortalama sefer maliyeti (YTL)

ex = İç müşteri için satın alınan araç maliyeti (YTL)

ey = Dış müşteri için satın alınan araç maliyeti (YTL)

qx_t = t döneminde iç müşteri için kullanılan araçın sefer başına kiralama maliyeti (YTL)

qy_t = t döneminde dış müşteri için kullanılan araçın sefer başına kiralama maliyeti (YTL)

pM_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Masa ürününün satış fiyatı (YTL / Adet)

pD_t = t döneminde dış müşteriye yapılan Dolap ürününün satış fiyatı (YTL / Adet)

6.3.2. GELİŞTİRİLEN MODEL

$$Max Z = TG - (UM + SM + STM + SAM + EASM + EAKM)$$

$$TG = \sum_{t=1}^T YM_{4,t} (pM_t - gM_t) + \sum_{t=1}^T YD_{4,t} (pD_t - gD_t) \quad (1.1)$$

$$UM = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (r_t X_{9,t} + h_t II_{j,t}) \quad (1.2)$$

$$SM = \sum_{t=1}^T (hdM_t IDD_t + hdD_t IDD_t) \quad (1.3)$$

$$STM = \sum_{t=1}^T f_t KI_t \quad (1.4)$$

$$SAM = \sum_{t=1}^T (zx (AX + AXF_t) + zy (AY + AYF_t)) \quad (1.5)$$

$$EASM = (SX ex + SY ey) \quad (1.6)$$

$$EAKM = \sum_{t=1}^T (qx_t QX_t + qy_t QY_t) \quad (1.7)$$

Kısıtlar :

$$X_{j,t} + II_{j,t-1} - II_{j,t} = X_{j+1,t} \quad , \forall_{j,t} \quad (2)$$

$$X_{9,t} + KI_t = DX_t \quad , \forall_t \quad (3)$$

$$YM_{j,t} + IDM_{j,t-1} - IDM_{j,t} = YM_{j+1,t} \quad j=1,2,3 ; \forall_t \quad (4)$$

$$YM_{4,t} - IDM_t - KDM_{t-1} = DYM_t \quad , \forall_t \quad (5)$$

$$YD_{j,t} + IDD_{j,t-1} - IDD_{j,t} = YD_{j+1,t} \quad j = 1,2,3. ; \forall_t \quad (6)$$

$$YD_{4,t} - IDD_{j,t} - KDD_{t-1} = DYD_t \quad , \forall_t \quad (7)$$

$$IDM_t \leq 100 \quad , t = 12 \quad (8)$$

$$IDD_t \leq 100 \quad , t = 12 \quad (9)$$

$$tx_t X_{j,t} + tyM_j YM_{j,t} + tyD_j YD_{j,t} \leq L_{j,t} \quad , \forall_{j,t} \quad (10)$$

$$UX AXF_t \geq KI_t \quad , \forall_t \quad (11)$$

$$AYF_t \geq (1/620)YM_{4,t} + (1/215)YD_{4,t} \quad , \forall_t \quad (12)$$

$$AX + AY \leq 8 \quad (13)$$

$$AXF_1 = AX + WX (ex + QX_1) \quad (14)$$

$$AXF_t = AXF_{t-1} + WX (ex + QX_t) \quad , \forall_t \quad (15)$$

$$AYF_1 = AY + WY (ey + QY_1) \quad (16)$$

$$AYF_t = AYF_{t-1} + WY (ey + QY_t) \quad , \forall_t \quad (17)$$

$$\begin{aligned} X_{j,t}, YM_{j,t}, YD_{j,t}, pM_t, gM_t, pD_t, gD_t, r_t, \\ hl_t, II_t, HDM_t, HDD_t, IDM_t, IDD_t, f_t, KI_t, \\ zx, AX, AXF_t, zy, AY, AYF_t, SX, ex, SY, \\ ey, qx_t, QX_t, qy_t, QY_t \geq 0 \quad \text{ve Tamsayi} \quad \forall_{j,t} \end{aligned} \quad (18)$$

Amaç fonksiyonunda yer alan 1.1 satırı dış müşteri için yapılan üretimin karını hesaplamaktadır. 1.2 satırı bölümün iç müşteri için yaptığı üretiminin ve bu üretimden doğan stokların maliyetini hesaplamaktadır. 1.3 satırı ise dış müşteriye yapılan üretim esnasında oluşan stok maliyetini hesaplamaktadır kullanılmaktadır.

1.4. satır ise iç müşterinin talebi doğrultusunda üretilemeyen ve bundan dolayı tedarikçiden alınan malzeme miktarının firma için maliyetini hesaplamaktadır. Amaç fonksiyonundaki yer alan 1.5. satır ise üretimden sonraki aşama olan nakliyenin maliyetini, iç ve dış müşteriye yapılan nakliyenin firmaya bedelini hesaplamaktadır. 1.6. satır ise firmanın ürünleri nakliyesi konusunda aracının yetersiz kalması durumunda yeni araç alımının maliyetini göstermektedir. Amaç fonksiyonundaki son satır ise firmanın ürünleri nakliyesi konusunda aracının yetersiz kalması durumunda diğer bir alternatif olan araç kiralamanın firmaya olan maliyetini göstermektedir.

Kısıt 2; İç müşteri için j makinesinde, t döneminde yapılan üretilen ürün miktarı ve önceki dönemden kalma stokla oluşan toplam ürün miktarı bir sonraki makine'nin max. üretebileceği malzeme miktarına eşittir. Kısıt 3; Fabrika da ürünün üretiminde kullanılan son makine'nin ürettiği malzeme miktarı ile tedarikçiden alınan malzeme miktarı iç müşterinin talebine eşittir. Kısıt 4; Dış müşteri'nin masa talebi için j makinesinde, t döneminde yapılan üretilen ürün miktarı ve önceki dönemden kalma stokla oluşan toplam ürün miktarı bir sonraki makine'nin max. üretebileceği malzeme miktarına eşittir. Kısıt 5; Fabrika da ürünün üretiminde kullanılan son makine'nin ürettiği malzeme miktarı ile o döneme ait stok miktarı dış müşterinin talebine eşittir. Kısıt 6; Dış müşteri'nin dolap talebi için j makinesinde, t döneminde yapılan üretilen ürün miktarı ve önceki dönemden kalma stokla oluşan toplam ürün miktarı bir sonraki makine'nin max. üretebileceği malzeme miktarına eşittir. Kısıt 7; Fabrika da ürünün üretiminde kullanılan son makine'nin ürettiği malzeme miktarı ile o döneme ait stok miktarı dış müşterinin talebine eşittir. Kısıt 8; Dış müşteri'nin masa talebini karşılarken oluşan stok miktarı yıl sonu itibariyle 100 adetten küçük yada bu miktara eşit olmalıdır. Kısıt 9; Dış müşteri'nin dolap talebini karşılarken oluşan stok miktarı yıl sonu itibariyle 100 adetten küçük yada bu miktara eşit olmalıdır. Kısıt 10; İç müşteri ve dış müşteri için yapılan üretim sürelerinin toplamı üretim kapasitesinden az yada bu miktara eşit olmak zorundadır. Kısıt 11; Tedarikçiden alınan MDF' nin nakliyesi için atanan araçların kapasitesi alınan miktara eşit yada daha fazla olmalıdır. Kısıt 12; Dış müşteriye yapılan malzemelerin

nakliyesi için fazladan atanacak sefer sayısı, üretilen malzemelerin miktarına eşit yada bu miktardan fazla olmalıdır. Kısıt 13; Sahip olunan nakliye aracının iç ve dış müşteriye yapacağı sefer sayısı en fazla 8 olabilir. Kısıt 14; İç müşteri için ilk dönemde fazladan atanacak sefer sayısı sahip olunan aracın kapasitesi ile eksik kaldığı noktada ek araç satın alınarak yada ek araç kiralanarak oluşan toplam sefer sayısına eşit olmalıdır. Kısıt 15; İç müşteri için t döneminde eklenen ek sefer sayısı satın alınan yada kiralanın tüm araçlarla birlikte önceki dönemden yapabileceği toplam sefer sayısına eşit olmalıdır. Kısıt 16; Dış müşteri için ilk dönemde fazladan atanacak sefer sayısı sahip olunan aracın kapasitesi ile eksik kaldığı noktada ek araç satın alınarak yada ek araç kiralanarak oluşan toplam sefer sayısına eşit olmalıdır. Kısıt 17; Dış müşteri için t döneminde eklenen ek sefer sayısı satın alınan yada kiralanın tüm araçlarla birlikte önceki dönemden yapabileceği toplam sefer sayısına eşit olmalıdır. Kısıt 18; Tüm değişkenler 0'dan büyük yada eşit olmak koşulunu sağlamak zorundadır.

6.3.3. TAMSAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİNİN ÇÖZÜMÜ

İşletmenin ürettiği MDF kapı panelleri ve üretmeyi düşündüğü Masa ve Dolap takımlarıyla alakalı olan üretim planlama problemi için doğrusal programlama modelinin Lindo Paket programı ile çözülebilmesi için gerekli programlama kodları hazırlanmıştır. Bu kodlar Ek – 1 de gösterildiği gibidir. Hazırlanan kodların Lindo Paket programı ile çalıştırılması sonucunda Ek – 2 de görülen modelin çıktıları elde edilmiştir. Bu çıktılar ışığında aşağıdaki tablolar hazırlanmıştır.

Tablo 6’de MDF Üretim Tablosu gösterilmiştir. Bu tablo’da üretim hattında 1 yıllık Ay bazında MDF üretim miktarları ve talebi karşılamamaktan dolayı tedarikçiden temin edilmesi gereken malzeme miktarları görülmektedir. Üretilmesi beklenen 3600 adet panel kapıdan çok az bir düzeyi üretilmiştir. Talep den eksik kalan kısım tedarikçiden temin edilmiştir.

Tablo 6 MDF Üretim Tablosu

MDF Üretim (X)												
Makine No (j)	Aylar (t)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	641	641	522	595	603	600	2797	0	0	0	420	9524
2	641	641	522	595	603	599	876	642	288	992	420	394
3	641	641	522	595	602	600	876	642	288	992	418	394
4	641	641	522	595	602	600	876	642	288	992	418	396
5	641	641	522	595	602	600	876	642	288	601	809	396
6	641	641	522	595	602	600	876	642	288	270	1140	396
7	641	641	522	595	602	600	876	642	288	270	1140	396
8	641	641	522	595	602	600	876	642	158	400	1140	396
9	641	400	763	595	601	601	876	400	400	400	603	933
KI	2959	3200	2837	3005	2999	2999	2724	3200	3200	3200	2997	2667
Toplam	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

Tablo 7’ da MDF kapı panelleri üretimi sırasında 1 yıllık plan içerisinde aylık olarak oluşabilecek stok miktarları belirtilmiştir. Fabrika’nın temel kurulum amacı Çelik Kapı üretimi için gerekli olan MDF kapı panel ihtiyacını sağlamak olduğundan üretim esnasında makineler arasındaki stok maliyeti göz ardı edilmiştir.

Tablo 7 MDF Stok Tablosu

MDF Stok Tablosu (II)												
Makine No (j)	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	1	1922	1280	992	0	0	9130
2	0	0	0	0	1	0		0	0	0	2	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	391	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0
8	0	241	0	0	1	0	0	242	0	0	537	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 8’ de Üretilmesi düşünölen Dolap takımları için aylık olarak üretim miktarları belirtilmiştir. Tabloda görölecegi üzerine talep tam olarak karşınalabilmektedir.

Tablo 8 Dolap Üretim Tablosu

Dolap Üretim (YD)												
Makine No (j)	Aylar (t)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2800	0	1401	3625	0	3374	0	0	2801	0	1518	1481
2	1400	1400	1400	1489	1423	1422	1267	1399	1401	1400	1518	1381
3												
4	1400	1400	1400	1400	1512	1288	1400	1400	1400	1401	1450	1449
5												
6												
7												
8												
9	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400

Tablo 9’ de üretilen Dolap takımlarının üretim süreci içerisinde üretim makinaları arasında bazı aylarda stokların oluşmuştur. Oluşan bu stok miktarları yıl sonunda belirlenen kabul edilebilir stok seviyesine gerilediği görülmektedir.

Tablo 9 Dolap Stok Tablosu

Dolap Stok Tablosu (IDD)												
Makine No (j)	Aylar (t)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1400	0	1	2137	714	2666	1399	0	1400	0	0	100
2	0	0	0	89	0	134	1	0	1	0	68	0
3												
4	0	0	0	0	112	0	0	0	0	1	51	100
5												
6												
7												
8												
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 10' da Üretilmesi düşünölen Masa takımları için aylık olarak üretim miktarları belirtilmiştir. Tabloda görölecegi üzerine talep tam olarak karşınalabilmektedir.

Tablo 10 Masa Üretim Tablosu

Masa Üretim (YM)												
Makine No (j)	Aylar (t)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1200	2481	0	1123	1197	3603	0	0	4736	0	0	358
2	1200	1200	1280	1124	1197	1202	1200	1200	1438	961	1208	1390
3												
4	1200	1200	1200	1200	1200	1202	1200	1198	1440	961	1199	1400
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1300

Tablo 11’ de üretilen Masa takımlarının üretim süreci içerisinde üretim makinaları arasında bazı aylarda stokların oluşmuştur. Oluşan bu stok miktarları yıl sonunda belirlenen kabul edilebilir stok seviyesine gerilediği görülmektedir.

Tablo 11 Masa Stok Tablosu

Masa Stok Tablosu (IDM)												
Makine No (j)	Aylar (t)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1281	1	0	0	2401	1201	1	3299	2338	1130	98
2	0	0	80	4	1	1	1	3	1	1	10	0
3												
4	0	0	0	0	0	2	2	0	240	1	0	100
5												
6												
7												
8												
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Tablo 12’ de iç ve dış müşterileri için planan dağıtım araçlarından kiralanan veya satın alınan araç sayılarını gösterilmektedir. Tablo’dan görüldüğü üzere tüm üretimin dağıtımını esnasında sadece 1 adet fazladan araçta ihtiyaç duyulmuştur. Bu araçta minimum maliyetler nedeniyle kiralananak sağlanmıştır. Kiralanan bu araç dış müşteriye hizmet etmesi amacıyla kiralananmıştır.

Tablo 12 Eklenen Araç Sayısı Tablosu

Kiralanan Araç Sayısı		Satın Alınan Araç Sayısı	
İç Müşteri (QX)	Dış Müşteri (QY)	İç Müşteri (SX)	Dış Müşteri (SY)
0	1	0	0

Tablo 13’ de ise iç ve dış müşteriler için aylar bazında yapılan sefer sayıları gösterilmektedir.

Tablo 13 Ek Yapılan Sefer Sayıları

Aylar (t)	Fazladan Yapılan Sefer Sayıları	
	İç Müşteri için (AXF)	Dış Müşteri için (AFY)
1	4	9
2	4	9
3	4	9
4	4	9
5	4	9
6	4	9
7	4	9
8	4	9
9	4	9
10	4	9
11	4	9
12	4	9

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üretim yapan işletmelerde üretilen malzemelerin çeşitliliği ve sayısının artması üretim kararlarının verilmesindeki zorlukları da beraberinde getirmektedir. Mevcut şartlar altında üretim yapan firmaların büyük bir çoğunluğu üretim kararlarını yönetimin belirlediği belli başlı kurallar çerçevesinde sezgisel olarak yapmaktadır.

Bu durum aslında farkında olmadan bazı zamanlarda firma için uygun olmayan, daha düşük karlı, daha yüksek maliyetli ürünlerin üretilmesinde öncelik verilmesi olarak sonuçlanmaktadır. Bu sonuç firmaların karlılık oranlarını düşürmekte, rekabetçi piyasalardaki güçlerini zayıflatmaktadır.

Yapılarında kurumsallığı yakalamamış firmaların üretim planlarının yaparken uyguladıkları sezgisel yöntemlerine ek olarak üretim planlarını etkileyen bir diğer unsorda “patron katsayısı”dır. İşletme sahibinin istediği yerde, istediği şekilde üretim planlarının değiştirmesi çoğu zaman üretim verimliliğini, üretim sabitliğini ve firma karlılığını düşürmektedir.

Bu çalışma içerisinde; ilk olarak üretim sistemlerindeki karar problemlerinin çözümü hakkında araştırma yapılmıştır. Daha sonra üretim, üretim sistemleri, yapıları ve bu sistemlerdeki karar problemleri detaylandırılmıştır. Daha sonraki bölümde üretim sistemleride yaşanan problemlerin çözümünde kullanılan doğrusal programlama tekniği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Daha sonraki adımda metal sektöründe; çelik kapı üretimi yapan bir firmanın ahşap departmanında 1 yıllık bir üretim planlama problemi için, çok amaçlı doğrusal programlama modeli kurularak üretim planlama sorununa çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletmede yapılan gözlemlerde, üretilen MDF kapı panellerinin üretim planlaması sezgisel olarak yapılmaktadır. Ve üretim esnasında işletme yöneticilerinin üretilen malzemede sürekli değişiklik yaptığı gözlenmiştir. Bu durum üretilen malzemelerin miktarlarına doğrudan etki etmektedir. Bu durumun sonucunda talebin termin sürelerinde geçikmeler meydana gelmekte, ana montaj hattında da aksamalara sebep olmaktadır.

İşletmenin uygulama yapıldığı bölümde daha önceki seneler göz önüne alınarak hazırlanan ve işletmenin ürettiği ana ürüne gelen talep artışından dolayı üretilmesi istenen miktarda artış talep edilen ana üretim malzemesine ek olarak değişik 2 tipte malzeme eklenmiştir. Ana ürünün ve eklenen yeni 2 tip ürününden gelen talep yıl içerisinde sabit miktarlarda olmaktadır.

Uygulamanın amacı, firma karlılığını göz önünde bulundurarak yeni müşterisinin memnuniyetini sağlayacak, üretim hattına eklenen yeni 2 tip ürünle birlikte ana ürününü fabrikanın geri kalan kısmını aksatmadan üretiminin gerçekleştirilmesini sağlayacak bir üretim planı oluşturmaktır.

Üretim planını oluşturmak için ilk adım olarak hedefler ve kısıtlar belirlenmiştir. Daha sonra bu hedef ve kısıtlar gözönüne alınarak tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Önerilen tamsayılı doğrusal programlama modeli çözdürülebilmesi için kullanılacak olan Lindo Paket programına yazılacak açık formülasyonu haline getirilmiştir. Modelin hazırlanan açık formülasyonu Lindo Paket programı yardımıyla çözdürülmesi ile program amaçlanan üretim planına uygun bir çözüm yapması sağlanmıştır.

Hazırlanan modelle elde edilen optimum çözüme göre; üretime sonrada eklenen ürünlerin karlılığından dolayı üretimde öncelik tanınması, üretilen ana ürünün ise üretim kapasitesinde öncelik tanınan yeni 2 üründen artı kalan kısımda üretilebileceği kadar üretilmesi eksik kalan kısmın ise tedarikçiden sağlanması

şeklindedir. Bu şekilde yapılan üretimle yıl sonunda maksimum firma karlılığı elde edilmiştir.

Yapılan bu uygulama firmanın üretim planlamasında halihazırda kullandığı sezgisel yöntemden, üretim planlama yapılması esnasında kullanılan bilimsel karar tekniklerinin kullanımı üretim esnasındaki değişken parametrelerin sayıca çokluğu nedeniyle daha kolay değildir. Lakin yapılan çalışma ile parametrelerin yerinde uygulanması sonucunda modelin bize sunduğu sonuçları elde etmek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Acar Nesime, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M yayınları, Ankara, 1996, s.19
- Acar Nesime, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, M.P.M Yayınları, Ankara, 1989, s.9
- Bodily Samuel E., "Quantitative Business Analysis: Text and Cases", USA, Irwin/McGraw-Hill, 1998.
- Bircan Hüdaverdi, Kartal Zafer, "Doğrusal Programlama Tekniği İle Kapasite Planlaması Yaklaşımı ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulama", C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, s.131.
- Bronson Richard, "Theory and Problems of Operations Research, Schaum's Outline Series", USA, McGraw-Hill, 1982
- Büyükkelik Mustafa, "Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modelinin Kullanımı : Bir Üretim İşletmesinde Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, 2007, s.40.
- Byron S. Gottfried, Joel Weisman, "Introduction to Optimization Theory", New Jersey, Prentice Hall Inc., 1973.
- Cooke Roger, "The History of Mathematics: A Brief Course", Canada, John Wiley & Sons Inc., 1997.
- Çelikçapa Feray Odman, "Üretim Planlaması " İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım, Yayın no: 565, Ağustos, 1999), s.14.
- Çetin Eyüp, "Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 2004.
- Demir Osman, "İşletmelerde Üretim Planlama ve Kontrolü", Doktora Tezi, 1990, s.7, s.39.
- Gass Saul I., "Great Moments in History", OR/MS Today, V 29, 2002, s.31.
- Hasgül Özlem, "Ana Üretim Planlanmasında Karar Destek Sistemlerinin Kullanılması ve Stoksuz Üretim Yapılan Bir İşletmede Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, 2005, s.3.

- İlgın Poyraz, “Üretim Kaynakları Planlaması Sisteminin Performansını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi ve Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulaması”, Eskişehir, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003, s.5.
- Kobu Bülent, “Üretim Yönetimi”, İstanbul, Beta Yayın, 2006, s.4., s.32
- Sarıca Mustafa, “Seri İmalat Yapan Bir İşletmede Üretim Planlama ve Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, 1998, s.31.
- Savsar Mehmet, “Üretim Sistemleri Analizi”, (Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:59, 1984), s.5.
- Özkan Murat, “Bir Mobilya Fabrikasında Üretim Planlama Sisteminin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, 2006, s.5.
- Özpamir Engin, “Üretim Planlama ve Kontrol”, Yüksek Lisans Tezi, 1995, s.7.
- Yılmaz Ali, Günayergün Semra, “Türkiyede’de Şehir Asayiş Suçları: Dağılışı ve Başlıca Özellikleri”
- Tezgel H. Melek, “Üretim Kaynakları Planlaması”, Yüksek Lisans Tezi, 1996, s.1.

EK – 1 LINDO KODU

MAX 62YM41 + 62YM42 + 62YM43 + 62YM44 + 62YM45 + 62YM46
 + 62YM47 + 62YM48 + 62YM49 + 62YM410 + 62YM411 + 62YM412
 + 81YD41 + 81YD42 + 81YD43 + 81YD44 + 81YD45 + 81YD46
 + 81YD47 + 81YD48 + 81YD49 + 81YD410 + 81YD411 + 81YD412
 - 29X91 - 29X92 - 29X93 - 29X94 - 29X95 - 29X96
 - 29X97 - 29X98 - 29X99 - 29X910 - 29X911 - 29X912
 - 15II91 - 15II92 - 15II93 - 15II94 - 15II95 - 15II96
 - 15II97 - 15II98 - 15II99 - 15II910 - 15II911 - 15II912
 - 42IDM91 - 42IDM92 - 42IDM93 - 42IDM94 - 42IDM95 - 42IDM96
 - 42IDM97 - 42IDM98 - 42IDM99 - 42IDM910 - 42IDM911 - 42IDM912
 - 64IDD91 - 64IDD92 - 64IDD93 - 64IDD94 - 64IDD95 - 64IDD96
 - 64IDD97 - 64IDD98 - 64IDD99 - 64IDD910 - 64IDD911 - 64IDD912
 - 41KI1 - 41KI2 - 41KI3 - 41KI4 - 41KI5 - 41KI6
 - 41KI7 - 41KI8 - 41KI9 - 41KI10 - 41KI11 - 41KI12
 - 600AX1 - 600AX2 - 600AX3 - 600AX4 - 600AX5 - 600AX6
 - 600AX7 - 600AX8 - 600AX9 - 600AX10 - 600AX11 - 600AX12
 - 800AXF1 - 800AXF2 - 800AXF3 - 800AXF4 - 800AXF5 - 800AXF6
 - 800AXF7 - 800AXF8 - 800AXF9 - 800AXF10 - 800AXF11 - 800AXF12
 - 600AY1 - 600AY2 - 600AY3 - 600AY4 - 600AY5 - 600AY6
 - 600AY7 - 600AY8 - 600AY9 - 600AY10 - 600AY11 - 600AY12
 - 800AYF1 - 800AYF2 - 800AYF3 - 800AYF4 - 800AYF5 - 800AYF6
 - 800AYF7 - 800AYF8 - 800AYF9 - 800AYF10 - 800AYF11 - 800AYF12
 - 800QX1 - 800QX2 - 800QX3 - 800QX4 - 800QX5 - 800QX6
 - 800QX7 - 800QX8 - 800QX9 - 800QX10 - 800QX11 - 800QX12
 - 800QY1 - 800QY2 - 800QY3 - 800QY4 - 800QY5 - 800QY6
 - 800QY7 - 800QY8 - 800QY9 - 800QY10 - 800QY11 - 800QY12
 - 67000EX - 67000EY

s.t.

$X_{11} - II_{11} - X_{21} = 0$
 $X_{21} - II_{21} - X_{31} = 0$
 $X_{31} - II_{31} - X_{41} = 0$
 $X_{41} - II_{41} - X_{51} = 0$
 $X_{51} - II_{51} - X_{61} = 0$
 $X_{61} - II_{61} - X_{71} = 0$
 $X_{71} - II_{71} - X_{81} = 0$
 $X_{81} - II_{81} - X_{91} = 0$
 $X_{91} - II_{91} + KI_1 = 3600$
 $II_{11} + X_{12} - II_{12} - X_{22} = 0$
 $II_{21} + X_{22} - II_{22} - X_{32} = 0$
 $II_{31} + X_{32} - II_{32} - X_{42} = 0$
 $II_{41} + X_{42} - II_{42} - X_{52} = 0$
 $II_{51} + X_{52} - II_{52} - X_{62} = 0$
 $II_{61} + X_{62} - II_{62} - X_{72} = 0$

$$\begin{aligned}
\Pi 71 + X 72 - \Pi 72 - X 82 &= 0 \\
\Pi 81 + X 82 - \Pi 82 - X 92 &= 0 \\
\Pi 91 + X 92 - \Pi 92 + K 12 &= 3600 \\
\Pi 12 + X 13 - \Pi 13 - X 23 &= 0 \\
\Pi 22 + X 23 - \Pi 23 - X 33 &= 0 \\
\Pi 32 + X 33 - \Pi 33 - X 43 &= 0 \\
\Pi 42 + X 43 - \Pi 43 - X 53 &= 0 \\
\Pi 52 + X 53 - \Pi 53 - X 63 &= 0 \\
\Pi 62 + X 63 - \Pi 63 - X 73 &= 0 \\
\Pi 72 + X 73 - \Pi 73 - X 83 &= 0 \\
\Pi 82 + X 83 - \Pi 83 - X 93 &= 0 \\
\Pi 92 + X 93 - \Pi 93 + K 13 &= 3600 \\
\Pi 13 + X 14 - \Pi 14 - X 24 &= 0 \\
\Pi 23 + X 24 - \Pi 24 - X 34 &= 0 \\
\Pi 33 + X 34 - \Pi 34 - X 44 &= 0 \\
\Pi 43 + X 44 - \Pi 44 - X 54 &= 0 \\
\Pi 53 + X 54 - \Pi 54 - X 64 &= 0 \\
\Pi 63 + X 64 - \Pi 64 - X 74 &= 0 \\
\Pi 73 + X 74 - \Pi 74 - X 84 &= 0 \\
\Pi 83 + X 84 - \Pi 84 - X 94 &= 0 \\
\Pi 93 + X 94 - \Pi 94 + K 14 &= 3600 \\
\Pi 14 + X 15 - \Pi 15 - X 25 &= 0 \\
\Pi 24 + X 25 - \Pi 25 - X 35 &= 0 \\
\Pi 34 + X 35 - \Pi 35 - X 45 &= 0 \\
\Pi 44 + X 45 - \Pi 45 - X 55 &= 0 \\
\Pi 54 + X 55 - \Pi 55 - X 65 &= 0 \\
\Pi 64 + X 65 - \Pi 65 - X 75 &= 0 \\
\Pi 74 + X 75 - \Pi 75 - X 85 &= 0 \\
\Pi 84 + X 85 - \Pi 85 - X 95 &= 0 \\
\Pi 94 + X 95 - \Pi 95 + K 15 &= 3600 \\
\Pi 15 + X 16 - \Pi 16 - X 26 &= 0 \\
\Pi 25 + X 26 - \Pi 26 - X 36 &= 0 \\
\Pi 35 + X 36 - \Pi 36 - X 46 &= 0 \\
\Pi 45 + X 46 - \Pi 46 - X 56 &= 0 \\
\Pi 55 + X 56 - \Pi 56 - X 66 &= 0 \\
\Pi 65 + X 66 - \Pi 66 - X 76 &= 0 \\
\Pi 75 + X 76 - \Pi 76 - X 86 &= 0 \\
\Pi 85 + X 86 - \Pi 86 - X 96 &= 0 \\
\Pi 95 + X 96 - \Pi 96 + K 16 &= 3600 \\
\Pi 16 + X 17 - \Pi 17 - X 27 &= 0 \\
\Pi 26 + X 27 - \Pi 27 - X 37 &= 0 \\
\Pi 36 + X 37 - \Pi 37 - X 47 &= 0 \\
\Pi 46 + X 47 - \Pi 47 - X 57 &= 0 \\
\Pi 56 + X 57 - \Pi 57 - X 67 &= 0 \\
\Pi 66 + X 67 - \Pi 67 - X 77 &= 0
\end{aligned}$$

$\Pi 76 + X 77 - \Pi 77 - X 87 = 0$
 $\Pi 86 + X 87 - \Pi 87 - X 97 = 0$
 $\Pi 96 + X 97 - \Pi 97 + K 17 = 3600$
 $\Pi 117 + X 18 - \Pi 18 - X 28 = 0$
 $\Pi 27 + X 28 - \Pi 28 - X 38 = 0$
 $\Pi 37 + X 38 - \Pi 38 - X 48 = 0$
 $\Pi 47 + X 48 - \Pi 48 - X 58 = 0$
 $\Pi 57 + X 58 - \Pi 58 - X 68 = 0$
 $\Pi 67 + X 68 - \Pi 68 - X 78 = 0$
 $\Pi 77 + X 78 - \Pi 78 - X 88 = 0$
 $\Pi 87 + X 88 - \Pi 88 - X 98 = 0$
 $\Pi 97 + X 98 - \Pi 98 + K 18 = 3600$
 $\Pi 118 + X 19 - \Pi 19 - X 29 = 0$
 $\Pi 28 + X 29 - \Pi 29 - X 39 = 0$
 $\Pi 38 + X 39 - \Pi 39 - X 49 = 0$
 $\Pi 48 + X 49 - \Pi 49 - X 59 = 0$
 $\Pi 58 + X 59 - \Pi 59 - X 69 = 0$
 $\Pi 68 + X 69 - \Pi 69 - X 79 = 0$
 $\Pi 78 + X 79 - \Pi 79 - X 89 = 0$
 $\Pi 88 + X 89 - \Pi 89 - X 99 = 0$
 $\Pi 98 + X 99 - \Pi 99 + K 19 = 3600$
 $\Pi 119 + X 110 - \Pi 110 - X 210 = 0$
 $\Pi 29 + X 210 - \Pi 210 - X 310 = 0$
 $\Pi 39 + X 310 - \Pi 310 - X 410 = 0$
 $\Pi 49 + X 410 - \Pi 410 - X 510 = 0$
 $\Pi 59 + X 510 - \Pi 510 - X 610 = 0$
 $\Pi 69 + X 610 - \Pi 610 - X 710 = 0$
 $\Pi 79 + X 710 - \Pi 710 - X 810 = 0$
 $\Pi 89 + X 810 - \Pi 810 - X 910 = 0$
 $\Pi 99 + X 910 - \Pi 910 + K 110 = 3600$
 $\Pi 110 + X 111 - \Pi 111 - X 211 = 0$
 $\Pi 210 + X 211 - \Pi 211 - X 311 = 0$
 $\Pi 310 + X 311 - \Pi 311 - X 411 = 0$
 $\Pi 410 + X 411 - \Pi 411 - X 511 = 0$
 $\Pi 510 + X 511 - \Pi 511 - X 611 = 0$
 $\Pi 610 + X 611 - \Pi 611 - X 711 = 0$
 $\Pi 710 + X 711 - \Pi 711 - X 811 = 0$
 $\Pi 810 + X 811 - \Pi 811 - X 911 = 0$
 $\Pi 910 + X 911 - \Pi 911 + K 111 = 3600$
 $\Pi 111 + X 112 - \Pi 112 - X 212 = 0$
 $\Pi 211 + X 212 - \Pi 212 - X 312 = 0$
 $\Pi 311 + X 312 - \Pi 312 - X 412 = 0$
 $\Pi 411 + X 412 - \Pi 412 - X 512 = 0$
 $\Pi 511 + X 512 - \Pi 512 - X 612 = 0$
 $\Pi 611 + X 612 - \Pi 612 - X 712 = 0$

$II711 + X712 - II712 - X812 = 0$
 $II811 + X812 - II812 - X912 = 0$
 $II911 + X912 - II912 + KI12 = 3600$
 $YM11 - IDM11 - YM21 = 0$
 $YM21 - IDM21 - YM41 = 0$
 $YM41 - IDM41 - YM91 = 0$
 $YM91 - IDM91 = 1200$
 $IDM11 + YM12 - IDM12 - YM22 = 0$
 $IDM21 + YM22 - IDM22 - YM42 = 0$
 $IDM41 + YM42 - IDM42 - YM92 = 0$
 $IDM91 + YM92 - IDM92 = 1200$
 $IDM12 + YM13 - IDM13 - YM23 = 0$
 $IDM22 + YM23 - IDM23 - YM43 = 0$
 $IDM42 + YM43 - IDM43 - YM93 = 0$
 $IDM92 + YM93 - IDM93 = 1200$
 $IDM13 + YM14 - IDM14 - YM24 = 0$
 $IDM23 + YM24 - IDM24 - YM44 = 0$
 $IDM43 + YM44 - IDM44 - YM94 = 0$
 $IDM93 + YM94 - IDM94 = 1200$
 $IDM14 + YM15 - IDM15 - YM25 = 0$
 $IDM24 + YM25 - IDM25 - YM45 = 0$
 $IDM44 + YM45 - IDM45 - YM95 = 0$
 $IDM94 + YM95 - IDM95 = 1200$
 $IDM15 + YM16 - IDM16 - YM26 = 0$
 $IDM25 + YM26 - IDM26 - YM46 = 0$
 $IDM45 + YM46 - IDM46 - YM96 = 0$
 $IDM95 + YM96 - IDM96 = 1200$
 $IDM16 + YM17 - IDM17 - YM27 = 0$
 $IDM26 + YM27 - IDM27 - YM47 = 0$
 $IDM46 + YM47 - IDM47 - YM97 = 0$
 $IDM96 + YM97 - IDM97 = 1200$
 $IDM17 + YM18 - IDM18 - YM28 = 0$
 $IDM27 + YM28 - IDM28 - YM48 = 0$
 $IDM47 + YM48 - IDM48 - YM98 = 0$
 $IDM97 + YM98 - IDM98 = 1200$
 $IDM18 + YM19 - IDM19 - YM29 = 0$
 $IDM28 + YM29 - IDM29 - YM49 = 0$
 $IDM48 + YM49 - IDM49 - YM99 = 0$
 $IDM98 + YM99 - IDM99 = 1200$
 $IDM19 + YM110 - IDM110 - YM210 = 0$
 $IDM29 + YM210 - IDM210 - YM410 = 0$
 $IDM49 + YM410 - IDM410 - YM910 = 0$
 $IDM99 + YM910 - IDM910 = 1200$
 $IDM110 + YM111 - IDM111 - YM211 = 0$
 $IDM210 + YM211 - IDM211 - YM411 = 0$

$IDM410 + YM411 - IDM411 - YM911 = 0$
 $IDM910 + YM911 - IDM911 = 1200$
 $IDM111 + YM112 - IDM112 - YM212 = 0$
 $IDM211 + YM212 - IDM212 - YM412 = 0$
 $IDM411 + YM412 - IDM412 - YM912 = 0$
 $IDM911 + YM912 - IDM912 = 1200$
 $IDM112 < 100$
 $IDM212 < 100$
 $IDM412 < 100$
 $IDM912 < 100$
 $YD11 - IDD11 - YD21 = 0$
 $YD21 - IDD21 - YD41 = 0$
 $YD41 - IDD41 - YD91 = 0$
 $YD91 - IDD91 = 1400$
 $IDD11 + YD12 - IDD12 - YD22 = 0$
 $IDD21 + YD22 - IDD22 - YD42 = 0$
 $IDD41 + YD42 - IDD42 - YD92 = 0$
 $IDD91 + YD92 - IDD92 = 1400$
 $IDD12 + YD13 - IDD13 - YD23 = 0$
 $IDD22 + YD23 - IDD23 - YD43 = 0$
 $IDD42 + YD43 - IDD43 - YD93 = 0$
 $IDD92 + YD93 - IDD93 = 1400$
 $IDD13 + YD14 - IDD14 - YD24 = 0$
 $IDD23 + YD24 - IDD24 - YD44 = 0$
 $IDD43 + YD44 - IDD44 - YD94 = 0$
 $IDD93 + YD94 - IDD94 = 1400$
 $IDD14 + YD15 - IDD15 - YD25 = 0$
 $IDD24 + YD25 - IDD25 - YD45 = 0$
 $IDD44 + YD45 - IDD45 - YD95 = 0$
 $IDD94 + YD95 - IDD95 = 1400$
 $IDD15 + YD16 - IDD16 - YD26 = 0$
 $IDD25 + YD26 - IDD26 - YD46 = 0$
 $IDD45 + YD46 - IDD46 - YD96 = 0$
 $IDD95 + YD96 - IDD96 = 1400$
 $IDD16 + YD17 - IDD17 - YD27 = 0$
 $IDD26 + YD27 - IDD27 - YD47 = 0$
 $IDD46 + YD47 - IDD47 - YD97 = 0$
 $IDD96 + YD97 - IDD97 = 1400$
 $IDD17 + YD18 - IDD18 - YD28 = 0$
 $IDD27 + YD28 - IDD28 - YD48 = 0$
 $IDD47 + YD48 - IDD48 - YD98 = 0$
 $IDD97 + YD98 - IDD98 = 1400$
 $IDD18 + YD19 - IDD19 - YD29 = 0$
 $IDD28 + YD29 - IDD29 - YD49 = 0$
 $IDD48 + YD49 - IDD49 - YD99 = 0$

$IDD98 + YD99 - IDD99 = 1400$
 $IDD19 + YD110 - IDD110 - YD210 = 0$
 $IDD29 + YD210 - IDD210 - YD410 = 0$
 $IDD49 + YD410 - IDD410 - YD910 = 0$
 $IDD99 + YD910 - IDD910 = 1400$
 $IDD110 + YD111 - IDD111 - YD211 = 0$
 $IDD210 + YD211 - IDD211 - YD411 = 0$
 $IDD410 + YD411 - IDD411 - YD911 = 0$
 $IDD910 + YD911 - IDD911 = 1400$
 $IDD111 + YD112 - IDD112 - YD212 = 0$
 $IDD211 + YD212 - IDD212 - YD412 = 0$
 $IDD411 + YD412 - IDD412 - YD912 = 0$
 $IDD911 + YD912 - IDD912 = 1400$
 $IDD112 < 100$
 $IDD212 < 100$
 $IDD412 < 100$
 $IDD912 < 100$
 $2.5X11 + 3.90YM11 + 5.10YD11 \leq 32760$
 $6.71X21 + 9.89YM21 + 11.85YD21 \leq 32760$
 $0.40X31 \leq 32760$
 $0.75X41 + 3YM41 + 3.85YD41 \leq 32760$
 $0.20X51 \leq 32760$
 $3.5X61 \leq 32760$
 $6.50X71 \leq 32760$
 $6X81 \leq 32760$
 $5X91 + 2YM91 + 4YD91 \leq 32760$
 $2.5X12 + 3.90YM12 + 5.10YD12 \leq 32760$
 $6.71X22 + 9.89YM22 + 11.85YD22 \leq 32760$
 $0.40X32 \leq 32760$
 $0.75X42 + 3YM42 + 3.85YD42 \leq 32760$
 $0.20X52 \leq 32760$
 $3.5X62 \leq 32760$
 $6.50X72 \leq 32760$
 $6X82 \leq 32760$
 $5X92 + 2YM92 + 4YD92 \leq 32760$
 $2.5X13 + 3.90YM13 + 5.10YD13 \leq 32760$
 $6.71X23 + 9.89YM23 + 11.85YD23 \leq 32760$
 $0.40X33 \leq 32760$
 $0.75X43 + 3YM43 + 3.85YD43 \leq 32760$
 $0.20X53 \leq 32760$
 $3.5X63 \leq 32760$
 $6.50X73 \leq 32760$
 $6X83 \leq 32760$
 $5X93 + 2YM93 + 4YD93 \leq 32760$
 $2.5X14 + 3.90YM14 + 5.10YD14 \leq 32760$

$6.71X_{24} + 9.89Y_{M24} + 11.85Y_{D24} \leq 32760$
 $0.40X_{34} \leq 32760$
 $0.75X_{44} + 3Y_{M44} + 3.85Y_{D44} \leq 32760$
 $0.20X_{54} \leq 32760$
 $3.5X_{64} \leq 32760$
 $6.50X_{74} \leq 32760$
 $6X_{84} \leq 32760$
 $5X_{94} + 2Y_{M94} + 4Y_{D94} \leq 32760$
 $2.5X_{15} + 3.90Y_{M15} + 5.10Y_{D15} \leq 32760$
 $6.71X_{25} + 9.89Y_{M25} + 11.85Y_{D25} \leq 32760$
 $0.40X_{35} \leq 32760$
 $0.75X_{45} + 3Y_{M45} + 3.85Y_{D45} \leq 32760$
 $0.20X_{55} \leq 32760$
 $3.5X_{65} \leq 32760$
 $6.50X_{75} \leq 32760$
 $6X_{85} \leq 32760$
 $5X_{95} + 2Y_{M95} + 4Y_{D95} \leq 32760$
 $2.5X_{16} + 3.90Y_{M16} + 5.10Y_{D16} \leq 32760$
 $6.71X_{26} + 9.89Y_{M26} + 11.85Y_{D26} \leq 32760$
 $0.40X_{36} \leq 32760$
 $0.75X_{46} + 3Y_{M46} + 3.85Y_{D46} \leq 32760$
 $0.20X_{56} \leq 32760$
 $3.5X_{66} \leq 32760$
 $6.50X_{76} \leq 32760$
 $6X_{86} \leq 32760$
 $5X_{96} + 2Y_{M96} + 4Y_{D96} \leq 32760$
 $2.5X_{17} + 3.90Y_{M17} + 5.10Y_{D17} \leq 32760$
 $6.71X_{27} + 9.89Y_{M27} + 11.85Y_{D27} \leq 32760$
 $0.40X_{37} \leq 32760$
 $0.75X_{47} + 3Y_{M47} + 3.85Y_{D47} \leq 32760$
 $0.20X_{57} \leq 32760$
 $3.5X_{67} \leq 32760$
 $6.50X_{77} \leq 32760$
 $6X_{87} \leq 32760$
 $5X_{97} + 2Y_{M97} + 4Y_{D97} \leq 32760$
 $2.5X_{18} + 3.90Y_{M18} + 5.10Y_{D18} \leq 32760$
 $6.71X_{28} + 9.89Y_{M28} + 11.85Y_{D28} \leq 32760$
 $0.40X_{38} \leq 32760$
 $0.75X_{48} + 3Y_{M48} + 3.85Y_{D48} \leq 32760$
 $0.20X_{58} \leq 32760$
 $3.5X_{68} \leq 32760$
 $6.50X_{78} \leq 32760$
 $6X_{88} \leq 32760$
 $5X_{98} + 2Y_{M98} + 4Y_{D98} \leq 32760$
 $2.5X_{19} + 3.90Y_{M19} + 5.10Y_{D19} \leq 32760$

$6.71X29 + 9.89YM29 + 11.85YD29 \leq 32760$
 $0.40X39 \leq 32760$
 $0.75X49 + 3YM49 + 3.85YD49 \leq 32760$
 $0.20X59 \leq 32760$
 $3.5X69 \leq 32760$
 $6.50X79 \leq 32760$
 $6X89 \leq 32760$
 $5X99 + 2YM99 + 4YD99 \leq 32760$
 $2.5X110 + 3.90YM110 + 5.10YD110 \leq 32760$
 $6.71X210 + 9.89YM210 + 11.85YD210 \leq 32760$
 $0.40X310 \leq 32760$
 $0.75X410 + 3YM410 + 3.85YD410 \leq 32760$
 $0.20X510 \leq 32760$
 $3.50X610 \leq 32760$
 $6.50X710 \leq 32760$
 $6X810 \leq 32760$
 $5X910 + 2YM910 + 4YD910 \leq 32760$
 $2.5X111 + 3.90YM111 + 5.10YD111 \leq 32760$
 $6.71X211 + 9.89YM211 + 11.85YD211 \leq 32760$
 $0.40X311 \leq 32760$
 $0.75X411 + 3YM411 + 3.85YD411 \leq 32760$
 $0.20X511 \leq 32760$
 $3.5X611 \leq 32760$
 $6.50X711 \leq 32760$
 $6X811 \leq 32760$
 $5X911 + 2YM911 + 4YD911 \leq 32760$
 $2.5X112 + 3.90YM112 + 5.10YD112 \leq 32760$
 $6.71X212 + 9.89YM212 + 11.85YD212 \leq 32760$
 $0.40X312 \leq 32760$
 $0.75X412 + 3YM412 + 3.85YD412 \leq 32760$
 $0.20X512 \leq 32760$
 $3.5X612 \leq 32760$
 $6.50X712 \leq 32760$
 $6X812 \leq 32760$
 $5X912 + 2YM912 + 4YD912 \leq 32760$
 $800AXF1 - KI1 \geq 0$
 $800AXF2 - KI2 \geq 0$
 $800AXF3 - KI3 \geq 0$
 $800AXF4 - KI4 \geq 0$
 $800AXF5 - KI5 \geq 0$
 $800AXF6 - KI6 \geq 0$
 $800AXF7 - KI7 \geq 0$
 $800AXF8 - KI8 \geq 0$
 $800AXF9 - KI9 \geq 0$
 $800AXF10 - KI10 \geq 0$

800AXF11 - KI11 >= 0
800AXF12 - KI12 >= 0
0.1612YM41 + 0.4651YD41 - 100AYF1 <= 0
0.1612YM42 + 0.4651YD42 - 100AYF2 <= 0
0.1612YM43 + 0.4651YD43 - 100AYF3 <= 0
0.1612YM44 + 0.4651YD44 - 100AYF4 <= 0
0.1612YM45 + 0.4651YD45 - 100AYF5 <= 0
0.1612YM46 + 0.4651YD46 - 100AYF6 <= 0
0.1612YM47 + 0.4651YD47 - 100AYF7 <= 0
0.1612YM48 + 0.4651YD48 - 100AYF8 <= 0
0.1612YM49 + 0.4651YD49 - 100AYF9 <= 0
0.1612YM410 + 0.4651YD410 - 100AYF10 <= 0
0.1612YM411 + 0.4651YD411 - 100AYF11 <= 0
0.1612YM412 + 0.4651YD412 - 100AYF12 <= 0
AX <= 4
AY <= 4
AXF1 - AX - 4EX - 4QX1 = 0
AXF2 - AXF1 - 4QX2 = 0
AXF3 - AXF2 - 4QX3 = 0
AXF4 - AXF3 - 4QX4 = 0
AXF5 - AXF4 - 4QX5 = 0
AXF6 - AXF5 - 4QX6 = 0
AXF7 - AXF6 - 4QX7 = 0
AXF8 - AXF7 - 4QX8 = 0
AXF9 - AXF8 - 4QX9 = 0
AXF10 - AXF9 - 4QX10 = 0
AXF11 - AXF10 - 4QX11 = 0
AXF12 - AXF11 - 4QX12 = 0
AYF1 - AY - 4EX - 4QY1 = 0
AYF2 - AYF1 - 4QY2 = 0
AYF3 - AYF2 - 4QY3 = 0
AYF4 - AYF3 - 4QY4 = 0
AYF5 - AYF4 - 4QY5 = 0
AYF6 - AYF5 - 4QY6 = 0
AYF7 - AYF6 - 4QY7 = 0
AYF8 - AYF7 - 4QY8 = 0
AYF9 - AYF8 - 4QY9 = 0
AYF10 - AYF9 - 4QY10 = 0
AYF11 - AYF10 - 4QY11 = 0
AYF12 - AYF11 - 4QY12 = 0
end
GIN YM11
GIN YM12
GIN YM13
GIN YM14

GIN YM15
GIN YM16
GIN YM17
GIN YM18
GIN YM19
GIN YM110
GIN YM111
GIN YM112
GIN YM21
GIN YM22
GIN YM23
GIN YM24
GIN YM25
GIN YM26
GIN YM27
GIN YM28
GIN YM29
GIN YM210
GIN YM211
GIN YM212
GIN YM41
GIN YM42
GIN YM43
GIN YM44
GIN YM45
GIN YM46
GIN YM47
GIN YM48
GIN YM49
GIN YM410
GIN YM411
GIN YM412
GIN YM91
GIN YM92
GIN YM93
GIN YM94
GIN YM95
GIN YM96
GIN YM97
GIN YM98
GIN YM99
GIN YM910
GIN YM911
GIN YM912
GIN YD11

GIN YD12
GIN YD13
GIN YD14
GIN YD15
GIN YD16
GIN YD17
GIN YD18
GIN YD19
GIN YD110
GIN YD111
GIN YD112
GIN YD21
GIN YD22
GIN YD23
GIN YD24
GIN YD25
GIN YD26
GIN YD27
GIN YD28
GIN YD29
GIN YD210
GIN YD211
GIN YD212
GIN YD41
GIN YD42
GIN YD43
GIN YD44
GIN YD45
GIN YD46
GIN YD47
GIN YD48
GIN YD49
GIN YD410
GIN YD411
GIN YD412
GIN YD91
GIN YD92
GIN YD93
GIN YD94
GIN YD95
GIN YD96
GIN YD97
GIN YD98
GIN YD99
GIN YD910

GIN YD911
GIN YD912
GIN X11
GIN X21
GIN X31
GIN X41
GIN X51
GIN X61
GIN X71
GIN X81
GIN X91
GIN X12
GIN X22
GIN X32
GIN X42
GIN X52
GIN X62
GIN X72
GIN X82
GIN X92
GIN X13
GIN X23
GIN X33
GIN X43
GIN X53
GIN X63
GIN X73
GIN X83
GIN X93
GIN X14
GIN X24
GIN X34
GIN X44
GIN X54
GIN X64
GIN X74
GIN X84
GIN X94
GIN X15
GIN X25
GIN X35
GIN X45
GIN X55
GIN X65
GIN X75

GIN X85
GIN X95
GIN X16
GIN X26
GIN X36
GIN X46
GIN X56
GIN X66
GIN X76
GIN X86
GIN X96
GIN X17
GIN X27
GIN X37
GIN X47
GIN X57
GIN X67
GIN X77
GIN X87
GIN X97
GIN X18
GIN X28
GIN X38
GIN X48
GIN X58
GIN X68
GIN X78
GIN X88
GIN X98
GIN X19
GIN X29
GIN X39
GIN X49
GIN X59
GIN X69
GIN X79
GIN X89
GIN X99
GIN X110
GIN X210
GIN X310
GIN X410
GIN X510
GIN X610
GIN X710

GIN X810
GIN X910
GIN X111
GIN X211
GIN X311
GIN X411
GIN X511
GIN X611
GIN X711
GIN X811
GIN X911
GIN X112
GIN X212
GIN X312
GIN X412
GIN X512
GIN X612
GIN X712
GIN X812
GIN X912
GIN KI1
GIN KI2
GIN KI3
GIN KI4
GIN KI5
GIN KI6
GIN KI7
GIN KI8
GIN KI9
GIN KI10
GIN KI11
GIN KI12
GIN AXF1
GIN AXF2
GIN AXF3
GIN AXF4
GIN AXF5
GIN AXF6
GIN AXF7
GIN AXF8
GIN AXF9
GIN AXF10
GIN AXF11
GIN AXF12
GIN AYP1

GIN AYP2
GIN AYP3
GIN AYP4
GIN AYP5
GIN AYP6
GIN AYP7
GIN AYP8
GIN AYP9
GIN AYP10
GIN AYP11
GIN AYP12
GIN QX1
GIN QX2
GIN QX3
GIN QX4
GIN QX5
GIN QX6
GIN QX7
GIN QX8
GIN QX9
GIN QX10
GIN QX11
GIN QX12
GIN QY1
GIN QY2
GIN QY3
GIN QY4
GIN QY5
GIN QY6
GIN QY7
GIN QY8
GIN QY9
GIN QY10
GIN QY11
GIN QY12

EK – 2 LİNDİ ÇÖZÜMÜ

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 442906.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
YM11	1200.000000	.000000
YM12	2481.000000	.000000
YM14	1123.000000	.000000
YM15	1197.000000	.000000
YM16	3603.000000	.000000
YM19	4736.000000	.000000
YM112	358.000000	.000000
YM21	1200.000000	.000000
YM22	1200.000000	.000000
YM23	1280.000000	.000000
YM24	1124.000000	.000000
YM25	1197.000000	.000000
YM26	1202.000000	.000000
YM27	1200.000000	.000000
YM28	1200.000000	.000000
YM29	1438.000000	.000000
YM210	961.000000	.000000
YM211	1208.000000	.000000
YM212	1390.000000	.000000
YM41	1200.000000	-62.000000
YM42	1200.000000	-62.000000
YM43	1200.000000	-62.000000
YM44	1200.000000	-62.000000
YM45	1200.000000	-62.000000
YM46	1202.000000	-62.000000
YM47	1200.000000	-62.000000
YM48	1198.000000	-62.000000
YM49	1440.000000	-62.000000
YM410	961.000000	-62.000000
YM411	1199.000000	-62.000000
YM412	1400.000000	-62.000000
YM91	1200.000000	.000000
YM92	1200.000000	.000000
YM93	1200.000000	.000000
YM94	1200.000000	.000000
YM95	1200.000000	.000000
YM96	1200.000000	.000000
YM97	1200.000000	.000000

YM98	1200.000000	.000000
YM99	1200.000000	.000000
YM910	1200.000000	.000000
YM911	1200.000000	.000000
YM912	1300.000000	42.000000
YD11	2800.000000	.000000
YD13	1401.000000	.000000
YD14	3625.000000	.000000
YD16	3374.000000	.000000
YD19	2801.000000	.000000
YD111	1518.000000	.000000
YD112	1481.000000	.000000
YD21	1400.000000	.000000
YD22	1400.000000	.000000
YD23	1400.000000	.000000
YD24	1489.000000	.000000
YD25	1423.000000	.000000
YD26	1422.000000	.000000
YD27	1267.000000	.000000
YD28	1399.000000	.000000
YD29	1401.000000	.000000
YD210	1400.000000	.000000
YD211	1518.000000	.000000
YD212	1381.000000	.000000
YD41	1400.000000	-81.000000
YD42	1400.000000	-81.000000
YD43	1400.000000	-81.000000
YD44	1400.000000	-81.000000
YD45	1512.000000	-81.000000
YD46	1288.000000	-81.000000
YD47	1400.000000	-81.000000
YD48	1400.000000	-81.000000
YD49	1400.000000	-81.000000
YD410	1401.000000	-81.000000
YD411	1450.000000	-81.000000
YD412	1449.000000	-81.000000
YD91	1400.000000	.000000
YD92	1400.000000	.000000
YD93	1400.000000	.000000
YD94	1400.000000	.000000
YD95	1400.000000	.000000
YD96	1400.000000	.000000
YD97	1400.000000	.000000
YD98	1400.000000	.000000
YD99	1400.000000	.000000

YD910	1400.000000	.000000
YD911	1400.000000	.000000
YD912	1400.000000	64.000000
X11	641.000000	.000000
X21	641.000000	.000000
X31	641.000000	.000000
X41	641.000000	.000000
X51	641.000000	.000000
X61	641.000000	.000000
X71	641.000000	.000000
X81	641.000000	.000000
X91	641.000000	29.000000
X12	641.000000	.000000
X22	641.000000	.000000
X32	641.000000	.000000
X42	641.000000	.000000
X52	641.000000	.000000
X62	641.000000	.000000
X72	641.000000	.000000
X82	641.000000	.000000
X92	400.000000	29.000000
X13	522.000000	.000000
X23	522.000000	.000000
X33	522.000000	.000000
X43	522.000000	.000000
X53	522.000000	.000000
X63	522.000000	.000000
X73	522.000000	.000000
X83	522.000000	.000000
X93	763.000000	29.000000
X14	595.000000	.000000
X24	595.000000	.000000
X34	595.000000	.000000
X44	595.000000	.000000
X54	595.000000	.000000
X64	595.000000	.000000
X74	595.000000	.000000
X84	595.000000	.000000
X94	595.000000	29.000000
X15	603.000000	.000000
X25	603.000000	.000000
X35	602.000000	.000000
X45	602.000000	.000000
X55	602.000000	.000000
X65	602.000000	.000000

X75	602.000000	.000000
X85	602.000000	.000000
X95	601.000000	29.000000
X16	600.000000	.000000
X26	599.000000	.000000
X36	600.000000	.000000
X46	600.000000	.000000
X56	600.000000	.000000
X66	600.000000	.000000
X76	600.000000	.000000
X86	600.000000	.000000
X96	601.000000	29.000000
X17	2797.000000	.000000
X27	876.000000	.000000
X37	876.000000	.000000
X47	876.000000	.000000
X57	876.000000	.000000
X67	876.000000	.000000
X77	876.000000	.000000
X87	876.000000	.000000
X97	876.000000	29.000000
X28	642.000000	.000000
X38	642.000000	.000000
X48	642.000000	.000000
X58	642.000000	.000000
X68	642.000000	.000000
X78	642.000000	.000000
X88	642.000000	.000000
X98	400.000000	29.000000
X29	288.000000	.000000
X39	288.000000	.000000
X49	288.000000	.000000
X59	288.000000	.000000
X69	288.000000	.000000
X79	288.000000	.000000
X89	158.000000	.000000
X99	400.000000	29.000000
X210	992.000000	.000000
X310	992.000000	.000000
X410	992.000000	.000000
X510	601.000000	.000000
X610	270.000000	.000000
X710	270.000000	.000000
X810	400.000000	.000000
X910	400.000000	29.000000

X111	420.000000	.000000
X211	420.000000	.000000
X311	418.000000	.000000
X411	418.000000	.000000
X511	809.000000	.000000
X611	1140.000000	.000000
X711	1140.000000	.000000
X811	1140.000000	.000000
X911	603.000000	29.000000
X112	9524.000000	.000000
X212	394.000000	.000000
X312	396.000000	.000000
X412	396.000000	.000000
X512	396.000000	.000000
X612	396.000000	.000000
X712	396.000000	.000000
X812	396.000000	.000000
X912	933.000000	29.000000
KI1	2959.000000	41.000000
KI2	3200.000000	41.000000
KI3	2837.000000	41.000000
KI4	3005.000000	41.000000
KI5	2999.000000	41.000000
KI6	2999.000000	41.000000
KI7	2724.000000	41.000000
KI8	3200.000000	41.000000
KI9	3200.000000	41.000000
KI10	3200.000000	41.000000
KI11	2997.000000	41.000000
KI12	2667.000000	41.000000
AXF1	4.000000	800.000000
AXF2	4.000000	800.000000
AXF3	4.000000	800.000000
AXF4	4.000000	800.000000
AXF5	4.000000	800.000000
AXF6	4.000000	800.000000
AXF7	4.000000	800.000000
AXF8	4.000000	800.000000
AXF9	4.000000	800.000000
AXF10	4.000000	800.000000
AXF11	4.000000	800.000000
AXF12	4.000000	800.000000
AYF1	9.000000	17550.000000
AYF2	9.000000	800.000000
AYF3	9.000000	800.000000

AYF4	9.000000	800.000000
AYF5	9.000000	800.000000
AYF6	9.000000	800.000000
AYF7	9.000000	800.000000
AYF8	9.000000	800.000000
AYF9	9.000000	800.000000
AYF10	9.000000	800.000000
AYF11	9.000000	800.000000
AYF12	9.000000	800.000000
QY1	1.000000	-66200.000000
IDM912	100.000000	.000000
EX	.250000	.000000
II82	241.000000	.000000
II25	1.000000	.000000
II85	1.000000	.000000
II16	1.000000	.000000
II17	1922.000000	.000000
II18	1280.000000	.000000
II88	242.000000	.000000
II19	992.000000	.000000
II79	130.000000	.000000
II410	391.000000	.000000
II510	331.000000	.000000
II211	2.000000	.000000
II811	537.000000	.000000
II112	9130.000000	.000000
IDM12	1281.000000	.000000
IDM13	1.000000	.000000
IDM23	80.000000	.000000
IDM24	4.000000	.000000
IDM25	1.000000	.000000
IDM16	2401.000000	.000000
IDM26	1.000000	.000000
IDM46	2.000000	.000000
IDM17	1201.000000	.000000
IDM27	1.000000	.000000
IDM47	2.000000	.000000
IDM18	1.000000	.000000
IDM28	3.000000	.000000
IDM19	3299.000000	.000000
IDM29	1.000000	.000000
IDM49	240.000000	.000000
IDM110	2338.000000	.000000
IDM210	1.000000	.000000
IDM410	1.000000	.000000

IDM111	1130.000000	.000000
IDM211	10.000000	.000000
IDM112	98.000000	.000000
IDM412	100.000000	.000000
IDD11	1400.000000	.000000
IDD13	1.000000	.000000
IDD14	2137.000000	.000000
IDD24	89.000000	.000000
IDD15	714.000000	.000000
IDD45	112.000000	.000000
IDD16	2666.000000	.000000
IDD26	134.000000	.000000
IDD17	1399.000000	.000000
IDD27	1.000000	.000000
IDD19	1400.000000	.000000
IDD29	1.000000	.000000
IDD410	1.000000	.000000
IDD211	68.000000	.000000
IDD411	51.000000	.000000
IDD112	100.000000	.000000
IDD412	100.000000	.000000
AX	3.000000	.000000
AY	4.000000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
157)	.000000	42.000000
209)	.000000	64.000000
347)	.000000	16750.000000
360)	.000000	16750.000000

NO. ITERATIONS= 13151
 BRANCHES= 2863 DETERM.= 4.000E 0

EK – 3 FABRİKA YERLEŞİM PLANI