

T.C.

İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı
Üretim Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

TALEBİN DETERMİNİSTİK OLMASI
DURUMUNDA
ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI (MRP II)

Serdar Kaya

2501050604

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Necdet Özçakar

İstanbul 2010



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAYI

Enstitümüz **ÜRETİM** Bilim Dalında ders dönemindeki Eğitim - Öğretim Programını başarı ile tamamlayan **2501050604** numaralı **SERDAR KAYA'nın** hazırladığı "**TALEBİN DETERMİNİSTİK OLMASI DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI (MRP 2)**" konulu **YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA TEZİ** ile ilgili **TEZ SAVUNMA SINAVI**, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15.Maddesi uyarınca **06.10.2010 Çarşamba** günü saat **14.00'te** yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin**KABULÜ**.....ne* **OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA** karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
DOÇ.DR.NECDER ÖZÇAKAR	Kabulü	
DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabulü	
DOÇ.DR.ALPAZ BARAY	Kabulü	
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN	Kabulü	
YRD.DOÇ.DR.ÖZLEM AKÇAY KASAPOĞLU	Kabul	

TALEBİN DETERMİNİSTİK OLMASI DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI (MRP II) SERDAR KAYA

ÖZ

Üretim, mühendisler tarafından bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini artırıcı bir değişiklik yapmak ya da hammadde veya yarı mamulleri mamul haline getirmek olarak tanımlanabilmektedir.

Üretim yönetimi, bir işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve işgücü kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenen kalitede, istenilen zamanda ve mümkünse en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir. Üretim yönetiminde ise; MRP, MRPII, ERP başlıca olmak üzere, kullanılan birçok sistem geliştirilmiştir.

Bu çalışmada; üretim, üretim sistemleri, MRP(Malzeme İhtiyaç Planlama), MRPII (Üretim Kaynakları Planlama) hakkında bilgi verilmiş ve talebin deterministik olduğu durumlarda MRPII (Üretim Kaynakları Planlaması) örnekleri ile birlikte anlatılmıştır. Talebin değişmesi ya da fazla mesai durumunun söz konusu olması durumunda hazırlanmış olan çizelgenin yeniden yapılması veya revize edilmesi durumu uygulamalı olarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP), Üretim Kaynakları Planlaması (MRPII), Ana Üretim Çizelgesi (AÜÇ), Üretim

MANUFACTURING RESOURCE PLANNING (MRPII) UNDER DETERMINISTIC DEMAND

SERDAR KAYA

ABSTRACT

Production can be defined as making a difference which increases its value on a physical object or to transform raw or sub materials to the products by engineers.

Production management is stated as combining machines, materials and labour sources to produce products with determinated quantity which wanted to be certain quality, certain time and possibly with minimum cost. In production management too many systems which MRP, MRPII, ERP are principal, are developed.

In this thesis, firstly has been explained; production, production systems, MRP (Material Requirement Planning), MRPII (Manufacturing Resource Planning) and gives some examples when demands are under deterministic. What is more if the deterministic demands are change or overtime production available, how will the manufacturing resource planning reschedule or made some correction on program. This issue explains with examples.

Keywords: Materials Requirement Planning (MRP), Manufacturing Resource Planning (MRPII), Master Production Schedule, Production

ÖNSÖZ

Şirketler arası rekabetin baş döndürücü bir ivme kazandığı günümüzde, ayakta kalabilmek için yapılması gereken en temel şeylerden birisi kuşkusuz rekabetten uzak kalmamak hatta rekabetin bir parçası olmaktır.

Maliyet açısından yapılması gereken en temel şey ise üretim kaynaklarını en iyi şekilde kullanmak ve üretim maliyetlerini minimize ederek; optimum üretim koşullarını sağlamaktır. Bu noktada ise; maliyetleri minimize etmeye yönelik MRP, MRPII ve ERP gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır.

Üretim Kaynakları Planlaması (MRPII) sisteminin tasarım ve yönetimi, rekabetin yoğun olduğu pazarlarda bulunan üretim firmaları için giderek önem kazanmaktadır. Özellikle belirsiz talep ortamında Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sistemlerindeki çizelge kararsızlığını ya da gerginliğini azaltmak MRPII sistem performansını önemli derecede etkilemektedir. Bu nedenle planlamanın başında ortaya konulan talep verilerinin değişimi durumunda yapılacaklar da son derece önemlidir.

Bu çalışmanın amacı; Üretim Kaynakları Planlamasının (MRPII) detaylı olarak ele alınması ve deterministik olan talebin değişimi durumunda çizelgelemede yapılacak olan değişikliklerin uygulamalı olarak anlatılması ve karşılaştırılması üzerine kuruludur.

Bu nedenlerle böyle bir konuda bana çalışma olanağı sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Necdet ÖZÇAKAR'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
1. ÜRETİM, ÜRETİM YÖNETİMİ VE ÜRETİM SİSTEMLERİ	2
1.1. Üretim	2
1.2. Üretim Sistemleri ve Üretim Yönetimi	3
1.3. Üretim Yönetiminin Amaçları ve Faaliyetleri	6
1.4. Üretim Sistemleri ve Yönetiminin Tarihsel Gelişimi	8
1.5. Üretim Yönetiminde ve Üretim Kaynakları Planlamasında Kullanılan Başlıca Kavramlar ve Kısaltmalar	12
2. MRPII SİSTEMİ SİSTEMİN YAPISI VE TARİHSEL GELİŞİMİ	15
2.1. MRPII Tanımı	15
2.2. MRPII Sisteminin Modülleri	16
2.3. MRP II Girdi ve Çıktıları	19
2.4. MRPII Sisteminin Tarihsel Gelişimi	21
2.4.1. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)	21
2.4.2. Kapalı Devre MRP (Closed Loop MRP)	23
2.4.3. Üretim Kaynakları Planlaması (MRPII)	25
3. MRPII SİSTEMİNİN GİRDİ VE PLANLAMA FONKSİYONLARI	28
3.1. Üretim Planlama	28
3.1.1. Üretim Planlamanın Tanımı, Önemi ve Amacı	28
3.1.2. Üretim Planlama Tipleri	29
3.1.3. Üretim Planlama Kararları, Stratejiler ve Karşılaşılan Sorunlar	33
3.1.4. Bütünleşik Üretim Planlaması	38
3.2. Ana Üretim Çizelgesi	43
3.2.1. Talep Tahmini	46
3.2.2. Ana Çizelge Hesabı	46
3.3. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)	54
3.3.1. MRP Mantığı ve Kavramlar	54
3.3.2. Ürün Ağacı	59
3.3.3. Stok Yönetimi	60
4. DETERMİNİSTİK TALEBİN DEĞİŞMESİ DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI MRPII	63
4.1. Deterministik Talep Altında MRPII'ye Genel Bakış	63
4.2. Deterministik Talebin Değişmesi Durumunda Yeniden Planlama Yöntemi	63
4.3. Deterministik Talebin Değişmesi Durumunda Fazla Mesai Üretimi Probleminin Formülasyonu	65
4.4. Yeniden Planlama Ve Fazla Kapasite Kullanımı Yönteminin Kullanıldığı Örnek Çalışma	73

5. TALEBİN DETERMİNİSTİK OLMASI DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI UYGULAMASI	76
<i>5.1. Sistemin Yapısı ve Problemin Tanımı</i>	<i>76</i>
<i>5.2. Ürün Ağacı ve Üretim Sistemi.....</i>	<i>76</i>
<i>5.3. Malzemenin Operasyon Verileri</i>	<i>78</i>
<i>5.4. Varsayımlar.....</i>	<i>80</i>
<i>5.5. Yöntem</i>	<i>80</i>
<i>5.6. Çözüm</i>	<i>83</i>
5.6.1. Kısıtlar	83
SONUÇ:	86
KAYNAKÇA	88
EKLER.....	90

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 - Genel bir üretim sistemi (Tanyaş,2008:20)	5
Şekil 2 - Üretim sistemi ve çevresel etkileri (Tanyaş,2008:20)	5
Şekil 3 - Üretim Yönetimindeki Önemli Gelişmeler (Heizer ve Render, 2001: 4).....	9
Şekil 4 - MRPII Ana Yapısı (Şahin,1997;53)	17
Şekil 5 - MRPII Sisteminin İşleyiş Süreci (Şahin,1997;54)	18
Şekil 6 - Malzeme ihtiyaç planlama sistemi girdileri ve çıktıları (Korkmaz,2001;42).	20
Şekil 7 - Bir imalat işletmesinde MRP yönteminin uygulanmasında faaliyetlerin akış diyagramı. (Kobu, 2003: 368).....	22
Şekil 8 - MRP Sistemi (Şahin,1997;46).....	23
Şekil 9 - Kapalı Çevrim MRP (Şahin, 1997: 50)	25
Şekil 10 - Uygulama Çizelgesi (Çelikçapa,2000:194).....	27
Şekil 11 - Üretim ve diğer planlama faaliyetleriyle ilişkisi (Çelikçapa, 2000: 116)..	31
Şekil 12 - Kümülatif Gereksinime Göre Alternatif Üretim Planları (Çelikçapa, 2000: 125)	42
Şekil 13 - Üretim Yönetimi Sistem Çerçevesi (Çelikçapa, 2000: 143)	44
Şekil 14 - Arz ve talebin dengelenmesi (Tanyaş ve Baskak, 2008: 201).....	48
Şekil 15 - Ana Üretim Çizelgeleme süreci.....	50
Şekil 16 - Malzeme gereksinim planlaması sisteminin çıktıları (Tanyaş ve Baskak, 2008: 246).	58
Şekil 17 - Ürün Ağaçlarında baba-oğul ilişkisi (Tanyaş ve Baskak, 2008: 249).....	59
Şekil 18 - Ürün Ağacı	73
Şekil 19 - Üretim Planı.....	74
Şekil 20 – 30 Tip Tekli Körük Ürün Ağacı	77
Şekil 21 - Çok Aşamalı Üretim Sistemi.....	78

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 – Üretim Yönetiminde 10 Kritik Karar.....	7
Tablo 2 - Üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi (Tanyaş ve Baskak,2008:24).....	11
Tablo 3 - Üretim planlamasında çeşitli stratejiler için toplam maliyetin hesaplanması: (A) Talebi izleme stratejisi, (B) Sabit üretim hızı stratejisi, (C) Karma strateji (Kobu, 2003: 498)	36
Tablo 4 - Bir işletmenin tahmini talepleri ve minimum stok düzeyleri	40
Tablo 5 - Örneğe Ait Veriler.....	41
Tablo 6 - 3 Çeyreğe Ait Bütünleşik Planlama Verileri	43
Tablo 7 - Elde olması planlanan stoğun MPS çizelgesinde gösterimi	52
Tablo 8 - MPS miktarları ve zamanlamasının MPS çizelgesinde gösterimi.....	52
Tablo 9 - Satılabilir stok miktarlarının MPS çizelgesinde gösterimi	54
Tablo 10 - Maliyet Parametreleri	74
Tablo 11 - Fazla Mesai ve Yeniden Planlama Çizelgeleme Sonuçları	75
Tablo 12 - Fazla Mesai ve Yeniden Planlama Maliyet Sonuçları.....	75
Tablo 13 – Maliyet Verileri.....	79
Tablo 14- Kapasiteler	85

GİRİŞ

MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) planlama örnekleri açısından devrim niteliğinde bir öneme sahiptir. MRP'den önceki planlama metodlarında çizelgeleme ve satınalma stokların güvenli düzeyine göre belirlenir ve yeniden siparişler oluşturulurdu. Minimum stok düzeyi siparişin tetiklenmesini sağlar, maksimum düzeyine kadar sipariş oluşturulması sağlanırdı. Önceki dönemlerde kullanılan metodlar geçmiş dönemi baz alırdı. MRP bu konuda farklılık göstererek geleceğe yönelik planlama dönemini başlattı. Ana üretim çizelgesi gelecek dönemi işaret eder. Son ürün ne zaman oluşur gibi soruların cevaplarını verir. Ürün ağacına bakar ve eldeki stok seviyelerini kontrol eder. MRPII (Üretim Kaynakları Planlaması) ise MRP'nin gelişmiş versiyonudur. Kapasite kısıtları gibi etkenler devreye girmiştir. Üretim yönetimindeki bu değişimler üretimin daha iyi takip edilebilir bir seviyeye gelmesine neden olmaktadır. MRP ile başlayan daha sonra MRPII ve ERP ile devam eden bu değişim zaman içinde küçük-büyük tüm işletmeleri etkisi altına almıştır. Günümüzde ERPII kavramı konuşuluyor olmakla beraber, en kısa sürede ihtiyaçlar çerçevesinde son şeklini alacaktır.

Ana Üretim Çizelgesindeki sık değişimler, iç ve dış sebeplerden dolayı oluşabilmektedir. Dış sebepler; belirsizliğe bağlı müşteri ihtiyaçları ve satış tahminleri vb. gibi sebeplerdir. İç sebepler ise parti büyüklüğü metodunun getirdiği özellikler vb. gibi sebepler olabilir.

1. ÜRETİM, ÜRETİM YÖNETİMİ VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

1.1. Üretim

Üretim ile ilgili birçok tanımlama vardır. “Ekonomistler üretimi fayda yaratmak şeklinde tanımlarlar. Mühendisler ise, bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini artıracak bir değişiklik yapmayı veya hammadde veya yarı mamulleri kullanılabilir bir mamule dönüştürmeyi üretim sayarlar.” İki tanım da bir kar amacı olduğundan dolayı işletmecilerin her iki tanımını da kabul etmesi en mantıklı yol olarak görünmektedir (Kobu,2003:3). Aslında tanım olarak ele alındığında mal ve hizmet üretimi olarak tanım özetlenebilir. Üretim; el ile tutulur (malzemeler) ya da el ile tutulamayan (hizmet gibi) yeni birşey üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu girdiler, malzeme ve hizmete dönüşür. Hatta günümüzde “fikirler” de üretim kapsamında yer almaktadır (Sheikh, 2003: 1).

“Daha genelleştirilmiş bir tanımlama olarak üretim "ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü" olarak tanımlanabilir.” Mal veya hizmetin ekonomik bir katkısının olması bu tanımlamada ön plana çıkmaktadır. Koparılan bir ağacın dalının kimseye faydası yoksa bunu üretim olarak tanımlamak yanlıştır. “Üretim, en yalın tanımıyla "yaratılan değer", "ekonomik bir anlamı olan herhangi bir şeyi ortaya çıkarmak için ortaya konan faaliyet" olarak da düşünülebilir.” (Tanyaş,2008:18).

Americana Ansiklopedisine göre de (1965) üretimin 3 farklı modu bulunmaktadır.

Birincil endüstriler; hammaddeyi direkt doğadan sağlayarak üretimin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir.

İkincil endüstriler; El ile tutulabilir ürünlerin üretiminin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir.

Üçüncü sırada yer alan endüstriler; ekonomistlerin fayda sağlama anlamında kullandıkları üretim kanadıdır. (Sheikh, 2003: 2-3).

Hizmet ve malzeme üretimi temel olarak üç fark taşımaktadır.

- Çıktıları farklıdır, biri el ile tutulabilir diğeri tutulamaz.
- Müşteri'ye ulaşım şekilleri farklıdır.
- Hizmet üretildiği anda tüketilir.

Malzeme üretiminde hammadde, yarı bileşen son ürün gibi değerlerler mevcuttur. Fiziksel özellikleri, şekli, boyutları, yüzey sonlandırılışı ve parçaların ve malzemeleri montajının yapılışı gibi etkenler malzeme üretimini hizmet üretiminden ayırır (Boyer ve Verma, 2010: 15-16).

1.2. Üretim Sistemleri ve Üretim Yönetimi

“Üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan malzeme, makina ve insan-gücü kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenilen niteliklerde (kalitede), istenilen zamanda ve en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir.” Tanımlama içerisinde yer alan değişkenlerin hepsinin optimum seviyede gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu noktada yönetsel süreçler devreye girer ve miktar, kalite, zaman, fiyat gibi değişkenler incelenerek önem sırasına göre yönetsel süreçlere karar verilir. “Üretim yönetimi disiplinin amacı "uygun araç ve yöntemler kullanarak yöneticinin karar verme yeteneğinin geliştirilmesi" olarak tanımlanabilir.” (Kobu,2003:6). Bölüm 1.1’de üretim kavramı ile ilgili ortaya tanımlamalar yer verildi. Üretim yönetimi ise, üretim faaliyetlerinin örgütlenmesi, yürütülmesi ve denetlenmesi ile ilgili bir kavramdır. (Çelikçapa,2000:2-3)

Üretim; mal ve hizmet üretimi olarak tanımlandığına göre üretim yönetimi de üretimin yerine getirilmesi için gerekli girdi ve çıktı faaliyetleri bütünüdür. Tüm organizasyonlarda mal ve hizmet üretimi için bazı aktivitelerin meydana getirilmesi gerekmektedir. Bazı organizasyonlarda üretim fonksiyonları daha az miktarda

bulunabilir. Bankacılık, sağlık sekt6r6, havacılık ve taşımacılık hizmet sektörlerine 6rneklerdir. Kısacası mal ve hizmet 6retimine y6nelik her t6rl6 6retim faaliyeti, organizasyonlar içinde 6retim ya da 6retim y6netimi olarak adlandırılır (Heizer ve Render, 2001: 4).

“6retim temel olarak girdiler ve çıktılar b6t6n6d6r. Girdileri 3 ana başlık altında toplayabiliriz.”

1. Doğa (toprak, madenler, su, hava)
2. Emek (işg6c6)
3. Sermaye

“6retim Y6netimi açısından ise girdileri beş madde halinde ifade etmekteyiz:”

1. Malzeme
2. İşçilik
3. Sermaye (arsa, bina, donanım, demirbaşlar)
4. Enerji
5. Diğer

“ıktılar; 6r6n, yarı 6r6n, yan 6r6n, hizmet ve artıklardır. Artıklar da istenmeyen çıktı olarak tanımlanabilir 6retim s6releri, 6retim ve hizmet çıktılarının elde edilmesi için gerçekleştirilen d6n6řt6rme s6releridir.” 6retim s6recinde s6rekli d6n6ř6mler s6z konusudur. Bu d6n6ř6mler çeşitli geri besleme (feedback) y6ntemleri ile izlenmeli ve g6stergelere g6re iyileştirmeler yapılmalıdır. Dış ve çevresel etkiler işletmenin i s6relerini etkilemekte, bu etkilere karşı işletmenin g6sterdiği direnç ve y6netimsel tepkiler, işletmenin rekabet ortamındaki yerini belirlemektedir. şekil 1 ve şekil 2’de bahsedilen d6n6ř6mleri ve çevresel etkileri g6r6lmektedir.

6retim sistemi, şirket organizasyonel yapısının bir parçasıdır ve pazarlama, satış, finansman, insan kaynakları, satınalma gibi firmanın diğer işlevsel alanlarında verilen kararlardan etkilenir. Çeşitli dış çevresel etkiler de, şirketin t6m işlevlerine etki etmektedir. şekil 1.’de 6retim sistemi ve çevresel etkiler g6r6lmektedir. “D6rt

1.3. Üretim Yönetiminin Amaçları ve Faaliyetleri

Bölüm 1.2’de de bahsedildiği gibi üretim yönetiminde 4 önemli faktör (miktar, kalite, zaman ve maliyet) rol oynar. İşletmenin temel amacı kar elde etmek olduğuna göre; üretim yönetiminin amacı da bu faktörlerin en fazla karı elde etmek için en uygun (optimum) değerlerin bulunması olarak tanımlayabiliriz. En fazla karı elde etme için de aşağıda belirtilen şartların sağlanması gerekmektedir.

- a) Tüketicinin tatmin ve memnun edilmesi,
- b) Stok seviyesinin optimum seviyede tutulması,
- c) İşletmenin üretim kaynaklarını optimum bir şekilde kullanması.

“Bu amaçlara yönelik faaliyetlerin yürütülmesinde iki bakımdan ekonomik davranma zorunluğu vardır:

1. Malzeme, stok miktarı, msn ve makina gücü konuları ile ilgili faaliyetlerin koordinasyonunda mamulün maliyeti.

2. Üretim yönetiminin kendi faaliyetlerinin mamulün maliyetine yansıyan payı.” (Kobu,2003:19-20)

Üretim yönetiminin amacı miktar, kalite, maliyet faktörleri için en uygun değerlerin bulunmasına yönelmiştir. Diğer bir deyişle üretim yönetimi; hangi malların ne miktarlarda, hangi özelliklerde, nerede ve kim tarafından yapılacağı sorularına en düşük maliyeti sağlayan cevabı bulmaya ve böylelikle;

- Tüketici isteklerinin fiyat, zaman, miktar ve kalite açısından en iyi şekilde karşılanması
- Stok düzeyinin mümkün olduğu kadar düşük tutulması veya stok devrinin artırılması,
- İşletmenin insan gücü ve makine kaynaklarından yararlanma derecesinin yükseltilmesi amaçlarını gerçekleştirmeye çalışır.

Üretim yönetimi faaliyetleri, işletme yapısına, üretim yöntemlerine, işletmenin faaliyet gösterdiği sektöre göre farklılık gösterir. Tablo üretim yönetiminde verilmesi gereken 10 kritik kararı göstermektedir. (Heizer ve Render, 2001:7-8)

Tablo 1 – Üretim Yönetiminde 10 Kritik Karar

10 KRİTİK KARAR	CEVAPLANMASI GEREKEN SORULAR
Mal ve Hizmetin Tasarımı	Üretmek istediğimiz mal veya malzeme ne sunuyor? Mal ve Hizmeti nasıl tasarlamalıyız?
Kalite Yönetimi	Kaliteden kim sorumlu? Ürettiğimiz mal veya hizmette istediğimiz kaliteyi nasıl tanımlayabiliriz?
Proses ve Kapasite Tasarımı	Üretimi gerçekleştirmek için gerekli üretim prosesler nelerdir ve ne kadar gereklidir? Hangi ekipmanlar ve teknolojiler üretimi gerçekleştirmek için gereklidir?
Konum	Faaliyet göstereceğimiz yer neresi? Konumlandırma kararı alırken hangi kriterleri göz önüne almalıyız?
Yerleşim Planlaması	Yerleşimi nasıl yapmalıyız? Yerleşim alanı büyüklüğü ne kadar olmalıdır?
İnsan Kaynakları ve İş Tasarımı	İş ortamı olarak ne sunuyoruz? İstihdam edilmesi gereken iş gücü miktarı nedir?
Tedarik Zinciri Yönetimi	Bileşenleri üretmeli miyiz? Yoksa satın mı almalıyız? Tedarikçilerimiz kimler olmalı?
Malzeme İhtiyaç Planlaması ve JIT	Ne kadar stok bulundurmalıyız? Yeni siparişi ne zaman vermeliyiz?

**Kısa, Orta ve Uzun Dönemli
Planlar**

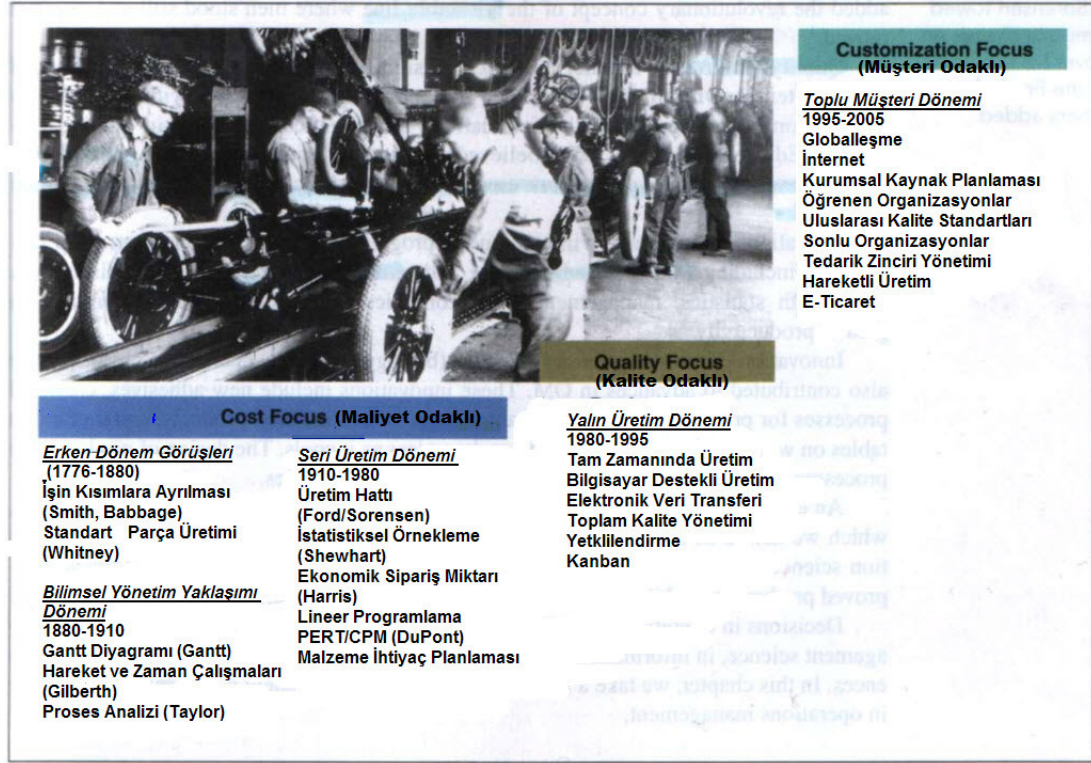
Sözleşmeli üretim iyi bir fikir mi?
Çalışanları belirli sözleşmeli mi
çalıştır malıyız?

Bakım

Bakımdan kim sorumlu olmalı?

1.4. Üretim Sistemleri ve Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Üretim yönetimi kavramı nispeten yeni bir oluşum olmasına rağmen tarihsel açıdan ilginç ve önemli aşamalardan geçmiştir. Yaşamımız üretim yönetimi disiplinine göre şekillenmiş ve gelişim ve değişimlerle son şeklini almakta ve almaya devam etmektedir. Şekil 3’de bu değişim ve gelişime hizmet eden önemli isimleri ve bu değişimlerin tarihleri gösterilmektedir. (Heizer ve Render, 2001:4-6).



Şekil 3 - Üretim Yönetimindeki Önemli Gelişmeler (Heizer ve Render, 2001: 4)

Üretim Sistemleri 18. yüzyıldan bu yana çok önemli beş aşama geçirmiştir.

“Aşamalardan ilki 1760 yılında James Watt'ın buhar makinasını bulması ve buhar gücünün insanlığın hizmetinde kullanılmasıdır.” Buhar makinasının bulunması sürecin başlangıcı açısından önemli bir yere sahiptir. “18. yüzyılda Adam Smith uzmanlaşma kuramıyla işleri küçük parçalara ayırarak her işçinin salt bir işi yaptığında, daha etkin çalışacağını öne sürmüştür”. Charles Babbage ise uzmanlaşmaya göre işbölümü kavramını daha da geliştirmiştir.

“İkinci aşama, 19. yüzyılın başlarıdır ve burada ikame edilebilir parça (standardizasyon-interchangeability) kavramı geliştirilmiş ve uygulanmıştır.” Bu tip paraçalar taşeronluk ya da yan sanayi adını verdiğimiz üretim süreçlerinin temelini oluşturmuştur. Böylece standart parçalar farklı yerlerde üretilmiş ve montaj aşamasında istene üretim alanına gelmiştir.

“Üçüncü aşamayı oluşturan Taylor, işçileri çalışma başında en ince ayrıntısıyla incelemeye almasıyla bilimsel yönetimin temel taşı yerleştirmiştir. 20. yüzyılın

başlangıç yıllarında Henry Ford tarafından geliştirilen montaj hatları ile birlikte kitle üretimine (mass production) geçiş, dördüncü aşamayı oluşturmuştur.” (Tanyaş ve Baskak,2008:21-22).

Endüstride ortaya çıkan bu yeniden yapılanma sürecinin pazara uyum açısından en belirgin yönelimi ürünün niteliğindeki değişimle ilgidir. Yeni rekabet koşullarında, firmaların değişken pazar yapısında ve tüketici tercihlerindeki mal çeşitlemesine hızla yanıt verecek ürün esnekliğine sahip olmaları gerekmektedir; yani üretilen ürün yelpazesinin geliştirilmesi, ayrıca ürün esnekliğinin sağlanması için firmaların sürekli tasarım değişikliği ve yeni buluşlar yapma kapasitelerini geliştirmeleri önemli olmaktadır. Esnek ürün ve yeni tasarıma dayalı rekabet koşulları, zamanında teslim, kısa sürede üretim ve kaliteli mal konusunun önemini de ortaya çıkarmaktadır.

Yalın üretim, yapısında gereksiz hiç bir öge taşımayan üretim sistemidir. Bu sistemde hatanın, maliyetin, stoğun, ürün geliştirme süresinin, üretim alanının, firenin, müşteri hoşnutsuzluğu gibi öğelerin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır.

İkinci Dünya Savaşı ile birlikte artan talebe yanıt verme gereksinimi doğmuştur. Bu aşamada Malzeme Gereksinim Planlaması (MRP: Materials Requirement Planning) ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım gereksinimler doğrultusunda çeşitli evreler geçirerek 1980'li yıllara kadar başarı ile kullanılmıştır. Ancak bundan sonra talep yapısında, dolayısıyla üretim yapısında bir değişiklik olmuştur. Stoğa üretim yapısından siparişe göre üretim yapısına geçilmiştir. Müşteri odaklılık üretimin her aşamasında benimsenen bir ilke olmuştur (Heizer ve Render, 2001: 6).

Gelişen bilişim teknolojileri ve otomasyon yöntemleri üretim yönetiminde yepyeni kavramlar ortaya çıkarmıştır:

- Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)
- Bilgisayar Destekli Üretim (CAM)
- Tam Zamanında Üretim Sistemi (JIT)
- Toplam Kalite Yönetimi (TQM)
- Esnek Üretim Sistemleri (FMS)
- Optimize Üretim Teknikleri (OPT)
- Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemleri (CIM)

- Müşteri Odaklı Üretim Sistemleri (COMMS)
- Üretim İşletim Sistemi (MES)
- Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)

Üretim sistemlerinin temel taşları kronolojik olarak Tablo 2'de gösterilmiştir. (Tanyaş ve Baskak,2008:21-24).

Tablo 2 - Üretim sistemlerinin tarihsel gelişimi (Tanyaş ve Baskak,2008:24).

YIL	KONU	ONCU
1760	Buhar Makinasının Bulunması	James Watt
1776	İmalatta Uzmanlaşma	Adam Smith
1832	Uzmanlaşmaya Göre işbölümü	Charles Babbage
1800'ler	ikame edilebilir parça kullanımı (standardizasyon)	
1900	Bilimsel Yönetim	Frederic W.Taylor
1900	Hareket Ekonomisi İlkeleri	Frank ve Lilian Gilbreth
1901	Çizelgeleme	Henry Lee Gantt
1913	Montaj Hattı Üretimi	Henry Ford
1920	Stok Kontrol	F. W. Harris
1940	II. Dünya Savaşında Yöneylem Araştırması	P.M.S. Blacket
1950	Otomasyona Geçiş	
1968	Üretimde Bütünleştirme	
1970	Üretimde Bilgisayar Destekli Uygulamalar (CPM, PERT, MRP)	
1980	CAD/CAM, MRP II, JIT, TQM, FMS, OPT, CIM	
1990	ERP, COMMS, MES	
2000	Tedarik Zinciri Yönetimi, SRM, CRM, e-iş	

Kronolojik olarak açıklanan veriler ışığında; tahmin değişkenlerini ve üretim planını implemente eden ERP sistemleri üretimin tarihi açısından çok önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Birçok ERP sistemi MRP sisteminin temeline dayanmaktadır. Bunun ile birlikte üretim parametrelerinin ve kapasitelerin dikkate alınması ERP'de önemli bir yer sağlamaktadır (Thomas, 2005: 15).

1.5. Üretim Yönetiminde ve Üretim Kaynakları Planlamasında Kullanılan Başlıca Kavramlar ve Kısaltmalar

MPS - Ana Üretim Çizelgeleme (Master Production Scheduling) : Standart ürünler ve müşteri siparişleri için, talep tahminleri, satışlar ve dağıtım fonksiyonlarının birlikte değerlendirilerek gerçekçi ve verimli bir üretim programı oluşturulmasını sağlayan modüldür.

BMS - Ürün Ağacı (Bill of Material System) : Ürün ağacı montajı yapılacak tüm ürünleri listeler ve seviye-seviye yapının baba-oğul (hammadde, yarı bileşen ve son ürün) ilişkisi içerisinde kuruluşunu gösterir. Her ürün ürün ağacı içerisinde tanımlanmalıdır (Toomey,1996:26).

MCS - Stok Kontrol Sistemi (Material Control System) :Stok düzeyinin arz-talep dengesi sağlanarak optimum düzeyde kalmasını sağlar.

MRP — Malzeme İhtiyaç Planlama (Material Requirements Planning) : Üretim ve satınalma çizelgelemesinin yapılmasını sağlar.

MSMMCLSP - Çok aşamalı ve çok makina kapasiteli lot büyüklüğü problemi (multi-stage, multi machine capacitated lot-sizing problem)

PCS - Satınalma Planlama ve Kontrol Sistemi (Purchasing Control System) : Satınalma sürecinde yer alan aşamalarda sağlıklı planlama ve kontrol fonksiyonlarıyla maliyetlerin düşürülmesini amaçlayan modüldür.

PRS - Üretim Emirlerini Planlama (Process and Routing System) : Mühendislik, üretim kontrol, maliyet, kalite fonksiyonlarında kullanılmak üzere üretim kaynaklarına ilişkin bilgilerin tutulduğu veri tabanı modülüdür.

CRP - Kapasite İhtiyaç Planlama (Capacity Requirements Planning) : Rasyonel iş yükleme ve optimum kapasite kullanımı kararlarını destekleyen, kapasitelerin izlenmesine olanak sağlayan modüldür.

SFC - Atölye Kontrol Sistemi (Shop Floor Control) : Atölye üretim programının izlenebilmesini, üretimin kontrolünü, işçilik süreleri ile makina zamanlanmı toplanması ve iş merkezi performansının değerlendirilmesine olanak sağlayan modüldür (Korkmaz,2001; 12).

Güvenlik Stoğu: Elde bulundurma ve elde bulundurmama maliyetleri göz önünde bulundurularak, piyasa dalgalanmalarında hesaba katılmasıyla ortaya çıkan stok değeridir.

Operasyon: Üretim sürecini, hangi kaynak ve iş istasyonlarında tamamlanacağını tanımlandığı bölümdür.

Rota: Bir üretimin gerçekleşmesi için gerekli operasyonları (hangi işlemlerden geçeceğini) sıralarıyla listeleyen bir kayıttır. İş istasyonlarındaki hazırlık ve işleme zamanları da belirtilerek işgücü planlamaya veri oluşturulur.

Reçete: Bir mamulü üretebilmek için kullanılması gereken diğer malzemelerin, üretim verileri ile birlikte girildiği kayıttır.

Mamul: Üretim sonunda çıktı olarak kullanılan malzemelerdir. Üretim ağacının en üst kademesidir.

Yarı Mamul: Satın alınarak ya da üretilerek kullanılan malzemelerdir.

Hammadde: Üretim sürecinde girdi olarak kullanılan malzemelerdir.

Asgari Stok: İş istasyonunda işlenebilecek minimum büyüklüktür.

Azami Stok: İş istasyonunda işlenebilecek maximum büyüklüktür.

Kaynak Türü: Operasyonun bir iş istasyonunda ya da iş istasyonu grubunda yapılacağını gösterir.

Hazırlık Süresi: İşlem başlamadan önce istasyonun hazırlanması ya da beklemesi gereken sürenin belirtildiği alandır.

İşlem Partisi: İş istasyonunun bir kez çalışması ile üretilen malzeme miktarıdır. Seçilen iş istasyonu ya da iş istasyonu grubunda aynı anda kaç malzemenin işlenebildiği işlem partisi alanında belirlenir.

İşlem Süresi: Bir işlem partisinin işlenebilmesi için gereken süredir.

Taşıma Partisi: Bir taşıma ile taşınabilecek malzeme miktarıdır.

Taşıma Süresi: Bir taşıma için gereken süredir.

Kontrol Süresi: İş istasyonunda ki çeşitli parametrelerin kontrol süresidir.

Kuyruk Süresi: Malzemenin operasyona girmeden önce kapasite nedeni ile beklediği süredir.

Operasyon Öncesi Bekleme Süresi: Üretilcek malzemenin bu operasyona girmek için belirli bir bekleme süresi varsa bu süreyi belirtir.

Operasyon Sonrası Bekleme Süresi: Üretilcek malzemeye başka bir işlem

uygulanacaksa ve bunun için belirli bir süre beklemesi gerekiyorsa bu süreyi belirtir.

Verim: Operasyon İhtiyaçları bazında Çalışan/İş İstasyonu performansının standarda oranını belirtir.

Serbest Bırakma: Üretim süresince hangi makinelerin ve çalışanların, ne zaman faaliyette bulunacaklarının belirlenmesini sağlar.

Üretim Emri: Ürün veya yarı mamule verilen emirler üretim emri olarak adlandırılır.

İş Emri: Ürünü veya yarı mamulü elde edebilmek için geçilmesi gereken operasyonların her birine verilen emirler iş emri olarak adlandırılır

Lojistik: Lojistik, doğru ürünü, doğru zamanda ve istenilen hizmet düzeyinde hammaddeden nihai tüketiciye olan bilgi ve mal akışlarını kontrol ederek sağlamak ve firma karını en çoklamaktır.

Rut: Lojistik içerisinde yer alan bir kavramdır. Dağıtımın yapılacağı güzergahı (en kısa yolu) gösterir.

Üretim Sistemleri: Üretim Sistemleri geleneksel üretim sistemleri ve çağdaş üretim sistemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

Parti büyüklüğü – (Lot Sizing): MRP çalıştırılmadan önce belirlenmesi gerekli temel fonksiyonlardan birisi uygun parti büyüklüğüdür. Bunun için kullanılan yöntemlerden bazıları:

- 1.Sabit Dönem İhtiyacı
- 2.Sabit Sipariş Miktarı
- 3.Lot For Lot (L4L)
- 4.Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM)
- 5.Dönem Sipariş Miktarı

2. MRPII SİSTEMİ SİSTEMİN YAPISI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

2.1. MRPII Tanımı

Değişime uyum sağlamak ve ayakta kalmak bütün organizasyonlar için oldukça zor süreçtir. Ayakta kalmak için işletmelerin modern üretim yönetimi ve planlama teknikleri ile bilgi teknolojisine her zamandan daha fazla önem vermeleri gerekmektedir. MRPII için çok çeşitli tanımlamalar yapılmıştır ve tanımlamalar teknoloji ilerledikçe ve ihtiyaçlar arttıkça ve değiştikçe devam etmektedir. “Eğer MRPII’ yi tek bir kelime ile tanımlayacak olursak "Disiplin" doğru kelimedir. Eğer üç kelimeyle ifade edersek, bunlar disiplin, performans ve ölçüm olacaktır.” (Şahin, 1997: 44).

“1980’li yılların ilk yıllarında malzeme ihtiyaç planlama (MRP), imalat şirketlerinin kaynaklarını planlamak ve çizelgelemek için çok daha geniş ve kapsamlı bir yaklaşıma dönüşmüştür. Bu genişletilmiş yaklaşım, imalat kaynakları planlaması yani MRPII’dir.” (Kubal,2001;23).

MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) planlama örnekleri açısından devrim niteliğinde bir öneme sahiptir. MRP’den önceki planlama metodlarında çizelgeleme ve satınalma stokların güvenli düzeyine göre belirlenir ve yeniden siparişler oluşturulurdu. Minimum stok düzeyi siparişin tetiklenmesini sağlar, maksimum düzeyine kadar sipariş oluşturulması sağlanırdı. Önceki dönemlerde kullanılan metodlar geçmiş dönemi baz alırdı. MRP bu konuda farklılık göstererek geleceğe yönelik planlama dönemini başlattı. Ana üretim çizelgesi gelecek dönemi işaret eder. Son ürün ne zaman oluşur gibi soruların cevaplarını verir. Ürün ağacına bakar ve eldeki stok seviyelerini kontrol eder. MRPII (Üretim Kaynakları Planlaması) ise MRP’nin gelişmiş versiyonudur. Kapasite kısıtları gibi etkenler devreye girer (Petroff,1993;6-7).

MRP II'nin en önemli faydaları arasında müşteri memnuniyetini ön plana çıkarması gösterilebilir. Bu sayede satış miktarları artırılıp rekabet'te ön plana çıkılabilir. Bu noktada da müşteri ihtiyaçlarını tam zamanında karşılama çok önemli bir faktördür. Organize bir şekilde planlanmış bir üretim, her zaman üretkenliği artırır ve maliyetleri azaltır. Önemli olan nokta iteratif bir şekilde optimum noktaya ulaşmaktır (Toomey,1996:10).

2.2. MRPII Sisteminin Modülleri

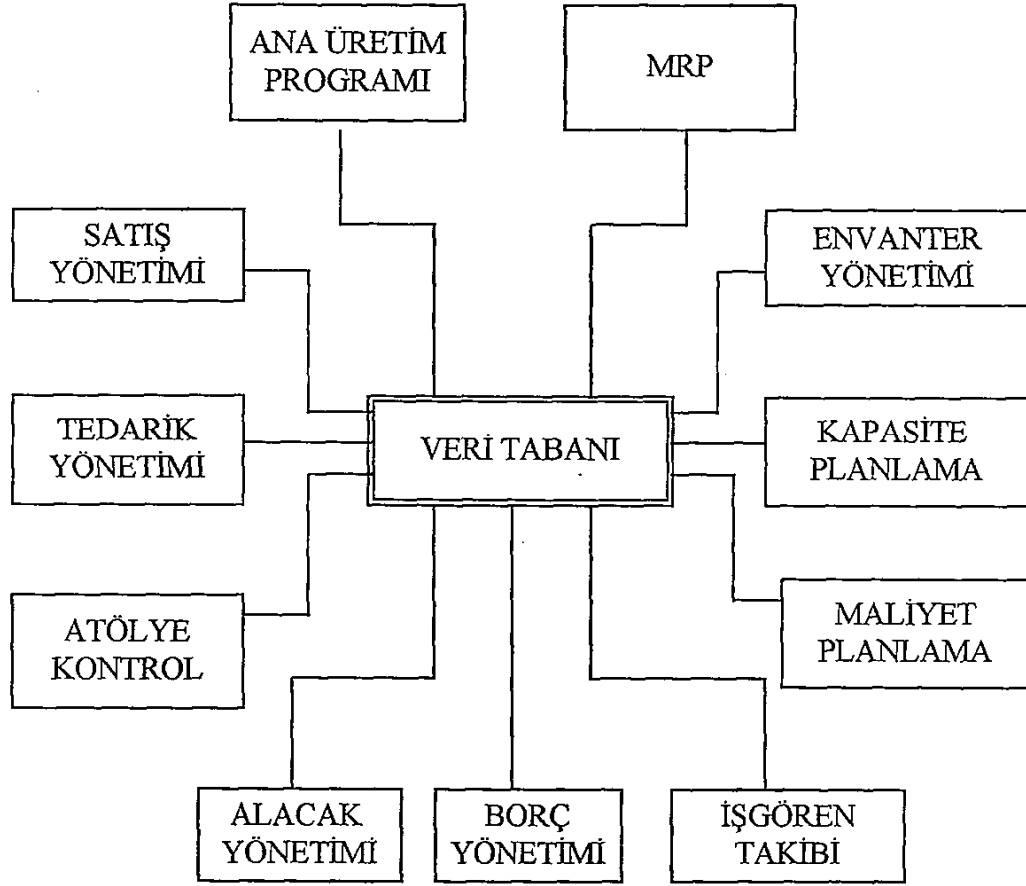
“MRPII herbiri birbirine bağlı çeşitli fonksiyonlardan meydana gelir: iş planlama, üretim planlama, ana üretim programı, MRP, CRP, kapasite ve malzeme için üretim destek sistemleri.”

MRPII üretim yönetimi açısından alınan kararlara göre optimize edilebilir ve son derece hassas bir şekilde bu yapı takip edilebilir. Çok fazla matematiksel formül ve algoritmalar olduğu için MRP II yazılımları bu noktada devreye girmektedir. Yazılımlar MRPII'ye şekil vermekte bazı nitelikler değişmekle birlikte MRP II olduğu ileri sürülen tüm yazılımlar Şekil 4'te verilen ana yapıya ve Şekil 5'de verilen davranış biçimine uymaktadır.

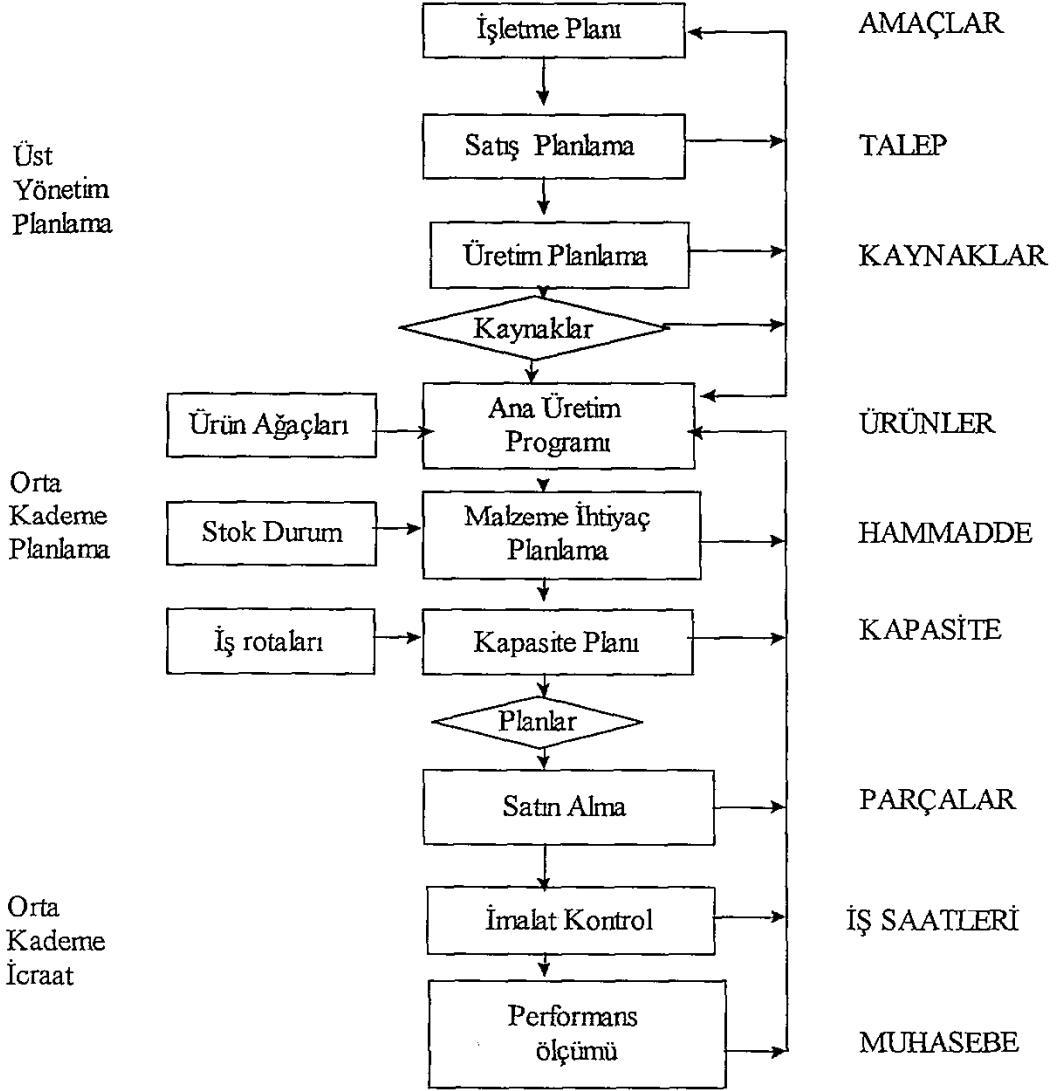
Veri tabanında ise aşağıdaki modüller bağlanır;

1. Ana Üretim Programı
2. Satış Yönetim
3. Envanter Yönetimi
4. MRP
5. Tedarik Yönetimi (Şahin,1997;51-52)

Üretim Kaynakları Planlaması sistemi, birbirine bağlı ve çeşitli fonksiyonlardan sorumlu modüllerden meydana gelmekte ve bu modüllerin çıktılan ortak bir veri tabanı oluşturmaktadır (Korkmaz,2001; 11).



Şekil 4 - MRP II Ana Yapısı (Şahin,1997;53)



Şekil 5 - MRP II Sisteminin İşleyiş Süreci (Şahin,1997;54)

2.3. MRP II Girdi ve Çıktıları

MRP tarafından üretilen raporlar; imalat, pazarlama, ürün araştırma ve geliştirme faaliyetlerini kontrol aracı olarak operasyonel ve finansal planlar üzerinde kullanılır.

Yükleme Planları; gelecek yıl müşteriler için aylık yükleme planlarını raporlar.

Ana Üretim Çizelgesi; montajı yapılacak parçaların ana ürün bazında projeksiyonudur.

Malzeme ihtiyaç planı; geleneksel zaman fazlı malzeme ihtiyaçlarının kademe kademe patlatılmasıdır. Bu plan üzerinde ürün grubuna göre TL. olarak eldeki envanter alınabilir, üretim planım ve tahmini dengeleri desteklemek için gerekli malzeme miktarı TL. Olarak görülebilir.

Satınalma raporu; satınalma emri no.su, parça sipariş no.su, birim fiyat, adet ve TL olarak geciken siparişler, teslim zamanı ve adedi, vadeler gibi bilgiler elde edilir.

Atölye kapasite raporu; işyükü kapasitesini saat olarak karşılaştırır.

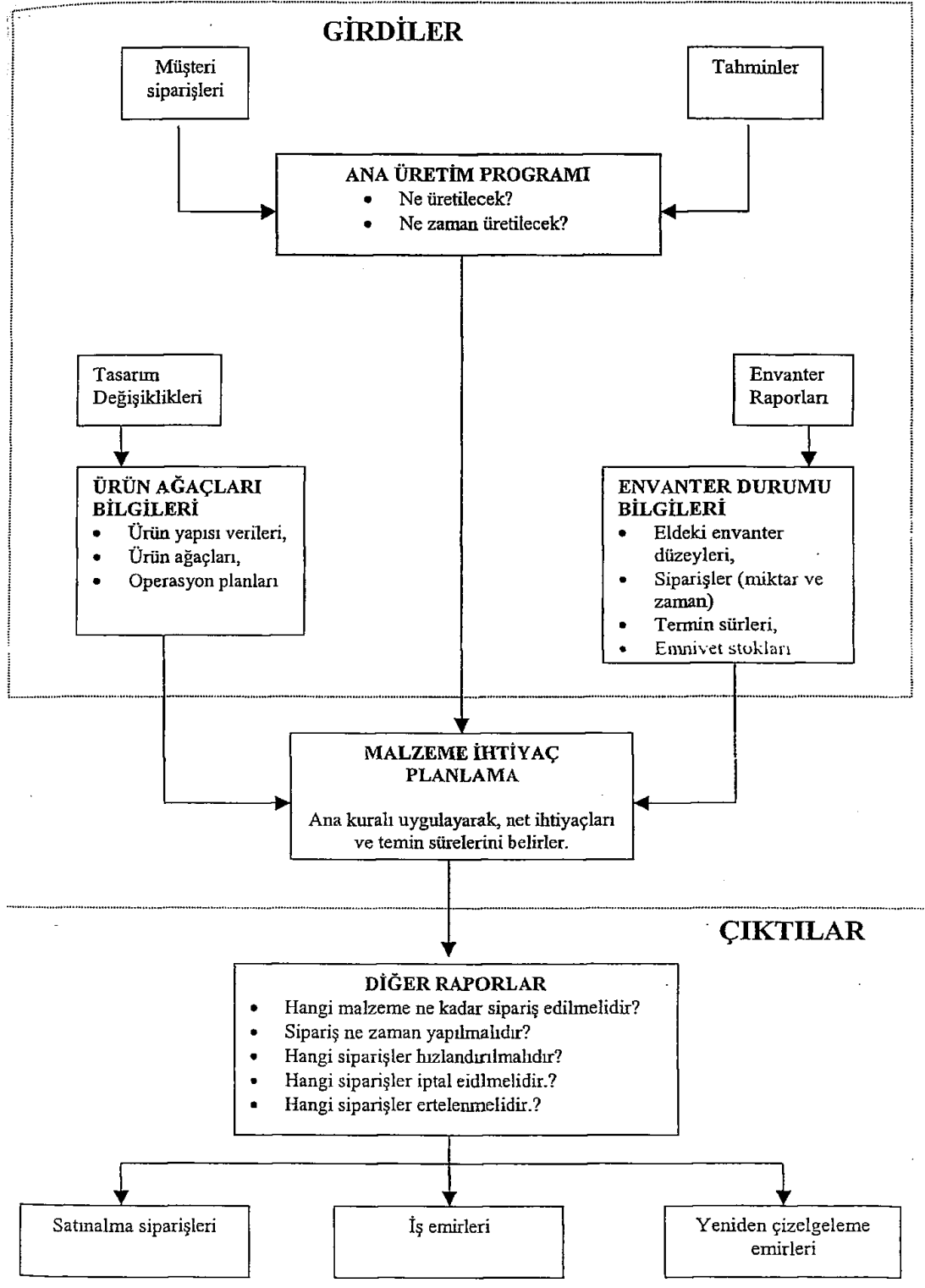
Müşteri sipariş durumu; ana ürüne göre çizelgelenmiş üretim tahsisini ve TL. olarak değerlerini verir.

Ürün maliyet raporları; üretim performansı araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde yeni tasarım maliyetlerini ve fiyatlarını incelemek için kullanılır.

Maliyet bütçesi raporları; gerçek ve bütünleşmiş işletim maliyetlerini karşılaştırır.

Kapasite ihtiyaç planları, ana üretim programı ve üretim planlarını tatmin etmek için gerekli iş merkezi ve gerekli süreye göre standart saatleri hesaplar

(Şahin,1997;57).



Şekil 6 - Malzeme ihtiyaç planlama sistemi girdileri ve çıktıları (Korkmaz,2001;42).

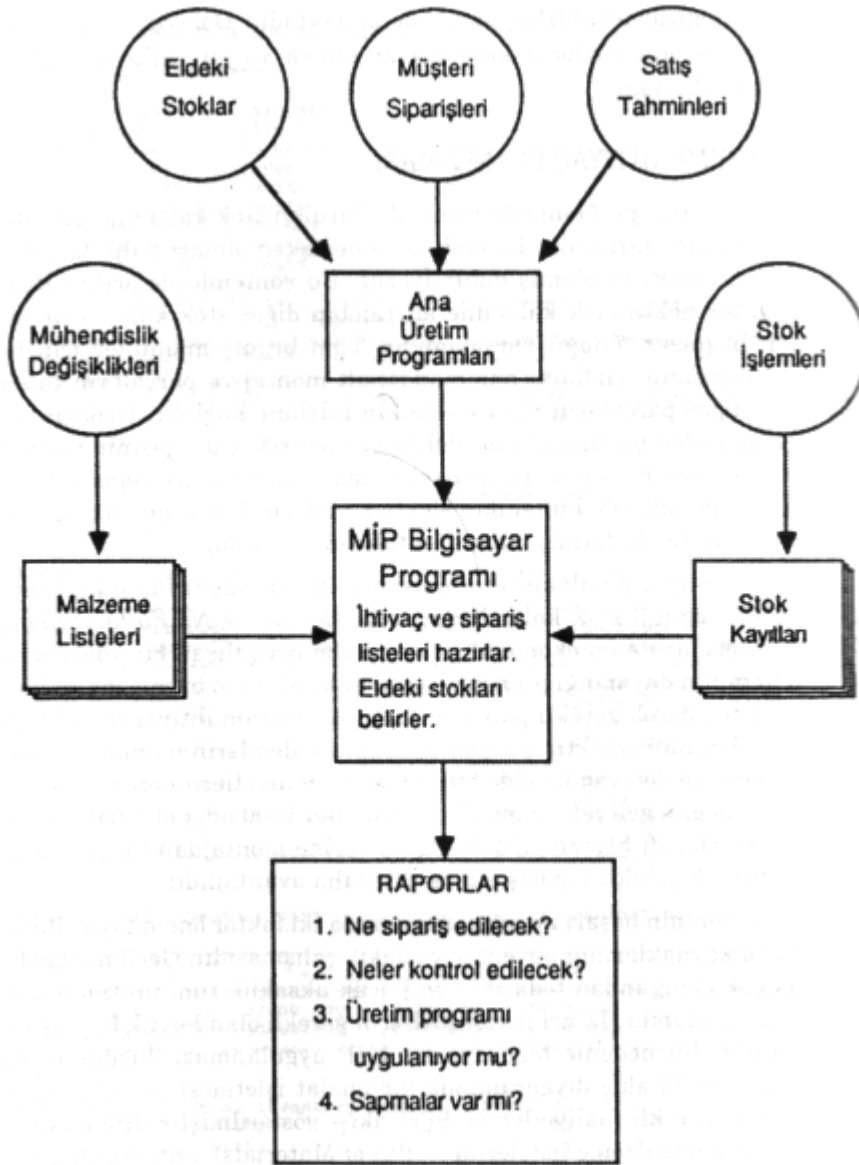
2.4. MRPII Sisteminin Tarihsel Gelişimi

“Üretim Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resource Planning / MRP II) üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için geliştirilmiş bir işletme planlama sistemidir. Kapalı sistem MRP mantığına dayanarak, kaynakların işletme içindeki fonksiyonel bağlantılarına göre planlanmasıdır. Ancak MRP II üretim planlaması, ana üretim programlaması, malzeme gereksinim planlaması, kapasite gereksinim planlaması, atölye düzeyinde kontrol ve satın alma fonksiyonlarını kapsar.” (Çelikçapa, 2000: 192-193).

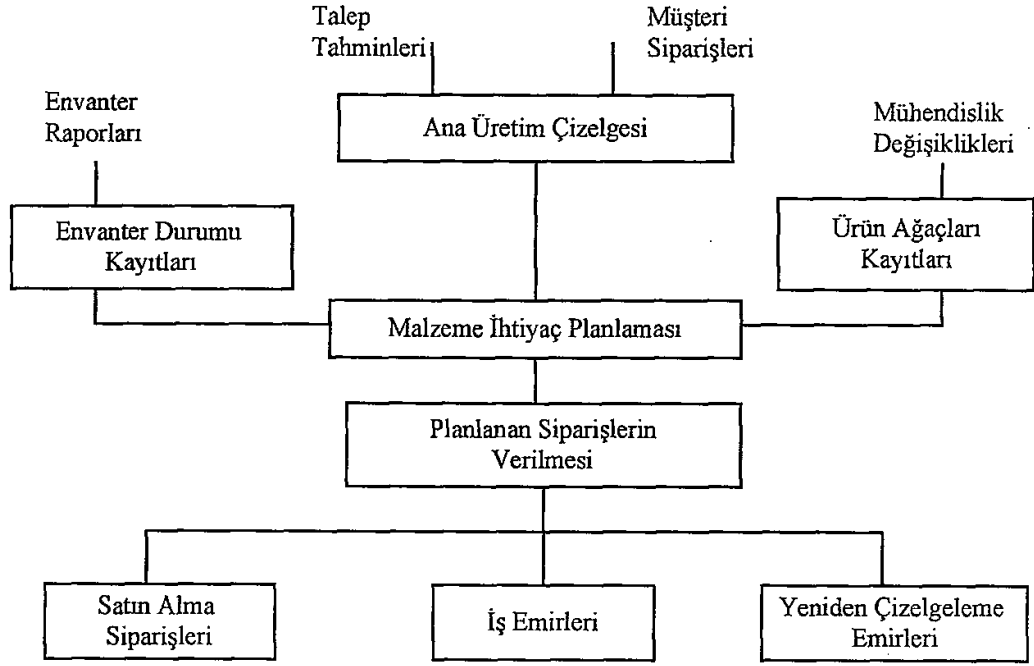
2.4.1. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

Malzeme ihtiyaç planlaması (Materials Requirement Planning) veya kısaca MRP, ürün ağacındaki malzemeler için ne sipariş edilmeli? Ne kadar sipariş edilmeli? Gibi soruların cevaplarını arayan bir sistemdir. MRP sisteminin başarılı olabilmesi için iki temel faktör vardır. İlki tedarikçilerin malzemeleri istenen zamanda getirmesi yani gecikme paylarının minimum düzeyde olmasıdır. İkincisi ise sisteme yüklenen verilerin doğruluğudur. Şekil 7’de buluna akış diyagramında bir üretim işletmesi için gerekli faaliyet akışı gösterilmiştir. MRP, MRPII ve ERP gibi kavramlar tezin önceki bölümlerinde de belirtildiği gibi çok fazla veri ve algoritma yükü içerisindedir bu nedenle bilgisayar desteği olmayan bir çözüm düşünülemez. Ürün ağaçları, ana üretim programları ve stok kayıtları önemli bir bilgi-işlem yüküne sahiptir (Kobu, 2003: 367).

“MRPII, MRP'deki ilk gelişmedir. Bazen küçük MRP veya sadece MRP olarak adlandırılır. MRP ana üretim programından gerçek üretim miktarını, planlanmış siparişlerin verilmiş tarihini, tam ihtiyaç duyuldukları zamanı tanımlar.” Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler beraberinde MRP, MRPII ve ERP sistemlerindeki gelişmeleri de getirmiştir. Şekil 8’de MRP sisteminin basit bir şekli verilmektedir (Şahin, 1997; 45-46).



Şekil 7 - Bir imalat işletmesinde MRP yönteminin uygulanmasında faaliyetlerin akış diyagramı. (Kobu, 2003: 368).



Şekil 8 - MRP Sistemi (Şahin,1997;46)

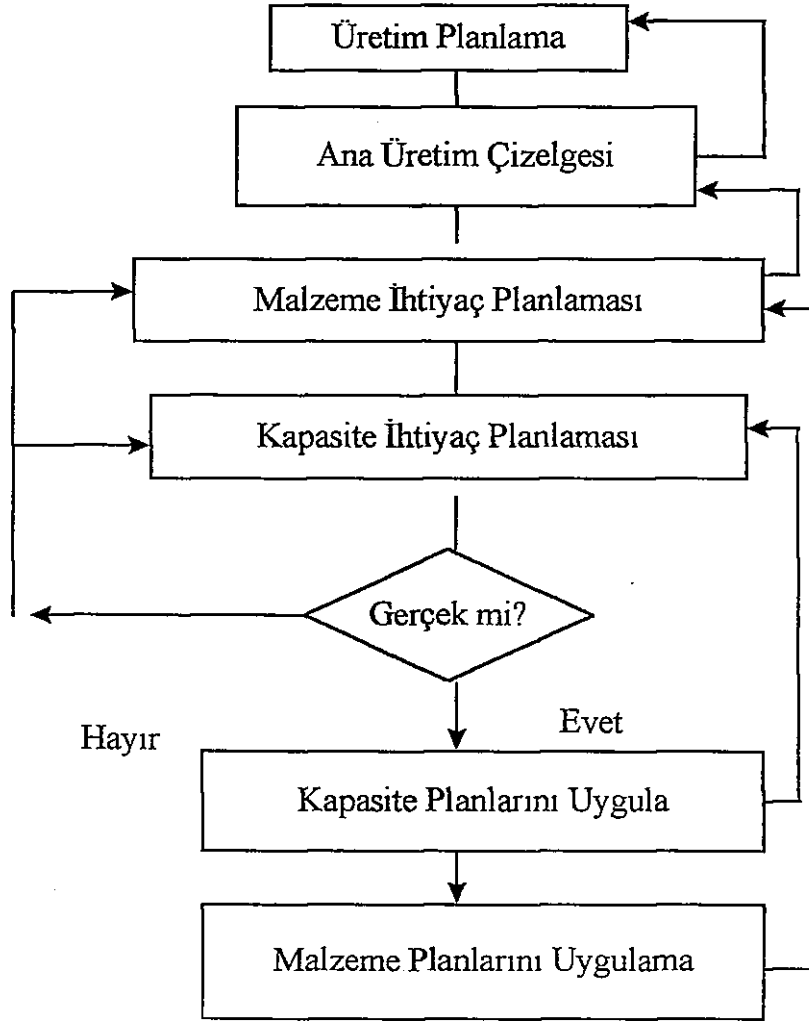
2.4.2 Kapalı Devre MRP (Closed Loop MRP)

Sistem, geribildirimler ile kapasite planlamasının sağlanmasını yapar. Bu sayede ana üretim çizelgesi ve üretim planının sürekli geçerli kalmasını sağlar. Kapalı Devre MRP'nin implemente edildiği MRP sistemi geribildirimleri, stok yönetim sisteminden çizelgelemeye aktarır. Özellikle kapalı devre MRP bilgilendirmeleri kapasite planlama ve üretim çizelgeleyiciye aktarır. (Heizer ve Render, 2001: 591).

MRP kullanan işletmeler değişken bir yapı içerisinde bulunduklarından dolayı sipariş miktarlarındaki ya da teslim tarihlerindeki değişiklikler sistemin yapısını birebir etkilemektedir. Bu nedenle süreç kapalı çevrim MRP ihtiyacını oluşturmuştur. Kapalı çevrimli MRP'nin en büyük farkı geribesleme olmasıdır.

“Kapalı Çevrimli MRP'yi tanımlamak gerekirse şöyle söyleyebiliriz: Kapalı çevrimli MRP, MRP çevresinde kurulan ve üretim planlamasının diğer fonksiyonlarını, ana üretim çizelgesini ve kapasite ihtiyaçları planlamasını (Capacity Requirements Planning - CRP) da içeren bir sistemdir.” Burada kapasite kısıtları da dikkate alınmıştır.

“MRP ve CRP, ana üretim programını olumlu olarak belirledikten sonra ana üretim programı ile MRP ve CRP planları, üretim için kısa dönem planlamada çekirdeği oluştururlar.” Kapalı çevrim MRP'nin avantajları şu şekilde sıralanabilir: MRP siparişleri ile gerçek talepler arasında karşılaştırma yapmak, MRP'nin ışığında yatay ve dikey bağımlılıkları tesbit etmek, ileri görüşlülük önceden tahmin edebilme yeteneği ve malzeme ve kapasite planlama ve kontrol içeriklerini bütünleştirme. Kapalı çevrimli MRP operasyoneldir ve gerçek imalat operasyonları hakkında bilgi üretir, sonraki adım ise MRPII yazılımı kullanarak finansal planlara bağlamak ve böylece imalat kaynaklarının planlanması sistemini başarmaktır (Şahin,1997;48-49).



Şekil 9 - Kapalı Çevrim MRP (Şahin, 1997: 50)

2.4.3. Üretim Kaynakları Planlaması (MRPII)

Gelişen teknoloji, dışa açılan ekonominin getirdiği rekabet ortamı, üretici kuruluşlarımızı daha planlı kontrollü ve daha kaliteli üretim yapmaya zorlamaktadır. Ayrıca, yüksek enflasyon ortamının getirdiği fazla yatırım ve işletme sermayesi ihtiyacı, fabrikalarımızı daha organize bir şekilde yönetilmeye ve maliyet kontrolüne zorlamaktadır. Bu durumda en uygun çözüm bilgisayar destekli üretim yönetimi veya kısa adıyla MRPII dir.

MRP II, yani "retim kaynakları planlaması" malzeme, makine ve işçi gibi üretim kaynaklarının en verimli şekilde planlanıp, kullanılmasını sağlayan bir sistemdir. Önceleri MRP, "malzeme ihtiyaç planlaması" olarak başlayan bu sistem, zaman içinde daha da geliştirilerek malzemenin yanı sıra diğer üretim kaynaklarının kontrolünü de kapsadı ve MRPII adını aldı (şahin, 1997: 48-49).

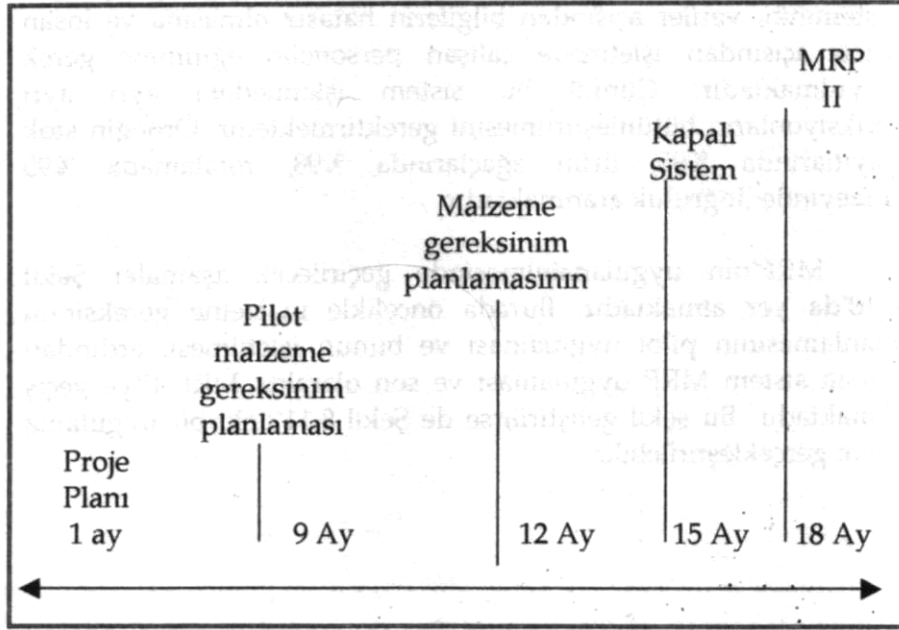
MRPII'nin mantığı şu dört sorunun cevabında aranabilir:

1. Ne'den, ne kadar üreteceğiz?
2. Bunları üretmek için nelere gerek vardır?
3. Elimizde ne'den, ne kadar bulunmaktadır?
4. Bunları nasıl ve ne zaman temin edeceğiz? (Kubal, 2001 :22)

MRPII sistemi aynı zamanda bir anlayıştır. Sistemin sağlıklı çalışabilmesi için çalışanların sisteme inanması ve sistemin gerekliliklerini yerine getirmesi gerekmektedir (şahin, 1997: 49).

2.4.3.1 MRP'den MRPII'ye Geçiş

“MRP'nin uygulanabilmesinde geçirilecek aşamalar şekil 10'da yer almaktadır. Burada öncelikle malzeme gereksinim planlamasının pilot uygulaması ve bunun işletilmesi, ardından kapalı sistem MRP uygulaması ve son olarakta MRPII'ye geçiş olmaktadır.” (elikapa, 2000: 193)



Şekil 10 - Uygulama Çizelgesi (Çelikçapa,2000:194)

3. MRPII SİSTEMİNİN GİRDİ VE PLANLAMA FONKSİYONLARI

3.1. Üretim Planlama

“Bir işletmede üretim planlamasının temel amacı, belirli bir ürünün istenilen miktarda, üretimin istenilen zaman ve nitelikte gerçekleşmesidir. Bunun sağlanması ise üretim faktörlerinin yeterli miktarlarda ve uygun zamanda temin edilmesi ile mümkün olur. Üretim faktörlerinin, yani hammadde ve malzemelerin, insan gücünün ve sermaye mallarının nitelik ve miktarları, üretilmesi düşünülen ürünün nitelikleri ve miktarı ile doğrudan bağlantılıdır” (Çelikçapa, 2000: 115).

Planlama ve kontrol iki önemli yönetim prosesidir. Planlama, tüm girdi değişkenlerinin hedefimize ulaşmak için gözönünde bulundurulması olarak tanımlanabilir. İşletmeler planlarını kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirebilir (Chary, 2009: 32.6-32.7).

3.1.1. Üretim Planlamanın Tanımı, Önemi ve Amacı

“Üretim planlaması gelecekteki imalat faaliyetlerinin (veya miktarlarının) düzeylerini ve limitlerini belirleyen fonksiyon olarak tanımlanabilir.” Üretim planları üzerinde gerektiği zaman değişiklikler yapılabilir. Hangi mamulün, ne zaman ve hangi iş istasyonlarında işlem görerek imal edileceği üretim planlarında değil, üretim programlarında belirlenir. Planların bağlayıcı olmamasına karşılık programlar bağlayıcıdır. Üretim programları mecbur kalmadıkça değiştirilemez.

“ÜP'nın önemi üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak hızla artmıştır. Modern bir imalat işletmesinde ÜP'nın kaçınılmaz bir şekilde yer almasını gerektiren nedenler şöyle sıralanabilir:”

- a. Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı.
- b. İşletme içi faaliyetlerin koordinasyonu.
- c. İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi.
- d. Tüketici kütesinin genişlemesi ve isteklerin değişik olması.
- e. Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması.
- f. Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması.
- g. İşletmenin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacı ile malzeme, makina zamanı ve insangücü kayıplarının minimum düzeye indirilme zorunluğu. (Kobu, 2003: 481)

3.1.2. Üretim Planlama Tipleri

Üretim planlama türleri, kapsadıkları zaman açısından üç sınıfa ayrılabilir. Üretim planları uzun, orta ve kısa olmak üzere farklı yönetim düzeylerinde, farklı hedefler ve farklı dönemler için yapılır. Uzun vadeli üretim planlamasında işletme için stratejik konularda kararlar alınarak planlama yapılırken; orta vadeli planlamada taktiksel konularda; kısa vadeli planlamada ise operasyonel konularda planlama yapılmaktadır (Örenli, 2009: 20).

İşletmeler, hangi üretim faktörlerine ne miktarlarda gereksinim duyduklarını belirleyebilmek için taleplerin ve siparişlerin fiilen açıklanmasına kadar bekleyebilecek durumda değildirler. Bu nedenle bir üreticinin ileride kendi ürününe yönelik olarak doğacak talebi önceden tahmin etmesi ve buna uygun olarak üretim kapasitesini hazır bulundurması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Üretim yöneticisi, burada belirli bir ürünün gelecekte ne kadar ve ne zaman talep edileceğini belirlemek ve buradan hareketle ileride gerek duyulacak üretim faktörlerini de zaman, miktar ve nitelikler yönünden tahmin etmek, planlamak durumundadır. Üretim yöneticisi, ayrıca üretim faktörlerinin tedarik yöntemlerini, üretim sürecinin yerini, sistemin kurulmasını ve işletilmesini önceden tasarlamak ve ilgili ana ilkeleri belirlemek

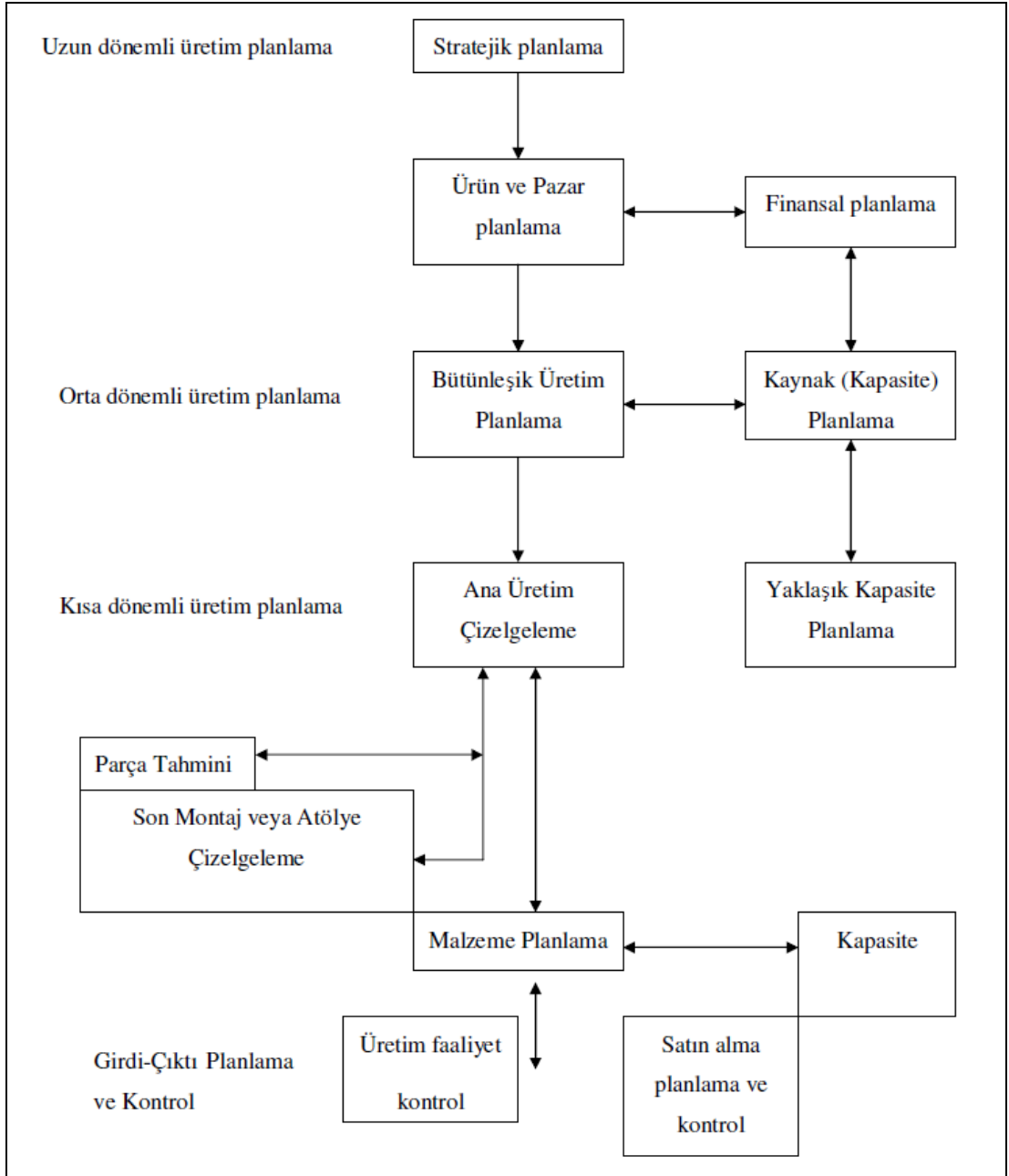
durumundadır. Bu ve benzeri faaliyetler "üretim planlaması'nın" kapsamındadır (Chary, 2009: 32.7-32.8).

Üretim planlaması faaliyetleri, uzun dönemli planlama, orta dönemli planlama ve kısa dönemli planlama şeklinde üç ayrı grupta incelenebilir. Şekil 11'de zaman açısından üretim planlama faaliyetleri ilişkisi görülmektedir.

“Üretim planlama yöntemleri arasında geleneksel yaklaşım, merkezi yaklaşım ve hiyerarşik yaklaşımdan söz edilebilir.” Geleneksel yaklaşım da üretim planlaması tüketici siparişlerine göre gerçekleştirilir. Tesis düzeyinde hangi ürünlerin nerede üretileceğine karar verildikten sonra, tüketici siparişlerine göre mevcut stok düzeylerine göre üretim miktarları belirlenir. Ancak burada işletme içindeki planlama ve koordinasyon eksikliğinden dolayı yüksek stok düzeyleri ile karşılaşılabilir. Merkezi üretim planlamasında da ek bazı siparişler ve diğer nedenler plana uyumu zorlaştırır. Ayrıca tüm dikkatler tesis düzeyinde yoğunlaştığı için bazı bölümlerin performansı ve sorunları gözden kaçır.

Hiyerarşik üretim planlamasında ise planlama faaliyetleri bölümlere ayrılır ve bu bölümler arasındaki bütünleştirme ve birbirini etkileme incelenir. Bu yapı içinde de ürünle ilgili bilgiler ve çizelgeleme atölye düzeyinde belirlenir. Buradaki belirgin karakteristikler şunlardır:

- Alt bölümlerin hiyerarşik düzeninde bilgi aktarımı mümkündür.
- Alt bölümler arasındaki etkileşme ve bağlantılar şeffaftır.
- Sonuçlar ve etki-tepki olaylarında bütün sistemin performans değerlendirmesi bağlantılar ve geri besleme ile sağlanır. Özetle hiyerarşik planlamada uzun dönemli, orta dönemli ve kısa dönemli planlama faaliyetleri bütünleştirilir (Çelikçapa, 2000: 116-117).



Şekil 11 - Üretim ve diğer planlama faaliyetleriyle ilişkisi (Çelikçapa, 2000: 116)

3.1.2.1. Uzun Dönem Planlama

“İşletmelerin isteklerine göre 5-10 yıl arası bir dönem için yapılan uzun dönemli planlama faaliyetleri, işletmelerin üretim stratejilerini belirlediginden üst düzey yöneticiler tarafından yürütülür. Uzun dönemli planlamanın temelini üretimin genel politikasının belirlenmesi ve kapasite kısıtlarının ortaya konması oluşturur.”

Uzun dönem için oluşturulan üretim planlarının, orta ve kısa dönemli üretim planları üzerinde önemli bir kısıtlayıcı etkisi söz konusu olduğundan, bu planların hazırlanmasında çok temkinli davranılmalı, mümkün olduğunca geniş bir çerçeveden bakılmalıdır. Çünkü sonuç olarak oluşan tesis tasarımları, seçilen üretim teknolojileri, belirlenen ürün karmaları, belirlenen kapasiteler işletmenin rekabetçi koşullarda ayakta kalmasında önemli derecede etkili olacak; maliyetleri, esnekliği, kaliteyi, hızı etkileyecek unsurlardır (Örenli, 2009; 20).

3.1.2.2. Orta Dönem Planlama

“Orta dönemli üretim planlamasının süresi işletmelere göre değişmekle beraber, genellikle 6-18 ay arası dönemler için hazırlanırlar. Bu dönem için yapılan planlara toplam üretim planlaması adı verilmektedir. Bu planlardaki ana hedef, minimum maliyetle eldeki kaynakların verimli dağıtımının yapılmasıdır. Toplam üretim planlamanın 2 temel amacı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.”

1. Talebin karşılanması için ekonomik stratejinin oluşturulması.
2. Kaynakların dağılımı için işletme çapında bir oyun planı hazırlamak.

Orta dönemli üretim planlamasında hazırlanan toplam üretim planlamasındaki "toplam" kelimesinin içeriği tüm ürün aileleri bazında plan geliştirilmesidir. Yani, kaynakların tek tek her bir ürün için dağıtımı bu dönemli planlamada söz konusu değildir. Toplam üretim planlaması ile, işgücü büyüklüğünün, üretim hızlarının, işletmenin tutması gereken ürün stoklarının, programlanması gereken fason imalat ve fazla mesai miktarlarının belirlenmesi sağlanmaktadır (Örenli, 2009; 20-21).

3.1.2.3. Kısa Dönem Planlama

“Orta dönemde hazırlanan toplam üretim planlarından hareketle, kısa dönemli üretim planlamasında öncelikle ana üretim programları hazırlanır. Ana üretim programı, ürünlerin her biri için ayrı ayrı işgücü, makine ve malzemelerin dağıtılmış programlarını içermektedir.”

Kısa dönemli programlar, her ne kadar işletmeler açısından sadece işlevsel olarak görülse de aslında, stratejik bir öneme sahiptirler. Çünkü, üretim planlamasında buraya kadar yapılanların hepsi- uzun ve orta dönemler için yapılanlar- planlama boyutunda iken, artık bu evrede gerçekten icraat kısmı başlamaktadır. Kısa dönemde yapılan program ve çizelgelerin stratejik önemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir

- Etkili bir çizelgeleme ile, işletme varlıklarının ve yatırımlarının daha etkin kullanılması sağlanır ve dolayısıyla, düşük maliyetlere ulaşılabilir,
- Kapasitenin esnek kullanımı ile beraber oluşturulabilecek hızlı teslimat ve bunun sonucu olarak da daha iyi bir müşteri hizmeti sunulabilir,
- İyi bir çizelgeleme sayesinde, teslim tarihleri ile ilgili sorunlar çok azalacağından işletme güvenilirlik imajı sağlayarak, rekabet avantajı elde edebilecektir (Örenli, 2009; 21-22).

3.1.3. Üretim Planlama Kararları, Stratejiler ve Karşılaşılan Sorunlar

Üretim Planlamada dinamik olabilmek için üretim planı karşılıklı etkileşim içerisinde olmalıdır. Bu da üst düzey bir görev bilinci gerektirmektedir.

Bir üretim planı gerçekleştirirken aşağıdaki 5 adıma dikkat edilmelidir.

Bunlar:

- Hazırlık

- Gözden Geçirme
- Uzlaşma
- Onay
- Implementasyon

Planın Hazırlanması:

Üretim planının hazırlanması temel noktadır. Güçlü bir şirket, ana üretim fonksiyonlarının gücü ile ölçülebilir. Bu ana üretim planlamasının iyi bir taslağıdır. Ana çizelgele, pazarlama planı satış tahminleri ya da deterministik talep verileri karşılığında hazırlıklarını yaparlar. Kullanılabilir veriler ışığında yetenek ve tecrübe de aylık üretim çizelgesinin oluşumuna zemin hazırlar. Onaydan sonra ham madde tedariki teknik operasyonlar ihtiyaç deneyimi ve tahminler gün ışığına çıkar.

Planın Gözden Geçirilmesi:

Hazırlanan plan geçmiş dönem performansları ile birlikte gözden geçirilir. Bu noktadaki amacımız kötü durum senaryolarını gözden geçirerek planının tüm şartlara uygunluğunu test etmektir. Kurumsal tüm çıkarlar gözden geçirilerek planlama rutin ve düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Plan Üzerinde Uzlaşılması

Üretim planı hayat geçirilmeden önce üst yönetimin onayına sunulur. Aylık üretim planı toplantısı stratejik bir aktivitedir ve üst yönetimin kişisel taleplerine ve uyarılarına açıktır.

Planın Onaylanması

Tüm kontroller ve önceki aşamalar tamamlandıktan sonra plan onaylanma işlemine geçilebilir.

Planın İmplemente Edilmesi

Artık üretim planı uygulamaya açıktır. Uygulamaya geçilip üretim planı hazırlıkları ana üretim çizelgesi her malzeme ve her iş istasyonu için gözlemlenebilir. (Petroff, 1993: 68-69).

Bir üretim planının hazırlanmasında üç temel stratejiden biri seçilir: /. *Talebi izleme stratejisi (chase strategy)*: Üretim hızı talepteki değişimleri çok yakından izler ve bu nedenle stok düzeyi sifıra yakındır. Buna karşılık üretim hızı değişimlerinde yapılan hazırlık, işe alma ve işten çıkarma işlemlerinin maliyeti yüksektir.

//. *Sabit üretim hızı stratejisi (evel strategy)*: Planlama dönemi boyunca üretim hızı sabit tutulur. Talep ile üretim arasındaki farklar stok bulundurma veya bulundurmama maliyetlerinin artmasına yol açar. Bu stratejinin avantajı kolay planlama ve çok düşük hazırlık maliyetidir.

///. *Karma strateji (mixed strategy)*: İlk iki stratejinin sakıncalarını dengelemek amacı ile orta yol izlenir. Örneğin, üretim hızı talebe göre her ay yerine 3 ayda bir değiştirilir.

Belirli bir mamul için üretim planının hazırlanmasında en uygun stratejinin seçimi, her stratejinin kağıt üzerinde ayrı ayrı değerlendirilmesi sonunda mümkün olur. Karma stratejide alternatif sayısı çok fazla olabileceğinden hesaplamaların uygun bilgisayar programları kullanılarak yapılması yerinde olur.

Örnek: Bir mamulün üçer aylık dört periyot için talebi sırası ile 280; 420; 160 ve 40 adet olarak tahmin plan dönemi başındaki stok düzeyinin (S_j) 50 adet olduğu bilinmektedir. Elde bulundurma maliyeti 10 TL./adet/periyot, elde bulundurmama maliyeti 12 TL./adet/periyot ve üretim hızını değiştirme maliyeti 4 TL/adet olarak hesaplanmıştır. Dönem sonunda stok düzeyinin (S_2) yine 50 adet olması ve bütün talebin karşılanması istenmektedir. Bu verilere göre çeşitli üretim planlama stratejilerine göre toplam maliyeti bularak kıyaslayınız.

Önce talebi izleme stratejisine göre planlama yapılırsa toplam maliyetin 5040 TL, olduğu görülür, (Tablo 3). Bu stratejide S_1 den ileri gelen elde bulundurma maliyeti $C(h)$ ve üretim hızını değiştirme maliyeti $C(d)$ mevcuttur. Eğer $S_1=0$ olsa idi yalnız $C(d)$ söz konusu olurdu.

Sabit üretim hızı stratejisinin uygulanmasında önce bir periyot için üretim miktarı $P = (50 - 50 + 900)/4 = 225$ şeklinde hesaplanır. Burada ilginç durum dönemin büyük

bir kısmında negatif stok bulunması ve yüksek elde bulundurmama maliyeti $C(b)$ 'dir. Bu sakıncalı durumu döneme biraz daha fazla stokla girerek hafifletmek mümkündür. Üçüncü stratejide üretim hızı dört yerine iki kere değiştirilmiştir. Burada her tip maliyet mevcut olmakla beraber toplam maliyet diğerlerinden daha düşük olup 4320 TL'dir, (Mümkün alternatifler değerlendirilip maliyetler kıyaslandıktan sonra hesaplara yansımayan noktalar da gözönüne alınır. Örneğin, sürekli elde bulundurmama firmanın satış politikasına aykırı düşebilir veya maksimum üretim kapasitesi 300 adet üstüne çıkmaya izin vermeyebilir. Bu nedenle son kararda en düşük maliyetli alternatiften başkasının seçimi söz konusu olabilir.

Tablo 3 - Üretim planlamasında çeşitli stratejiler için toplam maliyetin hesaplanması: (A) Talebi izleme stratejisi, (B) Sabit üretim hızı stratejisi, (C) Karma strateji (Kobu, 2003: 498)

Q	S ₁	P	D	s ₂	C(h)	C(b)	C(d)	TM
1	50	280	280	50	500	—	960	1460
2	50	420	420	50	500	—	560	1060
3	50	160	160	50	500	—	1040	1540
4	50	40	40	50	500	—	480	980
								5040
(A)								
1	50	225	280	-5	—	60	—	60
2	-5	225	420	-200	—	2400	—	2400
3	-200	225	160	-135	—	1620	—	1620
4	-135	225	40	50	500	—	—	500
								4580
(B)								
1	50	350	280	120	1200	—	1000	2200
2	120	350	420	50	500	—	—	500
3	50	100	160	-10	—	120	1000	1120
4	-10	100	40	50	500	—	—	500
								4320
(C)								

Örnek problemlerde varılan sonuçların ışığı altında, bir üretim planının hazırlanmasında dikkat edilecek noktalar şöyle genelleştirmek mümkündür:

1. Üretim hızının değiştirilmesi için işletmenin yapısına ve üretim tipine bağlı olan belirli bir hazırlık süresine ihtiyaç vardır. Bir çeşit reaksiyon süresi olarak nitelenebilen bu sürenin planın esnekliğine zarar vermeyecek biçimde hesaba katılması gerekir.

2. Önceden planlanan toplu izinlerin dışında, yıl içindeki bayram tatillerinin normal çalışma süresini azaltıcı etkisi gözönüne alınmalıdır. Bayramları bol olan ülkemizde tatillerin normal çalışma düzenini bir hayli etkilediği gerçektir. Üretim planlarında günlük üretim hızı ve haftalık mesai saati ölçülerinin kullanılması, tatillerin yanılmaya meydan bırakmadan hesaba girmesini sağlar.

3. Günümüzün toplu sözleşme şartları, işçilere 2 haftalık toplu tatilin üstünde izin hakları vermektedir. Dolayısı ile tüm insangücünün ortalama olarak 2 haftanın üstünde bir süre izinde bulunacağı düşünülmelidir. Yaz aylarında fabrikanın tüm personelinin %25-40 kadannın tatile çıkma olasılığı yüksektir. Stokların minimum düzeyin altına düşmesinde talep değişimi kadar izinli personel oranının artması da rol oynar.

4. Fazla mesaide normal ücrete %50-100 oranında ekleme yapılır. Bu eklemeye rağmen, fazla mesai yeni makina ve işçi olarak kapasiteyi artırmaktan daha avantajlı olabilir. Fazla mesainin en önemli avantajı yeni sabit masrafa gerek göstermemesi ve genel masraf payını düşürmesidir. Kapasite planlaması bahsinde fazla mesainin sürekli bir çare olarak düşünülmemesi gerektiğini belirtmiştik. Fazla mesaiye; beklenmedik talep artışı, yüksek ıskarta veya anza halinde başvurulmalıdır. Ülkemizde pek çok işletmede fazla mesainin işçi tarafından bir müktesep (kazanılmış) hak olarak kabul edildiği bir gerçektir. Fazla mesaiye son vermenin başlatmaktan çok daha güç olduğu hatırlanmalıdır.

5. Mevsimsel dalgalanmaları karşılamak için öncelik makina ve işçilik saati yüksek olan parçalara verilmelidir. Malzemesi pahalı, işlem süresi ve maliyeti düşük parçaların üretimini sıkışık zamanlarda artırmak daha kolaydır (Kobu, 2003: 490-491).

3.1.4. Bütünleşik Üretim Planlaması

Üretim planlaması, gelecekte üretim faaliyetlerinin nitel ve nicel yönleriyle ve sınırlarıyla belirlenmesi fonksiyonudur. Üretim planında üretilecek olan ürünün başlangıç ve bitiş tarihleri gösterilmektedir.

Kapasitenin gözden geçirilmesinde belirtilen kapasite kısıtları incelenir,

- Normal mesai üretim kapasitesi
- Taşeron kapasitesi
- Fazla mesai kapasitesi
- Gizli ve kayıp kapasite

Üretim planlaması, üretim konusunu her yönüyle kapsayan ve işletme planlamasının bir bölümünü oluşturan temel bir üretim fonksiyonudur. Ürüne yönelecek talebin belirlenmesinden ve buna uygun üretimin yapılabilmesi için gerekli faktörlerin uygun miktar ve özelliklerde sağlanmasından başlayarak; üretim miktarı, zamanlaması ve kalitesi ile ilgili tüm çalışmalar üretim planlaması kapsamı içindedir. Üretim planlamasının işletme planlamasının diğer ilgi alanlarından ayıran bir özellik, teknik ve bilimsel gelişmelerle daha yakından ilgilenmek zorunluluğunda olmasıdır. Yeni üretim yöntemleri, hammadde, malzeme türleri ve kaynakları, çalışma koşulları, yeni kontrol ve yönetim teknikleri ve dış çevresel faktörlerdeki gelişmeler üretim planlamasını yakından ilgilendirir (Panneerselvam, 2006 :239)

Günümüzde üretim planlamasının giderek artan bir şekilde önem kazanmasının temel nedenleri şunlardır:

- Üretim sistemlerinin karmaşıklığı ve faaliyetlerinin yoğunluğu,
- İşletme içi koordinasyon zorluğu,
- İşletmeler arası ilişki ve bağımlılık,
- Talebin büyümesi ve çeşitlilik kazanması,
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması,

- Kalite, fiyat, hizmet rekabetinde artış,
- Malzeme, makine, işgücü kayıplarının en düşük düzeye indirilme zorunluluğu.

Yukarıda belirtilen üretim planlama sisteminin karmaşıklığı, kapsamının genişliği, öneminin artması ve koordinasyon zorunluluğu ile bütünleşik üretim planlaması güncelleşmiştir. Bütünleşik üretim planlamasının ana amacı; üretim oranı, iş gücü düzeyi ve mevcut stoklar arasında optimal bir bileşimi sağlayacak şekilde planlamanın gerçekleştirilmesidir. Genellikle bu tür planlar altı, on, sekiz aylık dönemleri kapsayan orta dönemli üretim planlarıdır.

Her hangi bir bütünleşik üretim planlaması probleminde; önceden belirlenen talep tahmini F_t (t planlama süresi veya dönemi), üretim düzeyi P_t , stok düzeyi I_t , işgücü düzeyi W_t söz konusudur. Burada $t=1,2,\dots,T$ sürelerinde ilgili maliyetlerin minimize edilmesi için bu planlama dilimlerinde en uygun bileşim araştırılır. Planlama için öncelikle talep ve stokların belirlenmesi gerekir. Önceden de belirtildiği gibi bu aşamada tahmin yapılması gerekecektir ve bütünleşik tahminler ayrı ayrı kalemler için yapılan tahminlerden daha güvenilir olacaktır. Çünkü ayrı ayrı kalemler için yapılan talep tahminlerindeki rassallık bütünleştirme ile azalacaktır. Buna rağmen tahminlerin fiili talepten farklı olacağı açıktır ve bunun için emniyet sınırının belirlenmesi gerekir. İşletmelerde bu durumdan dolayı emniyet stokları bulundurulur. Ayrıca tüm talepleri karşılayabilmek için işletmelerde emniyet stokları düzeyinde veya üstünde stok bulundurulur.

Bir işletmenin tahmini talepleri ve minimum stok düzeyleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Tablo 4 - Bir işletmenin tahmini talepleri ve minimum stok düzeyleri

1 Zaman dilimi (t)	2 Tah- mini talep (Dt)	3 Kümülatif talep (Di) $(\sum_{i=1}^t Di)$	4 Minimum Stok MI_t	5 Kümülatif gereksinim (3+4) (CR _t)	6 Üretim günleri (Gt)	7 Kümü- latif üretim günleri (CD _t)
0 Aralık			20	20		0
1 Ocak	60	60	20	80	22	22
2 Şubat	40	100	10	110	18	40
3 Mart	90	190	25	215	22	62
4 Nisan	180	370	40	410	21	83
5 Mayıs	140	510	40	550	22	105
6 Haziran	40	550	10	560	21	126
7 Temmuz	40	590	15	605	12	138
8 Ağustos	40	630	10	640	22	160
9 Eylül	80	710	30	740	21	181
10 Ekim	80	790	35	825	21	202
11 Kasım	90	880	40	920	20	222
12 Aralık	150	1030	50	1080	18	240

Kümülatif gereksinimin hesaplanmasının nedeni üretim için bir limit belirlemektir. Üretim bu düzeyin altına düşürüldüğünde işletme talebi karşılayamayabilir. Ancak işletme bunları satamaması durumunda ise stok maliyetleri ile karşılaşacaktır.

Stoklar ve üretim arasındaki genel ilişki ise aşağıdaki şekilde belirtilebilir:

t süresinde stok = başlangıç stoğu + kümülatif üretim-kümülatif talep veya;

$I_0 = 20$ ile başlamakta ve kümülatif gereksinim eğrisi bir potansiyel üretim planı oluşturmaktadır. Bu işletmede günlük üretim miktarı yaklaşık 4'tür ve bu değer kümülatif üretim eğrisinin eğimini de vermektedir. Bu durumda eğimi 4'ten küçük olan üretim planı için oluşturulacak bir eğri bu şartlar için uygun değildir. Aynı problem için maksimum üretim miktarı günlük 7 olarak belirlenmiştir ve gene bu işletme için 7'den yüksek bir eğime sahip olan bir eğri bu işletme için uygun değildir. İşletmenin her ay için ortalama gereksinimi

$$CR_t = MI_t + \left(\sum_{i=1}^t Di \right)$$

$$I_t = I + \sum_{i=1}^t P_i - \sum_{i=1}^t D_i$$

$$\frac{CR_t - I_0}{CD_t - CD_0}$$

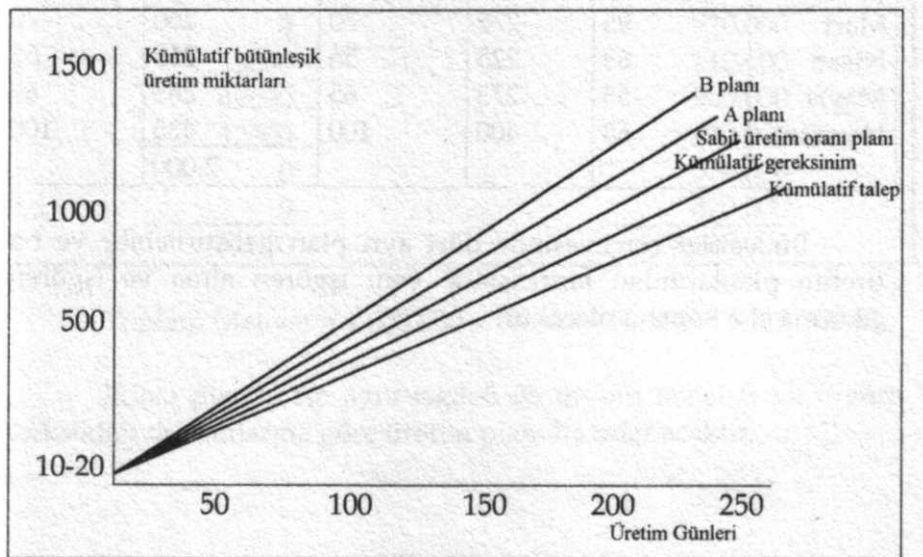
Tablo 5 - Örneğe Ait Veriler

Zaman dilimi	Ortalama gereksinim	Üretim oranı	Üretim [9x(Gt)]	Kümülatif üretim + IQ	Stok (11-kümülatif talep)
Ocak	2.7	5	110	130	70
Şubat	2.3	5	90	220	120
Mart	3.2	5	110	330	140
Nisan	4.7	5	105	435	65
Mayıs	5	5	110	545	35
Haziran	4.3				
Temmuz	4.3				
Ağustos	3.9				
Eylül	4.0				
Ekim	4.0				
Kasım	4.1				
Aralık	4.5				

formülü ile hesaplanabilir. Örneğin ocak ayı için ortalama gereksinim $(80-20) / (22-0) = 2.7$ 'dir ve Mayıs ayı için ise $(550-20) / (105-0) = 5$ bulunmaktadır.

Aşağıda geliştirilen üretim planında Mayıs ayında görülen ortalama gereksinim günlük sabit üretim miktarı olarak alınmıştır ve üretim planı geliştirilmiştir. Stok, üretim ve gereksinim arasındaki farklarla ifade edilebileceğine göre bu değere göre oluşturulacak üretim planında stok miktarı daha az olacaktır. Ancak bu miktara göre oluşturulacak üretim planına göre Mayıs ayından sonra işletme talebi karşılayamama durumuyla karşılaşabilir. İşletme yöneticileri Mayıs ayından sonra başka bir değer seçebilir veya Şekil 12'de yer alan A ve B planları gibi diğer alternatifleri araştırabilir.

Sabit üretim oranına göre planların haricinde Şekil 12'de olduğu gibi A ve B planları da geliştirilebilir. Ancak A planı uygulanırsa, bu plana göre Mayıs ve Haziran aylarında kümülatif üretim eğrisi yükselmektedir. İşletme bu aylardaki üretim için işgören işe alabilir ve işe alma maliyetleri ile karşılaşır. B planında ise A planına göre daha yüksek üretim miktarları olduğu için işletme, ürünlerin satılmaması halinde stok maliyetlerine katlanacaktır. Yukarıdaki örnekte de olduğu gibi işletmeler çeşitli alternatif planlar geliştirebilirler. Ancak bütünsel üretim planlamasında amaç ilgili maliyetlerin minimizasyonudur. Diğer bir ifadeyle, olayın ekonomik yönü de önemlidir (Çelikçapa, 2000: 120-125)



Şekil 12 - Kümülatif Gereksinime Göre Alternatif Üretim Planları (Çelikçapa, 2000: 125)

Birleşik planlama prensiplerine göre planlamanın anlamı genel şartlardaki kaynaklar ve diğer tüm şartların kombinasyonu üzerine kuruludur. Talep tahminleri, kapasite, stok seviyesi, ve ilgili veri girdileri planlamanın sonucunu isetene zaman sınırları içerisinde oluşturan temel etkenlerdir.

Üretim'e bir örnek verecek olursak; IBM veya Compaq, farklı modellerde bilgisayarlar üretmektedir. (1) laptoplar. (2) masa üstü bilgisayarlar, (3) netbooklar, ve (4) ileri seviyedeki mikroişlemci destekli cihazlar.3 çeyrek için verilen dönemde her ay birleşik planlama aşağıdaki verileri ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 6 - 3 Çeyreğe Ait Bütünleşik Planlama Verileri

1. ÇEYREK			2. ÇEYREK			3. ÇEYREK		
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
150.000	120.000	110.000	100.000	130.000	150.000	180.000	150.000	140.000

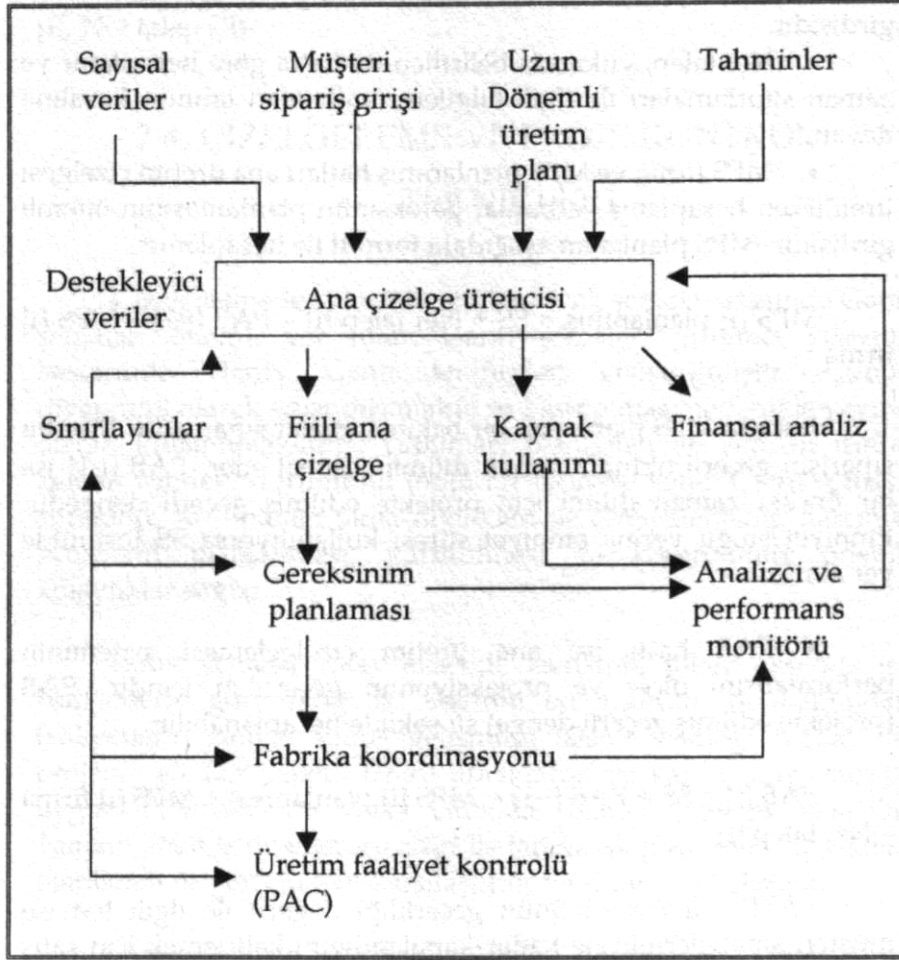
Genel olarak planlama yöneticisi aşağıdaki soruların cevaplarını vermesi gerekmektedir.

1. Ufak tefek bazı değişikliklerde stok düzeylerinin cevap verememe durumu söz konusu mudur?
 2. İş devamlılığı yeterli kapasiteye sahip midir?
 3. Part time çalışanlar var ise fazla mesai durumunun karşılığı nedir?
 4. Alt yüklenicelerin durumu nedir?
 5. Fiyatlar devamlılığı sağlayacak nitelikte midir?
- (Heizer ve Render, 2001: 541-543).

3.2. Ana Üretim Çizelgesi

Üretim bölümü de bu ortamda müşteriye yönelik hizmet etmekte ve Pazar çevresinin taleplerine karşılamaya çalışmaktadır. Bu nedenle üretim yönetim sistemi içinde ana üretim çizelgeleme sistemi de, stratejik ve taktik planlama düzeyleri arasında üretim planlama ve kontrol sistemini bütünleştirici bir niteliktedir. Aslında ana üretim çizelgesi daha sonraki bölümlerde açıklanacak olan malzeme gereksinim planlaması (Materials Requirement Planning / MRP) sisteminin de önemli modüllerinden biridir. Ana üretim çizelgelemesi pazarlama ve satışlar, imalat, mühendislik fonksiyonlarının çerçevesinde bir imalat planı hazırlanmasına olanak sağlar. Şekil 13'de olduğu gibi

bu sistemin oluşmasında etkili olan ana girdi blokları sayısal veriler, müşteri siparişi girişi, uzun dönemli üretim planı ve tahminlerdir (Çelikçapa, 2000: 140-141) .



Şekil 13 - Üretim Yönetimi Sistem Çerçevesi (Çelikçapa, 2000: 143)

A.B.D.'de radikal değişikliklerin yaşandığı 1960'lar. üretimde de birtakım değişimlerin gerçekleştiği yıllar olmuştur. Geleneksel üretim ve stok kontrol, Twin Disc ve J.I. Case gibi şirketlerin MRP (Malzeme Gereksinim Planlaması)'nin etkin kullanımını gerçekleştirmesiyle önemini yitirmiştir.

Şirketler MRP'yi ilk kullanmaya başladıklarında, tahminler ve/veya müşteri siparişleri (talep) ile hareket etmişlerdir. Bu yaklaşım, bir ürünü yeterli miktarda (satıldığı miktarda) üretmek için kaynakların varolacağını kabul etmektedir. Ancak üretim bunu nadiren gerçekleştirebilmiştir. Zamanla talep miktarları kaçınılmaz

olarak değişince MRP de değişmiş, bilgisayar destekli araçlarla değişiklikler, fabrikaların ve tedarikçilerin başa çıkamadığı programlara aktarılmıştır. Bu da, sistemdeki bilginin bir karmaşa içinde olduğunu göstermiştir. Aynı durumun üretim hattı için de geçerli olması, çok yüklü bir üretim çizelgesi ya da etkin kullanılamayan kaynaklar ya da bunların her ikisiyle sonuçlanmıştır. Bazı MRP öncülerinin, bilgisayara çok fazla karar verme gücü yüklediklerini, sürecin hiç bir yerinde arz ve talep arasındaki gerçek dengeyi sağlayacak olan insan etmeninin bulunmadığını fark etmesiyle Ana Üretim Çizelgeleme (MPS: Master Production Scheduling) geliştirilmiştir. Pazardan gelen talep, şirketin ve tedarikçilerin yeterlilikleri ile dengelendiğinden, ana üretim çizelgeleme üretimde çok önemli bir noktadır. Ürün ve ürün seçenekleri açısından çağdaş üretimin çok daha karmaşık duruma gelmesi ve rekabetin gerektirdikleri (kaliteli ve hızlı dağıtım, düşük fiyat) açısından talebin daha artması ile ana üretim çizelgeleme mekanizması, birçok kademedeki yönetim için temel bir araç olmuştur. Ana üretim çizelgesi ayrıntılı bir şekilde şu soruların yanıtını vermektedir. Şirketin; kapasitesinin yeterli olacağından, malzemenin gereksinim duyulduğunda elde bulunacağından ve müşteri isteklerinin müşteri tarafından belirlenen tarihlerde karşılanacağından emin olması için ne üretilmelidir? (Tanyaş ve Baskak, 2008: 200-201).

MRP, son ürünleri üretmek maksadıyla AÜP ve diğer talep kaynaklarını alt montaj, bileşen ve hammadde gereksinimlerine dönüştürür. Bu proses her bileşen madde için malzeme ihtiyaç planını oluşturur.

Bir malzemenin brüt ihtiyaçları üç kaynaktan elde edilir:

1. Son ürünler için hazırlanan AÜP'den,
2. AÜP'deki ürünler için planlanmış siparişlerin verilmesinden,
3. AÜP'de yer almayan diğer ihtiyaçlardan (yedek parça talebi gibi)

3.2.1. Talep Tahmini

Gelecekteki üretim faaliyetlerinin planlanmasında ilk hareket noktası üretilmesi gereken veya istenen miktarlardır. Talep Tahmini için geçmiş dönem verilerine ihtiyaç vardır. Hammadde, yedek parça, yarı mamul, makina, insangücü ve yatırım ihtiyaçlarının saptanmasında temel veri talep tahminleridir (Kobu, 2003: 99).

3.2.2. Ana Çizelge Hesabı

Ana çizelge hesabı başarılı bir MRP II’de anahtar rol üstlenmektedir. İyi bir hesap için girdilerin doğru bir şekilde hesaplanması ve planlamaya dahil edilmesi gerekmektedir. Ana üretim çizelgesi üretim planlamanın son aşamasıdır. (Petroff, 1993: 213-214).

Bu sistemi kullanmak için aşağıdaki noktalara dikkat etmek gerekir.

- Ana üretim çizelgesi ve müşteri siparişleri için süre belirlemede bütünleştirme yapılmalıdır.
- Kapasite sınırlayıcılarının haricinde tedarik süreleri veya pahalı parçalar için sınırlayıcılar doğru olarak tanımlanmalıdır.
- Kısa bir dönemi kapsayan simülasyonlar sistemin başarısını değerlendirmek açısından gereklidir.
- Tahminler, siparişler, çizelgelenen parçalar, müşterilere ait bilgiler arasında ilişkiler kurulmalıdır.
- Müşteri siparişleri ile atölye emirleri karşılaştırılmalıdır
- Ürün ağaçlarının planlanmasında gerekli bilgilerin geçerliliği araştırılmalıdır.
- Süreler incelenmelidir.
- Sistemi destekleyici yazılım ve grafiksel yöntemler kullanılmalıdır. Bu şekilde oluşturulan girdiler ile alt düzeydeki çıktıların etkinliği de arttırılmış olur. Gereksinim planlaması ile ürün ağaçları geliştirilir ve ana üretim çizelgesi ile kritik parçalar belirlenir. Fabrika koordinasyon ve üretim faaliyet kontrolü (Production

Activity Control / PAC) ile de üretim için nelere gerek duyulmaktadır ve optimal çözümün ne olduğu araştırılır.

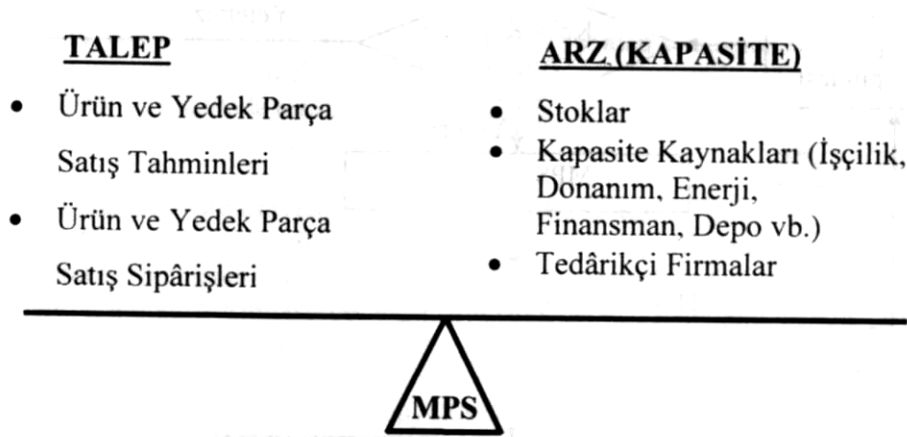
Finansal analizde de master üretim çizelgesinin maliyetleri ne şekilde etkilendiğinin analizi gerçekleştirilir (Çelikçapa, 2000: 140-141).

Ana Üretim Çizelgesi (MPS), Toplu Üretim Planı'nın bir alt kümesidir. Satış, pazarlama, mühendislik, finans ve üretimle bütünleşik, operasyonel bir plandır. APICS (American Production and Inventory Control Society) Sözlüğü'nde MPS aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

"Ana üretim çizelgesi, şirketin üretim yapmak için ne tür beklentilerinin olduğunun ifadesidir. Belirli konfigürasyonlar, miktarlar ve tarihlerle ifade edilecek şekilde şirketin ne üretmeyi planladığını göstermektedir. MPS bir satış tahmini değildir. MPS, satış tahminini, toplu üretim planını, kapasiteyi, malzeme elde bulunabilirliğini, müşteri bekletme durumunu, yönetim politikalarını ve amaçlarını dikkate almaktadır. Ana Programlama (Master Scheduling) sürecinin sonucudur. Ana programlama; talep, tahmin, müşteri bekletme, MPS, elde olması planlanan stok ve söz verilebilir stok miktarının bir gösterimidir." [APICS Dictionary, 1992]

MPS ile ilgili bir diğer tanım da şöyledir: "Satış Tahmini, Üretim Tahmini, Müşteri Siparişleri, Yönetim Politikaları, Malzeme ve Kapasite Yeterliliği, Yan Sanayi Kapasitesi ölçütleri çerçevesinde şirketin hangi ürünü, hangi miktarda ve hangi tarihte üreteceğinin belirlendiği üretim çizelgesidir."

Ana üretim çizelgesinin temel hedefi, arz ve talebi dengelemektir. Buna ilişkin bir gösterim Şekil 14'de verilmiştir. (Tanyaş ve Baskak, 2008: 202-203)



Şekil 14 - Arz ve talebin dengelenmesi (Tanyaş ve Baskak, 2008: 201)

3.2.2.1. Ana Çizelge Ayarlamaları

Ana çizelge ayarlamalarındaki önemli aşamalar aşağıdaki gibidir.

- Üretim planı ile ana çizelge arasındaki ilişkiler control edilmelidir.
- Ürünler ana çizelgeleme için nasıl seçilmelidir sorusu cevaplanmalıdır.
- Ulaşım ile ilgili çizelge hesapları kontrol edilmelidir.
- Kapasite planlamadaki önemli noktaların altı çizilmelidir.
- Esneklik dikkate alınmalı, talebin değişmesi durumunda yapılacaklar control edilmelidir?
- Anahtar iş tanımları kontrol edilmedir.
- Hedef performans belirlenmeli ödül-ceza mekanizması devreye sokulmadır. (Petroff, 1993: 214).

3.2.2.2. Ana Çizelge Hesabı

Ana çizelge hesabının 3 amacı aşağıdaki gibidir.

1. Malzeme-İş gccü-makina gibi kısıtlar dahilinde optimum üretim planını oluşturmak.

2. Müşteri taleplerin uygun bir çizelgeye oturtmak.
3. Problemlere karşılık anlık değişimleri izleyerek iş devamlılığını sağlamak. (Petroff, 1993: 215).

Ana üretim çizelgeleme tablosu planlama tarafından kullanılan, ana üretim çizelgeleme sisteminin oluşturulması ve uygulanmasında etkili olan bir ana sistemdir. Aşağıda belirtilen altı ana hat ise bu tabloda yer alan bilgilerin elde edilmesi ve hesaplanmasını özetlemektedir:

- Talep tahminleri hattı direkt olarak satış ve pazarlama tahmin bölümünün girdilerinden oluşur.
- Talep açıkları hattı da direkt olarak satış bölümünün girdisidir.
- Net talep, yukarıda belirtilen iki hatta göre hesaplanır ve zaman sınırlamaları ile ilgili bilgilere, kullanılan tahmin kuralına dayanır.
- MPS firma ve MPS planlanmış hatları ana üretim çizelgesi üretilirken hesaplanır ve bunlar gereksinim planlamasının önemli girdisidir. MPS planlanan aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{MPS [i] planlanmış} = \text{SS} + \text{Net talep [i]} - \text{PAB [i-1]} - \text{MPS [i]}$$

firma

Burada MPS planlanan bir bakıma imalat siparişidir. İ ise bu siparişin geçerli olduğu zaman dilimini temsil eder. PAB [i-1] ise bir önceki zaman dilimi için projekte edilmiş geçerli dengedir. Emniyet stoğu yerine emniyet süresi kullanılıyorsa SS formülde yer almaz.

- PAB hattı ise ana üretim çizelgelemesi sisteminin performansını ölçer ve projeksiyonun geçerliliği içindir. PAB (projekte edilmiş geçerli denge) şu şekilde hesaplanabilir:

$$\text{PAB [i]} = \text{SS} = \text{PAB [i-1]} + \text{MPS [i] planlanmış} + \text{MPS [i] firma} - \text{Net talep [i]}$$

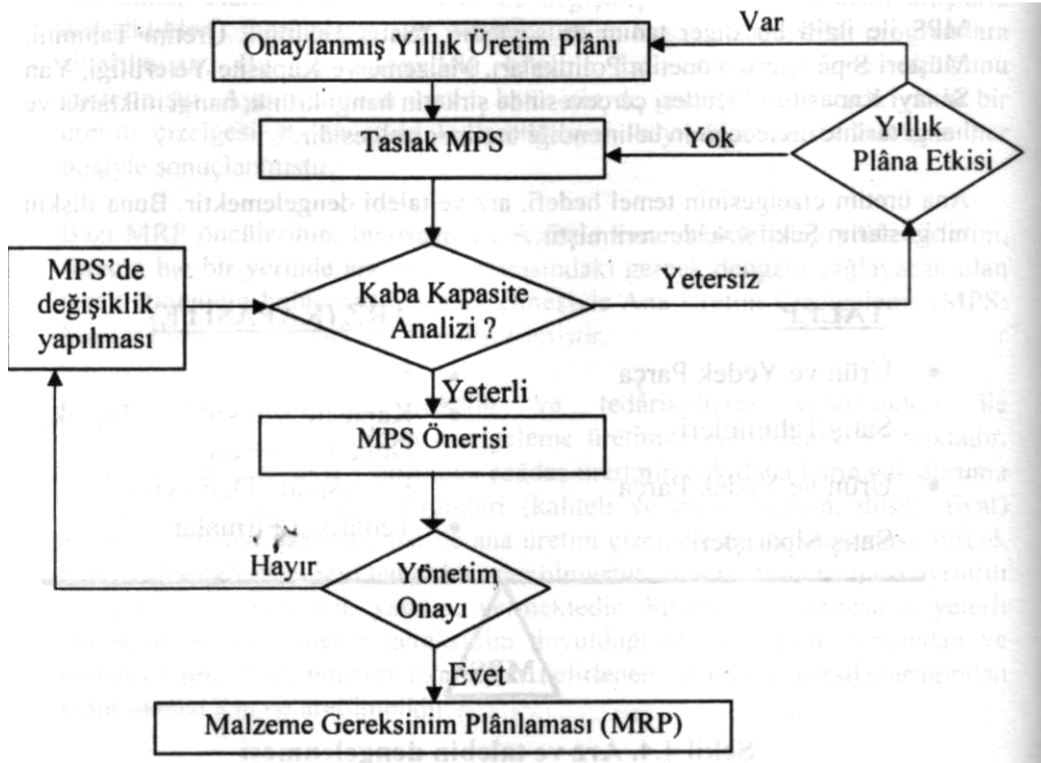
- ATP (Sipariş sözünün geçerliliği değeri) ile ilgili hat ise müşteri siparişlerinin ne kadar karşılandığını belirlemek için satış bölümü tarafından kullanılır ve şu formüller ile hesaplanır:

$$\text{ATP [1]} - \text{PAB [0]} + \text{MPS [1] planlanmış} - \text{MIN (Müşteri siparişleri [1], Net talep [1])}$$

$ATP [i] = MPS [i] \text{ planlanmış} - MIN (\text{müşteri siparişleri } [i], \text{Net talep } [i])$ (Çelikçapa, 2000: 144)

3.2.3.3. Ana Üretim Çizelgesinin Yönetimi

Ana üretim çizelgesi ne, ne zaman gibi sorularının cevaplarını vermektedir Çizelge üretim plan ile uyumlu olmalıdır. Her veri üretim planının oluşmasında katkıda bulunmaktadır (Heizer ve Render, 2001: 575).



Şekil 15 - Ana Üretim Çizelgeleme süreci

Uygulanabilir hiç bir program olmaması durumunda kaynaklar artırılarak ya da üretim gereksinimlerinde gerekli ayarlamalar yapılarak üretim planı güncelleştirilmelidir. Bunların sonucunda kabul edilebilir bir MPS ortaya Uygulanabilir hiç bir program olmaması durumunda kaynaklar artırılarak ya da üretim gereksinimlerinde gerekli ayarlamalar yapılarak üretim planı

güncelleştirilmelidir. Bunların sonucunda kabul edilebilir bir MPS ortaya çıkacaktır. Onaylanan MPS. Malzeme Gereksinim Planlaması için girdi oluşturmaktadır.

Olası Ana Üretim Çizelgesinin Geliştirilmesi

Olası ana üretim çizelgesinin geliştirilmesi süreci; elde olması planlanan stok miktarının hesaplanması, MPS miktarlarının zamanlama ve büyüklüğünün belirlenmesi, satılabilir stok miktarının hesaplanması, üretim planı ve MPS'in ilişkilendirilmesi ile MPS'in dondurulması aşamalarını içermektedir.

Elde Olması Planlanan Stok Miktarının Hesaplanması

Elde olması planlanan stok miktarı; her hafta, talep karşılandıktan sonraki tahminî varolan stok miktarıdır.

$$I_t = I_{t-1} + MPSt - Enb(Pt, COt)$$

(4.13)

I_t : t. hafta sonunda elde olması planlanan stok miktarı

MPS_t : t. haftada ana üretim çizelgesinde yer alacak üretim miktarı

P_t : t. hafta için toplu üretim planında yer alan ve sözkonusu ürüne ilişkin bütçelenen üretim miktarı

CO_t : t. haftada teslim edilmesi için onaylanmış (müşteriye söz verilmiş) siparişler

$MPSt$, t. haftada üretimi tamamlanıp aynı haftada teslim edilmesi gereken miktarı ifade etmektedir. Burada geçen bütçelenen üretim miktarı terimi, toplu üretim planlama aşaması sonucunda elde edilen üretim miktarlarının ürünlere göre ayrıştırılması ile elde edilen değerleri ifade etmektedir. Bu aşamada, müşteri siparişleri gelmekte ve onaylandıkça (kredi onayı gibi) bu siparişlerin ana üretim çizelgesine dahil edilmesi gerekmektedir. Bütçelenen miktarın onaylanmış siparişlerden büyük olması durumunda P_t 'nin çıkarılması, tersi durumda da CO_t 'nin çıkarılması, t. hafta için en doğru sonucu verecektir.

Aşağıda planın geliştirilmesiyle ilgili bir örnek verilmiştir. Diğer aşamalarda da aynı örnekten yararlanılacaktır.

Örnek:

Bir jant fabrikası her tür araba için jant üretmektedir. Belirli bir jant tipi için ana üretim çizelgesi hazırlanacaktır. Bu jant tipi için bütçelenen miktarlar; Nisan ayında 100, Mayıs ayında 115 adettir. Dönem başında 70 adet stok bulunmaktadır ve bu ürün için ekonomik üretim miktarı 80 ve güvenlik stoğu 10 adettir. Tablo 7.'de elde olması planlanan stok miktarının hesaplanması gösterilmektedir. Aşamalar eklendikçe bu ana üretim çizelgesine yeni satırlar eklenecektir.

Tablo 7.'de iki ayın haftalarına ilişkin bütçelenen miktarlar ve onaylanmış sipariş miktarları belirtilmiştir. Nisan ayının ilk haftasında onaylanmış siparişler bütçelenen miktarlardan daha fazla olduğu için dönem başı stoktan onaylanmış sipariş miktarı çıkarılmış ve planlanan stok 35 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde ikinci ve üçüncü haftalara ilişkin planlanan stok miktarları sırasıyla $(35-20 =) 15$ ve $(15-30 =) -15$ adet olacaktır. Dolayısıyla üçüncü haftanın siparişlerinin karşılanabilmesi ve güvenlik stoğunun sağlanabilmesi için üretim gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Tablo 7 - Elde olması planlanan stoğun MPS çizelgesinde gösterimi

Dönem Başı Stok: 70 Güvenlik Stoğu: 10	Nisan				Mayıs			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Bütçelenen Üretim Miktarı	30	20	30	20	25	25	30	35
Onaylanmış Sipariş Miktarı	35	18	22	19	0	0	0	0
Plânlanan Stok Miktarı	35	15	-15					

Tablo 8 - MPS miktarları ve zamanlamasının MPS çizelgesinde gösterimi

Dönem Başı Stok: 70 Güvenlik Stoğu: 10	Nisan				Mayıs			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Bütçelenen Üretim Miktarı	30	20	30	20	25	25	30	35
Onaylanmış Sipariş Miktarı	35	18	22	19	0	0	0	0
Planlanan Stok Miktarı	35	15	65	45	20	75	45	90
MPS Miktarı	0	0	80	0	0	80	0	80

Nisan ayının üçüncü haftasında oluşan 15 adetlik stok ve 10 adetlik güvenlik stoğu açığı, üretim kararı verilerek kapatılmaktadır. Ekonomik üretim miktarı, problemin başında 80 adet olarak verilmişti. Nisan ayının üçüncü haftasının MPS satırına 80 yazılarak planlanan stok miktarı $(15+80-30 =)$ 65 haline getirilmiştir. Bu işlem MPS dönemi sonuna gelene dek sürdürülerek Tablo 8.'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Satılabilir Stok Miktarlarının (Available-To-Promise Quantities) Hesaplanması:

Olası ana üretim çizelgesinin hazırlanmasında, satılabilir stok miktarlarının belirlenmesi üçüncü aşamadır. Satılabilir stok miktarı; satış bölümünün belirlenmiş tarihlerde sevkiyatına söz verebileceği miktarlar anlamına gelmektedir. Satılabilir stok miktarlarının ilk hafta için hesaplanması, izleyen haftalara göre farklılık göstermektedir.

İlk haftanın satılabilir stok miktarı, dönem başı stok ve ilk haftanın MPS miktarının toplamından, bir sonraki MPS değerinin olduğu haftaya kadar olan onaylanmış siparişlerin toplamının (o haftanın sipariş değeri hariç) çıkarılmasıyla elde edilmektedir.

Çizelgede, satılabilir stok miktarlarına ilişkin yeni bir satır eklendiği görülmektedir. İlk haftanın satılabilir stok miktarı şöyle hesaplanmıştır:

$$(70 + 0) - (18 + 35) = 17 \text{ adet}$$

Sonraki haftalarda, MPS miktarının çizelgeye eklendiği her hafta için satılabilir stok miktarı; bir önceki haftanın planlanan stok miktarı ile o haftanın MPS miktarının toplamından, bir sonraki MPS haftasına kadar olan (o hafta hariç) onaylanmış siparişlerin toplamı çıkarılarak hesaplanmaktadır. Satılabilir Stok Miktarı, güvenlik stoğunu içerecek bir biçimde belirlenmektedir. Zaten güvenlik stoğunun amacı, talepte oluşacak artışları karşılamak içindir.

Tablo 9 - Satılabilir stok miktarlarının MPS çizelgesinde gösterimi

Dönem Başı Stok: 70	Nisan				Mayıs			
Güvenlik Stoğu: 10	1	2	3	4	1	2	3	4
Bütçelenen Üretim Miktarı	30	20	30	20	25	25	30	35
Onaylanmış Sipariş Miktarı	35	←18	22	←19	←0	0	0	0
Plânlanan Stok Miktarı	35	15	65	45	20	75	45	90
MPS Miktarı	0	0	80	0	0	80	0	80
Satılabilir Stok Miktarı	17 [✓]	17	54 [✓]	46	45	100 [✓]	75	125 [✓]

Örneğin ikinci ve üçüncü hafta için satılabilir stok miktarı şu şekilde elde edilmiştir:

$$\text{İkinci hafta için: } (35 + 0) - 18 = 17$$

$$\text{Üçüncü hafta için: } (15 + 80) - (22 + 19 + 0) = 54$$

(Tanyaş ve Baskak, 2008: 204-206).

3.3. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

3.3.1. MRP Mantığı ve Kavramlar

“Malzeme Gerekсинim Planlaması (MRP: Materials Requirement Planning), üretim (üretici) ile tedarik (satıcı) eylemleri arasındaki çarpıcı farkları kendi sistemi içinde tanıyan bir yöntem olup, üretim ortamının temel malzeme gereksinimlerine yanıt verecek şekilde geliştirilmiştir. Bu sistem, herhangi bir üretim ortamında stok yönetiminin, üretim planlamasından ayrı olarak düşünülemeyeceği gerçeğini gözönünde bulundurur.” (Tanyaş ve Baskak, 2008: 239).

3.3.1.1. MRP Sisteminin Tanımı

Bir MRP sistemi, talep tahmini sonuçları ve onaylanmış siparişlere göre hazırlanan ana üretim çizelgesi ile yola çıkan, bu bilgi ile birlikte stok bilgilerini, ürün ile ilgili

temel bilgileri (Ürün Ağaçları) ve daha önceki MRP sonuçlarını kullanarak üretim emirleri ve satınalma siparişi raporları (planları) hazırlayan bir yazılım sistemi olarak tanımlanabilir.

Ana üretim çizelgesi, planlama dönemlerine karşılık gelen üretim miktarlarını, ürün tiplerine göre göstermektedir. Ürünler ise çeşitli alt-montaj, satın alınan parça ve hammaddelelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla alt-montaj, parça ve hammaddelere olan talep, tümüyle ürünlere olan talebe bağımlıdır. Söz konusu bağımlı talep koşulunun bulunduğu işletmelerde, istenen düzeyde etkin ve ekonomik çalışma yapabilmek için etkin bir MRP yaklaşımı uygulanmalıdır.

MRP kullanımı sayesinde; stok düzeylerini düşürmek, daha iyi müşteri ilişkileri oluşturmak, talebi zamanında karşılayabilmek, ana üretim çizelgesini yenilemek (revize etmek), sipariş verme ve kullanılmayan kapasite maliyetlerini düşürmek olanaklı olabilmektedir. (Tanyaş ve Baskak, 2008: 240).

3.3.1.2. MRP Sisteminin Amacı

Stok çalışmalarının doğru olarak gerçekleştirilmesi için bilgi üretilmesi, MRP sisteminin ana amacıdır. MRP sistemi, bu amaca ulaşmak için, tüm malzemelerin net gereksinimlerini ve gereksinim zamanlarını saptar. MRP sisteminde önemli bir aşama, brüt gereksinimlerin net gereksinimlere çevrilmesidir. Bu çevirme sürecinde, belirlenen brüt gereksinimlerden kullanılabilir (eldeki) stok miktarları ve/veya sipariş verilmiş miktarlar düşülerek net gereksinim değerleri elde edilir.

Örneğin 12 hafta sonrası için 100 adet ürünün siparişi söz konusu olsa, ayrıca elde (stokta) 1.000 adet ürünümüz ve 8 hafta sonrası için planlanmış 350 adetlik bir sipariş sözümüz olsa, kullanılabilir ürün (stok) miktarımız;

$$1.000 - 350 = 650 \text{ adet}$$

olacaktır. Bu durumda brüt gereksinim 100 adettir. Ama üretim gereksinimi yoktur. Diğer bir deyişle net gereksinim sıfırdır. Oysa eldeki stok 400 adet olsaydı, kullanılabilir ürün (stok) miktarı

$400 - 350 = 50$ adet olacak ve net gereksinim

$100 - 50 = 50$ olarak belirecekti.

İkinci duruma ilişkin şöyle bir gösterimde bulunabiliriz:

Brüt Gereksinim (12. hafta) Eldeki Stok

Sipariş Miktarı (8. hafta)

Kullanılabilir Stok

Net Gereksinim (12. hafta)

MRP sisteminde, net gereksinim değerleri zaman boyutu içinde verilir. Daha sonra, net gereksinimler, planlanan siparişler ile karşılanır. MRP sisteminin saptadığı planlanan sipariş ya aynen ya da uygun parti büyüklüğüne getirilerek verilir. Verilecek siparişlerin zamanlaması MRP sistemi tarafından gerçekleştirilir.

Net gereksinimlerin karşılanması, malzeme siparişlerinin miktar ve zaman açısından belirlenmesi şeklinde olur. MRP sistemi ayrıca, net gereksinimlerdeki değişimlere göre, açılmış olan siparişlerin zamanlamasında da gerekli düzeltmeleri yapar ve bu siparişlerin yeniden çizelgelenmesi için gerekli enlemleri alır.

MRP, kapasite kısıtlarına duyarlı değildir. Diğer bir deyişle, sistemin planladığı üretim miktarları için kapasite yeterli olmayabilir. İlk bakışta bu özellik önemli bir zayıflık gibi görünse de aslında durum böyle değildir.

Planlamada aşağıda belirtilen iki temel sorunun yanıtları aranır

1. Belirli kapasite kısıtları altında ne üretilebilir ? (Ana üretim çizelgesi nasıl olmalıdır ?)
2. Belirli bir üretim planını gerçekleştirmek için hangi malzeme ne miktarda tedarik edilmelidir ?

MRP sistemi bu sorulardan ikincisini yanıtlayan bir sistemdir. MRP sisteminin amaçları aşağıda özetlenmiştir:

1. Stokların planlanması ve denetlenmesi (Planlanan üretimi ve dağıtımı gerçekleştirebilmek için malzemelerin fabrikaya zamanında gelmesini sağlamak).
2. Malzemelerin istenilen zamanda (ne daha erken ne daha geç) fabrikada olmasının sağlanarak sistemde olabilecek en az stoğun bulundurulması.

3. Üretim, dağıtım ve satınalma eylemlerinin planlanması: gerek üretim, gerekse satınalma açısından tedarik planlarının geliştirilmesi ve sürekli gözden geçirilip gerekli düzeltmelerin yapılması, diğer bir deyişle, hangi parçaların ne zaman satın alınacağını (veya üretileceğinin) tek tek belirlenmesi; parçanın bulunabilirliği ve teslim tarihleri hakkındaki en güncel bilgilere dayanarak, çizelgeleme ve kontrol işlevleri için önceliklerin saptanması. (Tanyaş ve Baskak, 2008: 243-246).

1. Toplu olarak alınan parçaların taleplerinin tahmin edilmesinde tahmin hatalarıyla karşılaşılır. Bu hataları ortadan kaldırmak için güvenlik stoğunun arttırılması, maliyetlerin artmasına neden olur ve ayrıca güvenlik stoğunun arttırılması stoksuz kalmama garantisi vermez. MRP, parçaların bağımlı talebini, parçaların ailelerine ait üretim planlarından hesaplar ve bu suretle ihtiyaç duyulan parça için daha iyi bir tahmin sağlar.

2. MRP sistemleri, yöneticiler için kapasite planlamada ve ihtiyaç duyulan finans miktarını hesaplamada faydalı bilgiler sağlar.

3. MRP sistemleri aile parçalarının üretim planları değiştiğinde bağımlı talebi ve bileşenlerin stok tamamlama planlarını otomatik olarak güncelleştirebilirler (Çelikçapa, 1999: 139-141).

3.3.1.3. MRP Sisteminin Girdileri ve Çıktıları

MRP sisteminin başlıca çıktıları aşağıda özetlenmiştir:

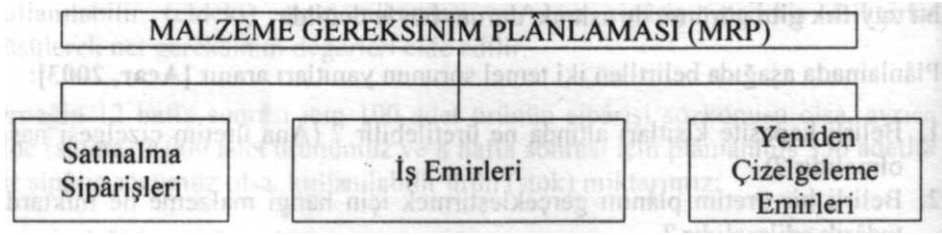
1. Satınalma Siparişi Talepleri: Satın alınacak malzemelerin miktar ve teslim tarihi bilgileri.

2. İş Emri Talepleri: Üretilecek parçaların miktar ve tamamlanma tarihi bilgileri.

3. Yeniden Çizelgeleme Emirleri: Açılmış siparişlerin ve iş emirlerinin miktar ve teslim tarihlerindeki değişmelere karşı gerekli düzeltmenin yapılması.

4. İptal Etme Uyarıları: Açılmış siparişlerin ve iş emirlerinin iptal edilmesi.

Bu ana çıktıların yanısıra kullanıcılar, MRP sisteminden, kendi istekleri doğrultusunda daha başka raporlar da üretebilirler. Sistemin çıktıları çok yönlüdür ve kullanıcıların istekleri doğrultusunda farklılık gösterebilir. Tüm sistemler için sözkonusu olan bu çıktılar, MRP sisteminin temelini oluştururlar (Heizer ve Render, 2001: 580).



Şekil 16 - Malzeme gereksinim planlaması sisteminin çıktıları (Tanyaş ve Baskak, 2008: 246).

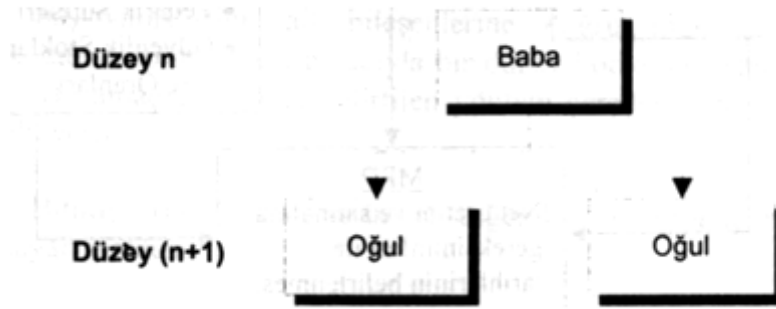
Bu çıktıları üretmek için MRP sisteminin kullandığı girdiler ise aşağıda özetlenmiştir:

1. Planlama dönemi için hazırlanmış ana üretim çizelgesi ve/veya ürün siparişleri
2. Tüm stok birimlerini içeren stok durumu bilgileri dosyası
3. Her parça için üretim süresi veya satınalma malzemeleri için tedarik süreleri
4. Ürün ağacı bilgileri dosyası
5. Planlanmış ve/veya açılmış iş emirlerinin/satınalma siparişlerinin miktar ve zamanları
6. Yedek parça talepleri (doğrudan doğruya müşteri talebiyle belirlenen öğeler) için, planlama döneminde öngörülen talep miktarları

Belirli operasyonlar için sözkonusu olan olası fire oranları (Tanyaş ve Baskak, 2008: 246).

3.3.2. Ürün Ağacı

“MRP sistemi, ürünlere ilişkin malzemeleri gösteren malzeme listelerini kullanır. Öte yandan malzeme listelerinde olan bilgiler MRP sistemine olduğu gibi aktarılamaz, listelerdeki bilgilerin uygun bir yapıya dönüştürülmesi gerekir. Bu yapıya Ürün Ağacı (ÜA) denir. Bu malzemeler; hammadde ve yarı ürün olabileceği gibi, doğrudan ürüne katılmayan ancak üretimi için gerekli bileşenlerden de oluşabilir. ÜA'nda her bir düzeydeki bileşen, bir alt düzeydeki bileşene göre "baba", alt düzeydeki bileşen ise bir üst düzeydeki bileşene göre "oğul" bileşendir. Bu ilişkiye ÜA'nda "baba-oğul ilişkisi" adı verilir (Şekil 17).”



Şekil 17 - Ürün Ağaçlarında baba-oğul ilişkisi (Tanyaş ve Baskak, 2008: 249).

Tek seviyeli bir ürün ağacı sadece baba yani üretilecek ürün ile onun bileşenlerini ve ne kadar kullanılması gerektiğini gösterir. Bu nedenle tek seviyeli ürün ağacı iki ürün seviyesini içerir. Örneğin bir saat montajı tek seviyeli ürün ağacına örnek olarak verilebilir. Bir saat, bir kayış ve 2 adet vidadan meydana gelmektedir. Kısaca; ürün ağacının montajı yapılacak ürünler şeklinde özetleyebiliriz. Son ürünün üretilmesi için gerekli bileşenler, gerekli miktarlar gibi verileri gösterir (Toomey, 1996:28-29).

3.3.3. Stok Yönetimi

Bir üretim sisteminde üretilen ürüne dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel malzemeler ve ürünün kendisi stok kavramı içinde düşünülebilir. Stoklar söz konusu malzemelerin miktarları veya parasal değeri ile ölçülür. Bazı kitaplarda stok yerine envanter kelimesi kullanılır. Fakat bu kelime yıl sonunda yapılan fiziksel sayım yolu ile stok tespiti anlamına gelir (Çelikçapa, 2000: 166).

Stok yönetiminin rolü; istenen stok düzeyine ulaşmak olarak tanımlanabilir. Bu düzey üretilen malzeme seviyesi ile ilişkilidir. Tüm parametreler belirlendiğinde stok seviyesi ile ilgili sorulması gereken sorular ne kadar sipariş verilmeli?, ne zaman sipariş verilmeli?, süreç nasıl kontrol edilmeli? üzerine kuruludur (Toomey, 1996: 13).

Envanter yönetimi üretim sistemlerindeki en önemli fonksiyondur. Bir üretim sisteminde ve üretim şirketinde iki tip envanter tanımlanmıştır. İlk tip olan üretim envanteri hammadde miktarı, yarı mamül bileşen parçaları, tamamlanmış bileşen parçaları, alt bileşenler, prodesteki bileşen parçaları ve prodesteki alt bileşenleri içerir. İkincisi olan dağılım envanteri ise depodaki son ürünler ile bu ürünlerin taşınmasıyla ilgilenir. İşletmenin ana hedefi siparişlerin alıcıya tam zamanında ulaşmasıdır. Siparişlerin istenen zamanda ulaşması, iyi bir envanter yönetimi desteğine, üretim planlamasına ve envanterlerin kontrol altında tutulması ile sağlanabilir. Orlicky'e göre (1975), envanter yönetimi iki yaklaşımın birleştirilmesini temel alır: (1) stok yenilenmesi veya istatistiksel envanter kontrolü ile mümkündür. Bu istatistiksel envanter kontrolü, envanter düzeylerinin istatistiksel olarak envanter düzeylerinin izlenmesi ve bu düzeylerin eksiklik durumunu elimine edecek şekilde hesaplanmasıyla mümkündür. (2) Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) ise ana üretim planına (MPS) göre ihtiyaçların planlanmasını esas alır. Ana üretim planı (MPS) müşteri isteklerine bağlı olarak hesaplanır. MRP için iki temel veri gereklidir: (1) MPS ve (2) ürün ağacı bilgileri (BOM).

MPS üretim planı, üretim zamanını ve miktarını talep tahmini yöntemler veya yapılan siparişlere göre gösteren verilere sahiptir. BOM hangi alt bileşenin veya hangi hammaddenin kullanılacağını ve hangi üretim için ne miktarda kullanılacağını gösterir. Gerekli malzeme miktarı; MPS teki hiyerarşik olarak gösterilen miktar ile BOM ndaki katsayının kullanılmasıyla hesaplanır (Yenisey, 2006: 317-318).

3.3.3.1. Stok Kavramı

Stok; kullanılmayı veya satılmayı bekleyerek, belirli bir süre aıl durumda tutulan, ekonomik değere sahip malzeme ve mallar olarak tanımlanabilir. Stok edilen malzemeler arasında cins, değer, kullanım yeri, stoklama biçimi gibi faktörler açısından farklılıklar vardır. Ancak stokların sınıflandırılmasında en çok kullanılan sınıflandırma amaca uygun sınıflandırmadır.

- Hammadde stokları: İşletmede imalata giren ve üzerinde işlem yapılarak değer kazandırılan stoklardır.
- Yarı mamul veya yan ürün stokları: Üzerinde yapılması gereken işlemler henüz tamamlanmamış bulunan ve ara depolarda biriktirilen stoklardır.
- Mamul veya ürün stokları: Fabrika içinde yapılması düşünülen işlemlerin tümü tamamlandıktan sonra, müşteriye teslim edilmek üzere ambara konulan stoklardır.
- Hazır parçalar: Ürünün bir kısmını oluşturan ve genellikle dışarıdan tedarik edilen stoklardır.
- Yardımcı malzemeler: Üründe doğrudan kullanılmayan veya yer almayan malzemelerdir.
- Emniyet stokları: Talepteki belirsizliği ve tedarik süresindeki gecikmeleri karşılamak amacıyla elde bulundurulanan stoklardır.
- İşlem stokları: Üretim süreci sırasında işlemler arasında oluşan stoklardır.

3.3.3.1. Talep Kavramı

Bitmiş ya da yarı mamül halindeki ürünlerin talebi tahminlere, müşteri siparişlerine veya bunların bileşimine bağlıdır. Ayrıca; talep potansiyeli 4 bağımsız değişken boyutunda incelenebilir. Müşteriler, üretim ve servisler, lojistik kapasite ve tedarik zinciri modellenmesi. Stok planlaması yapırlen talebin oluşum yapısı ve tahminlerin ya da deterministik bir talep ise sipariş miktarı bu yapının oluşumundaki temel yapı taşlarıdır. Bu yapıdaki eksik yapı taşları üzerine gidilmeli ve yapılması gerekenler konusunda detaylı analizler yapılmalıdır (Ross, 2004: 275-176).

4. DETERMİNİSTİK TALEBİN DEĞİŞMESİ DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI MRPII

4.1. Deterministik Talep Altında MRPII'ye Genel Bakış

Belirsizlikler talep ve temin olmak üzere iki kaynaktan oluşmaktadır. Talep belirsizliği müşteri siparişlerini etkileyen dış faktörler tarafından oluşur. Temin belirsizliği ise satıcılardan veya üretim sisteminin iç karakteristiklerinden oluşmaktadır. Talebin deterministik olması ilk noktada belirtilen kararsızlığı ortadan kaldırmaktadır. Bu tip durumlarda talebe göre üretim gerçekleştiğinden talep dalgalanmaları üretim planlamasını bozmamaktadır. Belirsizliklerle başa çıkabilmek için güvenlik stoğu kavramına daha fazla dikkat etmek gerekmektedir.(Güneri, 1998 :98).

4.2. Deterministik Talebin Değişmesi Durumunda Yeniden Planlama Yöntemi

Değişim durumları güvenlik stoğu kavramını ön plana çıkarmaktadır. Çünkü acil hazırlıklardan kaynaklanan hazırlık maliyetlerinin yüksek olması, güvenlik stoğu tutmayı avantajlı hale getirir. Hazırlık maliyetlerinin düşük olduğu üretim safhalarında da emniyet stoğu tutulabilir. Ancak bu durumda stokta tutma maliyetlerinin de göz önüne alınması gerekir (Güneri, 1997 :99)

Drexl ve Kimms'in (1997) karşılaştırmalı incelemelerinden sonra çok aşamalı ve çok makina kapasiteli lot büyüklüğü (multi-stage, multi machine capacitated lot-sizing problem) kısaltılmış şekli ile **MSMMCLSP** ve çizelgeleme problemi literatürde dikkate değer önemde kabul edildi. Bu problem, Franca, Armentano ve Beretta (1997) ve Stadtler (1996) gibi araştırmacılar tarafından düzenli kapasite limitleri üzerinde değerlendirildi. Üstelik amacımız; Franca'nın hüristik metodu ile kıyaslama yaparak, deterministik talep altında sınırlı bir planlama düzlemi üzerinde yeniden bir

izelgeleme h ristiği tanımlayarak, MSMMCLSP'de uygun ve etkin bir çözüm yaratmak olan bir çalışmanın yapılmasıydı. Bu alışma fazla yüklemeyi ihmal ederek yani son ürünün üretiminin uzamasını ya da ilişkili bileşenlerin önceki üretimden geç gelmesi veya sonraki periyoda geç iletilmesi gibi ihtimalleri göz ardı ederek makinaların normal bir kapasite'de olduğunu (normal operasyon zamanı) ve bileşenlerin çizelgelenmesini geliştirmek için düşük üretim seviyesinde, geliştirilmiş bir prosedürün kullanıldığının öngörülmesi üzerine kuruluydu.

Genellikle, düzenli zamandaki üretim; günlük saat 8 saat çalışma ve makinanın normal kapasite ile çalışması ile yapılan üretim olarak tanımlanır. Pratikte, makina kapasitesi üretim için rezerve edilmiş kabul edilir fakat fazla mesai ile çalışarak bu kapasite arttırılabilir. Örneğin gece vardiyası ile çalışarak ek kapasite meydana getirilebilir. Tezin bu bölümü fazla mesai ile üretim yapılması durumundaki kapasite artışıının sağladıklarını göstermektedir. Fazla mesai uygunluğundaki limitler, kurumun prosedürlerinde uygulanan temeller ile birlikte açıklanmalıdır. Üstelik fazla mesai ile üretim ekstra maliyet anlamına gelmektedir, normal süreçte yapılan üretimde ki maliyete göre daha yüksektir. Belirli bir periyot içerisindeki lot büyüklüğü olumlu ise bileşenlerin miktarı uygun bir şekilde tüm makinalara yüklenmiş sonucunu doğurmaktadır. Makinanın kümülatif olarak yüklenmesi, kapasitesi limitinin artmasına bu da fazla yüklemeye neden olmaktadır. Bu durum uygun olmayan lot büyüklüğü kararına neden olur. Fazla yükleme sadece normal zamandaki planlamayı yeniden yaparak düzeltilmez, fazla mesai ile üretim de bir çözüm yoludur. Öncelikle; yeniden planlama mekanizmasının performansının optimum olmadığını (ya da optimuma yakın olmadığını), MSMMCLSP'de kapasite aşımının gerekli olup olmadığının açığa çıkarılması gerekir. Hem düzenli zamandaki yeniden planlama mekanizmasının hem de fazla mesai ile üretim durumuna bağlı olarak avantajlar ve dezavantajlar, çeşitli planlama parametrelerinin kombinasyonuna göre vardır (Rong,Takahashi ve Morikawa, 2006: 2-3).

4.3. Deterministik Talebin Değişmesi Durumunda Fazla Mesai Üretimi Probleminin Formülasyonu

Kapasite ilavesi olmadan MSMMCLSP problemi karışık tamsayı programlama modeli ile; hazırlık maliyeti, ara stok maliyeti ve reguler üretim maliyetini içeren objektif fonksiyonları (tablo 1’de gösterilen bütün notasyonlar) içeren tablo 2’deki gibi açıklanabilir (Rong v.d., 2005). Kısıt (2), ara stoğu stoğunu ve basamaklar arasının dengelenmesini ifade etmektedir. Kısıt (3), ara stok E_{it} ve negatif olmayan klasik stok I_{it} ’nin tanımından ortaya çıkmaktadır. Kısıt (4) üretim için sınırlı olan her bir makinenin dolumunu belirtmektedir. Kısıt (5), P_{it} pozitif iken değişen hazırlık maliyeti s_{it} ’yi sağlamaktadır. Fazla mesai üretimine bağlı olarak objektif fonksiyonlar fazla mesai üretim maliyetini de içermektedir (Eşitlik 7). Kısıt (10), fazla mesai kapasitesine göre her bir makinenin arttırılabilen kapasitesini ifade etmektedir. Kısıt (11), fazla mesai kapasitesinin sınırsız olmadığını göstermektedir.

Kısaltmalar:

m	makine indeksi; $m= 1,2,...,M$
i	bileşen indeksi; $n= 1,2,...,N$
t	periyot indeksi; $t= 1,2,...,T$
D_t	t periyodundaki son parça için verilen talep
D_{it}	t periyodundaki i bileşeni için verilen talep
P_t	t periyodundaki son parça için üretim miktarı
$B_{i*,l}$	l periyodundaki i* bileşeninin ulaşılamayan miktarı
τ	bileşenlerin tedarik süresi
$S(i)$	i bileşeninin direkt ardıllarının seti
$P(i)$	i bileşeninin direkt öncüllerinin seti
P_{it}	t periyodundaki i bileşeninin normal sürede gerçekleştirilen üretim miktarı
E_{it}	t periyodundaki i bileşeninin normal süredeki ara stok miktarı, $E_{it} = I_{it} + \sum_{r \in P(i)} r_{ij} E_{ij} - \sum_{j \in S(i)} r_{ij} E_{ij} - E_{it} \leq 0$, j $\in S(i)$, ara stok E_{it} , kendi stoğu I_{it} onun ardıl bileşenlerinin ara stoğu haline gelen t periyodunun sonundaki, i bileşeninin toplam sistem stoğu olarak farzedilmektedir.
OP_{it}	t periyodundaki i bileşeninin fazla mesai üretim miktarı
s_{it}	t periyodundaki i bileşeninin sipariş başına hazırlık maliyeti
h_{it}	t periyodundaki i bileşeninin parça başına elde bulundurma maliyeti

c_{it}^{rg}	t periyodundaki i bileşenin parça başına üretim maliyeti
c_{it}^{ov}	t periyodundaki i bileşenin parça başına fazla mesai maliyeti, $c_{it}^{ov} = f \cdot c_{it}^{rg}$, $f > 1$
e_{it}	t periyodundaki i bileşenin parça başına ara stok elde bulundurma maliyeti
$U(m)$	m makinesinin fazla mesai kapasitesinin bir üst limiti
M_{it}	P_{it} 'deki bir üst limit
$i(m)$	m makinesinde üretilen bütün bileşenlerin seti
$sgn(Y)$	1 eğer $Y > 0$ 0 eğer $Y \leq 0$
$S(m,i)$	m makinesindeki i bileşenin sipariş başına hazırlık süresi
$Q(m,i)$	m makinesindeki i bileşenin sipariş başına operasyon süresi
r_{ij}	j bileşenin üretimi için gerekli olan i bileşeni miktarı
r_i	bir ürün üretimi için gerekli olan i bileşeni miktarı, $r_i = \prod_{k \in C_{oi}} r_{ik}$, α_i , i bileşeni için gerekli olan temel bileşenler seti
$CAP(m)$	m makinesinin normal kapasitesi
$OCAP(m)$	m makinesinin fazla mesai kapasitesi
$\lceil \cdot \rceil$	En yakın daha büyük tam sayı; $\lceil 1.1 \rceil = 2$
D_{t^*}	t periyodundaki son parça için yeni talep
$EOQ/\$$	Ortalama haftalık talebe ($\$$) göre ekonomik sipariş miktarı (EOQ)
$t\ell$	bir parça üretimin taşınabildiği hedef periyot
q_{it}	t periyodunda hedef periyot $t\ell$ 'ye taşınan i bileşeni miktarı
μ	i bileşenin bir sonraki üretimine t periyodundan önce yer alan en yakın periyot, $\mu \leq t\ell \leq t - 1$

Bütünleşik sezgisel yöntem aşırı yüklemeleri iki alternatif metod ile elimine eder: (1) normal sürede yeniden planlama: son parçayı değiştirme ya da kapasitelendirilmiş bileşenleri normal kapasite limitleri altında bir önceki ya da bir sonraki periyoda kaydırmak. Bu, Rong'un (2005) yeniden planlama sezgisel yöntemindeki işleyiş ile aynıdır. (2) fazla mesai üretimi: kapasite genişletilebildiği durumda, OP_{it} bileşenlerinin belirlenen miktarı fazla mesaide üretilir. Olanaksız sipariş miktarı için minimum toplam maliyetli yöntem programlama için seçilir. Sezgisel yöntem iki aşamadan meydana gelir: bütünleşik Wagner-Whitin/lot-for-lot (WW/LFL) (P1) ve performans geliştirme (P2). P1 etkin performans metodu seçimi ile başarılı bir çözüm bulmak için kullanılır. Etkin performans metodunda WW (Wagner –Whitin), son parça için sipariş miktarı kuralı ve LFL (lot-for-lot) alt basamaklardaki bağımlı bileşenler içindir. Sonuç olarak, P' alt basamaklardaki programlamayı geliştirmek için kullanılır.

Model 1 – Normal Üretim Koşulları içinde MSMMCLSP Matematiksel formülasyonu

$$\text{minimum} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{\text{rg}} \cdot P_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \text{ aşağıdaki kısıtlara bağlı olarak: (1)}$$

$$E_{i,t-1} + P_{it} - E_{it} = D_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum r_{ij} E_{jt} - E_{it} \leq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$\sum [\text{sgn}(P_{it}) \cdot S(m,i) + P_{it} \cdot Q(m,i)] \leq \text{CAP}(m), i \in i(m), m = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$P_{it} \leq M_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$P_{it} \leq 0, E_{it} \geq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (6)$$

1. Amaç fonksiyon: Toplam Maliyet minimize et: (Hazırlık Maliyeti X Üretilen miktar) + (Üretim Maliyeti X Üretilen miktar) + (Kademe Stok Maliyeti X Kademe Stoğu)
2. (Elde Bulunan Miktar) + (Üretilen Miktar) – (Stoğa Alınan Miktar) = (Talep Edilen Miktar)
3. (j için gerekli i miktarı X Elde bulunan j) - (Elde bulunan i) <= 0
4. Makina kapasite kısıtı
5. Üretilen miktar üst sınırdan fazla olamaz
6. Üretilen miktar 0'dan küçük olamaz

Model 2 – Fazla Mesai Üretimi İçerisinde MSMMCLSP Matematiksel formülasyonu

$$\text{minimum} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{\text{rg}} \cdot P_{it} + c_{it}^{\text{ov}} \cdot OP_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \quad (7)$$

aşağıdaki kısıtlara bağlı olarak:

$$E_{i,t-1} + P_{it} - E_{it} = D_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum r_{ij} E_{jt} - E_{it} \leq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum_{m=1, \dots, M} [\text{sgn}(P_{it}) \cdot S(m, i) + (P_{it} + OP_{it}) \cdot Q(m, i)] \leq CAP(m) + OCAP(m), \quad i \in i(m), \quad t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$OCAP(m) \leq U(m)$$

$$P_{it} \leq M_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad (12)$$

$$P_{it} \leq 0, \quad E_{it} \geq 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad (13)$$

7. Amaç fonksiyon: Toplam Maliyet minimize et: (Hazırlık Maliyeti X Üretilen miktar) + (Üretim Maliyeti X Üretilen miktar) + (Kademe Stok Maliyeti X Kademe Stoğu)
8. (Elde Bulunan Miktar) + (Üretilen Miktar) – (Stoğa Alınan Miktar) = (Talep Edilen Miktar)
9. (j için gerekli i miktarı X Elde bulunan j) - (Elde bulunan i) <= 0
10. Üretilen miktar makina normal kapasitesi ve Fazla mesai kapasitesinin toplamından fazla olamaz.
11. Fazla mesai kapasitesi makinanın üst limitinden fazla olamaz.
12. Üretilen miktar üst sınırdan fazla olamaz
13. Üretilen miktar 0'dan küçük olamaz

Bütünleşik WW/LFL (P1)

Geleneksel WW, sezgisel yöntemle göre (Wagner & Whitin, 1958), horizon planlamada son T periyodunda son parça için sipariş $O_{l-n} = \sum_{t=l-n}^l D_t$ l-n periyodunda yapılabilir, $l = T, T-1, \dots, 1$, bu yüzden son parçanın maliyetini (eşitlik 14) minimize etmek içindir. Burada n , l-n'den l'ye kadar çizelgelenen periyot için elde edilen en küçük tam sayı değeri optimumdur:

$$\min \sum_{t=l-n}^l [\text{sgn}(P_{lt}) \cdot s_{lt} + c_{lt} \cdot P_{lt} + e_{lt} \cdot E_{lt}]. \quad (14)$$

Belirlenen O_{l-n} ile, bileşen siparişi, $O_{i,l-n} = r_i \cdot O_{l-n}$, $i \in i(m)$, lot-for-lot kuralı ile hesaplanmaktadır. Sonra nadir aşırı yüklemeler $OL_{l-n}(m)$ makinelerinin aşağıda verilen kendi kapasitelerinden $CAP(m)$ fazla yüklenmesinden kaynaklanmaktadır.

$$OL_{l-n}(m) = \sum [\text{sgn}(O_{i,l-n}) \cdot S(m,i) + O_{i,l-n} \cdot Q(m,i)] - CAP(m), i \in i(m), m = 1,2,\dots, M. \quad (15)$$

m makinesindeki son parçanın kullanılamayan üretim miktarı $B_{l-n}(m)$, daha sonra m makinesinin l-n periyodunda aşırı yükleme miktarından aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$B_{l-n}(m) = [OL_{l-n}(m) / \sum r_i \cdot Q(m, i)]. \quad (16)$$

Aşırı yüklemeler genel çoklu makine sistemlerinde birden fazla makineye tahsis edilmiş olabilir. Bunun için, l-n periyodundaki son parça için biriken son sipariş aşağıdaki gibi olmalıdır:

$$B_{l-n} = \max B_{l-n}(m). \quad (17)$$

Belirlenen O_{l-n} ve B_{l-n} için, programın olabilirliğini ölçmek için iki alternatif metod kullanılabilir.

Yeniden programlama WW/LFL

O_{l-n} ve B_{l-n} belirlendikten sonra, minimum λ tamsayı değeri $\sum_{t=l-n}^{l-n+\lambda} D_t \geq B_{l-n}$ şeklinde seçilir. $\lambda < n$ ise, yeni bir sipariş $O_{l-n+\lambda} = \sum_{t=l-n+\lambda} D_t$, $l-n+\lambda$ periyodunda ayarlanabilir ve yeniden programlama WW sezgisel yöntemi ile $l = l-n+\lambda-1$ 'den devam eder. Bu ayarlama, birikmiş siparişleri ileriye taşır bu yüzden uygun sipariş miktarı, WW sezgisel yöntemin işleyişini ve kapasite sınırını bozmadan belirlenebilir. $\lambda = n$ ise, bu, l periyodundaki talebin kendi kendine kapasiteyi aştığı anlamına gelmektedir, bu yüzden O_{l-n} maliyet minimizasyonuna katkı sağlasa bile önceki n periyotlu talepleri içermemelidir. Bu nedenle yeni bir sipariş, l periyodunda ayarlanmalıdır, l periyodundaki gerçek birikmiş sipariş $B_l^* = B_{l-n} - \sum_{t=l-n}^{l-n+\lambda} D_t$ şeklindedir ve tam zamanında talebin karşılanması için ileri taşınması gerekir. Dahası, bileşenin kapasitelenmiş olanaksız üretim miktarı $B_{i^*,1}$ (eşitlik (18)), diğer yandan $\lambda = n$ olduğunda B_l^* 'dir. Burada, i^* kapasitelenmiş m makinesinde üretilen bileşen tir ve l periyodundaki gerçek aşırı yükleme, $OL_l^*(m)$, sadece $B_{i^*,1}$ değiştirilerek stok basamağındaki sınırlar aşılmadan elimine edilebilir:

$$B_{i*,l} = [OL^*_l(m)/Q(m, i^*)], i^* \in i(m). \quad (18)$$

Bu nedenle, $\lambda < n$, aşırı yükleme son parçanın değiştirilmesi ile ortadan kaldırılır. $\lambda = n$ olduğu halde iki uygun çözüm kullanılabilmektedir: biri $B_{i*,l}$ 'in değiştirilmesi ile ve diğeri B^*_1 değiştirilmesi ile seçilen en düşük ek maliyette aşırı yüklemeyi elimine eder. Sonuç olarak, $l-1$ periyodundan devam edilen yeniden planlama, $l-1$ periyodundaki modifiye edilen talepler nedeniyle gereklidir. $l = 1$ ve $B^*_1 > 0$, B^*_1 'deki özel durum için planlama ile ileri taşınamaz, bu yüzden 2. periyot geriye taşınmak zorundadır. Sonra $P^*_1 = D^*_1 = D_1 - B^*_1$ ve $D^*_2 = D_2 + B^*_1$ modifiye edilen D^*_2 nedeniyle, planlama girişi yeniden planlanmak zorundadır.

Fazla mesai üretimi

Kapasite artırımı hesaba katılırsa, fazla mesai üretimine aşırı yüklemeleri ortadan kaldırmak için girişilir. i bileşeni için fazla mesai üretimi miktarı, OP_{it} , eşitlik (19)'da gösterilmektedir ve mevcut kritik periyotta fazla mesaide üretilmektedir.

$$OP_{it} = \begin{cases} r_i \cdot B_{l-n} & \lambda < n \text{ için} \\ B_{i*,l} & \lambda = n \text{ için} \end{cases}, 1 \leq l \leq T. \quad (19)$$

$$\begin{aligned} & \text{minimize} \sum_{t \in \chi_l} \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{rg} \cdot P_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \text{ yeniden planlama işleyişi için} \\ & \text{minimize} \sum_{t \in \chi_l} \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{rg} \cdot P_{it} + c_{it}^{ov} \cdot OP_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \text{ fazla mesai üretimi için} \end{aligned} \quad (20)$$

WW/LFL yeniden planlama adımları

1. adım: Son $l = T$ periyodunda başlanır.
2. adım: n 'yi hesaplamak için kapasitelenmemiş WW sezgisel yöntemi kullanılır,
 $O_{l-n} = \sum_{t=l-n}^l D_t$, ve $O_{t,l-n} = r_t \cdot O_{l-n}$.
3. adım: B_{l-n} , belirlenen n , O_{l-n} ve $O_{t,l-n}$ ile hesaplanır (eşitlik (17)).
4. adım: eğer aşağıdaki olaylar meydana gelirse B_{l-n} elenir.
 - (A) $B_{l-n} = 0$ ise, üretim siparişi $P_{l-n} = O_{l-n}$ ve $l = l - n - 1$; 2. adıma gidilip devam edilir.
 - Aksi halde, minimum tam sayı λ değeri $\sum_{t=l-n}^{l-n+2} D_t \geq B_{l-n}$ 'den seçilir:
 - (a) $\lambda < n$ ise, $l - n + \lambda$ periyodunda yeni bir sipariş ayarlanır,
 $P_{l-n+\lambda} = O_{l-n+\lambda} = \sum_{t=l-n+\lambda}^l D_t$ ve $l = l - n + \lambda - 1$; 2. adıma gidilip devam edilir.
 - (b) $\lambda = n$ ise, $B_{i^*,l}$ hesaplanır (eşitlik (18)).
 - (I) $B_{i^*,l}$ ve $B_{i^*,l-1}$ ikisi de mevcut ise,
 - (i) $B_{i^*,l-1}$, $l-1$ periyoduna taşınmalıdır. Sonra l periyodundaki i^* bileşenlerinin üretim siparişi $P_{i^*,l} = O_{i^*,l} - B_{i^*,l}$ ve $l-1$ periyodundaki talep $D_{i^*,l-1} = D_{i^*,l} + B_{i^*,l}$.
 - (ii) $B_{i^*,l} = B_{l-n} - \sum_{t=l-n}^{l-1} D_t$ ve $l-1$ periyoduna taşınır. Sonra $P_l = D_l^* = D_l - B_{i^*,l}$ ve $D_{l-1}^* = D_{l-1} + B_{i^*,l}$.
 - (iii) Elde edilen her iki plan için, minimum ek maliyet seçilir. 2. adıma gidilir ve yeniden planlamaya $l = l - 1$ 'den devam edilir.
 - (II) $B_{i^*,l}$ mevcut değil ise, $B_{i^*,l}$ değiştirilir. $B_{i^*,l} = B_{l-n} - \sum_{t=l-n}^{l-1} D_t$ ve periyot $l-1$ 'e taşınmalıdır. Daha sonra $P_l = D_l^* = D_l - B_{i^*,l}$ ve $D_{l-1}^* = D_{l-1} + B_{i^*,l}$. 2. adıma gidilir ve yeniden planlamaya $l = l - 1$ 'den devam edilir.
 - (c) $l = 1$ ise ve $B_{i^*,l} > 0$ ise, $B_{i^*,l}$, 2. periyoda taşımak zorundadır. Sonra $P_l = D_l^* = D_l - B_{i^*,l}$ ve $D_2^* = D_2 + B_{i^*,l}$. 1. adıma gidilir ve yeniden planlamaya son T periyodundan devam edilir.
 5. adım: $l = 0$ olduğu zaman durulur.

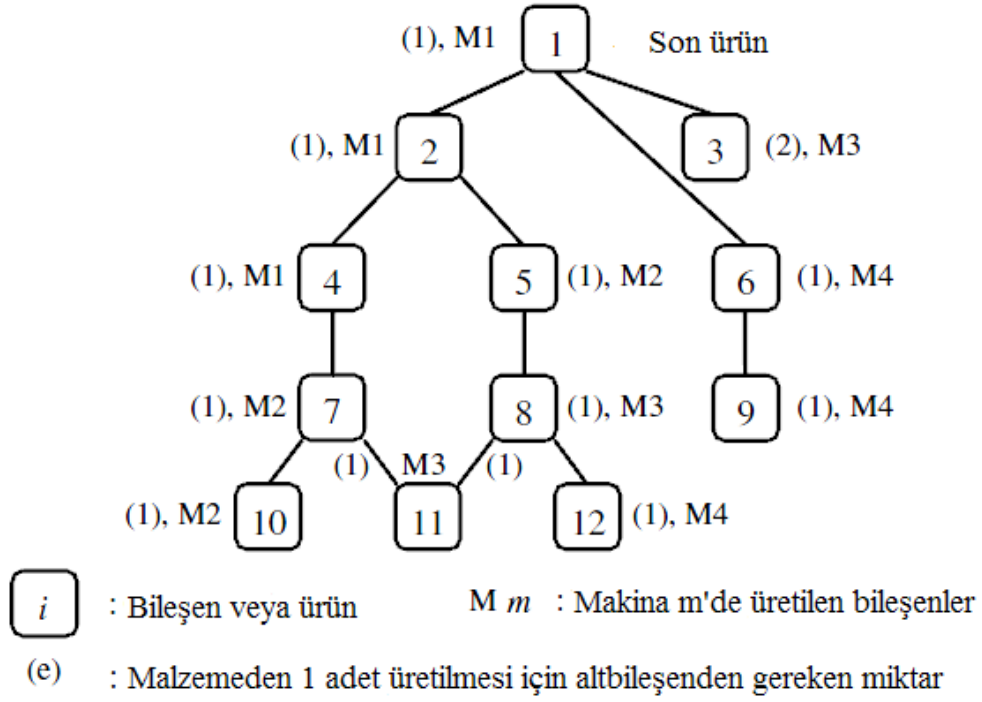
Bütünleşik WW/LFL (P1) adımları

1. adım: n 'yi hesaplamak için kapasitelenmemiş WW sezgisel yöntemi kullanılır, $O_{l-n} = \sum_{t=l-n}^l D_t$, ve $O_{t,l-n} = r_t \cdot O_{l-n}$, planlamaya giriş yapmak için, kapasitelenmemiş WW/LFL programının belirlenmesi gerekmektedir.
2. adım: n 'yi hesaplamak için WW/LFL sezgisel yöntem kullanılır,
 $O_{l-n} = \sum_{t=l-n}^l D_t$, ve $O_{t,l-n} = r_t \cdot O_{l-n}$, planlamaya giriş yapmak için, yeniden planlama işleyişinin belirlenmesi gerekmektedir.

3. adım: Son $l = T$ periyodunda başlanır, kapasitenmemiş WW/LFL programı ve Yeniden planlama WW/LFL programının karşılaştırılması ile χ_l periyot seti belirlenir.
4. adım: $t \in \chi_l$ periyotlarındaki programlamayı belirlemek için fazla mesai üretim yöntemi kullanılır, bileşenlerin fazla mesai üretim miktarı eşitlik (19) ile hesaplanmaktadır.
5. adım: eşitlik (20) kullanılarak iki programın performansı hesaplanır ve kıyaslanır, minimum toplam maliyetli program $t \in \chi_l$ periyotlarında kullanılır.
6. adım: Sonraki χ_l belirlenir ve 4. adıma kıyaslama ve seçim için gidilir.
7. adım: $l = 0$ olduğu zaman durulur.

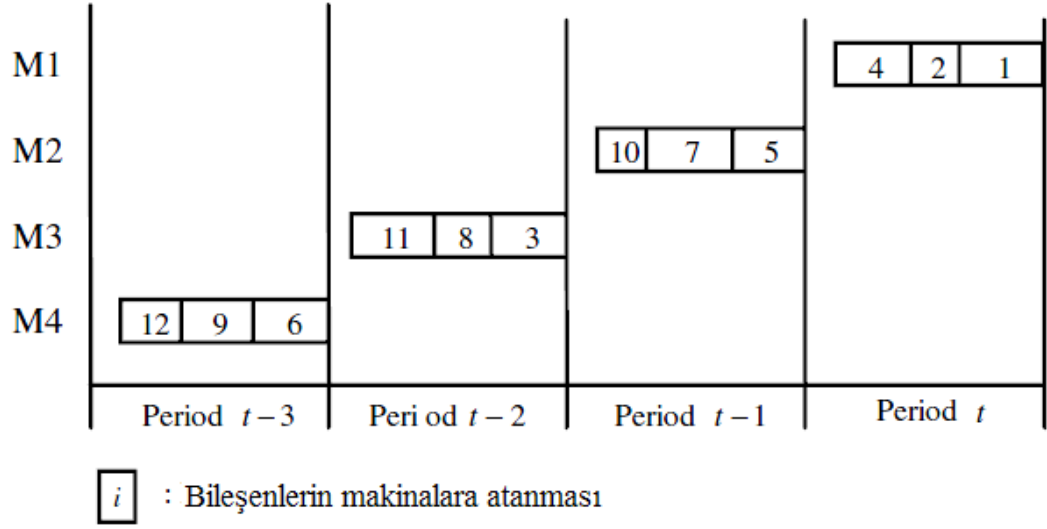
(Rong, v.d., 2006: 3-9).

4.4. Yeniden Planlama Ve Fazla Kapasite Kullanımı Yönteminin Kullanıldığı Örnek Çalışma



Şekil 18 - Ürün Ağacı

Şekil 18'de 1 numaralı son ürünü üretmek için gerekli alt bileşenler, bu alt bileşenler arasındaki ilişki ve gerekli miktarlar gösterilmiştir. M ile ifade edilen iş istasyonları Şekil 19'da gruplanmış ve üretim iş istasyonları belirlenmiştir.



Şekil 19 - Üretim Planı

Tablo 10 - Maliyet Parametreleri

EOQ/D	EOQ	s_{1t}	h_{1t}
0.73	67	\$672	28
1.14	105	\$1680	28
1.82	166	\$4200	28

Tablo 10 maliyet parametrelerini göstermektedir.

Son periyotta üretilmesi istenen miktar 225 adettir. Çözümün kilit noktası 200 adet olan normal kapasitenin üzerine çıkılıp çıkılmamasıdır.

Tablo 11 - Fazla Mesai ve Yeniden Planlama Çizelgeleme Sonuçları

Yeniden Planlama			Fazla Mesai Üretimi		
T	9	10	T	9	10
P_{1t}	125	100	E_{1t}	0	0
OP_{1t}	0	0	OP_{1t}	200	0
P_{2t}	125	100	E_{2t}	0	0
OP_{2t}	0	0	OP_{2t}	25	0
P_{3t}	250	200	E_{3t}	0	0
OP_{3t}	0	0	OP_{3t}	400	0
P_{4t}	125	100	E_{4t}	0	0
OP_{4t}	0	0	OP_{4t}	50	0
P_{5t}	125	100	E_{5t}	0	0
OP_{5t}	0	0	OP_{5t}	200	0
P_{6t}	125	100	E_{6t}	0	0
OP_{6t}	0	0	OP_{6t}	25	0
P_{7t}	125	100	E_{7t}	0	0
OP_{7t}	0	0	OP_{7t}	200	0
P_{8t}	125	100	E_{8t}	0	0
OP_{8t}	0	0	OP_{8t}	25	0
P_{9t}	225	0	E_{9t}	100	0
OP_{9t}	0	0	OP_{9t}	200	0
P_{10t}	225	0	E_{10t}	0	0
OP_{10t}	0	0	OP_{10t}	25	0
P_{11t}	250	200	E_{11t}	0	0
OP_{11t}	0	0	OP_{11t}	400	0
P_{12t}	225	0	E_{12t}	0	0
OP_{12t}	0	0	OP_{12t}	50	0
$OL_t(m)$	—	—	$OL_t(m)$	200	0
B_t	—	—	B_t	25	0

Tablo 12 - Fazla Mesai ve Yeniden Planlama Maliyet Sonuçları

c_{it}^{ov}	Fazla Mesai Maliyeti ile Normal Üretim Maliyet Oranı	Yeniden Planlamada Toplam Maliyet	Fazla Mesai Üretiminde Toplam Maliyet
$c_{it}^{ov} = 2c_{it}^{rg}$	(düşük)	15,950	12,700*
$c_{it}^{ov} = 10c_{it}^{rg}$	(normal)	15,950	15,500*
$c_{it}^{ov} = 20c_{it}^{rg}$	(yüksek)	15,950*	19,000

Tablo 12’de fazla mesai üretimin hangi durumlarda seçilmesi hangi durumlarda seçilmemesi gerektiği görünmektedir. Burada 3 farklı aralık verilerek fazla mesai üretiminin normalin 2, 10 ve 20 katı olduğu durumlardaki toplam maliyetin normal mesai üretimi ve fazla mesai üretiminin kıyası verilerek yapılmıştır.

Yukarıda verilen verileri inceleyerek şu sonuçlara varabiliriz;

- Düşük ve normal maliyette fazla mesai üretimi maliyetinin bulunduğu durumlarda “Fazla Mesai Üretimi Yöntemini” seçmek bize optimum sonucu verir.
- Yüksek maliyette fazla üretim maliyetinin bulunduğu durumlarda ise üretimi yeniden planlamak gerekmektedir (Rong, v.d., 2006: 9-12).

5. TALEBİN DETERMİNİSTİK OLMASI DURUMUNDA ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMASI UYGULAMASI

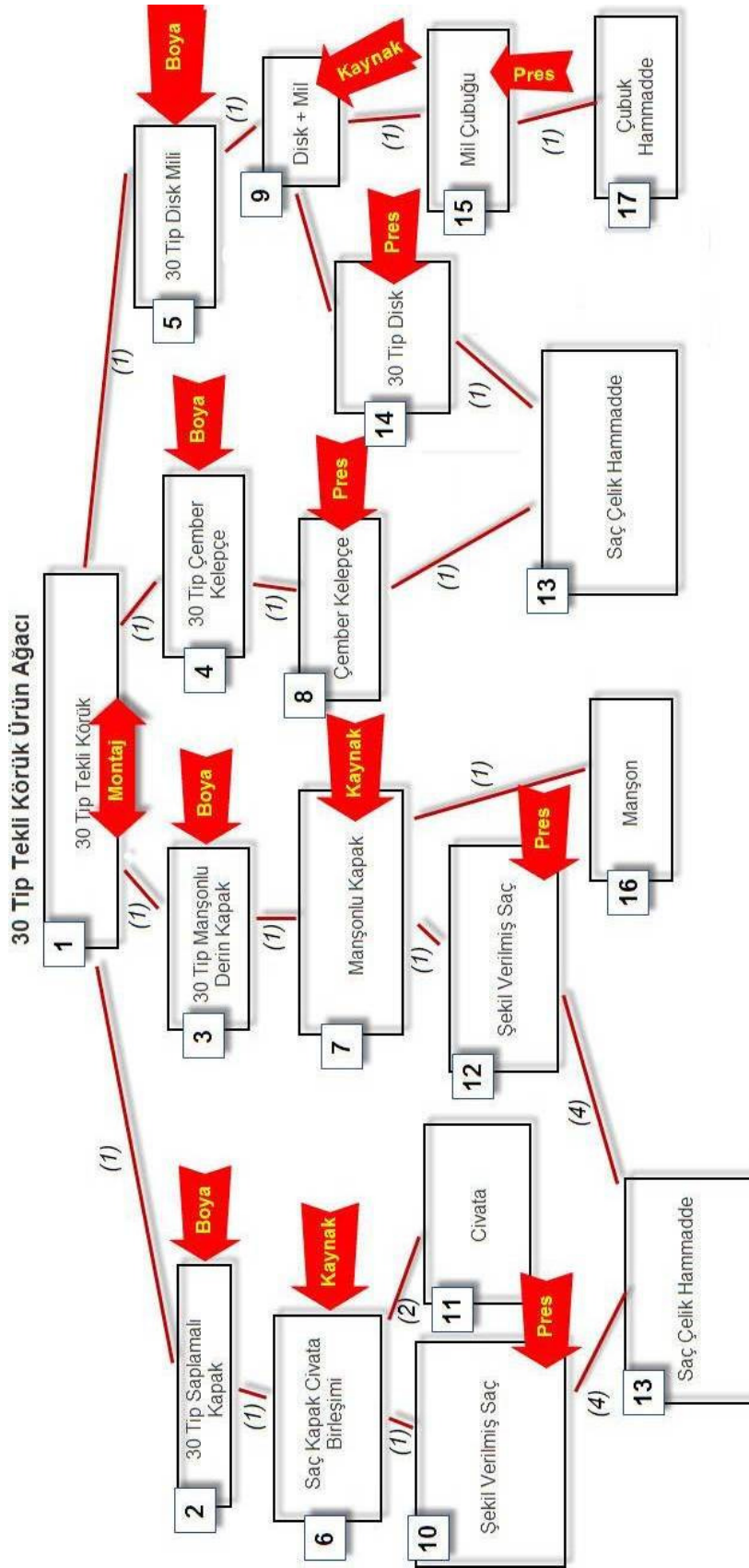
5.1. Sistemin Yapısı ve Problemin Tanımı

Tez çalışmasının bu bölümünde uygulaması yapılan çalışmanın yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama konusu olan planlama sistemi otomotiv yan sanayisi olarak faaliyet gösteren, otomobil fren sistemine ait yedek parça üretimini gerçekleştiren bir işletmedir. Üretimi planlanan parça olarak; ilerleyen kısımlarda daha detaylı bir şekilde anlatılan, işletme içerisinde “**30 Tip Tekli Körük**” olarak adlandırılan otomotiv yedek parçası seçilmiştir. İşletmenin üreteceği ürün miktarı en geç 30 gün öncesinden işletmeye bildiriliyor, işletme deterministik talep altında planlamasını gerçekleştirerek verilen teslim tarihinde JIT (just in time) üretim felsefesine bağlı olarak teslimatı gerçekleştirmektedir.

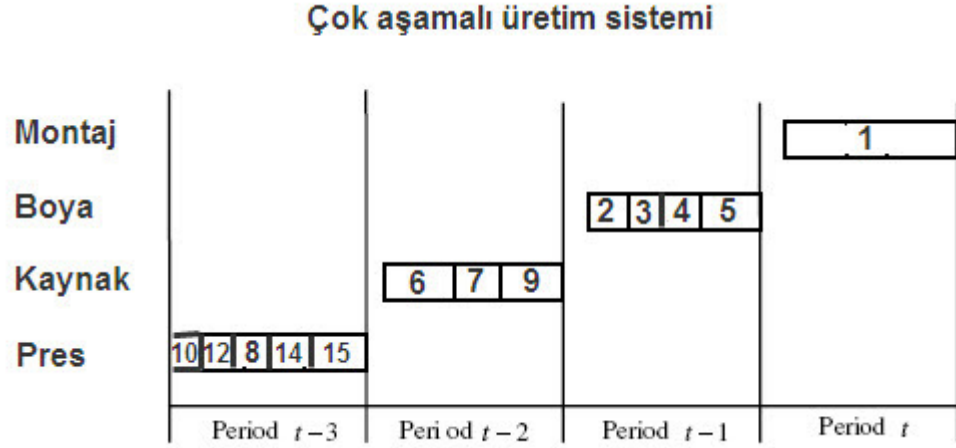
İşletmenin stok politikası gerekirse ara kademe stoklarını da hazır tutarak gerekli hammadde stoğunu her zaman hazır bulundurmak üzerine kuruludur. İşletme içerisinde bazı ara ürünler fason üretim yolu ile de elde edilebilmektedir.

5.2. Ürün Ağacı ve Üretim Sistemi

Üretim planlaması yapılan malzeme olan “30 Tip Tekli Körük” ait ürün ağacı şekil 20’de gösterilmiştir. Alt bileşenler, hammaddeleri, iş istasyonları ve kaç adet alt ürüne ihtiyacının bulunduğu gibi veriler burada görülmektedir.



Şekil 20 – 30 Tıp Tekli Körük Ürün Ağacı



Şekil 21 - Çok Aşamalı Üretim Sistemi

Şekil 21’de görüldüğü gibi malzemenin üretiminin gerçekleştirilmesi için hammaddeden itibaren Pres, Boya, Kaynak ve Montaj iş istasyonlarında gerekli işlemler yapılarak son ürün üretilmektedir.

5.3. Malzemenin Operasyon Verileri

Tablo 13’de bulunan ve operasyona ait olan veriler bir kısmı tarafımdan hesaplanmış, kalan kısmı ise işletme yetkililerinden alınmıştır. Uygulama sırasında; malzemenin üretimi sırasında üretime ait görüntüler çekilmiştir. Üretim ait zaman etüdü üretim sırasında tarafımdan yapılmıştır. Çalışan sayısı verisi ise değişken bir veri olduğu için gözlem yolu ile elde edilmiştir ve ortalama değerlerdir.

İşlem Numarası	İşlemin Adı	İşlem Yeri	Gerekli Miktar (adet)	Bekleme Süresi (t)	Hazırlık Zamani (dk)	Operasyon Zamani (dk)	Hazırlık Maliyeti (TL)	Çalışan Sayısı	Normal Zamanda Üretim (TL/saat)	Fazla Durumunda Maliyeti (TL)	Mesai Üretim (TL/saat)	Kademe Stoku Tutma Maliyeti (TL)	Envanter Tutma Maliyeti (TL) (100 adet için)	Hammaddde Maliyeti (TL)	Boyut (cm ³)
1	30 Tip Tekli Körük Üretimi	Montaj	1	0	10	2	20	3işçi + 1usta	30		45	1	28,05		
2	30 Tip Saplamalı Kapak	Boya	1	1	15	480	100	3işçi + 1usta	30		45	1	8,5		180
3	30 Tip Manşonlu Derin Kapak	Boya	1	1	15	480	100	3işçi + 1usta	30		45	1	8,4		150
4	30 Tip Çember Keleçe	Boya	1	1	15	480	100	3işçi + 1usta	30		45	1	3,25		54
5	30 Tip Disk Mili	Boya	1	1	15	480	100	3işçi + 1usta	30		45	1	6,9		135
6	Saç Kanak Cıvata Birleşimi	Kaynak	1	2	5	1,5	15	4işçi + 1usta	18		27	1	7,5		
7	Manşonlu Kapak	Kaynak	1	2	3	1	15	4işçi + 1usta	18		27	1	7,4		
8	Çember Keleçe Şekli Verilmiş Saç	Pres	1	2	72	0,4	15	4 işçi	25		37,5	1	2,25		
9	Mil Kaynağı Yapılmış Disk	Kaynak	1	2	3	0,75	15	4işçi + 1usta	18		27	1	6,9		
10	Saplamalı Kapak Şekli Verilmiş Saç	Pres	1	3	72	0,6	18	4 işçi	25		37,5	1	6		
11	Cıvata	Satın al	2								0			0,25	
12	Derin Kapak Şekli Verilmiş Saç	Pres	1	4	72	0,6	18	4 işçi	25		37,5	1	6		
13	Saç Çelik Hammaddde	Satın al	10								0			1,25	
14	30 Tip Disk	Pres	1	3	24	0,4	10	4 işçi	25		37,5	1	2,25		
15	Mil Çubuğu	Pres	1	3	4	0,1	5	4 işçi	25		37,5	1	3,65		
16	Manşon	Satın al	1											0,4	
17	Çubuk Çelik	Satın al	1											2,65	

Tablo 13 – Maliyet Verileri

5.4. Varsayımlar

Uygulaması yapılan sistem için oluşturulan doğrusal programlama modeli aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır.

1. Tüm amaç fonksiyonları ve kısıtlar doğrusaldır.
2. Talep deterministiktir ve değişme durumu ihmal edilmiştir.
3. Birim maliyetler planlama dönemi boyunca belirlidir ve sabittir.
4. Üretim belirtilen ürün üzerine yoğunlaşmıştır ve kalan iş süreleri için diğer üretilmesi gereken ürünler için artan kapasite ayrıca planlanabilir.
5. Günlük çalışma süresi 8 saat üzerinden hesaplanmıştır ve 8 saat'in üzerindeki süre fazla mesai olarak adlandırılmakta ve hesaplanmaktadır. Fazla mesai 2. bir vardiyanın kurulması olarak oluşturulmuştur ve 8 saat olarak 2.vardiya çalışma saati kısıtı bulunmaktadır. Fazla mesai ücreti %50'dir.
6. Makinaların bakım ve onarım masrafları ile bakım onarım süreleri hesaba katılmamıştır.
7. Amaç fonksiyon toplam maliyeti ifade etmektedir ve amaç toplam maliyeti minimize etmektir.
8. Ara kademe stokları üretimin başlangıcında hazır halde bulunmaktadır. T periyodundan önce periyotlarda üretilmesi gereken arabileşenler ve hammadde hazır halde bulunmaktadır.

5.5. Yöntem

Ele alınan sistem için oluşturulan üretim planlama modelinin çözümünde; Rong,Takahashi ve Morikawa tarafından yapılan çalışmada kullanılan yöntem esas alınmıştır(Rong,v.d.: 6).

İlgili bölümde kullanılan kısaltmalar ve detayları ile birlikte verilen doğrusal programlama modelinin, tez'in uygulama bölümünde kullanılan kısmı aşağıdaki gibidir.

Model 1 – Normal Üretim Koşulları içinde MSMMCLSP Matematiksel formülasyonu

$$\text{minimum} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{rg} \cdot P_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \text{ aşağıdaki kısıtlara bağlı olarak: (1)}$$

$$E_{i,t-1} + P_{it} - E_{it} = D_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum r_{ij} E_{jt} - E_{it} \leq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$\sum [\text{sgn}(P_{it}) \cdot S(m,i) + P_{it} \cdot Q(m,i)] \leq \text{CAP}(m), i \in i(m), m = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$P_{it} \leq M_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$P_{it} \leq 0, E_{it} \geq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (6)$$

1. Amaç fonksiyon: Toplam Maliyet minimize et: (Hazırlık Maliyeti X Üretilen miktar) + (Üretim Maliyeti X Üretilen miktar) + (Kademe Stok Maliyeti X Kademe Stoğu)
2. (Elde Bulunan Miktar) + (Üretilen Miktar) – (Stoğa Alınan Miktar) = (Talep Edilen Miktar)
3. (j için gerekli i miktarı X Elde bulunan j) - (Elde bulunan i) <= 0
4. Makina kapasite kısıtı
5. Üretilen miktar üst sınırdan fazla olamaz
6. Üretilen miktar 0'dan küçük olamaz

Model 2 – Fazla Mesai Üretimi İçerisinde MSMMCLSP Matematiksel formülasyonu

$$\text{minimum} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{rg} \cdot P_{it} + c_{it}^{ov} \cdot OP_{it} + e_{it} \cdot E_{it}] \quad (7)$$

aşağıdaki kısıtlara bağlı olarak:

$$E_{i,t-1} + P_{it} - E_{it} = D_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum r_{ij} E_{jt} - E_{it} \leq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum [\text{sgn}(P_{it}) \cdot S(m,i) + (P_{it} + OP_{it}) \cdot Q(m,i)] \leq \text{CAP}(m) + \text{OCAP}(m), i \in i(m), m = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$\text{OCAP}(m) \leq U(m)$$

$$P_{it} \leq M_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (12)$$

$$P_{it} \leq 0, E_{it} \geq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (13)$$

7. Amaç fonksiyon: Toplam Maliyet minimize et: (Hazırlık Maliyeti X Üretilen miktar) + (Üretim Maliyeti X Üretilen miktar) + (Kademe Stok Maliyeti X Kademe Stoğu)
8. (Elde Bulunan Miktar) + (Üretilen Miktar) – (Stoğa Alınan Miktar) = (Talep Edilen Miktar)
9. (j için gerekli i miktarı X Elde bulunan j) - (Elde bulunan i) <= 0
10. Üretilen miktar makina normal kapasitesi ve Fazla mesai kapasitesinin toplamından fazla olamaz.
11. Fazla mesai kapasitesi makinanın üst limitinden fazla olamaz.
12. Üretilen miktar üst sınırdan fazla olamaz
13. Üretilen miktar 0'dan küçük olamaz

Uygulamanın çözüm aşamasına belirtilen adımlardan oluşmaktadır.

1. Uygulamaya uygun doğrusal programlama modeli oluşturulur.
2. Deterministik talep miktarı göz önüne alınarak model kısıtlar bazında değerlendirilir.
3. Darboğaz yapan iş istasyonu bulunur ve periyodik olarak üretilmesi gereken miktarlar hesaplanır.
4. Fazla mesai miktarları dikkate alınarak üretim yeniden çizelgelenir.

5. Normal mesai ile üretim maliyeti ile fazla mesai durumundaki üretim maliyetleri kıyaslanarak son durum yorumlanır.

5.6. Çözüm

Müşteri firma tarafından 30 gün sonra teslim edilmek üzere 5000 adet malzeme bulunmaktadır. Bu miktarın nasıl üretilmesi gerektiği konusunda bir planlama yapılması istenmektedir.

5.6.1. Kısıtlar

Günlük üretilebilecek malzeme kısıtı iş istasyonlarının kısıtları ile ifade edilebilir. Öncelikle iş istasyonlarının kısıtları ayrı ayrı hesaplanacak ardından modelde yerlerine yerleştirilecektir.

Boyahane İş İstasyonu Kısıtı: Ürün ağacı ve operasyon verileri tablolarından da görüldüğü gibi 2,3,4 ve 5 numaralı ara ürünler boyahane iş istasyonunda meydana gelmektedir. Boya işlemi malzemenin boyanması ve kapalı fırında 8 saat bekletilmesi sonucu tamamlanmaktadır. Hacimsel anlamda fırının kapasitesi belirli olduğu için (270.000 cm^3) malzeme hacimleri bu alanda belirli rol oynamaktadır. Excel (solver) ve Lingo 11 programı yardımıyla yapılan çözüm sonrasında boyahane kapasitesi normal kapasite altında (günde 8 saat) 520 adet “30 Tip Tekli Körük” üretimine elverişlidir. (EK’te çözüm gösterilmiştir)

Montaj İş İstasyonu Kısıtı: İlgili iş istasyonunda sadece “30 Tip Tekli Körük” montajı yapılmaktadır. Günlük **8 saatlik** mesai dikkate alındığında (**480 dk**) 1 işçi **10** dakikalık hazırlık zamanı çıkartıldığında;

$$480 - 10 = 470 \text{ dk (montaj süresi)}$$

$$470 / 3 = 156 \text{ adet/gün}$$

4 çalışan ise $156 * 4 = 624$ adet “30 Tip Tekli Körük” üretebilir.

Kaynak İş İstasyonu Kısıtı: 6,7 ve 9 numaralı ara ürünlerin üretimi ilgili iş istasyonunda gerçekleşmektedir. 3 ürünün üretim **3,25 dk** sürmektedir. Toplam hazırlık süreleri ise; **11 dk**’dir.

$480 - 11 = 469$ dk (kaynak süresi)

$469 / 3,25 = 144$ adet gün

5 çalışan ise $144 * 5 = 720$ adet “30 Tip Tekli Körük” üretebilir.

Preshane İş İstasyonu Kısıtı: 8,10,12,14 ve 15 numaralı ara ürünlerin üretimi ilgili iş istasyonunda gerçekleşmektedir. 5 ürünün üretim **2,1 dk** sürmektedir. Toplam hazırlık süreleri ise; **244 dk**’dir.

4 çalışan için toplam süre; $480 * 4 = 1920$ dk

$1920 - 244 = 1676$ dk

$1676 / 2,1 = 798$ adet “30 Tip Tekli Körük” üretebilir.

Hesaplanan değerler neticesinde; darboğaz olarak boyahane kapasitesinin olduğu görülmüştür. Günlük 520 adet kapasitesi aynı zaman normal mesai ile üretilebilecek “30 Tip Tekli Körük” üretimini de göstermektedir.

Normal mesai üretimi ile değerler hesaplandığında;

Üretim 10 periyotta gerçekleşmektedir.

Toplam Maliyet: 28.922,21 TL’dir. (EK’te tablolar mevcuttur)

Fazla mesai üretimi ile değerler hesaplandığında ise;

Hesapladığımızı kısıtlar neticesinde aşağıdaki verileri oluşturmuştuk.

Boyahane İş İstasyonu Kısıtı: 520 adet

Montaj İş İstasyonu Kısıtı: 624 adet
Kaynak İş İstasyonu Kısıtı: 720 adet
Preshane İş İstasyonu Kısıtı: 798 adet

Darboğaz yaratan Boyahane mesai'ye bırakılmak istenirse 8 saatli bir mesai oluşturmak gerekmektedir. Böylece günlük kısıt 1040 adet'e çıkmaktadır.
Günlük üretim miktarı 1040 olarak hesaplandığında.

Tablo 14- Kapasiteler

İş İstasyonu	Günlük Kapasite (adet)	Fazla Mesai ile Üretilen Miktar (adet)	Günlük Üretilen Miktar (adet)
Boyahane	520	520	1040
Montaj	624	416	1040
Kaynak	720	320	1040
Preshane	798	242	1040

Fazla mesai üretimindeki toplam maliyet;
34.063,22 TL

Fark: 5.141,01 TL'dir.

SONUÇ:

- Üretim alanında faaliyet gösteren işletmeler rekabet şartlarında yerlerini koruyabilmeleri için üretim maliyetlerini minimum seviyeye çekmeleri gerekmektedir. Yaptığım çalışmada deterministik olarak talebin iki farklı ortamda; normal şartlarda üretim ve fazla mesai üretimi şeklinde ele aldım. Rakamlar normal mesai şartlarında üretim yapılması halinde 5.141,01 TL işletmenin kar elde edeceğini göstermektedir.
- Normal mesai ile üretim gerçekleştirildiğinde; talep edilen parti, 10 periyot (gün) sonra teslimata hazır hale gelebilecektir. Fazla mesai ile üretim gerçekleştirildiği zaman ise 5 periyot (gün) partinin sevkiyatı için yeterli bir süredir.
- Fazla mesai ile üretim yöntemi; üretimin sıkışık ve teslimatın acil olarak yapılması gerektiği durumlarda kullanılabilir. Böylece müşteri memnuniyeti yaratılarak işletmenin pazardaki yerinin güçlenmesi sağlanabilir.
- Kriz ortamında gerçekleştirdiğim çalışma sırasında; üretim sadece haftanın 3 günü gerçekleşmekteydi. Bu nedenle 10 günlük bir parti malzemeninin üretiminin tamamlanması 3-4 hafta sürebilmekteydi. Talebin arz'a oranla çok düşük olduğu bu dönemlerde fazla mesai üretimi ile maliyetleri arttırmak çok mantıklı görünmemektedir.
- Yapılan çalışma sırasında işletmenin darboğaz oluşturan iş istasyonları görüldü. Şirketin yeniden yapılanma içerisine girmesi ya da kapasite artışına gitmesi durumunda nereden başlaması gerektiği açısından bu çalışma örnek teşkil etti. Makina parkı genişletme çalışmalarının hangi noktadan başlaması gerektiği gözlemlendi.
- Bu çalışma ile şirket kaç gün sonra malzemelerin tamamının teslim edilebileceği konusunda kesin verilere sahip oldu. Bu veriler ışığında müşterisine bilgi vererek, otomotiv sektörü gibi tam zamanında üretim felsefesine sahip sistemlerin geribildirimine yardımcı oldu.
- İşletmenin hangi altbileşenlere, hangi miktarlarda, hangi dönemlerde ihtiyacının bulunduğunu görebilecek bir üretim planına sahip oldu. Böylece tedarikçilerinde verdiği siparişlerin zamanını ve adetini tespit etmiş oldu.

- İşletmenin tez’de verdiği algoritma ile çalışan bir MRPII programına ihtiyacının bulunduğunu belirlenmesi açısından yol gösterici bir çalışma oldu.

KAYNAKÇA

- Boyer K. ve Verma R. "Operations and Supply Chain Management for the 21st Century", South Western Cengage Learning Basımevi, 1. Baskı, 2010
- Chary, S.N.: "Production and Operations Management", Tata McGraw Hill Basımevi, 4. Baskı, 2009
- Çelikçapa Odman, Feray: "Üretim Planlaması", Alfa Yayınları, 1. Baskı, 1999
- Çelikçapa Odman, Feray: "Üretim Yönetimi ve Teknikleri",Alfa Yayınları, 3. Baskı 2000
- Güneri, Ali F.: "Malzeme ihtiyaç planlama sistemlerinde planlamanın temin sürelerinin incelenmesi ve endüstriyel bir uygulama", Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, 1998
- Heizer, John ve Render Barry: "Principles of Operations Management", Prentice Hall, 4. Baskı,2001
- Kobu, Bülent: "Üretim Yöntemi", 11. Baskı, Avcıol Basımevi, 2003
- Korkmaz, Özlem: "Üretim Kaynakları Planlaması ve İşletmelerdeki Uygulaması", Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001
- Kubal, Erdiç: "Endüstriyel işletmelerde işletme kaynakları planlaması (ERP) sisteminin tasarımı, analiz ve uygulanması",Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,İstanbul, 2001
- Mete, Maşuk "İşletme kaynakları planlaması ve kalite yönetim", Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,İstanbul, 2000
- Örenli, Coşkun: "Talebin Belirsiz Olduğu Ortamda Üretim Planlama Çalışmalarında Bulanık Mantık Yaklaşımı", Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,İstanbul, 2009
- Panneerselvam, R.: "Production and Operations Management", Prentice Hall Basımevi, 2. Baskı, Nisan 2006
- Petroff, John N.: "Handbook of MRPII and JIT Strategies for Total Manufacturing Kontrol",Prentice Hall, 1. Baskı 1993
- Rong, Chao v.d: "MRP Rescheduling Heuristics with Capacity Extension Under Deterministic Demand", Hiroshima University, Department of Artificial Complex Systems Engineering, 2006, s.2-13
- Ross, David F.: "Distribution Planning and Control", Kluwer Academic Basımevi, 2004

- Sheikh, Khalid: "Manufacturing resource planning (MRP II): with introduction to ERP, SCM and CRM", McGraw-Hill Basımevi, 2003
- Şahin, Tülin: "Malzeme ve Üretim Kaynakları Planlamasında Modern Teknikler ve Netaş Uygulaması", Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1997
- Tanyaş, Mehmet ve Baskak Murat.: "Üretim Üretim Planlama ve Kontrol", 3. Baskı, İrfan Yayımcılık 2008
- Toomey, John W.: "MRP II: Planning for Manufacturing Excellence", Chapman & Hall Basımevi, 1996
- Vollman, Thomas E. v.d: "Manufacturing planning and control systems for supply chain management", McGraw-Hill Basımevi, 2005
- Yenisey, Mutlu M.: "A flow-Network Approach for Equilibrium of Material Requirements Planning", Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University, 2006, s.317-332

EKLER

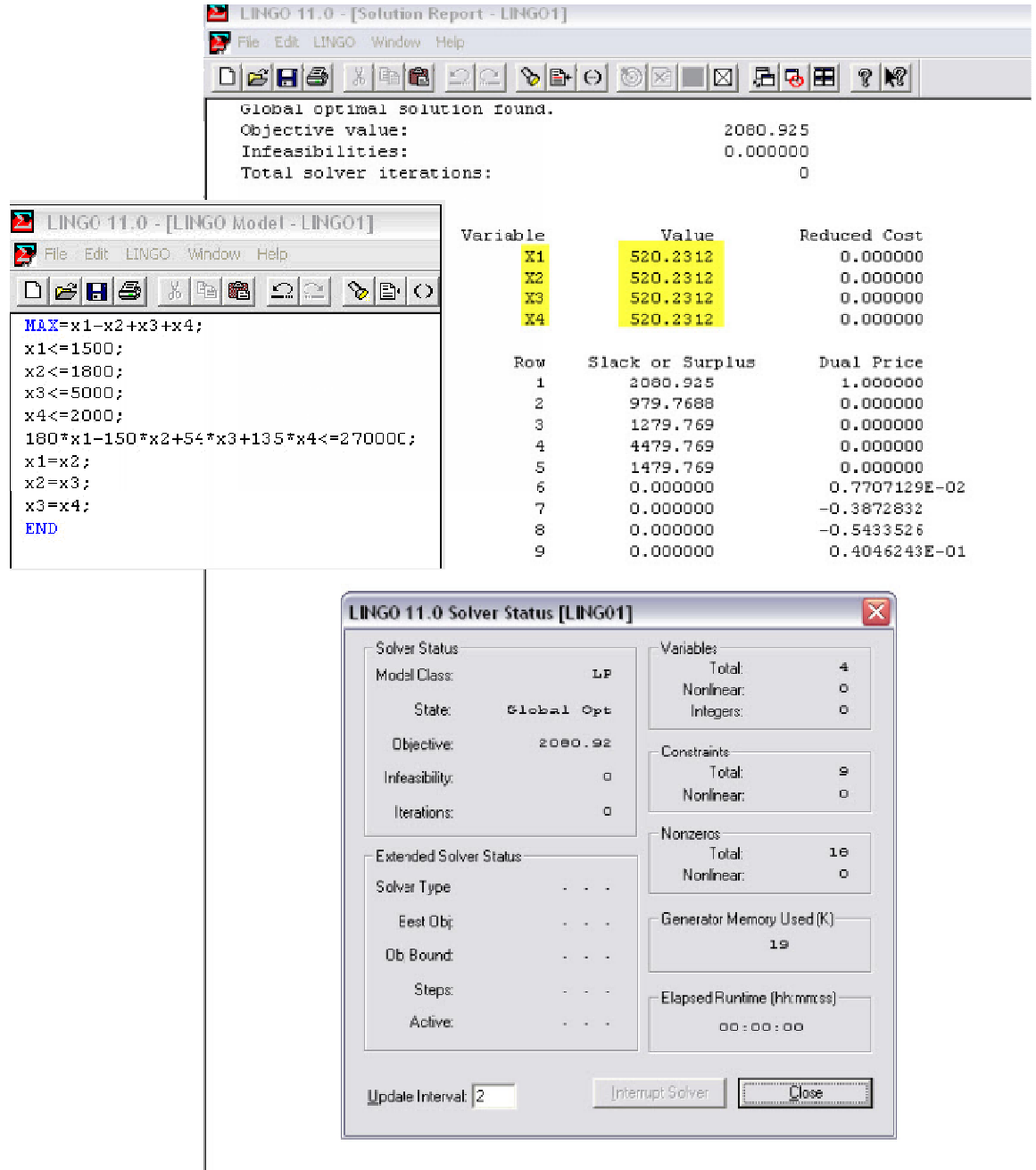
Ek-1 İş istasyonu kısıtlarının LINGO programı ile yazılmış ve çözülmüş versiyonu

Ek-2 İş istasyonu kısıtlarının Excel programı ile yazılmış ve çözülmüş versiyonu

Ek-3 Normal çalışma şartlarında üretimin toplam maliyeti

Ek-4 Fazla Mesai çalışma şartlarında üretimin toplam maliyeti

Ek-1 İş istasyonu kısıtlarının LINGO programı ile yazılmış ve çözülmüş versiyonu



	Boyanan Miktar	Tek Başına Kapasite Boyut
Boyanan 30 Tip Saplmalı Kapak	X1	B1 180 520
Boyanan 30 Tip Manşonlu Derin Kapak	X2	B2 150 520
Boyanan 30 Tip Çember Kelepçe	X3	B3 54 520
Boyanan 30 Tip Disk Mili	X4	B4 135 520
Toplam Boyanan Malzeme Sayısı	K	269880 2080
Toplam Kapasite=		270000
Amaç Fonksiyon = Maks(X1 +X2+X3+X4)	(Maksimum Sayıda Malzemenin Boyanması)	
Kısıtlar		
X1 = X2 = X3 = X4	1 adet 30 Tip Kördük Üretmek için hepsinden 1'er adet ihtiyaç bulunmaktadır.	

The screenshot shows the Solver Parameters dialog box with the following settings:

- Set Target Cell: $\$F\$7$
- To Max ☒ Min ☐ Value of: 0
- By Changing Variable Cells: $\$F\$2:\$F\$5$
- Subject to the Constraints:
 - $\$C\$7 \leq \$B\$8$
 - $\$F\$2 \leq 1500$
 - $\$F\$2 = \$F\$3$
 - $\$F\$2 = \$F\$3$
 - $\$F\$2:\$F\$5 = \text{integer}$
 - $\$F\$3 \leq 1800$
 - $\$F\$3 = \$F\$4$
 - $\$F\$4 \leq 5000$
 - $\$F\$4 = \$F\$5$
 - $\$F\$5 \leq 2000$

This screenshot shows the same Solver Parameters dialog box as above, focusing on the constraints section which includes: $\$F\$2:\$F\$5 = \text{integer}$, $\$F\$3 \leq 1800$, $\$F\$3 = \$F\$4$, $\$F\$4 \leq 5000$, $\$F\$4 = \$F\$5$, and $\$F\$5 \leq 2000$.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Model 2

Amaç

Fonksiyon:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(P_{it}) \cdot s_{it} + c_{it}^{\text{rg}} \cdot P_{it} + c_{it}^{\text{ov}} \cdot \text{OP}_{it} + e_{it} \cdot E_{it}]$$

Kısıtlar:

$$E_{i,t-1} + P_{it} - E_{it} = D_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

$$\sum_{j \in S(i)} r_{ij} E_{jt} - E_{it} \leq 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

$$\sum [\text{sgn}(P_{it}) \cdot S(m, i) + (P_{it} + \text{OP}_{it}) \cdot Q(m, i)] \leq \text{CAP}(m) + \text{OCAP}(m), \quad i \in i(m),$$

$$m = 1, \dots, M, \quad t = 1, \dots, T$$

$$\text{OCAP}(m) \leq U(m)$$

$$P_{it} \leq M_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

$$P_{it} \geq 0, \quad E_{it} \geq 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

	Toplam (adet)	Günlük (adet)
Toplam Talep Miktarı	5.000,00	1040
Periyot Sayısı	5,00	
Toplam Maliyet	34.063,22	

[illegible]

T=2

P₁₂

1.040.00 adet

6.045.75 TL

1.020.08

2. Periyot Toplam Maliyeti

Fazla Mesai Ücreti:

Op. Zmn (Saat)		Hazırlık Zamani(Saat)		Gerekli Miktar(adet)		Gerekli Miktar		Birim Maliyet - İşçilik (TL)		Birim Maliyet -Hammadde (TL)	
Q ₁₂	0.05	S ₁₂	0.04	f ₁₂	1.040.00	1 C ₁₂	1 C ₁₂	0.50	cf ₁₂	0	0
Q ₂₂	0.01	S ₂₂	0.20	f ₂₂	1.040.00	1 C ₂₂	1 C ₂₂	0.50	cf ₂₂	0	0
Q ₃₂	0.01	S ₃₂	0.20	f ₃₂	1.040.00	1 C ₃₂	1 C ₃₂	0.50	cf ₃₂	0	0
Q ₄₂	0.01	S ₄₂	0.20	f ₄₂	1.040.00	1 C ₄₂	1 C ₄₂	0.50	cf ₄₂	0	0
Q ₅₂	0.01	S ₅₂	0.20	f ₅₂	1.040.00	1 C ₅₂	1 C ₅₂	0.50	cf ₅₂	0	0
Q ₆₂	0.03	S ₆₂	0.03	f ₆₂	1.040.00	1 C ₆₂	1 C ₆₂	0.30	cf ₆₂	0	0
Q ₇₂	0.02	S ₇₂	0.03	f ₇₂	1.040.00	1 C ₇₂	1 C ₇₂	0.30	cf ₇₂	0	0
Q ₈₂	0.01	S ₈₂	0.03	f ₈₂	1.040.00	1 C ₈₂	1 C ₈₂	0.42	cf ₈₂	0	0
Q ₉₂	0.01	S ₉₂	0.03	f ₉₂	1.040.00	1 C ₉₂	1 C ₉₂	0.30	cf ₉₂	0	0
Q ₁₀₂	0.01	S ₁₀₂	0.04	f ₁₀₂	1.040.00	1 C ₁₀₂	1 C ₁₀₂	0.42	cf ₁₀₂	0	0
Q ₁₁₂	0.00	S ₁₁₂	0.00	f ₁₁₂	2.080.00	2 C ₁₁₂	2 C ₁₁₂	0.00	cf ₁₁₂	0.25	0.25
Q ₁₂₂	0.01	S ₁₂₂	0.04	f ₁₂₂	1.040.00	1 C ₁₂₂	1 C ₁₂₂	0.42	cf ₁₂₂	0	0
Q ₁₃₂	0.00	S ₁₃₂	0.00	f ₁₃₂	10.400.00	10 C ₁₃₂	10 C ₁₃₂	0.00	cf ₁₃₂	1.25	1.25
Q ₁₄₂	0.01	S ₁₄₂	0.02	f ₁₄₂	1.040.00	1 C ₁₄₂	1 C ₁₄₂	0.42	cf ₁₄₂	0	0
Q ₁₅₂	0.00	S ₁₅₂	0.01	f ₁₅₂	1.040.00	1 C ₁₅₂	1 C ₁₅₂	0.42	cf ₁₅₂	0	0
Q ₁₆₂	0.00	S ₁₆₂	0.00	f ₁₆₂	1.040.00	1 C ₁₆₂	1 C ₁₆₂	0.00	cf ₁₆₂	0.4	0.4
Q ₁₇₂	0.00	S ₁₇₂	0.00	f ₁₇₂	1.040.00	1 C ₁₇₂	1 C ₁₇₂	0.00	cf ₁₇₂	2.65	2.65
Env. Eld. Bul. Mal (TL)		Elde Bulundurulun Env.		Maliyetler		Fazla Mesai Ücreti		Fazla Mesai Üretilen Miktar			
h ₁₂	0.2805	e ₁₂	0	m ₁₂	46.80	OC ₁₁	OC ₁₁	0.25	OP ₁₁	416.00	416.00
h ₂₂	0.085	e ₂₂	1040	m ₂₂	196.40	OC ₂₁	OC ₂₁	0.25	OP ₂₁	520.00	520.00
h ₃₂	0.084	e ₃₂	1040	m ₃₂	195.36	OC ₃₁	OC ₃₁	0.25	OP ₃₁	520.00	520.00
h ₄₂	0.0325	e ₄₂	1040	m ₄₂	141.80	OC ₄₁	OC ₄₁	0.25	OP ₄₁	520.00	520.00
h ₅₂	0.069	e ₅₂	1040	m ₅₂	179.76	OC ₅₁	OC ₅₁	0.25	OP ₅₁	520.00	520.00
h ₆₂	0.075	e ₆₂	1040	m ₆₂	95.16	OC ₆₁	OC ₆₁	0.15	OP ₆₁	320.00	320.00
h ₇₂	0.074	e ₇₂	1040	m ₇₂	91.52	OC ₇₁	OC ₇₁	0.15	OP ₇₁	320.00	320.00
h ₈₂	0.0225	e ₈₂	1040	m ₈₂	39.29	OC ₈₁	OC ₈₁	0.21	OP ₈₁	242.00	242.00
h ₉₂	0.069	e ₉₂	1040	m ₉₂	85.02	OC ₉₁	OC ₉₁	0.15	OP ₉₁	320.00	320.00
h ₁₀₂	0.06	e ₁₀₂	1040	m ₁₀₂	82.33	OC ₁₀₁	OC ₁₀₁	0.21	OP ₁₀₁	242.00	242.00
h ₁₁₂	0	e ₁₁₂	2080	m ₁₁₂	260.00	OC ₁₁₁	OC ₁₁₁	0.00	OP ₁₁₁		
h ₁₂₂	0.06	e ₁₂₂	1040	m ₁₂₂	82.33	OC ₁₂₁	OC ₁₂₁	0.21	OP ₁₂₁	242.00	242.00
h ₁₃₂	0	e ₁₃₂	10400	m ₁₃₂	1.300.00	OC ₁₃₁	OC ₁₃₁	0.00	OP ₁₃₁		
h ₁₄₂	0.0225	e ₁₄₂	1040	m ₁₄₂	34.96	OC ₁₄₁	OC ₁₄₁	0.21	OP ₁₄₁	242.00	242.00
h ₁₅₂	0.0365	e ₁₅₂	1040	m ₁₅₂	43.02	OC ₁₅₁	OC ₁₅₁	0.21	OP ₁₅₁	242.00	242.00
h ₁₆₂	0	e ₁₆₂	1040	m ₁₆₂	416.00	OC ₁₆₁	OC ₁₆₁	0.00	OP ₁₆₁		
h ₁₇₂	0	e ₁₇₂	1040	m ₁₇₂	2.756.00	OC ₁₇₁	OC ₁₇₁	0	OP ₁₇₁		

