

743116

**BENZETİM YARDIMIYLA ÜRETİM PLANLAMA VE
KONTROL SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

143116

DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Affan NOMAK
507952154

Y.C. BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ KURULU
İSTANBUL MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Eylül 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2003

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. M.Bülent DURMUŞOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Murat DİNÇMEN

Prof.Dr. Güneş GENÇYILMAZ (İ.K.Ü.)

Prof.Dr. Turay GÖKÇEN (Y.T.Ü.)

Doç.Dr. Fethi ÇALIŞIR

[Handwritten signatures of the thesis advisors and jury members]

HAZİRAN 2003

ÖNSÖZ

Günümüz ekonomi koşullarında, yoğun rekabetin ötesinde, artık müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılamak firmaların hayatta kalabilmesi kaçınılmaz bir zaruret olmuştur. Müşterinin istediği ürünleri, doğru miktarda, doğru kalitede ve tam da müşterinin istediği zamanda sunabilme becerisi firmalara avantaj getirmekte ve değişen çevre koşulları karşısında bu hizmeti sürdürebilme esnekliği giderek önem kazanmaktadır.

Günümüzde, geleneksel imalat yönetim yaklaşımları ile, müşteri odaklı olmaksızın, yalnızca verimlilik ve üretim potansiyeline odaklaşmanın var olma savaşında işletmeleri geri bıraktığını fark eden bir çok akademisyen ve şirket yöneticisi, artık değere odaklaşmaktadır. Siparişten teslim katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar artmaktadır. Yalın düşünce ve yalın üretim kavramları bu amaca hizmet eden felsefelerdir. Üretim Yönetiminde de çekme sistemlerinin kullanılmaya başlanması, “müşteri isterse üret” felsefesini gündeme getirmektedir.

Tam Zamanında Üretim felsefesine inanan bir mühendis olarak, çekme sistemlerinin yakın zamanda bir çok işletme için vazgeçilmez olacağını ve bu alandaki gelişmelerin hızlanacağını düşünüyorum.

Tez çalışmamın her aşamasında, bilgi birikiminden, uygulama tecrübesinden ve vizyon gösteren yönlendirme yeteneğinden faydalandığım Sayın Hocam Prof .Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU 'na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca manevi desteğini sürekli arkamda hissettiğim Olcay YILMAZ ve kardeşim Anıl NOMAK ile beni sürekli motive eden annem Tamay NOMAK ve babam Mengü NOMAK'a teşekkür ederim.

HAZİRAN 2003

İSTANBUL

Affan NOMAK

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Yalın Düşünce Kavramı	2
1.2. Grup Teknolojisi ve Yalın Üretim	6
1.2.1. TZÜ 'de Yan Sanayi Entegrasyonu	11
1.2.1. TZÜ 'de İmalat Sistemleri Tasarımı ve Planlanması	12
1.3. Kanban	15
1.4. CONWIP	18
1.5. Periyodik Parti Kontrolü	20
2. YÜK BAZLI SİPARİŞ YÖNETİMİ	23
2.1. Giriş	23
2.2. Temel İlişkiler	23
2.3. Yöntem	26
2.4. Yüklenecek Siparişlerin Dönüşümü	33
2.5. Serbest Bırakma Sürecinin Örneklenmesi	36
3. YAYIN TARAMASI	43
3.1. TZÜ, GT ve Hücre Yönetimine Yönelik Yayınlar	43
3.2. Hücre Tasarımı ve Çizelgelemeye Yönelik Yayınlar	66
4. METODOLOJİ OLUŞTURMA	70
4.1. Geleneksel Üretim Yönetim Yaklaşımı	70
4.2. Senaryolarla Üretim Yönetimi	73
4.2.1. Senaryo I. İtme Sistemi – (Sipariş Birleştirmeli)	75
4.2.2. Senaryo II. Yük Bazlı Sipariş Yönetimi ve İtme Sistemi (Sipariş Birleştirmeli)	75
4.2.3. Senaryo III. Yük Bazlı Sipariş Yönetimi ve İtme Sistemi (Sipariş Birleştirme Olmaksızın)	76
4.2.4. Senaryo IV. CONWIP Bazlı Karma Yapı - (Önerilen Metodoloji)	78

4.2.5. Senaryo V. Kanban Bazlı Çekme Sistemi	79
4.3. Bir Grup Teknolojisi Üretim Hücresinde İdeal Yapı	82
5. ARENA YARDIMIYLA BENZETİME GİRİŞ	84
5.1. Benzetim Modelinde Genel Yaklaşım	85
5.2. SIMAN Benzetim Dili ve Arena	88
5.2.1. Arena 'da Kullanılan Değişken ve Özellikler	89
5.2.2. Arena 'da Kullanılan Semboller	91
5.3. Arena 'da Modül Panelleri	92
5.3.1. Common Panel Modülleri	92
5.3.2. Support Panel Modülleri	100
6. BİR CAM KALIBI ÜRETİM SİSTEMİNDE, SENARYOLARLA ÜRETİM KONTROLÜ, SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME	110
6.1. Odaklanılan Cam Kalıbı Üretim Sistemi	110
6.1.1. Strateji Oluşturma	112
6.1.2. Uygulamaya Alma	113
6.2. Grup Teknolojisi Üretim Sisteminin Mevcut Yapısı	116
6.2.1. Parçaların İş Akışı	116
6.3. Senaryolarla Üretim Kontrolü – Sonuçlar ve Değerlendirme	122
6.4. Planlama Periyodu Sonunda Elde Edilen Sonuçlar	124
6.5. Tüm Siparişlerin Tamamlanma Süresi Sonunda Elde Edilen Sonuçlar	137
SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME	146
KAYNAKLAR	152
EKLER	159
ÖZGEÇMİŞ	195

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No.</u>
Tablo 2.1	Serbest Bırakma Öncesi Acil Siparişler Listesi 36
Tablo 2.2	Sipariş Serbest Bırakma Öncesi İş Merkezleri Listesi 37
Tablo 2.3	Sipariş Serbest Bırakma Öncesi Dönüştürülmüş Yükler ile Acil Sipariş Listesi 38
Tablo 2.4	Sipariş Serbest Bırakma Öncesi, Dönüştürülmüş Yükler ile Acil Sipariş Listesi 40
Tablo 2.5	Periyod 1’den Sonra Reddedilen İş Merkezlerine Karşılık Gelen Reddedilen Sipariş Listesi 42
Tablo 5.1	Arena’ da Kullanılan Değişken ve Özellikler.....90
Tablo 6.1	Üretilen Kalıplar 111
Tablo 6.2	İş Yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi – Adım 1. Acil Sipariş Listesinin Oluşturulması 123
Tablo 6.3	İş Yüğü – Kapasite Dengeleme 124
Tablo 6.4	Planlama Periyoduna İlişkin Sonuç Tablosu 125
Tablo 6.5	Planlama Periyodunda Üretilen Parça-Sipariş Sayıları ve Yüzdeleri 126
Tablo 6.6	Senaryo Değerlendirme Puan Tablosu 136
Tablo 6.7	Tüm Parçaların Tamamlanması Sonunda Elde Edilen Benzetim Sonuçları 137
Tablo 6.8	Tüm Parçaların Tamamlanması Sonunda Üretilen Parça-Sipariş Sayıları ve Yüzdeleri 138

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No.</u>
Şekil 1.1	Temin Süresi 1
Şekil 1.2	Geleneksel İmalat Sistemleri ve Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni (a) Fonksiyonel Yerleşim (b) Grup Yerleşimi (akış-hattı hücre) 10
Şekil 1.3	Grup Teknolojisi Yerleşim Düzen Tipleri (a) GT Akış Hattı (b) GT Hücresi (c) GT Merkezi 11
Şekil 1.4	Üretim Düzgünleştirmesi Evreleri 13
Şekil 1.5	Conwip Kontrolü 20
Şekil 1.6	Aynı Kaynağın Kullanılması Durumunda (a) Farklı Periyotlarda Üretilen Ürünler (b) Aynı Periyotta Üretilen Ürünler (PPK) 21
Şekil 2.1	Üretimde Stok, Performans ve Temin Süresi Arasındaki İlişkiler 24
Şekil 2.2	Üretimde Stoğun Fonksiyonu Olarak Temin Süresi ve Performans 25
Şekil 2.3	Bir İş Merkezi İçin Yük Bazlı Sipariş Yönetimi Akış Modeli 27
Şekil 2.4	Planlanmış Ağırlıklı Ortalama Temin Süresinin Bir Fonksiyonu Olarak Yükleme Yüzdesi ve P Çizelge Periyodu 29
Şekil 2.5	İşyükü Bazlı Sipariş Yönetiminin Adımları 30
Şekil 2.6	Bir İş Merkezindeki Bir Sipariş İçin Çıktı Olasılığı.....33
Şekil 2.7	Bir İş Merkezindeki Bir Sipariş İçin Girdi Olasılığı ve Dönüştürme Faktörü 34

Şekil 2.8	Yük Bazlı Sipariş Serbest Bırakma Esnasında Operasyonların Yük İçeriğinin Dönüştürülmesi	35
Şekil 2.9	Dönüştürülmüş Siparişlerin Yüklenmesi Sonrası Periyod 1 'de Serbest Bırakma Öncesi Yükleme Hesapları Dengesi	39
Şekil 2.10	Dönüştürülmüş Siparişlerin Yüklenmesi Sonrası Periyod 2 'de Serbest Bırakma Öncesi Yükleme Hesapları Dengesi	41
Şekil 4.1	Geleneksel Üretim Yönetim Yaklaşımında İş Akış Süreci	72
Şekil 4.2	Senaryolarla Üretim Yönetimi	74
Şekil 4.3	İş Yüğü Bazlı İmalat Kontrolünde İş Akış Süreci	77
Şekil 4.4	Önerilen Metodoloji, Karma Yapı İş Akış Süreci	78
Şekil 4.5	Senaryo 4 - Karma Yapı (Hücre içi İtme, Hücreler arası Çekme)	79
Şekil 4.6	Tek Kart Kanban Bazlı Çekme Sistemi İş Akış Süreci	81
Şekil 4.7	İdeal Yapı İş Akış Süreci	82
Şekil 4.8	Fonksiyonel Organizasyon ile Hücrel Organizasyon Karşılaştırması	83
Şekil 5.1	Modül panelleri	92
Şekil 5.2	Arrive Modülü	93
Şekil 5.3	Depart Modülü	94
Şekil 5.4	Server Modülü	95
Şekil 5.5	Enter Modülü	96
Şekil 5.6	Proses Modülü	97
Şekil 5.7	Leave Modülü	98
Şekil 5.8	Simulate Modülü	99
Şekil 5.9	Statistics Modülü	100
Şekil 5.10	Assign Modülü	101
Şekil 5.11	Choose Modülü	101
Şekil 5.12	Count Modülü	102
Şekil 5.13	Create Modülü	103
Şekil 5.14	Delay Modülü	104
Şekil 5.15	Match ve Duplicate Modülü	104

Şekil 5.16	PickQueue Modülü	105
Şekil 5.17	Read Modülü	106
Şekil 5.18	Tally Modülü	108
Şekil 5.19	Wait Modülü	109
Şekil 5.20	Signal Modülü	109
Şekil 6.1	Hücresele Üretim Öncesi, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi	114
Şekil 6.2	Hücresele Üretim Sonrası, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi (Tarihçe).....	114
Şekil 6.3	IS-Ebişör ve Finişör Hücresi (Tarihçe)	115
Şekil 6.4	IS-Ebişör Parçası Teknik Resmi	117
Şekil 6.5	IS-Finişör Parçası Teknik Resmi	118
Şekil 6.6	IS-Ebişör ve Finişör Hücresi	120
Şekil 6.7	IS-Ebişör ve Finişör Hücresi Düzenlenmiş ve Alt Hücrelere Bölünmüş Yapı.....	121
Şekil 6.8	Uygulama Modelinin Yapısal Gösterimi.....	122
Şekil 6.9	Planlama Periyodu Boyunca Üretilen Parça Sayıları	125
Şekil 6.10	Planlama Periyodu Boyunca Tamamlanan Sipariş Yüzdeleri	126
Şekil 6.11	Planlama Periyodu Boyunca Ebişör Temin Süreleri	127
Şekil 6.12	Planlama Periyodu Boyunca Finişör Temin Süreleri	128
Şekil 6.13	Planlama Periyodu Boyunca Ebişör - Finişör Temin Süreleri Karşılaştırması.....	128
Şekil 6.14	Planlama Periyodu Boyunca Ebişör Çevrim Süreleri	129
Şekil 6.15	Planlama Periyodu Boyunca Finişör Çevrim Süreleri	129
Şekil 6.16	Planlama Periyodu Boyunca Ebişör - Finişör Çevrim Süreleri Karşılaştırması	130
Şekil 6.17	Planlama Periyodunda Makine Kullanım Oranları	130
Şekil 6.18	Planlama Periyodunda Senaryo Bazında Ort. Makine Kullanım Oranları	131
Şekil 6.19	Planlama Periyodunda Makine Bazında Kuyrukta Bekleyen Parça Sayıları	132

Şekil 6.20	Planlama Periyodunda Senaryo Bazında Kuyruktaki Ort. Parça Sayıları	132
Şekil 6.21	Planlama Periyodu Boyunca Kuyrukta Bekleme Süreleri	133
Şekil 6.22	Planlama Periyodu Boyunca Ortalama Kuyrukta Bekleme Süreleri	133
Şekil 6.23	Senaryo Bazında Ebişör Temin Süreleri	135
Şekil 6.24	Senaryo Bazında Finişör Temin Süreleri	136
Şekil 6.25	Senaryo Bazında Ebişör-Finişör Temin Süreleri Karşılaştırması	136
Şekil 6.26	Senaryo Bazında Ebişör Çevrim Süreleri	137
Şekil 6.27	Senaryo Bazında Finişör Çevrim Süreleri	137
Şekil 6.28	Senaryo Bazında Ebişör-Finişör Çevrim Süreleri Karşılaştırması	138
Şekil 6.29	Senaryo Bazında Makine Kullanım Oranları	138
Şekil 6.30	Senaryo Bazında Ort. Makine Kullanım Oranları	139
Şekil 6.31	Makine Bazında Kuyrukta Bekleyen Parça Sayıları	139
Şekil 6.32	Kuyruktaki Ortalama Parça Sayısı	140
Şekil 6.33	Kuyrukta Bekleme Süreleri	140
Şekil 6.34	Ortalama Kuyrukta Bekleme Süreleri	141

BENZETİM YARDIMIYLA ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

ÖZET

Müşterinin gerçekten istediği ürünleri, tam da istediği anda tasarlayabilme, çizelgeleme ve imal edebilme becerisini kazanmak demek, satış tahminleri işlemini tümüyle bir yana bırakıp, sadece müşterinin sizden istediklerinin üretimine odaklanabilmeniz demektir. Yani, müşteriye, çoğunlukla da istemediği ürünleri ürünün istenmeden **itilmesi** yerine, müşteri istediğinde ürünün sizden **çekilmesi** sağlanmaktadır. Dahası, müşteriler beklentilerinin tam olarak karşılanacağından emin oldukları ve üreticiler kimse istemediği için stoklarda kalmış ürünleri elden çıkarmaya yönelik indirim kampanyalarından vazgeçtiklerinde, talep çok daha istikrarlı bir yapıya kavuşacaktır.

Kütle üretimi alışkanlığına göre büyümüş, merkezi yönetime sahip geleneksel üretim sistemleri, değişken pazar yapısı karşısında pek çok sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Merkezi yönetimin ana elemanı olan fonksiyonel yapılanma ile müşteriye odaklılığı, yüksek kaliteyi, kısa temin sürelerini, esnek üretimi ve düşük maliyeti elde etmek mümkün olamamaktadır.

İşte bu anlamda çözüm için çoğunlukla ilk radikal adım, fonksiyonel yapılanmaya sahip üretim sistemlerinin, grup teknolojisi (GT) esaslı hücresel sistemlere dönüştürülmesidir.

Hücresel sistem yaklaşımının esası, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini, büyük bir sisteme yansıtmak şeklindedir. Bu yansıma, büyük sistemin içinde, birbirinden olabildiğince bağımsız küçük sistemler (hücreler) oluşturma şeklinde gerçekleşir. Hücresel imalat sistemlerinde ise parça aileleri ve makine hücrelerinin oluşturulması sonrasında, bu sistemlerin en etkin olarak nasıl yönetileceği kavramı karşımıza çıkmaktadır.

Bu tezde, üretim kontrolünde “itme” ya da “çekme” uygulansın, planlama aşamasında “Yük Bazlı Sipariş Yönetimi” uygulamanın sistem performansını arttıracığı ifade edilmiştir. Buna yönelik olarak, beş farklı senaryo yapılandırılarak gerçek bir grup teknolojisi üretim sisteminde denenmiştir. Bu senaryolarda, itme bazlı geleneksel üretim yönetim yaklaşımı yanı sıra, Kanban ve CONWIP bazlı çekme sistemlerine yönelik benzetim modelleri kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar, tanımlanan performans ölçütleri doğrultusunda karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

ANALYSIS OF PRODUCTION PLANNING AND CONTROL SYSTEMS BY SIMULATION

SUMMARY

To gain the ability of designing, scheduling, and manufacturing the products, which customers exactly demand, in time enables competitive advantage to companies. In this case, by putting sales forecasting efforts aside, you may only focus on the production of products that customers want. In other words, instead of pushing products, which are not wanted by customers, will be **pulled** in time.

Moreover, demand will have a more stable structure, in case “customers are sure that their expectations are satisfied” and “manufactures abandon sale campaigns for the products”, which are wanted by no one, in warehouses of companies.

Growing with the custom of mass production, traditional manufacturing systems, which have central management type, are face to face with lots of problems because of the challenging market. Focusing on the customer, high quality, short lead-time, flexible manufacturing and low production costs cannot be achieved functional structured workshop design.

In this point of view, the first radical movement for the solutions is the transforming of functional structured production systems to Group Technology (GT) based cellular systems.

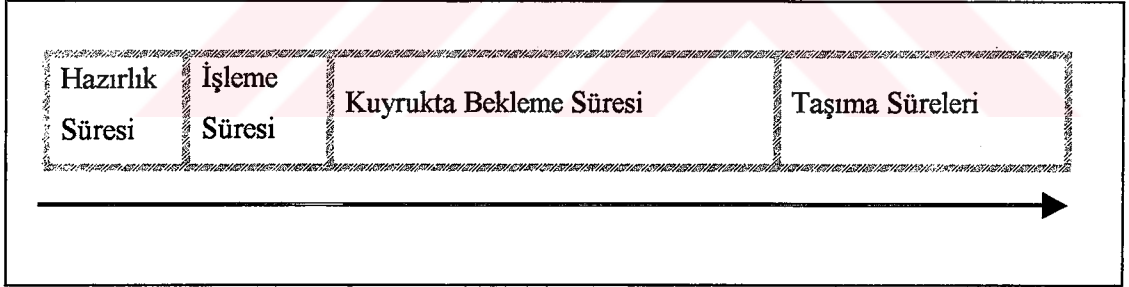
The main issue of cellular system approach is to reflect the controllable property of a small system to a big system. This reflection is realized by forming individual small systems (cells) in the big system. After forming part families and machine cells in the cellular manufacturing systems, the main point that should be focused on is how to these systems are managed.

In this thesis, it is expressed that, whether “push” or “pull” system is applied for manufacturing control, using “Load Oriented Order Releasing Approach” during the planning phase increases the system performance. Five distinct scenarios are structured and tested in a real group technology manufacturing system. In these scenarios, simulation models including push based traditional production management approach, Kanban and CONWIP based pull systems, and hybrid control policies are structured in Arena 3.0. Obtained results are compared and discussed by considering predefined performance criterions.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Parti tipi imalat sistemlerinde bir parti üretimi için gerekli temin zamanı, parçanın işleme zamanının oldukça üzerinde bir sürede gerçekleştirilmektedir. Geleneksel parti tipi imalat sistemlerinde hazırlık zamanı da dahil olmak üzere, gerçek işleme zamanının toplam üretim süresi içerisindeki payı sadece **yüzde (%) 5** mertebesinde kalmaktadır. Akış süresi veya temin süresi; hazırlık süresi, muayene sürelerini de içeren işleme zamanı, taşıma süresi ve bekleme sürelerini de içeren dört ana kalemden oluşmaktadır. (Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Temin Süresi (Bauer ve diğ., 1994)

Bauer ve diğ. (1994) 'e göre, gerçek hayatta kuyrukta bekleme süreleri toplam temin süresinin % 80 'ine ulaşabilmektedir. Bu anlamda verimliliği arttırmaya ve ürün teslim sürecinde değer yaratmayan faaliyetleri tespit ederek bunların ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar, uzun yıllardır hem akademik çevrelerin hem de şirket yöneticilerinin ilgi odağı olmuştur.

1.1 Yalın Düşünce Kavramı

“**Muda**”, Japonca’da israf demektir, özellikle hiçbir değer yaratmadan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir: yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler, talep edilmeden üretilen ve sonuçta envanterlerde biriken üretim, gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerden başka bir yere nakledilmesi, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar (**Ohno, 1988**) ve müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetler (**Womack ve Jones, 1996**).

Yukarıda sıralanan ilk yedi tip mudayı, gerçekten tam bir israf düşmanı olarak nitelendirilebilecek bir kişi olan Toyota yöneticisi **Taiichi Ohno** (1912-1990) tanımlamıştır; elbette bu sayıyı artırmak daha da mümkündür. Ancak ne kadar farklı biçimi olursa olsun, ortalama bir organizasyonda sıradan bir günde yapılan işler şöyle bir gözlemlendiğinde mudanın her yerde varolduğunu reddetmek kolay değildir. Dahası, sipariştten teslim sürecine kadar süreçler detaylı olarak analiz edildiğinde gerçekten çok fazla sayıda muda olduğu fark edilmeye başlanacaktır.

İşte **Yalın Düşünce** kavramı mudaların ortadan kaldırılmasında en etkili yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Yalın düşünce, değer tanımlanması, değer yaratan adımların en iyi ve doğru biçimde sıralanması, bu adımların gerektiği anda aksamaya uğramadan atılması ve giderek daha yüksek etkinlikle gerçekleştirilmesinin yollarını gösterir. Kısacası, yalın düşünce, giderek daha az emek, ekipman, zaman ve alan harcayarak daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerine daha çok yaklaşmayı sağladığı için yalındır. Yalın düşünce, mudayı değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak, daha tatmin edici iş çıkarılmasının yolunu da gösterir.

Yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası **değerdir** ve değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer tanımının anlamlı olması için, müşterinin ihtiyaçlarını belli bir zamanda belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün (mal, hizmet ya da sıklıkla ikisinin bileşimi) cinsinden ifade edilmesi gerekir.

Değeri üretici yaratır. Müşteri açısından, üreticilerin varoluş nedeni budur. Ancak bir dizi neden, üreticilerin değeri doğru tanımlamalarını engellemektedir. Genellikle işletmelerde, stratejik planlamaya, organizasyon yapısına, yüksek teknoloji kullanımına, ve ürün maliyetlerinin aşağıya çekilmesine odaklanılırken, siparişten sevkiyata bir ürüne hangi aşamalarda gerçekten değer katıldığı ya da değerın müşteri açısından tanımlanması ve yaratılması gibi kavramlar ikinci plana atılmaktadır.

Yapılacak en temel hata müşteri adına karar vermek ve müşterileri yönlendirmeye çalışmak olacaktır. Şirket üst yönetimlerinin genellikle yaklaşımları, ürettikleri ürünün teknolojisine ve imalat tekniğine hakim oldukları için, ürünü korumaya çalışmak, ürünlerine olan talep düşse de fiyatı ayarlaması, promosyon ya da ürün tasarımıındaki küçük değişiklikler ile ürünü yaşatmaya devam etme çabalarıdır. Oysa asıl yapılması gereken, değeri, müşterinin perspektifinden bakarak yeniden düşünmektir. Özetle, değeri doğru tanımlanması, yalın düşüncenin ilk kritik adımıdır. Yanlış ürün ya da hizmetin doğru biçimde üretilmesinin sonucu **mudadır**. (Womack ve Jones, 1996).

Değer akışı, belli bir ürünün (mal, hizmet ya da sıklıkla ikisinin bileşimi) işletmedeki üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan tüm belli adımları gösterir:

- Kavramsal boyutla başlayıp, ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarından üretimin başlamasına kadarki süreci içeren problem çözme görevi,
- Siparişlerin alınmasından başlayıp ayrıntılı çizelgeleme çalışmalarıyla teslimatın yapılmasını içeren bilişim yönetimi görevi,
- Hammaddeden müşteriye ulaşan nihai ürüne dönüşümü içeren fiziksel dönüşüm görevi. (Porter, 1985)

Yalın düşüncenin bir sonraki aşaması, her ürün (ya da bazı durumlarda her ürün grubu) için “değer akışının bütünüyle tanımlanmasıdır”.

Yalın düşünce, dünyanın her yerinde iş hayatının skor-tutucu standart birimi kabul edilen firmanın ötesine geçerek, bütüne bakabilmeyi; yani, kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim

izelgeleriyle teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammadelerden müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine bakabilmeyi gerektirmektedir. Bu bütünsel bakışı gerçekleştirmeye uygun örgütsel mekanizmayı ise **yalın işletme** olarak tanımlıyoruz. (Womack ve Jones, 1996).

Yalın düşünce kavramı, değerin müşteri odaklı olarak belirlenmesi, değer akışının tanımlanması aşamalarından sonra **akışın** oluşturulmasını gerektirir. Değer tam olarak tanımlanınca, belli bir ürün için değer akışı haritasını hazırlayan ve akış üzerinde israfa yol açan aşamaları kaldıran bir yalın işletmede, bu aşamada atılacak adım geride kalan, değer yaratan aşamaların **akış** halinde olmasının sağlanmasıdır.

Genellikle işletmelerde verimliliğin artırılabilmesi ve yönetimin kolaylaştırılabilmesi için faaliyetlerin tiplerine göre gruptandırılması gerektiğine yönelik bir görüş hakimdir ve bunun sonucu olarak “fonksiyonlar” ve “departman” kavramları ortaya çıkar. Ek olarak, görevlerin departmanlar içinde daha verimli biçimde yapılması için, birbirine benzeyen faaliyetlerin partiler halinde gerçekleştirilmesi daha mantıklı gibi görünür. Ancak bu yaklaşım her zaman uzun bekleme süreleri içerir, çünkü bir ürün bir sonraki aşamaya geçebilmek için, departmanın o aşamanın hazırlıklarını yapmasını beklemek zorundadır. Ne var ki bu yaklaşım, işgücü ve ekipmanın atıl kalmamasını sağladığı için, özel amaçlı, hızlı ekipmanların kullanılmasını haklı çıkarır. Dolayısıyla “verimli” olduğu düşünülür. Gerçekte, hammadeden son ürüne kadar bir iş parçasının üzerinde kesintisiz biçimde çalışarak, görevleri çok daha doğru ve verimli bir şekilde gerçekleştirebilmek mümkündür. Kısacası, organizasyon ya da ekipman yerine, tasarım, sipariş ve imalat aşamaları için gerekli faaliyetlerin sürekli bir akış içinde gerçekleşmelerini sağlayacak şekilde, ürün ve ürünün gerektirdiği şeylere odaklanılması daha doğru bir yaklaşım biçimi olacaktır. Buradaki anahtar nokta, bir üründen diğerine geçişteki hazırlık işlemlerini hızlandırarak farklı süreç aşamalarını (retimde kalıplama, boyama ve montaj gibi) hemen birbiri ardı sıra gerçekleştirip, işlenmekte olan ürünün sürekli bir akış halinde tutulmasını sağlayarak üretimde sürekli akış elde etmektir.

Değişim mühendisliği hareketi, departmanlaştırılmış düşünme biçiminin optimum olmadığını fark ederek, odaklanmayı organizasyonel kategorilerden -

departmanlardan - değer yaratan “süreçlere” kaydırmaya çalışmıştır. (Hammer ve Champy, 1993) Ancak, bu bakış açısında, belli ürünler için değer yaratan faaliyetlerin bütünsel akışı yerine, birbirinden kopuk ve bütünsel süreçlerle (örneğin, tüm ürün grupları için siparişlerin alınması gibi) uğraşmaktadır. Bakış açısı firma içi ile sınırlandırılmamalı, firma sınırlarının dışına çıkılıp değer akışının bütünü ele alınmalıdır.

Yalın düşüncede bir sonraki aşama **çekme** olarak karşımıza çıkmaktadır. Departmanlar içinde partiler halinde yapılan üretimden ürün ekipleri ve akış sistemine geçmenin ilk gözle görülür etkisi, kavramdan fiili gerçekleşmeye, satıştan teslimata ve hammaddeden müşteriye uzanan toplam geçiş zamanındaki çarpıcı azalmadır. Akış ilkesi yürürlüğe konunca, tasarımı için yıllarca çaba harcanması gereken ürünler birkaç ayda geliştirilebilecek, fiilen günlerce süren sipariş alma işlemleri birkaç saatte bitirilecek ve fiziksel tamamlanma zamanı hafta ya da aydan dakika ya da günlere inecektir. Gerçekten de bir işi bitirme zamanını hızla, ürün geliştirme sürecinde yüzde 50, sipariş işlemlerinde yüzde (%) 75 ve fiziksel üretimde yüzde 90 oranlarında azaltamıyorsanız, bu kesinlikle yanlış bir şeyler yaptığınız anlamına gelecektir. Dahası, yalın sistemler üretimdeki tüm ürünleri her türlü kombinasyonda üreterek talepteki değişimlere anında uyum sağlayacaktır.

Bu gelişmeler sonucunda, envanterlerdeki azalmadan dolayı nakit birikiminde bir kerelik umulmadık bir artış sağlanacak ve yatırımın getiri hızı artacaktır, fakat bu gerçekten devrimci nitelikte bir başarı mıdır? Evet, kesinlikle devrimci bir başarıdır, çünkü müşterinin gerçekten istediği şeyleri, tam da istediği anda tasarlayabilme, çizelgeleme ve imal edebilme becerisini kazanmak demek, satış tahminleri işlemini tümüyle bir yana bırakıp, sadece müşterinin sizden istediği şeylerin üretimine odaklanabilmeniz demektir. Yani, müşteriye, çoğunlukla da istemediği ürünleri, ürünün istenmeden **itilmesi** yerine, müşteri istediğinde ürünün sizden **çekilmesi** sağlanmaktadır. Dahası, müşteriler beklentilerinin tam olarak karşılanacağından emin oldukları ve üreticiler kimse istemediği için stoklarda kalmış ürünleri elden çıkarmaya yönelik indirim kampanyalarından vazgeçtiklerinde, talep çok daha istikrarlı bir yapıya kavuşacaktır.

Organizasyonlar değeri doğru tanımlamaya başlayıp, değer akışının tümünü belirleyerek, ürün bazında değer yaratan aşamaların sürekli akmasını ve müşterilerin değeri işletmeden çekmelerini sağladıklarında, çalışanlar bir taraftan ürünleri müşterilerin gerçek ihtiyaçlarına yakınlaştırma, diğer taraftan iş yükleri, zaman, maliyetler ve hataları azaltma süreçlerinin sonunun olmadığını görmeye başlarlar. Birdenbire, yalın düşüncenin beşinci ve son ilkesi olan **mükemmellik** kavramı karşımıza çıkmaktadır ve mükemmellik sanıldığının aksine imkansız değildir.

Yalın düşüncenin ilk dört ilkesi erdemli bir çevrim boyunca birbirleriyle etkileşim içine gireceğinden, değer akış hızı artacak ve değer akışında saklı kalmış mudanın açığa çıkması sağlanacaktır. Siz daha kuvvetli çektikçe, akışın önündeki engeller belirginleşerek ortadan kaldırılabilir. Müşterilerle doğrudan diyalog içinde çalışan ürün odaklı ekipler, değeri daima daha doğru tanımlamanın yollarını bulacaklar, akışı ve çekmeyi güçlendirmenin yollarını öğreneceklerdir. (Womack ve Jones, 1996).

1.2 Tam Zamanında Üretim, Grup Teknolojisi Ve Yalın Üretim

Tam Zamanında Üretim (TZÜ), gerekli birimleri, gerekli zamanda, istenen kalitede gerektiği kadar üretmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Yalın Üretim ise, Womack ve Jones tarafından ABD’de TZÜ yaklaşımına verilen yeni bir isimdir. Yalın Üretim, TZÜ yaklaşımına, yalın düşünce ve yalınlık felsefesi katılarak daha bütünsel bir bakış ile yorumlanmaya çalışılmaktadır.

İmalatta kayıpları en küçükleyen bir yaklaşım olan TZÜ sıfır listesi ile de açıklanmaktadır. (<http://library.metu.edu.tr/virtual/english/requests/cssr.html>)

- Sıfır hazırlık süresi,
- Sıfır stok, (stok temin süresinin bir işaretidir)
- Sıfır taşıma (endirekt işçiliği oluşturan)
- Sıfır hata (hurda, yeniden işleme, arıza vb.)
- Sıfır bekleme

Vollmann bu ideal durumu yakalayabilmek için yapılması gerekleri bir liste halinde sunmuştur.

- Üretim oranlarının dostu, sürekli parti üretiminin azaltılması,
- Proses içi stokların düşürülmesi,
- Kapasite yükünü satışlarla dengeleyen üretimin çizelgelenmesi,
- Parti büyüklüğü 1 olan iş planlarının oluşturulması (Örn. Üretim hattında iş sırasının A-B-A-B-C-A-B-A-C-B-... şeklinde olmasının sağlanması)
- Kağıt kullanımını en azlayan görsel kontrol sisteminin oluşturulması,
- Üretimde derhal tüketilmek üzere, tedarikçilerden yüksek kalitede ürün veya yarı mamul teslim alınmasının sağlanması,
- Hazırlık sürelerinin düşürülmesi ve daha küçük partiler halinde üretim,
- Kalite geliştirme ve istatistiksel proses kontrol çalışmalarına yoğunlaşılması,
- Doğru iş çıkarmak için otomasyonun kullanılması,
- Çapraz eğitim ve iş görenlerin katılımının sağlanması,
- U-biçimli hücrelere geçişin sağlanması,
- Malzeme taşımaların azaltılması,
- MRP tarafından planlanan parçaların azaltılması,
- MRP’de ürün ağacı seviyelerinin azaltılması,
- Tedarikçi çizelgeleme,
- Tedarikçi sayısının azaltılması,
- Tedarikçi dağıtım ağının güçlendirilmesi.

TZÜ, 1960’lı yılların başında Japonya’da Toyota otomotiv tesislerinde ortaya çıkmış olup, günümüzde ise bir çok endüstriyel sektörde uygulama alanı bulmaktadır. TZÜ, imalat sistemleri tasarım ve uygulamalarında sürekli olarak mükemmelliğin peşinden koşma çabasını güden bir yaklaşımdır. Tam zamanında üretim 3 perspektifte ele alınabilir (**Browne ve diğ., 1988**).

- İmalatta TZÜ filozofisi veya bütünsel yaklaşımı
- İmalat sisteminin tasarımı ve işletilmesinde kullanılan TZÜ teknikleri
- TZÜ Atölye kontrol sistemi, Kanban.

Browne, Harden ve Shivman'na göre, imalatı tam zamanında üretim felsefesi ve yaklaşımında üç ana fikir vardır.

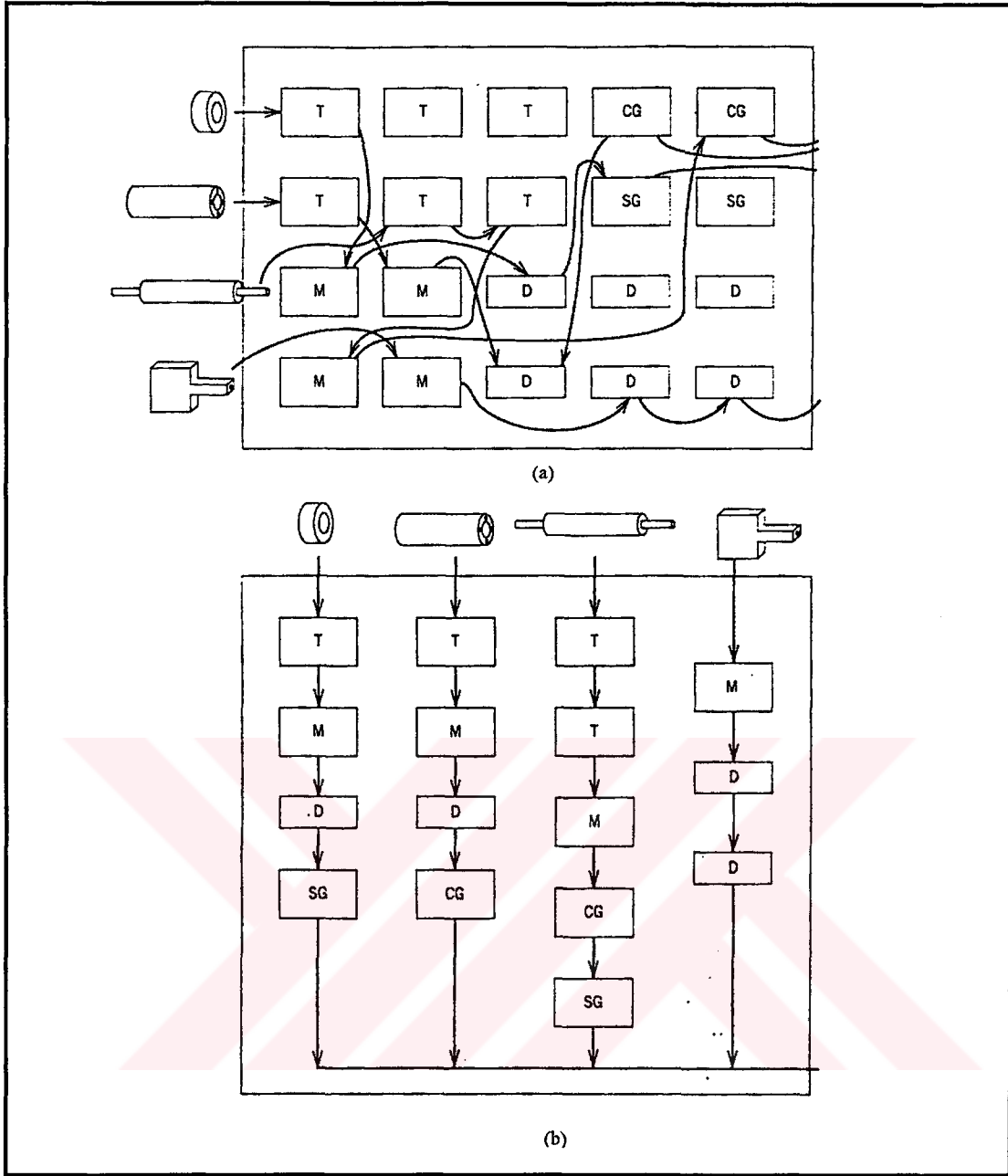
Pazar talebi ile ürün tasarımının başarılı uyumu; Modern imalat dünyası baş döndürücü bir değişimin içerisinde. Değişim kaçınılmazdır ve giderek daha da hızlanmaktadır. Ürün hayat döngüleri ise buna bağlı olarak giderek küçülmektedir. Daha eski dönemlerde imalatçılar, ürün talebinin yüksek ve uzun bir zaman sürecinde sabit olduğu yerlerde, uzun ürün ömürleri ile karşı karşıya gelebiliyorlardı. Müşteriler ise başta standart olmayan ürünler için uzun temin sürelerine katlanabiliyorlardı. Bunun yanı sıra, teslim edilen ürün mükemmel olmasa da bu durum müşterileri büyük hayal kırıklıklarına uğratmıyordu. Günümüz müşterileri ise, kaliteli ürünü, tam zamanında ve farklı ürün çeşitleri arasından seçerek satın almak istemektedirler. Rekabetçi pazar içerisinde firmaların söz sahibi olması için de, teslim, çeşitlilik, kalite ve fiyat açısından pazar talebini karşılayacak geniş bir ürün yelpazesi sunmaları gerekmektedir.

İmalat şirketleri içerisinde bulundukları pazarı büyük bir dikkatle analiz etmeli ve ürün çeşidi, kalitesi ve fiyatlarına uygun imalat stratejisini iyi belirlemelidirler. Geniş bir ürün yelpazesini müşteri beğenisine sunmak çoğu zaman kolay olsa da bunun hangi fiyatla ortaya konacağını analizi kaçınılmazdır. Ürün tüm kriterleri karşılayacak ve belirli bir kar marjı ile piyasaya sunulacak şekilde düşünülmeli ve tasarlanmalıdır. Piyasada fiyat avantajı sağlamak ise, ancak düşük maliyetlerle mümkün olabilmektedir.

Bu amacı gerçekleştirmek için, ürünleri modüler bir yapıda tasarlamak yararlı olacaktır. Geniş ürün yelpazeleri sunmak yüksek imalat ve montaj maliyetlerini beraberinde getirmektedir. Bu açıdan bakıldığında imalatı esneklik ihtiyacı da artmaktadır. Modüler ürün tasarımı, ürün yelpazesinin rasyonelleşmesi ile mümkün kılınabilecektir. Parçaların benzerliğinin ve ürün çeşitlerindeki alt montaj ünitelerinin incelenmesiyle bunun sağlanmasına çalışılmalıdır. Ürün çeşitliliğinin rasyonelleşmesi daha düşük hazırlık süreleri, düşük stokları ve daha az parça teknik resim çizim gereğini beraberinde getireceğinden bu faktörler doğrudan ürün maliyetlerine yansıtacak ve ürün maliyetlerini aşağıya çekecektir.

Ürün ailelerinin tanımlanması; TZÜ, fabrika yerleşimine dayalı olarak, ürünün geliştirilmesini araştırır. Ürün bazlı yerleşimin temeli; ortak tasarım ve imalat gereksinimleri gösteren parça ailelerinin tanımlanması ve bunların özelleştirilmiş hücrelerde imal edilebilmesidir. Grup teknolojisi (GT), parça ailelerinin tanımlanması ve akış bazlı imalat sistemlerinin birbiri ardı sıra gelen gelişmesine ortak bir yaklaşımdır. Parça aileleri tanımlamak için GT ve TZÜ 'nün kullanımı birçok sebepten dolayı önemlidir. İlk olarak Grup Teknolojisi, ürün tasarımında gereksiz yinlemeleri azaltmak ve tasarım sürecine yardımcı olmak için kullanılır. İkinci olarak, iyi belirlenmiş imalat hücrelerinde üretilen parça ve parça ailelerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. İmalat hücreleri, bir tesiste basitleştirilmiş iş akışına imkan veren ve bir grup operatör ve onların liderine dayalı bir parça veya parça grubunun sahiplenilmesine ve sorumluluğunun alınmasına izin veren bir yapıdır.





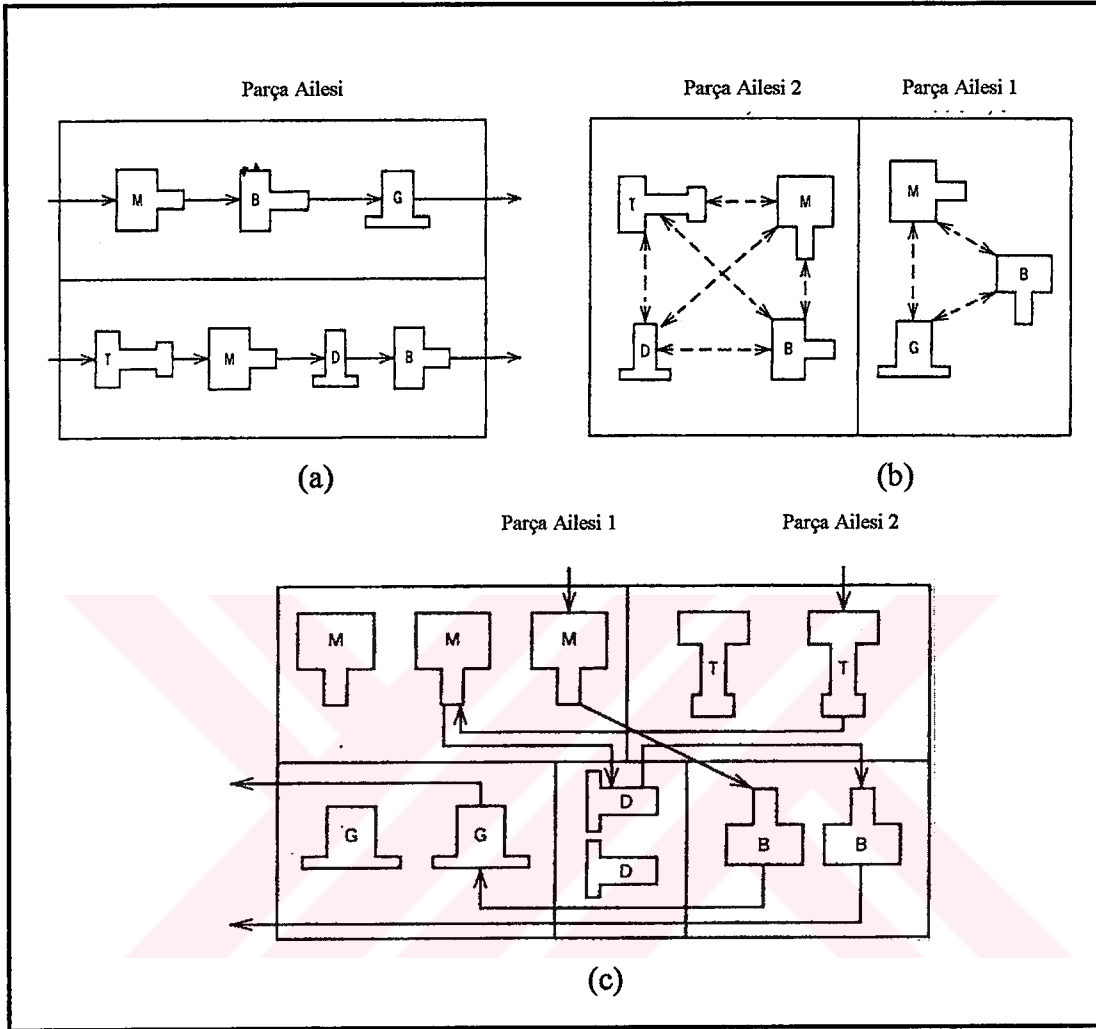
Şekil 1.2 Geleneksel İmalat Sistemleri ve GT Yerleşim Düzeni (Bauer ve diğ., 1994)

(a) Fonksiyonel Yerleşim.

(b) Grup Yerleşimi (akış-hattı hücre)

Hyer ve Wemmerlov (1982) geleneksel imalat sistemlerinde yerleşim düzeninin Şekil 1.2 (a)'da görüldüğü gibi karmaşık bir akış düzenine sahip olduğunu belirtirken, Grup Teknolojisi yerleşim akış hattı hücresinde belirgin ve kontrol edilebilir bir yapı göze çarpmaktadır. (Şekil 1.2-b).

Grup Teknolojisi felfesesi ile üretim yapan işletmelerde mevcut yerleşim düzeni çeşitleri Şekil 1.3’de sunulmuştur.



Şekil 1.3 Grup Teknolojisi Yerleşim Düzeni Tipleri (Bauer ve diğ., 1994)

(a) GT Akış hattı.

(b) GT hücresi

(c) GT merkezi

1.2.1 TZÜ 'de Yan Sanayi Entegrasyonu

Tam zamanında üretim yaklaşımının başarı ile uygulanabilmesi için satın alınan parçaların teslim organizasyonlarının sisteme entegrasyonu kaçınılmazdır. Bu da ancak nitelikli alt yapımcılar ile uzun süreli ve sağlıklı ilişkiler kurulması ile mümkündür. Bu anlamda imalatçı firma, alt yapımcıları ile iş bilgilerini paylaşmalı ve uzun dönemli sipariş programlarını bu şirketlere aktarmalıdır. TZÜ uygulamasının

satın alma ile birleştirilmesi, Kanban sisteminde sık siparişlere ve sık teslimlerin artmasına neden olacaktır. (Bauer ve diğ., 1994)

1.2.2 TZÜ 'de İmalat Sistemleri Tasarımı ve Planlaması

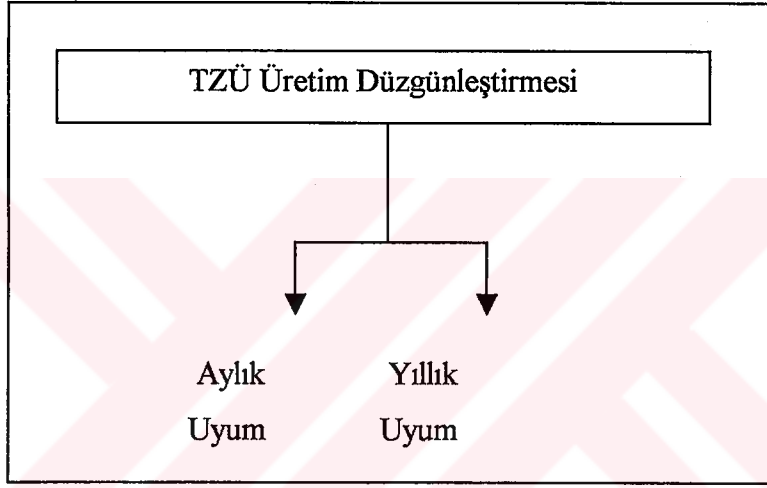
Tam zamanında üretimin üzerinde odaklaştığı ilk nokta, üretim temin zamanının azaltılmasıdır. Kısa temin süreleri, imalat atölyesinin tahminlere olan bağlılığını azaltacak ve atölyenin daha kısa planlama ufku ve daha kesin ana üretim çizelgelerine sahip olmasına izin verecektir. Azaltılmış temin süreleri yine aynı şekilde, pazar yapısındaki beklenmeyen kısa dönemli değişkenliklere cevap verebilme esnekliğini arttıracaktır. Tam zamanında üretimdeki teknik ve yaklaşımları 5 ana başlık altında toplamak mümkündür.

- İmalat ve montaj süreçlerini kolaylaştırıcı ürün tasarımı
- İmalat planlama teknikleri
- İmalat kontrol sistemlerinin kullanımını kolaylaştırmak için teknikler (Örn: Kanban)
- İmalat kaynaklarının kullanımına yönelik bir yaklaşım
- Kalite kontrol ve kalite güvence yöntemleri.

İmalat ve montaj süreçlerini kolaylaştırıcı ürün tasarımı: Tam zamanında üretim yaklaşımında pazar talebi ile ürün tasarımı arasında bir mantık ilişkisi kurulması gerektiği ve bunun önemi çok açıktır. Ürün tasarım ekibi içinde bulunan pazarın gereksinimlerini gözönünde bulundurur ve eğer mümkünse pazar ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak üretim sistemine izin veren bir ürün yelpazesi geliştirerek pazarda liderlik eder.

Bu ürünlerin tasarımının, hem pazarın gereksinimlerini hem de müşterilerin beklentilerini kabul edilebilir bir piyasa fiyatı ile karşılayabilecek yapıda olması gerekmektedir. Bu modüler tasarım imalat ve montajın kolaylaştırılması için tasarım ve basitleştirme için tasarım gibi teknikler kullanılarak başarılabılır.

İmalat planlama teknikleri: Pazar talebindeki kısa dönemli değişkenlikleri etkin olarak karşılamada üretime yardımcı olmak için, TZÜ beklenen pazar talebi ile imalat süreci kapasitelerini dengelemeye çalışır ve imalat sistemini organize eder. Böylece kısa dönemli ve nispeten küçük değişkenliklere sistemin bütününde büyük düzenlemeler yapılmaksızın cevap verilebilir. Bunu başarmaya yardımcı olmada kullanılan teknik üretim düzgünleştirmesi (**İng: Production Smoothing**) olarak bilinir. Üretim düzgünleştirmesi boyunca, belirli tek hatlar pazar talebini karşılamak için hergün bir çok ürün çeşidini üretebilirler. Üretim düzgünleştirmesi, pazar talebine şekil vermek ve üretim sürecinin kapasiteleri ile talebi eşitlemek için üretim temin sürelerini etkin hale getirir. Şekil 1.4 'de bunun iki evresi gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Üretim Düzgünleştirmesi Evreleri (Bauer ve diğ., 1994)

İlk evre yıl boyunca oluşan aylık pazar talebindeki değişkenlikleri adapte etmeye çalışırken, ikinci evre her bir aydaki günlük talep değişkenlikleri adapte eder. Pazar talebindeki ani büyük değişkenliklerin ve mevsimsel değişkenliklerin meydana gelmesi olasılığı, detaylı yıllık veya daha uzun dönemli projeksiyonlarla azaltılmaktadır. Aylık adaptasyon, Ana Üretim Çizelgesinin (**İng: Master Production Schedule, MPS**) diğer bir deyişle aylık üretim planlama sürecinin yapılmasıyla başarılabılır. MPS, her bir sürecin ortalama günlük üretim seviyesini vermektedir ve aylık ve 3 aylık talep tahminine dayanmaktadır.

Hücrel sistem yaklaşımının esası, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini, büyük bir sisteme yansıtmak şeklindedir (**Nomak, 1995**). Bu yansıma, büyük sistemin içinde, birbirinden olabildiğince bağımsız küçük sistemler

(hücreler) oluşturma şeklinde gerçekleşir. Böylece tüm sistem karmaşıklığı yerine, oluşturulan küçük sistemlerin problemleri ile uğraşılır.

Hücreyel imalat sistemleri, sistem içinde benzer imalat karakteristiklerine sahip, belirli bir parçalar grubunun (parça ailesi), tamamen imalatı için, işlem, insan ve özellikle makina gruplarının var olduğu veya oluşturulduğu sistemlerdir. Hücredeki tüm tesis ve birimler, hücre içine giren tüm parçaları, kendi kendine yeter bir seviyede imal etmek üzere organize edilmişlerdir (Grup Yerleşimi).

Yukarıda sözü edilen grup düzenlemeden başlayıp tüm üretim sistemini ve üretim - yönetim organizasyonunu saran felsefeye de **Grup Teknolojisi** veya **Grup Teknolojisi Yaklaşımı** denir.

Grup teknolojisinin en önemli ve esas avantajı; fonksiyonel düzenlemeye nazaran iş akışını basitleştirmesidir. Bunun yanı sıra, iş akışını basitleştirirken aynı zamanda akış tipi imalata, makina zaman verimlerinde büyük dengesizlikler olmadan imkan vermesidir. Temelde diğer avantajlar da bu iş akışının basitleşmesine dayanır. Grup teknolojisi, operasyon bazında hazırlık zamanlarını da bariz bir şekilde düşürür veya ortadan kaldırır. Çünkü, hücre içindeki makineler, bu hücrede imal edilecek parça ailesi için, bir tip parçadan diğerine çok hızlı geçecek şekilde yeniden donatılmışlardır. Böylece küçük parti üretimi mümkün olabilmektedir. Genel felsefede de, mamullerin sistemin içerisinde su gibi akması istenir, hücreyel imalat mantığında bu felsefeye yaklaşım vardır.

Grup teknolojisi, mamul kalitesinde de bir iyileşmeye sebep olur; çünkü küçük parti üretiminin hücre düzeninde bir işgören, bir parçayı direkt olarak diğer işgörenden alabilir. Böylece, eğer parça kusurlu ise, işlem neyin yanlış gittiğini anlamak için durdurulur. Kalite geri beslemesi derhal gerçekleştirilip yüksek kalite kolaylıkla sağlanabilir. Bundan başka, hücreye giren parçaların tüm işlemleri aynı hücre içerisinde gerçekleştiğinden, iş gören için parçanın bütünü için kalite sorumluluğu taşımak mümkün olacaktır.

Bu avantajların yanı sıra, grup teknolojisinde parça aileleri ve makina gruplarının oluşturulması sırasında birçok problem ve zorluklar ortaya çıkabilmektedir :

- Toplam parça ve makinaların hücresel bölünmeleri için uygun bir yöntem bilim benimsenememesi,
- Hücre boyutunun, ekonomik ölçütlerini de göz önüne alarak tespit zorluğu,
- Miktarca az makina tiplerinin, özellikle kendi miktarından daha fazla hücresel dağıtılması halinde, bazı makinaların çok fazla, bazılarının çok az yüklenmeleri. Başka bir deyişle, makina zaman verimlerindeki anormal değişimler ve ekstra makina ihtiyaçları,
- Hücreseldeki makinaların zaman verimleri üzerine mamul - karmasının düzensiz değişimlerinin etkisi,
- Hücrelerin, mamullerin gelecekteki talep artışlarını karşılamak için esnek tasarlanmaları gereğı,
- Makina arızalarının, üretimi uzun süre aksatma ihtimali.

Gerek hücresel üretim sisteminin tasarlanmasında gerekse de hücresel üretim sisteminin yönetilmesinde ortaya çıkabilecek bu tür sakıncaları ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar hem akademik alanda hem de işletmelerde devam etmektedir.

1.3 Kanban

Kanban Japoncada bir kelimedir. Japoncada, “kan”- kart, “ban”-sinyal anlamına gelmektedir. (<http://library.metu.edu.tr/virtual/english/requests/cssr.html>)

Bir siparişi oluşturan parçaların üretim hattı boyunca çekildiğı zincir bir süreç olan Kanban, parçaların üretim hattı boyunca itildiğı geleneksel tahmin bazlı metodun tersi olarak nitelendirilebilir.

Kanban sistemi, TZÜ felsefesini uygulamak için Japon imalatçıları tarafından geliştirilmiş bir sistemdir. Sistemde Kanban stok kontrol mekanizması olarak rol oynar. Kanban sistemi, üretimde her partinin bir Kanban’a atanmasına gereksinim duyar ve bu yolla stoğı kontrol eder. Bu sebepten, sistemdeki Kanban kartı sayısı, mümkün en yüksek stoğı belirler. Kanban kavramının özü, bir tedarikçi veya depo üretim hattına malzemeyi sadece ihtiyaç duyulduğunda verir, böylece üretim

alanında en düşük seviyede stok tutulmuş olmaktadır. Kanban talep bilgisini bir sonraki istasyondan bir önceki istasyona gönderir.

TZÜ 'in uygulanma amacı, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak sistem kapasitesini veren **üretim ritmini** dengelemektir. TZÜ çekme bazlı bir sistem olduğundan, müşteri talebi doğrudan üretim ritmini dengeler. Kanban ve CONWIP çekme felsefesinin yaygın uygulamalarıdır.

Çekme sistemi, talep ile üretimi birleştirir. Genellikle son ana montaj hattı veya darboğaz niteliğinde bir proses (veya hücre), talebe göre günlük olarak çizelgelenir. Başka bir deyişle sadece söz konusu montaj hattı veya hücre, merkezi kontrolden bilgi (iş emri) almakta, diğer hücreler iş emrini, “Kanban Bilgi Akış Sistemi” yardımıyla sağlamaktadır. İş emrinin gönderildiği hücreye, İngilizce’de “pacemaker” hücre ismi verilir. Kanban yardımıyla “pacemaker” hücre, tükettiği kadar parçayı, üretildiği hücrelerden çekmektedir. Parçası çekilen hücre ise, kendisinden çekilen miktar kadar parçayı üretmek zorundadır. Bu çekme, önceki hücrelere doğru benzer şekilde gerçekleşir. Sonuç olarak bir tedarikçi-müşteri ilişkisi, üretimin yapıldığı sahada oluşmaktadır. Merkezi otoritede bulunan yetki sahaya indirilmiş, merkezi sistem ile saha arasındaki yoğun iletişim ve koordinasyon ihtiyacı yok edilerek sistem basitleştirilmiş, etkinliği arttırılmıştır. (Durmuşoğlu ve diğ., 2001)

Kanban sistemi, Kanban kartlarının kullanımından dolayı, TZÜ yaklaşımının ancak görünür kısmıdır. Kanban tekniği, üretimin başlangıcından itibaren doğru parçaları, doğru yerde, doğru kalitede elde etmek için malzeme akışını kontrol eder. Değişik endüstriyel sektörlerde, TZÜ düşünce felsefesi uygulanmasına rağmen, TZÜ yaklaşımı ve imalat teknikleri daha önemlidir. Kanban uygulamasının uygulanabilir olmasını sağlamak için, ürünlere ve imalat sürecine bir dizi tekniğin öncelikle uygulanması gerekmektedir. Bu teknikler, pazarlama, satış, ürün tasarımı, süreç mühendisliği, kalite mühendisliği, tesis yerleşimi ve üretim yönetimi kavramlarını içermektedir. Böylece Kanban sistemini kullanan TZÜ üretimi gerçekleştirebilecektir.

Tek kart Kanban sistemi, sistemdeki her bir istasyona bir dizi Kanban kartı tahsis eder. Bir Kanban kartı başlangıçta bir iş istasyonunda işlenmek üzere bir partiye

iliştirilir. Bu kart, bir sonraki istasyon bir kart serbest kalıncaya kadar parti üzerinde kalır. Bu durum gerçekleşirse, kart partiden ayrılarak serbest kalır ve bir sonraki istasyonda daha önce serbest bırakılan bu partiye atanmış olur. Böylece, bir serbest Kanban kartı bir önceki istasyondan malzemenin serbest bırakılmasını sağlamaktadır.

Kanbanın diğer yöntemlere göre **yararları** şu şekilde sıralanabilir;

- Bilgi akışında düşük maliyet getirir,
- Değişkenliklere hızlı cevap verilmesini sağlar,
- Sorumluluğu hattaki iş görene delege eder,
- Bilgisayar desteği gerektirmeyen kolay bir tekniktir ve maliyeti düşüktür,
- Temin sürelerini azaltır.

Kanbanın **sakıncaları** ise aşağıdaki gibidir;

- Paylaşılan kaynak durumlarında daha az etkindir. Önceki istasyonun bir kaç parça işlediğini varsayalım. Eğer diğer parçalar tamamlandıysa, bir sonraki istasyon tarafından ihtiyaç duyulan daha fazla parçayı üretmek için bir talep beklemek zorunda kalınacaktır. Bu esnada sonraki istasyonun işlem dışı kalmamasını sağlamak için ara stoğa ihtiyaç duyulacaktır. Her parça ayrı bir sinyal kartına ihtiyaç duyacağından, sistem kaynaklara atanacağından daha karmaşık hale gelecektir.
- Kanban durağan ve tekrarlı üretim planları varsayacağından, talepte veya ürün karmasındaki dalgalanmalar problemlere neden olacaktır.
- Kanban tek başına değişkenliği ortadan kaldıramaz, bu sebepten tahmin edilemeyen ve uzun duruşlar sistemi aksatacaktır. Bunun yanı sıra, hurda ve yeniden işlemler sistemin iyi işlemesini engelleyecektir. Kanban, düşük üretim ortamında, ürün talebinin büyük değişkenlik gösterdiği ortamlarda, düşük kaliteli ürün üretim ortamlarında ve ürün çeşidinin çok sayıda olduğu durumlarda uygun bir sistem değildir.
- Kanban sisteminde bir aksaklık tüm sistemin aksaklığa uğramasına sebep olacaktır.

- Kanban sisteminin akışı yönetilemez, sadece kontrol edilebilir proses içi stok ve çevrim zamanı sunar.

1.4 CONWIP

Son zamanlarda Kanban' a alternatif olarak **CONWIP (İng: Constant Work In Proses)** kavramının ağırlık kazandığı görülmektedir. CONWIP kavramının altında yatan düşünce bir iş hattı ayrılırken, yeni bir işin sisteme tanıtılmasıdır. Kanban' dan farklı olarak CONWIP parça sayısına özel değildir ve yeni işler, farklı parça sayıları ile belirli bir proses içi stok oluşuncaya kadar sisteme tanıtılabilirler. Bu sebepten dolayı hattaki proses içi stok (**İng: WIP**) seviyesi sabittir ve farklı seviyelerde ayarlanabilir.

Üretim hatları çoğunlukla farklı ürünler içermekle beraber, aynı karakteristiğe sahip olduklarından ortak bir birimle proses içi stok miktarını ölçmek mümkündür. Buna en iyi örnek klavyelerdir, farklı dillerde kullanıcıları olmasına rağmen üretim açısından baktığınızda bütün birimleri aynıdır.

Kanban gibi CONWIP de sistemdeki proses içi stoğu sınırlar ve kısa teslim zamanları ile azaltılmış maliyetleri beraberinde getirir.

CONWIP, bir iş merkezindeki girdi ve çıktıları ölçen Girdi-Çıktı Kontrolü (**İng: Input-Output Control**) adı verilen bir tekniği hatırlatmaktadır. (http://www.stares.demon.co.uk/Theory_and_Concepts/CONWIP.htm) Bu tekniğin CONWIP ile farkı, CONWIP 'in proses içi stok miktarını dinamik olarak kontrol etmesi ve belirli bir limit aşıldığında yeni gelen işleri sisteme kabul etmemesi noktasında ortaya çıkmaktadır.

CONWIP Kanban 'a göre iki açıdan daha esnek;

- Kanban proses içi stoğu her iş merkezinde kontrol eder, CONWIP ise tüm üretim hattındaki proses içi stoğu göz önünde bulundurmaktadır. Üretim hattında değişkenlik ortaya çıktığında bu konu büyük önem kazanmaktadır.

- Kanban parça sayısına özelken, CONWIP işleri ortak bir ölçütte toplayan karışık işlerle ilişkilidir. Karmaşık ürün ortamında CONWIP Kanban 'a göre daha iyi bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır.

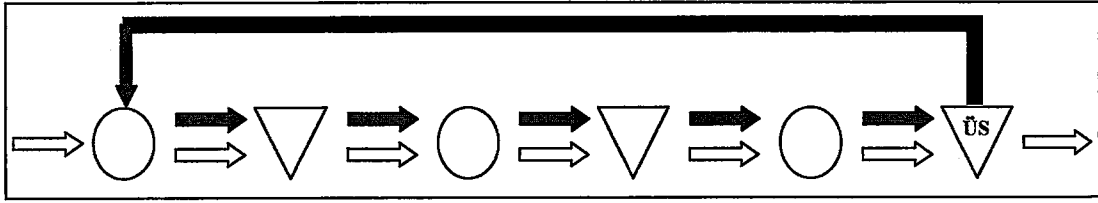
Bunun yanında CONWIP uygulanmaya başlanmadan önce aşağıda yer alan bir takım konular çözüme kavuşturulmalıdır;

- CONWIP, çok hat tarafından beslenen bir son-montaj hattı gibi bir montaj sürecinden söz ediliyorsa, belirli zorluklarla yüzyüze gelen bu seri hattı kontrol edebilir. Basit CONWIP kavramı bunu idare edebilmek için sıkılaştırılacaktır ve bu problemin nasıl üstesinden gelineceği CONWIP literatüründe yer almaktadır.
- CONWIP karmaşık iş tiplerini idare edebildiğinden, işlerin öncelikleri tespit edilmeli, hatta ilk olarak girmesi gereken işler belirlenmeli ve hat çerisindeki öncelikler ardışık olarak tespit edilmelidir.
- Karmaşık bir yapıda işler için ortak bir ölçüt tespit edilmesi CONWIP-kontrollü hattı dengelemek açısından kullanılabilir. Ancak ortak ölçüt sadece girdi ve çıktı miktarının hesaplanabileceği insan ve makina saatleri ise bu mümkün olabilmektedir. Bilgisayarla izlemenin kullanımı, gelen işlerin otomatik olarak sisteme tanıtılması ve çıkanların ayrılmasını sağlayacağından bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Üretim hattına yeni bir işin serbest bırakılması bilgisayar için çok basit bir olay olacaktır.
- Sistem darboğazlara karşı duyarlı olmayabilir. Teoride, darboğazlara yol açabilecek şekilde CONWIP 'in kötü düzenlenmesi mümkün olabilir. Ancak bu bir konfigürasyon konusudur ve bu konu CONWIP literatüründe yer almaktadır.

Temelde, CONWIP sistemi Kanban sisteminin özelleştirilmiş bir şeklidir. Kanban gibi, CONWIP de bir sistemin proses içi stoğunu sınırlandırmak için kartları kullanır. Ancak Kanban' dan farklı olarak bu kartlar sadece bir tane yerine iş istasyonları sistemine atanır. Bir CONWIP sisteminde kartlar sadece ilk iş istasyonundaki partilere iliştilmektedir. Partiye iliştilen kart o parti son iş istasyonunda işlenip üretim sürecini tamamlayıp müşteriye iletmek üzere hazır hale gelinceye kadar

partiyle birlikte hareket etmektedir. Bu noktada serbest kalan kart, CONWIP hattının ilk iş istasyonuna geri döner ve sisteme yeni bir parti girişine izin verir.

Şekil 1.5 'de görüldüğü gibi, bir parça serbest bırakıldığında, bitmiş ürün halini alıncaya kadar işlenir ve son stok alanında müşteriye gönderilmek üzere hazır halde geldiğinde, zincirde yer alan ilk iş istasyonuna diğer parçanın yüklenmesi için izin verilir. Şekilde görülen beyaz oklar parçanın hareketini ve siyah oklar da serbest bırakma yetki çevrimini göstermektedir. (Bonvik, 1997)



Şekil 1.5 CONWIP Kontrolü. (ÜS : Ürün Stoğu), (Bonvik, 1997)

Bir CONWIP sisteminde darboğazları bütünüyle gidermek için yeterli sayıda kartın kullanılması gerekmektedir. Eğer sistemdeki kart sayısı yetersizse darboğazlar ortaya çıkacak ve bu sebepten dolayı sistem çıktısı azalacaktır.

CONWIP sisteminin sakıncaları şu şekilde özetlenebilir;

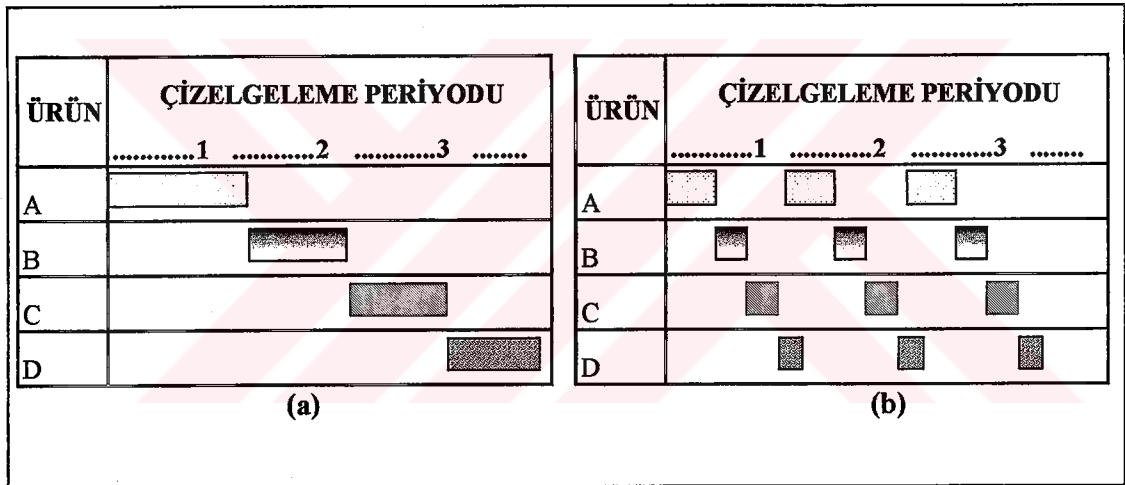
- Bazı durumlarda Kanban CONWIP 'e göre daha az proses içi stokla daha fazla sistem çıktısı üretebilmektedir.
- CONWIP sistemleri atölye tipi imalatlarda başarıyla uygulanamamaktadırlar.
- Yanlış kart belirleme yüksek proses içi stok veya sistem çıktılarında kayıp meydana getirebilmektedir.
- Makine arızaları tüm CONWIP sistemini çökertebilmektedir.

1.5 Periyodik Parti Kontrolü

Üretilmesi gereken bir parça ailesinin (ürün ailesinin), tek bir periyot boyunca üretilmesi anlamına gelmektedir. Malzeme İhtiyaç Planlamasında, ürün ailesindeki her bir ürünün iş emirlerinin farklı periyotlarda açılması ihtimali varken, Periyodik

Parti Kontrolunda (PPK 'da), iş emirleri aynı anda, tek bir iş emri belgesi ile açılır. Ayrıca açılan bu iş emrinin gösterdiği ürünlerin aynı periyotta tamamlanmaları gerekir. Bu nedenle de bu tip üretim şeklinde, küçük parti üretimi şarttır. Şekil 1.6'da aynı kaynağı kullanan; büyük parti üretimi sonucu farklı periyotlarda üretilen ürünler (Şekil 1.6 -a) ile küçük parti üretimi sonucu tek bir periyotta üretilen ürünler (Şekil 1.6 -b) görülmektedir. (---,1989)

Buna göre MİP çok çevrimli bir iş emri açma sistemi iken, periyodik parti kontrolü tek çevrimli iş emri açma sistemidir. Her ikisi de itme sistemidir. Ancak PPK çekme sistemine yaklaşan bir sistemdir. Küçük parti üretiminin yapılabildiği sistemlerde tercih edilmelidir. Çünkü böyle bir sistem, üretimin düzgünleşmesini sağlayarak sistem performansının gelişmesine uygun ortamı yaratır.



Şekil 1.6 Aynı Kaynağın Kullanılması Durumunda (---,1989)

(a) Farklı Periyotlarda Üretilen Ürünler

(b) Aynı Periyotta Üretilen Ürünler (PPK)

Üretimin düzgünleştirilmesi ile elde edilebilecek faydalar şunlardır:

- İşgücünü kontrol etmek ve çizelgelemek kolaydır.
- Tekrarlı parça üretimi söz konusu olduğundan, kaliteyi geliştirmek için yöntemler geliştirmek kolaydır.
- Büyük parti üretimine göre daha az yarı mamul ve nihai mamul stoğu elde bulundurulur.
- Müşteri bekleme süreleri azalır.

Bu önemli faydaların yanısıra, hazırlık süresi zamanlarının uzun olduğu üretim ortamlarında PPK'nın uygulanması, sistemin etkinliğini azaltacağından uygun değildir. Temelinde müşteri odaklı bir bakış açısına sahip olan PPK, hazırlık sürelerinin belirli ölçülerde düşürülmesi sonucu uygulanması halinde, zamanında teslim edilen sipariş yüzdelerini ve müşteri beklemelerini azaltacaktır. Bu da günümüz koşullarında, firmaların yaşaması için gerekli olan daha esnek bir ürün-teslim zinciri kurulmasında en önemli faydalardan biridir.



BÖLÜM 2

YÜK BAZLI SİPARİŞ YÖNETİMİ

2.1 Giriş

İşyükü Bazlı Sipariş Yönetimi (İng: **Load-Oriented Order Release**) bir iş atölyesinde işlerin gerçek girdisini planlanan çıktıya göre dengeleyerek akış zamanlarını kontrol eden bir yöntemdir. Problem sadece ilk iş istasyonunun değil, akış boyunca yer alan tüm iş istasyonlarının bir matematiksel yaklaşım kullanarak yönetilmesidir. (Wiendahl, 1995)

2.2 Temel İlişkiler

Bir iş merkezinin ağırlıklı ortalama temin süresi, o iş istasyonundaki ortalama stoğun ortalama performansa bölünmesiyle bulunur. Aşağıdaki görülen Şekil 2.1, ideal girdi ve çıktı seviyeleri ile örtülen akış diyagramını göstermektedir.

İdeal girdi ve çıktı seviyelerinin sabit olduğunu farzederek bir üçgen çizilebilir ve aşağıdaki geometrik eşitlikler yazılabilir;

$$\tan \alpha = I_m / TL_m$$

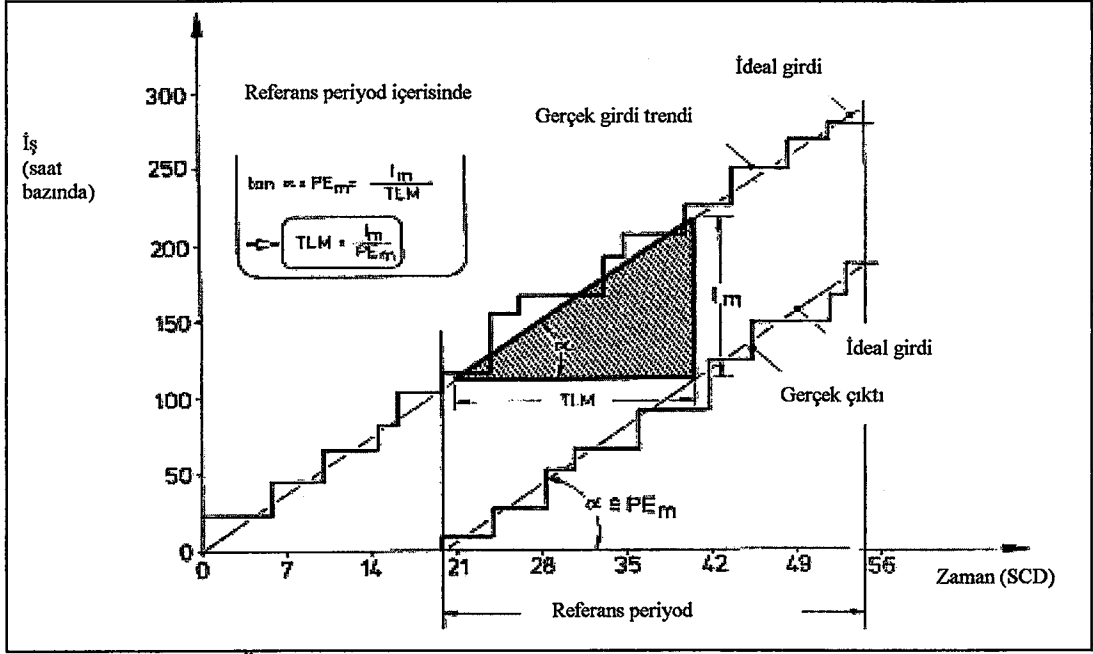
$$TL_m = \text{ağırlıklı ortalama temin süresi}$$

$$\tan \alpha = PE_m$$

$$I_m = \text{ortalama stok}$$

$$TL_m = I_m / PE_m$$

$$PE_m = \text{ortalama performans}$$

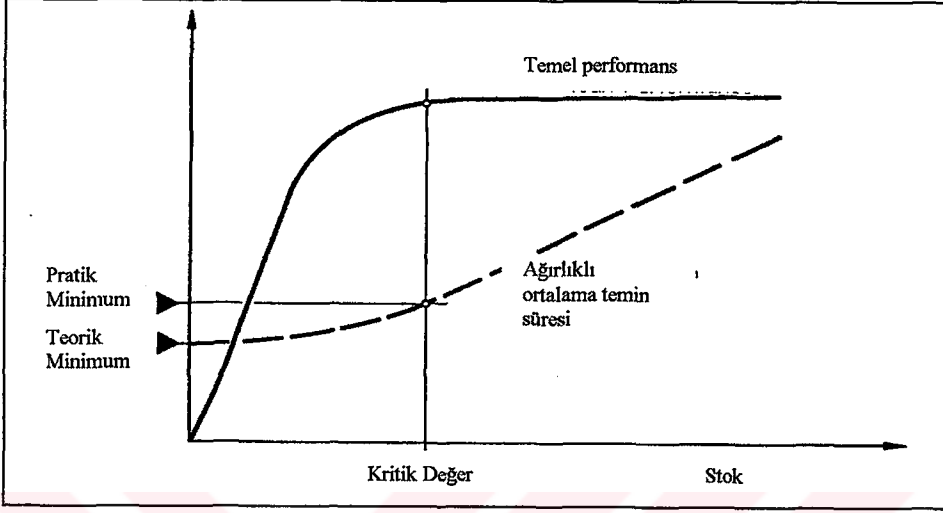


Şekil 2.1 Üretimde stok, performans ve temin süresi arasındaki ilişkiler. SCD: Atölye Takvim Günü, PE_m : Ortalama Performans, TLM: Ağırlıklı Ortalama Temin Süresi.

Burada temin süresi, hem gerçek temin süresi (akış zamanı) hem de planlanan temin süresi olarak geniş kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Performans, akış hızı olarak da ifade edilmekle birlikte, belirli bir zaman periyodunda ölçülen çıktı oranı olarak tanımlanmaktadır. Huni eşitliği (**İng: Funnel formula**) olarak tanımlanan bu eşitlik, sadece analitik amaçlar için değil aynı zamanda da kontrol amaçlı olarak kullanılmaktadır. Eğer bir karar verici bir iş merkezi için spesifik bir akış zamanı sağlamak isterse, aynı karar verici sabit bir ortalama stok seviyesini de sağlamak zorundadır. Bu ise belirli bir zaman döneminde giren iş miktarının çıkan iş miktarına eşit olmasıyla sağlanabilir. Ortalama akış zamanındaki değişme, ya girdideki (işyükü) bir değişme ya da çıktıdaki (performans) bir değişme ile elde edilebilir. Performans ana üretim çizelgesi tarafından belirlenir ve genellikle uzun bir zaman periyodu (örneğin; birkaç hafta) için sabitlenir. Bu ortalama stoğun, ortalama akış zamanı için temel bir kontrol değişkeni olduğu anlamına gelmektedir.

Eğer bir iş merkezindeki stok yani girdi ve çıktı eğrilerindeki boyuna uzaklık geniş bir aralıkta seyrediyorsa, bu ortalama akış zamanı değerinde de bir değişkenliğe karşılık gelecektir. Buradan karakteristik üretim eğrileri elde edilebilir. Aşağıdaki Şekil 2.2 bu tip eğrilerin genel şeklini göstermektedir. Buradan açıkça

anlaşılmaktadır ki, ortalama performans ve ortalama ağırlıklı temin süresindeki değişme ortalama stoğun bir fonksiyonudur. Kritik değerin üzerindeki bir stok değeri için performans da artık bir artış olmayacaktır, çünkü makineleri çalıştıracak iş yeterince mevcuttur. Bu değerin altında ise artan sıklıkla boş zamanlar oluşacaktır.



Şekil 2.2 Üretimde stoğun fonksiyonu olarak temin süresi ve performans

Stok kritik değerin ötesinde arttırıldığında, temin süresi de stokla doğru orantılı olarak artacak ve bu sebepten performans sabit kalacak; iş merkezi huni formülüne uyacaktır. Bu stok değerinin altındaki bir stok değeri için temin süresi, ağırlıklı ortalama operasyon süresi ve ortalama taşıma süresi toplamına kadar stokla birlikte azalacaktır.

Bu bizim için basit bir çıkarımı ortaya koymaktadır; her bir iş merkezindeki stok bu şekilde kontrol edilmelidir, boş zamanlardan kaçınılmalıdır fakat diğer taraftan kısa temin sürelerinin ortaya çıkması sağlanmalıdır. Gerçekçi minimum temin süresi, operasyon zamanlarının ortalama değerine ve değişkenlik aralığına bağlıdır.

Bu prensibi pratikte uygulamaya kalktığımızda bir dizi kısıtı gözönünde bulundurmak gerekmektedir. İlki bir atölyede girdi ve çıktı eğrileri, ulaşmak istenen tek amaç değildir. Gerçek üretim akışının etkisi kendini üç faktörde belli eder; (Wiendahl, 1995)

- Genellikle, atölyeye verilen işlerden gelen girdi ve çıktı miktarları her zaman birbirine eşit değildir, bundan dolayı her bir atölye kontrol sistemi, girdi-çıkıtı dengesini kurmak için bir teknik aramak zorundadır, bu kontrol döngüsünün kurulması içindir.
- Bir periyoddaki iş merkezlerinin girdi ve çıktı eğrileri kesin sabit bir çizgi izlemez, bu yüzden farklı stok seviyeleri ortaya çıkarır. Bu durum atölyeye iş gönderme aşamasında kontrol edilmelidir.
- Ayrıca gelen siparişlerin iş yükünde farklı parti büyüklüklerinden dolayı oldukça büyük değişkenlik göstermektedir. Bu etki atölye kontrol sistemi tarafından ele alınamayacaktır, fakat malzeme yönetim sistemini ilgilendirmektedir.

İkinci önemli kısıt, bir atölyedeki iş merkezlerinin esnekliği ile ilgilidir, yani işlenen siparişlerin operasyon rotaları sık sık değişebilmektedir. Bu bir partinin bir iş merkezinde girdi ve çıktı tarihlerini önceden belirlemeyi zorlaştırmaktadır. Çünkü iş partisi çok sayıda iş merkezinden geçmektedir.

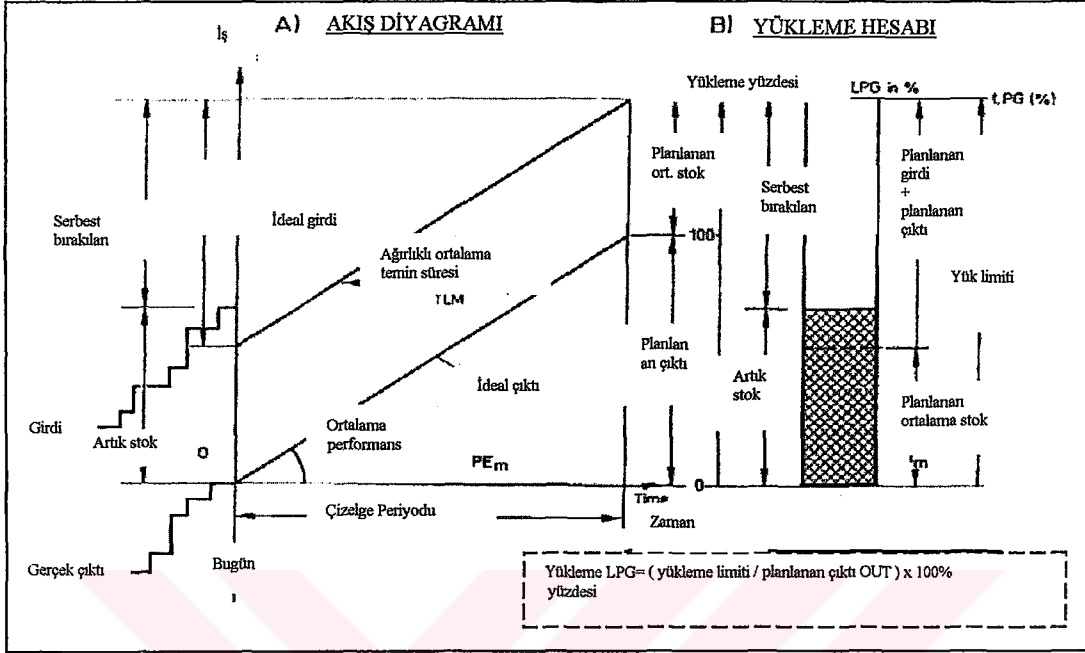
Üçüncü kısıt, bazı siparişler, örneğin bir dişli kutusunun üst ve alt parçaları, bir iş merkezinde aynı zamanda işlenmek ve bitirilmek zorundadırlar. Ancak bunlar bu iş merkezinin öncesinde ve sonrasında farklı rotalara sahip olabilirler.

Bu kısıtlar içerisinde en önemlisi ikinci kısıt olan iş merkezlerindeki esnek bağlantılardır. Bu atölyenin tüm iş merkezlerinde stokları ve akış zamanlarını kontrol etmek için bir kontrol metodu geliştirilmesi demektir ve her bir sipariş için çizelgede öngörülen tahsisler gerçekleştirilmelidir. Bunun için, sipariş akışında karar faktörü siparişlerin hangi tarihte üretim için serbest bırakılacağıdır. Bu bilgi ışığında **Kettner** ve **Bechte** “iş-yükü bazlı sipariş yönetimi” prensibini geliştirmişlerdir.

2.3 Yöntem

İlk olarak, yeniden tek bir iş merkezi üzerinde düşünelim. Şekil 2.3 bir çizelgeleme periyodu sonundaki durumu göstermektedir. [2,3] Şeklin sol tarafında, geçmiş yakın zamana ait girdi ve çıktı eğrileri ile, bir sonraki periyoda ait gelecek ideal akış diyagramını görmekteyiz. Bunun yanında, bir orta-dönem çizelgelenmiş performans (PE_m) olduğu farz edildiğinde, buna karşılık gelen çıktı görülmektedir. Son olarak,

kabul edilen çizelgelenmiş ortalama temin süresine erişilmelidir. İdeal akış diyagramında, girdi ve çıktı eğrileri paralel olduğundan, çizelgelenmiş ortalama stok (I_m) tüm çizelgeleme periyodu (P) için sabittir.



Şekil 2.3 Bir iş merkezi için yük bazlı sipariş yönetimi akış modeli.

Planlanan ortalama stok tarafından saptırılan, artık stok (**İng: leftover inventory, ILO**) olarak adlandırılan gerçek başlangıç stoğu daha büyüktür. Bu sebepten dolayı, serbest bırakılacak iş miktarı planlanan girdi (INP) değil, işyükü limiti (**İng: Load Limit, LL**) ile artık stoğun farkıdır.

Planlanan ortalama stok ve planlanan çıktı toplamı işyükü limiti (LL) olarak adlandırılır, işyükü limiti ile artık stok arasındaki fark serbest bırakılan miktardır. (**İng: Release, REL**) Buradan geliştirilen metod, işyükü bazlı sipariş yönetimidir.

Geleneksel kapasite çizelgeleme metodlarının aksine, yöntem çizelgelenen çıktı eğrisi boyunca saat ya da gün bazında tek siparişleri çizelgelemeye çalışmaz, ancak beklenen girdi ve çıktı seviyelerine dayanarak zaman bazlı bir denge kurar.

Bu yöntem, ticari hesaplamalarda bilinmektedir ve muhasebecilikte uygulanmaktadır. Şeklin sağ tarafında, sembolik olarak, içinde bulunduğumuz zamanda iş merkezinin yük hesabını göstermektedir. Taralı alan artık stoğu temsil

etmektedir ve boş alan serbest bırakmaya karşılık gelmektedir. Sonraki periyod için planlanan girdiler işyükü limitine erişinceye kadar ayrılır (serbest bırakılır). Çizelgeleme periyodu boyunca, periyodun sonunda yeni bir artık stok dengesi elde edilinceye kadar, siparişler sisteme girer ve çıkar.

Metodun önemli bir karakteristiği; bir iş merkezi için sadece bir hesap tutulmasıdır ve her periyodda bu hesap güncellenir. Bu sebepten birkaç gelecek periyod için farklı hesaplar tutan geleneksel metoda ihtiyaç yoktur. Hesap tam olarak huniye karşılık gelmektedir, bunun yanı sıra bu hesaptaki süreçlerin gözlenmesi bize bu iş merkezi için kesin bir çıktı diyagramı çizmemize yardımcı olacaktır.

Bir iş merkezi için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir;

$$\begin{aligned} \text{INP} + I_m &= \text{OUT} + I_m & \text{REL} : \text{Bir çizelgeleme periyodu için serbest bırakılan} \\ \text{REL} + \text{ILO} &= \text{OUT} + I_m & \text{iş (saat bazında)} \\ \text{LL} &= \text{OUT} + I_m & \text{LL} : \text{Yük limiti (saat bazında)} \\ \text{REL} &= \text{LL} - \text{ILO} & \text{OUT} : \text{Planlama periyodunda planlanan çıktı.} \\ & & \text{(saat bazında)} \end{aligned}$$

I_m : Planlanan ortalama stok (saat)

ILO : Dönem başı stoğu (Planlama periyodu başındaki saat bazındaki artık stok)

INP : Planlama periyodu içerisindeki girdi (saat bazında)

Programlanan performanstaki herbir değişim için, yük limitini yeniden belirlemekten kaçınmak için, planlanan çıktı ile ilişkilendirilmelidir. Bu yönde hesaplanan değer yükleme oranı (loading percentage, LPG) olarak adlandırılmaktadır ve

$$\text{LPG} = (\text{LL} / \text{OUT}) * 100\% = (I_m + \text{OUT}) / \text{OUT} * 100\%$$

$$\text{LPG} = (1 + I_m / \text{OUT}) * \%100 \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Bu değer sadece stok değeri OUT ve I_m ile ilişkili değil, Şekil 2.3 'de görüleceği gibi aynı zamanda da zaman değerleri TLM ve P ile ilişkilidir.

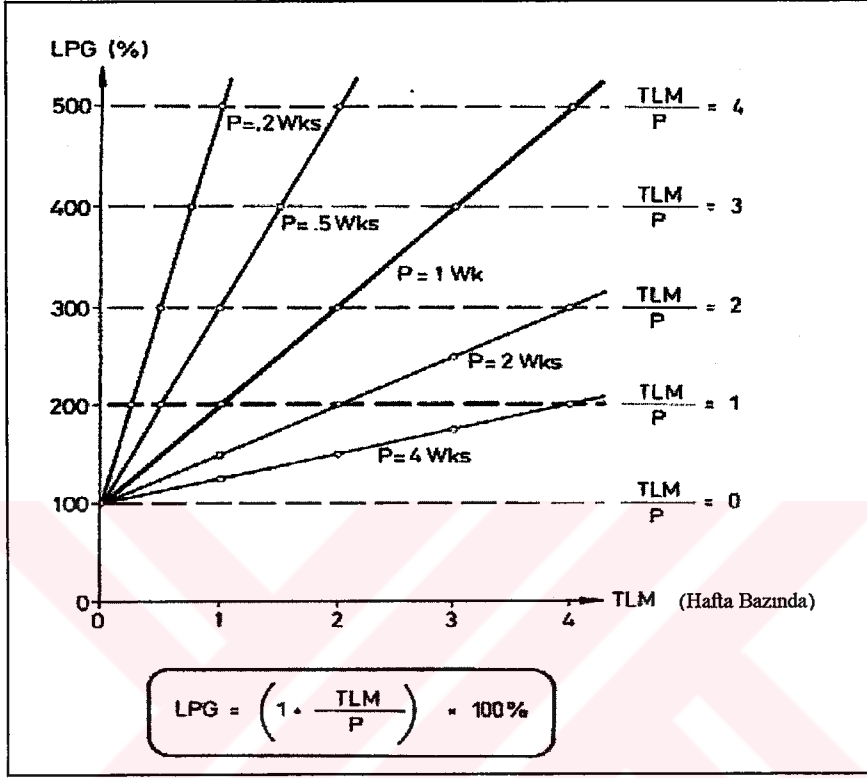
$$(I_m / \text{Tlm}) = (\text{OUT} / P) \Rightarrow$$

$$(I_m / \text{OUT}) = (\text{TLM} / P) \text{ ve } \text{LPG} = (1 + \text{TLM} / P) * \%100$$

TLM : Planlanan ağırlıklı ortalama temin süresi (işgünü)

P : Planlama periyodu uzunluğu (işgünü)

Bu ilişki, Şekil 2.4 'deki gibi gösterilebilir. TLM ve P 'nin rassal değerlerinden sonuçlanan eğrileri görebiliriz ve TLM 'nin P 'ye bölümünden üretilen eğriler birer bağımsız değişkendir. Diyagram zaman boyutundan bağımsızdır (buradaki değerler haftalık olarak verilmiştir), ancak boyut TLM ve P için aynı olmalıdır.

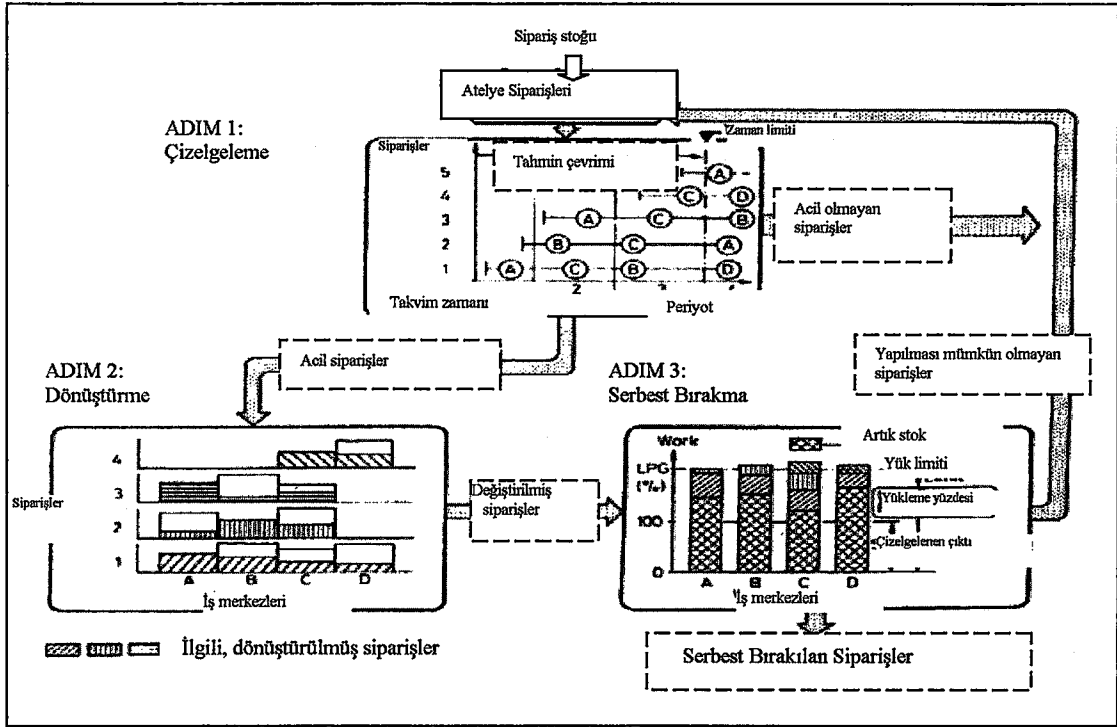


Şekil 2.4 Planlanmış ağırlıklı ortalama temin süresinin bir fonksiyonu olarak yükleme yüzdesi ve P çizelge periyodu.

Makine mühendisliği atölyelerinde, bir planlama periyodunun uzunluğu bir haftadır, bu sebepten operasyon başına genel ortalama 1-2 hafta temin süreleri ile yükleme oranları 200-300 olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer durumlarda gözle görülür bir şekilde az olabilir. 10 günlük planlama periyodu, 4 günlük temin süresi için LPG 140 olacaktır.

Şekil 2.3 sabit bir temin süresi ile siparişlerin nasıl çizelgeleneceği sorusunu akla getirmektedir. Bu siparişler için mevcut kapasiteyi nasıl sağlayabiliriz?

Bu soruya cevap vermek için, siparişlerin temin zamanı çizelgelemesi ve gelecek periyodlar için yükün yeniden hesabı dikkate alınmalıdır. Atılması gereken adımlar, Şekil 2.5 'de ifade edilmiştir.



Şekil 2.5 İşyükü bazlı Sipariş Yönetiminin Adımları.

Serbest bırakma için başlama noktası; sipariş planlama esnasında atölye siparişlerinin teslim tarihleri ve miktarlarının belirlenmesi ile başlar. Bunun yanı sıra, rotalar, operasyon sırası, iş merkezi numarası, hazırlık zamanı, sipariş miktarı ve bir ürün başına gerekli süre bilinmelidir. Serbest bırakma süreci için ilk adım, henüz serbest bırakılmamış tüm atölye siparişlerinin geriye doğru çizelgelenmesidir. Temin süresi değeri; her bir iş merkezi için önceden belirlenen ortalama ağırlıklı temin süresi olarak kabul edilmektedir. Bu değerler temel olarak bir takım prensiplere göre belirlenmektedir. Programlanabilir hesaplama metodu için bir öneri, işyükü-bazlı sipariş yönetiminin bir parçası olarak ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır.

Geriye doğru çizelgeleme, serbest bırakma öncesi çizelgelenen başlangıç tarihlerinin sıralandığı bir sipariş listesi ile sonuçlanır. İlk siparişlerin başlangıç tarihleri geçmişte bile kalabilir. Listede, bir zaman limitinin altında kalan bu siparişler acil siparişler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu zaman limiti ile planlamanın yapıldığı zaman arasında geçen süre “planlama ufku” (**İng: anticipation horizon**) olarak adlandırılmaktadır.

Zaman limiti belirlendiğinde, şu yargılar geçerlidir. Prensip, sadece başlangıç tarihleri bir sonraki çizelge periyodunun altında kalan siparişler için uygundur. Bu

mümkün olmadığından ve bu siparişler iş merkezlerinin yük limiti hesabını dolduracağından, sonraki çizelge periyodlarında siparişlerin tahminine izin verilir. Sonraki adımda sonlu yükleme, yük limitinin altında kalan kapasiteden fazlasını kullanmayan sadece mevcut çizelgeleme periyodunun ötesindeki siparişlerin serbest bırakılmasını sağlayacaktır. Planlama ufku için, iki ila üç çizelge periyodu pratik olarak bulunmuştur, bu paratikte geçerlidir, ancak matematiksel olarak belirlenmemiştir. Ancak genel olarak planlama ufku mevcut sipariş stoğunun kapasite gereksiniminden süre olarak daha büyük olmalıdır.

İşyükü bazlı sipariş yönetiminde ilk adım acil olmayan siparişler listesi üretir. Bu siparişler ertelenmiş siparişlerdir ve bir sonraki çizelgeleme periyodunda yeni gelen işlerle birlikte ele alınacaklardır. İkinci olarak, acil sipariş listesi; planlanan başlama tarihleri, iş merkezleri ve standart zamanlarla operasyon sıralarının planlanan başlangıç tarihlerine göre karşılaştırıldığı planlanan çıkış tarihleri ile birlikte üretilir. Birçok geleneksel planlama yönteminin aksine, liste hiçbir diğer öncelik verisini içermemektedir. Öncelik için tek kriter planlanan başlangıç tarihidir. Bu tarih geçmişte bile kalmış olabilir.

İşyükü bazlı sipariş yönetiminde bir sonraki adım, acil siparişlerin serbest bırakılmalarından sonra kişisel iş merkezlerinde planlanan stok koşullarını tam olarak karşılayıp karşılamadıklarını değerlendirmektir. Bu herhangi bir iş merkezi yük limitinin serbest bırakılan siparişler tarafından aşıp aşılmadığını tespit etmek için bir kontrol yapılması anlamına gelmektedir. Şekil 2.5 'de, bu üçüncü adımdır ve "serbest bırakma" olarak gösterilmiştir. Bunun için acil listesindeki Sipariş 1 'in birinci operasyonu karşı gelen iş merkezi A 'nın yük hesabına standart zamanı (TO) ile yüklenmiştir. Genel olarak, bu yük hesabında yük limitine erişmek için dengeye neden olmayacaktır, öyle ki Sipariş 1 'in ikinci operasyonu bu kez iş merkezi C hesabına yüklenebilsin.

Örneğimizde, Sipariş 1 'in ikinci operasyonu muhtemelen iş merkezi C 'ye ikinci çizelge periyodundan önce giremeyecektir. Yük hesabı ancak bir sonraki çizelge periyodu için tutulacaktır. Diğer taraftan, ilk periyodda operasyonun iş merkezi C 'ye ulaşması olasılığı sınırlanamaz. Böyle bir olasılığı hesaplamak için, bu durumun hangi ihtimalle gerçekleşeceğinin bilinmesi gerekmektedir. Eğer bu olasılık bilinirse,

ikinci operasyonun yük değeri bu olasılık faktörü ile çarpılabilir ve sonuç yük değeri bir sonraki çizelge periyodundaki yük hesabına yüklenebilir. Bu hesaplama “sipariş zamanlarının dönüşümü” olarak adlandırılır. Eğer bu dönüşüm tüm operasyonlar için yapılırsa, yük hesabının ortalama olarak doğru yüklenmesi sağlanmalıdır. Gelecekteki siparişlerin organizasyon zamanları dönüşümü bir sonraki çizelgeleme periyodunda olasılık değerini elde etmek için ikinci adımdır ve Şekil 2.5 'de “dönüşüm” olarak gösterilmiştir. Bu belkide tüm işyükü bazlı sipariş yönetimi kavramının arkasındaki en önemli düşüncedir. Bu Bechte tarafından doktora tezi sırasında geliştirilmiştir.

İkinci operasyondan sonra, üçüncü operasyon dönüştürülmüş sipariş zamanı ile iş merkezi B 'nin yük hesabına yazılır ve yük limitinin aşıp aşılmadığı kontrol edilir. Aynı süreç dördüncü ve son operasyonlar için de gerçekleştirilir. Eğer test yüklemesi iş merkezi D 'nin yük limitinin aşılmadığını gösterirse, sipariş serbest bırakılır diğer bir deyişle, serbest bırakılmış siparişler listesine dahil edilir ve dört iş merkezi A, B, C ve D 'nin yük hesapları karşı gelen operasyonların dönüştürülmüş sipariş zamanları ile yüklenirler.

Şimdi aynı mantıkta ikinci sipariş test edilir ve sırasıyla diğer siparişler aynı süreçte test edilirler. İlk sefer için bir hesabın yük limiti aşılar aşılmaz hesap bloke edilir. Bloke hesaba ulaşan sonraki operasyon aynı siparişin diğer tüm operasyonları ile birlikte reddedilir ve tüm sipariş uygun olmayan siparişler listesine (**İng: non-fisible orders list**) dahil edilir. Acil olmayan siparişler ile birlikte yeniden çizelgelenen siparişler temin zamanı çizelgelemesine alınırlar ve bir ihtimal serbest bırakılırlar.

İş yükü bazlı serbest bırakmanın sonucunda, acil olmayan, acil olan, uygun olmayan ve serbest bırakılan sipariş listeleri üretilir. Bazı durumlarda, metod başlamak üzere serbest bırakılmamış siparişlere izin verir. Örneğin, darboğaz noktalarda ekstra kapasite için özel düzenlemeler yapılabilmektedir.

2.4 Yüklenecek Siparişlerin Dönüşümü

Dönüştürmenin amacı, eğer bir siparişin ilk olarak diğer iş merkezlerine geçmesi gerekiyorsa, bir sonraki periyotta siparişin belirli bir iş merkezine ulaşması olasılığı nedir sorusuna cevap vermektir.

Bunun için ilk olarak Şekil 2.6 'daki tek bir WC_p iş merkezine bakalım. P periyodunda artık stokta yeralan siparişler veya daha önceden serbest bırakılmış işler imalat için hazırdır. Buna karşın, siparişler ancak aynı zaman periyodunda, toplam sipariş zamanı çıktıya eşitleninceye kadar işlenebilirler.

Bundan sonra, $ILO+REL$ 'den her bir sipariş için bir sonraki periyotta $POUT_p$ olasılığı;

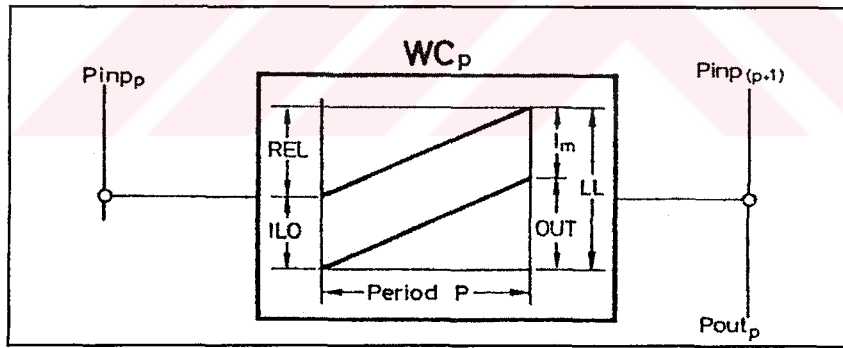
OUT : bir periyoddaki çıktı,

ILO : periyod başındaki artık stok,

REL : serbest bırakılan işler olmak üzere,

$POUT_p = OUT / (ILO+REL)$ 'dir. Ancak,

$$ILO + REL = I_m + OUT \text{ ve } LPG = (I_m + OUT) / OUT * 100$$



Şekil 2.6 Bir iş merkezindeki bir sipariş için çıktı olasılığı

İş merkezi WC_p 'de çıktı olasılığı:

$$Pout_p = Pinp_p * OUT / (REL + ILO)$$

$$Pout_p = Pinp_p * OUT / LL$$

$$Pinp_{(p+1)} = Pout_p = Pinp_p * \frac{100}{LPG}$$

WC_p : İş merkezi p

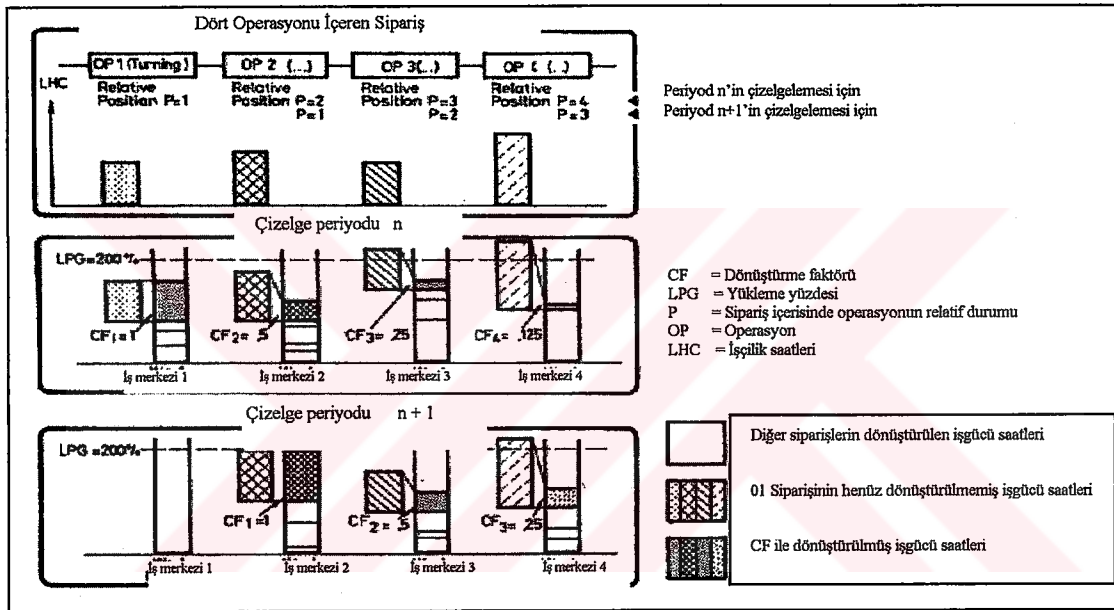
REL : Serbest bırakma

$$CF_p = \left(\frac{100}{LPG} \right)^{p-1}$$

Eğer karşı gelen operasyonun sipariş içeriği (TO) bu dönüştürme faktörüyle çarpılırsa, sonuç dönüştürülmüş sipariş içeriği bu siparişin WC_p iş merkezi için olası yükü (L_p) için bir ölçüt olacaktır.

$$L_p = CF_p * TO$$

Şimdi O1 siparişini kullanarak dönüşümün nasıl işlediğini inceleyelim. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8 Yük bazlı sipariş serbest bırakma esnasında operasyonların yük içeriğinin dönüştürülmesi

Sipariş dört iş merkezini de geçmek zorundadır. OP1'den OP4'e kadar operasyonlara sahip O1 siparişinin, n çizelge periyodunda İş Merkezi 1 önünde beklediğini varsayalım. Şu anda tüm iş merkezleri için dönüştürme faktörü değerini belirlemek istiyoruz.

Hesaplamaları basitleştirmek için tüm iş merkezlerinin yük yüzdeleri 200 olarak alalım. Dönüştürme faktörü CF_1 daima 1'e eşit olacaktır çünkü sipariş %100 olasılıkla mevcut durumda olduğundan iş herhangi bir zamanda başlayabilir. Ancak Operasyon 2, Operasyon 1 tamamlandıktan sonraki periyoddan önce başlayamayacaktır. LPG 200 olduğundan bunun olasılığı sadece 0.5 olacaktır, zira iş

merkezi mevcut işin sadece yarısını tamamlayabilir. Bu sebepten dolayı dönüşüm faktörü $100/200 = 0.5$ olarak hesaplanır. Üçüncü iş merkezinde, Operasyon 3 bir sonraki periyotta (n) başlamadan önce 1 ve 2 nolu operasyonlar tamamlanmalıdır. Bu sebepten, $CF_3 = 0.5 \times 0.5 = 0.25$ olacaktır. Yine aynı şekilde, $CF_4 = 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.125$ olarak hesaplanır.

Şimdi n+1 periyoduna göz atalım. Operasyon 1'in tamamlandığını ve iş merkezi 2 önünde beklediğini farzedelim. Bu kez Operasyon 2'nin dönüşüm faktörü 1'dir ve CF_1 olarak isimlendirilir. Yine sırasıyla $CF_2 = 0.5$, CF_3 ise 0.25 değerlerini alacaktır.

2.5 Serbest Bırakma Sürecinin Örneklenmesi

Aşağıdaki detaylı örnek serbest bırakma sürecini daha iyi açıklamak için yararlı olacaktır. Ele alınan örnek 12 siparişi kapsamaktadır ve tüm siparişlerin başlama zamanları zaman limitinin altında yer almaktadır, diğer bir deyişle tüm bu siparişler acil siparişlerdir.

Tablo 2.1 Serbest bırakma öncesi acil siparişler listesi (Periyod 1)

Sipariş Numarası (-)	Planlanan Başlangıç Zamanı (SCD)	Op No 10 TO WC (HRS) (-)	Op No 20 TO WC (HRS) (-)	Op No 30 TO WC (HRS) (-)	Op No 40 TO WC (HRS) (-)	Op No 50 TO WC (HRS) (-)	Yükleme Sırası
3001	501	10 B	15 A	20 E	80 D	80 C	1
3002	510	20 D	30 C	30 A	40 E		8
3003	505	20 B	10 C	40 D	20 E		5
3004	520	40 A	40 D	60 C	40 E		12
3005	503	20 A	30 B	60 C	80 D	40 E	3
3006	504	10 C	10 D	30 A	80 B	80 E	4
3007	502	5 D	10 C	40 B	40 A		2
3008	515	40 E	60 D	40 C	60 A	80 B	10
3009	507	15 B	20 C				7
3010	513	5 A	20 D	30 E			9
3011	506	20 A	20 B	20 C	80 D		6
3012	519	20 B	40 C	40 A	40 E	40 D	11

Op No = Operasyon numarası
OT = Standard saatlerdeki sipariş zamanı
WC = İş merkezi numarası

Tablo 2.2 Sipariş serbest bırakma öncesi iş merkezleri listesi (Periyod 1)

İş Merkezi Numarası >	A	B	C	D	E
Periyod 1'den önceki artık stok (saat)	30	40	35	25	30
Periyod 1 için haftalık kapasite (saat)	40	50	40	30	20
Periyod 2 için haftalık kapasite (saat)	40	40	45	50	30
Periyod 1'deki yükleme limiti (LPG = 200%)	80	100	80	60	40
Periyod 2'deki yükleme limiti (LPG = 200%)	80	80	90	100	60

Tablo 2.1 bu siparişlerin listesini göstermektedir. Tabloda sipariş numaraları, planlanan başlangıç süreleri (atölye takvim günü olarak-SCD) ve siparişlerin herbir operasyonunun hangi iş merkezinde ve ne kadar süre ile (TO) işleneceği bilgisi yer almaktadır. Tablo 2.2 izleyen iki periyod (1 ve 2) için iş merkezlerinin kapasitelerini ve Periyod 1'e sarkan iş yüklerini (dönem başı yük) göstermektedir.

Bu aşamada izleyen iki periyod için acil siparişleri mümkün olduğunca çabuk yüklemeliyiz ve üretime alınmak üzere serbest bırakılan ve ertelenen siparişleri tespit etmeliyiz. Örneği basitleştirmek için, yükleme yüzdelerini 200 olarak kabul edeceğiz, sıralama kuralı FIFO olarak alınacak ve kullanım % 100 olarak işleme konulacaktır. Bir başka deyişle, makine arızaları vb. duruşların olmadığı varsayılacaktır. Bunun yanında, artık yükü temsil eden siparişler tamamlanmalarından sonra diğer iş merkezlerinde işlenmeyeceklerdir.

İlk adımda, siparişler planlanan başlangıç tarihlerine göre (öncelik listesi) sıralanarak listeleneceklerdir. Tablo 2.1 'de yeralan son kolondaki yükleme sırası bu şekilde oluşturulmuştur.

Bir sonraki adım, kişisel operasyonların sipariş zamanlarının dönüştürülmesidir. (Tablo 2.3) İlk operasyonlar mevcut olduklarından dönüştürülmeyeceklerdir. Tüm siparişlerin ikinci operasyonları $100/LPG = 0.5$ ile çarpılacaktır, üçüncü operasyonlar $0.5 \times 0.5 = 0.25$ ile, dördüncü operasyonlar $0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.125$ ile ve son olarak da beşinci operasyonlar ise $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.0625$ ile çarpılarak dönüştürme sağlanacaktır.

Tablo 2.3 Sipariş serbest bırakma öncesi dönüştürülmüş yükler ile acil sipariş listesi

Seri Numara = Sıklık (-)	Düzen Numarası (-)	Op No 10 TO WC (HRS) (-)	Op No 20 TO WC (HRS) (-)	Op No 30 TO WC (HRS) (-)	Op No 40 TO WC (HRS) (-)	Op No 50 TO WC (HRS) (-)	Serbest Bırakma Kodu R: Serbest X: Geciktirilen
1	3001	10 B	7.5 A	5 E	10 D	5 C	R
2	3007	5 D	5 C	10 B	5 A		R
3	3005	21 A	15 B	15 C	10 D	2.5 E	R
4	3006	10 C	5 D	7.5 A	10 B	5 E	R
5	3003	21 B	5 C	10 D	2.5 E		X
6	3011	20 A	11 B	5 C	10 D		R
7	3009	15 B	10 C				R
8	3002	20 D	15 C	7.5 A	5 E	80 B	X
9	3010	5 A	10 D	7.5 E			X
10	3008	40 E	30 D	10 C	7.5 A	5 B	X
11	3012	20 B	20 C	10 A	5 E	2.5 D	X
12	3004	40 A	20 D	15 C	5 E		X

Op No = Operasyon sayı numarası

OT = Standard saatlerdeki sipariş zamanı

WC = İş merkezi numarası

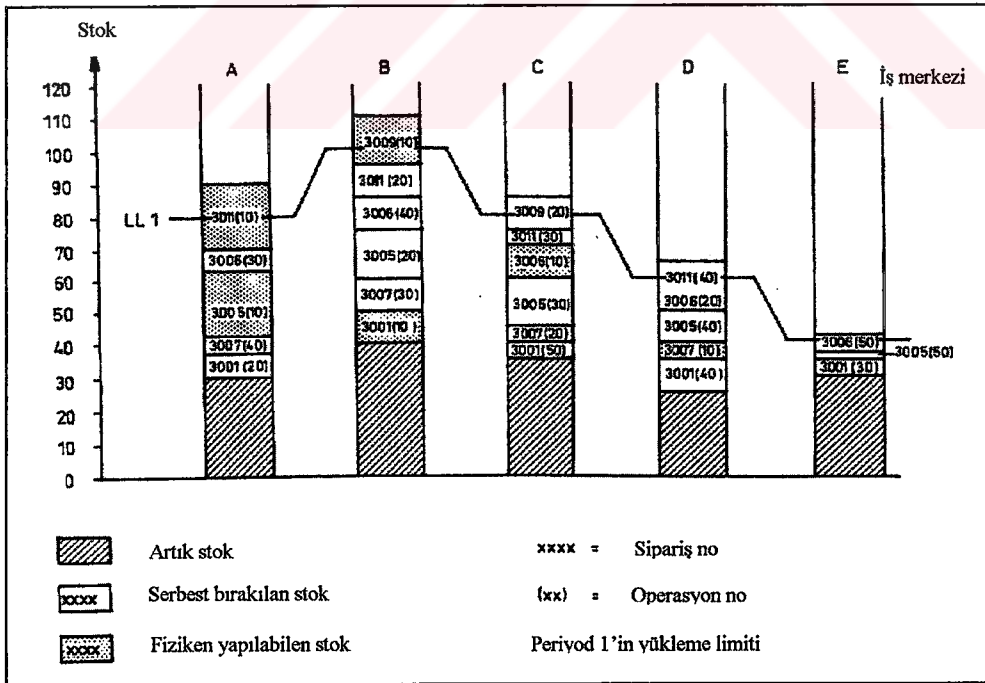
Şekil 2.9 iş merkezlerinin yük hesaplarını, dönem başı yük miktarlarını da içerecek şekilde göstermektedir. Örneğin, sipariş 3001 'in ilk operasyonu B iş merkezi hesabına 10 saat yükler. Bu fiziksel olarak iş istasyonuna yüklenen ilk operasyondur. A iş merkezi ise, ikinci operasyonun karşı gelen dönüştürülmüş yük zamanı (7.5 saat) ile yüklenmektedir. E iş merkezi üçüncü operasyon 5 saat ile yüklenirken, dördüncü operasyon 10 saat ile D iş merkezine atanacaktır ve son olarak da iş merkezi C 'ye beşinci operasyonun 5 saati karşılık gelmektedir. Sipariş 3001 'in hiçbir operasyonu iş merkezlerinin yük limitini aşmadığından Tablo 2.3 'de "R" (İng: Release) kodunu almaktadır.

İkinci operasyondan itibaren siparişe ait tüm operasyon zamanları dönüştürülmektedir. Böylece şimdiye kadar olan siparişler iş merkezlerinde fiziksel olarak yer almayacaklardır. Şekil 2.9 'da gösterilen ayrı ayrı yük elementleri noktalı olarak taranmıştır.

Acil listesindeki diğer siparişler şimdi yüklenmektedir. 3007 ve 3005 nolu siparişler de serbest bırakılabilir. 3006 nolu siparişinde serbest bırakılmasıyla ilk kez iş merkezi E 'nin yük limiti aşılabacaktır, sipariş serbest bırakılmış durumdadır ancak yük

hesabı şimdiden sonrası için bloke edilecektir. Bir sonraki sipariş olan 3003 nolu siparişin dördüncü operasyonu E iş istasyonuna geldiğinde bloke yük hesabı ile karşılaşacak ve dört operasyonun üçü işlenmiş olmasına rağmen siparişin tümü reddedilecektir. Bu durumda sipariş ertelenir ve tabloda "X" kodunu alır. 3011 ve 3009 nolu siparişler hala bazı açık yük hesaplarıyla karşılaşacaklardır ancak 3002 nolu sipariş tüm iş istasyonları tarafından reddedilecektir. Bu serbest bırakma döngüsünde, 12 siparişin altısı serbest bırakılacak, kalan altı sipariş ise ertelenecektir.

Bu aşamada atölye işe FIFO sıralama kuralı ile başlayacaktır. Her iş merkezi, Periyod 1 için Tablo 2.2 'de verilen kapasite saatleri ile çalışacaktır. Bu yüzden iş merkezi A 'da mevcut artık yükün yanısıra, 3001 ve 3007 nolu siparişler daha yüksek çizelge önceliğine sahip olmalarına rağmen, fiziksel olarak mevcut olduğu için 3005 nolu siparişin yarısı işlenecektir. İş merkezi B 'de ise mevcut artık yük yanısıra 3001 nolu siparişin tamamı işlenebilecektir. İş merkezi C 'de 3006 nolu siparişin bir kısmını ve iş merkezi D 'de 3007 nolu siparişin tamamı üretilebilecektir. İş merkezi E mevcut artık stoğunun tamamını işleyemeyecek ve kalan iş bir sonraki periyoda aktarılacaktır.



Şekil 2.9 Dönüştürülmüş siparişlerin yüklenmesi sonrası Periyod 1 'de serbest bırakma öncesi yükleme hesapları dengesi

Serbest bırakma planlamasında bir önemli nokta, planlama gerçekleştirilmeden önce siparişlerin tamamlanmasının raporlanabilmesidir. Daha büyük siparişlerle, siparişe ait parçaların raporlanması önerilmektedir, diğer bir deyişle saatler iş merkezini bloke etmemek için çizelge sonuna kadar işlenebilecektir.

Bu bir sonraki periyodun başındaki serbest bırakma planlamamızın durumudur. Yeni bir serbest bırakma döngüsü başlatılabilir. İlk olarak, acil sipariş listesi güncellenir (Tablo 2.4) Bu aşamada 3001 nolu siparişin ilk operasyonu da işlenebilirdi. Ancak bağlı pozisyonlar değiştiğinden bu kalan operasyonların yük değerini arttırmaktadır. Önceki periyodla karşılaştırıldığında, % 200 yük limitinden dolayı Tablo 2.3 'deki değerler ikiyle çarpılmıştır. Sipariş 3007 'nin ilk operasyonu da iş merkezi D 'de yapılmış ve diğer operasyonların yük değerleri de ikiyle çarpılmıştır. Diğer operasyonlar ise tamamlanamadığından, bir önceki periyodla karşılaştırıldığında diğer siparişlerin yük değerleri değişmemiştir.

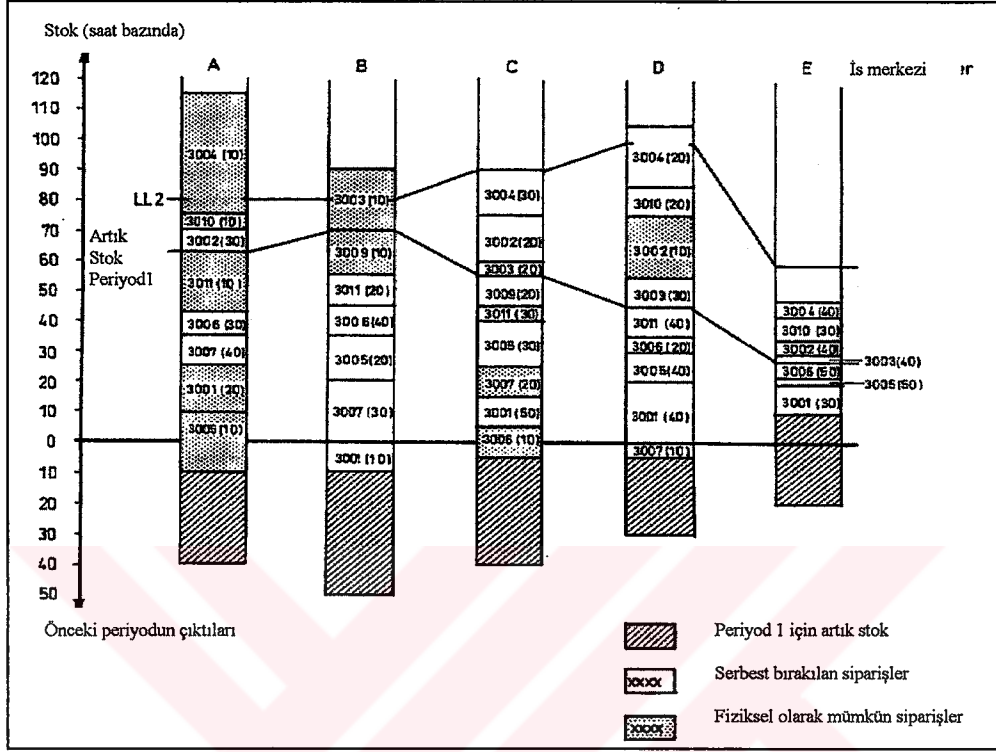
Tablo 2.4 Sipariş serbest bırakma öncesi, dönüştürülmüş yükler ile acil sipariş listesi

seri numara = sıklık (-)	düzen numarası (-)	Op No 10 TO WC (HRS) (-)	Op No 20 TO WC (HRS) (-)	Op No 30 TO WC (HRS) (-)	Op No 40 TO WC (HRS) (-)	Op No 50 TO WC (HRS) (-)	Serbest bırakma kodu O: açık R: serbest X: geciktirilen
1	3001	* B	15 A	10 E	20 D	10 C	O
2	3007	* D	10 C	20 B	10 A		O
3	3005	22 A	15 B	15 C	10 D	2.5 E	O
4	3006	10 C	5 D	7.5 A	10 B	5 E	O
5	3003	22 B	5 C	10 D	2.5 E		R
6	3011	20 A	12 B	5 C	10 D		O
7	3009	15 B	10 C				O
8	3002	20 D	15 C	7.5 A	5 E	80 B	R
9	3010	5 A	10 D	7.5 E			R
10	3008	40 E	30 D	10 C	7.5 A	5 B	X
11	3012	20 B	20 C	10 A	5 E	2.5 D	X
12	3004	40 A	20 D	15 C	5 E		R

Op No = Operasyon sayı numarası
OT = Standard saatlerdeki sipariş zamanı
WC = İş merkezi numarası
* = Tamamlanmış operasyon

Sonraki adım yükleme sürecidir. Yeni sipariş girişi olmadığını varsayalım. Ancak Tablo 2.2 'deki kapasite değerleri değişmiştir. Eğer yükleme yüzdesi aynı kalırsa, bu yeni yük limitlerinin izleyen periyod için olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 2.10'da

bu yeni yük limitleri “LL2” olarak gösterilmiştir. Şimdi acil siparişler yük hesapları bloke edilmeye kadar artık stokların üzerine yüklenecektir. Hesaplamalar Tablo 2.4’den izlenebilir. İki sipariş bloke edilirken, dört sipariş daha serbest bırakılabilir.



Şekil 2.10 Dönüştürülmüş siparişlerin yüklenmesi sonrası Periyod 2’de serbest bırakma öncesi yükleme hesapları dengesi

Serbest bırakma sürecinin bir diğer önemli sonucu, serbest bırakılacak sipariş listesini vermesi yanı sıra, uygun olmayan (İng: non-feasible) sipariş listesinin de bloke edilmesidir. Aynı zamanda hangi iş merkezlerinin serbest bırakmayı bloke ettiği görülebilmektedir. Ele alınan örnekte, Tablo 2.5 ilk serbest bırakma döngüsünden sonra listeyi göstermektedir. Sipariş numarasına karşılık başarısız serbest bırakma denemesi sayısı ve iş merkezlerinde reddedilen siparişlerin numaraları da tablodan izlenebilir.

Tablo 2.5 Periyod 1’den sonra reddedilen iş merkezlerine karşılık gelen reddedilen sipariş listesi.

Sipariş numarası	Serbest bırakma denemesi	İş merkezinde reddedilme				
		A	B	C	D	E
3003	1					1
3002	1	3		2	1	4
3010	1	1			2	3
3008	1	4	5	3	2	1
3012	1	3	1	2	5	4
3004	1	1		3	2	4



BÖLÜM 3

YAYIN TARAMASI

Hızla değişen müşteri ihtiyaç ve beklentilerine dinamik bir şekilde cevap verme esnekliği günümüz rekabet koşullarında işletmeler için kaçınılmaz bir unsurdur. Bu doğrultuda, müşteri odaklılığın artan öneminin etkisiyle, son yıllarda, Grup Teknolojisi ve Hücresel İmalat Sistemlerine akademisyenlerin ve işletme üst düzey yöneticilerinin ilgisi giderek artmaktadır. Grup Teknolojisi üretim sistemleri tasarımına ve yönetimine yönelik literatürde bir çok çalışma yer almaktadır. Bu bölümde, bu doktora çalışmasının kapsamında yer alan “İş Yüğü Bazlı İmalat Kontrolü” ve GT ile ilgili belli başlı çalışmalara yer verilmiştir.

3.1 Tam Zamanında Üretim, GT ve Hücre Yönetimine Yönelik Yayınlar

Burbidge (1988) 'e göre bir fabrikada iş merkezlerini daha iyi yöneterek birim zamanda daha fazla sayıda fazla parça üretmek ve bu doğrultuda operasyonları çizelgelemek uzun zamandan beri şirket yöneticilerinin ve üniversite çevresinde araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Yazara göre, bugün bile sadece OPT yaklaşımı dışında güvenilir bir çözümü ancak 100 yıl önce olduğumuz kadar yakınız. Daha eski çalışmalar Gantt diyagramına dayanırken son yıllarda bilgisayarlar kullanılmaya başlanmıştır. Burbidge çalışmasında, Grup Teknolojisi ve Periyodik Parti Kontrolü'nün birlikte kullanımının, imalat atölyelerinde operasyon çizelgeleme probleminin çözümünü büyük ölçüde kolaylaştıracağını ifade etmiştir. Bu koşullar altında, problemi çözmede en etkin yol, grup liderlerini eğitmektir.

Bechte çalışmasında, iş merkezlerinin yönetilmesinde yeni bir çözüm olarak tanımladığı İş Yüğü Bazlı İmalat Kontrolü 'ne (İng: Load Oriented Manufacturing

Control) yönelik prensipleri ortaya koymuştur. Yük bazlı imalat kontrolünün ana fikrini, siparişlerin hızlı ve zamanında akışını sağlayacak şekilde, iş merkezlerinin kullanım oranlarını da yüksek tutacak şekilde proses içi stoğu mümkün olduğunca sınırlamak ve dengelemektir. Bunun yanı sıra, sistem temin sürelerini planlanan seviyede tutmaya çalışırken, tam anlamıyla bir termin bazlı çizelgeleme yaklaşımı sunar. Aynı zamanda, sistemdeki dar boğaz noktalar ortaya çıkarılırken, etkin bir kısa ve orta vadeli kapasite planlama yapılmış olmaktadır. Yaklaşım özellikle küçük parti büyüklüğüne sahip sistemlerde daha etkin çalışmaktadır. Atölye imalatına istatistiksel bir bakış açısı sunan yük bazlı imalat kontrolünün çekirdeğini yük bazlı sipariş yönetimi oluşturmaktadır. Bu basit ama etkin teknik, Batı Almanya’da Hannover Üniversitesi’nde yapılan akademik araştırmalar sırasında, geliştirilmiştir. (Bechte 1980, Kettner ve Bechte 1981)

Bechte ’nin çalışmasından sonra, Yük Bazlı İmalat Kontrolü Yaklaşımı endüstriyel ortamda 20 farklı fabrikada denenmiş ve başarılı olmuştur. Bazı yazılım şirketleri, yük bazlı imalat kontrolüne imkan veren yazılımlar geliştirmişler ve bunları önermektedirler. Buna yönelik en son çalışma **Wiendahl (1997)** tarafından ortaya konmuştur.

Gupta ve diğ. (1999), ele aldıkları çalışmada, Tam Zamanında Üretim Sistemlerinin sabit ve düzgün bir talep yapısı yanı sıra, sabit işleme zamanlarına sahip deterministik üretim ortamları için tasarlandığını ifade etmişlerdir. Ancak, sistem uygulama aşamasına geçtiği zaman, önleyici bakım, makine arızalanmaları gibi planlanmayan duruşlar yanı sıra, talep ve işleme zamanlarında değişkenlikler ve bir çok belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizlikler, üretim hacminin düşmesi, makine kullanım oranlarının azalması, sipariş tamamlanma süresinin uzaması ve fazla mesai ihtiyacı gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Ele alınan çalışmada, “**Esnek Kanban Sistemi (EKS)**” olarak adlandırılan ve bu planlı ya da plansız belirsizliklerin üstesinden gelmesi hedeflenen yeni bir sistem tanıtılmaktadır. Çalışmada, geliştirilen EKS’nin üstünlüğü, her biri farklı belirsizlikleri içerecek şekilde yapılandırılan dört örnek olay çalışmada değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, geleneksel Tam Zamanında Üretim Sistemi ile EKS’nin performansı karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Ele alınan dört örnek olayda da EKS’nin performansı gerçekten geleneksel Tam Zamanında Üretim Sisteminden daha başarılı çıkmıştır.

Marek ve diğ. (2001), Arena/Siman 3.5/4.0 kullanarak, Kanban ve CONWIP bazlı çekme sistemlerinin kontrolüne yönelik benzetim modeli ortaya koymuşlardır. Çekme sistemine yönelik temel kavramların şekillerle açıklandığı çalışmada, modelleme teknikleri yanısıra, Kanban ve CONWIP çekme sistemleri için kart azaltma teknikleri sunulmuştur. Bir çekme sistemi uygulamasının temel avantajı, çevrim süresini azaltması ve mühendislik ve tasarım değişkenliklerine yönelik ekonomik esneklik kazandırmasıdır. Kanban sistemi, her bir iş istasyonunda daha az proses içi stok tutulmasına imkan verirken, CONWIP sistemi sadece bir dizi kart ile proses içi stoğun yönetimine imkan verdiğinden, uygulaması ve kontrol etmesi daha kolay bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada, kart azaltma stratejisi tartışılmış ve üretim operasyonları için benzetimin etkin bir karar destek aracı olduğuna yönelik görüşler ortaya konmuştur. Arena ile çalışılmasının nedeni olarak da, Siman bazlı olması yanısıra, endüstride yaygın kullanım olanağı bulmuş olmasıdır.

İmalat süreç akışlarının modellenmesinde, Kanban ve CONWIP çekme sistemleri mantığı, Automod, Witness, ProModel ve Simul8 gibi diğer benzetim dilleri ile de kolaylıkla geliştirilip uygulanabilir.

Okubo ve diğ. (2000) 'e göre, “kendi kendine öğrenen”, “hareket planlı”, “hedef güdümlü” ve “hareket alanı kısıtlı” dört tip zeka, bölünmüş özerk üretimin üretim gelişmesini sağlamak için gereklidir. ÖÜK’yı ve Merkezi Üretim Kontrolü’nü operasyonların kontrolünde birbirinden ayıran temel kontrol özellikleri sırasıyla, yerel/global bakış ve uyumlu/sıralı işlemedir. Üretim kontrol yeteneği; tepki zamanı (**İng: response time**), planlama imkanı ve tahmin doğruluğu ile nitelendirilmektedir. Bölünmüş özerk üretim kontrolünün (ÖÜK)temel kontrol özellikleri, yerel bakış ve uyumlu işlemedir. ÖÜK, kısa bir tepki zamanına sahiptir, daha dar bir planlama ufku karşılık yüksek bir tahmin doğruluğu söz konusudur. ÖÜK, daha önceki bir tarihte plan yapmaksızın termin tarihlerine cevap verebilmektedir. Çalışmada gerçekleştirilen atöyle benzetim sonuçları şunu göstermektedir; eğer iş yükü gerçekten çok yüksek seviyede değil ise, ÖÜK’nın dikkate aldığı gerçek-zamanlı tepki, kısa temin süresini gerçekleştirmede merkezi üretim kontrolünde olduğundan daha gereklidir.

ÖÜK, Merkezi Üretim Kontrolü ile karşılaştırıldığında daha başarılı görölmektedir. Ancak iş yükünün oldukça yüksek olduğu durumlarda, Merkezi Üretim Kontrolü ile elde edilen temin süresi, ÖÜK’da elde edilenden daha kısadır. Bunun sebebi, Merkezi Üretim Kontrolünün daha geniş bir planlama ufkunu göz önünde bulundurması ve daha fazla proses içi stoğu kontrol edebilmesidir. Bunun sonucu olarak, Merkezi Üretim Kontrolü, daha yüksek üretim etkinliği gerçekleştirebilmektedir. Diğer taraftan, tahmin edilen işleme süresi güvenilir değilde, ÖÜK temin süresi, Merkezi Üretim Kontrolünden daha kısa olmaktadır. Bunun sebebi, ÖÜK’ün, planlanan ve gerçekleşen işleme süreleri arasındaki farkı daha hassas karşılayabiliyor olmasıdır. Yüksek gerçekleşme kesinliği, kısa tepki süresi ile sağlanabilmektedir.

Sule (1991) GT ortamında geliştirdiği çalışmasında, imalat ortamında, tüm parçaların üretilmesine en küçük toplam maliyetle imkan veren; makine sayısını, bu makinelerin gruplarını ve gruplar arasında malzeme transfer miktarını belirlemek için geliştirilmiştir. Bu yaklaşım GT hücre oluşturma probleminin bir ileriki aşaması olarak değerlendirilebilir. Analizde kullanılan faktörler, makine kapasite gereksinimleri, her bir parça için malzeme taşıma maliyeti ve her bir makinenin makine maliyetleridir. Bu çalışma grup teknolojisi ve hücresel imalatla makine gruplamada üretim kapasitesinin etkisini incelemektedir ve Grup Teknolojisinde kapasite problemi için iyi bir başlangıç noktası oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Çalışmada ortaya konan ana fikir, makine gruplamada hücreler arası transferleri en küçükleyerek toplam maliyetleri en küçüklenemeyebileceğidir. Belki de hücreler arası daha fazla transferle oluşturulan bir yapı, toplamda daha az maliyet yükünü beraberinde getirebilmektedir.

Sun ve Yih (1996), üretim esnasındaki belirsizliği kontrol etmek ve çoklu performans amaçlarını karşılamak için, esnek bir çizelgeleme sistemini ele almıştır. Gerçekleştirdikleri çalışmada, sinir ağı tabanlı bir kontrol sistemi bir imalat hücresi için dinamik olarak farklı çizelgeleme stratejilerini adapte etmek için önerilmiştir. Önerilen kontrol sistemi bir ayarlama(düzeltilme) modülü ve herbir makine ve robot için birleşik ekipman kontrolünden oluşmaktadır. Bir karar noktasında, düzeltme modülü mevcut performans seviyeleri ve ihtiyaçlarına göre herbir performans ölçütü

için bağıntılı etkiyi belirleyecektir. Bir sinir ağı tarafından yürütülen ekipman seviyesi kontrolörü, bağıntılı önem seviyelerine ve durumuna dayanarak uygun gönderme kuralını seçecektir. Sinir ağının öğrenmesinin ne olduğunda ve kullanıcı spesifikasyonunun farklılığından ortaya çıkan problem ele alınmıştır. Benzetim sonuçlarından, önerilen yöntem bu problemi geri getirmektedir; öyleki kontrolör gerçek gereksinimlere daha yakın işlem yapabilir. Bunun yanında, çok amaçlı çevre ortamında kontrolörün performansı ve uygulanabilirliği benzetim çalışmaları boyunca araştırılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki, önerilen kontrolör çok amaçlı çevre ortamında yüksek performans göstermiştir ve üretim esnasında değişen amaçlara cevap vermede etkindir.

Bir imalat sistemi performansının ağırlıklı olarak kontrol stratejilerine bağlı olduğu iyi bilinmektedir. Ancak, böyle bir sistemin dinamik kontrolü, makineler, malzeme taşıma araçları ve proses içi stokların kompleks etkileşimi nedeniyle oldukça karmaşık olmaktadır. (O'Grady and Lee, 1988).

Bir hücre kontrolünü geliştirmek için, birçok araştırmacı bir uzman sistem benimsemişlerdir. Malesef iyi tasarlanmış kural tabanlı sistem kolaylıkla yapılandırılmamaktadır ve eğer çok sayıda kurala sahip ise ciddi bir hesapsal çabaya ihtiyaç duymaktadır. (O'Grady, 1987). Bu sebepten dolayı birkaç araştırmacı çizelgeleme probleminde ve kural seçiminde “yapay sinir ağlarını” kullanmayı denemiştir. (Foo ve Takefuji 1988).

Farklı üretim gereksinimlerini karşılamak için, bir hücre kontrol sistemi çok amaçlı bir ortamda iyi sonuç verebilir ve amaç değişkenliklerine hızlı reaksiyon gösterebilir. Sun ve Yih (1996) çalışmalarında, kontrolör tabanlı bir sinir ağı geliştirilmiştir ve çok amaçlı bir ortamda denemiştir. Değişen amaçlar karşısındaki uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Genelde, bir uzman kontrolör bir kontrol mekanizması ile karar verme sürecini birleştirmek zorundadır. (O'Grady ve Lee 1998, Davis 1992). Davis (1992)'ye göre her bir kontrol modülünün 4 ana fonksiyonu vardır. “Yargılama”, “Optimizasyon”, “Yürütme” ve “İzleme”. Buna göre önerilen mimaride, çizelgeleme problemleri

yargılama fonksiyonuna göre formulize edilir ve en iyileme fonksiyonuna göre çözülür. “Yürütme” fonksiyonu ikincil kontrollerle ilişkiyi sağlarken “izleme” fonksiyonu geri besleme bilgisini ileriki kontroller için “yargı” fonksiyonuna iletir. Bu kontrol mimarisinde, bir uzman kontrolün geliştirilmesinde genel kavramların çoğu dahil edilmiştir.

Bu araştırmada üzerinde çalışılan imalat hücresi, klasik U-tipi yerleşimden biraz daha farklı bir yapıdadır. Bu hücrede, 5 makine ve malzeme taşıma ekipmanı olarak bir robot yer almaktadır. Herbir makine, sınırlı kapasitede kendi girdi ve çıktı stok alanlarına sahiptir. Bunun yanında, sistemin kitlenmesini önlemek için geçici bir stok alanı mevcuttur.

Bir parça bu imalat hücresine ulaştığında, sistemde girdi stok alanında bekler ve taşıma için robotu talep eder. Bu parça seçildiği zaman, robot parçanın bulunduğu yere hareket eder, parçayı alır ve ilgili makinenin girdi stok alanına hareket eder. Proses planına göre makineleri gezen parça, hücreden ayrılacaktır ve birleşik performans özellikleri toplanacaktır.

Robot hücre içinde parçaların transferinden sorumludur. Bu anlamda robot, sistemde girdi stok alanında veya herbir makinenin çıktı stok alanında bekleyen adaylardan bir işi seçmek için belirlenmiş sıralama kurallarını izleyecektir. Robot aynı zamanda yalnızca sıralama kuralını izlemez, taşıma etkinliğini de göz önünde bulundurur. Örneğin, makine 1 'in girdi stok alanı dolu ise, makine 1 ile gönderme alanı olarak bu parçalar taşınmaz. Bunun yanında, bir makine bloke edilmişse, bloke durumu açmak için daha yüksek öncelik atanacaktır. Diğer bir deyişle, robot diğer parçalara göre bloke makinenin çıktı stok alanında yer alan parçalara öncelik verecektir.

Her bir makine, mevcut gönderme kuralına bağlı olarak girdi stok alanında bekleyen parçaları işleyecektir. Bir makine bir operasyonu bitirdiği zaman, operasyonu bitirilen parça çıktı stok alanına konacak ve sıradaki seçilebilecektir. Bir işi yapabilmek için gerekli operasyon süresi o işin operasyon zamanı ve ihtiyaç duyulan hazırlık zamanına bağlıdır. Bu çalışmada her bir operasyon için işleme zamanı, hazırlık zamanı parçanın bir önceki operasyon tipine bağlı iken, gönderme sırasında bağımsızdır.

Bu çalışmada 15 parça tipi mevcuttur. Çevrim zamanı, ortalama bekleme süresi, ortalama gecikme ve geciken iş oranı olmak üzere 4 ayrı performans ölçütü ile ilgilenilmiştir. Bu ölçütler bir parça sistemden ayrılmak için hazır olduğunda alınacaktır.

Bilindiği gibi kontrol stratejileri sistem performansını oldukça etkilemektedir. Bu çalışmada, spesifik olarak makineler ve robot için gönderme kuralları araştırılmıştır.

Sistem performansını değerlendirmek için, bir benzetim modeli geliştirilmiştir. Bütün benzetim periyodu her bir çalıştırma için 50.000 zaman birimidir. Robotun ilk 1.000 zaman biriminde işleri seçmesi için ve makineler için her benzetim çalıştırımında İlk Giren İlk Servis (FIFO) görür kuralı uygulanmıştır. Benzetim periyodu esnasında her bir performans seviyesi, farklı kontrol stratejileri altında sistem performansını değerlendirmek için kaydedilmiştir.

Özet olarak bu çalışmada, bir ayarlama modülü ve ekipman seviye kontrolünden oluşan kontrol tabanlı bir sinir ağı, bir imalat hücresinin çizelgelemesi ve kontrolü önerilmiştir. Ayarlama modülü, performans ölçütlerine dair önemi belirlemek için kullanıcı amaçlarını ve mevcut performans seviyelerini gözönünde bulundurmaktadır. Bu önem değerlerine ve mevcut makine durumuna göre bir sinir ağı ile yönetilen ekipman seviye kontrolörü uygun gönderme kuralını seçecektir ve işler sırasıyla sürece girecektir.

Öğrenme periyodu esnasında genelleştirme yeteneğini arttırmak için bir çapraz uygunluk metodu ağ seçmede kullanılmıştır. Kullanıcı nitelik farkından ve sinir ağının ne için eğitildiğindeki farklılıktan kaynaklanan problem ortaya konmuştur. Bu problemten kaynaklanan hataları azaltmak için bir yöntem önerilmiştir ve yöntemin doğruluğunu kanıtlamak için birkaç deney yapılmıştır. Ortaya çıkan benzetim sonuçlarına göre yöntem kontrolörün performansını arttırmada etkindir ve gereksinimleri karşılamada başarılıdır.

Önerilen kontrolörün performansını değerlendirmek için bir benzetim modeli yapılandırılmıştır. Spesifik olarak karşılaştırma için aşırı durumlar incelenmiştir.

Sonuçlar göstermektedir ki; kontrolör çok amaçlı ortamlarda iyi işlemektedir. Bunun yanında adaptasyon değerlendirmelerindeki sonuçlardan, kontrolörün değişen amaçlara çabuk cevap verebileceği anlaşılmaktadır. Makine bozulması gibi tahmin edilemeyen olaylar kontrol sistemimizin önünde bir kural-tabanlı sistem tarafından yerine getirilebilse de, bu tür durumlar bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu durumda ekipman seviye kontrolleri tarafından verilen kararlar daha doğru olabilir. Ancak, eğitim örnekleri araştırılan parça tiplerine ve performans ölçütlerine bağlı olacaktır. Sistem yeni bir parça tipini girdiğinde veya başka bir performans ölçütü yöneticilerin ilgisini çektiği durumda, ilişkili ağlar yitirilmemelidir. Sinir ağlarını eğitmek süreç dışı bir faaliyet olmasına rağmen, uygun eğitim parametreleri ve ağ yapıları bulmak zaman kaybıdır. Bu sebepten, performans ölçütleri ve parça tiplerindeki bağımlılığın nasıl giderileceği, eğitim çabasının nasıl azaltılacağı konuları gelecekteki çabalar olacaktır.

Edwards ve Diğ. (1993), takt süresini belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Takt, müşteri talebinin hızı ile eşleştirilen üretilmesi zorunlu bir birimin süresidir. Müşteri talebinden bağımsız olan makine çevrim süresinden ayırt edebilmek için “**Taiichi Ohno**” tarafından kullanılmıştır. Takt süresi, günlük işletim süresinin günlük müşteri ihtiyacına oranlanması ile hesaplanır. Günlük işletim süresi, bir gündeki mevcut toplam süreden, donanımın çalışmadığı sürenin (örneğin molalar, ekip toplantıları, temizlik süreleri, hazırlık süreleri vb.) çıkarılması ile elde edilir.

Takt süresi bir örnek ile şu şekilde açıklanabilir. Planlanan periyot esnasında günlük üretim 900 birimdir. Hücre iki vardiya çalıştırılacaktır. Bir vardiyadaki çalışma süresi, 480 dakikadan, 15 dakika ekip toplantısı, 20 dakika molalar, 10 dakika hazırlık çıkarıldığında, 435 dakikadır. İki vardiyada günlük çalışma süresi 870 dakika ettiğine göre,

$$\text{Takt süresi} = (870 \text{ dakika} \times 60 \text{ saniye}) / 900 = 58 \text{ saniye.}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Dikkat edilirse, mevcut günlük çalışma süresinden makine bozulmaları için bir süre çıkarılmamıştır. Burada donanım her istendiği zaman mevcut ve çalışabilir olduğu varsayımı söz konusudur. Eğer bu durum böyle değilse, bu makine bozulmaları ile ilgili geçmiş veriler oluşturulup elde edilen süre, günlük işletim süresinden, makine bozulmalarına izin verecek şekilde çıkarılmalıdır.

Scholl ve Klein (1999), gerçekleştirdikleri çalışma şu şekilde özetlenebilir. Geneksel olarak, montaj hatları düz bir hat üzerine kurulmaktadır. Bu tarz bir hattın tasarımı, hattın etkinliğini en büyüleyecek şekilde istasyonların gruplandırılmasına ihtiyaç gösterir. Bu noktada, bilinen ismiyle montaj hattı dengeleme problemi karşımıza çıkmaktadır. Ancak, imalat ortamında tam zamanında üretim sistemi felsefesinin benimsenmesi, geleneksel yapıya göre bir çok hatırı sayılır üstünlüğü bulunan U-tipi yerleşimin devreye girmesiyle, bu ortamda istasyonların düzenlenmesi kavramını gündeme getirmektedir.

Ele alınan çalışmada, yazarlar, farklı şekilleriyle U-tipi montaj hattı dengeleme problemini çözmek için, **ULINO** adı verilen dal-sınır tekniğini önermektedirler. Bunun için, bir dizi çözüm yöntemi önerilmektedir. Elde edilen deney sonuçlarına göre, önerilen yöntemler oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Bunun yanısıra, U-tipi montaj hattı yerleşiminin, geleneksel hat tipi yerleşime göre hat etkinliğini arttırdığı ifade edilmektedir.

Çalışmada ele alınan performans ölçütleri, çevrim süresi ve hedeflenen üretim hacmidir. Ortaya konan sonuçlara göre, geleneksel hat yerleşimine göre bir takım avantajları olan U-tipi son montaj hattının üretim esnekliği daha yüksektir. İş görenlerin motivasyonu ve ürünlerin kalitesi de bu kapsamda yükselmektedir. U-tipi montaj hattı yerleşimi, modern tam zamanında üretim sistemleri için iyi bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun ötesinde, daha düşük stok seviyeleri, daha kolay malzeme taşıma ve daha kolay üretim planlama fonksiyonu sağlayacağından, geleneksel atelye tipi üretim sistemlerine tercih edilebilir. (**Monden 1993, Miltenburg ve Wijngaard 1994**).

Pegden (), Tempo’da benzetim bazlı çizelgeleme konusunda oldukça önemli bir çalışma ortaya koymuştur. Pegden’e sonlu kapasite çizelgeleme (SKÇ), kısıtlı

kaynak kullanımı ile bir dizi iş için operasyon çizelgesi oluşturma sürecidir. Her bir iş, bir veya daha fazla operasyondan oluşmaktadır ve mevcut kaynakları kullanarak tanımlanan sıraya göre gerçekleştirilmelidir. SKÇ çoğu zaman “Gantt” diyagramına dayanılarak yapılmaktadır.

Yazar, bir çizelge oluşturmada iki farklı temel yaklaşımı açıklamıştır. Bunlardan ilki, sonlu kapasite çizelgeleme için basit ve yaygın olarak kullanılan bir zamanda iş yükleme (**İng: job at a time, JATT**) yaklaşımıdır. Bu metod, çizelge oluşturmada kullanılan basit ve patik bir yoldur. Kaynak-zaman boyutlu grafik yapısına işler sırasıyla tüm operasyonları yüklenmek şartı ile işlenir. İlk önce birinci işin tüm operasyonları işlendikleri makinelerin karşısına gelecek şekilde zaman eksenine oturtulur ve daha sonra ikinci iş tüm operasyonları ile grafiğe işlenir ve tüm işler bitinceye kadar ilgili zaman periyodu için iteratif bir şekilde girilir.

Çalışmada önerilen benzetim bazlı çizelgeleme (BBÇ), JAAT 'a göre daha etkin ve çok daha esnek bir çizelgeleme yaklaşımı olarak sunulmaktadır. BBÇ, JAAT çizelgecisinin göz önüne alamadığı bir çok çizelgeyi göz önünde bulundurmaktadır. Bu sebepten, teorik olarak BBÇ'nin daha iyi bir çizelgeleme tekniği olduğu ifade edilebilir.

Çalışmanın ana fikri özetle şu şekildedir. Sonlu kapasite sisteminde, üretim çizelgeleri yapılandırma, benzetim bazlı çizelgeleme, geleneksel yaklaşım olan JAAT'a göre daha esnek ve güçlü bir alternatif sunar. Yaklaşımın esnekliği, bir zamanda operasyon (**İng: operation at a time**) yükleme stratejisinden kaynaklanmaktadır. Esnekliği beraberinde getiren bir başka sebep ise, sisteme entegre edilen operasyon ve kaynak seçim kurallarıdır.

Tempo, temel JAAT fonksiyonlitesini, tam özellikli SB çizelgecisini de entegre ederek arttırmaktadır. SB çizelgecisi, hem standart hem de kullanıcı tanımlı operasyon ve kaynak seçim kurallarını desteklemektedir.

Gündoğar (1990), çalışmasında Yük Bazlı İmalat Kontrolü'ne ağırlıklı olarak değinmiş ve buna yönelik olarak benzetim yardımıyla bir uygulama projesi gerçekleştirmiştir. Çalışmada atölye tipi üretim için çizelgeleme ve kontrol

fonksiyonlarının farklı yaklaşımlarda kullanılabilecek şekilde modüler hale getirilmesi amaçlanmıştır. İmalat veri tabanı, imalat çizelgeleme ve imalat kontrol olmak üzere üç ana modülün bir araya gelmesiyle bir sistem oluşturulmuştur. İmalat kontrol modülü, öncelik kuralı esaslı MRP-II tekniği ile yük bazlı imalat kontrolü olarak adlandırılan atölye yüküne bağlı teknik için çalıştırılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında, traktör üretimi yapan gerçek bir sistem ele alınmıştır. Geliştirilen benzetim modeli için, ortalama iş akış süresi, gecikme süresi, iş hacmi, tezgah kullanım oranları ve toplam üretim miktarı gibi ölçütler performans ölçütü olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, atölye tip üretimde, çizelgeleme ve kontrol fonksiyonlarının modül ve alt modüller haline dönüştürülerek, imalat kontrol sisteminin daha iyi tasarlanabileceği ifade edilmiştir. Bunu yanısıra, çizelgeleme ve kontrol modülünün entegre bir üretim planlama ve kontrol sisteminde başarıya ulaşacağıdır. İhtiyaç planlama ve kapasite kontrol modülleri olmadan sistemin başarılı olması olasılığı son derece düşük olmaktadır.

Gung ve Steudel (1999), GT akış hattı iş hücrelerinde hazırlık sürelerinin belirlenmesi ve parti büyüklüklerinin azaltılmasına yönelik bir iş yükü dengeleme modeli geliştirmişlerdir. Gung ve Steudel 'e göre, hazırlık zamanları ve parti büyüklüğünün düşürülmesine yönelik yapılan çalışmalar imalat temin sürelerinin azaltılmasına ve proses içi stok seviyelerinin düşürülmesinde önemli rol oynayan ölçütlerdir. Buna rağmen, hazırlık zamanlarının ve parti büyüklüklerinin düşürülmesi bu gelişmeleri sağlamada her zaman birer kazanç olamayabilmektedir. İlave hazırlıklardan kaynaklanan artan iş yükü, sistem kapasite kısıtlarının aşılmasına sebep olabilmekte ve sistemde artan imalat temin süreleri ve yüksek proses içi stoklar doğuran değişkenlikleri yaratabilmektedir. Sezgisel bir model ile bütünleşik, bir **İş Yükü Dengeleme Modeli** ortaya konmuş ve bu model ile parti büyüklüğü azalmasının farklı seviyeleri için ihtiyaç duyulan hazırlık zamanı azaltma planının belirlenmesine çalışılmıştır. Model, temelinde Kısıtlar Teorisine (**İng: Theory of Constraints**) dayanmaktadır.

Goldratt (1990), tarafından ortaya konan, Kısıtlar Teorisi, son yıllarda üretimde sürekli gelişme süreci için bilinen bir kavram olmuştur. Bu yaklaşımda, sistem kısıtları, sistem hedeflerini gerçekleştirmede daha iyi bir performans sağlayabilmek amacıyla önceden tanımlanır. Sistem sınırları tanımlandığında, görünüşte karmaşık

olan sistem için basit çözümler keşfedilebilir. Bu çalışmada da, proses içi stok seviyesini azaltmak ve iş akış zamanını düşürmek için, bir akış hattı iş hücresinde parti büyüklüğü azaltma planı uygulamaya konmuştur. Eğer bir iş istasyonunun iş yükü gerçekten kapasitesinden daha yüksek seviyede olsa idi bu istasyondan karşılanması beklenen talep karşılanamayacaktı. Bu sebepten, hücre performansı kötüye gidecekti. Oldukça açıktır ki, hücre performansının gelişmesi, her bir iş istasyonunun sonlu üretim kapasitesi tarafından sınırlandırılmaktadır. İş yükü kapasitesinden daha fazla olan iş istasyonu, daha iyi performans elde etmede sistemi sınırlandıran bir kısıt haline gelmektedir. Kısıtlar tanımlandığından, sistem performans gelişmesine engelleyen iş istasyonları için hazırlık zamanlarını azaltmak gibi basit bir çözüm geliştirilebilir.

İş Yüğü Dengeleme Modeli, her bir iş istasyonunun ayrılan kapasite kısıtlarını karşılayacak şekilde iş istasyonu kapasitesini sınırlandıran ve akış hattını dengeleyen bir yapıdadır. Çalışmada, iş yükü dengeleme modeli tarafından belirlenen bir azaltma planının, hücreler sisteminin sürekliliğini sağlayacak ve sistem performansını geliştireceği gösterilmiştir. İş yükü dengeleme ve benzetim modellerinin birleştirilmesiyle, bir dişli imalat hücresinde en uygun azaltma planını seçecek bir genel yaklaşım örneklenmiştir.

Ramudhin ve Rochette (1991), üretim ortamının değişken olduğu bir elektronik parça üreticisinin montaj bölümünde, tam zamanında üretim sisteminin performansını değerlendirmişlerdir. Ortaya konan çalışmada, genel amaçlı bir benzetim modeli geliştirilmiş ve mevcut işleme koşulları altında bölümün günlük operasyonları işletilmiştir. Daha sonra problemin özel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak bir çekme esaslı üretim sistemi geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çekme bazlı üretim sistem yaklaşımı değişken üretim ortamında akış zamanının ve proses içi stokların azaltılması açısından daha etkin bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada değişken üretim ortamını oluşturan dengesizlik kaynakları; parti miktarları, işlem süreleri ve hazırlık süreleridir. Başka bir deyişle, söz konusu faktörlerde yüksek değişkenlikler bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamı ve elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

Çalışma, sipariş tipi üretime sahip, uydular, optik fiber sistemleri ve alarm sistemleri için elektronik ekipman imalatı ve montajı yapan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Siparişlere ait parti miktarlarında değişkenlik çok fazladır. Yoğun rekabet nedeniyle, satıcılar müşterilere daha kısa temin süreleri sözleri vermekte, bu olay da imalat bölümünün üzerinde aşırı bir baskı yaratmaktadır. Bu anlamda, üretimde başlanmış işlerin önceliklerinin daima değiştirilmesi söz konusu olmaktadır ve bu da üretim kontrolünü zorlaştırmaktadır. Zorlaşan üretim kontrolü ile birlikte üretim temin süresi değişkenliği artmakta ve aşırı proses içi stok oluşmaktadır. Firma, “temin süresini” ve “proses içi stoğu” azaltmak için, tüm atölyesine genişletmeden önce bir bölümü üzerinde Kanban yaklaşımını test etmeye karar vermiştir. Seçilen bölüm, otomatik ekleme bölümüdür. Otomatik ekleme bölümü, yedi makine hücresinden ibaret bir sipariş tipi atölye sistemidir. Hücrelerde çipler, rezistanslar ve diğer elektronik parçalar, baskılı devre levhasına (BDL) eklenmektedir. Çipler, DIP hücresi tarafından BDL üzerine eklenir, eksenel tipte eklemeler VCD ve AXIAL hücreleri tarafından yapılmakta, radyal tipte eklemeler ise, RADIAL hücresi tarafından gerçekleştirilmektedir. Hazırlık süreleri oldukça yüksek derecede sıraya bağımlıdır ve parti bölerek paralel işlemeye izin verilmemektedir.

Hammadde kısıtı olmadığı ve hazırlık ve işlem sürelerinin belli olduğu varsayımları ile, “gerçek itme sistemi” ve “çekme sistemi” için iki ayrı benzetim modeli geliştirilmiştir. Benzetim modelinde, malzeme taşıma süreleri ihmal edilmiş ve makinelerin önceden başka parçalar tarafından tahsisine izin verilmemiştir. İtme sistemi için, tüm makineler sonsuz kapasitede güven stok alanına sahiptir. Çekme sisteminde ise, her makine güven stok alanına sahiptir ve kapasitesi bir kritik düzeye sahiptir. Makine işi tamamladığı zaman, işin gideceği gelecek makinenin güven stok alanı aşılmayacaksa iş gelecek makineye gönderilir. İş tamamlayan makine, kendi stok alanının kritik düzey altına düşüp düşmediğini kontrol eder. Eğer altına düşmüşse, çekme listesini inceleyip sıra ile bir kısım işi diğer makinalardan talep eder. Kritik düzeyin üstünde ise, herhangi bir talepte bulunmaz. Ayrıca kendi güven stok alanında yeni bir iş varsa, bunun işlemine başlar. Gelecek makinenin güven stok alanı aşılmışsa, işi tamamlamış makine bloke edilir. Bu blokaj süresi, bloklayan iş için serbest bir güven stok alanı kapasitesi doğana kadar devam eder. Her iki modelde “Slam” de kodlanmış olup, elde edilen sonuçlara ilişkin özet bilgi aşağıda sunulmuştur.

- Çekme stratejisi akış süresindeki değişkenliği düşürmektedir.
- Çekme sistemi tarafından başarılan proses içi stok düşüşü %37'dir.
- İtme sistemi ile karşılaştırıldığında akış süresi %22,5 daha düşüktür.
- Elde edilen sonuçlara göre bu çalışma, çekme sistemli TZÜ uygulamasının, büyük işletim değişkenliklerine sahip üretim ortamlarında da faydalı olabileceğini göstermiştir.
- İstatistiksel testler tamamlanma süreleri arasında anlamlı bir fark olmadığına işaret etmektedir.

Gupta ve diğ. (1994), ortaya koydukları çalışmada, modern imalatta esnekliğin giderek artan bir önem kazandığını ifade etmişlerdir. Esnek İmalat Sistemleri (EİS) ve Tam Zamanında Üretime (TZÜ) olan artan ilgi paralelinde, hazırlık sürelerinin azaltılması, temin sürelerinin düşürülmesi ve işçilere daha geniş bir sorumluluk alanı verilmesi gibi konularında esneklik sözü edilen esneklik kavramı ile aynı yönde olduğu ifade edilmektedir. Yapılan çalışmanın amacı, EİS ve TZÜ sistemlerinin entegrasyonu ve buna yönelik potansiyel önemli noktaların açıklanmasıdır. Buna yönelik olarak bir sınıflandırmaya gidilmiş, üç ana başlık tespit edilerek ilgili kavramlar tartışılmıştır. Bunlardan ilki, bağımsız hücre seviyesinde teknik noktalardır. Bir diğeri, EİS ve TZÜ integrasyonunun organizasyonel yapıya olan etkilerini açıklayan organizasyonel noktalar ve son olarak sistem yönetim seviyesinde ekonomik noktalardır.

Karlsson ve Norr (1994) ise, Tam Zamanında Üretim Sistemi uygulamasının İsveç endüstrisinde imalatçı ve tedarikçi firmalar arasındaki ilişkilere olan etkilerini anlatmaktadırlar. Çalışmada araştırılan nokta, sistemin uygulanmasının imalatçı şirketlere gerçekten daha etkin iş sonuçlarını beraberinde getirip getirmediğini tartışmaktadır.

Natarajan ve Goyal (1993), tam zamanında üretim ortamında emniyet stokları adlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, Tam Zamanında Üretim uygulamasının üretimde ve satın almada daha küçük parti büyüklüklerine yol açtığı ancak bunun işletmelerde yok satma olasılığını arttırabileceğini ifade edilmektedir. Bu anlamda,

genellikle hala güvenlik stoklarının üretimde bir kurtarıcı rolü üstlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Parti büyüklükleri giderek azaltıldığından, kullanılan metodlara uygun güvenlik stoğunun tespit edilmesi önem kazanmaktadır. Ancak bu şekilde, kullanılan metodlar etkin hale gelebilecektir. Bu anlamda, güvenlik stokları ve parti büyüklükleri için model parametrelerinde duyarlılık analizleri göz önüne alınmalıdır.

Yapay zekaya dayanan teknikler üretim kontrolünde geniş uygulama alanı bulmaktadır. “Sinir Ağları” (Sim ve Teo, 1997), “Bulanık Sistemler” (Caprihan ve diğ., 1997, Shin ve Vishnupar, 1996), “Uzman Sistemler” (Adachi ve diğ., 1989) ve “Öğrenen Makineler” (Perez ve diğ., 1994, Irani ve diğ., 1993) spesifik üretim kontrol problemlerini çözmede kullanılmaktadır. Bu alandaki teknikler büyük bir hızla gelişirken, hangi tekniğin imalat sisteminiz için en uygun olduğunu belirlemek giderek daha zor hale gelmektedir. (Markham ve diğ., 2000)

Spedding ve diğ.(1997), gerçek zamanlı karar desteği için bir klavye montaj hücrelerinde uyumlu benzetim modeli geliştirmişlerdir.

Son yıllarda, imalat sistemlerinin kontrolü için gerçek zamanlı modeller giderek artan bir popülerite kazanmaktadır. **Rogers ve Flanagan (1991)**, gerçek zamanlı çizelgeleme için eş zamanlı bir benzetim sistemi geliştirmişlerdir. Eş zamanlı benzetim, bir esnek imalat sisteminde iş serbest bırakma ve sıralama için kullanılmıştır. **Rogers ve Flanagan (1991)**, **Harmonosky (1990)**, **Hormonosky ve Barrick (1988)** ve **Shires (1998)** çizelgeleme için eş zamanlı benzetim sistemlerinin uygulanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. **Gordon (1993)**, tarafından ortaya konan çalışmada ise, Dinamik Çizelgeleme kararlarına odaklanan ve imalat sistemlerinin kontrolünde gerçek zamanlı karar vermeyi bir araç olarak kullanan bir benzetim çalışması ele alınmıştır. **Manivannan ve Banks (1990)**, atelye kontrolünde gerçek zamanlı benzetim kullanımına yönelik bir uygulama çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bir yıl sonra, yine, **Manivannan ve Banks (1991)** bir imalat hücrelerinde eş zamanlı kontrol sistemi çalışmasını ortaya koymuşlardır. **Chang (1989)**, **Kornecki ve diğ. (1991)**, **Rogers ve Williams (1988)**, **Jain ve diğ. (1989)**, **Gaafar (1993)**, **Brandin (1992)** ve **Manivannan ve Banks (1992)** benzetimi eş zamanlı kontrol için kullanan diğer çalışmalara örneklerdir.

Spedding ve diğ. (1997) gerçekleştirdikleri çalışmada, eş zamanlı karar desteği için benzetimin bir araç olarak kullanılma olasılığını araştırmışlardır. Çalışma, benzetim modeline bir hücre kontrolü entegrasyonu ile ilgilidir. Hücre Kontrolörü ile benzetim modeli arasında bir köprü kurularak anlık veri transferi sağlanmıştır. Arena benzetim programında, prototip bir klavye montaj hücresi için, hücre kontrolörünün gelişimi test edilmiştir.

Framinan ve Diğ. (2000) çalışmalarında, stoğa üretim (**İng: Make to Order**) ortamında “CONWIP” tarafından kontrol edilen bir akış atölyesinde kullanılabilecek sıralama kuralları ve girdi kontrolü üzerinde odaklanmışlardır. CONWIP’in performansının diğer girdi kontrollerinin ve farklı sıralama kurallarının kullanılmasıyla arttırılabileceği gösterilmesine rağmen, “CONWIP” sistemi temelde tek kart-hesap kontrolüne ve FCFS sıralama kuralına dayanmaktadır.

Spearman (1990), tarafından geliştirilen CONWIP (**İng: Constant Work-In-Process**) Kanban’ın yararlarını daha geniş bir uygulama alanında paylaşan bir tekniktir. CONWIP ’de Kanban gibi proses içi stoğu kontrol etmek için kartları kullanır ancak kartlar hattın başında bir işe atanır ve ilgili iş en son istasyonda işlendiğinde, kart hattın başına gönderilir ve yeni bir işe atanır ve ancak bu aşamada yeni iş serbest bırakılır. Karşılığında kart olmayan bir işin sisteme girmesine hiç bir durumda izin verilmez. Ara stoklar, ilk gelen ilk servis görür (**İng: First Come First Service**) prensibi ile yönetilir.

Herer ve Masin (1997) ise, “CONWIP” sisteminin uygulamasında üç temel problemten söz etmektedir.

- Sistemde kaç tane kart kullanılmalıdır ?
- Sistemin davranışı nasıl tahmin edilecektir ?
- İşler nasıl çizelgelenecektir ?

Aslında, ilk iki soruya en yakın cevap **Hopp ve Spearman (1991)** ve **Spearman ve Zazanis (1992)** ’in çalışmalarında verilmiştir.

Framinan ve Diğ. (2000) çalışmalarında ortaya konan deneysel sonuçlara göre, her bir iş tipi için farklı kart sayıları daha dinamik ortamlar için önerilmektedir.

Spearman ve Zazanis (1992), ortaya koydukları çalışmada, itme, çekme ve CONWIP bazlı üretim sistemlerine yönelik derinlemesine bilgi vermektedir. Ayrıca çalışmada, itme sisteminden çekme sistemine geçilmesinin getireceği movitasyona yönelik ölçütler tartışılmakta ve çekme bazlı benzetim modellerinin kullanımına yönelik cesaret verici noktalar göze çarpmaktadır.

- Çekme sistemleri daha az karmaşıktır.
- Çekme sistemleri doğası gereği itme sistemlerine göre kontrol edilmesi daha kolay sistemlerdir, ancak kavramsal olarak modellenmesi daha zor olabilir.
- Çekme sistemleri proses içi stoğu sınırlandırmaktadır.

Dar-El ve Diğ. (1999), CONWIP üzerinde yoğunlaşarak, tüm üretim hattını dolaşan taşıyıcıların olduğu bir kapalı üretim kontrol sistemini ele almışlardır. Proses içi stok seviyesi ve çeşitli performans ölçütleri için tahminler geliştirmişlerdir. Geliştirilen tahminler darboğaz makine kavramına odaklanmaktadır. Geliştirilen model bilgisayar ortamında test edilmiş ve mevcut modellere göre performans sonuçları ortaya konmuştur.

Geliştirilen analitik model, akış zamanını ve makineler arası taşıma sürelerinin ortalamasını ve varyansını test etmeye yöneliktir. Benzetim deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, geliştirilen model akış zamanının ve makineler arası taşıma sürelerinin ortalamasını tahmin etmede çok kesin ve doğru sonuçlar verdiği söylenebilirken, bu ölçütlerin standart sapmasını tahmin etmede de başarılı olduğu söylenebilir. Çalışmanın başka bir dikkat çekici sonucu, analitik modellerin benzetim modellerinden daha hızlı olduğudur. Çalışmada model geliştirme esnasında işleme sürelerinin dağılımları sınırlandırılmadığından, makine duruşları işleme süreleri dağılımlarının içerisinde dikkate alınmıştır. Son olarak ortaya konan model, makine karakteristiklerinin performans ölçütlerini nasıl etkilediğine yönelik görüşler ortaya konmaktadır.

Hopp ve Roof (1998), “CONWIP” protokolüne dayanan çekme sistemini hedeflenen üretim potansiyeline ulaşacak şekilde, proses içi stok seviyelerini ayarlayan, bir

Uyumlu Üretim Kontrol Metodu (**İng: Adaptive Production Control Method**) geliştirmişlerdir. İstatistiksel Akış Kontrolü (İAK) olarak adlandırdıkları metod, proses içi stok seviyesini otomatik olarak ayarlayan ve gerçek zamanlı verileri kullanan bir yapıdadır. Bu sayede, dışarıda olabilecek değişkenliklere karşı model dinamik olarak cevap vermektedir. Benzetim yolu ile geliştirilen modelin dış ortamdaki değişkenliklere cevap vermedeki etkinliği test edilmiştir. Üretim ortamı tek ve çoklu ürün yapıları, basit akış hattı, ortak kaynak kullanımı ile rotalama ve montaj sistemlerini içermektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, İAK metodu basit fakat etkin olarak değerlendirilmiştir. Yöntem, proses içi stoğu ve çevrim sürelerini en küçüklerken istenilen üretim potansiyeline ulaşmayı sağlayacak CONWIP sistemindeki kart sayısını ayarlama başarılı olmuştur. Sistemin gerçek performansının istatistiksel sonuçlarına güvenilerek, metodun işleme süreleri dağılımından, duruşlardan ve yeniden işleme gibi faaliyetlerden bağımsız olduğu söylenebilir. Bu uygulama, basit tek ürünlü CONWIP hatları ve çok ürünlü CONWIP sistemleri ve montaj sistemleri için denenmiştir. Yöntemin, durağan ve değişen dış ortam koşullarında etkin olduğu ifade edilmektedir.

İAK'nin tüm çekme bazlı üretim sistemlerinde proses içi stok seviyesini ayarlama problemini çözmede pratik ve kolay uygulanabilir bir teknik olduğu ifade edilmektedir. Elbette, eğer çıktı seviyesi yetersizse proses içi stok seviyesi, bir başka deyişle kart sayısı arttırılmalıdır. Buna karşın, İAK yaklaşımının gücü, hedef çıktıdaki istatistiksel çarpıcı değişkenlikleri ortaya çıkarmasıdır.

İAK yöntemi, çekme sistemlerinin izlenmesini ve yönetimini kolaylaştırmaktadır. Aslında bu çalışmada yöntem, geniş ölçüde CONWIP sistemlerinde kullanılmış olsa da, çekme sistemlerinin diğer formları için deneyler yapılmasına ihtiyaç vardır. Spesifik olarak, İAK Kanban sistemine de uygun olabilir ancak Kanban sisteminde tespit edilecek bir çok kart sayısı bulunduğundan yapı buna göre iyi bir şekilde kurulmalıdır.

Üretebildiği kadar satma potansiyeli bulunan sistemlerde, Kanban üretim ve talebi dengeleme adına bitmiş ürün stok alanında bekleyebilir. Burada problem, verilen

çıktı oranına atanacak proses içi stoğu dengelemek değil, proses içi stoğu istenilen servis hızına yetiştirecek şekilde ayarlamaktır. Bu tarz bir imalat ortamında, yapının nasıl işlediğini ortaya koymak için ek çalışmalar yapılması gerektiği ifade edilmiştir.

Li ve Co (1991), Kanban sayılarını belirlemede dinamik programlama modelini kullanmışlardır. Yine bu kapsamda, **Moeeni ve Chang (1990)**, deterministik Kanban sistemleri için sezgisel bir model geliştirmişlerdir.

Bard ve Golany (1991), çok evreli bir üretim sisteminde çok ürünli iş istasyonlarının her biri için en iyi Kanban politikasını belirlemek için tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir.

Tan (2001), çekme kontrollü üretim sistemlerinin analizine yönelik olarak teorik bazlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Üretim oranı, proses içi stok seviyeleri ve hizmet seviyesi gibi ölçütler göz önünde bulundurarak; Kanban, CONWIP ve karma sistemli yapılar için kontrol politikalarının performans karşılaştırmaları yapılmış ve yapılara ait analitik modeller sunulmuştur.

Durmuşoğlu ve diğ. (2001), teknik plastik parça üreten bir sistemde değer akışı haritalandırma ve Kanban sistemi uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Uygulama bazlı bu çalışmada, teknik plastik parça üretimi yapan bir sistemde jant kapağı ürün ailesi için Kanban bazlı bir çekme sistemi ortaya konmuştur. Uygulama içi, israfları gösteren mevcut durum haritası ve buradan sistemi itmeden çekmeye yönlendirecek gelecek durum haritası hazırlanmıştır. “Sinyal Kanbanı” ve “CONWIP” yapıları tasarlanarak haritaya işlenmiştir. Uygulama sonunda, ele alınan sistemin henüz çekme sistemine hazır olmadığı ve sistemin aksamaya uğramaması için, haftalık talebe eşdeğer büyük parti miktarları ile çalışabilecek çekme sisteminin düşük risk taşıyacağı ifade edilmiştir.

Yan (1995), imalat sisteminde Kanban sayılarının belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yazar çalışmasında, makine duruşları, talep dalgalanmaları, değişen hazırlık süreleri, rassal nihai ürün miktarları gibi ölçütleri birçok modern imalat sistemlerinin en belirgin karakteristikleri arasında göstermiştir. Bu belirsizliklerin doğru kalitede, doğru yere, doğru ürün teslimini firmalar açısından

zorlaştırdığını ifade etmektedir. Çalışmada önerilen algoritmaların Kanban sayılarının belirlenmesinde iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir.

Stockton ve Lindley (1995), yüksek değişkenliklere sahip, düşük üretim hacimli imalat ortamlarında Kanban ile üretim kontrolüne yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kanban sinyallerini kullanarak malzeme hareketine imkan veren bu tarz bir imalat ortamında, süreç sıralı hücre tasarımları önerilmiştir.

Markham ve diğ. (2000), Tam Zamanında Üretim Sisteminde gezen Kanban kart sayısının belirlenmesinin önemine işaret etmektedirler. Bu konuda bir dizi teknik gelişmeye devam ederken, bu çalışmada, “Yapay Sinir Ağları” ve “Sınıflandırma ve Karar Ağaçları” kullanımı ele alınmıştır. Ortaya konan çalışmada, değişken üretim ortamında Kanban sayısının belirlenmesine yönelik bu iki yöntemin bir karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, her iki teknik de doğruluk ve tepki hızı açısından başarılıdır, ancak karar ağacı tekniği gelişme hızı ve açıklanabilirlik açısından avantaja sahiptir. Karar Ağacı Tekniği tipik olarak Yapay Sinir Ağlarına göre daha küçük bir veri kümesiyle işleyebilmektedir.

Yalın Üretimin sadece Toyota Üretim Sistemi olmadığını ifade eden **Burcher ve diğ. (1996)**, bu felsefenin imalata uygulanabileceğini ancak bu felsefeyi gerçekleştirmede kullanılan araçların içinde bulunulan şartlara duyarlı bir davranış biçimiyle uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Tekrarlı parti imalatçıları için “Kanban yaklaşımı” uygun olmayabilir. Toyota kendisi de imalatta Kanban sistemini kullanmamış, yüksek teknolojiye sahip üretim hatlarında imalatını gerçekleştirmiştir. Tekrarlı imalatçıları için uygun olan, teknoloji ve metodoloji kullanımına yönelik yeniliklerin cesaretlendirilmesidir. Yalın Üretim, organizasyonel yapıyı, sistematik eğitim-öğretimi ve Japon imalat prensiplerini kullanımını göz önünde bulundurur. Sözü geçen Japon imalat prensipleri şunlardır; Sistem tasarımı, tedarikçi entegrasyonu, sürekli gelişme için takım çalışması, esnek ve basit sistemler, detaylara odaklanma, stokların azaltılması, parti büyüklüğünün azaltılmasını sağlamak için hazırlık sürelerinin azaltılması, dar boğazların sistematik olarak elemine edilmesi, toplam kalite, beklenmeyen makine duruşlarını engellemek için önleyici bakım ve değer yaratmayan aktivitelerin ortadan kaldırılması prensiplerini içerir. **Burcher ve diğ. (1996)**, tarafından ortaya konan çalışma, tekrarlı parti tipi

imalat sistemine sahip şirketler için yalın üretim prensiplerini bütün yönleriyle uyum sağlayabilmelerine yardımcı olacak bir metodoloji önermektedir. Bu metodoloji, dar boğazların tespit edilmesi ve ortadan kaldırılması ile sıra bağımlı hazırlıkların etkisini göz önünde bulunduran, uygun parti büyüklüklerini ayarlamaya yönelik olarak stokların azaltılmasına odaklanmaktadır.

Kaku ve Krajewski (1995), Grup Teknolojisi 'nde Periyodik Parti Kontrolü'nü (PPK) ele alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yazarlara göre, Grup Teknolojisi şirketlere düşük hazırlık süreleri ve temin süreleri yanısıra, düşük parti büyüklükleri ve üretim planlama ve kontrolde bir çok kolaylık sunmaktadır. Literatürde PPK, Grup Teknolojisi üretim ortamında, çevrim süresine seçimine dayanan basit bir üretim planlama ve kontrol tekniği olarak önerilmektedir. Buna karşın literatürde, en uygun çevrim uzunluğunun tespit edilmesine yönelik referans bir çalışma yer almamaktadır. Ele alınan çalışmada, çevrim süresinin seçiminin analizine yönelik bir maliyet en küçükleme modeli geliştirilmiş ve dört ayrı veri kümesi için uygulamada kullanımı gösterilmiştir. Hücre tasarımının kendisi toplam stoğu ve fazla mesai ihtiyacını doğrudan etkilemektedir, maliyet modelinde bu ölçütler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, talebin belirsizlik derecesi PPK sistemi tasarımında oldukça önemli bir faktördür ve çevrim uzunluğu standart sapmayı dramatik bir şekilde arttırmaktadır.

Wemmerlöv ve Johnson (1997), 46 firmada 126 farklı üretim hücresi için bir araştırma çalışması ortaya koymuşlar ve hücresele imalat sistemini kullanan bu firmalara yönelik verileri yayınladıkları makalelerinde özetlemişlerdir. Uygulamaya yönelik sonuçların ortaya konduğu çalışmada, işletmelere neden imalat hücrelerini tercih ediyorsunuz? Sorusu sorulmuş ve buna cevap olarak en çok sırasıyla; “akış zamanını azalttığı için”, “proses içi stoğu düşürdüğü için”, “parça ya da ürün kalitesini arttırdığı için” ve “müşteri siparişleri karşılama süresini düşürdüğü için” cevapları alınmıştır. Hücresele imalatla birlikte gerçekleştirilen iyileştirmelerde ise, sırasıyla “taşıma mesafelerinin ve zamanlarının azaltılması”, “akış zamanının azaltılması”, “müşteri siparişleri karşılama süresini düşürülmesi”, “proses içi stoğun azaltılması” ve “hazırlık sürelerinin düşürülmesi” en çok verilen cevaplar arasında yer almaktadır.

Steele ve diğ. (1995) çok hücreli imalat sistemlerinin planlanması ve kontrolüne yönelik bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışmada, akış hücrelerini ve montajı kapsayan çok hücreli bir imalat sisteminin planlanmasında ve kontrolünde, Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP), Kanban ve Periyodik Parti Kontrolü (PPK) alternatif yaklaşımlar olarak değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, sistem seçiminde üretim ortamı en önemli faktördür. Ana Üretim Çizelgesi (AÜÇ) üretim hacmi değişkenliği, AÜÇ ürün çeşidi değişkenliği ve hazırlık süreleri/parti büyüklükleri sistem seçimini temel olarak etkileyen üç operasyonel faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Kanban'a yönelik bir avantaj öne çıkmamakla birlikte, Tam Zamanında Üretim (TZÜ) koşullarında tüm sistemler iyi sonuç vermiştir. Düşük hazırlık süresi/parti büyüklüğüne rağmen, AÜÇ değişkenliğinin yüksek olduğu karmaşık koşullar altında Periyodik Parti Kontrolü Kanban ve MRP'ye çok daha başarılı bir performans göstermiştir. TZÜ koşullarının sağlanmadığı bir ortamda ise, MRP gözle görülür bir başarı göstermiştir. Sonuç olarak, çalışmada ifade edilen şudur; düşük parti büyüklüklerine izin verdiği sürece , AÜÇ değişkenliği yüksek olsa dahi "Kanban" en etkin yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Miltenburg (1997), Tam Zamanında Üretim (TZÜ), Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) ve Kısıtlar Teorisi (TOC) yaklaşımlarını karşılaştıran ve MRP'ye TOC'u entegre etmeye yönelik bir çalışma ortaya koymuştur. Yazara göre, üretim sistemlerinin planlama ve kontrolünde MRP'nin yerini JIT ve TOC almaya başlamıştır. Aslında JIT ve TOC, MRP'nin bir çok elementini paylaştığından ve MRP de kendisi esnek bir yapıda olduğundan MRP'yi, JIT ve TOC gibi davranır hale getirmek zor olmayacaktır. Sonuç olarak, imalat şirketleri JIT ve TOC 'u sistemlerine entegre etmek içi MRP'yi parçalamak zorunda değildir. Çalışmada, TOC'un MRP'ye nasıl entegre edileceğine yönelik beş adımlı teknik bir yaklaşım ortaya konmuş ve bir mikro elektronik üretim tesisinde örnek bir uygulama ile açıklanmıştır. Değerlendirilen performans ölçütleri; çıktı ortalaması ve değişkenliği, stok seviyesi ve üretim hattının çevrim süresidir.

Steele ve Malhotra (1997) ise ortaya koydukları çalışmalarında, hücreli imalat Periyodik Parti Kontrolü (PPK) sistemlerinin performansını etkileyen faktörlerin

araştırmışlardır. Sonuçlar, talep değişkenliği, hücreler arası dengelenmemiş kapasite farklılığı ve gezen parti büyüklükleri sistem performansını etkilemektedir. Hücreler arası dengelenmemiş kapasite farklılığı ve talep değişkenliği beklendiği gibi sistem performansını düşürmektedir. PPK'da ele alınan periyod büyüklüğü ise, stok performansının ve müşteri hizmet seviyesinin belirleyicisi olmaktadır. Periyod büyüklüğü kapasite kullanımını arttırmakta ancak buna karşın temin süresini ve stokları azaltmaktadır.

Çekme Sistemlerinin Kontrol Politikalarına Yönelik Olarak; Genelleştirilmiş Kanban Kontrol Sistemlerinin Tasarımı **Frein ve Diğ. (1995)**, Tam Zamanında Üretim Parti İmalatı İçin Bir Planlama Modeli **Houghton ve Portougal (1995)**, Kısıtlar Teorisi Felsefesi ve Uygulamaları **Rahman (1998)**, Benzetim Modelleri Kullanılarak İmalat Senkronizasyonu **Rodrigues ve Mackness (1998)**, Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Emniyet Stoğu Mekanizmaları **Olhager (1995)**, Tam Zamanında Üretim ve Toplam Kalite Yönetimi Entegrasyonu **Vuppalapati ve Diğ. (1995)**, Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Eş Zamanlı Sipariş Verme **Takahashi ve Diğ. (1997)**, Kanban Sistemlerinde Sistem Zamanlarının En Küçüklenmesi ve Çıktı Oranlarının En Büyüklenmesi **Andijani (1997)**, Tam Zamanında Üretim ve Bir Olasılık Modeli **Funk (1995)**, Tam Zamanında Üretim Ortamında Merkezi Olmayan Stok Sisteminin Uygulaması ve Kullanımı **Sargent ve Kay (1995)**, İmalat Hücrelerinin Kontrolü **Ravindranath ve Ebeling (1992)**, Bir Bilgisayar Destekli İmalat Kontrol Sisteminde Planlama ve Kontrol İçin Bir Algoritma **Lung ve Love (1991)**, Hücresel Üretimin Uygulanmasıyla Üretim Planlama ve Kontrol Sistemlerindeki Değişiklikler **Olorunniwo (1996)**, Bir Geleneksel İş Atölyesi ve Esnek İmalat Hücresinden Oluşan Karma İmalat Sisteminde Ürün Karmaşı Tahsisi **Lee ve Kim (1996)** ve Esnek İmalat Hücrelerinin Kontrolüne Yönelik Bir İmalat Metodolojisi **Lauzon ve diğ. (1997)** çalışmaları örnek olarak gösterilebilir.

3.2 Hücre Tasarımı Ve Çizelgelemeye Yönelik Yayınlar

Frazier (1996) çalışmasında, bir şirketin hücresel imalatı uygulama ve buna yönelik olarak hücre yapısını kurmaya başladığında aslında hücre içerisinde parçaların nasıl çizelgeneceğine yönelik operasyonel bir problemin ortaya çıkmış olduğunu ifade

etmektedir. Frazier'e göre, hücresel imalat ortamında çizelgeleme kurallarını araştıran ve yeni yaklaşımlar ortaya koyan bir çok çalışma vardır. Ancak, uygulamada kullanılacak en iyi çizelgeleme kuralının hangisi olduğuna yönelik bir ortak görüş bulunmamakta ya da bu çok sınırlı kalmaktadır. Çalışmasında, bir akış hattı imalat hücresi için mevcut çalışmalar içerisinde en iyi çizelgeleme kurallarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Yaptığı çalışmada 6 makine akış-hattı hücresinin benzetimini yaparak 14 çizelgeleme yöntemini değerlendirmiştir.

Vemmerlöv ve Vakharia (1991) 'nın ortaya koyduğu çalışma özetle şu şekildedir. Bir çok çizelgeleme yöntemi hazırlık zamanlarını dikkate almaz veya bu zamanları işleme zamanlarının bir parçası olarak kabul eder. Mamafî, pratikte, benzer işler iş değişim zamanından kaçınmak için birleştirilmektedir. Çizelgelemede, resmi olmayan parça ailelerinin bu kullanımı, Grup Teknolojisi filozofisinin bir uygulamasıdır. Daha uzman bir kullanım, formal parça aileleri oluşturmak içindir yani çizelgeleme sürecinde parça ailelerini açıkça dikkate alan ve bu ailelere, yeniden ekipman düzenlemesi olmaksızın, makine kümeleri atayan bir yapı oluşturulmasıdır. Son GT uygulaması imalat hücrelerini oluşturmak içindir. Bir parça grubu formal parça ailelerine göre sınıflandırıldığında, aile çizelgelemesi uygulanabilir olmaktadır. Bu çalışmada, parça ailesi üyeliği hakkındaki bilgiyi kendi yapısına dahil eden bir aile çizelgeleme yöntemi ele alınmıştır. Yöntem, aynı ailelerden işleri birleştirerek hazırlık zamanlarını elemine eden çözümler üretir.

Bir akış hattı hücresi, parça ailesi ilişkilerinden habersiz iş çizelgeleme kuralları arasındaki farklar, bir gecikme ilişkili ölçüt ve akış zamanı ile ilgili aile çizelgeleme kurallarının performansını araştırmak için ele alınmıştır. Bu makalede, akış atölyesi ve parça ailesi çizelgelemesi ile ilgili önceki araştırma özetlenmiş ve daha sonra benzetim modeli ve deneysel tasarım ele alınmıştır. Yedi araştırma sorusu tanımlanmış, veri analizi ve sonuçlar tartışılmıştır. Çalışma bulguların bir özeti ile son bulmaktadır.

Akış atölyelerindeki araştırma, bir iş kümesi için yapım süresi minimizasyonu tek bir amaç edinen statik çizelgeleme yöntemleri üzerinde konsantre olmuştur. Bu yöntemlerin çoğu tekrarlı çizelgeler oluştururlar. En iyi yöntemler iki makine için Jonhson, çoklu evreler için **Ignall ve Schrage** tarafından geliştirilmiştir.

Benzetim modeline yönelik özet bilgi ise şu şekildedir. Her bir istasyon sürekli mevcut olan tek bir makineye sahiptir. İşler hücreye izin verilen eşit miktardaki parti büyüklükleri ile evreler arası taşınır. İşler Poisson sürecine göre ilerler. Bu zamanda aile üyeliği, aile içi iş tipi, iş süreci ve aile hazırlık zamanları seçim olasılıklarını ve ilk başta oluşturulan veri kümelerini kullanarak atanmaktadır.

Bir aile hazırlığı, bir istasyonu benzer parçaların bir grubunu imal etmek için hazırlar. Bu hazırlıkların büyüklüğü aile sırasından bağımsızdır. Tek bir iş için hazırlık zamanları (parça yükleme-sökme ve aile hazırlığına yönelik küçük ayarlamalar) iş süreç zamanlarının içindedir ve sıra bağımsız olarak kabul edilmektedir.

Benzetim modelinde 5 evreli kusursuz bir akış hattı hücresi sonsuz stok alanı içerecek şekilde deneylerde kullanılmış ve buna yönelik sonuçlar ortaya konmuştur.

Hücreli imalat sistemlerinde çizelgeleme üzerine bir çok çalışma yer almakta olup, bu çalışmada fikir vermesi açısından değerlendirilen çalışmalar şu şekildedir;

SHARADAPRIYADARSHINI ve RAJENDRAN (1996), JEONG ve KIM (1998), MAHMOODI ve diğ. (1992), MITCHELL ve SPURGEON (1991), WEMMERLÖV ve VAKHARIA (1993), SRIDHAR ve RAJENDRAN (1994), RAJENDRAN (1994), MAHMOODI ve diğ. (1996), SRIDHAR ve RAJENDRAN (1993), RAJENDRAN (1993), MORRIS ve TERSINE (1989), MAHMOODI ve DOOLEY (1991), HUTCHISON (1991), LIU ve MACCARTHY (1996), KANNAN (1996), MAHMOODI ve MARTIN (1997), AGNETIS ve diğ. (1996), AGNETIS ve diğ. (1996), ROSSI ve diğ. (1996), KING ve diğ. (1993), KANNAN ve LYMAN (1994), MAHMOOD ve diğ. (1992).

Göze çarpan diğer çalışmalar ise, **WU ve WYSK (1989), O'KEEFE ve RAO (1992), THESEN ve LEI (1990), SHAW (1989), LIANG (1992), CHRYSSOLOURIS (1991), TALAVAGE ve SHODHAN (1992), HARMONOSKY ve ROBOHN (1991), CHUDA ve MIZE (1994), KIM (1994), VAITHIANATHAN ve McROBERTS (1982), MOISER ve diğ. (1984), FLYNN (1987), MAHMOODI ve diğ. (1990) ve WEMMERLÖV (1989).**

Hücreli imalat sistemlerinin tasarımına yönelik referans çalışmalardan bazıları ise şunlardır; MILTENBURG ve ZHANG (1991), MCAULEY (1972), SEIFODDINI ve WOLFE (1986), KING (1980), KING ve NAKORNCHAI (1982), CHANDRASEKHARAN ve RAJAGOPALAN (1986 a-b), Mc CORMICK ve diğ. (1972), LIAO (1994), GUPTA (1993), NAGİ ve diğ. (1990), HARHALAKIS ve diğ. (1990), CHUNG ve KUSIAK (1994), CHOI (1996), WAGHODEKAR ve SAHU (1984), CHANDRASEKHARAN ve RAJAGOPALAN (1987), SEIFODDINI (1989), BOCTOR (1991), SRINIVASAN ve NARENDHAN (1991), CARPENTER ve diğ. (1991), SURESH ve KAPARTHI (1994), GU (1993) ve VENUGOPAL ve NARENDHAN (1994)

Bu tez çalışması kapsamında, Tam Zamanında Üretim, Grup Teknolojisi ve Hücre Yönetimine yönelik çok sayıda makale ve çalışma ele alınmış ve incelenmiştir. Farklı yöntem, teknik ya da yaklaşımlar kullanan tüm bu çalışmalardan tamamı olmamakla birlikte başlıcaları göz önünde bulundurularak Tablo 3.1’de görülen analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar, ele alınan “Kontrol Politikası”, kullanılan “Kontrol Aracı” ya da Sistemi, “Analiz Yöntemi” ve “Uygulama” içerip içermediğine yönelik olarak analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Tez çalışmasında çok daha fazla sayıda yayın incelenmesine rağmen, Yayın Taraması Analizi’ne belli başlı 18 yayın dahil edilmiştir. Aşağıdaki tablo “0-1 Matris” değerlendirmesi mantığında yapılandırılmıştır. “1” ilgili çalışmanın ilgili ölçütü sağladığı anlamına gelmektedir. Kontrol politikasında “karma” yapı var ise, (hem itme hem de çekme sistemleri kullanılmış ise), yatay toplamlara “1” puan fazla verilmiştir. Kapsamı kısıtlı da olsa yapılan analiz sonucunda, aşağıdaki yorumları yapmak mümkündür.

Tablo 6.1 Yayın Taraması Analizi

İncelenen Yayın	Kontrol Politikası			Kontrol Aracı/Sistemi						Analiz Yöntemi		Uygulama	Toplam
	İtme	Çekme	Karma	Kanban	CONWIP	MRP	PBC	LOMC	Diğer (Dal-Sını, TOC vb.)	Benzetim	Diğer (Analitik vb.)		
Bechte (1988)	1							1		1			3
Burbidge (1988)		1					1				1		3
Dar-El ve Diğ. (1999)		1			1					1			3
Durmuşoğlu ve diğ. (2000)			1	1	1						1	1	6
Frailman ve diğ. (2000)		1			1					1			3
Gupta ve diğ. (1999)		1		1							1		3
Gündoğar (1990)	1					1		1		1		1	5
Hopp ve Roof (1998)		1			1					1			3
Kaku ve Krajewski (1995)	1						1				1		3
Marek ve diğ. (2001)		1		1	1					1			4
Miltenburg (1997)			1			1				1	1	1	6
Rahmudin ve Rochette, (1991)			1	1						1		1	5
Scholl ve Klein (1999)			1							1	1		4
Spearman ve Zazanis (1992)			1		1					1			4
Steele ve diğ. (1995)			1	1		1	1				1		6
Steele ve Malhotra (1997)		1					1				1		3
Tan (2001)			1	1	1					1	1		6
Wendahl (1995)	1							1			1		3
Toplam	4	7	7	6	7	3	4	3	2	10	9	4	

LOMC : İş Yüklü Bazlı İmalat Kontrolü (İng: Load Oriented Manufacturing Control)
PBC : Periyodik Parti Kontrolü (İng: Period Batch Control)
TOC : Kısıtlar Teorisi (İng: Theory of Constraints)

Elbette bu yorumların tüm literatürü temsil etmede yetersiz kalacaktır, zira, matrise dahil edilen örnek büyüklüğü sınırlıdır.

- Toplam yayınlar içerisinde “Uygulama” içeren çok az sayıda yayın olduğu,
- Çalışmaların büyük bölümünün “sadece itme” ya da “sadece çekme” sistemlerine yönelik çalışmalar olduğu,
- İş yükü Bazlı İmalat Kontrolünün sadece itme sistemi ile analizinin yapıldığı ve bu sistemin Çekme sistemi birlikte kullanan yayın olmadığı,
- Birbirinden farklı çok sayıda kontrol aracını/sistemini kullanan ve bunları geniş bir performans değerlendirme ölçütleri yelpazesi doğrultusunda karşılaştıran az sayıda yayın olduğu ifade edilebilir.

Öyleyse gerçekleştirilecek tez çalışmamız en azından,

- “İtme” ve “Çekme Sistemlerini” aynı anda bünyesinde barındırmalı, hangisinin hangi şartlar altında daha etkin olduğuna yönelik sonuçları tartışmalı, gerekli noktalarda performans etkinliği için karma yapılar göz önüne alınabilmeli ve benzetim kullanılmasının getirdiği hız ile farklı senaryolar test edilmelidir. Teorik bazlı bir metodoloji ortaya konmalı ve bir “Uygulama” ile sınanmalıdır.

Bu düşünceler paralelinde, çekme sistemi ile İş Yüklü Bazlı İmalat Kontrolü’nün birlikte kullanılmasının da etkisiyle, literatüre zenginlik katılacağı düşünülmüştür.

BÖLÜM 4

METODOLOJİ OLUŞTURMA

Bu bölümde, öncelikle **Geleneksel Üretim Yönetim Yaklaşımında** iş ve bilgi akışına yönelik yapı anlatılmıştır. Daha sonra Grup Teknolojisi üretim sisteminin yönetimine yönelik, geliştirilen **Alternatif Senaryolar** akışlarla açıklanmış ve bu senaryolar içerisinde **Önerilen Metodoloji** hakkında bilgi verilmiştir. Son kısımda ise, bir aşama daha ileriye gidilerek, idealde bir **Yalın Üretim Yönetim** sürecinin nasıl olması gerektiğine yönelik fikirler özetlenmiştir. Özetle, geleneksel üretim yönetim yaklaşımı, geliştirilen senaryolar ve bir grup teknolojisi üretim hücresinin idealde olması gereken yapıya yönelik fikirler ortaya konmuş ve karşılaştırma imkanı sunulmuştur.

4.1 Geleneksel Üretim Yönetim Yaklaşımı

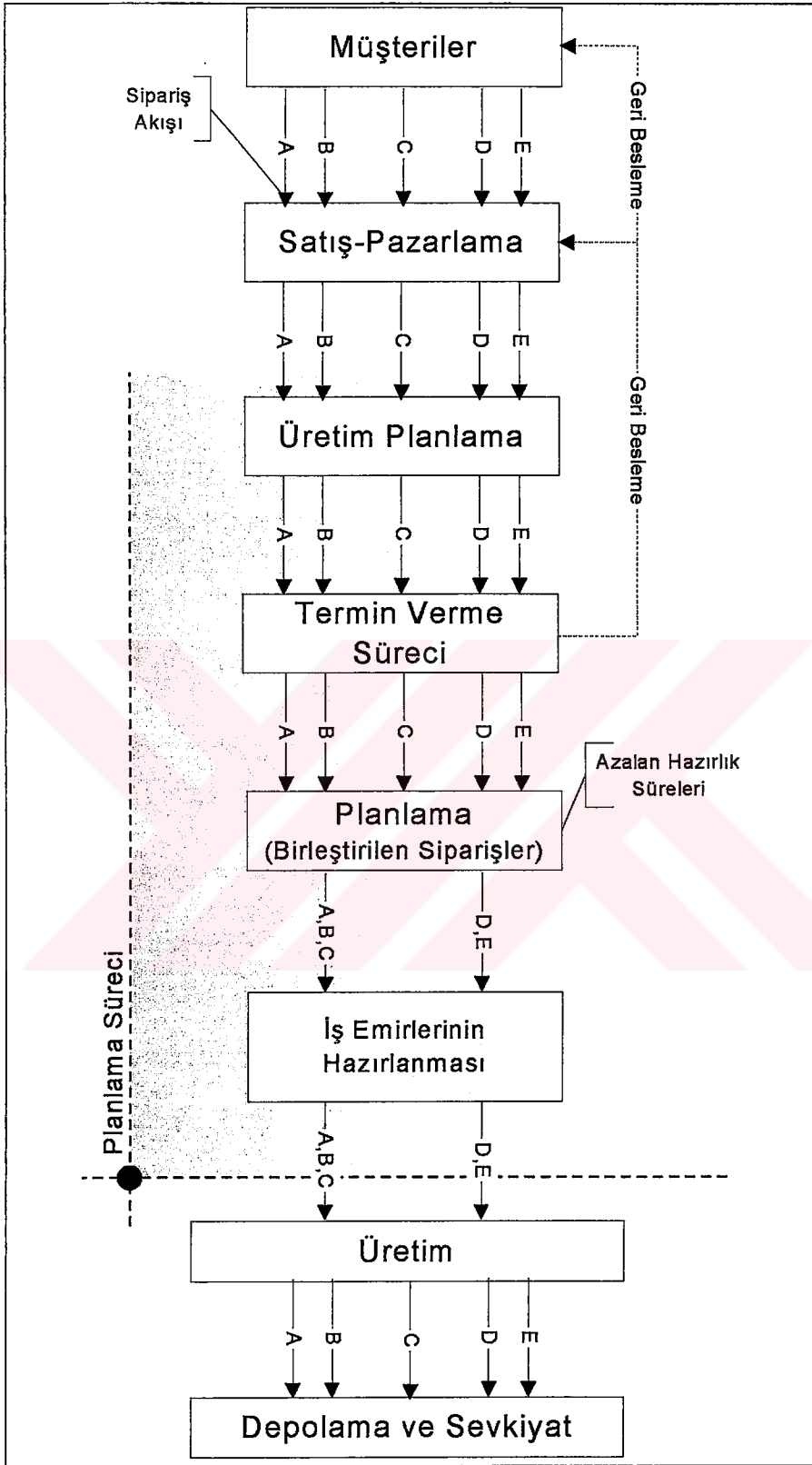
Sipariş tipi üretim (İng: make to order) yapan imalat sistemlerinin büyük bölümünde, geleneksel üretim yönetim yaklaşımı uygulanmaktadır. Temel fonksiyonel birimlere sahip bir işletmede, müşteri siparişleri doğrudan Satış-Pazarlama Bölümü 'ne iletilir. Bu birimde sipariş formuna işlenen veya sisteme girilen ürün sipariş bilgileri, Üretim Planlama Bölümü 'ne aktarılır. Bu birimde ise, siparişe ait ürünleri üretmek için gerekli olan kaynakların ihtiyacı belirlenir, işletme stokları dikkate alınarak ilgili malzemelerin tedariki Satın Alma Bölümü aracılığı ile sağlanır. Siparişin teslim süresi müşteri tarafından belirlenmişse, kapasite kısıtları göz önünde bulundularak siparişe ait parçaların istenilen sürede sevke hazır hale getirilip getirilemeyeceği kontrol edilir. Termin müşteri tarafından verilmemiş ise, iş yükü ve kapasite dikkate alınarak, üretim ihtiyaçları tespit edilir ve siparişe ait termin verilir. Ender olarak

çizelgeleme teknikleri kullanılarak üretimin nabızı tutulmaya ve kontrol altına alınmaya çalışılır. Klasik sistem olarak da adlandırılabilen bu tarz bir imalat sisteminde, üretim kaynaklarının etkin kullanımı esastır. (Şekil 4.1)

Üretim destek bölümlerinde görülen bu fonksiyonel yapılanma, üretime de yansımakta, Bölüm 1’de şekillerle açıklandığı gibi, atelye yerleşim düzeninde de fonksiyonel yapılanma tercih edilmektedir. Fonksiyonel yerleşim düzeninde, hızlı ve yüksek teknolojiye sahip pahalı makineler tercih edilmektedir. Böyle bir yatırım stratejisi çerçevesinde, doğal olarak, makine kullanım oranlarının yüksek olması istenir. Sistemin en önemli sakıncalarından biri olarak sayılabilecek uzun hazırlık süreleri düşük esneklik anlamına gelmektedir.

Uzun hazırlık sürelerinden kaçınmak için benzer imalat işlem özelliklerine sahip parçalar birlikte üretilmek istenir ve bu doğrultuda siparişlerde birleştirme yoluna gidilir. Bu yaklaşımla, bir planlama periyodu için, hazırlık sürelerine daha az zaman ayırmak mümkün olurken, genellikle termin tarihi uzak olan siparişe ait parça üretimi kaçınılmazdır. Termini gelmiş olan siparişe ait bir parça, acil olmayan bir başka parçayı beklerken, müşteri memnuniyeti ikinci plana itilmiş olmaktadır.

Siparişlere ait termin tarihlerini kapasite kısıtlarını göz önünde bulundurarak tespit eden Üretim Planlama Bölümü, Satış Bölümü’ne geri dönüşte bulunur. Siparişlere ait parça bilgileri iş emirleri açılarak Üretim Bölümü’ne iletilir. Üretim **itme sistemi** prensibine göre yapılır. Mevcut planlama periyodunda yeni sipariş girişi olursa, yeni işler çoğu zaman atelye yük kontrolü yapılmaksızın üretime iş emri ile aktarılır. Bazı imalat sistemlerinde sipariş gelen parçaların üretim kapasiteni doldurmadığı zamanlarda stoka üretim de (**İng: make to stock**) yapılabilmektedir.



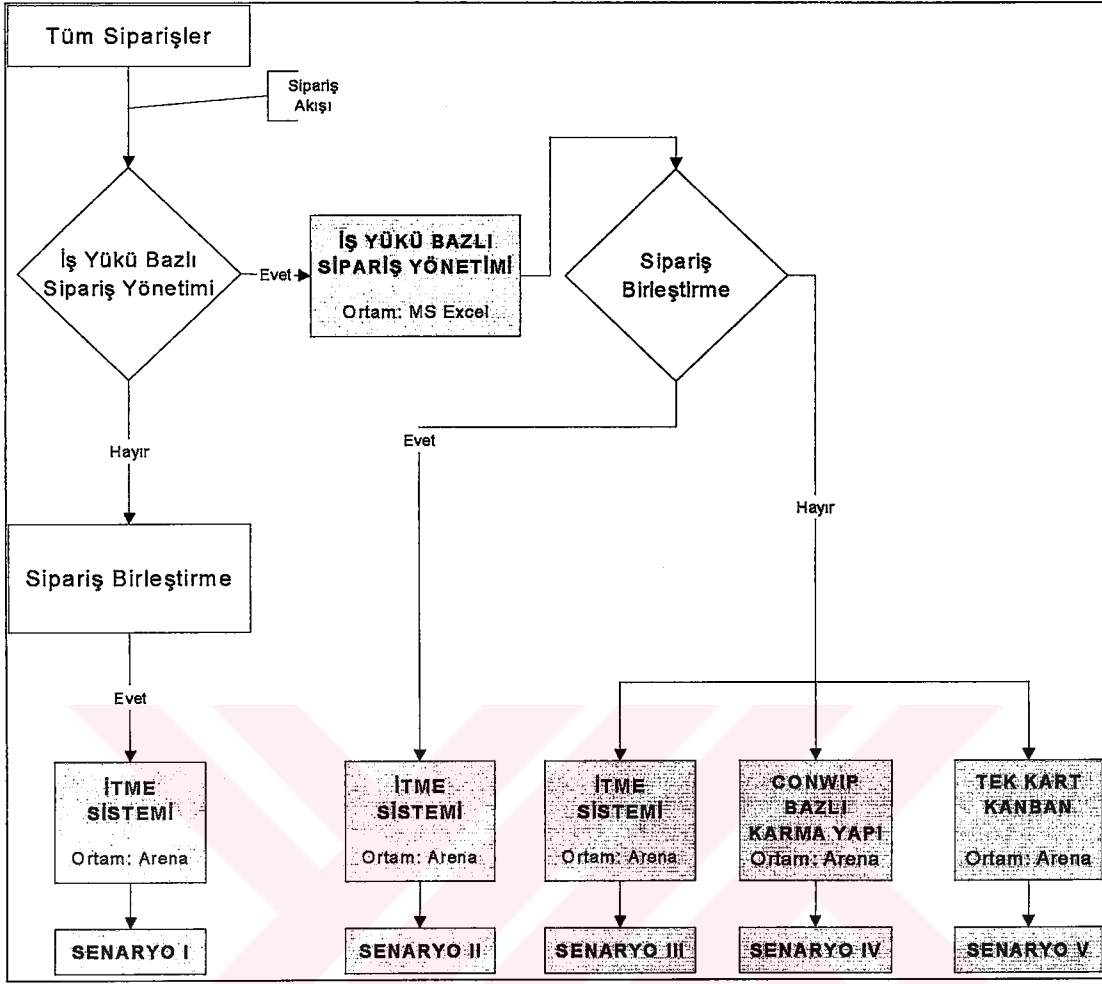
Şekil 4.1 Geleneksel Üretim Yönetim Yaklaşımında İş Akış Süreci

Geleneksel imalat sistemlerinde “uzun temin süreleri”, “yüksek proses içi ve mamul stok seviyeleri” başlıca sorunları teşkil etmektedir. Fazla üretim, beraberinde “fazla taşıma”, “fazla bekleme”, “fazla sorun”, “fazla stok” ve “daha az fabrika içi kullanım alanını” getirmektedir. Bütün bunlar doğrudan “israf” anlamına gelen kalemlerdir.

4.2 Senaryolarla Üretim Yönetimi

Bu çalışmada geleneksel üretim yönetim yaklaşımına alternatif olarak farklı bir metodoloji önerilmektedir. **Önerilen metodoloji**, planlama aşamasında yük kontrolünü sağlayarak başlayan itme ve çekme sistemlerinin birleşiminden oluşan CONWIP bazlı karma bir yapıdır. Bu yaklaşım, birbirinden farklı senaryolarla karşılaştırılarak benzetimi yapılacak ve performans sonuçları değerlendirilecektir. Bu amaçla, Şekil 4.2 'de görüldüğü gibi beş ayrı senaryo geliştirilmiştir. İlk senaryo hariç diğer tüm senaryolarda **İş Yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi** uygulanmış ve tüm senaryolar **Arena 3.0** benzetim yazılımında modellenerek test edilmiştir. Kıyaslama imkanını sağlamak için bütün senaryolarda iki haftalık planlama periyodu dikkate alınmıştır. Model iki hafta sonunda kesilerek sonuçlar elde edilmiş ve daha sonra model işletilmeye devam edilerek, tüm parçaların işlenmesi tamamlanmış ve yine buna ilişkin sonuçlar toplanarak değerlendirilmiştir.

İlk senaryo dışında kalan tüm senaryolarda, **İş Yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi Microsoft Excel'** de kullanıcı uyumlu olarak **sıra bağımlı hazırlık sürelerini** de dikkate alacak şekilde programlanmıştır. Planlama rolünü üstlenen kullanıcı mevcut siparişleri, makro kullanılarak oluşturulan yapıya girdiği takdirde, oluşturulan model, üretime göndermek üzere serbest bırakılacak sipariş listesini makine **yük-kapasite dengesini** göz önünde bulundurarak oluşturulmaktadır. Her makine için literatürde kabul edilebilir değerlerden biri olarak geçen % 150 iş yüğü limiti tespit edilmiştir. (Weindahl, 1994) Microsoft Excel 'de oluşturulan bu siparişler bir dosyaya işlenmekte ve Arena kurulan yapı sayesinde sipariş miktarlarını otomatik olarak çekmekte ve girdi olarak kullanmaktadır. Ayrıca, istenildiği takdirde üretim miktarlarının işlendiği “.txt” uzantılı dosyaya erişilerek üretim miktarları son derece kolay bir şekilde değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.2 Senaryolarla Üretim Yönetimi

Tüm benzetim modelleri aşağıdaki varsayımlar kullanılarak modellenmiştir;

- Benzetimde kullanılan makine süreleri belirlidir.
- Her bir makine için hazırlık süreleri tanımlanmış modelde dikkate alınmıştır.
- Üretim sistemindeki makinelerin benzetim süresi boyunca arızalanmadıkları varsayılmıştır.
- Üretim için gerekli malzeme ve makine haricindeki ek donanım sonsuzdur.
- İş gören ve makine stok alan kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
- Makinelerde işlenecek parçalar için ilk giren ilk çıkar prensibi geçerlidir.
- Hücre içi yerleşimde, makinelerin birbirlerine yakın oldukları göz önünde bulundurularak taşıma süreleri ihmal edilmiştir.

4.2.1 Senaryo I. İtme Sistemi – (Sipariş Birleştirmeli)

Bu senaryoda geleneksel üretim yönetim yaklaşımı modellenmiştir. Üretim Planlama aşamasında eldeki tüm siparişler iş yükü ve kapasite göz önünde bulundurulmaksızın üretime iletilmiştir. Hazırlık sürelerinin sakıncalarından kaçınmak için, **aynı ürüne ait tüm parça siparişleri** birleştirilmiştir. Üretim **itme sistemi** prensibine göre modellenmiş ve benzetim uygulaması yapılmıştır.

Benzetim sonucuna ilişkin beklenti, yüksek makine kullanım oranlarına karşılık yüksek proses içi stok seviyesidir.

4.2.2 Senaryo II. Yük Bazlı Sipariş Yönetimi ve İtme Sistemi (Sipariş Birleştirmeli)

Bu senaryoda, **İş Yükü Bazlı İmalat Kontrolü**'ne siparişlerin en acil siparişden daha az acil siparişe doğru sıralanarak bir acil sipariş listesi oluşturulması ile başlanmıştır. İş Yükü Bazlı İmalat Kontrolü, bir iş atölyesinde işlerin gerçek girdisini planlanan çıktıya göre dengeleyerek **akış zamanlarını** kontrol eden bir yöntemdir. Sorun sadece ilk iş istasyonunun değil, akış boyunca yeralan tüm iş istasyonlarının bir matematiksel yaklaşım kullanarak yönetilmesidir.

İş yükü bazlı sipariş yönetiminde her bir makine için iş yükü limiti tespit edilir. Önceden belirlenen planlama periyodunda, acil sipariş listesine göre sırayla yükleme yapılır ve siparişlere ait parçaların gereksinim duyduğu imalat sürelerinin yük limitini aşıp aşmadığı kontrol edilir. Burada esas olan, acil siparişlerin serbest bırakılmalarından sonra iş merkezlerinde planlanan stok koşullarını tam olarak karşılayıp karşılamadıklarını değerlendirmektir. Bu herhangi bir iş merkezi yük limitinin serbest bırakılan siparişler tarafından aşıp aşılmadığını tespit etmek için bir kontrol yapılması anlamına gelmektedir.

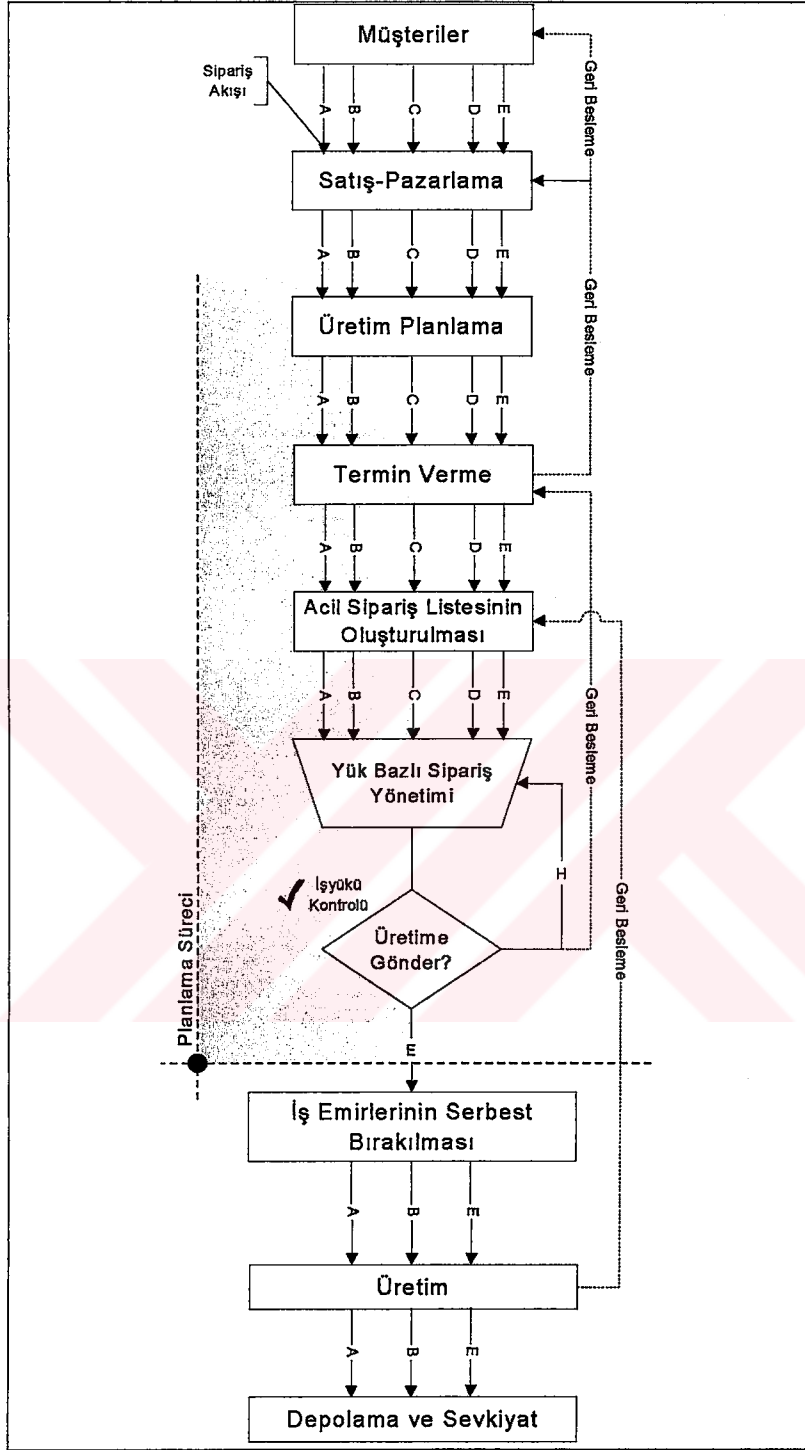
Planlama periyodunda her bir iş merkezi için yapılan bu tarz bir kontrol, proses içi stok miktarının dengelenmesi anlamını taşımaktadır. Yapı temelinde bir **huniye** benzetilmektedir. Gelen siparişler bir huniden geçirilerek uygun koşullar sağlanıyorsa üretim için serbest bırakılmaktadır. Üretimde yine klasik sistemde

olduğu gibi bilgi akışı itme sistemi ile olacaktır. Ancak bu kez çıktı miktarı ve stoklar önceden istenilen seviyeye göre ayarlanmıştır. Üretim aşamasında yaşanan gelişmeler, tamamlanan ya da yarım kalan siparişlere ait parça bilgileri bir sonraki planlama periyodu için girdi teşkil edecektir.

Bu yöntemde, **makine bazlı yük kontrolü** yapıldığı ve her bir parça birbirinden farklı rotalara sahip olduğu için, makine bazında yük sınırını aşması sebebiyle termini diğer bir siparişe göre **daha acil olan bir sipariş üretime gönderilmeyebilirken**, termini daha geç olan başka bir sipariş üretim için serbest bırakılabilmektedir. Üretim için serbest bırakılan siparişlerin oluşturduğu **yükün dengelenmesi** bu noktada karşımıza çıkmaktadır. Bu senaryoda, İş yükü bazlı sipariş yönetiminin uygulandığı diğer senaryolarda da aynı talep yapısı kullanılmıştır. Yine aynı işlem özelliklerine sahip parçalar üretime bir arada gönderilmiştir.

4.2.3 Senaryo III. Yük Bazlı Sipariş Yönetimi ve İtme Sistemi (Sipariş Birleştirme Olmaksızın)

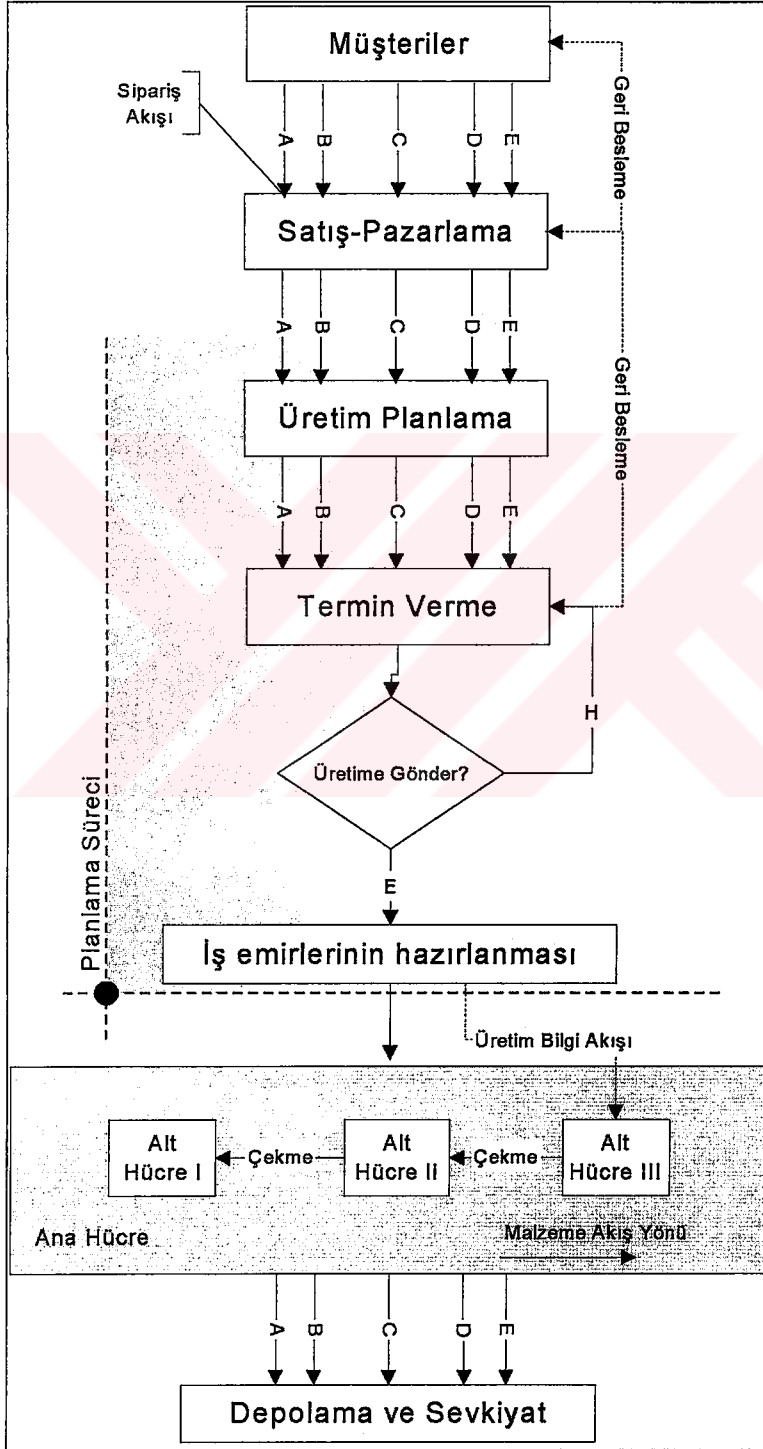
Bu senaryoda da I. Aşamada acil sipariş listesi oluşturularak İş Yükü Bazlı Sipariş Yönetimi uygulanmıştır. Ancak, üretimde verimlilik yakalama düşüncesi yerine müşteri beklentilerine odaklanmış ve sipariş birleştirme yoluna gidilmemiştir. Uygulamada, bu tarz bir yaklaşımın tercih edilebilmesi için hazırlık sürelerinin düşük olması fayda sağlayacaktır.



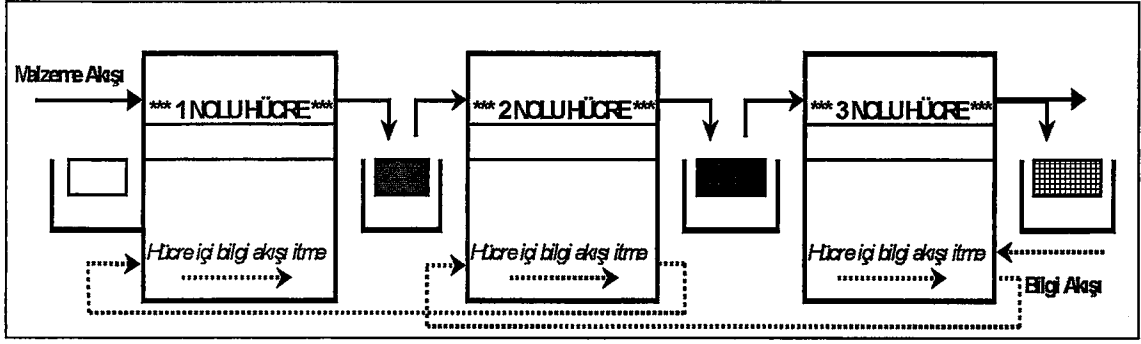
Şekil 4.3 İş Yükü Bazlı İmalat Kontrolünde İş Akış Süreci

4.2.4 Senaryo IV. Conwip Bazlı Karma Yapı – Önerilen Metodoloji (Sipariş Birleştirme Olmaksızın)

Önerilen metodoloji kapsamında, dördüncü senaryoda, ana üretim hücresi alt hücrelere bölünmüştür.



Şekil 4.4 Önerilen Metodoloji, Karma Yapı İş Akış Süreci



Şekil 4.5 Senaryo IV - Karma Yapı (Hücre içi İtme, Hücreler arası Çekme)

CONWIP bazlı yapıda, Şekil 4.5 'de görüldüğü gibi, alt hücrelerde hücre içi itme sistemi olarak tasarlanırken, hücreler arası çekme sistemi prensibine göre benzetim modeli kurularak karma bir yapılandırmaya gidilmiştir. Böyle bir yapıda alt hücreler arası bilgi alışverişi, bir sonraki hücrenin başından bir önceki hücrenin başına doğru olacaktır. $(i+1)$ nolu hücre ihtiyaç duyduğunda, (i) nolu hücrenin başına CONWIP kartı yardımıyla üretim bilgisini gönderir ve ilgili iş emrini alan (i) nolu alt hücre üretime başlar, bu noktadan sonra bu alt hücreye ait bilgi akışı yukarıda ifade edildiği gibi itme sistemi prensibine göre olacaktır. Benzetim süresi başlangıcında, her hücrenin başına bir miktar parça gönderilerek sistemin dolu olarak başlatılması sağlanmıştır.

4.2.5 Senaryo V. Tek Kart Kanban Bazlı Çekme Sistemi

(Sipariş Birleştirme Olmaksızın)

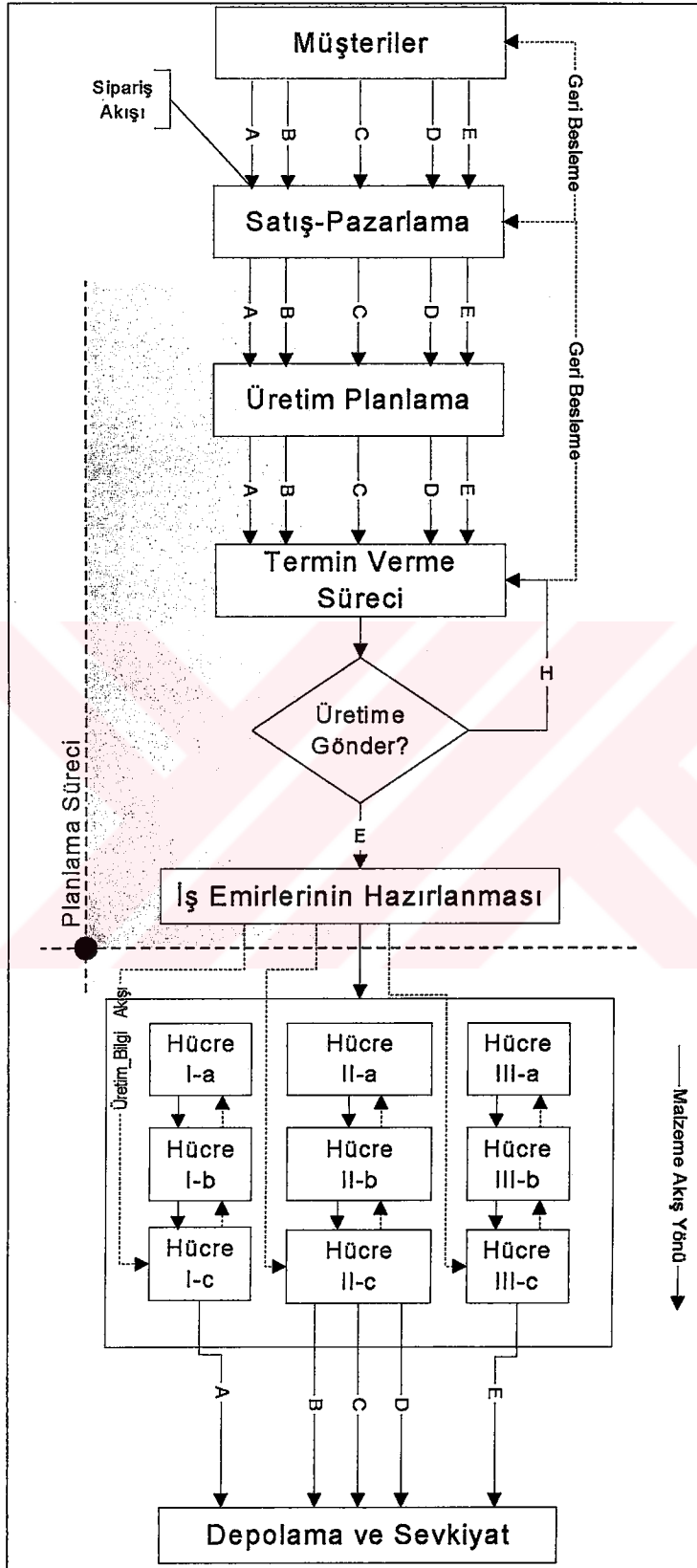
Tam Zamanında Üretim (TZÜ), literatürde sıfır stok, stoksuz üretim, Japon stok sistemi ya da Kanban sistemi olarak tanımlanmaktadır. TZÜ, gerekli ürün veya hizmeti istenilen kalitede, gerekli zamanda, gerekli miktarda, gerekli yerlerde sağlayarak mümkün olan en düşük maliyetle müşteri taleplerini karşılamayı amaçlar (Durmuşoğlu, 1999).

Bölüm 1'de de detaylı olarak açıklandığı gibi, Kanban sistemi, üretim ve montaj sürecinin her kademesindeki üretim miktarlarının düzenli bir şekilde görüntülenmesine ve kontrolüne yardımcı olan bir Japon bilgi sistemidir. Kanban "görünür bir kayıttır" ve parçaya ihtiyaç duyan bir önceki iş merkezi tarafından geriye doğru işleme konur. Bu, her birine birer kart iliştilmiş belirli bir amaca

yönelik taşıyıcıların kullanıldığı belgesiz, dökümanlı bir sistemdir. Bu sistem sayesinde iş istasyonları arasındaki proses içi stok en aza indirilmektedir.

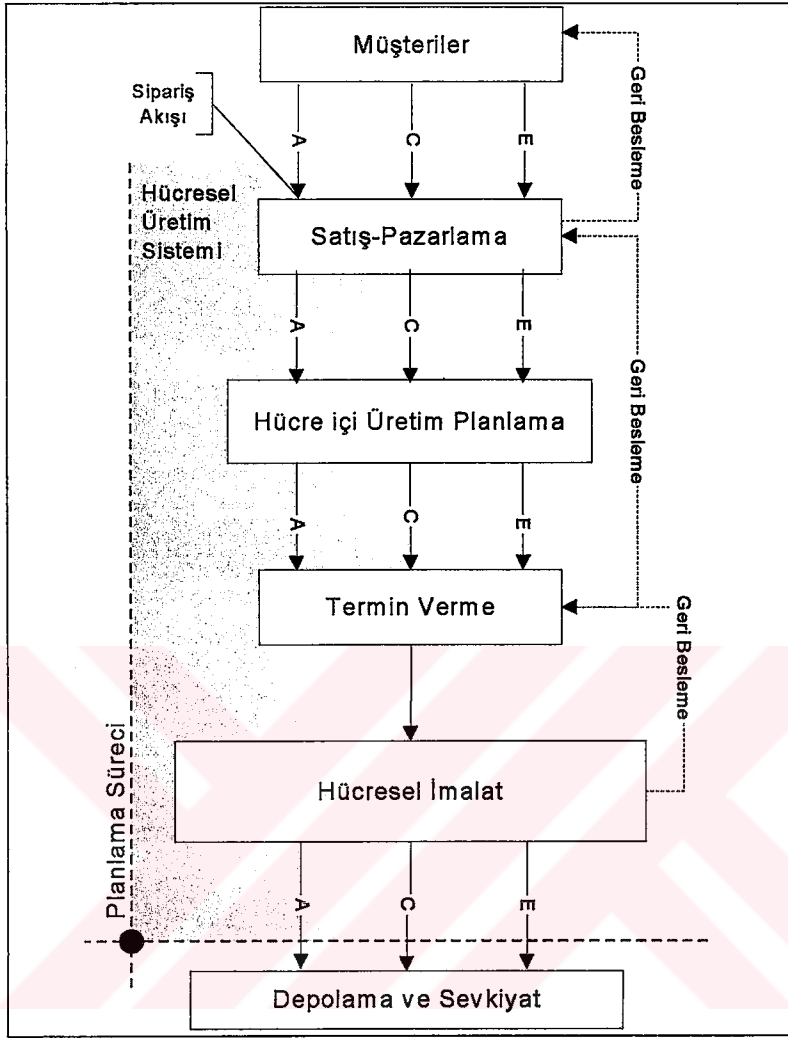
Mevcut yapıda imalat sistemi birden fazla hücrenin bir araya gelmesiyle oluşan bir yapıdadır. Ancak her bir hücre birbirinden bağımsız olup kendisine atanan parçaların imalatını gerçekleştirmek üzere yapılandırılmıştır. Hücrelerde bilgi son iş merkezinden bir öncekine olmak üzere geriye doğru akar. Sistem dolu olarak başlamaktadır ve üretilmek üzere bekleyen siparişlere ait parçalar ihtiyaç duyulduğunda üretime çekilir.

Hücreli imalat sistemleri, sistem içinde benzer imalat karakteristiklerine sahip, belirli parçalar grubunun (parça ailesi), tamamen imalatı için, işlem, işgören ve özellikle makine gruplarının var olduğu veya oluşturduğu sistemlerdir. Hücredeki tüm tesis ve birimler, hücre içine giren tüm parçaları, kendi kendine yeter bir seviyede imal etmek üzere oluşturmuşlardır. Her hücre kendisine gelen parça ailesinin imalatını gerçekleştirecek makinelere sahiptir. Bu senaryoda ise, hücre içinde bilgi tamamen Kanban prensibine göre kurulmuştur. (i) nolu makine ancak (i+1) nolu makinenin iş isteği ile üretime başlayabilir. Sistemin Arena'da dolu olarak başlatılması sağlanmıştır.



Şekil 4.6 Tek Kart Kanban Bazlı Çekme Sistemi İş Akış Süreci

4.3 Bir Grup Teknolojisi Üretim Hücresinde İdeal Yapı



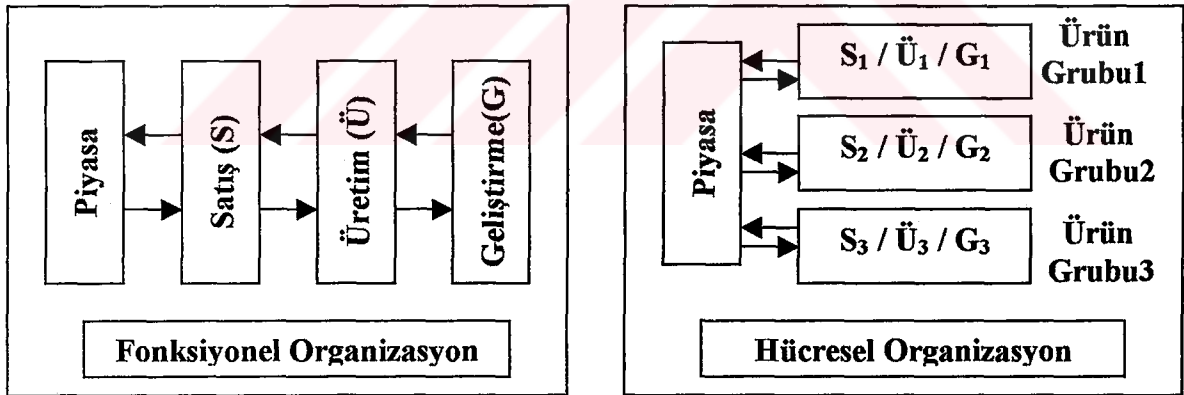
Şekil 4.7 İdeal Yapı İş Akış Süreci

Bu çerçevede, ideal yapı olarak anlatılmak istenen kavram aslında, hücresel imalat sisteminin mevcut üretim işleyişine, diğer destek fonksiyonlarını da içine alacak şekilde devam etmesini sağlayan bir yapının kurulmasını ifade etmektedir. Şekil 4.7'de akış "A", "C" ve "E" siparişlerini içeren ana sistemin bir parçası olan bağımsız bir alt hücreye ait akışı göstermektedir. "B" ve "D" siparişlerinin de aynı mantıkta, başka bir hücre tarafından üretildiği düşünülmüş ve tek bir alt hücrenin akışı sunulmuştur.

Böyle bir yapıda, hücresel imalat sistemi prensibine göre yapılandırılmış bir hücrede çalışan iş gören, sadece yaptığı operasyonların sorumluluğunu değil, üretilen

ürünlerin kalite sorumluluğunu da taşıyor olacaktır. Bunun yanı sıra, hücre içi üretimin planlanması, hücre içi yük durumu göz önünde bulundurularak siparişlere termin verilmesi söz konusu olacaktır. Hatta, bir aşama daha ileri gidilerek, hücre içerisinde üretilen ürünlerin ihtiyaç duyacağı malzeme ve teçhizatların sipariş miktarlarını belirlenmesi ve tedarikçi firmaya iletilmesi de hücre takımının ya da hücre liderinin sorumluluğu olarak tanımlanabilir. Müşteri ile doğrudan ilişki kurmak da mümkün olabilirken, müşteri şikayetlerinin alınması ve bunların giderilmesine yönelik gerekiyorsa tasarım değişiklik önerilerinin geliştirilmesi mümkündür. Özetle, hücresel imalat sisteminin tüm prensipleriyle benimsendiği bir işletmede, hücreler ayrı birer kar merkezi olarak düşünülebilirler ve planlamadan sevkiyata tüm üretim destek fonksiyonlarını da yerine getirilebilirler. Hücreler birbirinden bağımsız birer alt sistemler olarak yapılandırılmalıdır. Bu yaklaşım yönetim ve kontrol kolaylığını beraberinde getirecektir.

Wissema (1992) ise Şekil 4.8 'de görüldüğü gibi fonksiyonel organizasyon ve hücresel organizasyona yönelik yapıları karşılaştırmış ve merkezi olmayan bir yapıda, insan zekası serbest bırakılmış olacağından çalışanların girişimcilik özelliklerinin ön plana çıkarılacağını ifade etmiştir.



Şekil 4.8 Fonksiyonel Organizasyon ile Hücresel Organizasyon Karşılaştırması

Bu yapı bu çalışmada herhangi bir senaryo ile ilişkilendirilmemiştir. Ancak aslında, bu çalışmada önerilen metodolojinin bir ileriki aşaması olduğu ve hücresel üretimin faydalarını ciddi bir şekilde arttıracığı düşünüldüğü için bu bölümde kısaca açıklanmıştır.

BÖLÜM 5

ARENA YARDIMIYLA BENZETİME GİRİŞ

Endüstri Mühendisliği ve Yöneylem Araştırması disiplinlerinde bilimsel yöntemi uygulayarak problemleri çözmek, böylece de yönetsel kararlara esas göstergeleri elde etmek her zaman mümkün olmayabilir. Matematiksel teknikler, insan-makine sistemlerinde karşılaşılan problemleri formüle etmek veya çözmek için yeterli olmayabilir. Bu durumda eylem seçeneklerinin sonuçlarını belirleyebilmek için “benzetim modeli” yoluyla deneyler yapılması söz konusudur. Buna göre benzetim aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

Benzetim, insan-makine sistemlerinin davranışını gösteren matematiksel veya mantıksal modeller kullanarak bilgisayar aracılığıyla sistem üzerinde deneyler yapmaya yarayan sayısal yöntemlerdir. Bunun yanı sıra benzetim, gerçek sistem modelinin tanımlanması ve bu model ile, sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek (ölçütler kümesinin verdiği sınırlar içinde) için deneyler yürütülmesi sürecidir. (Erkut, 1991)

Benzetime ilişkin şu özellikler sıralanmaktadır.

- Benzetim bir deneysel problem çözme yöntemidir.
- Benzetim “sistem tasarımı” ve “sistem çözümleme” çalışmalarında ortaya çıkan problemlerin çözümünde kullanılır.
- Benzetim çözümlemesine, ele alınan sisteme ilişkin problemler analitik yöntemlerle çözülemediğinde başvurulur.

5.1 Benzetim Modelinde Genel Yaklaşım

Benzetim modellerinde genel yöntem şu şekilde tanımlanabilir;

Problem Tanımlanması ve Amacı: Problemin tanımı sadece benzetim çözümlemelerinde değil sistem araştırmalarının hepsinde ilk ve en önemli aşamayı oluşturur. Çalışmanın tam bir tanımı yapılır sistem sınırları, ilişkin öge, vasıf ve eylemler (öğeler arasındaki ilişkiler), kısıtlar ve etkinlik ölçütü bu aşamada belirlenir. Beraberinde benzetim çözümlemesi yoluyla cevabı araştırılacak sorular ve tahmin edilecek sonuçlar ortaya konur. Problemin yanlış tanımlanması çalışmanın bütünü hakkında yanlış kararlar verilmesine sebep olabilir.

Veri Derleme: Problem belirlendikten sonra veri derleme aşamasında sisteme ilişkin tanımlanan öge, vasıf ve eylemlere ilişkin veriler tanımlanır, toplanır, ayıklanır ve modelde kullanılabilir ölçütlere dönüştürülür. Bu dönüştürme işinde çeşitli bilgi işlem teknikleri ve araçları (özellikle bilgisayar) kullanılabilir.

Veri derlemenin iki amacı vardır:

- Sistemdeki rassal süreçlere ilişkin dağılımları ve parametreleri belirlemek, gözlenen dağılımların bilinen veya beklenen olasılık dağılımlarına uygunluğunu belirlemek,
- Geçerlilik sınaması aşamasında, benzetim modelinin gerçek sistemi yeterince gösterip göstermediğini belirlemek.

Modelin Kurulması: Bu aşamada ele alınan sistem gerçek dünyadan soyutlanarak mantıksal akış modeli veya matematiksel modele dönüştürülür. Gerçek sistemin yerine geçecek olan modelin kurulduğu bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus, modelin gereksiz ayrıntıları içermemesi ve yanlış sonuç ve yorumlara neden olacak genelleme ve varsayımlardan sakınılması gerektiğidir. Bu aşamada mantıksal akış şeması çizilerek şemada yer alan öğelere ilişkin değişken parametre ve fonksiyonel ilişkiler belirlenir. Bu aşamada ilave edilmesi veya çıkarılması gereken değişken olup olmadığı, fonksiyonel elemanlar arasındaki ilişkilerin tam olarak belirlenip belirlenmediği, parametrelerin doğruluğu veya istatistiki kesinliği dikkat edilmesi gereken hususlardır.

Model Mantığının Doğrulanması (Kodlamanın Doğrulanması): Bilgisayar programındaki kodlama hatalarının düzeltilmesinden sonra program mantığının doğrulanması aşamasına gelinir. Bütün sistem ilişkilerinin doğru olarak gösterilmesi için mantıksal döngüler, ana program ve alt programlar arasındaki bağıntılar gözden geçirilmelidir. Burada uygulanabilecek bir yöntem elle hesaplanabilen sonuçların bilgisayar programı ile elde edilip edilemediğinin sınanmasıdır. Bazı girdilerden elde edilmesi gereken değerleri elle hesapladıktan sonra bunları bilgisayar çıktıları ile karşılaştırdığımızda görülecek herhangi bir uyumsuzluk program mantığındaki bir hatayı veya eksikliği gösterecektir.

Modelin Gerçek Sisteme Uygunluğunun Saptanması (Model Doğrulama): Modelin gerçek sisteme uygunluğu benzetim çözümlemesinin önemli bir aşamasıdır. Çünkü, gerçek sisteme uygun olmayan bir modelleme yapılan deneyler öğretim amaçları dışında bir işe yaramazlar. Modelin geçerliliğinin belirlenmesi model çıktılarının gerçek değerlerle karşılaştırılmasıyla olur. Bu karşılaştırmayı yapabilmek için model girdileri sistem girdileri ile ayrı olarak saptanır. Bu durumda elde edilen model çıktıları gerçek sistem çıktıları ile aynı olmalıdır.

Deneylerin Planlanması: Benzetim analizlerinde sistem değişkeni ve parametrelerin alacağı farklı değerlerin etkinlik ölçütünde yapacağı değişikliklerin gözlenmesi sözkonusudur. Deney planlaması aşamasında değişken ve parametrelerin denenecek bileşimleri saptanır. Bu konu istatistiksel deney planlaması ile ilgilidir. Amaç istenilen bilgilerin sağlanması için yapılacak deneylerin tasarımıdır.

Yukarıdaki aşamalar tamamlandıktan sonra bilgisayar programları, çıktıları yoluyla istenilen bilgilerin elde edilmesi, bu bilgilerden sonuç çıkarılması ve bulguların uygulamaya konacak biçime dönüştürülmesiyle benzetim çözümlemesi sona erer.

Benzetim tekniği üretim problemlerini çözmede yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. (Arer, 1997, Domenice, 1997) Oldukça geniş uygulama alanı olan benzetim yöntemlerinin en önemli özelliği bir en iyileme tekniği olmayıp, karşılaştırmalı veya istatistiki sonuçlar elde ediliyor olmasıdır. Eğer en iyi eylem seçeneği, denenen eylem seçenekleri arasında yoksa, problemin en iyi çözümü de

elde edilemeyecek demektir. Benzetim yönteminin diğer problem çözme yöntemlerine göre temel üstünlük ve sakıncaları aşağıda sunulmuştur.

Benzetimin üstünlükleri :

- Sistemin modeli bir kez kurulduktan sonra, farklı durumların incelenmesi için istenildiği kadar kullanılabilir. Benzetim modeli üzerinde yapılacak incelemeler için gerekli, veriler, çoğu kez gerçek yaşamda olduğundan daha ucuz elde edilir.
- Benzetim yöntemleri öneri halinde olan ve verilerin detaylı olmadığı durumlarda oldukça elverişlidir.
- Gerçek sisteme ilişkin veri benzetim modeli yoluyla çok daha kolay ve ucuz elde edilir.
- Benzetim yöntemlerinin uygulanması analitik yöntemlere göre daha kolaydır.
- Benzetim, sistem analizcilerini daha genel ve daha geniş düşünmeye zorlar. Benzetim, sistemlerinin evrimselliklerini öne çıkararak, dinamik yapılarının incelenmesini zorlar. (Erkut, 1991)

Benzetimin Sakıncaları :

- Bilgisayar aracılığıyla bir sistemin benzetim modelinin kurulması ve geçerliliğinin gösterilmesi maliyet yaratmaktadır. Genel olarak ele alınan her sistem için yeni bir benzetim modeli kurulması gereği vardır. Özel amaçlı benzetim dilleri bu sakıncayı bir ölçüde ortadan kaldırmıştır.
- Kurulan benzetim modelinin bilgisayarda çalıştırılması ve sonuçlarının alınması zaman alabilir, bunun da maliyeti yüksektir.
- Benzetimin en önemli sakıncası yöntemin kendisi ile değil, kullanıcılarla ilgilidir. Bu sakınca, en iyi yöntem olmadığı halde kullanıcıların benzetim yöntemine olan eğilimleridir. Araştırmacılar benzetim yöntemlerini öğrendikten sonra onu analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanmaya yönelebilirler.

5.2 Siman Benzetim Dili ve Arena

Benzetim tekniği ile sistem davranışlarının incelenmesi, kurulacak veya kurulu bir sistemin gelecekte nasıl davranacağıının önceden tahmin edilebilmesi amaçlanmaktadır. (Demirci ve diğlerleri, 2000). Arena benzetim programı aslında, Siman programlama dilinin görsel unsurlarla desteklenmiş ve kullanıcı dostu (**İng: user friendly**) olarak yapılandırılmış halidir. Arena 'da diğler benzetim modellerinin yaptığı gibi, gerçek sistemlerin ve bu gerçek sistemlerde uygulanacak yeni fikirlerin karar vericiye yardımcı olacak şekilde, görsel olarak işletilmesine, sistem performansının ölçülmesine, tahmin edilmesine, değışen koşullar karşısında sistemin verdiği tepkinin gösterilmesine yardımcı olan bir karar destek sistemidir.

Etkin bir Arena uygulaması bir organizasyona aşağıdaki noktalarda yardımcı olabilir; (Arena White Paper, 2000)

- Değışimi güvenle uygulamak,
- Değışimin etkisini üçüncü kişilere göstermek,
- Rassallığın ve değışkenliğin etkisini doğru olarak ortaya koymak,
- Canlı uygulamalarından önce gerçekçi koşullarda test imkanı sağlamak,
- Mevcut süreçlerde dar boğazları tespit etmek ve varsa gereksiz işlemleri elemine etmek,
- Yeni iş koşullarını denemek,
- Yatırım kararlarının doğruluğunu ortaya koymak..

SIMAN modelleme sisteminin yapısı, Zeigler ve Oren tarafından geliştirilen teorik kavramlara dayanılarak kurulmuştur. Bu sistem yapısı iki ana kısımdan oluşur. Bunlar “Experimental Frame” ve “System Model” denen; aralarında belirgin farklar olan ve SIMAN programlama mantığının temelini oluşturan kısımlardır. (Mercan, 2000)

“System Model”, benzetimi yapılacak sistemin statik ve dinamik karakteristiklerini belirler. “Experimental Frame”, yani “Deneysel Çerçeve”, modelin belirli çıktıları

elde etmek üzere koşumu için gerekli deneysel girdilerin tanımlandığı, “deneysel durumların” belirlendiğı modüldür.

Benzetimi yapılacak bir sistem, “System Model” ile bir kere yaratıldıktan sonra “Experimental Frame” deki bilgiler sürekli değıştirilerek tekrar tekrar benzetim işletilebilir.

Bu iki kısım oluşturulduktan sonra, SIMAN benzetim programı çalıştırılırsa bir çıktı dosyası oluştur. Bu çıktı dosyasında (**İng: output file**) benzetim süresi boyunca model sistemindeki elemanların durumlarındaki değışimler kaydedilebilir. “Çıktı Analizi” (**İng: Output Analyzer**) kullanılarak, kaydedilen veriler ile çeşitli histogramlar, tablolar oluşturulabilir. Arena’da “Girdi Analizi” (**İng: Input Analyzer**) bölümü ise, modele girilecek girdilerin analizine yönelik bir ara yüzdür. Özellikle sisteme beslenecek gezen birimlerin dağılımının belirlenmesi ve buna yönelik grafik ve historamların oluşturulması bu bölümde gerçekleştirilebilir.

Sonuçlara yönelik verilerin analiz edildiğı kısım, ancak benzetim programı koşturulduktan sonra yapılır ve “Girdi Analizi” program içerisinde bağımsız, ayrı bir modüldür. Veri analizi kısmı, özellikle iki ya da daha fazla sistemin çeşitli performans ölçütlerine göre karşılaştırılması ve iyi olanın seçimi söz konusu olduğunda oldukça yararlı olmaktadır.

5.2.1 Arena’ da Kullanılan Değışken ve Özellikler

Arena’da 170’den fazla atanabilir ve değıştirilebilir değışken mevcuttur. Bu değışken ve özellikler (**İng: Attributes**) Tablo 5.1’deki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 5.1 Arena’ da Kullanılan Değişken ve Özellikler

i. Özellikler ve Gezen Birimle İlişkili Değişkenler • Özellikler • Grup üyesi Değişkenler • Diğer Gezen Birim Değişkenleri ii. Takvim Değişkenleri iii. Sürekli Değişkenler • Seviye Değişkenleri • Oran Değişkenleri iv. Konveyör Değişkenleri • Genel • Konveyör Gezen Birim Değişkenleri v. Kuyruk Değişkenleri • Genel Kuyruk Değişkenleri • Kuyruk Gezen Birim Değişkenleri vi. Kaynak, Blokaj ve Depolama Değişkenleri • Kaynak Değişkenleri • Blokaj ve Depolama Durum Değişkenleri vii. Benzetim Kontrol Değişkenleri viii. İstatistik Toplama Değişkenleri	• Sayaç Değişkenleri • Zaman Sürekli Değişkenler (Cstat) • Zaman Sürekli Değişkenler (Dstat) • Frekans istatistikleri • Tally İstatistikleri • Çıktı İstatistikleri • Benzetim Koşum Sonrası Değişkenler ix. Taşıyıcı Değişkenler • Genel Durum Değişkenleri • Açık-Güzergah Değişkenleri • Klavuz Taşıyıcı Değişkenleri • Klavuz Network Değişkenleri x. Diğer Değişkenler • İfadeler • Fonsiyonlar • Genel amaçlı Global Değişkenler • Parametreler • Tarama ve Bulma “J” Index Değişkeni • Küme Değişkenleri • İş İstasyonu Değişkenleri
---	--

5.2.2 Arena 'da Kullanılan Semboller

SIMAN, Fortran programlama dili tabanlı olduğu için SIMAN 'ın mantıksal, matematiksel operatörleri ve yazım kuralları Fortran programlama dili ile aynıdır.

Aritmetik Semboller

<u>Operatör</u>	<u>Tanım</u>	<u>Öncelik</u>
**	Üs alma	1 (en yüksek)
/	Bölme	2
*	Çarpma	2
-	Çıkarma	3
+	Toplama	3

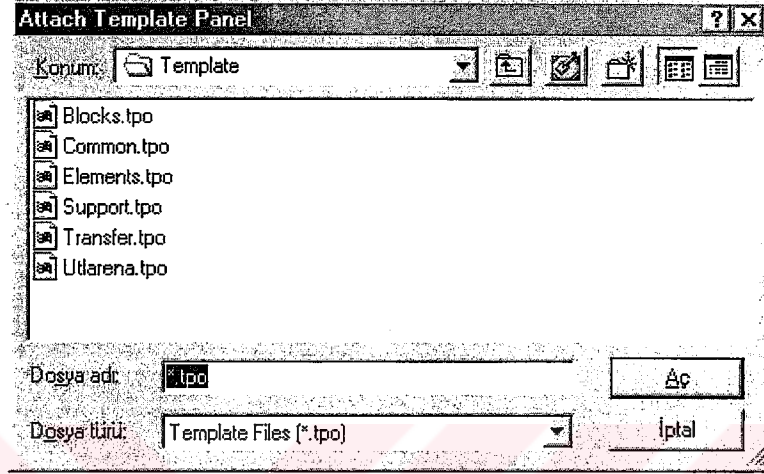
Mantıksal Semboller

<u>Operatör</u>	<u>Tanım</u>	<u>Öncelik</u>
.EQ. , ==	Eşit	4
.NE. , <>	Eşit değil	4
.LT. , <	Küçük	4
.GT. , >	Büyük	4
.LE. , <=	Küçük eşit	4
.GE. , >=	Büyük eşit	4
.AND. , &&	ve	5
.OR. ,	veya	5

Sembollerle ilgili dikkat edilmesi gereken bir nokta “==” bir mantık sembolü iken “=” bir atama sembolü olduğudur. Atama (**İng: Assign**) bloğunda değer atamak için “=” kullanılırken, “==” iki şeyin eşit olup olmadığını test etmek için kullanılır.

5.3 Arena 'da Modül Panelleri

Arena'da modül panelleri “.tpo” uzantılı “template” adı verilen şablonlarda beş farklı dosya olarak yapılandırılmıştır. (Şekil 5.1) Modül panelinden “Attach” panelinin üzerine tıklanmasıyla, farklı modül panellerini ilişkilendirmek mümkündür.



Şekil 5.1 Modül panelleri

5.3.1 “Common” Panel Modülleri

“Common” Paneli model kurmada en çok kullanılan modülleri bir araya getirerek kullanıcı kolaylığını sağlama açısından yapılandırılmış bir paneldir. Bu panelde yer alan temel modüller ve bunlara ilişkin açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

Arrive Modülü :

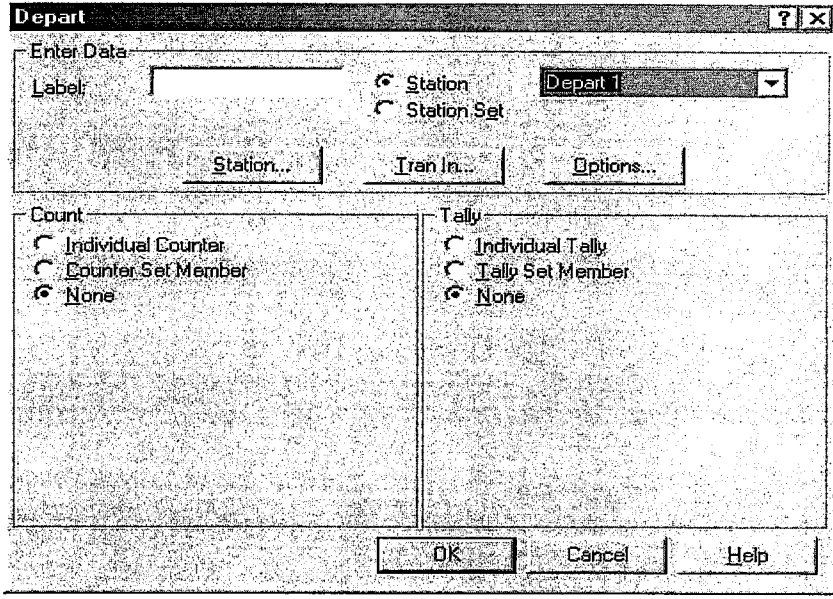
Şekil 5.2’de görülen ve Arena’nın en temel modüllerden biri olan “**Arrive**” modülü, benzetimi başlatan modül olarak düşünülebilir. Bu modül belirlenen zamanda, sisteme girecek olan gezen birimlerin ya da gezen birim yığınlarının yaratıldığı modüldür. “Enter Data”, “Arrival Data” ve “Leave Data” modüllerinden oluşur. İlk kısımda, “Station” kısmına bu modülün ismi tanımlanır, bu isim daha sonra bu istasyonun sistem içerisinde anılacağı isimdir. “Arrival Data” kısmında ise, gezen birimlerin parti büyüklüğü, sisteme ilk girecekleri zaman, gelişler arası süre, animasyon özellikleri, en yüksek parti büyüklüğü ve gezen birimlerin özelliklerine

Şekil 5.2 Arrive Modülü

ilişkin atamalar bu bölümden yapılır. “Leave Data” kısmında ise, gezen birimlerin bundan sonra gidecekleri istasyon adı ve varsa gidiş sürelerinin tanımlı yapılır.

Depart Modülü :

Arena’da en temel modüllerden biri olan Depart modülü, parçaların sistemden çıkışının sağlandığı modüldür. “Enter Data”, “Count” ve “Tally” olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Station kısmına sistem içerisinde anılmak üzere Depart modülünün ismi girilir. Count kısmında sistemden ayrılan gezen birim sayısını ölçmek mümkündür. (Şekil 5.3)

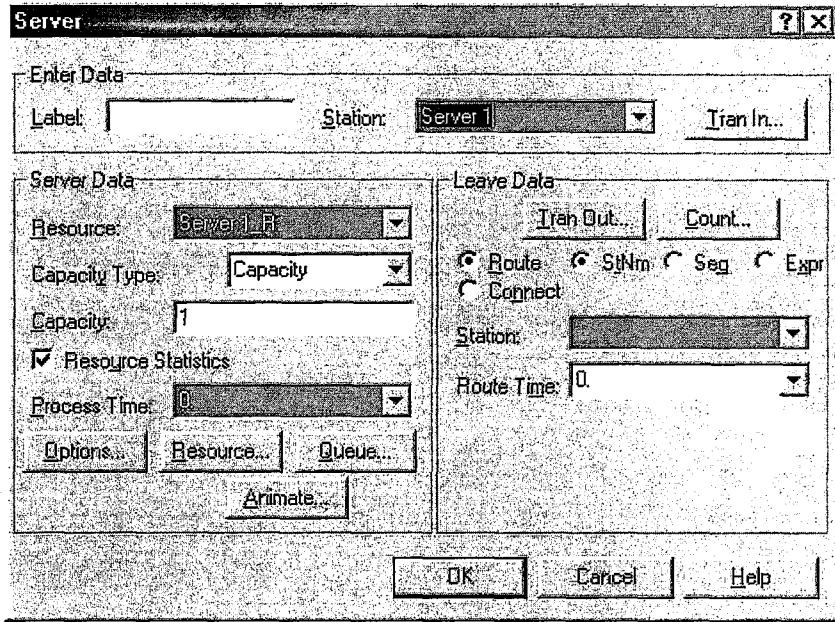


Şekil 5.3 Depart Modülü

Aynı kısımda “Individual Counter” seçilerek, sayaca isim vermek ve artış miktarını tanımlamak mümkündür. “Tally” kısmında ise sistemden çıkan gezen birimlerin özelliklerine yönelik istatistiklerin toplanması mümkündür. “Individual Tally” seçildiğinde, gezen birim özelliklerine yönelik olarak, “Interval” temin süresine, “Between” ise çevrim süresine karşılık gelmektedir. “Expr” seçildiğinde ise kullanıcı tarafından girilecek bir ifade ile bu ifadeye ilişkin istatistik toplamak mümkün olacaktır. “Attribute” kısmına girilen bilgi ise, hangi özellikteki gezen birim hakkında istatistik alınacağına yönelik tanımlı verir.

Server Modülü :

Arena’nın en temel modüllerinden biri olan “Server” modülü, makine ya da kaynak olarak adlandırılabilir bir **işlem birimidir**. “Enter Data”, “Server Data” ve “Leave Data” olmak üzere üç ana modülün bir araya getirilmesiyle yapılandırılmıştır. (Şekil 5.4) “Enter Data” bölümünde Station kısmına, Server modülünün bundan sonra sistem içerisinde anılmak üzere ismi girilir. Server Data kısmında ise, “kaynağın adı”, “kapasitesi”, “kapasite tipi” ve “işleme süresine” ilişkin bilgilerin girişi yapılır. Yine bu bölümde kaynağa ilişkin istatistik tutulup tutulmayacağı belirtilir. Kaynağa yönelik olarak, kuyruk ve buna ilişkin özelliklerin tanımlaması, kaynak ve buna ilişkin arıza ya da duruş süreleri gibi özelliklerin tanımlanması ve ilişkin kaynakla ilgili ek özelliklerin tamamı bu bölümde belirtilmektedir. “Leave Data” kısmında ise,

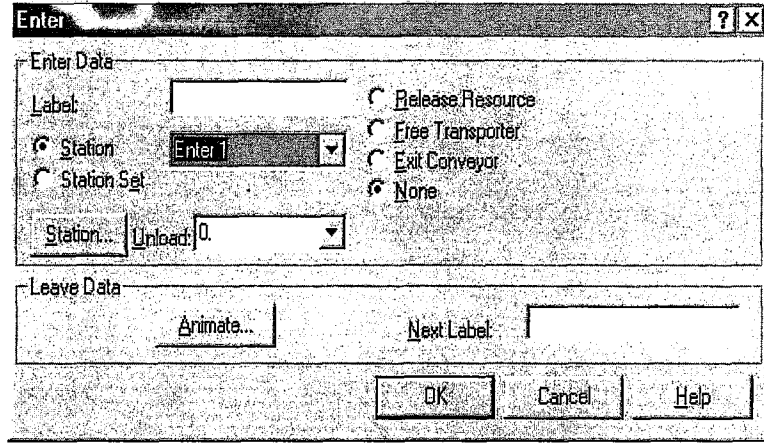


Şekil 5.4 Server Modülü

kaynaktan ayrılan gezen birimin gideceği istasyonun adı ve bunun süresine ilişkin tanımlar yapılmaktadır.

Enter Modülü :

Server modülünde ifade edildiği gibi Enter modülü aslında, Process ve Leave modülleri ile birlikte Server modülünü oluşturmaktadır. Server modülü kullanılarak da, Enter modülü ile ilgili tanımlar yapılabilir ancak bu alt modülü kullanmanın modelleme açısından bazı esneklikleri vardır. Aslında bu modül, Arrive, Server, Depart gibi diğer bazı modüllerin de giriş kısmını oluşturmaktadır. Enter modülü kendi içerisinde Enter Data ve Leave data olmak üzere iki küçük kısımdan oluşmaktadır. (Şekil 5.5) İlk kısımda modülün sistem içerisinde anılacağı adı girilir. Bunun yanı sıra, gezen birimlerin istasyondaki boşaltma süresi ve bir önceki istasyondan gelen gezen birimlerin sevkine ilişkin özellikleri tanımlamak mümkündür. Leave Data kısmında ise, Enter Modülünün ait olduğu modülde, gezen birimlerin giriş öncesi stok alanında bekletilip bekletilmeyeceklerine yönelik tanımlama yapılır ve isteniyorsa animasyon özelliklerine yönelik değişiklik tanıtılır.



Şekil 5.5 Enter Modülü

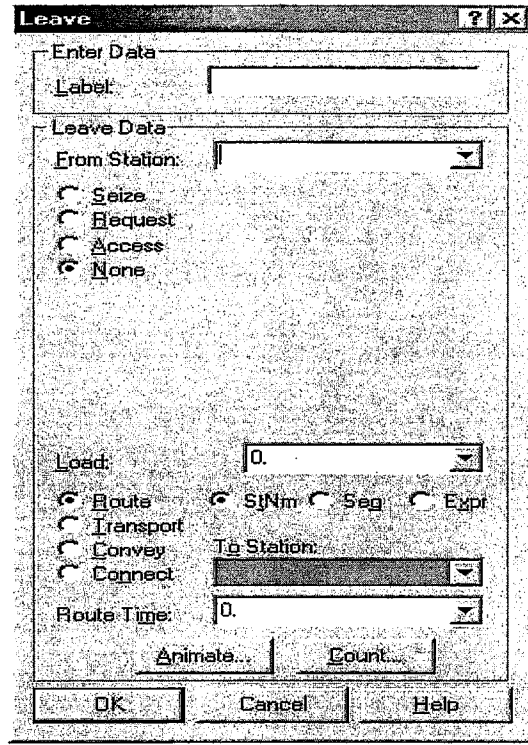
Process Modülü :

Server modülünün kaynak olarak tanımlanabilecek ana parçasından biri olan “Process Modülü” bir işlem birimidir. Gezen birimlerin işlendiği bu birim, kendi içerisinde “Enter Data” , “Process Data” ve “Leave Data” birimlerinden oluşur. (Şekil 5.6) “Enter Data” bölümünde kuyruğa ait isim girilir. “Process Data” bölümünde ise, “kaynak adı”, “kaynak tipi”, “kapasitesi” ve kaynağa ilişkin istatistik tutulup tutulmayacağı girilir. Bunun yanı sıra, gezen birimin Process Modülünde işleme süresi de bu birimde tanımlanır. İşleme süresi, bir değer olarak girilebileceği gibi, aşağıya doğru açılan menuden seçim yapılarak Arena’da tanımlanmış istatistik dağılımlarından birine yönelik parametreler de girilebilir. Gezen birimlerin animasyon özellikleri de “Process Data” bölümünde tanımlanır. “Leave Data” kısmında ise, “Next Label” alanına gezen birimin gideceği istasyonun adı girilir.

Şekil 5.6 Proses Modülü

Leave Modülü :

Enter modülünde, Leave modülünün Enter ve Process modülleri ile birlikte Server modülünü oluşturduğundan söz edilmişti. Leave modülü kendi içinde, “Enter Data” ve “Leave Data” olmak üzere iki temel bölümden oluşur. (Şekil 5.7) İlk bölümde, Station kısmına, Leave modülünün bundan sonra sistem içerisinde anılmak üzere ismi girilir. Bu birim aynı zamanda, gezen birimlerin Leave modülüne giriş yaptıkları birimdir. Leave data bölümünde ise yüklemeye ilişkin dağılım ve gezen birimlerin bundan sonra gidecekleri istasyon ve bu istasyona ait özelliklerin ayrıntılı bir biçimde tanımlanması mümkündür. Bunun yanı sıra, gezen birimlerin taşıma süreleri, animasyon özellikleri ve bu modülden geçen gezen birim sayısının tespit edilmesine yönelik özelliklerin tanıtılması da mümkündür.



Şekil 5.7 Leave Modülü

Simulate Modülü :

Simulate Modülü projeye ait temel bilgilerin girildiği modüldür. Kendi içinde iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk kısımda, projenin adı, projenin sahibi ve modeli oluşturulan tarih ile ilgili bilgiler girilmektedir. İkinci kısım ise, benzetim modelinin koşum sayısı, başlama zamanı, koşum uzunluğu ve varsa koşumun kesilme şartı gibi modele ilişkin benzetim sonuçlarını doğrudan etkileyecek ana bilgiler tanımlanmaktadır. Yine koşumlar arasında sistem ve istatistik bilgilerinin yenilenip yenilenmeyeceğine ilişkin seçeneklerin işaretlenmesi aynı kısımda sunulmaktadır. “Warm-Up Period” olarak geçen kısım ise, benzetimin ısınma süresi olarak tanımlanabilir. (Şekil 5.8) “İtme Sistemlerinde”, bazı durumlarda ısınma süresi kullanıcı tercihinine bağlı olarak kullanılabilirken, “Çekme Sistemlerinde” sistem dolu olduğu için buna ihtiyaç yoktur.

The image shows a screenshot of the 'Simulate' dialog box in the Arena software. The dialog box is titled 'Simulate' and has a standard Windows-style title bar with a question mark and close button. It is divided into two main sections. The top section is for project information, including 'Project Title', 'Analyst', and 'Date'. The bottom section is for simulation parameters, including 'Number of Replications' (set to 1), 'Beginning Time' (set to 0.0), 'Length of Replication', 'Terminating Condition', 'Between Replications...' (with checkboxes for 'Initialize System' and 'Initialize Statistics'), and 'Warm-Up Period'. At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

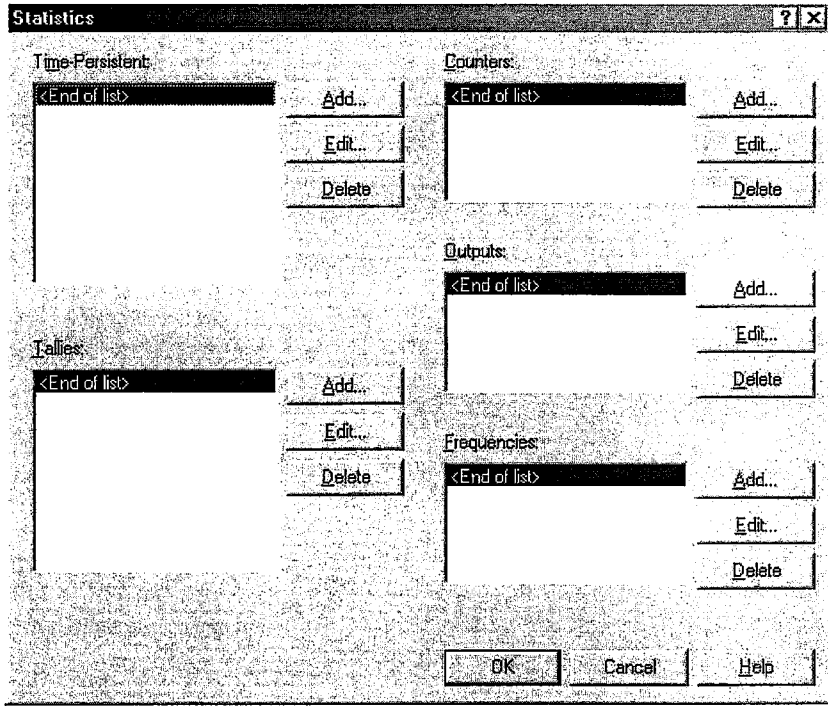
Şekil 5.8 Simulate Modülü

Simulate Modülünün Arena’da “model penceresine” yapıştırılmış şeklinde görülen üst kısmında yer alan küçük kutucuğa tıklanmasıyla, sistemde gezen birimlerin resimlerine ilişkin görsel zenginlik yaratmak için farklı tercihler kullanılabilir. Bu bölümde Arena ’nın mevcut kütüphanesinden resim seçilebileceği gibi, daha önce kullanıcı tarafından oluşturulan resimlerinde kullanılması mümkündür.

Statistics Modülü :

Bu modül, benzetim modeline ilişkin olarak çok sayıda istatistik değerinin tutulmasına olanak verir. “Statistics Modülü” içerisinde, “Time-persistent”, “Tallies”, “Counters”, “Outputs” ve “Frequencies” ana başlıkları altında özetlenebilen bu çeşitli istatistikler zaman ve sayaç bağlı olarak toplanabilirler.

“Time-persistent” birimi altında, zamana bağımlı olarak, “kaynak”, “taşıyıcı”, “konveyör”, “kuyruk”, “depolama”, “değişken” ve “istasyonlara” yönelik olarak, ilgili birimin “kullanım oranları”, “meşgul” ya da “boş” olmasına yönelik değerler gibi çok çeşitli istatistikler elde etmek mümkündür. (Şekil 5.9) Bu istatistik değerleri benzetim sırasında veya sonunda raporlar bölümünden görülebileceği gibi, daha



Şekil 5.9 Statistics Modülü

sonra “Output Analyzer” kısmında kullanılmak üzere bir dosyaya kaydedilmesi de ilgili seçeneğin işaretlenmesiyle mümkün olacaktır.

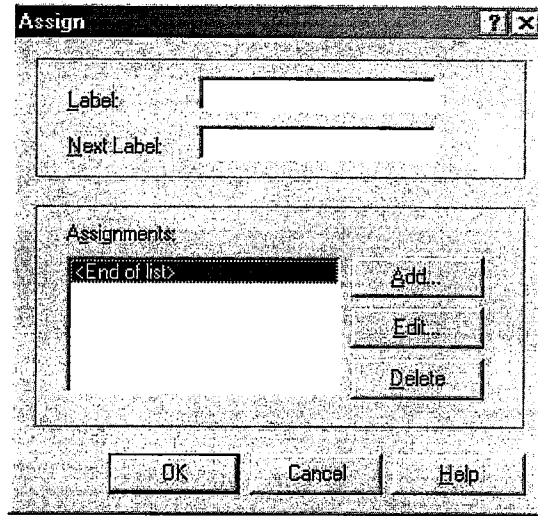
Statistics modülünün diğer alt bölümlerinde ise, çıktıları, sıklık ve çeşitli gezen birimlerin sayılmasına yönelik olarak da çok çeşitli istatistikler de elde etmek mümkündür.

5.3.2 Support Panel Modülleri

Arena’da kullanılan temel modüllerden bir kısmı aşağıda şekillerle açıklanmıştır.

Assign Modülü :

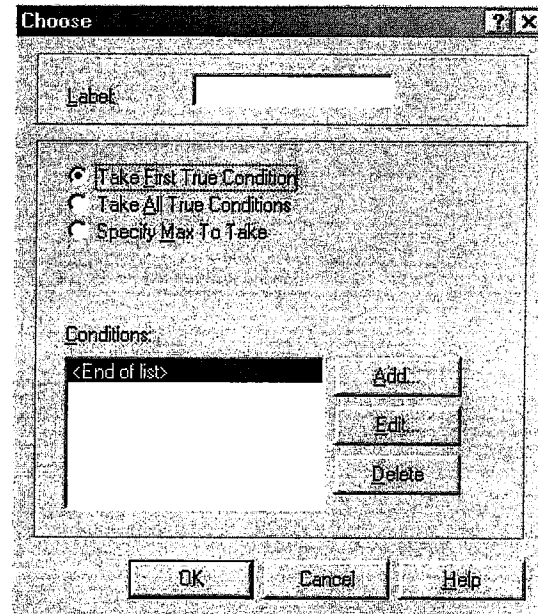
Assign bloğu bir Siman değişkenine, gezen birim özelliğine, kaynağa veya gezen birim animasyon resmine değer atanabilmesini sağlar. (Şekil 5.10) Bir gezen birim Assign bloğuna geldiği zaman, değeri tanımlayan ifade ilgili değişken ya da özelliğe atanır. Buradaki ifade mantıksal veya matematiksel bir ifade olabilir. Mantıksal ifadeler değerlendirilir ve eğer ifade Doğru ise 1, Yanlış ise 0 değeri verilir.



Şekil 5.10 Assign Modülü

Choose Modülü :

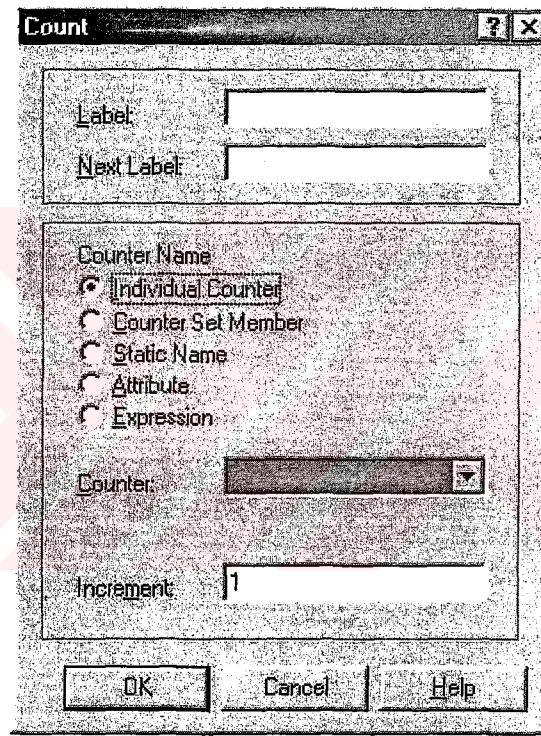
Choose modülü bir gezen birime mantıksal bir ifadeye (koşula) dayanarak dallanma imkanı verir. Bu modül içerisinde “Add” butonuna basılarak “If”, “Else” ve “Always” komutları ile bir veya birden fazla kısıt tanımlanabilir ve bu kısıtların gezen birimler tarafından sağlanıp sağlanmadığına yönelik dallanma mümkün kılınır. Eğer Choose modülü içerisinde hiç bir dal tanımlanmazsa, modüle gelen gezen birim sistem dışına atılır. (Şekil 5.11)



Şekil 5.11 Choose Modülü

Count Modülü :

Count bloğu tanımlandığı birime ait bir sayaçtır. Label kısmından Count bloğunun ait olduğu istasyonun adı girilerek seçimi yapılır. Count name kısmından ise bloğun, bağımsız sayaç, statik isim, özellik veya ifade seçenekleri işaretlenerek ilişkilendirilmesi yapılır. (Şekil 5.12) Bir gezen birim Count bloğuna ulaştığında, sayaç değişkeni, ("NC") bir arttırılır. Negatif Sayaç tanımlamak da mümkündür. Toplam sayı, "Counters Element" de tanımlanan ilgili sayaç limiti ile karşılaştırılır, eğer bu değere ulaşıldı veya aşıldı ise, benzetim çevrimine son verilir.



Şekil 5.12 Count Modülü

Create Modülü :

Create bloğu gezen birim yaratmada kullanılır. Blok içerisinde, yaratılan gezen birimin miktarı, ilk yaratılma zamanı, gelişler arası süre ve en büyük parti sayısı tanımları yapılır. Yine modül içerinden ilgili değişken ya da özelliğe ilişkin tanımlar yapılır. (Şekil 5.13)

Next Label:

Batch Size:

First Creation:

Time Between:

Max Batches:

Mark Time Attribute:

Assignments:

<End of list>

☒ Picture ☐ Picture Set ☐ None

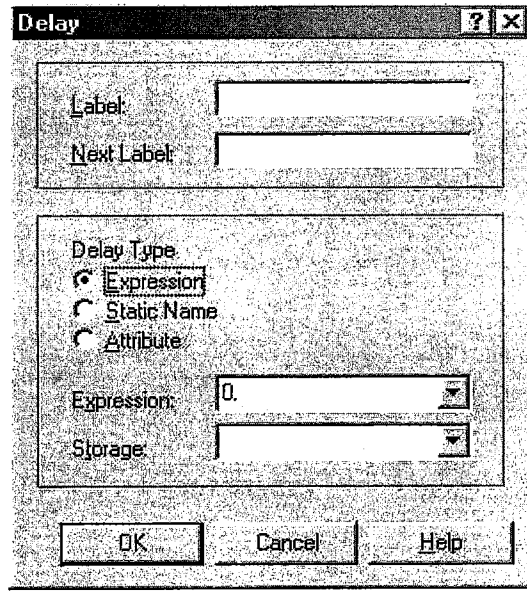
Initial Picture:

Şekil 5.13 Create Modülü

Delay Modülü :

Delay bloğu gezen birimi belirtilen zaman birimi kadar geciktirir. Bir gezen birim, Delay bloğuna ulaştığı zaman, SIMAN süre ifadesini değerlendirir ve ilgili gezen birimi sonuçlanan zaman periyodu boyunca tutar. Delay bloğu ile kullanılan Storage elementinde depolama bilgisi tutulur. Delay bloğunda tutulan gezen birim sayısını istatistiksel değerini elde etmek için NSTO (Storage ID) değişkeni kullanılır.

(Şekil 5.14)



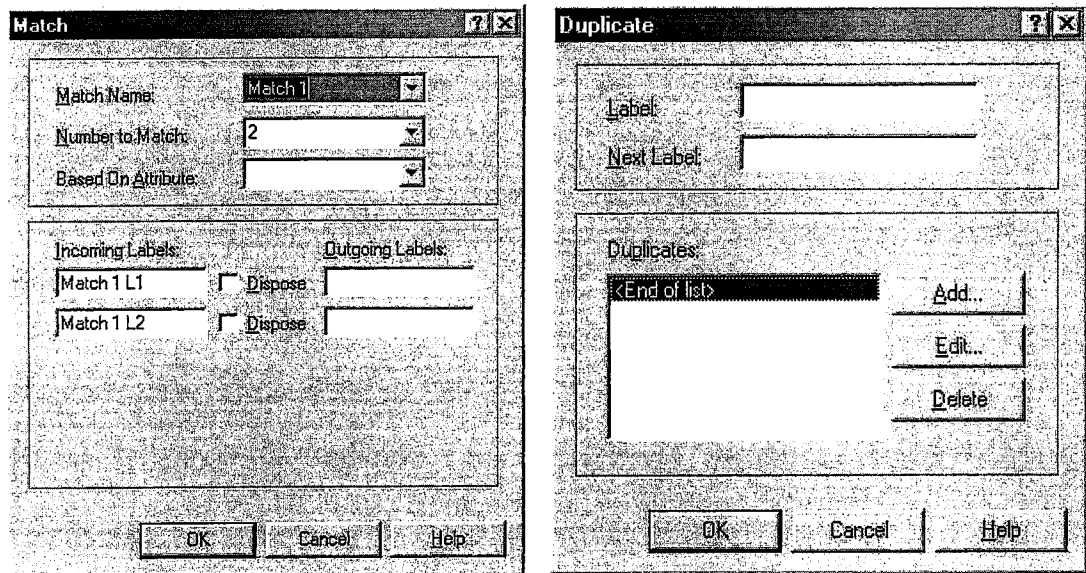
The 'Delay' dialog box contains the following fields and controls:

- Label:** A text input field.
- Next Label:** A text input field.
- Delay Type:** A group box containing three radio buttons:
 - ☒ Expression
 - ☐ Static Name
 - ☐ Attribute
- Expression:** A text input field with the value '0'.
- Storage:** A dropdown menu.
- Buttons:** OK, Cancel, and Help buttons at the bottom.

Şekil 5.14 Delay Modülü

Match/Duplicate Modülleri :

“Match Modülünde” farklı kuyruklardan gelen iki veya daha fazla gezen birimin eşleştirilmesi işlemi gerçekleştirilir. Belirli bir özelliğe bağlı olarak hangi sayıda gezen birimin birleştirilmesinin yapılacağı modülün ilk kısmında yapılır. Gezen birimlerin gideceği istasyonun adı ise, “Outgoing Labels” alanına tanımlanır. Eğer bir isim girilmemişse ve “Dispose” seçeneği işaretli ise, “Outgoing Labels” alanında bilgi girişine izin verilmez ve ilgili gezen birim sistem dışına alınır. (Şekil 5.15)



The image shows two dialog boxes side-by-side: 'Match' and 'Duplicate'.

Match Dialog Box:

- Match Name:** A dropdown menu with 'Match 1' selected.
- Number to Match:** A dropdown menu with '2' selected.
- Based On Attribute:** A dropdown menu.
- Incoming Labels:** A list box containing 'Match 1 L1' and 'Match 1 L2'.
- Outgoing Labels:** A list box with two entries, each with a 'Dispose' checkbox:
 - Match 1 L1 ☒ Dispose
 - Match 1 L2 ☒ Dispose
- Buttons:** OK, Cancel, and Help buttons at the bottom.

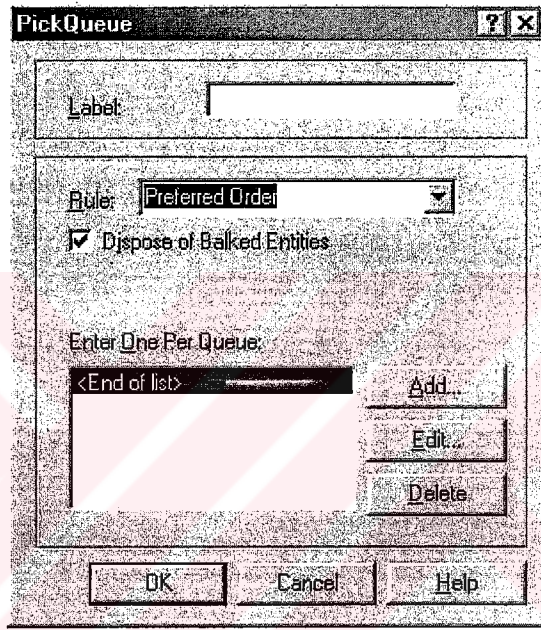
Duplicate Dialog Box:

- Label:** A text input field.
- Next Label:** A text input field.
- Duplicates:** A list box containing '<End of list>'.
- Buttons:** Add..., Edit..., and Delete buttons to the right of the list box.
- Buttons:** OK, Cancel, and Help buttons at the bottom.

Şekil 5.15 Match ve Duplicate Modülü

PickQueue Modülü :

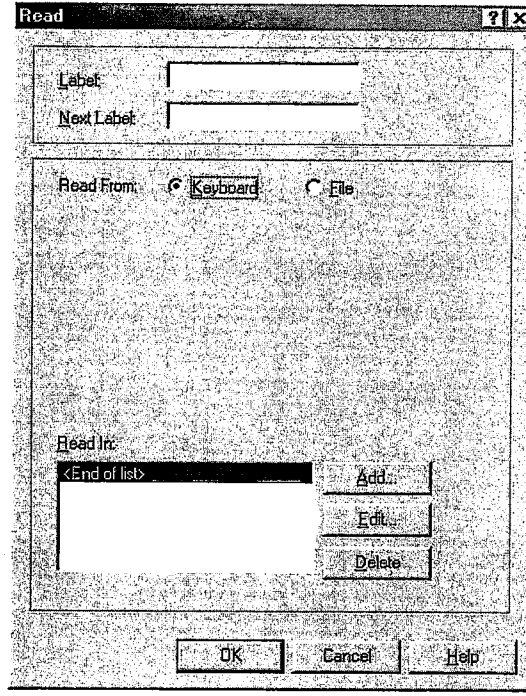
PickQ bloğu, gezen bir birim için, birden fazla kuyruk arasından özel bir kuyruğu seçmeye imkan veren bir birimdir. (Şekil 5.16) Eğer bütün kuyruklar dolu ise ilgili gezen birim “Balk Label” etiketli bloğa gönderilir. Kuyruk seçim süreci, kuyruk seçim kurallarına bağlıdır. Kuyruk seçim kuralları, periyodik, rassal, istenilen sırada, en küçük kalan kapasite, en büyük kalan kapasite, kuyruktaki en az parça sayısı, kuyruktaki en çok parça sayısı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.16 PickQueue Modülü

Read Modülü :

Bu modül Arena'nın dış ortamla ilişkisini sağlayan temel modüllerden biridir. “Read Modülü” nün sistem içerisinde anılacağı isim “Label” kısmına girilir, gezen birimin gideceği istasyon adı da “Next Label” kısmında tanıtılır. (Şekil 5.17)



Şekil 5.17 Read Modülü

“Read Modülü”, sistem içerisindeki değişken (**İng: Variable**), özellik (**İng: Attribute**), resim (**İng: Picture**) gibi temel parametreler yanı sıra, kullanıcının tanımlacağı istasyon (**İng: Station**), sıra (**İng: Sequence**) gibi parametrelere karşılık gelen değerler tanıtılmaktadır.

Kullanıcı “Read Modülü” içerisinde yapılacak tanımlamaya göre, bu değişken ya da özelliklere ait bilgi girişini “klavyeden” yapabileceği gibi, ilgili bilgilerin okutulacağı bir “SIMAN dosya adının” Read modülüne tanıtılmasıyla kendi oluşturacağı bir dosyadan da otomatik olarak okutabilir. Eğer modül içerisinde, klavye seçeneği işaretlenmişse, sistemin işletilmesi sırasında Arena, otomatik olarak bir ekran açacak ve kullanıcının ilgili değişken ya da özelliklere ait bilgi girişini klavyeden yapmasını bekleyecek ve ancak ilgili değerleri aldıktan sonra modeli işletmeye devam edecektir. Eğer ilgili bilgilerin bir dosyadan okutulması istenmişse, Arena, tanıtılan yerden adı “Read Modülüne” tırnak içerisinde girilmiş olan dosyayı bulacak ve otomatik olarak bilgileri okuyacaktır. Kullanıcı tarafından oluşturulan okunacak dosya formatlı veya serbest formatta olabilir. Serbest formatta bir dosya oluşturulmuş ise, her bir okunacak değerin virgülle, bir veya daha fazla boşlukla ayrılması yeterlidir. Bu veri transferinin en kolay yoludur. Örneğin, okunacak dosya “Microsoft Notpad”de yaratılmış “.txt” uzantılı dosya ise, okutulacak değerler

“enter” komutu ile birbirinden ayrılabilir. Formatlı dosyalarda ise, bilginin nasıl okunacağına yönelik kesin kontrol sağlamak için, her bir alanın tipi ve yeri tanımlanabilir. **SIMAN** tarafından desteklenen format tipleri ayrıntılı bilgi, Arena el kitabından ya da Arena yardım menüsünden temin edilebilir.

Hem klavye uygulamasında hem de dosyadan veri okuma uygulamasında, dikkat edilmesi gereken nokta, okutulması istenilen sayıda değişken ya da özellik değerinin girilmesi gerektiğidir.

Tally Modülü :

Depart modülünde bir miktar açıklandığı gibi, “Tally” modülü, sistemdeki gezen birimlerin özelliklerine yönelik istatistiklerin toplanmasına yardımcı olan önemli modüllerden bir tanesidir. “Individual Tally” seçildiği takdirde, Tally modülünün Raporlar bölümünde görülecek adı, “Tally” yazan alan girilmelidir. Bu değer Tally modülünün bağlı olduğu istasyona ait sonuçları verecektir. Bunun yanı sıra, Tally modülünde bir özellik ya da ifadeye yönelik olarak da istatistik almak mümkündür. “Individual Tally” seçildiğinde, gezen birim özelliklerine yönelik olarak, “Interval” temin süresine, “Between” ise çevrim süresine karşılık gelmektedir. “Expr” seçildiğinde ise kullanıcı tarafından girilecek bir ifade ile bu ifadeye ilişkin istatistik toplamak mümkün olacaktır. “Attribute” kısmına girilen bilgi ise, hangi özellikteki gezen birim hakkında istatistik alınacağına yönelik tanımlı verir. (Şekil 5.18)

Tally

Label:

Next Label:

Tally Name

☒ Individual Tally

☐ Tally Set Member

☐ Static Name

☐ Attribute

☐ Expression

Tally:

Type of Statistics

☒ Interval ☐ Between ☐ Expression

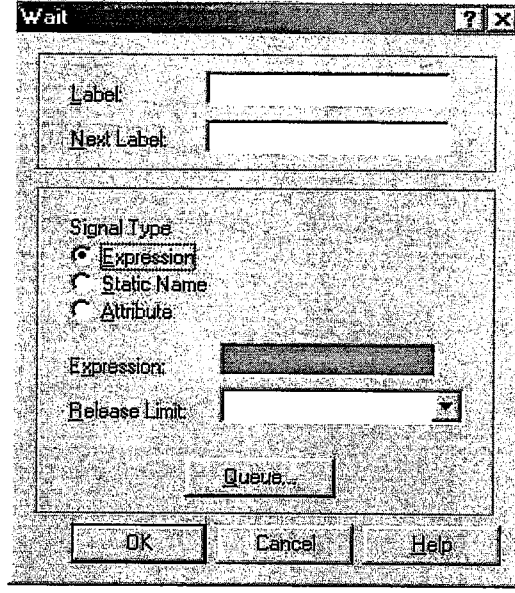
Attribute:

OK Cancel Help

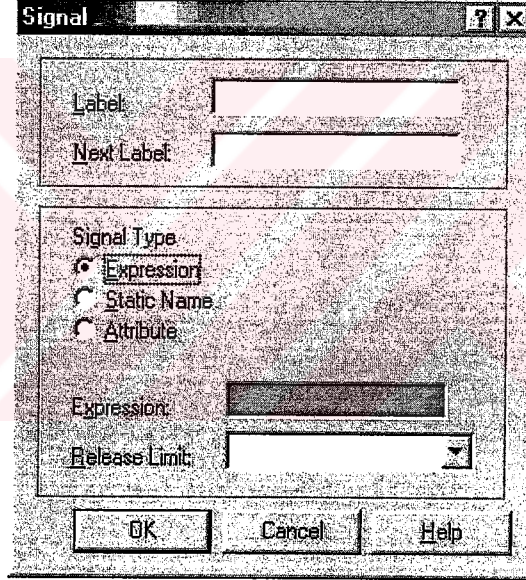
Şekil 5.18 Tally Modülü

Wait/Signal Modülleri :

“Wait” Modülü, bir “sinyal kodu” alıncaya kadar bir önceki kuyrukta bekleyen gezen birimi bloke eder. (Şekil 5.19) Eğer bir “Wait” modülü öncesinde, bir “Queue” modülü ile ilişkilendirilmemiş ise, sinyal kodu alıncaya kadar gezen birimleri bloke etmek için FIFO sıralama kuralına uyan içsel bir kuyruk kullanılacaktır. (Şekil 5.20)



Şekil 5.19 Wait Modülü



Şekil 5.20 Signal Modülü

Bir gezen birim Wait modülüne ulaştığında, kendisine bir kod atanır. Sinyal modülü ise, her seferinde bir sinyal kodu göndermektedir. Bu iki kod eşleştiğinde kodlar birbiri ile aynı ise, wait modülündeki tanımlanan sayı kadar gezen birim serbest bırakılır. Özellikle, bir kuyrukta birden fazla çeşitde parçanın beklediği ve bunlardan sadece bir ya da bir kaçının o zaman dönemi için serbest bırakılması istendiği durumlarda, Wait ve Signal modülleri kullanılabilir. Wait ve Signal modüllerinin ilk kısımlarında, model içerisinde anılacakları isim ve gezen birimlerin bu modüllerden sonra gidecekleri istasyonun adının tanımı yapılır.

BÖLÜM 6

BİR CAM KALIBI ÜRETİM SİSTEMİNDE, SENARYOLARLA ÜRETİM KONTROLÜ, SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

6.1 Odaklanılan Cam Kalıbı Üretim Sistemi

Bu çalışmada, Türkiye 'nin önde gelen bir kuruluşuna ait olan bir Cam Kalıbı Üretim Sisteminde hücrel üretime yönelik gerçekleştirilen bir uygulama projesi ele alınmıştır. Fabrika, cam kalıp üretiminin büyük bölümünü Şişecam bünyesindeki fabrikalara satarken, bir bölümünü de ihraç etmektedir. Üretim sisteminde, 50'si NC veya CNC tezgah olmak üzere, 100'ün üzerinde bir tezgah parkı bulunmaktadır. Kalıp parçaları teknik açıdan üretilebilirliği zor, yüksek teknoloji ve deneyim gerektiren parçalardır. Kalıp ile kalıbı oluşturan parça isimleri ve kalıbın hangi cam ürünü için kullanıldıkları, Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Üretim sisteminin başlangıçtaki tezgah yerleşim düzeni, atölye alanının kronolojik bir gelişmeye göre büyümesiyle gelişen, ağırlıklı olarak fonksiyonel esasta, karışık bir düzene sahipti. Bu yapı başta karmaşık iş akışı olmak üzere, uzun hazırlık sürelerine, yüksek proses içi stoklara, uzun imalat temin sürelerine, kalite sorunlarına ve geciken teslimatlar gibi müşteri şikayetlerine neden olmaktaydı. Bu durum fabrika üst yönetimini uzun yıllara varan, söz konusu sorunlara köklü çözümler getirecek hücrel üretim gibi yeni arayışlara yöneltmişti. (1995)

Tablo 6.1 Üretilen Kalıplar

Kalıp Tipi	Kalıp Parçaları	Hangi Cam Ürünü için Kullanıldığı
IS	Ebişör, Finişör, Müldefon, Tanpon, Huni, Müldebak, Ring, Kovan, Mandren, Süflaj Başlığı, Mastör, Mastör Soğutucu, Alıcı Maşa	Şişe ve Kavanoz
H28	Monoblok Ebişör, Gövde, Gömlek, Finişör, Müldefon, Müldefon Tutucu, Müldebak, Ring, Mastör, Mastör Tutucu	Çay Bardakları
Otopres	Monoblok Gövde, Gövde, Müldefon, Müldefon Tutucu, Müldefon Kapağı, Müldefon Kovanı, Ring, Ring Tutucu, Mastör, Mastör Tutucu, Mastör Burcu	Basit Su Bardağı ve Züccaciye
Borcam	Gövde, Ring, Mastör, Mastör Tutucu, mastör Soğutucu, Gövde Ayak, Kontrol Mastarı, Tamir Mastarı, LH-16 Gövde, LH-16 Müldefon, LH-16 Müldefon Tutucu	Ateşe Dayanıklı, Isıl Mukavemeti Olan Cam Kalıplar
H24	Gövde Ayak	Şarap Bardakları

Cam Kalıbı üretim sisteminde yer alan takım tezgahları dikkate alındığında da, bir işlem değişik tezgahlarda gerçekleştirilebilmektedir. Bu yüzden hücresel üretime geçiş projesinde, alternatif veya çok rotalı kümelenendirme yöntemleri, bir karar desteği vermek üzere bir araç olarak kullanılması düşünülmüştür.

Durmuşoğlu ve Nomak (2000), cam kalıbı hücrelerinin tasarımında kullanılan yöntemler, elde edilen sonuçlar, uygulamada ortaya çıkan sorunlar, strateji oluşturma, uygulamaya alma, hücresel üretim öncesi ve sonrası sistem performansı ölçütlerindeki beklentiler ile gerçekleşenleri detaylı bir şekilde açıklamışlardır.

6.1.1 Strateji Oluşturma

Firmada hücresel üretime dönüştürme sürecinin çeşitli aşamalarında hatırı sayılır dirençlerle de karşılaşmıştır. Zira bu süreç gerçekten köklü bir değişim, yüksek bir dikkat ve titizlik gerektirmektedir. Fabrikadaki imalat içi tüm yerleşimi değiştirmekle kalmayıp, destek üretim fonksiyonlarının da buna göre, yapılandırılması gereği vardır. Alışkanlıkların bir kalemde silinmesi ve yeniliğe hızlı uyum sağlanması insan doğası

açısından her zaman kolay olmamaktadır. Aynı zamanda hücresel üretim sistemleri esnek işgücüne de büyük ölçüde ihtiyaç duymaktadır. Klasik sistemde, örneğin sadece bir torna işleminden sorumlu olan bir işgören, yeni sistemde iş parçasını bütünüleyen, gerekiyorsa freze, taşlama ve tesviye işlemlerini de gerçekleştirebilmeli ve parçanın bütün olarak kalite sorumluluğunu da üzerinde taşıyabilmelidir. Zira işgören bu sistemde bir tek işlemten (tek bir fonksiyondan) sorumlu değil, bir çok fonksiyondan sorumlu olduğundan, sistemin önemli bir parçasıdır.

Firmada hücresel imalat tasarımını gerçekleştirmede, farklı yöntemler denenmiş, bunlara yönelik sonuçlar elde edilmiş ancak katılım esasına göre strateji oluşturma yolu seçilmiştir. Bu doğrultuda söz konusu değişime karşı olan direnci ortadan kaldırıp katılımı sağlamak gerektiğinden, hücresel üretim çalışmalarına başlanıldığı sıralarda, firma içi geniş kapsamlı eğitim faaliyetlerine başlanılmıştır. "Muda'ların Yok Edilmesi", "5S", "Hazırlık Sürelerinin Analizi ve Düşürülmesi", "Hücresel Üretim" ve "Tam Zamanında Yönetim" gibi konularda, toplam 1600 insan-saatlik eğitim verilmiştir.

Hücresel üretim için strateji oluşturmada, gelecek yıllarda cam kalıplara olan talebin artmasının beklenilmesi önemli bir rol oynamıştır. Bu beklenti ile firma, çalışmanın yapıldığı sıralarda yeni bir yatırım planlamasını yapmıştı. 10-12 milyon ABD Doları mertebesinde olan yatırım, yeni tezgah alımı ile kapasiteyi artırma ve dolayısıyla beklenen talebi karşılama amacındaydı. Ancak ağırlıklı olarak fonksiyonel yapılanmış bir ortamda, bu yatırımlara karşın, yine iş akışı karmaşık kalacak, kapasite doldurma esasına göre bir çalışma izleneceğinden, uzun temin süreleri, teslimatta gecikmeler ve kötü kalite sorunları yine yaşanabilecekti.

Tezgah satın almanın, sistem performansını her yönden artırmasının mümkün olmadığı da verilen eğitimlerle sıkça vurgulanmıştır. Böylece planlanan yatırımın, hücresel üretim esasına göre yapılması yönünde bir karar değişikliğine gidilmesi sağlanmıştır. Başka bir deyişle yatırımda, gelişmiş ve her işi yapabilecek tezgah düşüncesinden çıkıp, hücreye uygun, sadece hücreye gelen parçaları işleyebilen, daha ekonomik ve fonksiyonel tezgahların düşünülmesi sağlanmıştır. Bu düşünce tarzıyla daha önce elde edilen, ancak iş akışların karmaşık olduğu görülen GT hücreleri, daha tahsisli hale getirilebilecektir. Daha çok tezgahla, daha tahsisli ve iş akışı basit hücrelere böylece yolculuk başlamıştır.

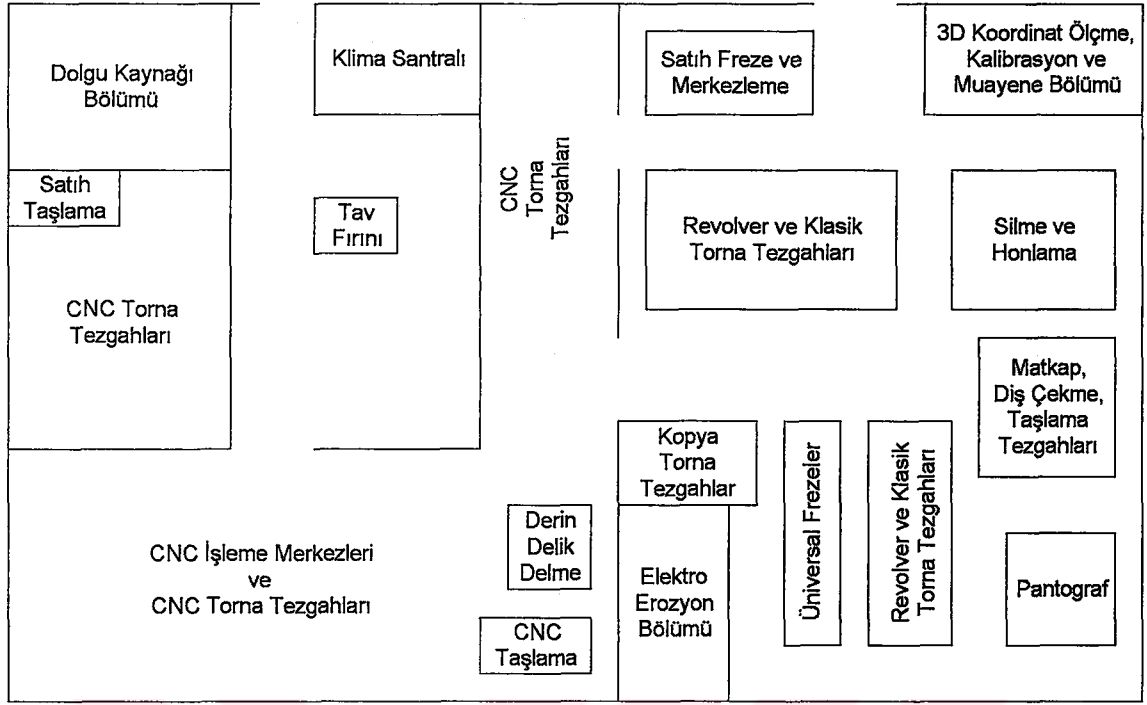
Sonuç olarak katılım, tahmin edilen talep yapısı, yeni yatırım seçenekleri ve daha önce GT kümelenendirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, beraberce değerlendirilerek kurulacak hücreler, çeşitli toplantılar ve tartışmalar sonucunda saptanmıştır.

6.1.2 Uygulamaya Alma

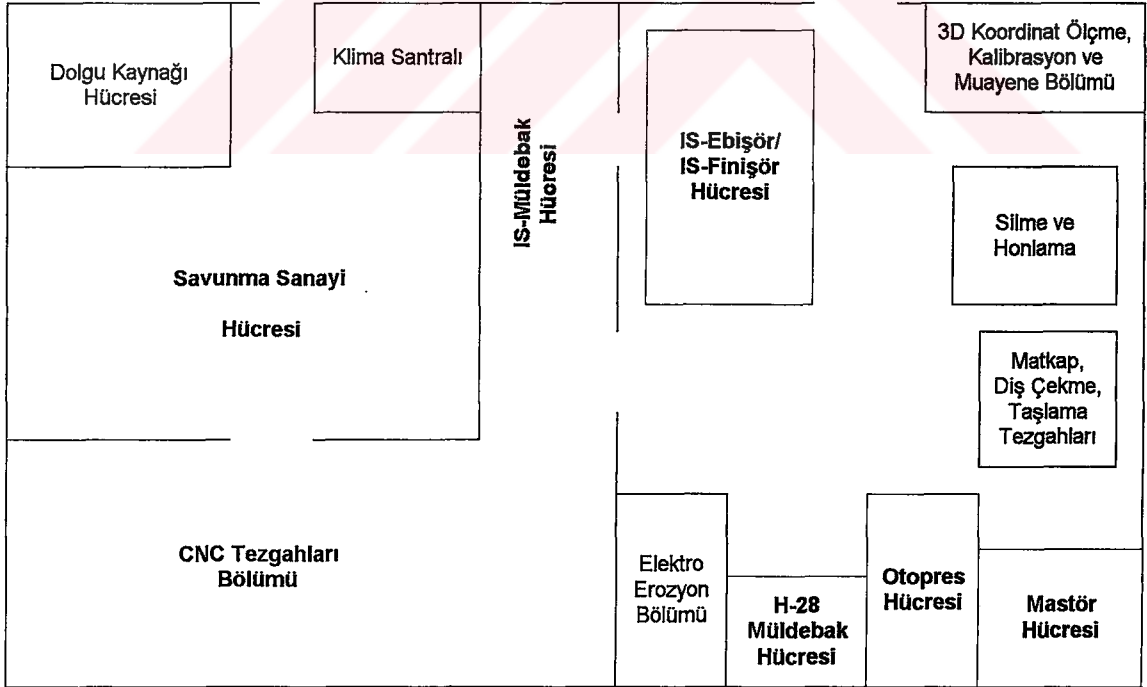
Cam kalıp parçalarından en stratejik ve önemli olanları, IS-Ebişör ve IS-Finişör parçalarıdır. Sadece IS-Ebişör ve IS-Finişör kalıp parçaları için, bu parçaların önemine dayanarak ayrı bir hücre kurulmuştur. Şekil 6.3 'de bu hücrenin tasarlanan ayrıntılı yerleşim düzeni görülmektedir. Mevcut yer kısıdı nedeniyle U-şeklinde bir düzen kurulamamıştır.

Hücresel üretim öncesi her bir parça ortalama 430 metre sistem içinde dolaşırken, hücresel üretim sonrası bu sayı ortalama 200 metreye inmektedir.

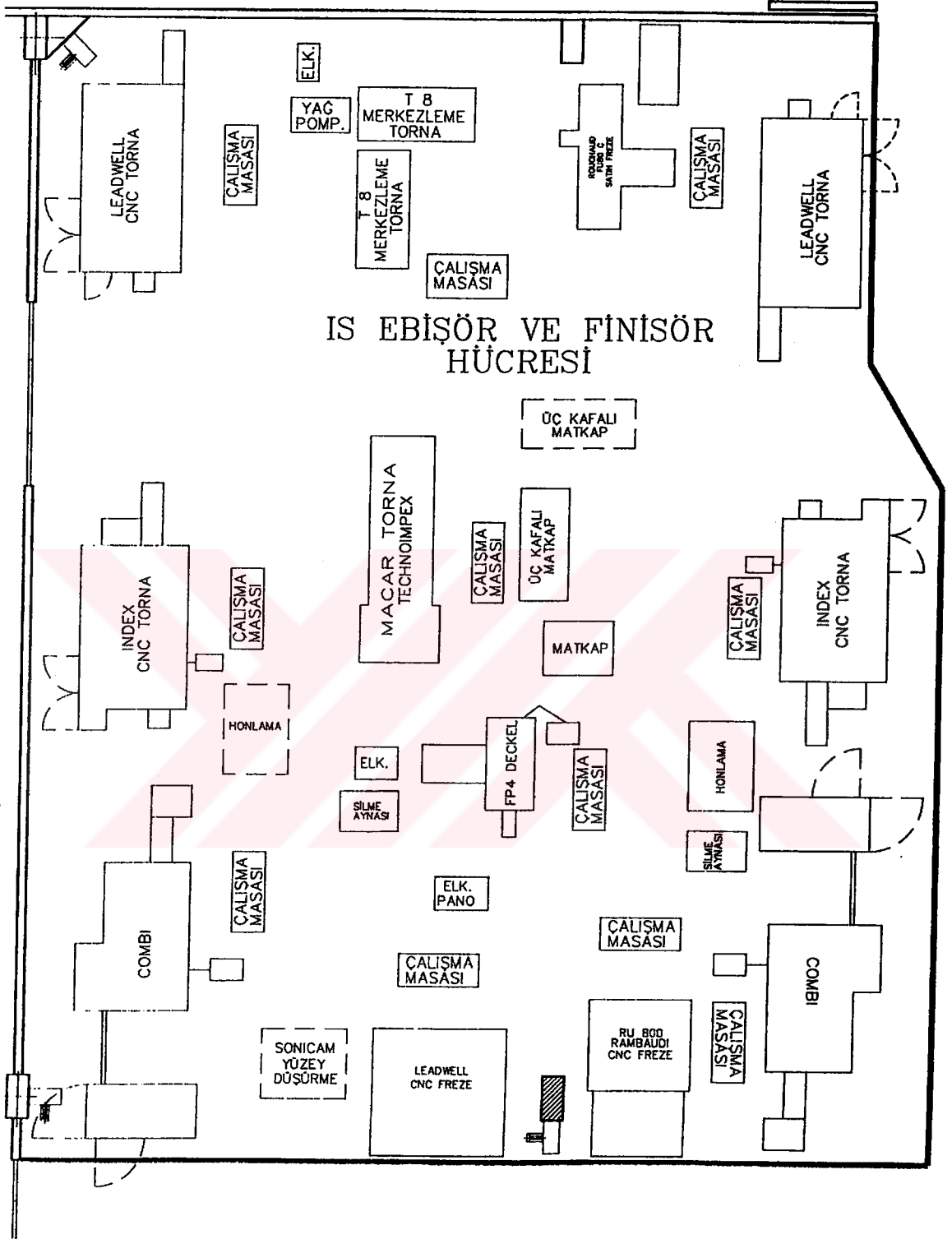
Bu tez çalışması, IS-Ebişör ve IS-Finişör hücresinde gerçekleştirildiğinden bu kısımda sadece sistemin bu hücreesine yönelik bilgi verilmiştir. Daha sonra fabrika bir taşınma süreci yaşamıştır. Tez çalışmasının asıl uygulandığı yapıya yönelik bilgi ileriki bölümlerde sunulacaktır.



Şekil 6.1 Hücresel Üretim Öncesi, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi



Şekil 6.2 Hücresel Üretim Sonrası, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi (Tarihçe)



Şekil 6.3 IS-Ebişör ve FİNİŞÖR Hücresi (Tarihçe)

6.2 Grup Teknolojisi Üretim Sisteminin Mevcut Yapısı

Üretim sisteminde toplam 1.5 yıl alan proje çalışması sonucunda hücresel üretim uygulamaları başlatılmıştır.

Bundan sonra fabrika zaman içerisinde bir taşınma süreci yaşamış olup, paralelinde yaşadığı değişimler, hücresel üretim sisteminin yeni yapısına yönelik, en uygun üretim planlama ve kontrol sistemleri ve dinamikleri araştırılmış ve buna yönelik elde edilen sonuçlar bu tez çalışmasında ortaya konmuştur.

Ele alınan sistemde üretilen “Ebişör” ve “Finişör” parçalarının teknik resimleri Şekil 6.4 ve Şekil 6.5’de sunulmuştur.

6.2.1 Parçaların İş Akışı

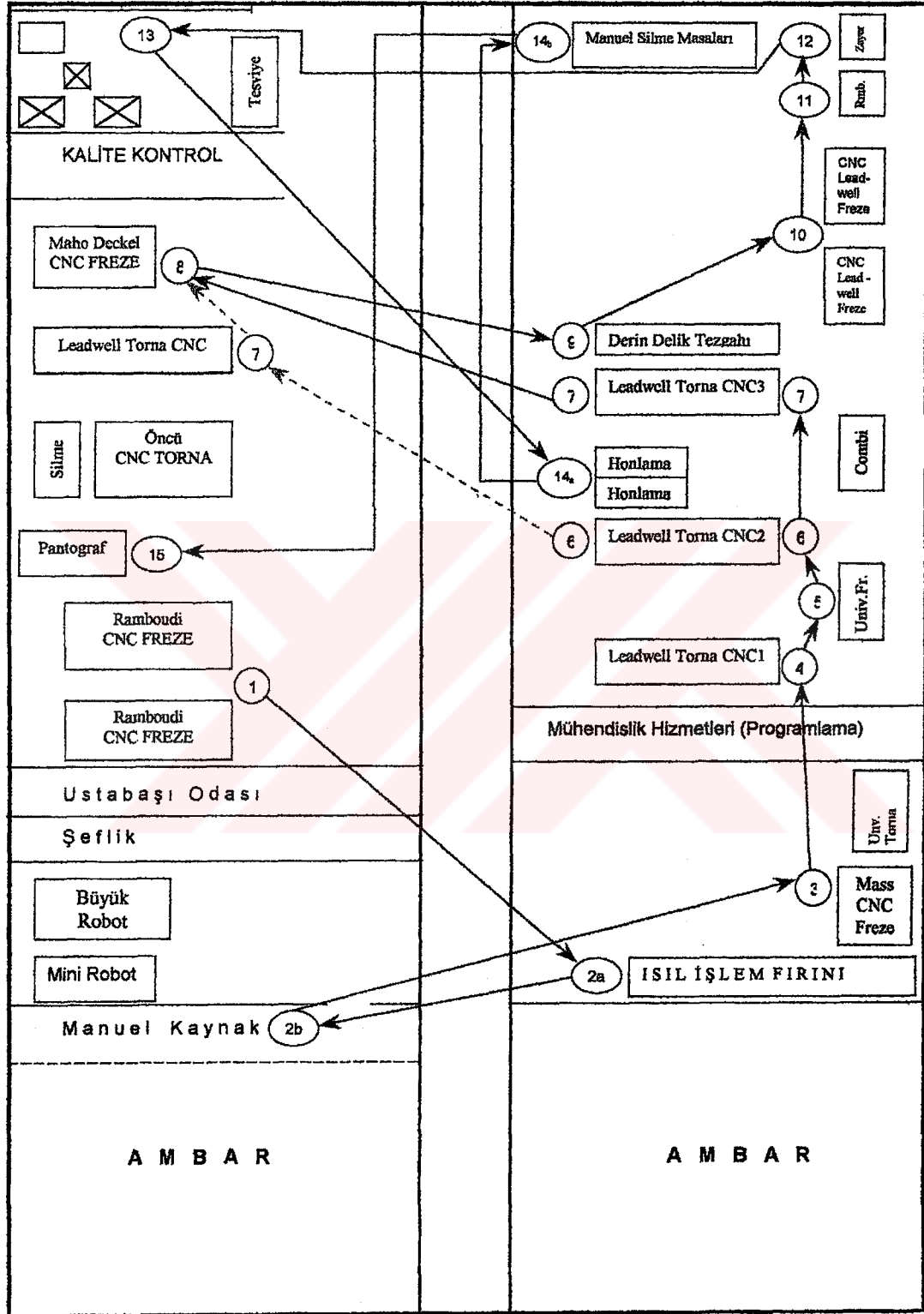
Ebişör ve finişör parçalarının iş akışı aşağıdaki gibidir.

- Girdi kontrolleri yapılan uygun boylarda kesilmiş yarım silindir bloklar (Ramboudi CNC freze) tezgahına alınır ve bu tezgahta kaynak öncesi ön boşaltma, kaynak ağzı açılması ve kaba kılavuz açılması işlemleri gerçekleştirilir,
- Kaynak işlemi gerçekleştirilir,
- (MAS freze tezgahında) kaynak sonrası üst yüzey temizleme amaçlı satıh frezeleme işlemi gerçekleştirilir, hassas klavuz açma işlemi de bu tezgahta yapılır,
- Merkezleme işlemi gerçekleştirilir. (Dış yüzey işleme)
- (Universal frezede) kulak kesme olarak tabir edilen freze operasyonu gerçekleştirilir.
- (Leadwell CNC tornada) ebişör hemde finişör kalıpları için 1.yüz işleme operasyonu gerçekleştirilir. (1.yüz işleme için tekbir tezgah ayrılmıştır.)
- Yine (Leadwell CNC tornada) ebişör ve finişör kalıplarının 2.yüz operasyonları gerçekleştirilir. (Bu operasyon için ayrılan 2 adet tezgahdan biri ebişör, diğeri ise finişör için ayrılmıştır.)

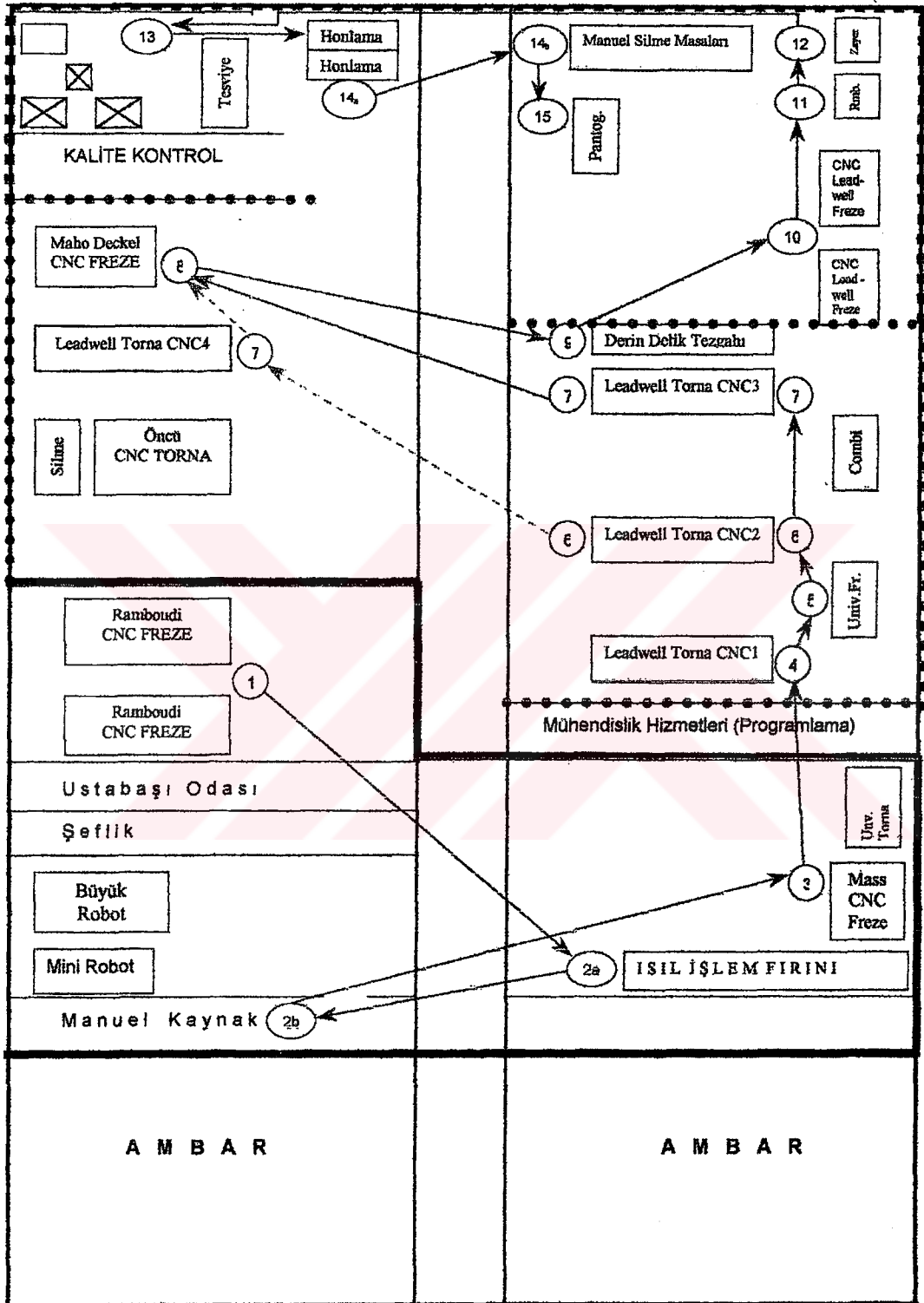
- Gravür, yan kesme, deliklerin açılması ve soğutma kanallarının açılması işlemleri de MAHO tezgahında gerçekleştirilmektedir. (Gravür finişör kalıpları için yapılmaktadır.)
- Kalıpların derin delik işlemleri (Derin Delik tezgahında) yapılmaktadır.
- Daha sonraki operasyon olan yüzey düşürme işlemi ise bu iş için ayrılmış iki (Leadwell frezede) yapılmaktadır. (Bazen delik delme işlemleri de bu aşamada yapılabilmektedir.) Ayrıca finişör kalıpları için vakum kanalı açılmaktadır.
- (Ramboudi tezgahında) açılı delik delme işlemleri yapılmaktadır.
- (Universal frezede) yüzey düşürme işlemleri yapılmaktadır.
- Tesviye ve kılavuz çekme işlemleri bu operasyonu oluşturmaktadır. Kalıbın niteliğine göre taşlama operasyonuna ihtiyaç varsa bu aşamada RS/ Sonicam tezgahı kullanılmaktadır.
- Sırasıyla honlama (a) ve manuel silme (b) işlemleri yapılmaktadır. Sonicam RS1 ve Sonicam RS2 olmak üzere birbirinin alternatifi 2 adet honlama tezgahı mevcuttur.
- Kalıp üzerinde pantograf Deckel tezgahında yapılmaktadır.
- En son operasyonu ise nihai ürün kontrolü oluşturmaktadır. (Ölçü kontrol, yüzey pürüzlülüğü ve hacim hesapları yapılmaktadır.)

Şekil 6.6 'da görülen yapı IS-Ebişör ve Finişör Hücresinin yeni düzenini göstermektedir. Bu tez çalışmasında, mevcut yapının üzerinde çeşitli yerleşim alternatifleri düşünülmüş ve “Honlama” ve “Pantagraf” operasyonlarını gerçekleştiren tezgahların yerlerinin değiştirilmesinin daha uygun olacağı ve hücre içerisinde taşınmaları azaltacağı tespit edilmiştir. Bu amaçla, **önerilen yeni yapı** Şekil 6.7’de sunulmuştur. Bu yapı ileride açıklanacağı üzere geliştirilen senaryolardan biri olan Senaryo 4’de kullanılacaktır. Mevcut hücrenin büyüklüğü de göz önünde bulundurularak, sistemin kontrol edilmesini ve yönetilmesini daha kolay hale getirmek amacıyla, ana hücre alt hücrelere bölünmüştür. Farklı bölünme alternatifleri arasından yakınlık ve U-tipi yerleşime yakın olan alt hücre bölünme yapısı seçilmiş ve Şekil 6.7’de görüldüğü gibi kesikli ve noktalı çizgilerle birbirinden ayrılmıştır.

Parçaların işlendikleri tezgahları, işleme sürelerini ve hazırlık sürelerini gösteren tablolar ise Ek A'da sunulmuştur.



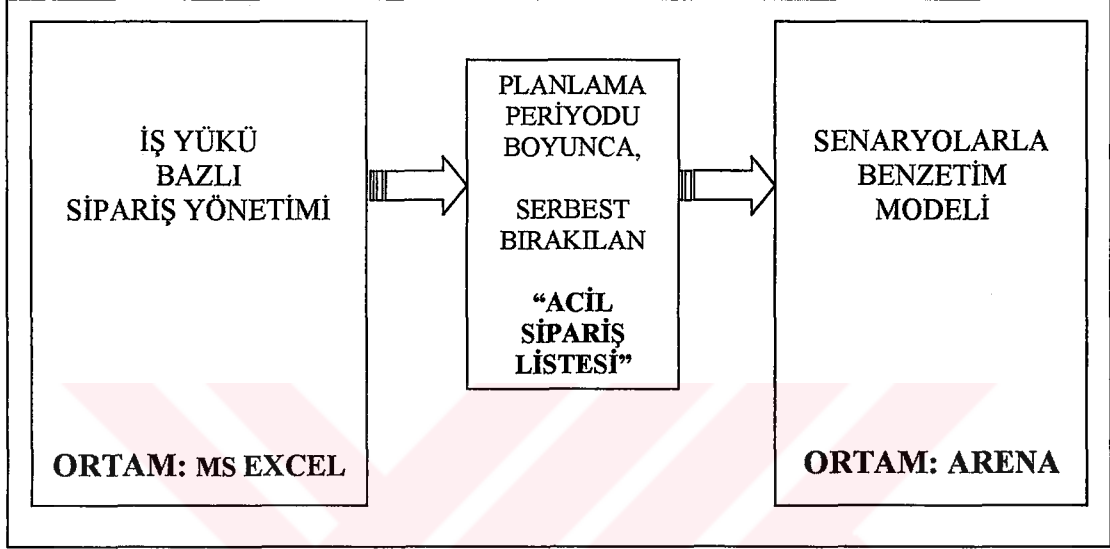
Şekil 6.6 IS-Ebişör ve Finişör Hücresi



Şekil 6.7 IS-Ebişör ve Finişör Hücresi Düzenlenmiş ve Alt Hücelere Bölünmüş Yapı

6.3 Senaryolarla Üretim Kontrolü – Sonuçlar ve Değerlendirme

Şekil 6.8’de “Senaryo 1” dışında kalan tüm senaryolar için, **İş Yüğü Bazlı İmalat Kontrolü**’ nü sağlamak üzere kurulan yapı görülmektedir. Yapının ilk kısmı, sıra bağımlı hazırlık sürelerini de göz önüne alacak şekilde Microsoft Excel ’de programlanmıştır.



Şekil 6.8 Uygulama Modelinin Yapısal Gösterimi

Üretim Planlama Bölümündeki kullanıcı, işleri ilk terminlerine göre sıralayarak, Ek B ’de görülen tüm siparişler listesinden siparişleri sırasıyla hangi işlerin üretim için serbest bırakılacağını seçmek için Tablo 6.2 ’de görülen tabloya girer.

Kurulan yapı sayesinde Tablo 6.3’ de görüldüğü gibi, her bir makina için % 150 olarak tespit edilmiş iş yükü limitleri göz önünde bulundurularak, siparişlerin iteratif bir şekilde yapıya beslenmesi ile hangi siparişlerin üretime verileceği ve hangilerinin bir sonraki planlama periyodu için ayrılacağı tespit edilir. Kurulan yapı, formülasyon ve makrolardan oluşmaktadır. İlk sipariş, Tablo 6.2’ de görülen yapıya girildikten sonra, “**Gönder**” butonuna basmak siparişin üretime verilip verilmeyeceğini anlamak için yeterlidir.

Tablo 6.2. İş Yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi – Adım 1. Acil Sipariş Listesinin Oluşturulması

sip.no	parça adı	termin	adedi	Sip.Durum
1001	Ebişör	10.10.2001	15	Siparişi Gönder
1002	Finişör	15.10.2001	15	Siparişi Gönder
1003	Ebişör	17.10.2001	10	Siparişi Gönder
1004	Ebişör	21.10.2001	5	Siparişi Gönder
1005	Finişör	27.10.2001	15	Siparişi Gönder
1006	Finişör	28.10.2001	20	Siparişi Gönder
1007	Ebişör	30.10.2001	25	Bloke Et
1008	Ebişör	30.10.2001	15	Bloke Et
1009	Finişör	01.11.2001	20	Siparişi Gönder
1010	Finişör	02.11.2001	25	Siparişi Gönder
toplam	ebişör		70	
toplam	finişör		95	
Planlama periyodu boyunca				7
tezgah başına hazırlık sayısı				6

Diğer siparişlerde sırasıyla işlenerek her seferinde “Gönder” butonuna basılarak iş emri hazırlanacak siparişler tespit edilmektedir. Senaryo 1 dışında, geliştirilen dört senaryo için de toplam 20 sipariş Excel’e beslenmiştir. İş yüğü bazlı sipariş yönetimi sonrasında planlama periyodu için 15 siparişin üretime gönderilmesine izin verilmiştir. Senaryo 1 ise, 20 siparişe ait sonuçları içermektedir.

Eldeki tüm siparişlerin girilmesi sonucunda “Bitir” butonuna basılması, ilgili planlama periyodu için üretime verilecek sipariş listesini oluşturmaktadır. Arena 3.0 benzetim programı daha sonra “.txt” uzantılı olarak kaydedilen bu dosyadan üretilecek parça miktarlarını “Read” komutu yardımıyla koşum sırasında otomatik olarak okuyacak ve “Arrive” komutu ile üretime besleyecektir. Arena’da geliştirilen beş modele ait senaryo yapıları Ek C’de sunulmuştur. Arena’da benzetim modelleri geliştirilirken program SIMAN kodunu oluşturmaktadır. Ancak kodlar oldukça uzun olduğu için bu tez çalışmasına eklenmemiştir.

Tablo 6.3 İş Yüğü - Kapasite Dengeleme

Gönder	tezgah işyükü dağılım tablosu													
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14
Ebişör Yüğü	4500	3750	3125	2250	2250	1500	3750	3750	7500	3750	3750	3750	3750	1500
Finisör Yüğü	5400	4500	3750	2700	2700	1800	4500	4500	9000	4500	4500	4500	4500	1800
Hazır. Süresi	480	480	480	480	240	480	480	240	480	720	24	24	8	40
Başlg. Stoğu	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	10880	9230	7855	5930	5690	4280	9230	8990	17480	9470	8774	8774	8758	3840
Limit-1 (dk.)	32400	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200
Durum	G	G	G	G	G	G	G	G	B	G	G	G	G	G

G : Aktarıya Gönder
B : Bloke et

Planlama Periyodu Parametreleri

Planlama Periy. (hafta): 2 hafta
Günlük Çalışma Saati : 15 saat
Haftalık Çalışma Günü: 6 gün
Top. Çalışma Süresi 10.800 dak.

Bitiir

6.4 Planlama Periyodu Sonunda Elde Edilen Sonuçlar

Senaryo 1 iş yüğü – kapasite kontrolü yapılmaksızın modellenerek simule edilmiştir. Tüm senaryolara ilişkin benzetim sonuçları düzenlenerek **Ek D**'de sunulmuştur.

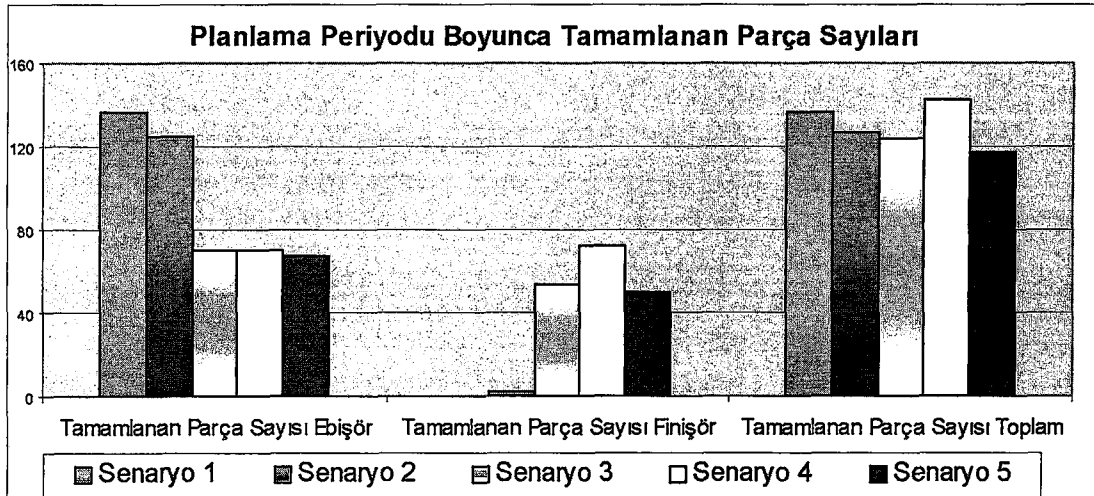
Benzetim 10.800 dak. olan iki haftalık planlama periyodunda kesilmiş ve sonuçlara ilişkin değerler elde edilmiştir. Daha sonra benzetim modeline kaldığı yerden devam edilerek, tüm parçaların imalatının tamamlanması beklenmiş ve yine sonuçlar toplanarak değerlendirilmiştir. Microsoft Excel'de ve Arena'da kurulan yapı sıra bağımlı hazırlık sürelerini göz önünde bulunduracak şekilde modellenmiştir. Bu özellik, Arena'da “**Server**” modülüne ait dışsal mantık (**İng: External Logic**) özelliği ile sağlanmıştır. Arena 'da “**Statistics**” modülü ile toplanan sonuçlar Tablo 6.4 'de sunulmuştur.

Sunulan performans kriterleri içinde temin süresi ve proses içi stok seviyeleri önemli kriterler arasında yer almaktadır.

Tablo 6.4 Planlama Periyoduna İlişkin Sonuç Tablosu.

Performans Ölçütü	Birim	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Planlama Periyodu Boyunca Emirlerin	Dakika	10.800	10.800	10.800	10.800	10.800
Tamamlanma Süresi	Gün	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
IS-Ebişör Terin Süresi	Dakika	4.958	5.008	5.900	5.667	6.504
	Gün	5,5	5,6	6,6	6,3	7,2
IS-Finişör Terin Süresi	Dakika		10.740	4.936	6.295	5.376
	Gün		11,9	5,5	7,0	6,0
IS-Ebişör Çevrim Süresi	Dakika	76	82	146	121	145
	Gün	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
IS-Finişör Çevrim Süresi	Dakika		57	172	122	111
	Gün		0,1	0,2	0,1	0,1
Makina Kullanım Yüzdeleeri	Dakika	63,3%	60,9%	60,7%	39,3%	59,5%
Makina Başına Ort. Bekleme Süreleri	Dakika	747	737	704	5	9
Makina Başına Ort. Kuyruk Uzunluğu	Adet	15,6	11,7	12,0	0,1	0,1
Kuyruktaki Ort. Parça Sayısı	Adet	0,20	0,21	0,24	0,05	0,27

Senaryo 1 'de verimlilik kriteri ön plana çıkarılmak istenirken, aslında müşteri beklentileri ikinci plana itilmektedir. Makina kullanım oranlarının yüksek tutulması dar boğaz makina olmadıkça verimlilikle ilişkilendirilmemelidir. Bu senaryoda planlama periyodu boyunca hiç finişör parçası üretilmemiş ve belki de termini henüz gelmemiş olan ebişör siparişleri yüzünden, finişör parçalarını talep eden müşteriler geç teslim ile karşı karşıya kalmışlardır. Başlangıçta, imalat açısından mantıklı görünen bu yaklaşım, gerçekte belki de müşteri kaybına yol açacaktır, bu durum günümüz koşullarında son derece yanlış bir strateji olarak değerlendirilmelidir.

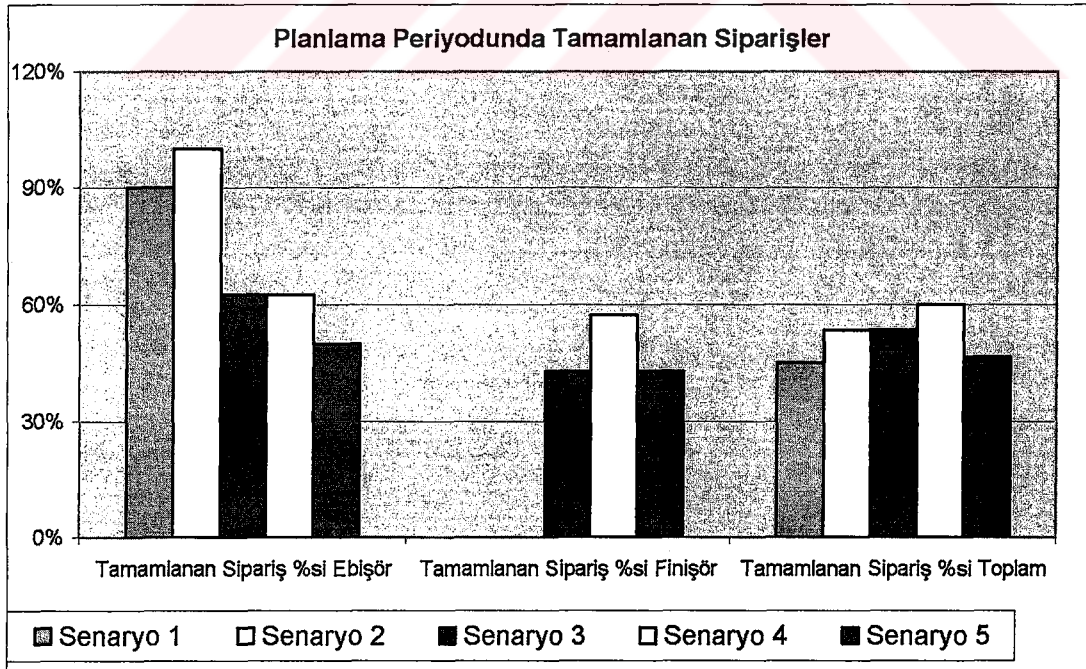


Şekil 6.9 Planlama Periyodu Boyunca Üretilen Parça Sayıları

Senaryo 1 'de olduğu gibi, yine sipariş birleştirilmesine gidilen Senaryo 2 'de planlama aşamasında yük bazlı sipariş yönetimi yapıldığı için müşteri açısından Senaryo 1 'e göre kısmen daha iyi sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Senaryo 3 sipariş birleştirme yapılmadan itme sistemini temsil etmektedir. Bu senaryoda toplamda Senaryo 4 'e göre daha az sayıda parça tamamlanırken Senaryo 5 'e göre bir miktar daha fazla sayıda parça üretilmesi mümkün olmuştur. (Tablo 6.5)

Tablo 6.5 Planlama Periyodunda Üretilen Parça - Sipariş Sayıları ve Yüzdeleri

		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Üretilen Parça Sayısı	Ebişör	137	125	70	70	67
	Finişör	0	2	54	72	50
	Toplam	137	127	124	142	117
Karşılana Sipariş Sayısı	Ebişör	9	8	5	5	4
	Finişör	0	0	3	4	3
	Toplam	9	8	8	9	7
Toplam Sipariş Sayısı	Ebişör	10	8	8	8	8
	Finişör	10	7	7	7	7
	Toplam	20	15	15	15	15
Karşılana Sipariş Yüzdesi (%)	Ebişör	90%	100%	63%	63%	50%
	Finişör	0%	0%	43%	57%	43%
	Toplam	45%	53%	53%	60%	47%

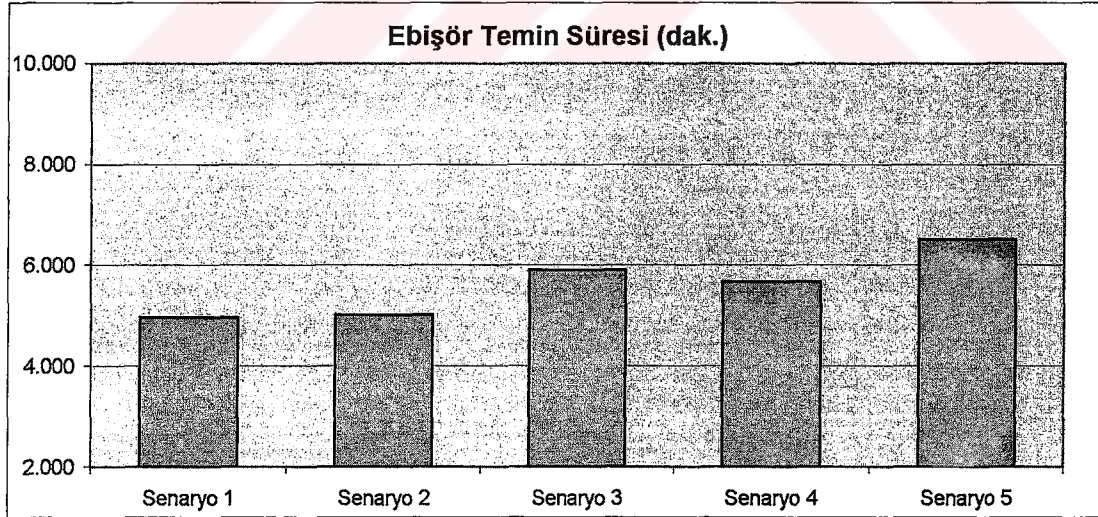


Şekil 6.10 Planlama Periyodu Boyunca Tamamlanan Sipariş Yüzdeleri (%)

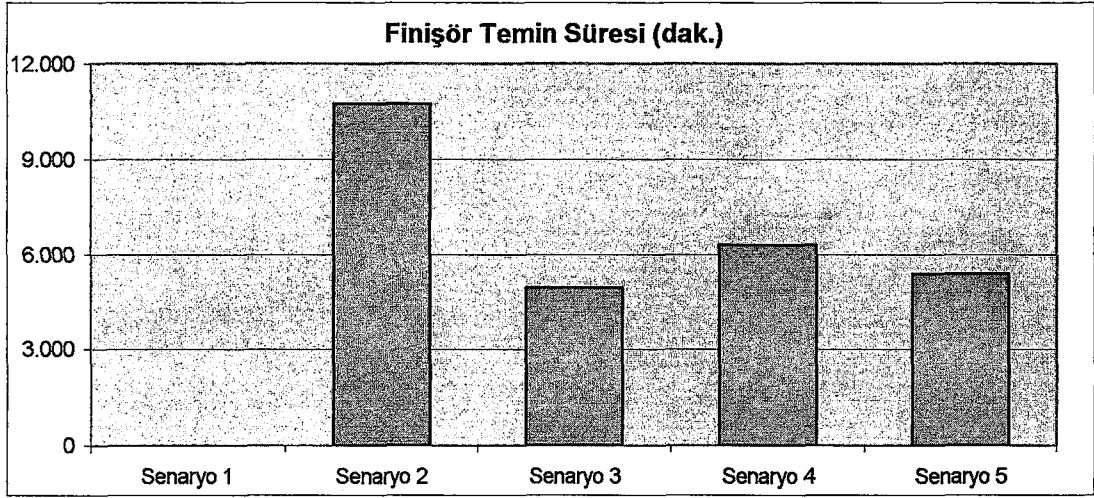
Şekil 6.10’da görülen, planlama periyodu boyunca tamamlanan sipariş yüzdeleri karşılaştırıldığında ise, 1 nolu Senaryonun diğer senaryolara göre daha fazla sayıda sipariş içermesine rağmen neredeyse eldeki ebişör siparişlerinin %90’ nını karşıladığı ancak buna karşın hiç bir finişör siparişini teslim edemediği görülmektedir. Yine aynı şekilde Senaryo 2, mevcut tüm ebişör siparişlerini planlama periyodunda karşılamış, ancak Senaryo 1 gibi hiç bir finişör siparişine cevap verememiştir. Sipariş birleştirme bu anlamda bu iki senaryo için de sakınca doğurmuştur.

Önce iş yükü bazlı sipariş yönetimi uygulanan, İtme ve çekme sistemlerinin birleşiminden oluşan karma yapıya sahip olan “**Conwip**” bazlı Senaryo 4’ ün ise diğer senaryolara göre daha fazla sayıda siparişe cevap verdiği görülmektedir. Tamamen çekme sistemi prensibine göre kurulan ve bir makinadan diğerine parça iletiminde **tek kart kanban sistemini** kullanan Senaryo 5 ise, en az sayıda siparişe cevap veren Senaryo olmuştur, ancak yine de müşteri açısından Senaryo 1 ve Senaryo 2 ’ye göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

Çekme sistemi müşteri önceliklerini göz önünde bulundurur. Buna karşın, makine hazırlık süreleri azaldıkça sistemin esnekliği artar ve çekme sisteminin avantajları daha fazla ortaya çıkar.

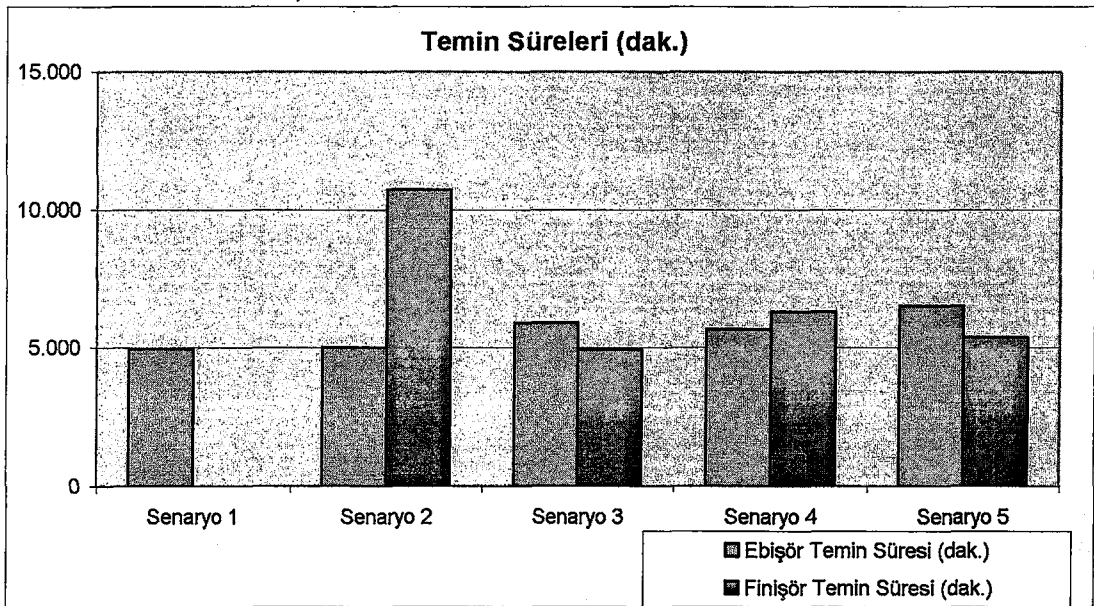


Şekil 6.11 Planlama Periyodu Boyunca Ebişör Temin Süreleri



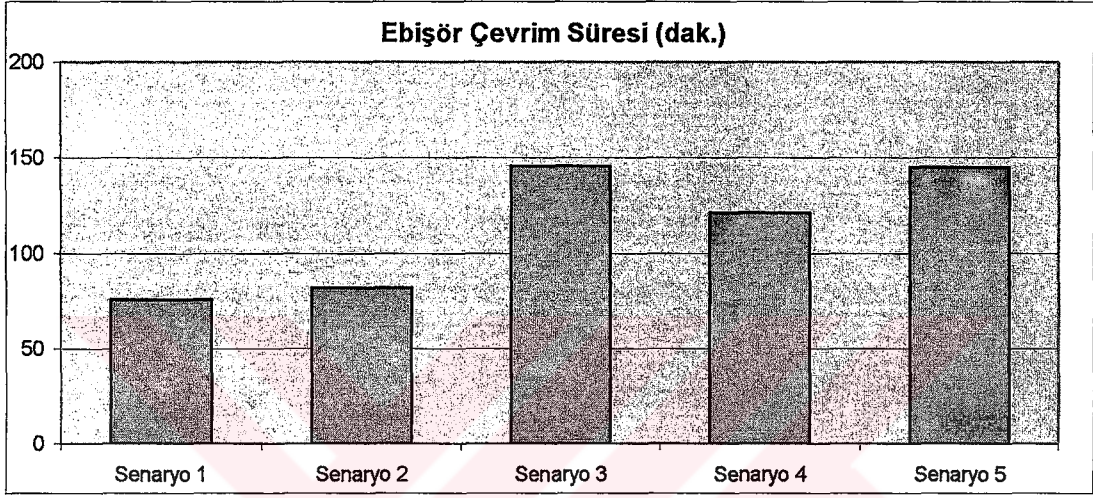
Şekil 6.12 Planlama Periyodu Boyunca Finişör Temin Süreleri

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12 'de görülen, parça temin süreleri açısından senaryolar değerlendirildiğinde; Senaryo1 'de Ebişör temin süresi düşük çıkarken, parti birleştirme sonucu uzun bekleme sürelerinden dolayı , finişör temin süreci ile ilgili veri elde edilememiştir. Senaryo 1 yukarıda da açıklandığı üzere, müşteri beklentilerine odaklaşma yerine verimlilik kavramının ön planda tutulmaya çalışıldığı bir senaryo olmuştur. Yine Senaryo 2'de parti birleştirme yoluna gidilmiş ancak planlama aşamasında yük dengelemesi yapıldığı için Senaryo 1 'e göre daha iyi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Yine de ebişör ve finişör parça temin süreleri dengesiz bir yapıdadır. Finişör parçaları imalat için ebişör siparişlerini beklediği için uzun temin süreleri karşımıza çıkmaktadır.

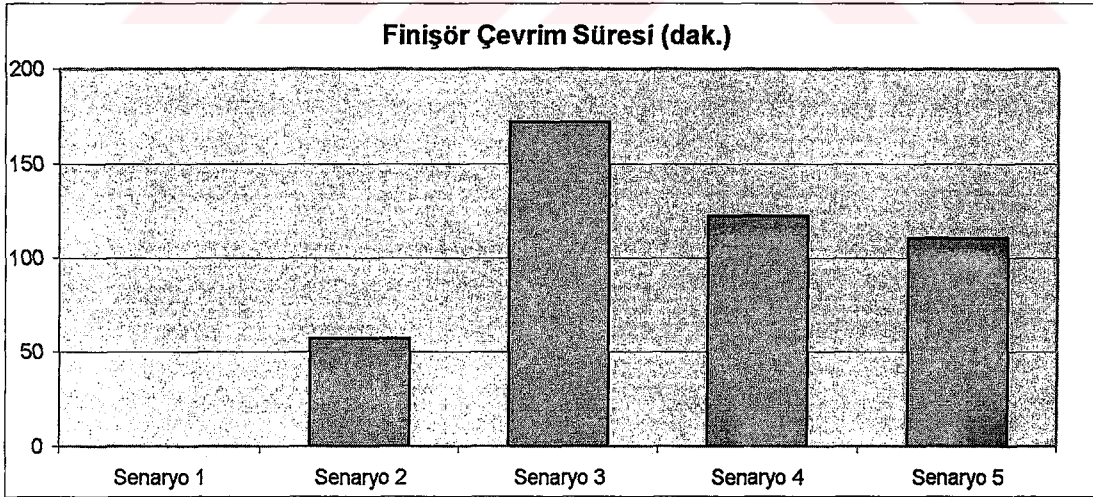


Şekil 6.13 Planlama Periyodu Boyunca Ebişör-Finişör Temin Süreleri Karşılaştırması

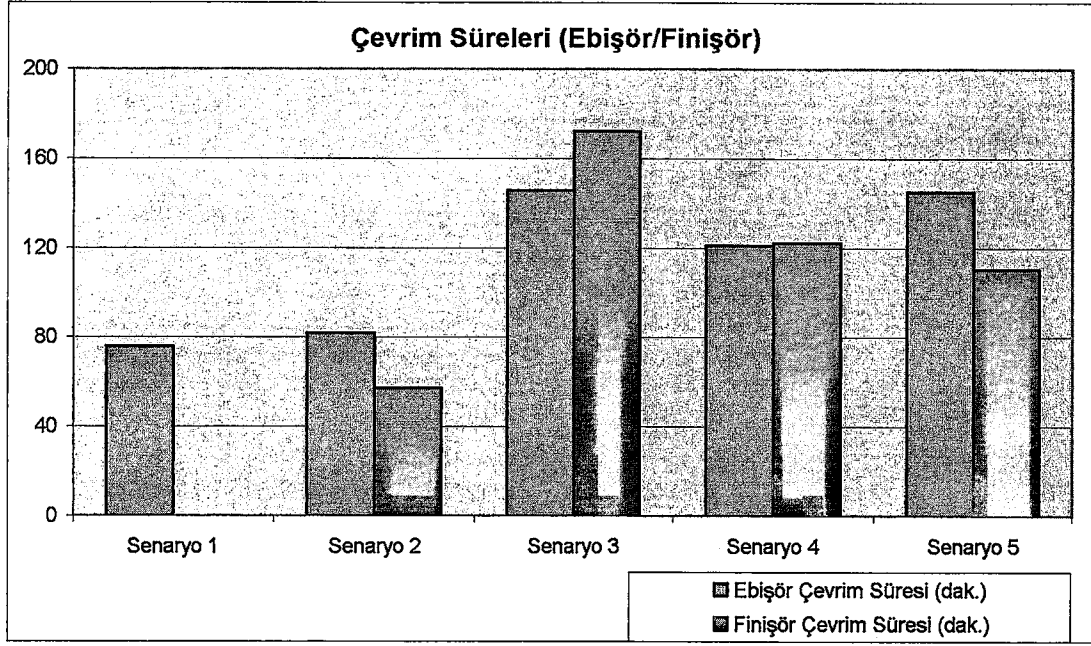
Şekil 6.14 ve Şekil 6.15 'de sonuçları görülen, çevrim süresi ise karşılaştırma için gerçek anlamda bir performans ölçütü olarak değerlendirilmese de, imalat özelliklerine ilişkin yorum yapmak için değerlidir. Çevrim süresi, basitçe, imalat sisteminin sonunda bekleyen bir kişinin, kaç dakikada bir parçanın sistemden çıktığını kestirebilmesine yardımcı olmaktadır. Diğer bir deyişle, örneğin, ebişör parçası için 4. Senaryo' da "146 dak." olarak okunan çevrim süresi değeri, sistemden ortalama "146 dakikada" bir ebişör parçası çıktığını ifade etmektedir.



Şekil 6.14 Planlama Periyodu Boyunca Ebişör Çevrim Süreleri

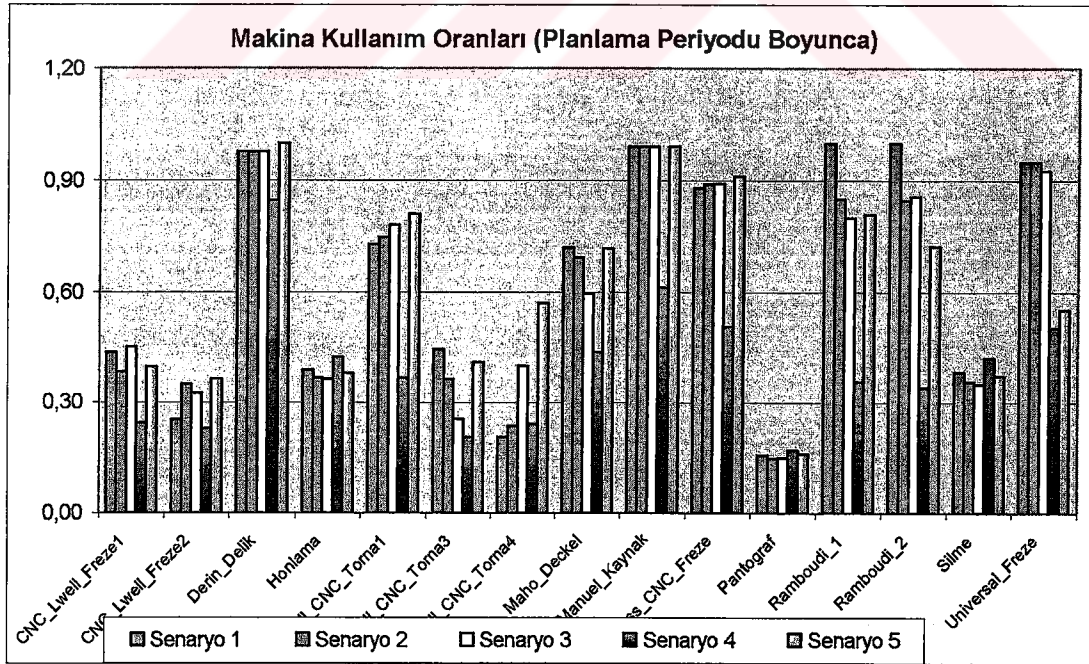


Şekil 6.15 Planlama Periyodu Boyunca Finişör Çevrim Süreleri

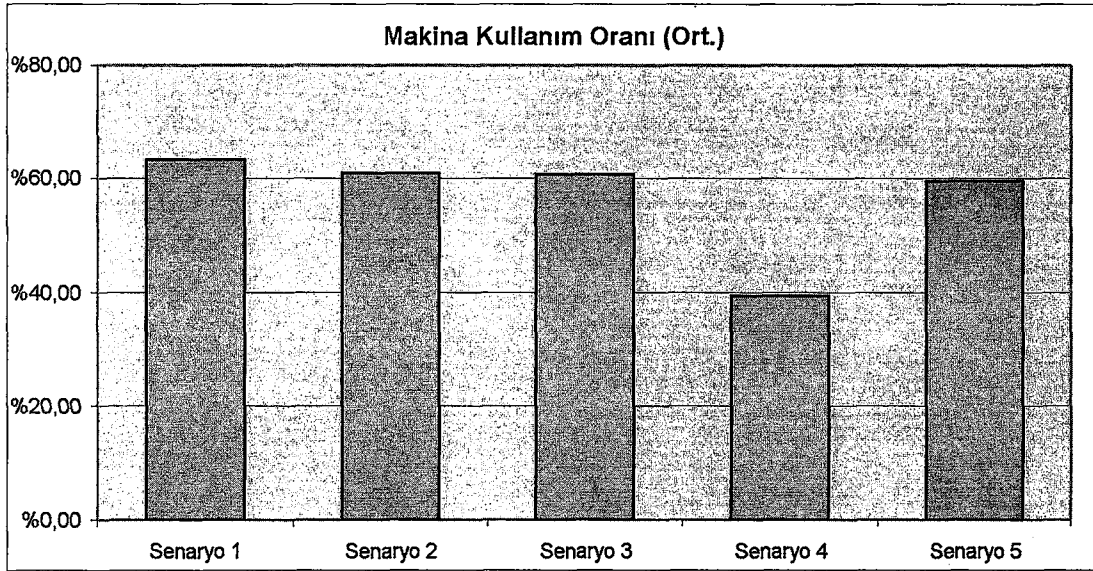


Şekil 6.16 Planlama Periyodu Boyunca Ebişör – Finişör Çevrim Süreleri Karşılaştırması

Makina kullanım oranları ise, bir başka performans kriteri olarak değerlendirilebilir. Makina bazında bu kritere ilişkin benzetim sonuçları Şekil 6.17 'de sunulmuştur.



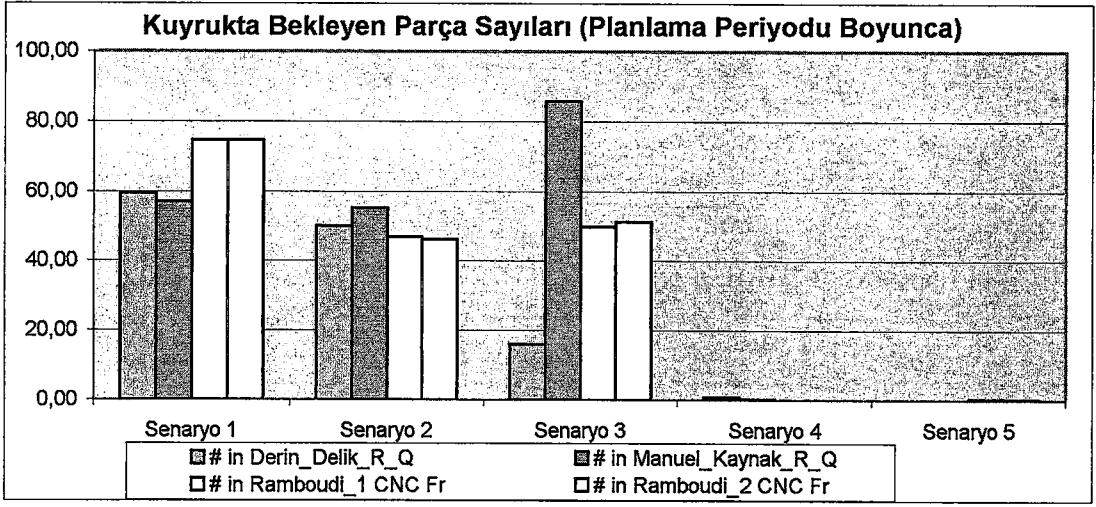
Şekil 6.17 Planlama Periyodunda Makina Kullanım Oranları



Şekil 6.18 Planlama Periyodunda Senaryo Bazında Ort. Makina Kullanım Oranları

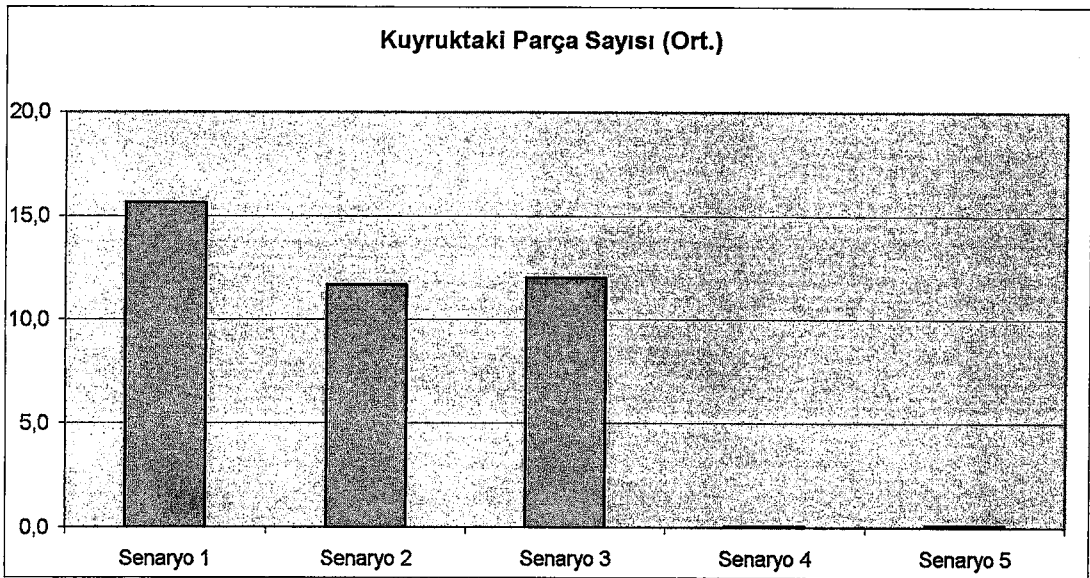
Şekil 6.18 'de gösterilen senaryo bazında makina kullanım oranlarının ortalaması, bu kriter açısından daha iyi fikir sahibi olmamıza yardımcı olacaktır. Senaryo 1 beklendiği gibi, planlama periyodu boyunca bu kriter açısından en başarılı senaryo olarak göze çarpmaktadır.

Planlama periyodu boyunca işletilen bütün senaryolar için, makina bazında **kuyrukta bekleyen parça sayıları** ise aşağıda Şekil 6.19 'da gösterilmiştir. İlk üç senaryoda toplam dört makina önünde kuyruk olduğu görülürken, çekme sistemlerinin kullanıldığı Senaryo 4 ve 5 'de makina önlerinde kuyruk oluşmamıştır. İlk üç senaryoda, "Derin Delik", "Manuel Kaynak" ve "Ramboudi CNC Freze" tezgahları **darboğaz** oluşturmaktadır.



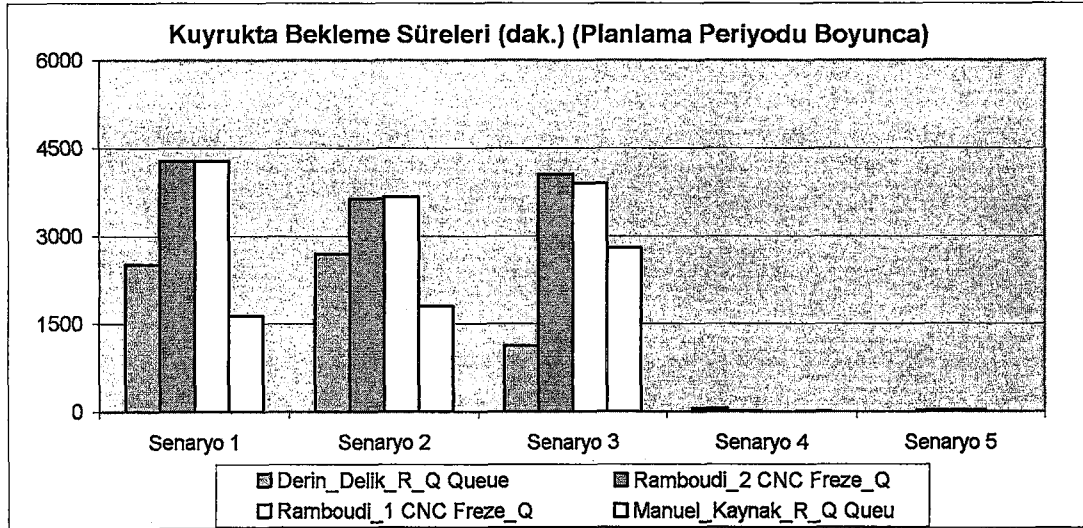
Şekil 6.19 Planlama Periyodunda Makine Bazında Kuyrukta Bekleyen Parça Sayıları

Kuyrukta bekleyen parça sayılarının yüksek olması, yüksek proses içi stok demek olup, bu Bölüm 1 'de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi **muda** (israf) anlamına gelmektedir. Bu kriter senaryoların karşılaştırılmasında önemli bir kriter olarak değerlendirilmelidir. Kuyrukta bekleyen parça sayılarının daha kolay bir şekilde yorumlanabilmesi için, senaryo bazında kuyrukta bekleyen parça sayılarının ortalaması alınarak Şekil 6.20 'de sunulmuştur. Ortalama kuyrukta bekleyen parça sayısı sırasıyla, Senaryo 1 'de "15,6", Senaryo 3 ' de "12", ve Senaryo 2 'de "11,7" olarak gerçekleşmiştir. Çekme sistemini kullanan Senaryo 4 ve 5 'de ortalama kuyrukta bekleyen parça sayısı "1" den küçük olarak gerçekleşmiştir.



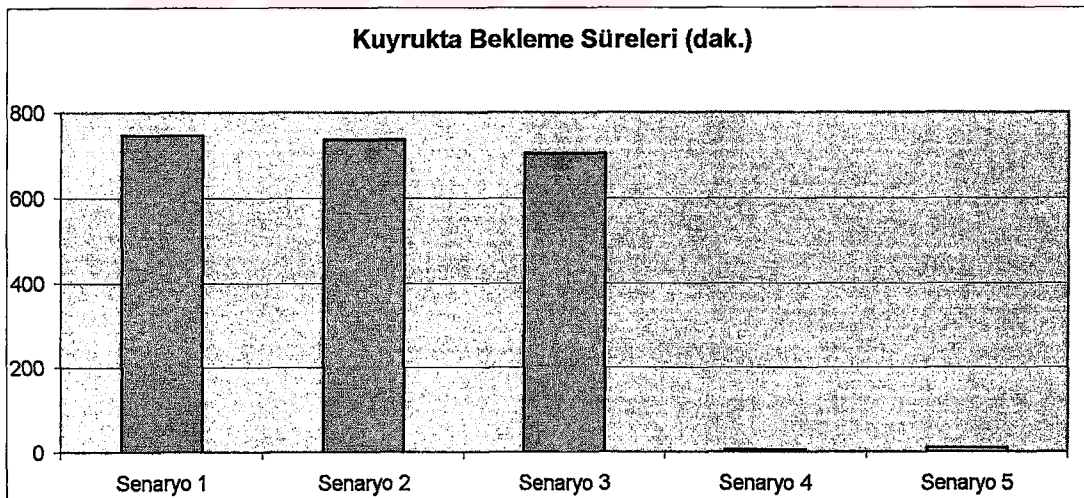
Şekil 6.20 Planlama Periyodu Boyunca Senaryo Bazında Kuyruktaki Ort. Parça Sayıları

İlk üç senaryoda dar boğaz olarak ortaya çıkan “Derin Delik”, “Manuel Kaynak” ve “Ramboudi CNC Freze” tezgahlarında kuyrukta bekleme süreleri ise Şekil 6.21 ’de sunulduğu gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 6.21 Planlama Periyodu Boyunca Kuyrukta Bekleme Süreleri

Ramboudi CNC Freze tezgahlarında, Senaryo 1 ve 3 ’de toplamda 4000 dak. aşan kuyrukta bekleme süreleri ortaya çıkmıştır. Kuyrukta bekleme süreleri, ortalamada ise ilk üç senaryo için 700 dakikayı aşmıştır. (Şekil 6.22)



Şekil 6.22 Planlama Periyodu Boyunca Ortalama Kuyrukta Bekleme Süreleri

Bu çalışmada geliştirilen senaryolardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde birden fazla performans ölçütü kullanılmıştır. Doğru bir değerlendirme yapmak için, herbir ölçüt için hangi senaryonun daha etkin sonuç verdiğini ayrı ayrı tartışmak ya da bunları ortak bir payda altında toplayarak genel bir yargıya varmak gerekmektedir. Planlama periyodunda elde edilen sonuçlara göre özetle her iki bakış açısı da aşağıda değerlendirilmiştir.

- **Senaryo 1:** İş yükü bazlı sipariş yönetiminin kullanılmadığı, sipariş birleştirmeye izin veren ve diğer senaryolardan farklı sipariş kümesi ile işletilen itme bazlı Senaryo 1, makine kullanım oranı açısından en başarılı senaryo olarak göze çarpmaktadır. Ancak yine de darboğaz makinelerin ne kadar etkin kullanıldığı değerlendirmede asıl önemli noktadır. Ebişör parçası dikkate alındığında temin ve çevrim süreleri açısından en başarılı senaryo olarak gözükse de, etkin bir kontrol politikası tüm parça tipleri için iyi sonuçlar veren bir yapı da olmalıdır. Bu anlamda, planlama periyodunda tek bir finişör parçasını bile üretemeyen bu senaryo için temin süresi ve çevrim süresi açısından başarılıdır demek mümkün değildir. Diğer taraftan yüksek stok seviyeleri de göze çarpmaktadır.
- **Senaryo 2:** İş yükü bazlı sipariş yönetimi uygulanan ve sipariş birleştirmeye izin veren bu senaryo, makine kullanım oranı açısından en başarılı ikinci senaryo olarak göze çarpmaktadır. Yine Senaryo 1 gibi, Ebişör parçası dikkate alındığında temin ve çevrim süreleri açısından en başarılı ikinci senaryo olarak göze çarpsa da, imalat sisteminin bütünü düşünüldüğünde planlama periyodunda sadece 2 adet finişör parçası üretebilmiştir. Bu anlamda, temin ve çevrim süreleri açısından başarılı değildir. Diğer taraftan bu senaryoda da yüksek stok seviyeleri de görülmektedir.
- **Senaryo 3:** İş yükü bazlı sipariş yönetimi uygulanan ve sipariş birleştirmeye izin vermeyen senaryo 3, itme senaryoları içerisinde en başarılı sonuçları veren senaryodur. Özellikle temin süresi açısından tüm senaryolar içerisinde en başarılı senaryodur. Yine sipariş karşılama yüzdesi açısından da başarılıdır. Temin süresi açısından en başarılı ikinci senaryo olan Senaryo 4, temin süresinin değişkenliği göze alındığında en başarılı senaryodur. Makine başına ortalama bekleme süreleri ve makine başına ortalama kuyruk uzunluğu ölçütleri açısından değerlendirme yapıldığında ise, bu senaryonun diğer itme

senaryolarına göre başarılı sonuçlar verdiği izlenmektedir. Ancak çekme bazlı yapılandırılan Senaryo 4 ve Senaryo 5'in gerisinde kalmıştır.

- **Senaryo 4:** Bu çalışmada önerilen senaryo olan 4 nolu senaryo, CONWIP bazlı karma yapıya sahiptir. Bu senaryoda, iş yükü bazlı sipariş yönetimi uygulanmış olup sipariş birleştirmeye izin verilmemiştir. Senaryo 4, sipariş karşılama yüzdeleri, ortalama çevrim süresi, makine başına ortalama bekleme süreleri ve makine başına ortalama kuyruk uzunluğu ölçütleri dikkate alındığında en başarılı senaryo olarak göze çarpmaktadır. Temin süresi açısından, diğer çekme sistemi Senaryo 5 ile çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Senaryo 4, temin süresinin değişkenliği en düşük senaryodur. Bu senaryo, diğer senaryolara göre dikkate alınan performans ölçütleri doğrultusunda en iyi sonuçları veren senaryo olarak değerlendirilmelidir.
- **Senaryo 5:** İş yükü bazlı sipariş yönetimi uygulanmış olup, sipariş birleştirmeye izin verilmeyen tek kart Kanban sistemine göre yapılandırılmış olan Senaryo 5, çevrim süresi, makine başına ortalama bekleme süreleri ve makine başına ortalama kuyruk uzunluğu ölçütleri açısından Senaryo 4'den sonra en başarılı senaryo olarak göze çarpmaktadır. Sipariş karşılama yüzdeleri itme sistemine göre yapılandırılmış ilk iki senaryodan daha başarılı sonuçlar elde edilmiş olsa da, Senaryo 3 ve Senaryo 4'ün gerisinde kalmıştır.

Yukarıda ifade edildiği üzere, herbir performans ölçütünü ortak bir payda altında toplayarak, uygulanan kontrol politikalarından en etkin olanının seçilmesi amacıyla aşağıdaki analiz yapılmıştır. İlk olarak, göz önüne alınan performans ölçütleri aşağıdaki gibi ağırlıklandırılmıştır.

- Sipariş karşılama yüzdesi: %25
- Ortalama temin süresi: %20
- Ortalama temin süresi değişkenliği: %15
- Makine başına ortalama bekleme süreleri : %15
- Makine başına ortalama kuyruk uzunluğu: %15
- Ortalama çevrim süresi: %5
- Makine kullanım oranı: %5

Daha sonra her bir senaryo yukarıdaki yedi performans ölçütü açısından elde ettikleri sonuçlara göre değerlendirilmiştir. Senaryolardan elde edilen sonuçlar, ölçüt bazında başarılıdan başarısza doğru sıralanmış ve Likert skalasına göre en başarılı senaryoya “5 puan” ve en başarısız senaryoya “1 puan” verilmek suretiyle aşağıdaki matris oluşturulmuştur. (Tablo 6.6) Tablodaki, **“toplam puan”** her bir senaryonun tüm ölçütlerden aldığı puanların toplamını ifade ederken, **“ağırlıklandırılmış toplam puan”** her bir senaryonun her bir ölçütten aldığı puanların ilgili ölçüte yukarıda verilen ağırlıklar ile çarpılarak toplanmış halini ifade etmektedir.

Tablo 6.6 Senaryo Değerlendirme Puan Tablosu

Değerlendirme Ölçütü	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Sipariş Karşılama Yüzdesi	2	1	4	5	3
Ortalama Temin Süresi	1	2	5	3	4
Ortalama Temin Süresi Değişkenliği	1	2	4	5	3
Makina Başına Ort.Bekleme Süreleri	1	2	3	5	4
Makina Başına Ort.Kuyruk Uzunluğu	1	3	2	5	4
Ortalama Çevrim Süresi	1	3	2	5	4
Makina Kullanım Oranı	5	4	3	1	2
Toplam Puan	12	17	23	29	24
Toplam Ağırlıklandırılmış Puan	1,45	2,05	3,60	4,40	3,50

Yapılandırılan tablo analiz edildiğinde, çekme sistemine göre yapılandırılan senaryoların, itme sistemine göre yapılandırılan senaryolara göre makine başına ort. bekleme süreleri ve makine başına ort. kuyruk uzunluğu ölçütleri açısından daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini söylemek mümkündür. Tüm senaryolar içerisinde en başarılı senaryo, bu çalışmada önerilen senaryo olan Senaryo 4’dür. Senaryo 5 ve Senaryo 3 birbirlerine çok yakın sonuçlar elde etmişlerdir. Tüm ölçütlerin eşit ağırlıkta olduğu düşünüldüğünde, Senaryo 5’in daha etkin olduğu söylenebilecekken, ölçütlerde önem derecesine göre ağırlıklandırma yapıldığında, Senaryo 3 çok az bir farkla da olsa daha fazla puan toplamıştır. Senaryo 1, beklendiği gibi en zayıf performansı gösteren yapı olmuştur. Bu anlamda, kontrol politikası ister itme ister çekme sistemine göre yapılandırılmış olsun, iş yükü bazlı sipariş sistemini uygulamak fayda sağlamıştır. Yine bir başka çıkarım, sipariş birleştirmenin müşteri ve stok seviyeleri açısından olumsuz sonuçlar doğurduğudur. Doğru malı, doğru zamanda teslim etmek için, sipariş birleştirme yoluyla verimlilik aramak yerine, hazırlık sürelerinin düşürülerek verimlilik ve esnekliğin imalat sistemine kazandırılması faydalı olacaktır.

6.5 Tüm Siparişlerin Tamamlanma Süresi Sonunda Elde Edilen Sonuçlar

Planlama periyodu sonrasında, benzetim tüm siparişlere ait parçalar tamamlanıncaya kadar işletilmeye devam edilmiş ve senaryolara ilişkin sonuçlar toplanarak aşağıda tablo (Tablo 6.7 ve Tablo 6.8) ve grafiklerle özetlenmiştir.

Senaryo 1 dışında kalan tüm senaryolar, “8 tanesi ebişör olmak üzere, toplam 15 siparişe ait 125’i ebişör toplam 275 parça” ile benzetim modeline alınmıştır. Senaryo 1’ de ise, planlama aşamasında yük kontrolü yapılmadığından, elde bulunan “20 siparişin tamamı üretime gönderilmiş ve toplamda 160’ı ebişör 350 parçanın imalatı” gerçekleştirilmiştir.

Bu anlamda, iki haftalık planlama periyodu boyunca elde edilen sonuçları karşılaştırmak ve bunları performans kriterleri açısından yorumlamak anlamlı olurken, tüm parçaların tamamlanmasını mütakip elde edilen sonuçları karşılaştırmak Senaryo 1 açısından eşit olmayan benzetim koşulları nedeniyle bazı performans kriterleri için anlamlı olmayacaktır. Buna rağmen, sadece fikir vermesi açısından Senaryo 1’de elde edilen sonuçlar sunulmakta ancak belirli performans kriterleri açısından diğer senaryolarla karşılaştırması yapılmamakta ve yorumlanmamaktadır.

Tablo 6.7 Tüm Parçaların Tamamlanması Sonunda Elde Edilen Benzetim Sonuçları

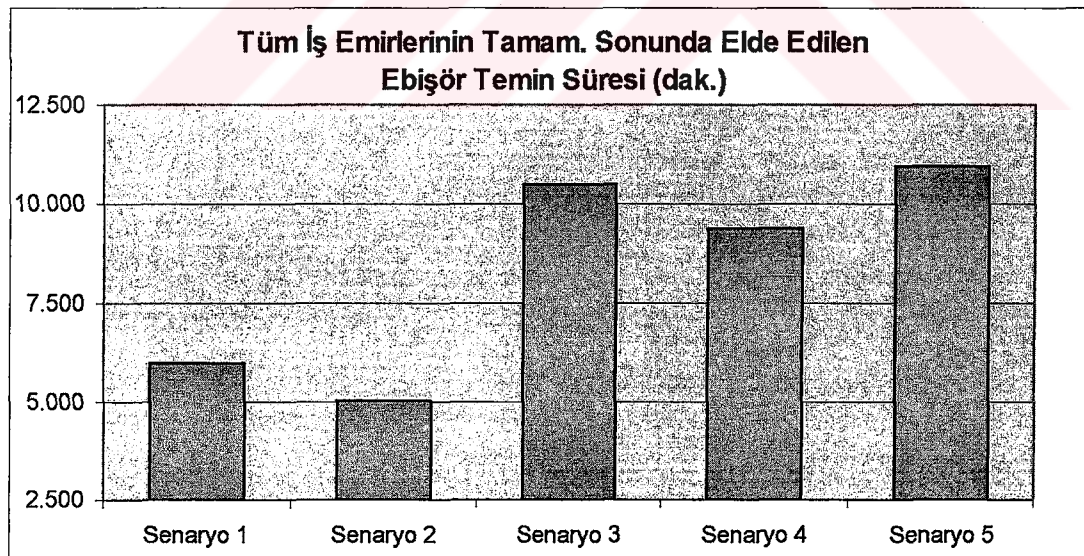
Performans Ölçütü	Birim	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
IS-Ebişör Termin Süresi	Dakika	5.960	5.008	10.486	9.397	10.966
	Gün	6,6	5,6	11,7	10,4	12,2
IS-Finişör Termin Süresi	Dakika	18.719	15.179	12.666	11.276	12.999
	Gün	20,8	16,9	14,1	12,5	14,4
IS-Ebişör Çevrim Süresi	Dakika	79	82	151	120	139
	Gün	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
IS-Finişör Çevrim Süresi	Dakika	60	60	137	116	128
	Gün	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Makina Kullanım Yüzdeleeri	Dakika	45,8%	45,7%	50,7%	39,1%	47,1%
Makina Başına Ort.Bekleme Süreleri	Dakika	1.001	805	883	5	9
Makina Başına Ort.Kuyruk Uzunluğu	Adet	10,4	8,3	8,1	0,1	0,1
Kuyruktaki Ort. Parça Sayısı	Adet	0,11	0,11	0,19	0,04	0,18

Tablo 6.8 Tüm Parçaların Tamamlanması Sonunda retilen Parça - Sipariş Sayıları ve Yüzdeleri

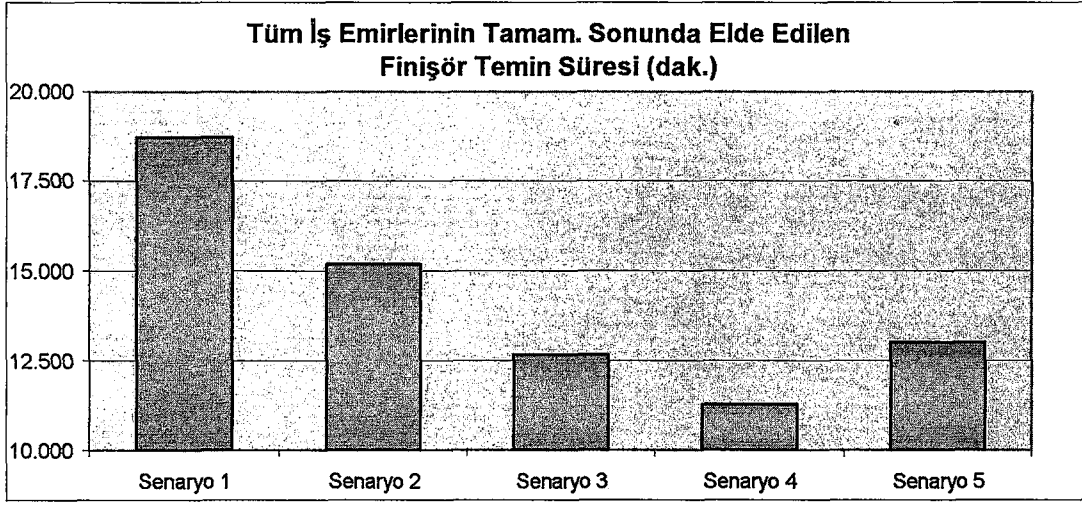
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Üretilen Parça Sayısı	Ebişör	160	125	125	125	125
	Finişör	190	150	150	150	150
	Toplam	350	275	275	275	275
Karşılanan Sipariş Sayısı	Ebişör	10	8	8	8	8
	Finişör	10	7	7	7	7
	Toplam	20	15	15	15	15
Toplam Sipariş Sayısı	Ebişör	10	8	8	8	8
	Finişör	10	7	7	7	7
	Toplam	20	15	15	15	15
Karşılanan Sipariş Yüzdesi (%)	Ebişör	100%	100%	100%	100%	100%
	Finişör	100%	100%	100%	100%	100%
	Toplam	100%	100%	100%	100%	100%

Özetle, Senaryo 1 'e yönelik, tüm parçalar tamamlandıktan sonra elde edilen benzetim sonuçları diğerk benzetim sonuçlarından ayrı düşünülmeli ve diğerk senaryolardan bağımsız olarak yorumlanmalıdır.

Bu retim miktarlarıyla, benzetim sonuçları incelendiğinde, karşımıza çıkan temin süreleri, şekil 6.23, şekil 6.24 ve şekil 6.25 'de gösterilmektedir.



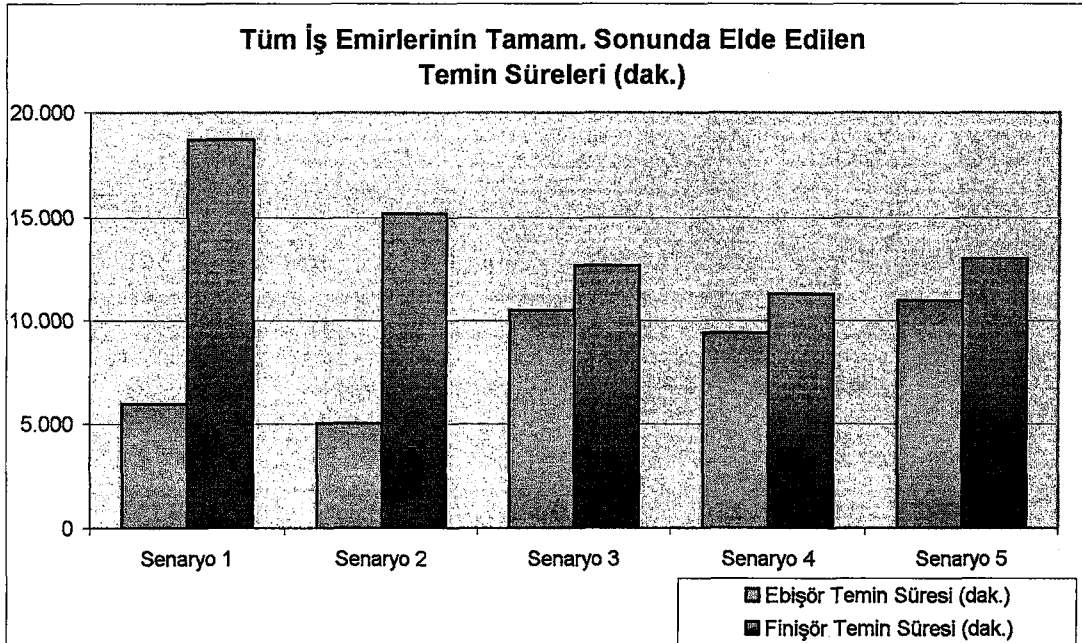
şekil 6.23 Senaryo Bazında Ebişör Temin Süreleri



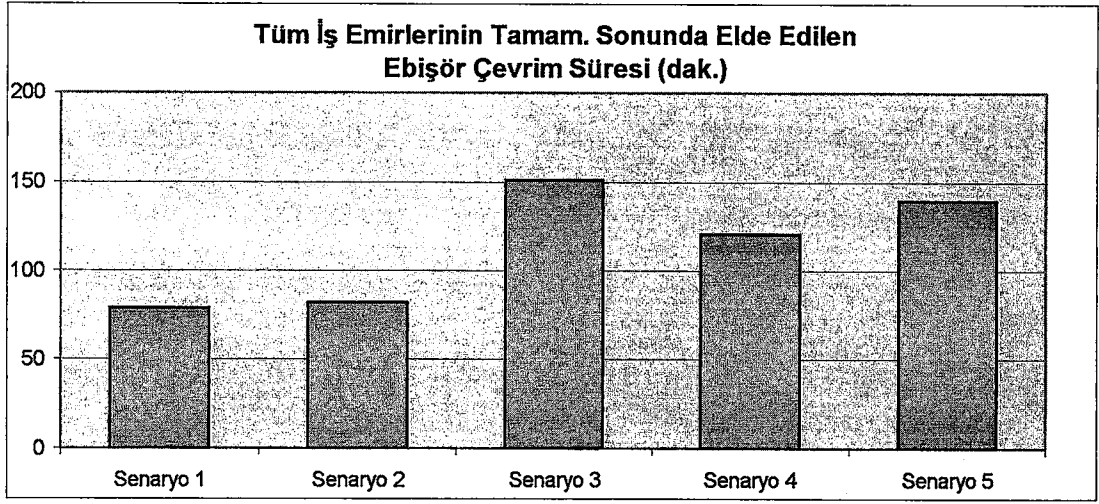
Şekil 6.24 Senaryo Bazında Finişör Temin Süreleri

Ebişör temin süreleri açısından sipariş birleştirme kullanan senaryolar başarılı olarak karşımıza çıkarken, ikinci senaryo en düşük değeri almıştır. Sinyal kanbanı kullanan Senaryo 5 ise, ebişör temin süresi açısından en yüksek değeri almıştır.

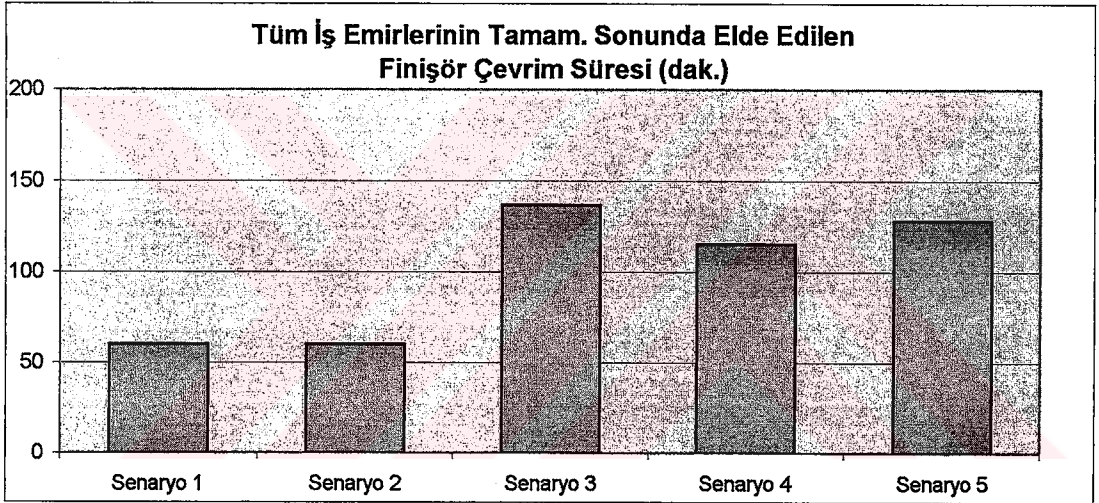
Senaryo 1 ve 2 'de önce ebişör parçalarının tamamen işlenmesini beklemek zorunda kalan finişör parçalarının temin süreleri uzamıştır. Temin süreleri açısından en başarılı senaryo, dengeli bir yapı gösteren ve benzetim öncesinde önerilen metodoloji olan Senaryo 4 'dür. Çevrim sürelerine ilişkin sonuçlar ise şu şekildedir.



Şekil 6.25 Senaryo Bazında Ebişör - Finişör Temin Süreleri Karşılaştırması



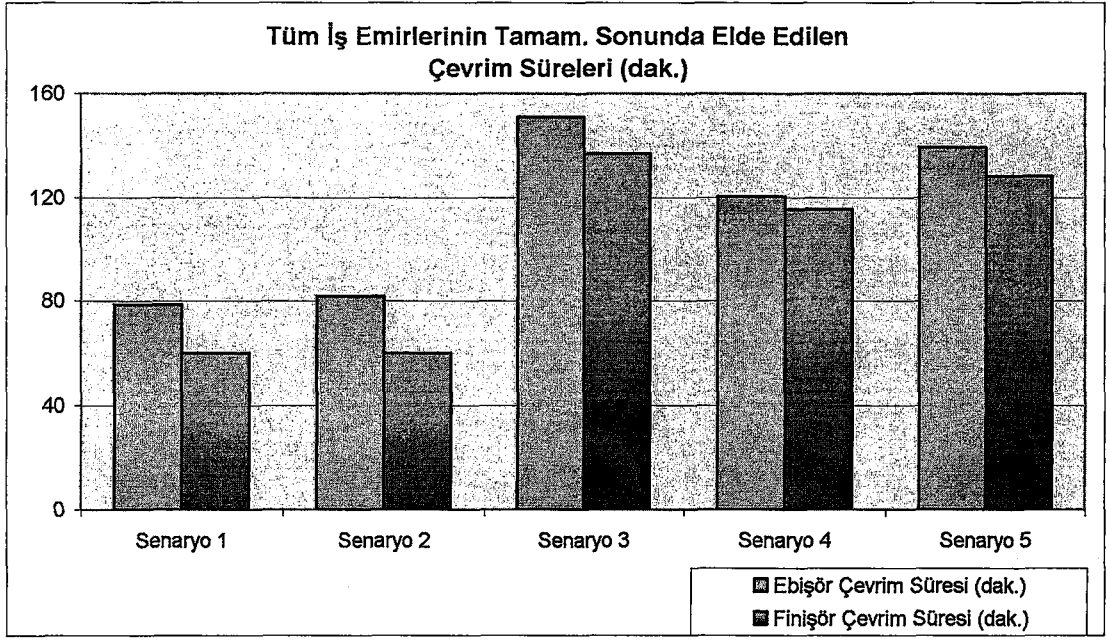
Şekil 6.26 Senaryo Bazında Ebişör Çevrim Süreleri



Şekil 6.27 Senaryo Bazında Finişör Çevrim Süreleri

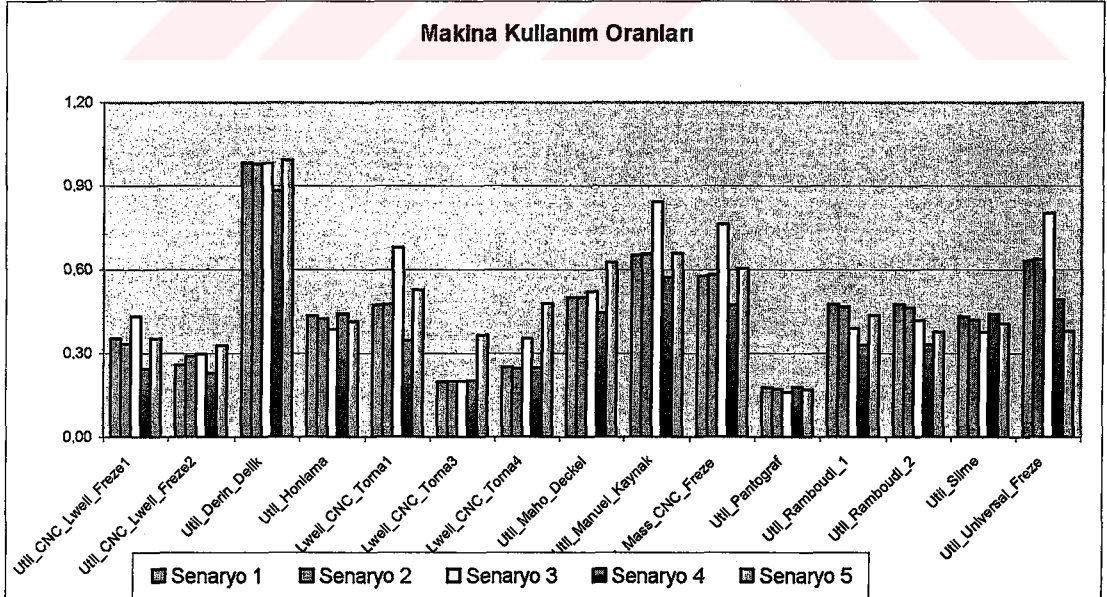
Şekil 6.26, Şekil 6.27 ve Şekil 6.28 'de görüldüğü gibi, çevrim süreleri açısından Senaryo 1 ve Senaryo 2 daha başarılı olarak görülürken, sipariş birleştirme olmaksızın itme sistemi prensibine göre işletilen Senaryo 3 en az başarılı senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ancak, elbette çevrim süresi ölçütü, senaryoların birbirleri ile karşılaştırılmalarında vazgeçilmez bir kriter olarak değerlendirilmemelidir. Zira imalat içerisinde tutulan yüksek stok seviyeleri bile bazen çevrim süresinin düşük olarak gerçekleşmesinde rol oynayabilir. Örneğin, son makinelerin önünde oluşabilecek stoklar çevrim süresinin düşük çıkmasına neden olabilir.

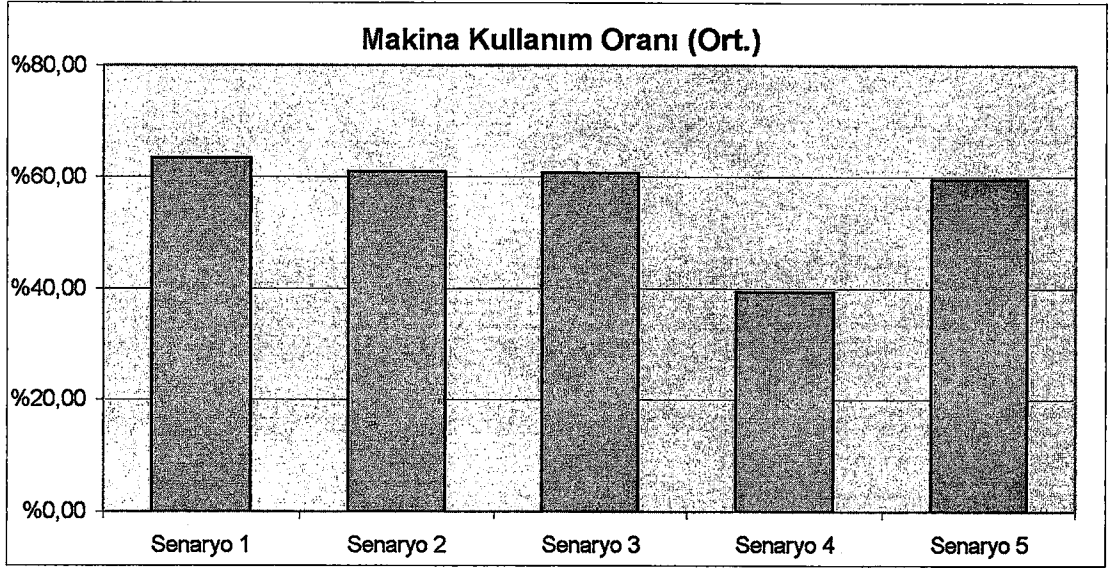


Şekil 6.28 Senaryo Bazında Ebişör - Finişör Çevrim Süreleri Karşılaştırması

Makine bazında kullanım oranları ise Şekil 6.29' de sunulmuştur. Makine kullanım oranlarının daha kolay bir şekilde yorumlanabilmesi için, senaryo bazında makine kullanım oranlarının ortalaması alınarak her senaryo için tek bir oran elde edilmiş ve Şekil 6.30 'da gösterilmiştir.



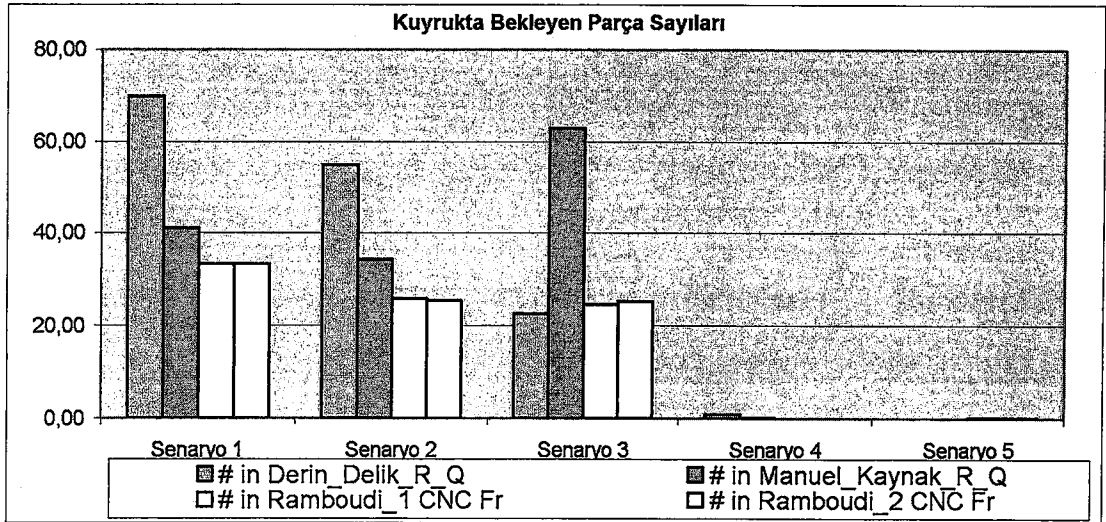
Şekil 6.29 Senaryo Bazında Makine Kullanım Oranları



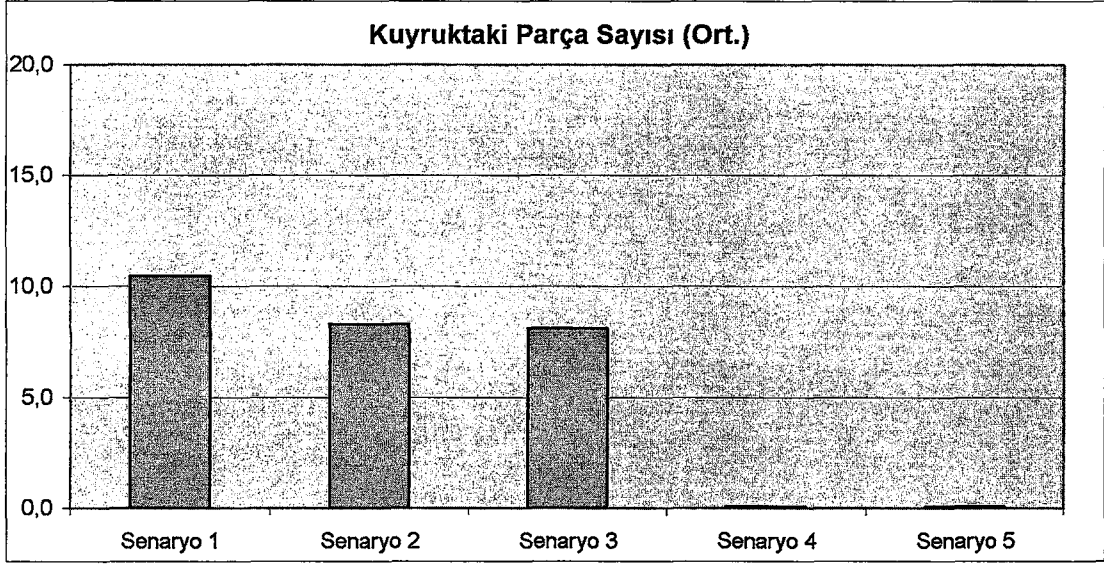
Şekil 6.30 Senaryo Bazında Ort. Makine Kullanım Oranları

Ortalamada, Senaryo 4 en düşük makine kullanım oranına sahip olan senaryodur. Sipariş birleştirme olmaksızın itme sistemi prensibine göre işletilen Senaryo 3 ise, ortalamada makine kullanım oranları açısından % 50 seviyesini aşan tek senaryo olmuştur.

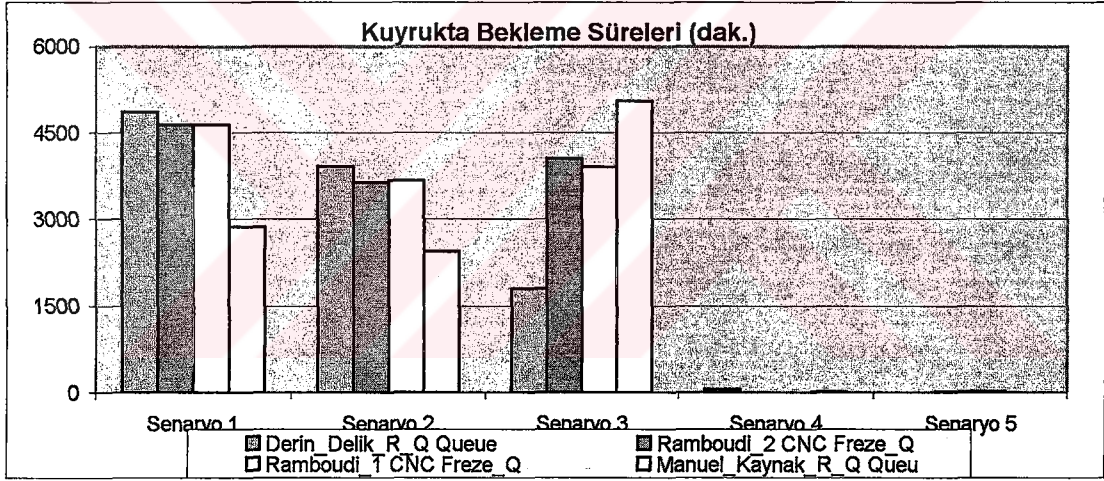
İmalat sisteminde, tüm iş emirlerinin tamamlanmasıyla elde edilen sonuçlardan, makine bazında **kuyrukta bekleyen parça sayıları** aşağıda Şekil 6.31 'de gösterilirken, senaryo bazında ortalamalar Şekil 6.32 'de sunulmuştur.



Şekil 6.31 Makine Bazında Kuyrukta Bekleyen Parça Sayıları

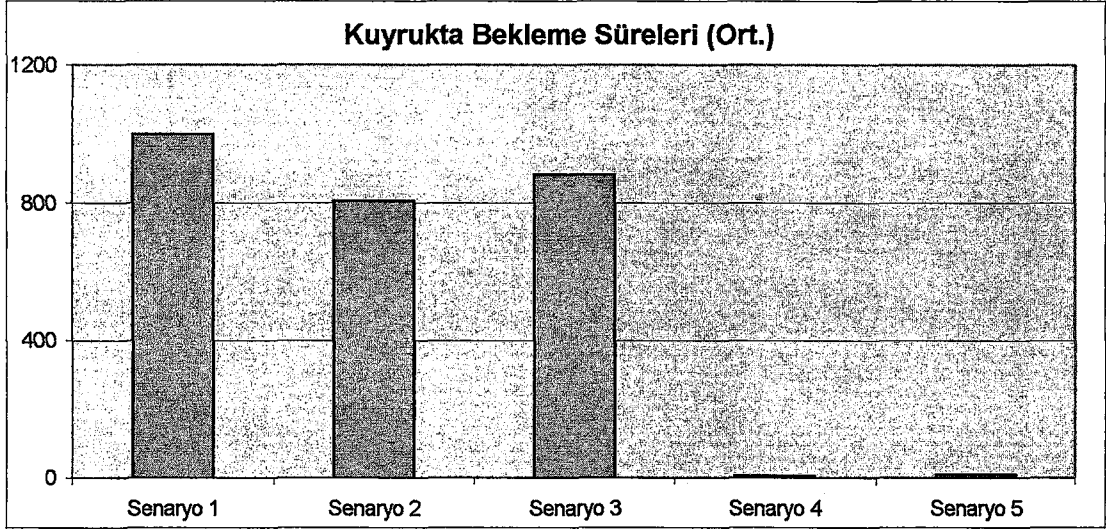


Şekil 6.32 Kuyruktaki Ortalama Parça Sayısı



Şekil 6.33 Kuyrukta Bekleme Süreleri

Kuyrukta bekleyen parça sayılarının kabul edilebilir seviyenin üzerinde olması, yüksek proses içi stok anlamına gelmektedir. Fazla proses içi stok; fazla üretim, fazla kalite problemi, fazla sorun, fazla atelye alanı işgali, fazla taşıma ve fazla bekleme anlamına gelmektedir ki, bu unsurlar doğrudan maliyet getiren unsurlardır. Rekabetçi piyasa koşullarında, bir işletme için yaşamının temel koşullarından bir tanesi maliyetlerini bilmek ve bunları mümkün olan en düşük seviyede tutmak olmalıdır.



Şekil 6.34 Ortalama Kuyrukta Bekleme Süreleri

Şekil 6.33 ve Şekil 6.34 **kuyrukta bekleme sürelerine** yönelik sonuçları ortaya koymaktadır. İki haftalık planlama periyodu sonunda elde edilen sonuçlara paralel olarak, ilk üç senaryoda toplam dört makine önünde kuyruk olduğu görülürken, çekme sistemlerinin kullanıldığı Senaryo 4 ve 5’ de makine önlerinde kuyruk oluşmamıştır. İlk üç senaryoda, “Derin Delik”, “Manuel Kaynak” ve “Ramboudi CNC Freze” tezgahları **dar boğaz** oluşturmaktadır. Dar boğaz tezgahların hazırlık ya da işlem sürelerinde yapılacak iyileştirmeler, aslında bir noktaya kadar, sistem performansında yapılacak iyileştirme anlamına gelmektedir.

Planlama periyodu boyunca ve tüm siparişlerin üretilmesi sonrasında toplanan istatistikler arasında, bir makinede ilgili operasyon tamamlandıktan sonra, diğer makineye geçmeden önce ilgili makinenin stok alanında bekleyen parça sayısına (**İng. Number of Entities in Storage**) yönelik istatistiklerde toplanmıştır. Ancak, senaryoların mantığı operasyonu biten parçanın bir sonraki makineye beklemeden iletilmesi şeklinde kurulmuştur. Diğer bir deyişle, **makine sonrası stok alanı kapasitesi “1”** dir. Ek D’ de sunulan benzetim sonuçlarında, bu istatistik **NSTO** değişkeni altında tutulmuş ve Stor_makine adı (örn. Stor_Honlama) adı altında ifade edilmiştir. Dikkat edilecek olursa bu ölçüt tüm senaryolarda “1” değerinin altında gerçekleşmiştir. Bu sebeple bu ölçüte yönelik grafikler bu bölümde sunulmamıştır.

Pratik uygulamalarda, bir çok işletmede parçalar bir makinede operasyonları tamamlandıktan sonra bir sonraki makineye iletilmeleri için belirli bir sayıya ulaşmaları beklenmektedir. Diğer bir deyişle, parçalar imalat içerisinde partiler halinde ilerlemektedirler. Böylece bir çok parçanın bir arada taşınmasıyla daha verimli olunacağı fikri yaygındır.

Oysa burada yapılması gereken olaya parça açısından, başka bir deyişle, “müşteri açısından” bakmaktır. Bir makinede imalatı biten bir parça, bir sonraki makineye hemen iletilmek ister. Bakış açımız, parçaların imalat sürecinde mümkün olduğu kadar daha az kalmalarını sağlamaya yönelik olmalıdır. Makineler arasında partiler halinde parça taşıma, üretimde beklemeler ve proses içi stok anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada ele alınan Cam Kalıbı üretim sisteminde kurulan hücre yapısı içerisindeki çalışma mantığı bir makinede operasyonu biten parçanın bir sonraki aktarılması şeklindedir. Bu nedenle geliştirilen beş senaryoda da parti iletimine izin verilmemiş ve operasyonu biten parçanın bir sonraki makineye aktarılması sağlanmıştır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Temel olarak tüm işletmelerin ilk ve en önemli amacı varlığını devam ettirmek, diğer bir deyişle yaşamaktır. Günümüz rekabet koşullarında, bu amaca ulaşmanın anahtarı, müşterilerin sürekli değişen ve artan beklentilerini üst düzeyde karşılamakla mümkün olacaktır. Bu doğrultuda, üretim yönetim sistemlerinde temel arayış yüksek müşteri memnuniyetine sağlamaya yönelik **esnek** yapılar kurmaktır. Kısa temin süreleri, en uygun kalite düzeyi ve en düşük maliyetlerle bu amaca erişmeye yönelik etkin sistemler tasarlamak, akademik çevrelerin ve profesyonel yöneticilerin ilgi odağı olmaktadır. İşte bu anlamda, “**küçük güzeldir**” prensibiyle yola çıkan ve üretim sisteminde mümkün olduğunca “**birbirinden bağımsız alt sistemler**” oluşturarak “**benzer sorunlara benzer çözümler**” getirme avantajını kullanmaya çalışan hücresel üretim sistemleri giderek önem kazanmaktadır. Düşük makine hazırlık süreleriyle, yüksek esneklik sağlamaya yönelik yapılar tasarlanmaya çalışılmakta, hücrelerin tasarlanması yanısıra planlanması ve çizelgelenmesi daha geniş bir bakış açısıyla yönetilmesi akademik ve endüstriyel çalışmalarda ön plana çıkmaktadır.

Literatürde, hücresel üretim sistemlerinin yönetimine yönelik itme ya da çekme bazlı farklı yaklaşımları göz önünde bulunduran bir çok çalışma yer almaktadır. Birbirinden değişik performans değerlendirme ölçütleri tespit edilerek, en iyi yaklaşımın arandığı çalışmaların büyük bölümü, teorik olarak kalmakta ya da gerçek olmayan bir sistem tasarımı yapılarak bu sistemin benzetim ile modellenmesinin önüne geçilememektedir. Oysa gerçek sistemler, içsel ya da dışsal bir çok değişken ve parametreyi bünyesinde barındırmakta olup, çok sayıda varsayım içeren küçük çaplı hayali benzetim modelleri gerçek üretim sistemlerini temsil etmede çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Bu anlamda, önerilen metodolojiler, bir uygulama ile test edilmeli ve kurulan benzetim modelleri mümkün olduğunca gerçek sistemin kritik değişkenlerini ve parametrelerini göz önünde bulunduracak şekilde yapılandırılmalıdır.

Günümüzde organizasyonların karar verme süreçlerinin ve sürekli geliştirme çabalarının bir parçası olarak benzetim kullanımına ilgileri artarak devam etmektedir.

Başarılı bir benzetim uygulaması için tipik yatırımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yazılım maliyetleri,
- Yıllık Destek ve bakım maliyetleri,
- Eğitim için gereken süre ve eğitim maliyetleri,
- Modelleme, modelleme sonrası bakım maliyetleri ve süresi.

Bu çalışmada, bir hücrel üretim ortamında etkin bir planlama ve kontrol sisteminin/aracının araştırılmasında benzetimin seçilmesi ve bu amaçla Arena 3.0 paket programının kullanılması aşağıdaki fayda ve kolaylıkları beraberinde getirmiştir;

- Üretim sisteminin tüm bileşenleri ile daha iyi anlaşılmasını ve analiz edilmesini sağlamıştır. Sisteme daha geniş bir bakış açısıyla ve bütünsel bakabilmeyi beraberinde getirmiştir.
- Beraberinde getirdiği görsel zenginlik ile, düzgün parça akışının nasıl sağlanacağına yönelik yeni fikirler geliştirilmesinde kolaylık sağlamıştır.
- Problem çözümüne daha sistematik bir bakış açısı kazandırmıştır.
- Üretim ortamında etkin olmayan bir planlama ve kontrol sisteminin seçilmesi durumunda oluşabilecek yüksek maliyetlerden kaçınmamız sağlanmıştır. Hücrel üretim ortamında, bu tarz bir karar verme hatası, yüksek nihai ürün stokuna, yüksek proses içi stoka, taşıma ve bekleme sürelerine, geç teslimlere ve bunun beraberinde getireceği muhtemel müşteri kayıplarına yol açmaktadır.
- Gerçek koşullar altında, belirli kabuller dahilinde, belirli operasyonları önceden test etme ve bunların sonuçlarını görme imkanını sağlamıştır. Yüksek rekabet ortamında, daha düşük maliyetle, doğru zamanda, doğru maliyetle çalıştırılan işletmeler için, benzetim kullanmaksızın risk alarak sonuçları önceden kestirilemeyen kararları uygulamaya koymak zaman kaybı ve maliyet artışı beraberinde getirecektir.
- Benzetim modeli bir kere kurulduktan sonra, yeni senaryoları hızla kurma ve farklı alternatifleri hızla deneme imkanını sağlamıştır.
- Sistemdeki darboğazların kolaylıkla tespit edilmesine imkan sağlamıştır.

Arena'ya alternatif olarak, Kanban ve CONWIP çekme sistemlerin mantığı **AutoMod, Witness, ProModel** ya da **Simul8** gibi benzetim dilleri ile de kolaylıkla modellenebilir ve test imkanı yaratılabilir. (Marek ve diğ. 2001). Arena modüler ve kullanımı kolay bir yazılım olması yanısıra, benzeri yazılımlar içerisinde endüstride nispeten yaygın bir yazılımdır.

Bu tez çalışması, teorik bazlı arayış ve yayın taraması yanısıra, gerçek bir hücresel üretim sisteminde gerçekleştirilen bir uygulama çalışmasını içermektedir. Çalışmada yaklaşımımız, müşteri odaklılık bakış açısını kaybetmeden, etkin kapasite kullanımı ile doğru siparişi doğru zamanda teslim hazır hale getiren bir kontrol politikasını araştırmak yönünde olmuştur. Gerçek sisteme bütünsel bir bakış açısıyla yaklaşılmaya çalışılmış, hemen hücre yönetimine geçilmemiş, önce mevcut yapıda tasarımın anlamında yapılması mümkün olan bir iyileştirme olup olmadığı gözden geçirilmiştir. Bu doğrultuda, gerçek sistemde fiziksel olarak yerinin değiştirilmesi mümkün olup olmadığı incelenen iki tezgahın yeri değiştirilmiş ve diğer çalışmalar bu yeni iyileştirilmiş tasarımın üzerine yapılandırılmıştır.

Çalışmada, etkin kapasite kullanımını sağlamaya yönelik yaklaşımlardan biri olan “İş Yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi” öncelikli olarak düşünülmüştür. Kapasite dengelemeye sipariş bazlı bakış açısı getiren ve terminleri göz önünde bulunduran bu yaklaşımın müşteri odaklı olma avantajı kullanılmaya çalışılmıştır. En etkin kontrol politikasının araştırıldığı senaryolarda, seçilecek yapı ister itme bazlı ister çekme bazlı olsun, üretim öncesi planlama aşamasında bu yaklaşımı kullanmak müşteri beklemelerini azaltacaktır ve bu nedenle kullanılması yararlıdır.

Nitekim bu yaklaşımı kullanmayan ve planlama aşamasında sipariş birleştirmeye izin veren 1 nolu senaryo beklentilerin ötesinde sonuçlar vermiştir. Elde edilen sonuçlar, müşteri açısından değil ancak makine kapasite kullanım oranlarının yüksekliği yönünden bakıldığında olumlu olarak değerlendirilebilir. Oysa kuyruktaki parça sayısı ya da kuyrukta bekleme süreleri açısından dengesiz sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. İş yüğü Bazlı Sipariş Yönetimi sonrası, sipariş birleştirmeye izin vermeyen ve itme sistemi ile yönetilen 3 nolu senaryo da nispeten iyi sonuçlar verse de, CONWIP ve Tek Kart Kanban kontrollü yapılar kuyruktaki parça sayısı ya da kuyrukta bekleme süreleri açısından daha etkin gözükmektedirler.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların çalışma öncesi beklentileri karşıladığını ifade etmek mümkündür. İş yükü bazlı sipariş yönetiminin ve benzetimin uygulanması öncesi, çekme sistemlerinin itme sistemlerine göre daha düşük stok seviyeleri oluşturacağı tahmin edilmiştir. Yine aynı şekilde, parça bazında temin süreleri açısından itme sistemlerinin gerisinde kalırsa da, sistemin bütününde her iki parça tipi de dikkate alındığında, temin sürelerinin ve çevrim sürelerinin değişkenliğinin daha düşük olacağı beklentisi çalışma sonunda doğrulanmıştır. CONWIP bazlı önerilen karma metodolojiye yönelik her ne kadar iyi sonuçlar tahmin edilse de, stok seviyeleri ve sipariş karşılama yüzdeleri anlamında tek kart Kanban sistemine yönelik nasıl bir başarı elde edileceği, ya da sistemin itme sistemlerine yönelik olarak, sistem performansı açısından ne kadar etkin sonuç vereceği elbette tam olarak kestirilememiştir. Bu anlamda farklı senaryolar geliştirilmesi ve bunların farklı performans ölçütleri doğrultusunda benzetim yardımıyla test edilmesi sistem etkinliğinin tespiti anlamında doğru bir tercih olmuştur.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ile, literatürde yer alan çalışmalardan bu tez kapsamında incelenen çalışmalara ait sonuçları karşılaştırmak ve yorumlamak faydalı olacaktır.

Bechte (1988) çalışmasında, iş yükü bazlı imalat kontrolünün “küçük parti büyüklüklerinde” daha etkin sonuçlar vereceğini ifade etmiştir. Ortaya konulan çalışmada sunulan yöntem, kısa ve orta vadeli kapasite planlama imkanı sunmaktadır. Bu tez çalışmasında da, küçük sipariş büyüklükleri ile çalışılmıştır. Sipariş birleştirme yoluyla üretime giren partiler büyütüldüğünde “müşteri açısından daha zayıf sonuçlar” elde edilmektedir. Uzun vadeli kapasite planlamada etkin olup olmadığına yönelik ise veri elde edilememiştir.

Gündoğar (1990) ortaya koyduğu doktora tezi çalışmasında, çizelgeme ve kontrol modüllerinin, ihtiyaç planlama ve kapasite kontrol modülleri olmadan tam anlamıyla başarıya ulaşamayacağını ifade etmektedir. Bu tez çalışmasında, üretim ortamında kontrol politikalarının uygulanmasına geçilmeden önce iş yükü bazlı sipariş yönetiminin uygulanması sayesinde iş merkezi bazında kapasite kontrolü yapma

imkanı bulunmuştur. Malzeme ihtiyaç planlamasına yönelik bir planlama dikkate alınmamıştır.

Marek ve diğ. 2001 çekme sistemlerinin temel faydasının çevrim zamanındaki değişkenliği azaltması olduğunu ifade etmişlerdir. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, çekme bazlı kontrol politikalarının uygulanmasının çevrim zamanı değişkenliğini azalttığı yönündedir.

Fraiman ve diğ. 2000 benzetim yardımıyla gerçekleştirdikleri CONWIP bazlı çalışmalarında farklı sıralama kurallarının sistem performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yaklaşım, modelde hazırlık sürelerini dikkate almamaktadır. Bu tez çalışmasında, makinelerin hazırlık süreleri geliştirilen modellere dahil edilmesine rağmen, klasik İlk Giren İlk Çıkar (FCFS) kuralını kullanmaktadır. Farklı sıralama kurallarıyla farklı sonuçlar elde edilebilir, ancak bu tez çalışması kapsamında buna yönelik testler yapılmamıştır.

Lambrecht ve Seagert 1990, Roderick ve diğ. 1992 ve Bonvik 1992, CONWIP'in bir çok dinamik iş ortamında çekme sistemine yönelik uygun bir kontrol politikası olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada CONWIP'in Kanban'a göre modellenmesi daha kolay gerçekleştirilmiş olup, bazı performans ölçütlerinde nispeten iyi olmasına rağmen, makine başına ortalama bekleme süreleri ve makine başına ortalama kuyruk uzunluğu gibi ölçütler açısından benzer sonuçlar vermiştir. CONWIP'in sistem dinamizmi arttırılırsa nasıl davranacağına yönelik analize gidilmemiştir.

Ramudhin ve Rochette 1991 bir baskılı devre üretim ortamında Kanban uygulaması üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarında çekme sisteminin daha iyi performans gösterdiğini ve stokları azalttığını ifade etmişlerdir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar da bu yargıyı doğrulamaktadır.

CONWIP literatüründe, imalat ortamında makine arızaları gibi kontrol edilemeyen değişkenlerin, diğer bir deyişle “beklenmeyen duruşların çok olması” ve bunların değişkenliğinin yüksek olmasının sistem performansını azaltabileceği ifade edilmektedir. Bu tez çalışmasında, bu duruma yönelik analiz yapılmamış olup, bu yönde destekleyici veri elde edilememiştir.

Klasik deyişle, çekme sistemleri “talep ile üretimi birleştirir !”. “Doğru, ancak hangi talep ile?” İş yükü bazlı sipariş yönetimi bu soruya daha planlama aşamasında cevap vermemizi kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışma kapsamına alınmamış olup, bu çalışma sonrası ileriye yönelik olarak yapılması önerilen çalışma, aynı üretim sisteminde önerilen 4. senaryo CONWIP bazlı yapıların kendi içerisinde farklı sıralama kurallarıyla modellenmesi ve daha etkin kontrol yapılarının araştırılması olmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında, incelenen yayınlar içerisinde İş yükü Bazlı Sipariş Yönetimi’nin sadece itme sistemleri ile birlikte kullanıldığı, bu yaklaşımın çekme sistemi ile birlikte kullanılmasının literatüre zenginlik katacağına inanılmaktadır.

Dengeli bir talep yapısı yanısıra tekrarlı parça üretimi arttıkça ve hazırlık zamanları azaldıkça çekme sistemlerinin daha etkin olacağı ifade edilmelidir. Çalışmada önerilen metodoloji, mevcut koşullar ile ele alınan gerçek üretim sisteminde etkin gözükmeyle birlikte, tüm gerçek sistemlerde uygun olacaktır demek fazla iyimser olacaktır. Metodoloji, farklı talep yapısına ve imalat karakteristiklerine sahip yapılarda da test edilmeli ve sonuçlar dikkatle değerlendirilmelidir. Çekme sistemleri bir moda olarak değerlendirilmemeli ve tüm yapılarda etkin sonuçlar vereceği düşünülmemelidir. Temel olarak yapılması gereken, müşteri gözüyle bakabilmek ve sistemleri basitleştirerek sürekli akışı sağlayan esnek yapılar tasarlamak şeklinde olmalıdır.

KAYNAKLAR

AGNETIS, A., DROR, M., VAKHARIA, A.J., ROSSI, F. (1996), Tool Handling and Scheduling in a Two-Machine Flexible Cell, IEE Transactions, Vol. 28, pp. 425-437.

AGNETIS, A., PACCIARELLI, D., ROSSI, F. (1996), Lot Scheduling in a Two-Machine Cell with Swapping Workers, IEE Transactions, Vol. 28, pp. 911-917.

AKHUN, M., (1997). Çifte Kaynak Kısıtlı Grup Teknolojisi Üretim Sistemlerinin Bozucu Faktörlere Dayanıklı Tasarımı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ANDIJANI, A. (1997), Trade-off Between Maximizing Throughput Rate and Minimizing System Time in Kanban Systems, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 5, pp. 429-445.

BECHTE WOLEGANG (1988), Theory and Practice of Load-Oriented Manufacturing Control, International Journal of Production Research, Vol. 26, No. 3, pp. 375-395.

BONVİK A.M. (1997), A Comparison of Production-Line Control Mechanisms, International Journal of Production Research, Vol. 35, No. 3, pp. 789-804.

BAUER, A., BOWDEN R., BROWN J., DUGGAN J., LYONS G. (1994). Shop Floor Control Systems: From Design to Implementation, Ipswich Book Company, Suffolk.

BURBIDGE L. JOHN (1988), Operation Scheduling with GT and PBC, International Journal of Production Research, Vol. 26, No. 3, pp. 429-442.

BURCHER, P., DUERNEX, S., RELPH, G. (1996), The Road to Lean Repetitive Batch Manufacturing-Modelling Planning System Performance, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16, No. 2, pp. 210-220.

CHEN, I.J., CHUNG, C.S., GUPTA, A. (1994), The Integration of JIT and FMS: Issues and Decisions, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 5, No.1, pp. 4-13.

CHOI, M.J. (1996), An Exploratory Study of Contingency Variables That Affect the Conversion to Cellular Manufacturing Systems, International Journal of Production Research, Vol. 34, No.6, pp. 1475-1496.

DAR-EL, E.M., HERER, Y.T., MASIN, M. (1999), CONWIP-Based Production Lines with Multiple Bottlenecks: Performance and Design Implications, IIE Transactions, Vol. 31, pp. 99-111.

DEMİRCİ E., ARAZ T., KÖSE, E. (2000), Trabzon Limanı'nın Benzetim Modeli, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt:11, Sayı:1, Sayfa: 2-14.

DOMENICO, F., FELICE, F. (1997), Planning of Automated Assembly Line bu Means of Simulation Tecniques in an Electromechanical Company. 11th. European Simulation Multiconferance, June 1-4, 1997, Turkiye

DURMUŞOĞLU, M.B., NOMAK, A. (2000), Bir Cam Kalıbı Üretim Sisteminde GT Hücrelerinin Tasarımı ve Uygulanması, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 2, sayfa 13-23.

DURMUŞOĞLU, M.B., KULAK, O., ERDOĞAN, M.N. (2000), Teknik Plastik Parça Üreten Bir Sistemde Değer Akışı Haritalandırma ve Kanban Sistemi Uygulaması, 21. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Gazimagusa.

DURMUŞOĞLU, M.B., (1994), Esnek Üretim Sistemleri Yüksek Lisans Ders Notları, İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

EDWARDS, D.K., EDGELL, R.C., RICHA, C.E. (1993), Standart Operations – The Key to Continuous Improvement in a Just-In-Time Manufacturing System, Production and Inventory Management Journal, Vol. 34, No. 3, pp. 7-13.

ERKUT HALUK (1992). Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayınevi: Avcı Ofset, İstanbul.

FRAMINAN, JOSE.M., RUIZ-USANO, R., LEISTEN, R. (2000), Input Control and Dispatching Rules in a Dynamic CONWIP Flow-Shop, International Journal of Production Research, Vol. 38, No. 18, pp. 4589-4598.

FREIN, Y., DI-MASCOLO, M., DALLERY, Y. (1995), On The Design of Generalized Kanban Control Systems, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 9, pp. 158-184.

FRAZIER G.V. (1996), An Evaluation of Group Scheduling Heuristics in a Flow-line Manufacturing Cell, International Journal of Production Research, Vol. 34, No. 4, pp. 959-976.

FUNK, J.L. (1995), Just-In-Time Manufacturing and Logistical Complexity: A Contingency Model, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 5, pp. 60-71.

GUNG, R.R., STEUDEL, H.J. (1999), A Work Balancing Model for Determining Set-Up Time and Batch Size Reductions in GT Flow Line Workcells, International Journal of Production Research, Vol. 37, No. 4, pp. 769-791.

GUPTA, S.M., AL-TURKİ, Y.A.Y., PERRY, R.F. (1999), Flexible Kanban System, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19, No. 10, pp. 1065-1093.

GÜNDOĞAR, E., (1990). Atölye Tip Üretim İçin Çizelgeleme ve Kontrol Paketi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

HOPP, W.J., ROOF, M.L. (1998), Setting WIP Levels with Statistical Throughput Control (STC) in CONWIP Production Lines, *International Journal of Production Research*, Vol. 36, No. 18, pp. 867-882.

HOUGHTON, E., PORTOUGAL, V. (1995), A Planning Model for Just-In-Time Batch Manufacturing, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 9, pp. 9-25.

HUTCHISON, J. (1991), Current and future Issues Concerning FMS Scheduling, *Omega International Journal of Management Science*, Vol. 19, No.6, pp. 529-537.

JONES, R.M., BERRY, D., NAIM M.M. (1998), A Systems Engineering Approach to Manufacturing Systems Analysis, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol.9, No.6, pp. 350-365.

KAKU, B.K., KRAJEWSKI (1995), Period Batch Control in Group Technology, *International Journal of Production Research*, Vol. 33, No. 1, pp. 79-99.

KANNAN, V.R. (1996), Incorporating the Impact of Learning in Assessing the Effectiveness of Cellular Manufacturing, *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No.12, pp. 3327-3340.

KANNAN, V.R., LYMAN S.B. (1994), Impact of Family-Based Scheduling on Transfer Batches in a Shop Manufacturing Cell, *International Journal of Production Research*, Vol. 32, No.12, pp. 2777-2794.

KARLSSON, C., NOR, C. (1994), Total Effectiveness in A Just-In-Time System, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14, No. 3, pp. 46-65.

KELTON, D., SADOWSKI, R.P. and SADOWSKI, D.A. (1998), *Simulation with Arena*, McGraw Hill.

KING, R.E., HODGSON, T.J., CHAFEE, F.W. (1993), Robot Task Scheduling in a Flexible Manufacturing Cell, *IEE Transactions*, Vol. 25, No.2.

KURŞUNLU, R., (1999). Üretim Sistemlerinin Simulasyonu, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.

LAUZON, S.C., MILLS J.K., BENHABIB, B. (1997), An Implementation Methodology for the Supervisory Control of Flexible Manufacturing Cells, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 16, No.2.

LEE D.H., KIM Y.D. (1996), Part-Mix Allocation in a Hybrid Manufacturing System with a Flexible Manufacturing Cell and a Conventional Jobshop, *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No.5, pp. 1347-1360.

LIU, J., MacCARTY, B.L. (1996), The Classification of FMS Scheduling Problems, *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No.3, pp. 647-656.

LUNG, A.W.A., LOVE, D.M. (1991), An Algorithm for Distributed Planning and Control in A Computer-Based Manufacturing Control System, *Production Research*, pp. 806-813.

MAHMOOD, F., TIERNEY E.J., MOISER C.T. (1992), Dynamic Group Scheduling Heuristics in a Flow-Through Cell Environment, *Decision Sciences*, Vol. 23.

MAHMOODI, F., DOOLEY, K.J. (1991), A Comparison of Exhaustive Group Scheduling Heuristics in a Manufacturing Cell, *International Journal of Production Research*, No.9, pp. 1923-1939.

MAHMOODI, F., MOOISER C.I., GUERIN R.E. (1996), The Effect Of Combining Simple Priority Heuristics in Flow-Dominant Shops, *International Journal of Production Research*, Vol. 34., No. 3, pp. 819-839.

MAREK, R.P., ELKINS, D.A., SMITH, D.R. (2001), Understanding the Fundamentals of Kanban and Conwip Pull Systems Using Simulation, *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*, pp. 921-929.

MARKHAM, I.S., MATHIEU, R.G., WRAY, B.A. (2000), Kanban Setting Through Artificial Intelligence: A Comparative Study of Artificial Neural Networks and Decision Trees, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 4, pp. 239-246.

MERCAN, E., (2000). Hücresel Üretim Sistemlerinin Simulasyonu, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.

MILTENBURG (1997), Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP, *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 4, pp. 1147-1169.

MITCHELL, L., SPURGEON D. (1991), Work Scheduling Through Manufacturing Cells, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 2, No.1, pp. 30-32.

MONDEN, Y. (1993), Toyota Production System, an Integrated Approach to Just-In-Time, industrial Engineering and Management Press.

MORRIS, J.S., TERSINE, R.J. (1989), A Comparison of Cell Loading Practices in Group Technology, *Journal of Manufacturing Operation Management*, Vol. 2, pp. 299-313.

MORTON, T.E., PENTICO, D.W. (1993). Heuristic Scheduling Systems: with Applications to Production Systems and Project Management, ETM.

MURATA K., HARİSON A. (1995). Japon Yönetim Teknikleri, Rota Yayın Dağıtım: Reprosel Matbaacılık, İstanbul.

NATARAJAN, R., GOYAL, S.K. (1993), Safety Stocks in JIT Environments, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 10, pp. 64-71.

NOMAK, A., (1995). Hücresel İmalat Sistemlerinde, Maliyet ve Sinir Ağları Tabanlı İki Evreli Bir Kümelenendirme Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

OHNO T. (1998). Toyota Ruhu, Scala Yayıncılık, İstanbul.

OKUBO, H., JIAHUA, W., ONARI, H. (2000), Characteristics of Distributed Autonomous Production Control, International Journal of Production Research, Vol. 38, No. 17, pp. 4205-4215.

OLHAGER, J. (1995), Technical Note: Safety Mechanisms in Just-In-Time Systems, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 9, pp. 289-292.

OLORUNNIWO, F. (1996), Changes in Production Planning and Control Systems with Implementation of Cellular Manufacturing, Production and Inventory Management Journal, Vol. 37, No. 1, pp. 65-69.

PABUÇCU, Y.U., (2000). Üretim Çizelgeleme, *Lisans Tezi*, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.

PEGDEN, D.C., (), Simulation-Based Scheduling in Tempo: An Overview, Systems Modeling Corporation, USA.

(), 1997. Tempo User's Guide, Systems Modeling Corporation, USA.

RAHMAN, S. (1998), Theory of Constraints: A Review of the Philosophy and Its Applications, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, No. 4, pp. 336-355.

RAJENDRAN, C. (1996), A Heuristic for Scheduling in Flowshop and Flowline-Based Manufacturing Cell with Multi-Criteria, International Journal of Production Research, Vol. 34, No.3, pp. 819-839.

RAMUDHIN, A., ROCHETTE, R. (1991), Just-In-Time Practices in an Unstable Environment: A Simulation Study, Just-In-Time Manufacturing Systems-Operational Planning and Control Issues, pp. 133-140.

RAVINDRANATH, L.S., EBELING, K.A. (1992), Distributed Control of Manufacturing Cells, Computers and Industrial Engineering, Vol. 23, No. 1-4, pp. 471-474.

ROUDRIGUES, L.H., MACKNESS, J.R. (1998), Teaching the Meaning of Manufacturing Synchronisation Using Simple Simulation Models, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 3, pp. 246-259.

SARGENT T.A., KAY M.G. (1995), Implementation and Utilization of a Decentralized Storage System-Costing Model, , *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 9, pp. 210-219.

SCHOLL, A., KLEIN, R. (1999), ULINO: Optimally Balancing U-Shaped JIT Assembly Lines, *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 721-736.

SHARADAPRIYADARSHINI, B., RAJENDRAN, C. (1996), Formulations and Heuristics for Scheduling in a Buffer-Constrained Flowshop and Flowline-Based Manufacturing Cell with Different Buffer-Space Requirements for Jobs: Part 1, *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No.12, pp. 3465-3485.

SPEARMAN, M.L., WOODRUFF, D.L., HOPP, W.J. (1990), CONWIP: a Pull Alternative to Kanban, *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No.5, pp. 879-894.

SPEARMAN, M.L., ZAZANIS, M.A. (1992), Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons. *Operation Research*, Vol. 40, No.3, pp. 521-532.

SPEEDING, T.A., LEE, W.L., SOUZA, R., LEE, S.S.G. (1997), Adaptive Simulation of a Keyboard Assembly Cell, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 8, No. 1, pp. 50-58.

SRIDHAR, J., RAJENDRAN C. (1993), Scheduling in a Cellular Manufacturing System: A Simulated Annealing Approach, *International Journal of Production Research*, Vol. 31, No.12, pp. 2927-2945.

SRIDHAR, J., RAJENDRAN C. (1994), A Genetic Algorithm for Family and Job Scheduling in a Flowline-Based Manufacturing Cell, *Computers and Industrial Engineering*.

STEELE, D.C., BERRY, W.L., CHAPMAN, S.N. (1995), Planning and Control in Multi-Cell Manufacturing, *Decision Sciences*, Vol. 26, No. 1, pp. 1-35

STEELE, D.C., MALHOTRA, M.K. (1997), Factors Affecting Performance of Period Batch Control Systems in Cellular Manufacturing, *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 2, pp. 421-446.

STOCKTON, D.J., LINDLEY, R.J. (1995), Implementing Kanbans Within High Variety/Low Volume Manufacturing Environments, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 7, pp. 47-59.

SULE DILEEP R. (1991), Machine Capacity Planning in Group Technology, *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 9, pp. 1909-1922.

SUN, Y.L., YIH, Y. (1996), An Intelligent Controller for Manufacturing Cells, International Journal of Production Research, Vol. 34, No. 8, pp. 2353-2373.

SUZAKİ, K., (1993). The New Shop Floor Management: Empowering People For Continuous Improvement, The Free Press, New York.

TAKAHASHI, K., NAKAMURA, N., IZUMI, M. (1997), Concurrent Ordering in JIT Production Systems, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 3, pp. 367-290.

TAN B., (2001), State-Space Modelling and Analysis of Pull Controlled Production Systems, Çalışma Notları, Koç Üniversitesi, İstanbul.

VUPPALAPATI, K., AHIRE, S.L., GUPTA, T. (1995), JIT and TQM: A Case for Joint Implementation, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 5, pp. 84-94.

WEMMERLÖV, U., JOHNSON D.J. (1997), Cellular Manufacturing at 46 User Plants: Implementation Experiences and Performance Improvements, International Journal of Production Research, Vol. 35, No. 1, pp. 29-49.

WEMMERLÖV, U., VAKHARIA, A.J. (1993), On The Impact of Family Scheduling Procedures, IEE Transactions, Vol. 25, No.4.

WEMMERLÖV, U., VAKHARIA A.J. (1991), Job and Family Scheduling of a Flow-Line Manufacturing Cell: A Simulation Study, IIE Transactions, Vol. 23, No. 4, pp. 383-393.

WISSEMA HANS (1996). Ünite Yönetimi: Desantralize Şirkette Girişimcilik ve Koordinasyon, Milliyet Yayınları: Boyut Matbaacılık, İstanbul.

WIENDAHL, H.P. (1995). Load Oriented Manufacturing Control, Springer Verlag, Berlin-Almanya.

WOMACK, J.P., JONES D.T. (1996). Yalın Düşünce, Sistem Yayıncılık-Kurtiş Matbaacılık, İstanbul.

YAN, H., (1995), The Optimal Number of Kanbans in a Manufacturing System with General Machine Breakdwns and Stochastic Demands, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 9, pp. 89-103.

(), 1989. Just-In-Time, Kone Corporation, Finland.

Instructions For: <http://library.metu.edu.tr/virtual/english/requests/cssr.html>

Instructions For: http://www.stares.demon.co.uk/Theory_and_Concepts/CONWIP.htm

Tablo A.1 Ebişör Parçası Operasyon Bilgileri

Operasyon No	Tezgah Adı	Yapılan İş	İşlem Süresi(dk/adet)	Hazırlık Süresi
Ebişör Oper. 1	Ramboudi CNC Freze 1- Ramboudi CNC Freze 2	Kaynak öncesi ön boşaltma, kaynak kanalı açılması ve kaba klavuz açılması işlemleri	36	60
Ebişör Oper. 2	Manuel Kaynak	Kaynak işlemi	30	60
Ebişör Oper. 3	MAS Freze Tezgahı	Kaynak sonrası üst yüzey temizleme amaçlı sırt frezeleme işlemi gerçekleştirilir, hassas klavuz açma işlemi	25	60
Ebişör Oper. 4	Leadwell Torna CNC1	Merkezlendirme işlemi gerçekleştirilir. (Dış yüzey işleme)	18	60
Ebişör Oper. 5	Universal freze	Kulak kesme	18	30
Ebişör Oper. 6	Leadwell Torna CNC2	Ebişör kalıbı 1.yüz işleme	12	60
Ebişör Oper. 7	Leadwell Torna CNC3	Ebişör kalıbı 2.yüz işleme	30	60
Ebişör Oper. 8	MAHO Tezgahı	Yan kesme, deliklerin açılması ve soğutma kanallarının açılması	30	30
Ebişör Oper. 9	Derin Delik Tezgahı	Derin Delik Operasyonu	60	60
Ebişör Oper. 10	CNC Leadwell Freze	Yüzey düzleştirme işlemi (Bazen delik delme işlemleri de bu aşamada yapılabilmektedir.) (MCV-760AP)	30	90
Ebişör Oper. 11	Rambudi	Tesviye operasyonu, Ramboudi (RU-800) tezgahında açılı delik delme işlemleri yapılmaktadır. (Yan kesme işlemi de bu tezgahta yapılabilmektedir.)	30	3
Ebişör Oper. 12	Honluma		30	3
Ebişör Oper. 13	Silme		30	1
Ebişör Oper. 14	Pantograf		12	5

Tablo A.2 Finişör Parçası Operasyon Bilgileri

Operasyon No	Tezgah Adı	Yapılan İş	İşlem Süresi(dk/adet)	Hazırlık Süresi
Finişör Oper. 1	Ramboudi CNC Freze 1- Ramboudi CNC Freze 2	Kaynak öncesi ön boşaltma, kaynak kanalı açılması ve kaba kılavuz açılması işlemleri	36	60
Finişör Oper. 2	Manuel Kaynak	Kaynak işlemi	30	60
Finişör Oper. 3	MAS Freze Tezgahı	Kaynak sonrası üst yüzey temizleme amaçlı satih frezeleme işlemi gerçekleştirilir, hassas kılavuz açma işlemi	25	60
Finişör Oper. 4	Leadwell Torna CNC1	Merkezleme işlemi gerçekleştirilir. (Dış yüzey işleme)	18	60
Finişör Oper. 5	Universal freze	Kulak kesme	18	30
Finişör Oper. 6	Leadwell Torna CNC2	Finişör kalıbrı 1.yüz işleme	12	60
Finişör Oper. 7	Leadwell Torna CNC4	Finişör kalıbrı 2.yüz işleme	30	60
Finişör Oper. 8	MAHO Tezgahı	Gravür, yan kesme, deliklerin açılması ve soğutma kanallarının açılması	30	30
Finişör Oper. 9	Derin Delik Tezgahı	Derin Delik Operasyonu	60	60
Finişör Oper. 10	CNC Leadwell Freze	Yüzey düşürme işlemi ve vakum kanalı açılması(Bazen delik delme işlemleri de bu aşamada yapılabilmektedir.) (MCV-760AP)	30	90
Finişör Oper. 11	Rambudi	Tesviye operasyonu, Ramboudi (RU-800) tezgahında açılı delik delme işlemleri yapılmaktadır. (Yan kesme işlemi de bu tezgahta yapılabilmektedir.)	30	3
Finişör Oper. 12	Honlana		30	3
Finişör Oper. 13	Silme		30	1
Finişör Oper. 14	Pantograf		12	5

EK B

Tablo B.1 Sipariş Bilgileri

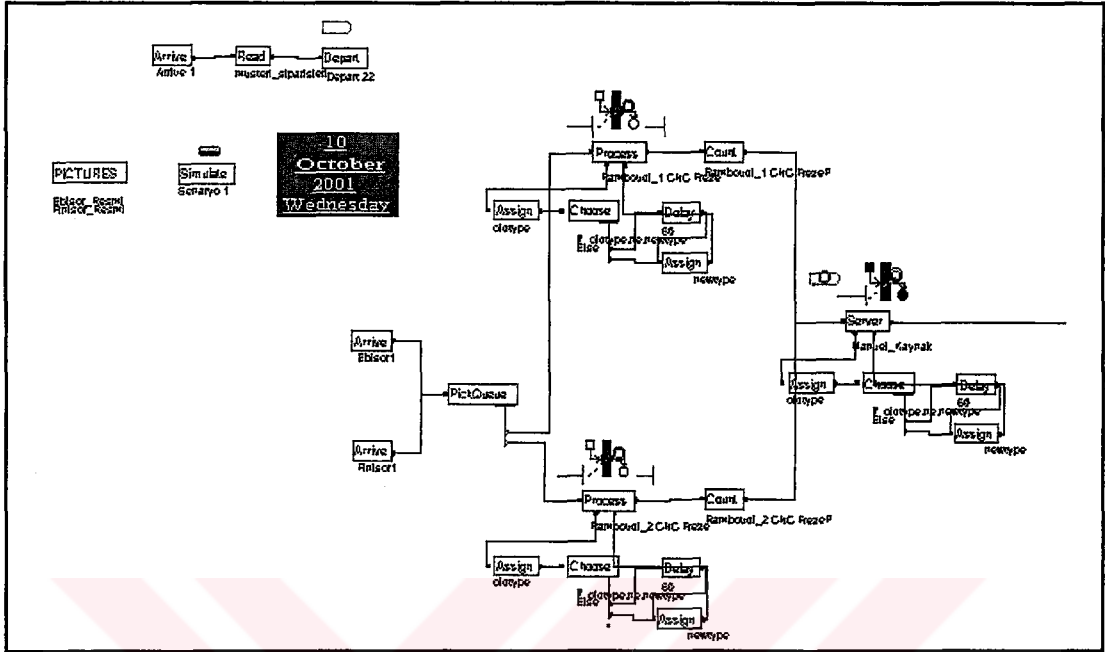
Tüm Sipariş Listesi

Sipariş No	Parça Adı	Üretim Adedi
1001	Ebişör	15
1002	Finişör	15
1003	Ebişör	10
1004	Ebişör	5
1005	Finişör	15
1006	Finişör	20
1007	Ebişör	25
1008	Ebişör	15
1009	Finişör	20
1010	Finişör	25
1011	Ebişör	15
1012	Ebişör	30
1013	Ebişör	10
1014	Finişör	30
1015	Finişör	25
1016	Ebişör	5
1017	Finişör	5
1018	Finişör	20
1019	Ebişör	30
1020	Finişör	15

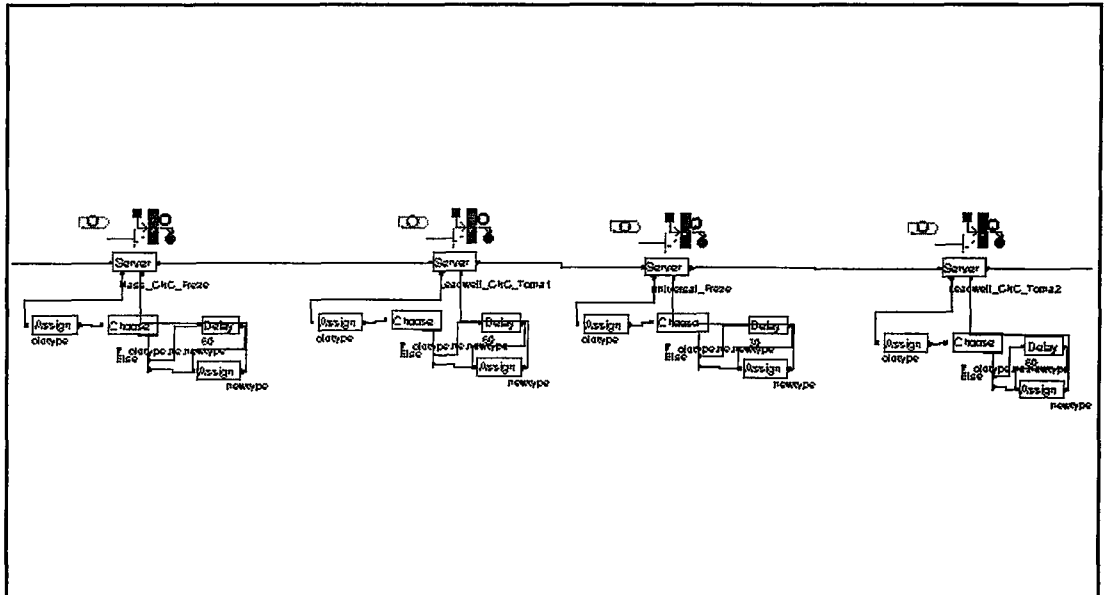
Tüm Siparişler	Ebişör Toplamı	160
Tüm Siparişler	Finişör Toplamı	190

EK C

SENARYO - 1

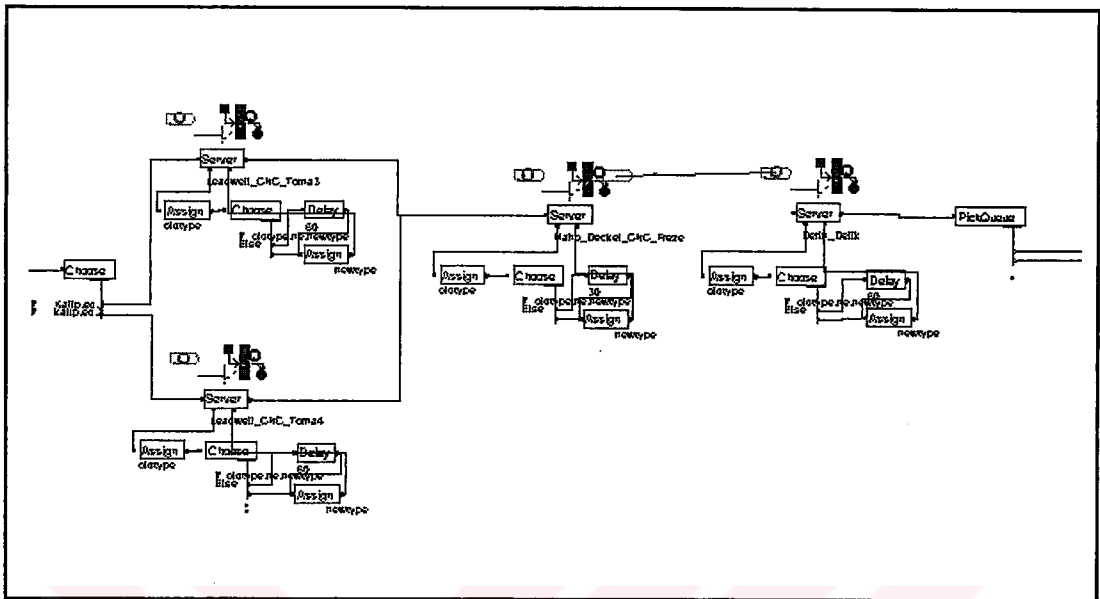


Şekil C.1 (a) Senaryo 1

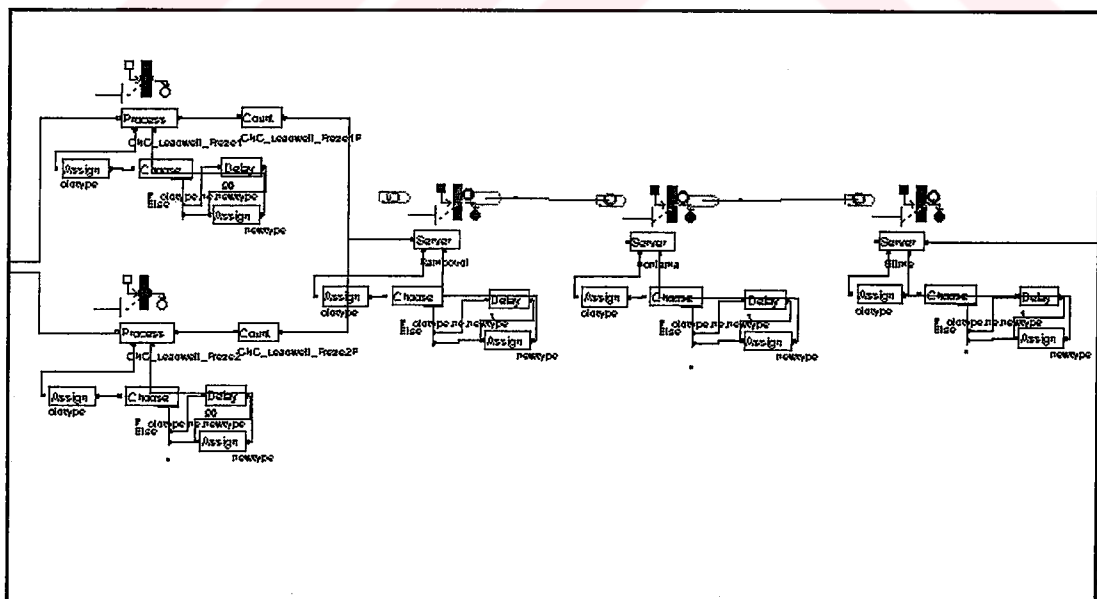


Şekil C.1 (b) Senaryo 1 (devam)

SENARYO - 1



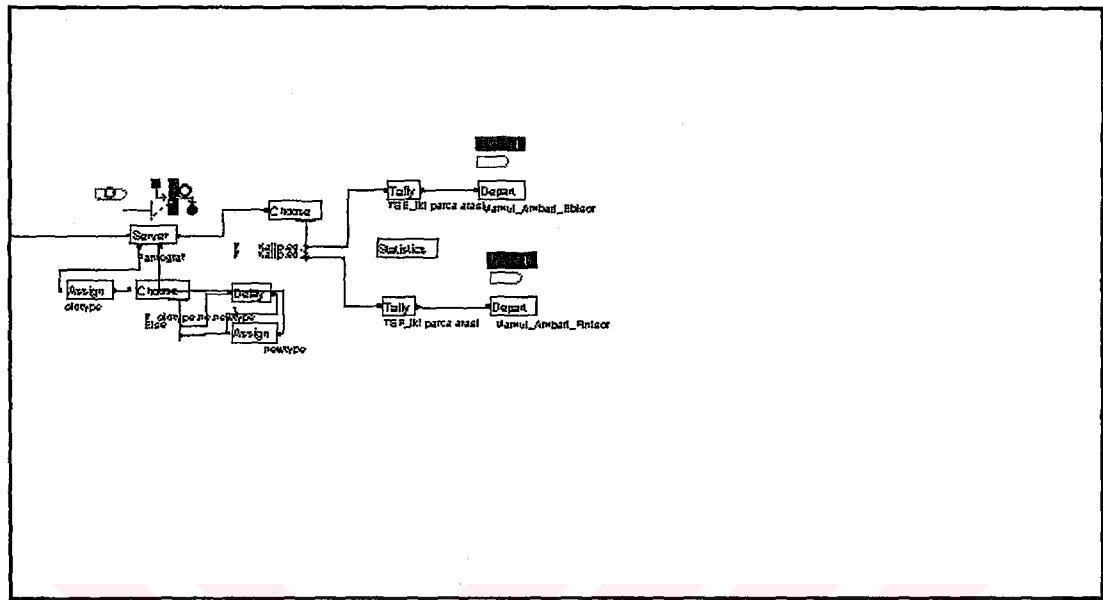
Şekil C.1 (c) Senaryo 1 (devam)



Şekil C.1 (d) Senaryo 1 (devam)

(...DEVAM)

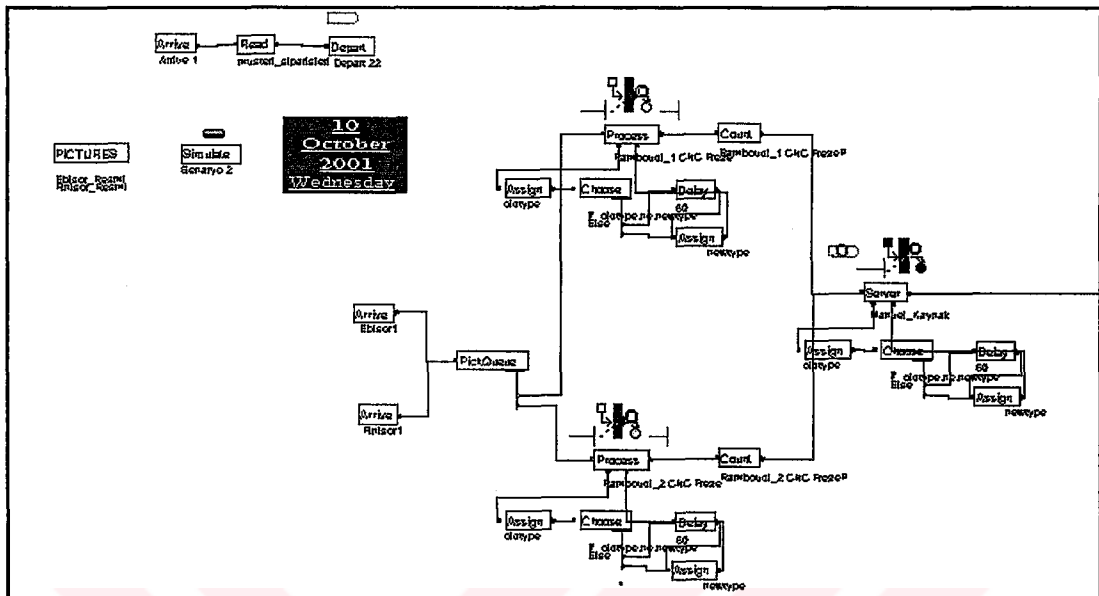
SENARYO - 1



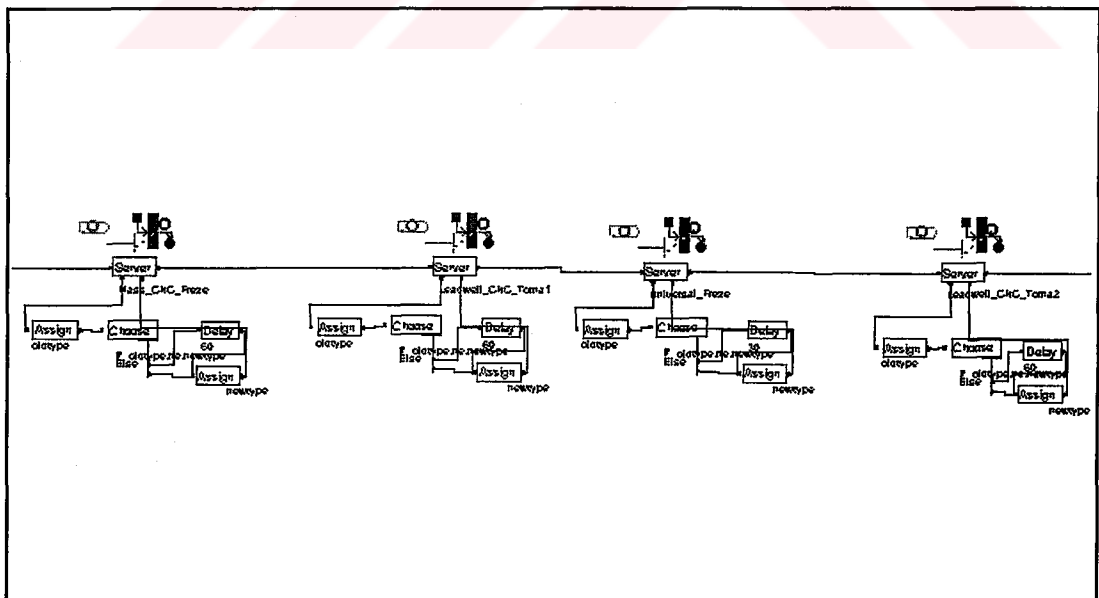
Şekil C.1 (e) Senaryo 1 (devam)

(...DEVAM)

SENARYO - 2

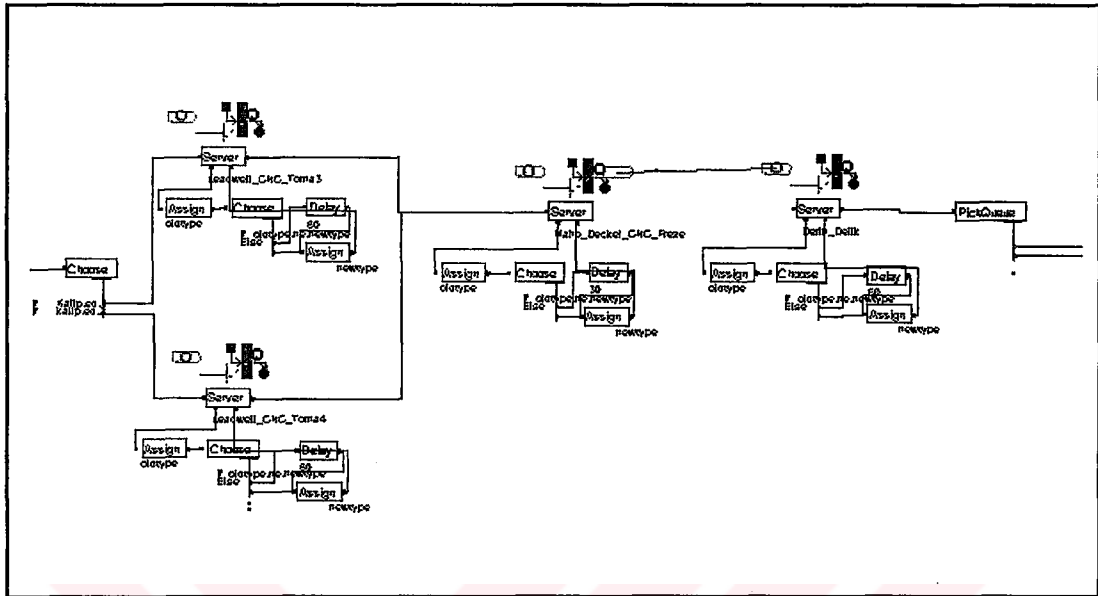


Şekil C.2 (a) Senaryo 2

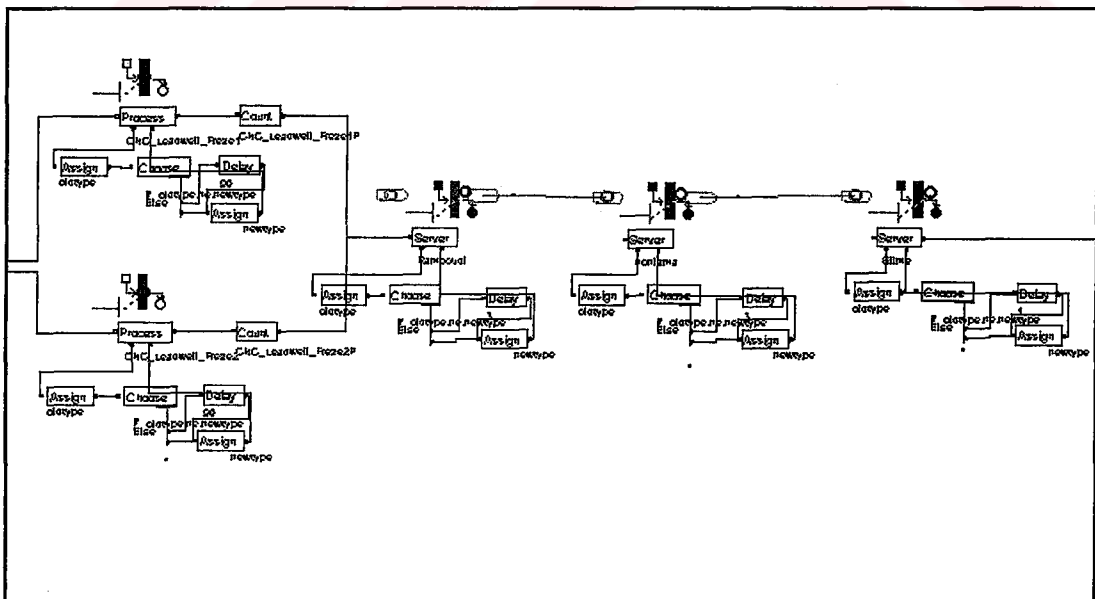


Şekil C.2 (b) Senaryo 2 (devam)

SENARYO - 2



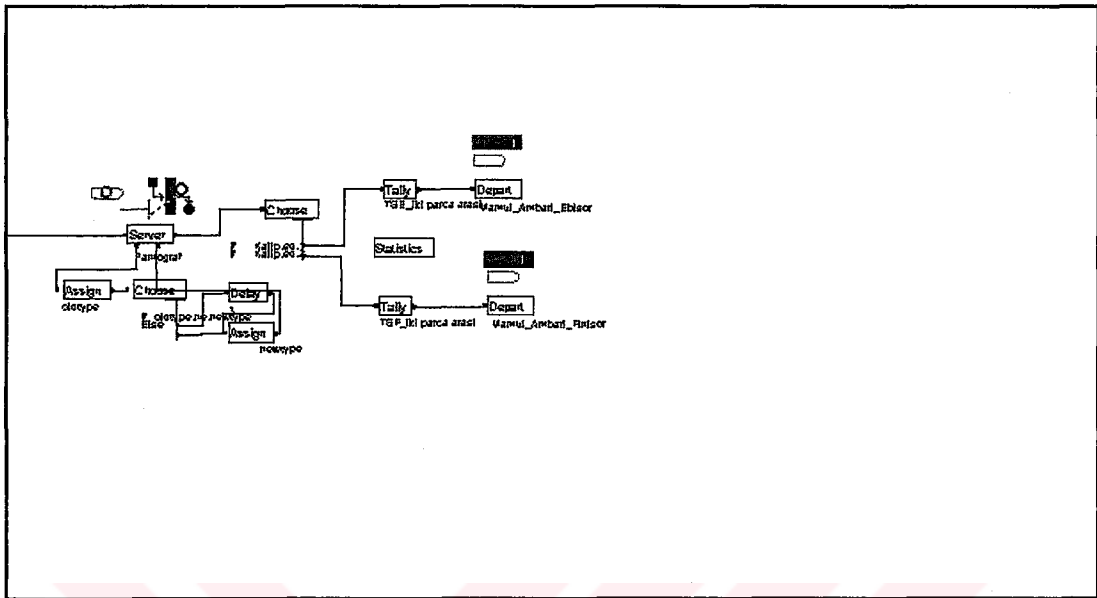
Şekil C.2 (c) Senaryo 2 (devam)



Şekil C.2 (d) Senaryo 2 (devam)

(...DEVAM)

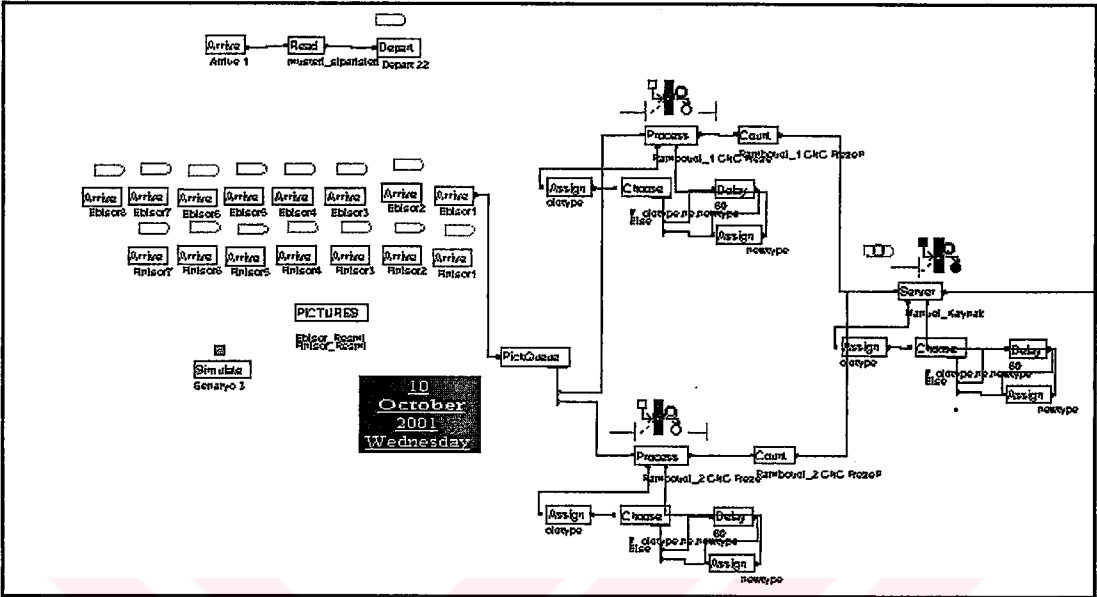
SENARYO - 2



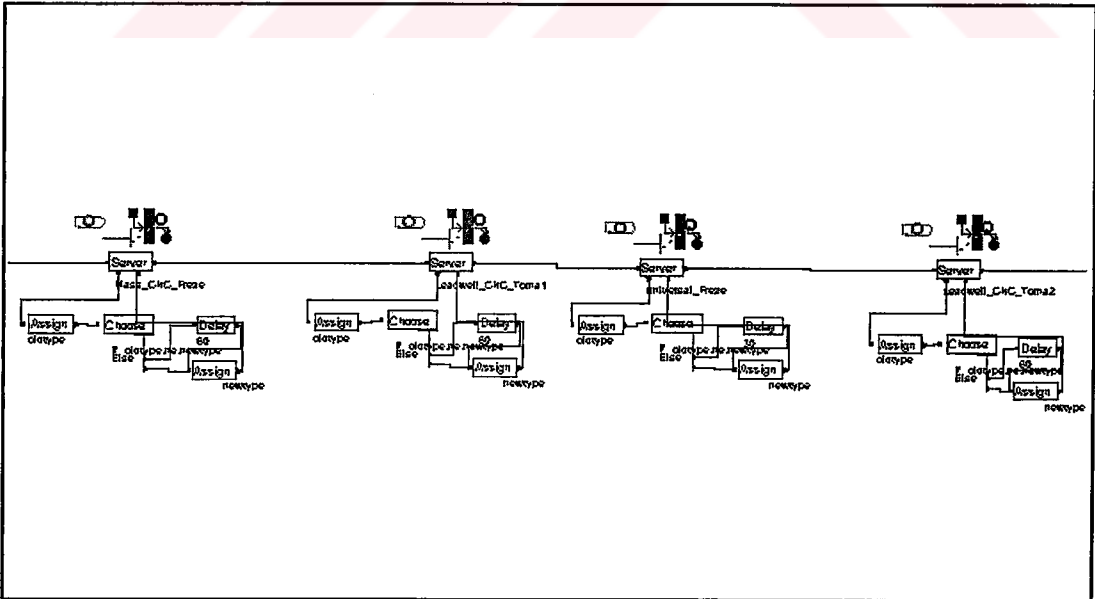
Şekil C.2 (e) Senaryo 2 (devam)

(...DEVAM)

SENARYO - 3

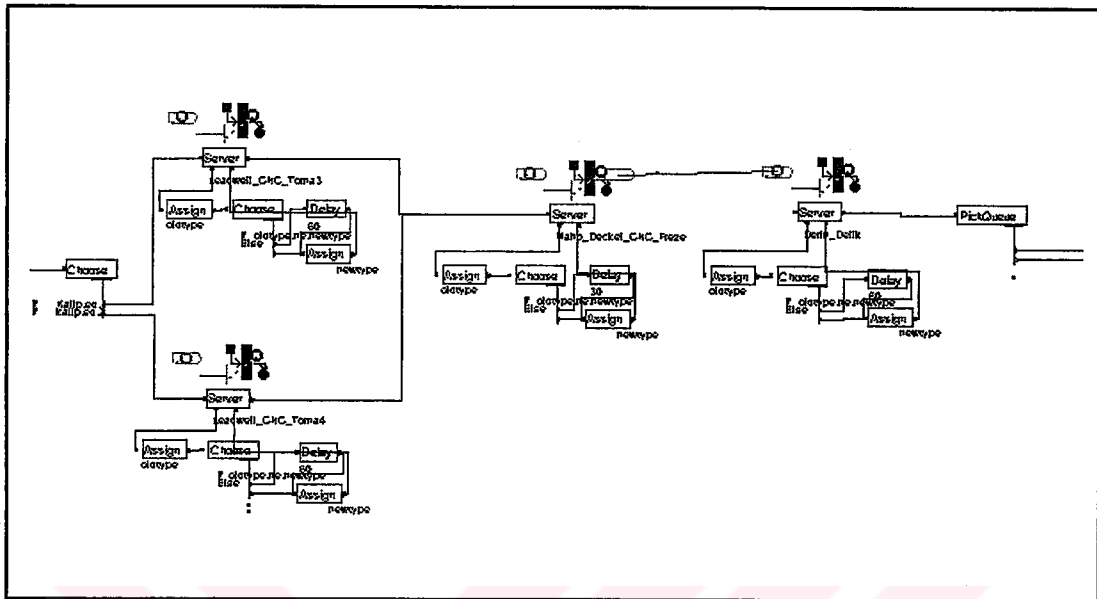


Şekil C.3 (a) Senaryo 3

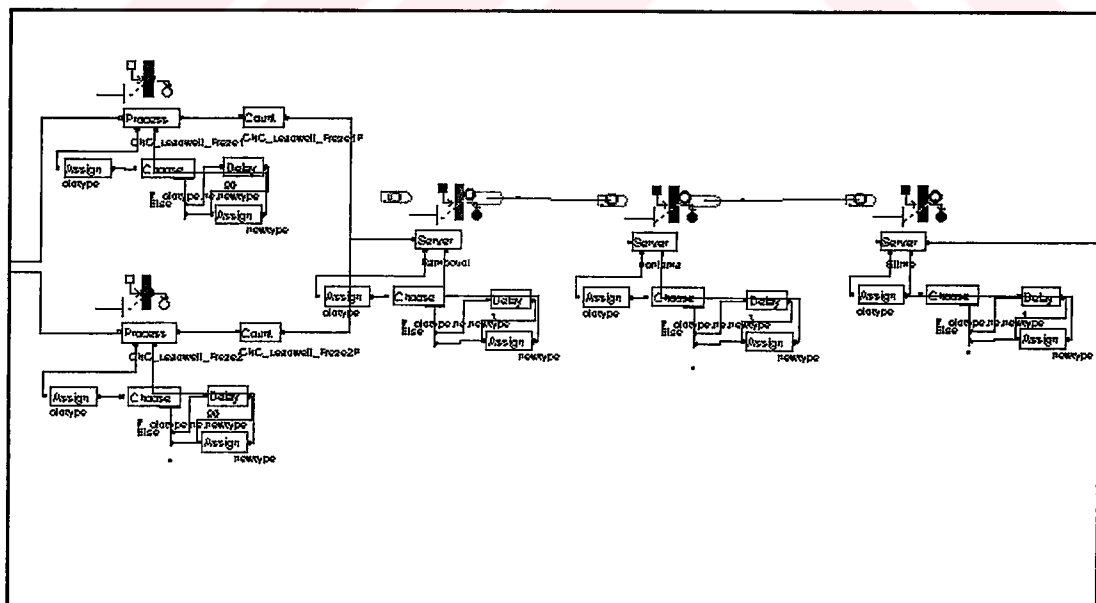


Şekil C.3 (b) Senaryo 3 (devam)

SENARYO - 3



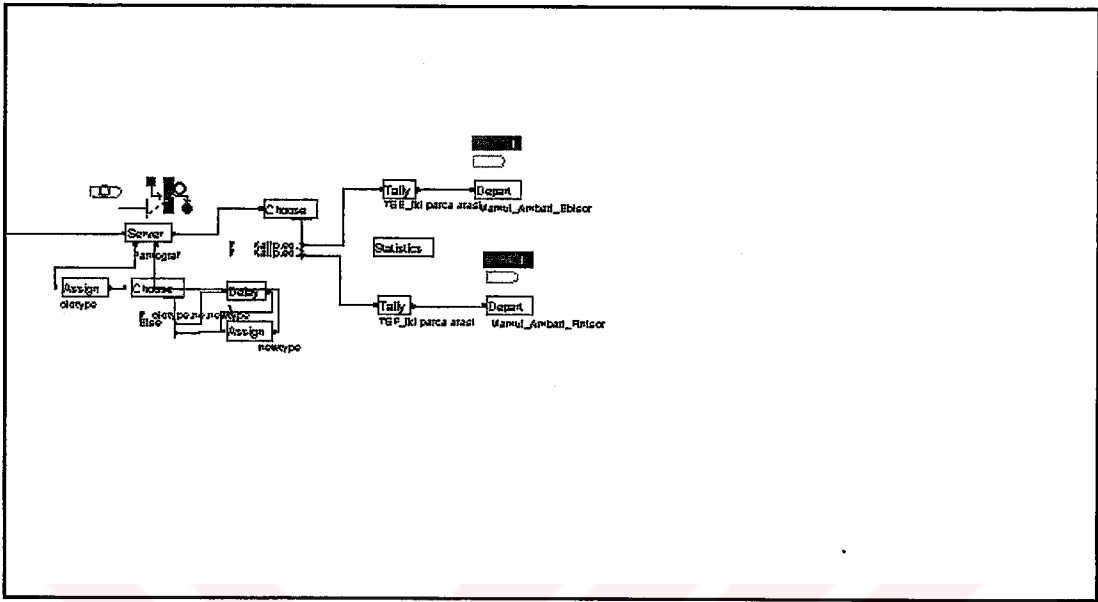
Şekil C.3 (c) Senaryo 3 (devam)



Şekil C.3 (d) Senaryo 3 (devam)

(...DEVAM)

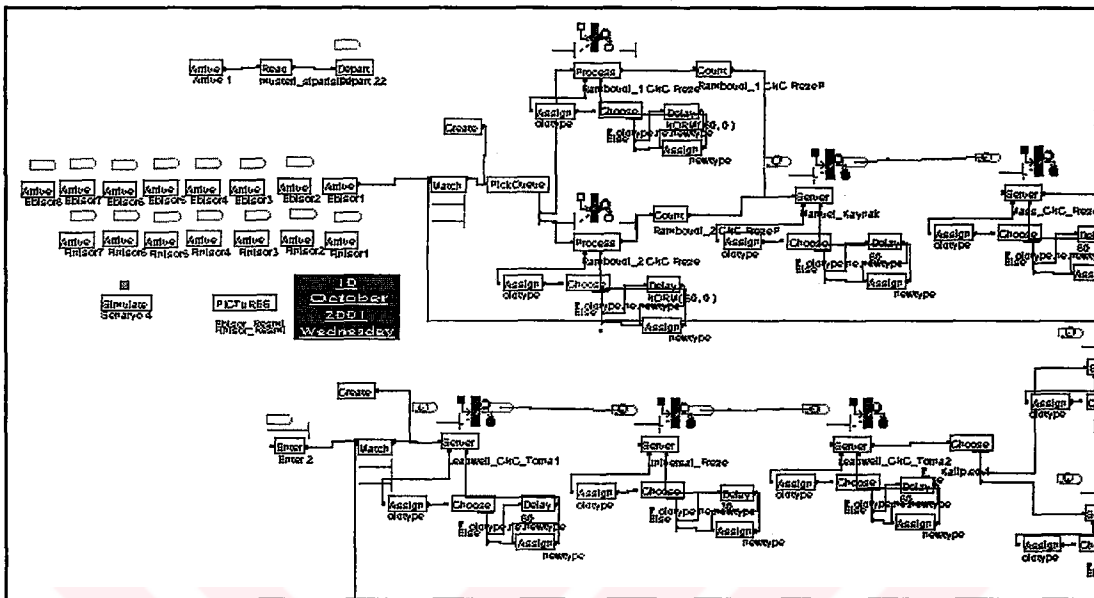
SENARYO - 3



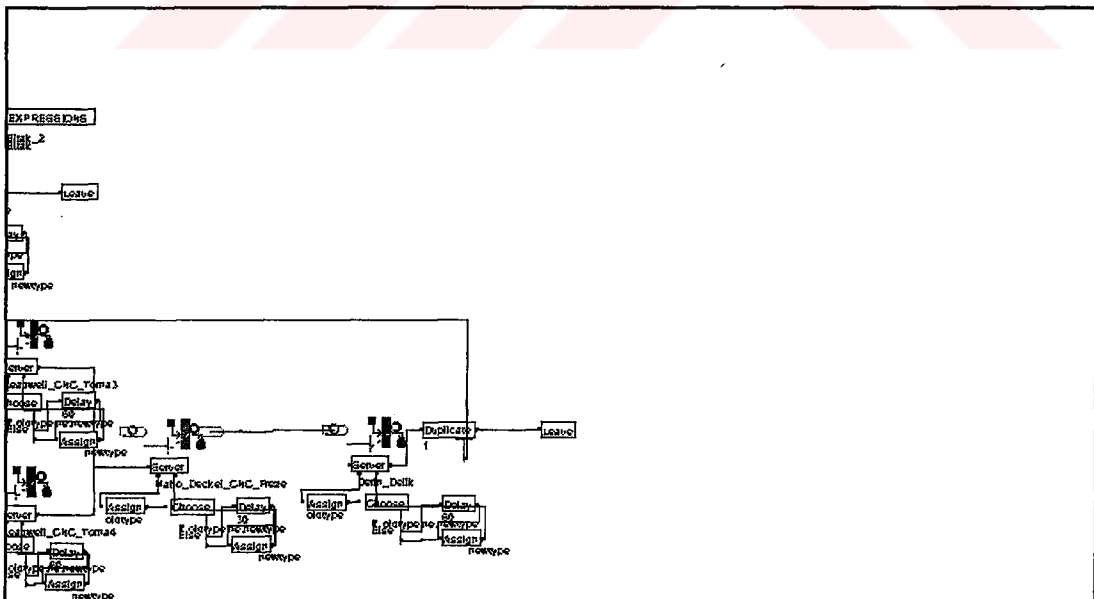
Şekil C.3 (e) Senaryo 3 (devam)

(...DEVAM)

SENARYO - 4

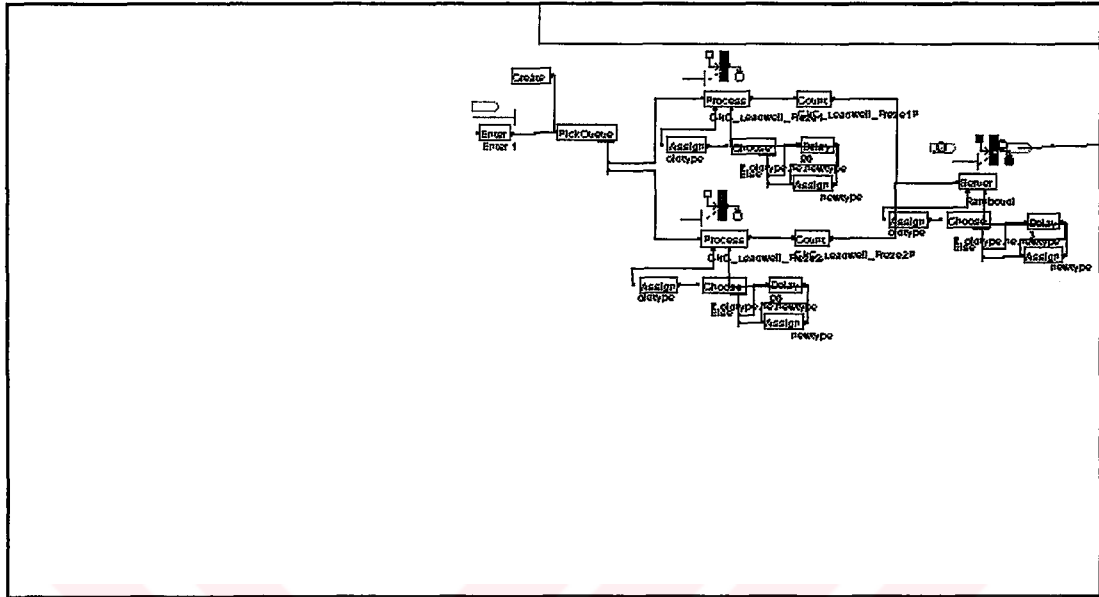


Şekil C.4 (a) Senaryo 4

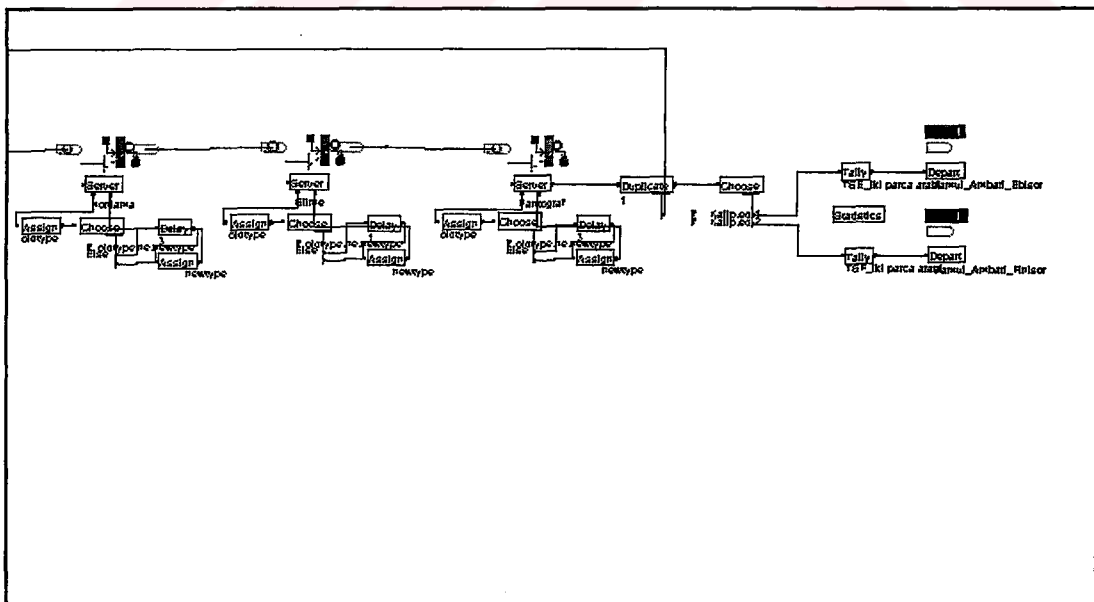


Şekil C.4 (b) Senaryo 4 (devam)

SENARYO - 4

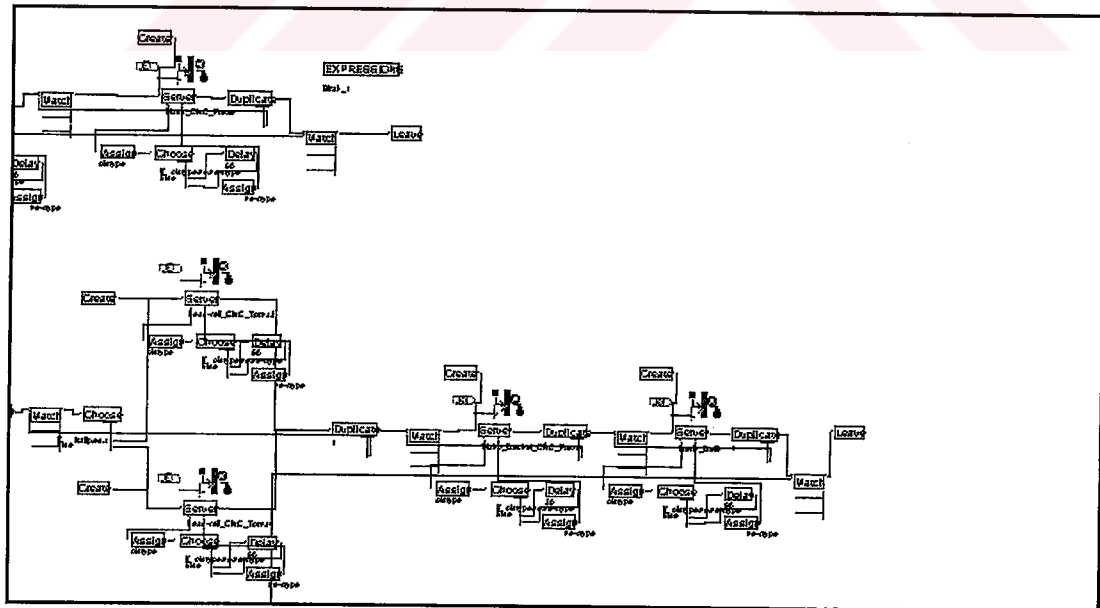


Şekil C.4 (c) Senaryo 4 (devam)

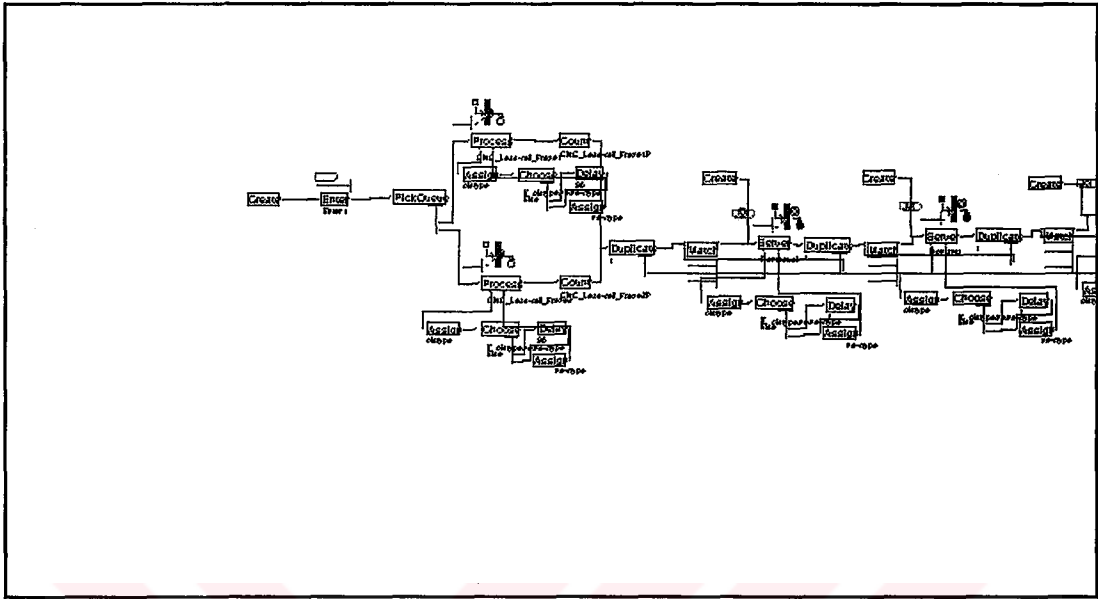


Şekil C.4 (d) Senaryo 4 (devam)

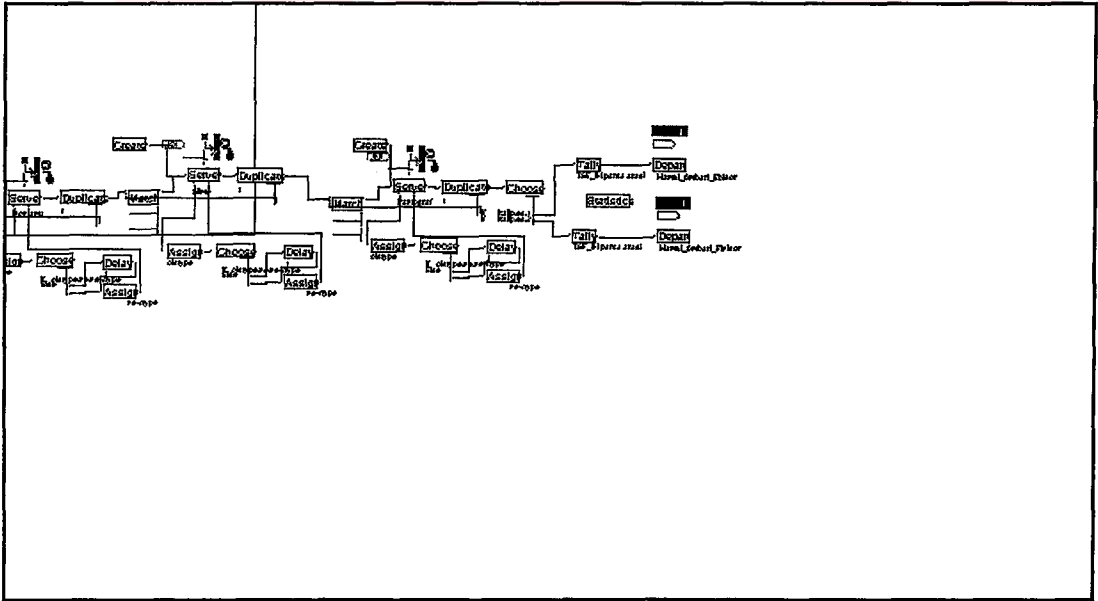
(...DEVAM)



SENARYO - 5



Şekil C.5 (c) Senaryo 5 (devam)



Şekil C.5 (d) Senaryo 5 (devam)

(...DEVAM)

EK D

ARENA Simulation Results Affan NOMAK - License #6666666 Summary for Replication 1 of 1

Project: Senaryo 1-Planlama periyodu boyunca
Analyst: Affan NOMAK

Run execution date : 4/20/2002
Model revision date: 1/ 4/2002

Replication ended at time : 10800

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CNC_Leadwell_Freze1_Q	0 (Insuf)		0	0	78
CNC_Leadwell_Freze2_Q	0 (Insuf)		0	0	61
Derin_Delik_R_Q Queue	2509.7 (Insuf)		0	6330	140
Ebisor_Temin_Suresi	4957.9 (Insuf)		450	10747	137
Finisor_Temin_Suresi	--	--	--	--	0
Honlama_R_Q Queue Time	0,08696 (Insuf)		0	3	138
Leadwell_CNC_Torna1_R_	0 (Insuf)		0	0	224
Leadwell_CNC_Torna2_R_	0 (Insuf)		0	0	223
Leadwell_CNC_Torna3_R_	0 (Insuf)		0	0	160
Leadwell_CNC_Torna4_R_	0 (Insuf)		0	0	62
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0 (Insuf)		0	0	222
Manuel_Kaynak_R_Q Queu	1633,2 (Insuf)		0	4698	226
Mass_CNC_Freze_R_Q Que	0 (Insuf)		0	0	225
Pantograf_R_Q Queue Ti	0 (Insuf)		0	0	137
Ramboudi_1 CNC Freze_Q	4279 (Insuf)		0	10739	166
Ramboudi_2 CNC Freze_Q	4279 (Insuf)		0	10739	166
Ramboudi_R_Q Queue Tim	0 (Insuf)		0	0	138
Silme_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	137
TSE_iki parca arasi	75,713 (Insuf)		28	154	136
TSF_iki parca arasi	--	--	--	--	0
Universal_Freze_R_Q Qu	4,9775 (Insuf)		0	30	223

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	0	0
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	1	0
# in Derin_Delik_R_Q	59,351 (Insuf)		0	82	81
# in Honlama_R_Q	0,00111 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	1	0
# in Maho_Deckel_CNC_F	0 (Insuf)		0	1	0
# in Manuel_Kaynak_R_Q	56,995 (Corr)		0	105	104
# in Mass_CNC_Freze_R_	0 (Insuf)		0	0	0
# in Pantograf_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Ramboudi_1 CNC Fr	74,768 (Insuf)		0	174	9
# in Ramboudi_2 CNC Fr	74,768 (Insuf)		0	174	9
# in Ramboudi_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Silme_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Universal_Freze_R	0,10278 (Insuf)		0	1	0
CNC_Leadwell_Freze1 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze1 Bu	0,43435 (Insuf)		0	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Bu	0,25278 (Insuf)		0	1	0
Derin_Delik_R Availabl	1 (Insuf)		1	1	1
Derin_Delik_R Busy	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Honlama_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Honlama_R Busy	0,38852 (Insuf)		0	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	0,72713 (Corr)		0	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	0,44444 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna4_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna4_R	0,20556 (Insuf)		0	1	0
Maho_Deckel_CNC_Freze_	1 (Insuf)		1	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0,71769 (Insuf)		0	1	1
Manuel_Kaynak_R Availa	1 (Insuf)		1	1	1
Manuel_Kaynak_R Busy	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Mass_CNC_Freze_R Avail	1 (Insuf)		1	1	1
Mass_CNC_Freze_R Busy	0,87907 (Corr)		0	1	1
NR(RAMBOUDI_R)/MAX(MR(	0,39333 (Insuf)		0	1	0
Pantograf_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Pantograf_R Busy	0,15806 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_1 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_1 CNC Freze B	1 (Insuf)		0	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze B	1 (Insuf)		0	1	1
Ramboudi_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_R Busy	0,39333 (Insuf)		0	1	0
Silme_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Silme_R Busy	0,3825 (Insuf)		0	1	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SIP	15 (Insuf)		0	15	15
SIP10	25 (Insuf)		0	25	25
SIP11	15 (Insuf)		0	15	15
SIP12	30 (Insuf)		0	30	30
SIP13	10 (Insuf)		0	10	10
SIP14	30 (Insuf)		0	30	30
SIP15	25 (Insuf)		0	25	25
SIP2	15 (Insuf)		0	15	15
SIP3	10 (Insuf)		0	10	10
SIP4	5 (Insuf)		0	5	5
SIP5	15 (Insuf)		0	15	15
SIP6	20 (Insuf)		0	20	20
SIP7	25 (Insuf)		0	25	25
SIP8	15 (Insuf)		0	15	15
SIP9	20 (Insuf)		0	20	20
Stor_CNC_L_Fre1	0,22046 (Insuf)		0	1	1
Stor_CNC_L_Fre2	0,08333 (Insuf)		0	1	0
Stor_Derin	0,2038 (Insuf)		0	1	1
Stor_Honlama	0,00722 (Insuf)		0	1	0
Stor_Kaynak	0,36611 (Insuf)		0	1	1
Stor_LwellCNCT1	0,35546 (Insuf)		0	1	1
Stor_LwellCNCT2	0,30769 (Insuf)		0	1	1
Stor_LwellCNCT3	0 (Insuf)		0	0	0
Stor_LwellCNCT4	0,03333 (Insuf)		0	1	0
Stor_Maho	0,1038 (Insuf)		0	1	1
Stor_Pantograf	0,00583 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ram1	0,81056 (Insuf)		0	2	2
Stor_Ram2	0,45 (Insuf)		0	1	1
Stor_Ramboudi	0,01 (Insuf)		0	1	0
Stor_Silme	0,00194 (Insuf)		0	1	0
Stor_UnivFre	0,02222 (Insuf)		0	1	0
Storage1	398,88 (Insuf)		0	662	662
Universal_Freze_R Avai	1 (Insuf)		1	1	1
Universal_Freze_R Busy	0,94824	0,04242	0	1	1
Util_CNC_Lwell_Freze1	0,43435 (Insuf)		0	1	1
Util_CNC_Lwell_Freze2	0,25278 (Insuf)		0	1	0
Util_Derin_Delik	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Util_Honlama	0,38852 (Insuf)		0	1	1
Util_Lwell_CNC_Torna1	0,72713 (Corr)		0	1	1
Util_Lwell_CNC_Torna3	0,44444 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna4	0,20556 (Insuf)		0	1	0
Util_Maho_Deckel	0,71769 (Insuf)		0	1	1
Util_Manuel_Kaynak	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Util_Mass_CNC_Freze	0,87907 (Corr)		0	1	1
Util_Pantograf	0,15806 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_1	1 (Insuf)		0	1	1
Util_Ramboudi_2	1 (Insuf)		0	1	1
Util_Silme	0,3825 (Insuf)		0	1	0
Util_Universal_Freze	0,94824 (Insuf)		0	1	1

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
CNC_Leadwell_Freze1P	77	Infinite
CNC_Leadwell_Freze2P	61	Infinite
Derin_Delik_C	139	Infinite
Honlama_C	137	Infinite
Leadwell_CNC_Torna1_C	223	Infinite
Leadwell_CNC_Torna2_C	222	Infinite
Leadwell_CNC_Torna3_C	160	Infinite
Leadwell_CNC_Torna4_C	62	Infinite
Maho_Deckel_CNC_Freze_	221	Infinite
Mamul_Ambari_Ebisor_C	137	Infinite
Mamul_Ambari_Finisor_C	0	Infinite
Manuel_Kaynak_C	225	Infinite
Mass_CNC_Freze_C	224	Infinite
Pantograf_C	137	Infinite
Ramboudi_1 CNCFrezeP	165	Infinite
Ramboudi_2 CNCFrezeP	165	Infinite
Ramboudi_C	138	Infinite
Silme_C	137	Infinite
Universal_Freze_C	223	Infinite



ARENA Simulation Results
Affan NOMAK - License #6666666
Summary for Replication 1 of 1

Project: Senaryo 2-Planlama periyodu boyunca
Analyst: Affan NOMAK

Run execution date : 4/20/2002
Model revision date: 1/ 4/2002

Replication ended at time : 10800

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CNC_Leadwell_Freze1_Q	0 (Insuf)		0	0	72
CNC_Leadwell_Freze2_Q	0 (Insuf)		0	0	57
Derin_Delik_R_Q Queue	2684.9 (Insuf)		0	6012	130
Ebisor_Temin_Suresi	5008.4 (Insuf)		450	10599	125
Finisor_Temin_Suresi	10740 (Insuf)		10712	10769	2
Honlama_R_Q Queue Time	0.07031 (Insuf)		0	3	128
Leadwell_CNC_Torna1_R_	0 (Insuf)		0	0	201
Leadwell_CNC_Torna2_R_	4,3115 (Insuf)		0	90	199
Leadwell_CNC_Torna3_R_	4,176 (Insuf)		0	48	125
Leadwell_CNC_Torna4_R_	0 (Insuf)		0	0	73
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0,18274 (Insuf)		0	12	197
Manuel_Kaynak_R_Q Queu	1789.9 (Insuf)		0	4926	203
Mass_CNC_Freze_R_Q Que	0 (Insuf)		0	0	202
Pantograf_R_Q Queue Ti	0 (Insuf)		0	0	127
Ramboudi_1 CNC Freze_Q	3666.3 (Insuf)		0	9131	138
Ramboudi_2 CNC Freze_Q	3636.9 (Insuf)		0	9035	137
Ramboudi_R_Q Queue Tim	0 (Insuf)		0	0	129
Silme_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	128
TSE_iki parca arasi	81,846 (Insuf)		28	157	124
TSF_iki parca arasi	57 (Insuf)		57	57	1
Universal_Freze_R_Q Qu	9,6 (Insuf)		0	78	200

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	1	0
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	1	0
# in Derin_Delik_R_Q	50,017 (Insuf)		0	67	66
# in Honlama_R_Q	8,33E-04 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,04833 (Insuf)		0	2	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,07991 (Insuf)		0	1	1
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	1	0
# in Maho_Deckel_CNC_F	0,00333 (Insuf)		0	1	0
# in Manuel_Kaynak_R_Q	55,132 (Corr)		0	93	72
# in Mass_CNC_Freze_R_	0 (Insuf)		0	0	0
# in Pantograf_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Ramboudi_1 CNC Fr	46,847 (Insuf)		0	137	0
# in Ramboudi_2 CNC Fr	46,135 (Insuf)		0	136	0
# in Ramboudi_R_Q	0 (Insuf)		0	1	0
# in Silme_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Universal_Freze_R	0,1788 (Insuf)		0	2	1
CNC_Leadwell_Freze1 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze1 Bu	0,38333 (Insuf)		0	1	0
CNC_Leadwell_Freze2 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Bu	0,35 (Insuf)		0	1	0
Derin_Delik_R Availabl	1 (Insuf)		1	1	1
Derin_Delik_R Busy	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Honlama_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Honlama_R Busy	0,36611 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna1_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	0,74611 (Corr)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna3_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	0,36389 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna4_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna4_R	0,23546 (Insuf)		0	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	1 (Insuf)		1	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0,69102 (Insuf)		0	1	1
Manuel_Kaynak_R Availa	1 (Insuf)		1	1	1
Manuel_Kaynak_R Busy	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Mass_CNC_Freze_R Avail	1 (Insuf)		1	1	1
Mass_CNC_Freze_R Busy	0,88972 (Corr)		0	1	1
NR(RAMBOUDI_R)/MAX(MR(	0,36907 (Insuf)		0	1	1
Pantograf_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Pantograf_R Busy	0,14917 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_1 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_1 CNC Freze B	0,84889 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_2 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze B	0,84556 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_R Busy	0,36907 (Insuf)		0	1	1
Silme_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Silme_R Busy	0,35676 (Insuf)		0	1	1

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SIP	15 (Insuf)		0	15	15
SIP10	25 (Insuf)		0	25	25
SIP11	15 (Insuf)		0	15	15
SIP12	30 (Insuf)		0	30	30
SIP13	10 (Insuf)		0	10	10
SIP14	30 (Insuf)		0	30	30
SIP15	25 (Insuf)		0	25	25
SIP2	15 (Insuf)		0	15	15
SIP3	10 (Insuf)		0	10	10
SIP4	5 (Insuf)		0	5	5
SIP5	15 (Insuf)		0	15	15
SIP6	20 (Insuf)		0	20	20
SIP7	25 (Insuf)		0	25	25
SIP8	15 (Insuf)		0	15	15
SIP9	20 (Insuf)		0	20	20
Stor_CNC_L_Fre1	0,18333 (Insuf)		0	1	0
Stor_CNC_L_Fre2	0,19167 (Insuf)		0	1	0
Stor_Derin	0,25556 (Insuf)		0	1	0
Stor_Honlama	0,01056 (Insuf)		0	1	0
Stor_Kaynak	0,42778 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT1	0,41111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT2	0,35556 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT3	0,01667 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT4	0,03333 (Insuf)		0	1	0
Stor_Maho	0,14444 (Insuf)		0	1	0
Stor_Pantograf	0,00806 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ram1	0,81111 (Insuf)		0	2	0
Stor_Ram2	0,38889 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ramboudi	0,0125 (Insuf)		0	1	0
Stor_Silme	0,00296 (Insuf)		0	1	0
Stor_UnivFre	0,03889 (Insuf)		0	1	0
Storage1	362,31 (Insuf)		0	550	550
Universal_Freze_RAvai	1 (Insuf)		1	1	1
Universal_Freze_RBusy	0,94824	0,03882	0	1	1
Util_CNC_Lwell_Freze1	0,38333 (Insuf)		0	1	0
Util_CNC_Lwell_Freze2	0,35 (Insuf)		0	1	0
Util_Derin_Delik	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Util_Honlama	0,36611 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna1	0,74611 (Corr)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna3	0,36389 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna4	0,23546 (Insuf)		0	1	1
Util_Maho_Deckel	0,69102 (Insuf)		0	1	1
Util_Manuel_Kaynak	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Util_Mass_CNC_Freze	0,88972 (Corr)		0	1	1
Util_Pantograf	0,14917 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_1	0,84889 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_2	0,84556 (Insuf)		0	1	0
Util_Silme	0,35676 (Insuf)		0	1	1
Util_Universal_Freze	0,94824 (Insuf)		0	1	1

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
CNC_Leadwell_Freze1P	72	Infinite
CNC_Leadwell_Freze2P	57	Infinite
Derin_Delik_C	129	Infinite
Honlama_C	128	Infinite
Leadwell_CNC_Torna1_C	201	Infinite
Leadwell_CNC_Torna2_C	198	Infinite
Leadwell_CNC_Torna3_C	125	Infinite
Leadwell_CNC_Torna4_C	72	Infinite
Maho_Deckel_CNC_Freze_	196	Infinite
Mamul_Ambari_Ebisor_C	125	Infinite
Mamul_Ambari_Finisor_C	2	Infinite
Manuel_Kaynak_C	202	Infinite
Mass_CNC_Freze_C	201	Infinite
Pantograf_C	127	Infinite
Ramboudi_1 CNCFrezeP	138	Infinite
Ramboudi_2 CNCFrezeP	137	Infinite
Ramboudi_C	128	Infinite
Silme_C	127	Infinite
Universal_Freze_C	200	Infinite



ARENA Simulation Results
Affan NOMAK - License #6666666
Summary for Replication 1 of 1

Project: Senaryo 3-Planlama periyodu boyunca
Analyst: Affan NOMAK

Run execution date : 4/20/2002
Model revision date: 1/ 4/2002

Replication ended at time : 10800

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CNC_Leadwell_Freze1_Q	2.6087 (Insuf)		0	60	69
CNC_Leadwell_Freze2_Q	0 (Insuf)		0	0	57
Derin_Delik_R_Q Queue	1122 (Insuf)		0	2520	127
Ebisor_Temin_Suresi	5900 (Insuf)		450	10503	70
Finisor_Temin_Suresi	4935,5 (Insuf)		1650	10769	54
Honlama_R_Q Queue Time	0,144 (Insuf)		0	3	125
Leadwell_CNC_Torna1_R_	5,4223 (Insuf)		0	96	161
Leadwell_CNC_Torna2_R_	33,937 (Insuf)		0	168	160
Leadwell_CNC_Torna3_R_	6,6857 (Insuf)		0	54	70
Leadwell_CNC_Torna4_R_	9,9333 (Insuf)		0	108	90
Maho_Deckel_CNC_Freze_	1,8867 (Insuf)		0	90	159
Manuel_Kaynak_R_Q Queu	2796,7 (Insuf)		0	6390	163
Mass_CNC_Freze_R_Q Que	2,1913 (Insuf)		0	55	162
Pantograf_R_Q Queue Ti	0 (Insuf)		0	0	124
Ramboudi_1 CNC Freze_Q	3898,4 (Insuf)		0	8518	138
Ramboudi_2 CNC Freze_Q	4048,2 (Insuf)		0	9142	137
Ramboudi_R_Q Queue Tim	0,11905 (Insuf)		0	3	126
Silme_R_Q Queue Time	0,032 (Insuf)		0	1	125
TSE_iki parca arasi	145,69 (Insuf)		30	3060	69
TSF_iki parca arasi	172,05 (Insuf)		30	3540	53
Universal_Freze_R_Q Qu	39,85 (Insuf)		0	210	161

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	1	0
# in CNC_Leadwell_Frez	0,01667 (Insuf)		0	2	0
# in Derin_Delik_R_Q	15,908 (Insuf)		0	31	31
# in Honlama_R_Q	0,00167 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,04333 (Insuf)		0	2	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,50278 (Insuf)		0	3	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,08083 (Insuf)		0	3	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,08278 (Insuf)		0	2	0
# in Maho_Deckel_CNC_F	0,02778 (Insuf)		0	2	0
# in Manuel_Kaynak_R_Q	85,805 (Corr)		0	134	112
# in Mass_CNC_Freze_R_	0,03287 (Insuf)		0	2	0
# in Pantograf_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Ramboudi_1 CNC Fr	49,813 (Insuf)		0	137	0
# in Ramboudi_2 CNC Fr	51,352 (Insuf)		0	136	0
# in Ramboudi_R_Q	0,00139 (Insuf)		0	1	0
# in Silme_R_Q	3,70E-04 (Insuf)		0	1	0
# in Universal_Freze_R	0,59407 (Insuf)		0	4	0
CNC_Leadwell_Frez1 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Frez1 Bu	0,45 (Insuf)		0	1	0
CNC_Leadwell_Freze2 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Bu	0,325 (Insuf)		0	1	0
Derin_Delik_R Availabl	1 (Insuf)		1	1	1
Derin_Delik_R Busy	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Honlama_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Honlama_R Busy	0,36278 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna1_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	0,77944 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna3_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	0,25556 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna4_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna4_R	0,39824 (Insuf)		0	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze	1 (Insuf)		1	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze	0,59546 (Insuf)		0	1	1
Manuel_Kaynak_R Availa	1 (Insuf)		1	1	1
Manuel_Kaynak_R Busy	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Mass_CNC_Freze_R Avail	1 (Insuf)		1	1	1
Mass_CNC_Freze_R Busy	0,89157 (Insuf)		0	1	1
NR(RAMBOUDI_R)/MAX(MR(	0,36241 (Insuf)		0	1	1
Pantograf_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Pantograf_R Busy	0,15028 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_1 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_1 CNC Freze B	0,79889 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_2 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze B	0,85667 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_R Busy	0,36241 (Insuf)		0	1	1
Silme_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Silme_R Busy	0,3488 (Insuf)		0	1	1

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SIP	15 (Insuf)		0	15	15
SIP10	25 (Insuf)		0	25	25
SIP11	15 (Insuf)		0	15	15
SIP12	30 (Insuf)		0	30	30
SIP13	10 (Insuf)		0	10	10
SIP14	30 (Insuf)		0	30	30
SIP15	25 (Insuf)		0	25	25
SIP2	15 (Insuf)		0	15	15
SIP3	10 (Insuf)		0	10	10
SIP4	5 (Insuf)		0	5	5
SIP5	15 (Insuf)		0	15	15
SIP6	20 (Insuf)		0	20	20
SIP7	25 (Insuf)		0	25	25
SIP8	15 (Insuf)		0	15	15
SIP9	20 (Insuf)		0	20	20
Stor_CNC_L_Fre1	0,25833 (Insuf)		0	1	0
Stor_CNC_L_Fre2	0,16667 (Insuf)		0	1	0
Stor_Derin	0,27222 (Insuf)		0	1	0
Stor_Honlama	0,01556 (Insuf)		0	1	0
Stor_Kaynak	0,53889 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT1	0,51111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT2	0,36667 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT3	0,06111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT4	0,15 (Insuf)		0	1	0
Stor_Maho	0,15556 (Insuf)		0	1	0
Stor_Pantograf	0,0125 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ram1	0,85556 (Insuf)		0	2	0
Stor_Ram2	0,4 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ramboudi	0,01417 (Insuf)		0	1	0
Stor_Silme	0,00333 (Insuf)		0	1	0
Stor_UnivFre	0,11389 (Insuf)		0	1	0
Storage1	345,6 (Insuf)		0	550	550
Universal_Freze_R Avai	1 (Insuf)		1	1	1
Universal_Freze_R Busy	0,92602	0,05266	0	1	1
Util_CNC_Lwell_Freze1	0,45 (Insuf)		0	1	0
Util_CNC_Lwell_Freze2	0,325 (Insuf)		0	1	0
Util_Derin_Delik	0,97602 (Insuf)		0	1	1
Util_Honlama	0,36278 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna1	0,77944 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna3	0,25556 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna4	0,39824 (Insuf)		0	1	1
Util_Maho_Deckel	0,59546 (Insuf)		0	1	1
Util_Manuel_Kaynak	0,99111 (Insuf)		0	1	1
Util_Mass_CNC_Freze	0,89157 (Insuf)		0	1	1
Util_Pantograf	0,15028 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_1	0,79889 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_2	0,85667 (Insuf)		0	1	0
Util_Silme	0,3488 (Insuf)		0	1	1
Util_Universal_Freze	0,92602 (Insuf)		0	1	1

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
CNC_Leadwell_Freze1P	69	Infinite
CNC_Leadwell_Freze2P	57	Infinite
Derin_Delik_C	126	Infinite
Honlama_C	125	Infinite
Leadwell_CNC_Torna1_C	161	Infinite
Leadwell_CNC_Torna2_C	160	Infinite
Leadwell_CNC_Torna3_C	70	Infinite
Leadwell_CNC_Torna4_C	89	Infinite
Maho_Deckel_CNC_Freze_	158	Infinite
Mamul_Ambari_Ebisor_C	70	Infinite
Mamul_Ambari_Finisor_C	54	Infinite
Manuel_Kaynak_C	162	Infinite
Mass_CNC_Freze_C	161	Infinite
Pantograf_C	124	Infinite
Ramboudi_1 CNCFrezeP	138	Infinite
Ramboudi_2 CNCFrezeP	137	Infinite
Ramboudi_C	125	Infinite
Silme_C	124	Infinite
Universal_Freze_C	160	Infinite

ARENA Simulation Results
Affan NOMAK - License #6666666
Summary for Replication 1 of 1

Project: Senaryo 4-Planlama periyodu boyunca
Analyst: Affan NOMAK

Run execution date : 4/20/2002
Model revision date: 1/ 4/2002

Replication ended at time : 10800

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CNC_Leadwell_Freze1_Q	0 (Insuf)		0	0	82
CNC_Leadwell_Freze2_Q	0,42254 (Insuf)		0	30	71
Derin_Delik_R_Q Queue	57.456 (Insuf)		0	132	151
Ebisor_Temin_Suresi	5666,9 (Insuf)		918	9281	70
Finisor_Temin_Suresi	6295,1 (Insuf)		2106	10792	72
Honlama_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	152
Leadwell_CNC_Torna1_R_	0,93506 (Insuf)		0	42	154
Leadwell_CNC_Torna2_R_	1,3725 (Insuf)		0	48	153
Leadwell_CNC_Torna3_R_	0,51429 (Insuf)		0	18	70
Leadwell_CNC_Torna4_R_	0,6506 (Insuf)		0	18	83
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0 (Insuf)		0	0	152
Manuel_Kaynak_R_Q Queu	13.223 (Insuf)		0	138	152
Mass_CNC_Freze_R_Q Que	0 (Insuf)		0	0	152
Pantograf_R_Q Queue Ti	0 (Insuf)		0	0	151
Ramboudi_1 CNC Freze_Q	4,7088 (Insuf)		0	108	79
Ramboudi_2 CNC Freze_Q	5,8378 (Insuf)		0	108	74
Ramboudi_R_Q Queue Tim	0,39474 (Insuf)		0	30	152
Silme_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	151
TS_Hucre1_E	5661,4 (Insuf)		91	10751	151
TS_Hucre1_F	5661,4 (Insuf)		91	10751	151
TS_Hucre2_E	5693,8 (Insuf)		168	10780	150
TS_Hucre2_F	5693,8 (Insuf)		168	10780	150
TSE_iki parca arasi	121,2 (Insuf)		60	2611	69
TSF_iki parca arasi	122.33 (Insuf)		60	2941	71
Universal_Freze_R_Q Qu	3.1372 (Insuf)		0	60	153

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
# in CNC_Leadwell_Frez	0,00278 (Insuf)		0	1	0
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	0	0
# in Derin_Delik_R_Q	0,805 (Insuf)		0	3	1
# in Honlama_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,00333 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,01944 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,01333 (Insuf)		0	2	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,005 (Insuf)		0	1	0
# in Maho_Deckel_CNC_F	0 (Insuf)		0	1	0
# in Manuel_Kaynak_R_Q	0,18611 (Insuf)		0	2	0
# in Mass_CNC_Freze_R_	0 (Insuf)		0	0	0
# in Pantograf_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Ramboudi_1 CNC Fr	0,03444 (Insuf)		0	2	0
# in Ramboudi_2 CNC Fr	0,04 (Insuf)		0	2	0
# in Ramboudi_R_Q	0,00556 (Insuf)		0	1	0
# in Silme_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Universal_Freze R	0,04444 (Insuf)		0	1	0
CNC_Leadwell_Freze1 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze1 Bu	0,24444 (Insuf)		0	1	0
CNC_Leadwell_Freze2 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Bu	0,22944 (Insuf)		0	1	1
Derin_Delik_R Availabl	1 (Insuf)		1	1	1
Derin_Delik_R Busy	0,84611 (Insuf)		0	1	1
Honlama_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Honlama_R Busy	0,42278 (Insuf)		0	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	0,36667 (Insuf)		0	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	0,20556 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna4_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna4_R	0,24056 (Insuf)		0	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	1 (Insuf)		1	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0,43611 (Insuf)		0	1	0
Manuel_Kaynak_R Availa	1 (Insuf)		1	1	1
Manuel_Kaynak_R Busy	0,61111 (Insuf)		0	1	0
Mass_CNC_Freze_R Avail	1 (Insuf)		1	1	1
Mass_CNC_Freze_R Busy	0,5062 (Insuf)		0	1	1
NR(RAMBOUDI_R)/MAX(MR(	0,42389 (Insuf)		0	1	0
Pantograf_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Pantograf_R Busy	0,17194 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_1 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_1 CNC Freze B	0,35611 (Insuf)		0	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze B	0,34111 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_R Busy	0,42389 (Insuf)		0	1	0
Silme_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Silme_R Busy	0,42019 (Insuf)		0	1	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SIP	15 (Insuf)		0	15	15
SIP10	25 (Insuf)		0	25	25
SIP11	15 (Insuf)		0	15	15
SIP12	30 (Insuf)		0	30	30
SIP13	10 (Insuf)		0	10	10
SIP14	30 (Insuf)		0	30	30
SIP15	25 (Insuf)		0	25	25
SIP2	15 (Insuf)		0	15	15
SIP3	10 (Insuf)		0	10	10
SIP4	5 (Insuf)		0	5	5
SIP5	15 (Insuf)		0	15	15
SIP6	20 (Insuf)		0	20	20
SIP7	25 (Insuf)		0	25	25
SIP8	15 (Insuf)		0	15	15
SIP9	20 (Insuf)		0	20	20
Stor_CNC_L_Fre1	0,01667 (Insuf)		0	1	0
Stor_CNC_L_Fre2	0,03333 (Insuf)		0	1	0
Stor_Derin	0,01111 (Insuf)		0	1	0
Stor_Honlama	0,00167 (Insuf)		0	1	0
Stor_Kaynak	0,18889 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT1	0,11111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT2	0,05 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT3	0,01111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT4	0,01111 (Insuf)		0	1	0
Stor_Maho	0,01389 (Insuf)		0	1	0
Stor_Pantograf	0,00417 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ram1	0,25 (Insuf)		0	2	0
Stor_Ram2	0,09444 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ramboudi	0,00167 (Insuf)		0	1	0
Stor_Silme	7,41E-04 (Insuf)		0	1	0
Stor_UnivFre	0,02778 (Insuf)		0	1	0
Storage1	146,95 (Insuf)		0	305	305
Universal_Freze_R Avai	1 (Insuf)		1	1	1
Universal_Freze_R Busy	0,50278 (Corr)		0	1	0
Util_CNC_Lwell_Freze1	0,24444 (Insuf)		0	1	0
Util_CNC_Lwell_Freze2	0,22944 (Insuf)		0	1	1
Util_Derin_Delik	0,84611 (Insuf)		0	1	1
Util_Honlama	0,42278 (Insuf)		0	1	1
Util_Lwell_CNC_Torna1	0,36667 (Insuf)		0	1	1
Util_Lwell_CNC_Torna3	0,20556 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna4	0,24056 (Insuf)		0	1	1
Util_Maho_Deckel	0,43611 (Insuf)		0	1	0
Util_Manuel_Kaynak	0,61111 (Insuf)		0	1	0
Util_Mass_CNC_Freze	0,5062 (Insuf)		0	1	1
Util_Pantograf	0,17194 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_1	0,35611 (Insuf)		0	1	1
Util_Ramboudi_2	0,34111 (Insuf)		0	1	0
Util_Silme	0,42019 (Insuf)		0	1	0
Util_Universal_Freze	0,50278 (Insuf)		0	1	0

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
CNC_Leadwell_Freze1P	82	Infinite
CNC_Leadwell_Freze2P	70	Infinite
Derin_Delik_C	150	Infinite
Honlama_C	151	Infinite
Leadwell_CNC_Torna1_C	153	Infinite
Leadwell_CNC_Torna2_C	153	Infinite
Leadwell_CNC_Torna3_C	70	Infinite
Leadwell_CNC_Torna4_C	82	Infinite
Maho_Deckel_CNC_Freze_	152	Infinite
Mamul_Ambari_Ebisor_C	70	Infinite
Mamul_Ambari_Finisor_C	72	Infinite
Manuel_Kaynak_C	152	Infinite
Mass_CNC_Freze_C	151	Infinite
Pantograf_C	151	Infinite
Ramboudi_1 CNCFrezeP	78	Infinite
Ramboudi_2 CNCFrezeP	74	Infinite
Ramboudi_C	152	Infinite
Silme_C	151	Infinite
Universal_Freze_C	153	Infinite

ARENA Simulation Results
 Affan NOMAK - License #6666666
 Summary for Replication 1 of 1

Project: **Senaryo 5-Planlama periyodu boyunca**
 Analyst: Affan NOMAK

Run execution date : 4/20/2002
 Model revision date: 1/ 4/2002

Replication ended at time : 10800

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CNC_Leadwell_Freze1_Q	0 (Insuf)		0	0	68
CNC_Leadwell_Freze2_Q	0 (Insuf)		0	0	62
Derin_Delik_R_Q Queue	0 (Insuf)		0	0	130
Ebisor_Temin_Suresi	6504.1 (Insuf)		1187	10755	67
Finisor_Temin_Suresi	5375.6 (Insuf)		2389	7810	50
Honlama_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	131
Leadwell_CNC_Torna1_R_	0 (Insuf)		0	0	185
Leadwell_CNC_Torna2_R_	0 (Insuf)		0	0	186
Leadwell_CNC_Torna3_R_	54.985 (Insuf)		0	90	71
Leadwell_CNC_Torna4_R_	57.44 (Insuf)		0	90	100
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0 (Insuf)		0	0	171
Manuel_Kaynak_R_Q Queu	0 (Insuf)		0	0	185
Mass_CNC_Freze_R_Q Que	0 (Insuf)		0	0	185
Pantograf_R_Q Queue Ti	0 (Insuf)		0	0	133
Ramboudi_1 CNC Freze_Q	20.979 (Insuf)		0	96	143
Ramboudi_2 CNC Freze_Q	16.878 (Insuf)		0	96	123
Ramboudi_R_Q Queue Tim	0 (Insuf)		0	0	130
Silme_R_Q Queue Time	0 (Insuf)		0	0	132
TSE_iki parca arasi	144.96 (Insuf)		30	2756	66
TSF_iki parca arasi	110.63 (Insuf)		30	1283	49
Universal_Freze_R_Q Qu	0 (Insuf)		0	0	185

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	0	0
# in CNC_Leadwell_Frez	0 (Insuf)		0	0	0
# in Derin_Delik_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Honlama_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,36148 (Insuf)		0	1	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0 (Insuf)		0	0	0
# in Leadwell_CNC_Torn	0,53722 (Insuf)		0	1	1
# in Maho_Deckel_CNC_F	0 (Insuf)		0	0	0
# in Manuel_Kaynak_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Mass_CNC_Freze_R_	0 (Insuf)		0	0	0
# in Pantograf_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Ramboudi_1 CNC Fr	0,27889 (Insuf)		0	1	1
# in Ramboudi_2 CNC Fr	0,19222 (Insuf)		0	1	0
# in Ramboudi_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Silme_R_Q	0 (Insuf)		0	0	0
# in Universal_Freze_R	0 (Insuf)		0	0	0
CNC_Leadwell_Freze1 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze1 Bu	0,39722 (Insuf)		0	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Av	1 (Insuf)		1	1	1
CNC_Leadwell_Freze2 Bu	0,36389 (Insuf)		0	1	0
Derin_Delik_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Derin_Delik_R Busy	1 (Insuf)		0	1	1
Honlama_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Honlama_R Busy	0,37917 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna1_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna1_R	0,80824	0,05093	0	1	1
Leadwell_CNC_Torna2_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna2_R	0,7288 (Insuf)		0	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna3_R	0,40833 (Insuf)		0	1	0
Leadwell_CNC_Torna4_R	1 (Insuf)		1	1	1
Leadwell_CNC_Torna4_R	0,56926 (Insuf)		0	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	1 (Insuf)		1	1	1
Maho_Deckel_CNC_Freze_	0,71648 (Insuf)		0	1	1
Manuel_Kaynak_R Availa	1 (Insuf)		1	1	1
Manuel_Kaynak_R Busy	0,99 (Insuf)		0	1	1
Mass_CNC_Freze_R Avail	1 (Insuf)		1	1	1
Mass_CNC_Freze_R Busy	0,91037 (Insuf)		0	1	1
Pantograf_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Pantograf_R Busy	0,16028 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_1 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_1 CNC Freze B	0,80778 (Insuf)		0	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze A	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_2 CNC Freze B	0,72111 (Insuf)		0	1	0
Ramboudi_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Ramboudi_R Busy	0,37639 (Insuf)		0	1	0
Silme_R Available	1 (Insuf)		1	1	1
Silme_R Busy	0,3712 (Insuf)		0	1	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SIP	15 (Insuf)		0	15	15
SIP10	25 (Insuf)		0	25	25
SIP11	15 (Insuf)		0	15	15
SIP12	30 (Insuf)		0	30	30
SIP13	10 (Insuf)		0	10	10
SIP14	30 (Insuf)		0	30	30
SIP15	25 (Insuf)		0	25	25
SIP2	15 (Insuf)		0	15	15
SIP3	10 (Insuf)		0	10	10
SIP4	5 (Insuf)		0	5	5
SIP5	15 (Insuf)		0	15	15
SIP6	20 (Insuf)		0	20	20
SIP7	25 (Insuf)		0	25	25
SIP8	15 (Insuf)		0	15	15
SIP9	20 (Insuf)		0	20	20
Stor_CNC_L_Fre1	0,20833 (Insuf)		0	1	0
Stor_CNC_L_Fre2	0,19167 (Insuf)		0	1	0
Stor_Derin	0,27778 (Insuf)		0	1	0
Stor_Honlama	0,01528 (Insuf)		0	1	0
Stor_Kaynak	0,47778 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT1	0,5 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT2	0,52222 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT3	0,21111 (Insuf)		0	1	0
Stor_LwellCNCT4	0,29426 (Insuf)		0	1	1
Stor_Maho	0,24167 (Insuf)		0	1	0
Stor_Pantograf	0,0125 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ram1	0,81778 (Insuf)		0	2	1
Stor_Ram2	0,31111 (Insuf)		0	1	0
Stor_Ramboudi	0,01528 (Insuf)		0	1	0
Stor_Silme	0,00454 (Insuf)		0	1	0
Stor_UnivFre	0,24444 (Insuf)		0	1	0
Storage1	264,64 (Insuf)		0	531	531
Universal Freze R Avai	1 (Insuf)		1	1	1
Universal Freze R Busy	0,55278	0,03821	0	1	0
Util_CNC_Lwell_Freze1	0,39722 (Insuf)		0	1	1
Util_CNC_Lwell_Freze2	0,36389 (Insuf)		0	1	0
Util_Derin_Delik	1 (Insuf)		0	1	1
Util_Honlama	0,37917 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna1	0,80824	0,05093	0	1	1
Util_Lwell_CNC_Torna3	0,40833 (Insuf)		0	1	0
Util_Lwell_CNC_Torna4	0,56926 (Insuf)		0	1	1
Util_Maho_Deckel	0,71648 (Insuf)		0	1	1
Util_Manuel_Kaynak	0,99 (Insuf)		0	1	1
Util_Mass_CNC_Freze	0,91037 (Insuf)		0	1	1
Util_Pantograf	0,16028 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi	0,37639 (Insuf)		0	1	0
Util_Ramboudi_1	0,80778 (Insuf)		0	1	1
Util_Ramboudi_2	0,72111 (Insuf)		0	1	0
Util_Silme	0,3712 (Insuf)		0	1	0
Util_Universal_Freze	0,55278 (Insuf)		0	1	0

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
CNC_Leadwell_Freze1P	67	Infinite
CNC_Leadwell_Freze2P	62	Infinite
Derin_Delik_C	129	Infinite
Honlama_C	131	Infinite
Leadwell_CNC_Torna1_C	184	Infinite
Leadwell_CNC_Torna2_C	185	Infinite
Leadwell_CNC_Torna3_C	71	Infinite
Leadwell_CNC_Torna4_C	99	Infinite
Maho_Deckel_CNC_Freze_	170	Infinite
Mamul_Ambari_Ebisor_C	67	Infinite
Mamul_Ambari_Finisor_C	50	Infinite
Manuel_Kaynak_C	184	Infinite
Mass_CNC_Freze_C	184	Infinite
Pantograf_C	133	Infinite
Ramboudi_1 CNCFrezeP	142	Infinite
Ramboudi_2 CNCFrezeP	123	Infinite
Ramboudi_C	130	Infinite
Silme_C	132	Infinite
Universal_Freze_C	185	Infinite

ÖZGEÇMİŞ

06.06.1972 tarihinde Antalya 'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini burada tamamladıktan sonra, 1988-1992 tarihleri arasında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 'nde öğrenim gördü. 1992-1993 öğretim yılında ODTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu 'nda ingilizce eğitimi aldıktan sonra, 1993-1995 öğretim yıllarında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı 'nı bitirerek yüksek lisans ünvanını aldı. 1996 yılında yine İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Programında doktora eğitimine başladı. 1995-1998 yılları arasında Camış Makine ve Kalıp San.A.Ş.-Şişecam 'da Üretim Planlama ve Kontrol Mühendisi olarak görev yapan Affan NOMAK halen Migros Türk T.A.Ş. 'de çalışmaktadır.

Affan NOMAK, yalın yönetim, grup teknolojisi ve hücreli imalat sistemleri konularında çalışmaktadır.