

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM HATTI DENGELMESİNE BENZETİM
YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA**

Endüstri Müh. Hüseyin KARADEMİR

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Bahadır GÜLSÜN

Yrd. Doç. Hayri BALAGU

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	i
KISALTMA LİSTESİ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1.GİRİŞ	1
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ	2
2.1 Üretimin Tanımı	2
2.2 Üretimin Amacı	2
2.3 Üretimin Faktörleri	2
2.4 Üretim Sistemleri	2
2.5. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	4
2.5.1 Üretim Yöntemlerine Göre	4
2.5.1.1 Birincil Üretim	4
2.5.1.2 Analitik Üretim	4
2.5.1.3 Sentetik Üretim	5
2.5.1.4 Fabrikasyon Üretim	5
2.5.1.5 Montaj üretimi	5
2.5.2 Ürün Çeşidi ve Üretim Miktarına Göre Üretimin Sınıflandırılması	5
2.5.2.1 Proses Tipi Üretim	6
2.5.2.2 Kitle Üretimi	6
2.5.2.3 Parti Üretimi	7
2.5.2.4 Proje Tipi Üretim	7
2.5.3 Üretim Akışına Göre Sınıflandırma	9
2.5.3.1 Sürekli (Seri) Üretim	9
2.5.3.2 Aralıklı Üretim	9
2.5.3.3 Sipariş Tipi Üretim	10
2.5.4 Üretim Sürecine Göre Sınıflandırma	11
2.5.4.1 Sipariş Tipi Atölye (Job Shop)	11
2.5.4.2 Akış Tipi Atölye (Flow Shop)	11
2.5.4.3 Sabit Konumlu Atölye	12
2.6 Akış Hatları ve Sınıflandırılması	14
2.6.1 Transfer Hatları	15
2.6.2 Montaj Hatları	15
3. MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ	17

3.1.	Hat Dengeleme Kavramı	17
3.2.	Montaj Hatlarının Dengelenmesinin Amaçları	18
3.3	Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Kısıtlar	19
3.3.1	Temel Kısıtlar	19
3.3.2	Yan Kısıtlar	20
3.4	Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Kullanılan Temel Kavramlar	21
3.4.1	İş Ögesi	21
3.4.2	İş İstasyonu	21
3.4.3	Toplam İş Süresi	22
3.4.4	İş İstasyonu Süresi	22
3.4.5	Çevrim Süresi	22
3.4.6	Gerekli En Az İş İstasyonu Sayısı	23
3.4.7	İş İstasyonu Boş Zamanı	23
3.4.8	Denge Kaybı	24
3.4.9	Teknolojik Öncelik Diyagramı	25
3.4.10	Öncelik Matrisi	26
3.5	Montaj Hattı Yerleşim Tip ve Şekilleri	26
3.6	Montaj Hatlarında Model Sayısının Etkisi	29
3.6.1	Tek Modelli Hatlar	30
3.6.2	Çok Modelli Hatlar	30
3.6.3	Karışık Modelli Hatlar	32
3.7	Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Tanımlanması	33
3.8	Montaj Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması	34
3.8.1	Probleme Göre Sınıflandırma	34
3.8.2	Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma	35
3.8.2.1	Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler	35
3.8.2.2	Analitik Yöntemler	36
3.8.2.3	Benzetim (Simülasyon) Teknikleri	36
3.8.3	İşlem Sürelerinin Deterministik Olup Olmaması Durumuna Göre Sınıflandırma	37
4.	MONTAJ HATTI Dengeleme YÖNTEMLERİ	41
4.1	Kilbridge-Wester Yöntemi	41
4.2	Salvenson Yöntemi (Matrisli Çözüm)	49
4.3	Moodie-Young Dengeleme Yöntemi	54
4.4	Hoffman Yöntemi (Öncelik Diyagramı İle Çözüm)	58
4.5	Stokastik Montaj Hattı Dengeleme Problemleri	62
5.	UYGULAMA	64
5.1	Win Qsb Programı Hakkında Genel Bilgi	64
5.2	Uygulama Yapılan Firmanın Tanıtımı	65
5.3	Üretilcek Parçaların İş Akış Şemaları	67
5.4	Montaj Hattı Dengeleme ve Benzetimi	79
5.4.1	Birinci Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme	80
5.4.2	İkinci Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme	84
5.4.3	Üçüncü Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme	87
5.4.4	Dördüncü Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme	91
5.4.5	Dönemler Sonucu Oluşan Performans Değerleri	95
5.4.6	Uygulama Sonuçları	96

6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	100
KAYNAKLAR	101
EKLER	104
Ek 1 Boş Pano Genel Görünüş.....	105
Ek 2 Boş Pano Teknik Özellikler	106
Ek 3 Boş Pano Modüler Olarak Görünüm	107
Ek 4 Boş Pano Ürün Kodlama Sistematiği	108
ÖZGEÇMİŞ	109



SİMGE LİSTESİ

C	Çevrim süresi
T	Kullanılabilir üretim süresi
N	Üretilmek istenen ürün sayısı
n_{min}	Minimum iş istasyonu sayısı
d_k	Boş zaman
D	Denge kaybı
t_i	i nolu iş ögesinin işlem zamanı
$\sum t_i$	Toplam iş süresi
I	İş elemanı
q	Üretim hacmi
a,b,c	İş istasyonları ve onlara ait zamanlar
T	Üretim süresi



KISALTMA LİSTESİ

BMHDP	Basit montaj hani dengeleme problemi
ÇMD	Çok/karışık modelli deterministik
ÇMDO	Çok/karışık modelli deterministik olmayan
MHD	Montaj hattı dengeleme
TMD	Tek modelli deterministik
TMDO	Tek modelli deterministik olmayan



ŞEKİL LİSTESİ

2.1	Genel bir üretim sistemi	3
2.2	Üretim miktarına göre sınıflandırılmış üretim sistemlerinin karşılaştırılması	8
2.3	Sipariş tipi atölye sistemi.....	11
2.4	Akış tipi atölye sistemi.....	12
2.5	Sabit konumlu atölye sistemi	12
2.6	Malzeme ve yatırım maliyetlerinin üretim tipine göre değişimi	13
2.7	Birim maliyetin farklı üretim tiplerindeki üretim miktarına göre değişimi.....	13
2.8	Üretim tipi ve üretim miktarına göre bazı üretim örnekleri	14
3.1	Örnek bir montaj hattı şeması	18
3.2	n istasyonlu bir montaj hattında çevrim süresinin alt süreleri	23
3.3	n istasyonlu bir montaj hattında tam denge durumları	25
3.4	9 öğeli bir teknolojik öncelik diyagramı	25
3.5	Düz hat	27
3.6	Dairesel hat	27
3.7	Zig-Zag hat.....	27
3.8	U- Şekilli hat	28
3.9	Değişik açılı hat	28
3.10	İşlevsel montaj hattı tipleri	29
3.11	Tek modellenli bir montaj hattı	30
3.12.	Çok modellenli bir montaj hattı	31
3.13	A ve B Modellerinin ayrı ve birleştirilmiş teknolojik öncelik diyagramları	32
3.14	Karışık modellenli bir montaj hattı	33
3.15	Montaj hattı dengeleme problemlerinin sınıflandırılması	38
4.1	21 Elemandan oluşan bir montaj hattı	41
4.2	Dengelenmiş montaj hattının öncelik diyagramı	49
4.3	Salvenson örneği için öncelik diyagramı	50
4.4	Dengelenmiş montaj hattı	54
4.5	Moodie-Young örneğine ilişkin öncelik diyagramı	55
4.6	Hoffman yöntemi örneğine ilişkin öncelik diyagramı	59
5.1	Fabrika yerleşimi	66
5.2	Montaj hattının şematik gösterimi	80
5.3	Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları	81
5.4	İstasyon kullanım oranları	82
5.5	Kuyruk performansı	83
5.6	Montaj hattının şematik gösterimi	84
5.7	Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları	85
5.8	İstasyon kullanım oranları	86
5.9	Montaj hattının şematik gösterimi	87
5.10	Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları	88
5.11	İstasyon kullanım oranları	89
5.12	Kuyruk performansı	90
5.13	Montaj hattının şematik gösterimi	91
5.14	Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları	92
5.15	İstasyon kullanım oranları	93
5.16	Kuyruk performansı	94
5.17	1. Dönem sonucu oluşan başa baş noktasının şematik gösterimi	99

ÇİZELGE LİSTESİ

2.1 Üretim sistemi ve çevresel etkiler	4
3.1 9 Öğeli bir öncelik matrisi	26
4.1 Montaj işlem bilgileri	42
4.2 Başlangıç çizelgesi	43
4.3 İşlem atamaları-1	46
4.4 İşlem atamaları-2	47
4.5 İşlem atamaları-3	48
4.6 İşaret matrisle çözüm	52
4.7 İşaret matrisle bulunan çözüm	53
4.8 Aday istasyonlar ve boş zamanlar	53
4.9 Optimum çözüm matrisi ($d_j = 2$)	54
4.10 Örnek ile ilgili P ve F matrisleri	56
4.11 Örneğin çözümü	57
4.12 Örneğe ait öncelik matrisinin oluşturulması	59
4.13 Örneğe ait ikinci öncelik matrisi	60
4.14 Örneğe ait üçüncü öncelik matrisi	61
4.15 Örnekte istasyonlar ve atanan işler	61
5.1 Karkas genişlik parçası iş akış şeması	67
5.2 Karkas dikme parçası iş akış şeması	68
5.3 Karkas derinlik parçası iş akış şeması	69
5.4 Ön kapı iş akış şeması	70
5.5 Arka kapak iş akış şeması	71
5.6 Yan kapak iş akış şeması	72
5.7 Üst kapak iş akış şeması	73
5.8 Baza genişlik parçası iş akış şeması	74
5.9 Baza derinlik parçası iş akış şeması	75
5.10 Taban sacı iş akış şeması	76
5.11 Boş pano iş akış şeması	77
5.12 Genel ürün montaj şeması	78
5.13 Birinci dönem için hat dengeleme sonucu	80
5.14 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistem benzetimi	81
5.15 İstasyonların kullanım oranları	82
5.16 Kuyruk performansı	83
5.17 İkinci dönem için hat dengeleme sonucu	84
5.18 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistem benzetimi	85
5.19 İstasyonların kullanım oranları	86
5.20 Kuyruk performansı	86
5.21 Üçüncü dönem için hat dengeleme sonucu	87
5.22 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistem benzetimi	88
5.23 İstasyonların kullanım oranları	89
5.24 Kuyruk performansı	89
5.25 Dördüncü dönem için hat dengeleme sonucu	91
5.26 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistem benzetimi	92
5.27 İstasyonların kullanım oranları	93
5.28 Kuyruk performansı	93
5.29 Ürünün imalat zamanları	97
5.3 Başabaş noktası analizi	99

ÖNSÖZ

Günümüzde işletmelerin rekabet edebilmek ve pazarda söz sahibi olabilmek için üretim imkanlarını en iyi şekilde kullanarak üretimlerini en ucuz, en verimli, en kaliteli ve zamanında tam olarak yapabilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada üretim hatları üzerinde durulacaktır.

Bu tezin hazırlanmasında her zaman desteğini gördüğüm, düşünce ve fikirleriyle bana yol gösteren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bu tezin hazırlanmasında dolaylı ve dolaysız yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarım Erdem DEMİR, Araş. Gör. Ayhan KARAHAN'a ve Panel Elektro Firması çalışanlarından Endüstri Mühendisi Cihan AYGÜN'e teşekkür ederim.

Son teşekkürüm ise bu tezin hazırlanması esnasında sabırla yanımda olan aile üyelerime olacaktır.



ÖZET

Sanayileşme süreci sırasında, toplam işin tek bir işçi tarafından yapılması yerine, işin öğelerine ayrılması ve her bir öğesini farklı işçilerin yapması ile üretim hızının artacağı ve maliyetinin düşeceği belirlenmiştir. Bu tespitle beraber üretim, üzerinde değişik iş istasyonlarının sıralandığı bir hat üzerinde yapılmaya başlanmıştır.

Fabrikalarda iş istasyonlarının boş beklemesi, gecikmeler ve ara depolardaki yığılmalar işlem süreleri aralarındaki farklardan meydana gelir. Bu farkların giderilmesi amacıyla yapılan çalışmalara Üretim Hattının Dengelenmesi denir.

Bu tezde çeşitli imalat/montaj hatlarının dengeleme metotlarına yer verilmiştir. İlk iki bölümde Üretim yöntemleri, montaj hattı dengeleme kavramları; 3. ve 4. bölümlerde Montaj hattı dengeleme metotlarına yer verilmiştir. 5. Bölümde ise bir örnek olay üzerinde bilgisayar ortamında hat dengelemesi ve benzetim yapılarak verimlilik araştırması yapılmıştır. Verimliliğin artması da maliyetlerin düşmesini sağlamaktadır.

Üretim Hatlarının Dengelenmesi ile şirketlerde verimlilik yükselmekte, karlılık artmaktadır. Şirketlerin rekabet gücü de bu sayede artmaktadır. Bu konu üzerinde yeni yapılan çalışmalar da bu konunun önemini vurgulamaktadır.

ABSTRACT

During the industrialization period, instead of carrying out complete work by one single worker, it has been recognized that to break it into the small pieces and to carry out every elements of it by different workers would increase the manufacturing speed and decrease the costs.

Waste time in workstations, delays and heaps in store occurs from differences between operation times. The studies doing due to removing these differences are called Assembly Line Balancing.

Assembly Line Balancing methods have been mentioned in the thesis. In the first and the second chapters; production methods and assembly line balancing concept, and also in the third and forth chapters Assembly Line Balancing methods have been defined. The last chapter show us line balancing and simulating on the assembly line at computer for productivity. At the end of the last chapter, Increasing productivity causes reducing costs.

Productivity and profitability are increased by assembly line balancing methods, so that competing power is rised. New studies emphasize the importance of assembly line balancing, too.

1. GİRİŞ

1900'lü yılların başlarına kadar üretim hatlarının kullanımına gerek duyulmamıştır. ilk olarak Amerika'da Ford firması tarafından kullanılan işlerin rasyonelleşmesi, etkin malzeme aktarımı ve ikame edilebilen parçaların üretilebilmesi gibi önemli yenilikler getiren üretim hatları bugünkü şeklini almıştır.

Üretim hatları kendi içinde montaj ve transfer hatları olmak üzere ikiye ayrılır. Üretim hatları insanı, transfer hatları ise otomatik parça taşıyıcıları daha çok kullanırlar.

Montaj hattı sistemlerinin kuruluşundaki amaç, talep miktarı çok yüksek olan ürünlerin en kısa sürede, verimli bir şekilde, ucuza ve istenilen kalitede üretilmesidir. Burada verimlilik özellikle zaman olarak büyük önem taşır. Montaj hatları, temelde birbiri ardına dizilmiş, içlerinde bir veya daha çok iş ögesinin yapıldığı iş istasyonlarından oluşur. Bu hatta giren hammadde ve yarı ürünler, bu hat boyunca işlenir ve ürün olarak hattan çıkarlar. Montajı yapılacak ürünün kitle isteminin bulunması gerekliliği ürün yapısının da montaj hattında üretilmeye uygun olması zorunluluğu, montaj hatlarının önemli özellikleridir.

Montaj hatlarının, zaman, yer konum v.b. kısıtlar altında verimli ve düzenli bir şekilde çalışabilmesi için, hattaki istasyonların çalışma sürelerinin en verimli şekilde dengelenmesi gerekir. Hat dengeleme için bir çok sezgisel yöntem geliştirilmiştir, bunun dışında Matematik Programlama ve Benzetim tekniklerinden de yararlanılmıştır. Artık tek ve çok modelli hatlardan başka, karmaşık modelli montaj hatların da kullanımı yönünde çalışmalar yapılmaktadır.

Projenin ilk iki bölümünde Üretim yöntemleri, Montaj Hattı Dengeleme kavramları, 3.ve 4. Bölümlerde Montaj Hattı Dengeleme metotlarına, 5. Bölümde ise uygulamaya ve 6. Bölümde ise uygulama sonuçlarına yer verilmiştir.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİ

2.1 Üretimin Tanımı

En genel bakış açısıyla üretim, ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir. Burada önemli olan üretim sonucunda ortaya çıkan mal veya hizmetin ekonomik bir değerinin olması veya bir fayda yaratmasıdır.

Üretim sözcüğü yalnızca bir ürünün ortaya çıkması ya da oluşturulması amacıyla yapılan faaliyetler değil, aynı zamanda bir ürüne değer katmak, değerini arttırmak amacıyla yapılan faaliyetler için de kullanılır. Bu anlamada mal ve hizmet ortaya koymak için yapılan her türlü çabaya üretim denir. Üretim, biçim değişikliği yoluyla, yer değişikliği yoluyla, zaman değişikliği yoluyla, el değiştirme yoluyla yapılabilir.

Ekonomistler üretimi fayda yaratmak şeklinde tanımlamaktadır. Mühendisler ise, bir fiziksel bir varlık üzerinde onun değerini arttıracak bir değişiklik yapmayı veya hammadde ya da yarı mamulleri kullanılabilir bir ürüne mamule dönüştürmeyi üretim olarak kabul etmektedirler.(Kobu, 1999)

2.2 Üretimin Amacı

Üretimin amacı insanların ihtiyacını en iyi biçimde karşılayabilmektir. Bu ihtiyaçlar sadece ürün değil aynı zamanda hizmet ihtiyacıdır. Böylece üretimin tanımı hizmetle de ilişki içindedir.

Üretimin temel amacı bir ürün veya hizmet meydana getirmektir. Bunun için bir sonraki bölümde söz edeceğimiz üretim faktörlerinin bir araya bir araya getirilmesi gerekmektedir.(Kobu, 1999)

2.3 Üretim Faktörleri

Modern üretim, çok sayıda bileşenden meydana gelen bir bileşimdir. Temel olarak bunlar doğa, emek, sermaye ve diğerleri olarak sayılabilir.(Kobu, 1999)

2.4 Üretim Sistemi

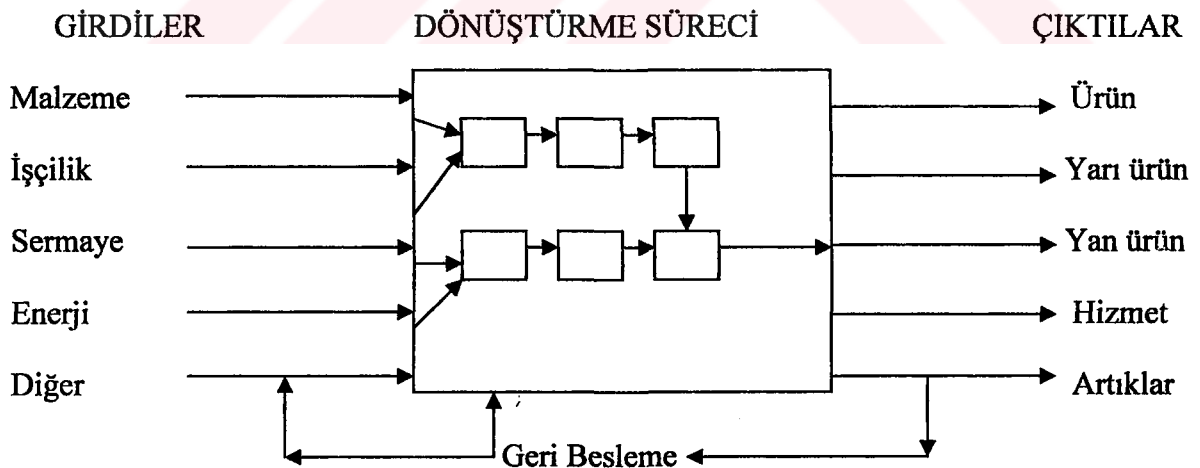
Sistem, amacı doğrultusunda birbirleri ve çevresiyle, süreçlere dayalı etkileşimi olan öğeler topluluğudur. Üretim sistemi açık bir sistem olup girdiler dönüştürme süreçlerinden geçirilerek

çıktılar haline getirilir.(Tanyaş ve Baksak, 2003)

Üretim girdilerini beş madde halinde ifade edilebiliriz:

- Malzeme
- İşçilik
- Sermaye
- Enerji
- Diğerleri

Çıktılar, ürün,yarı ürün ve hizmetlerdir. Artıklar ise istenmeyen çıktılar olarak tanımlanabilir. Üretim süreçleri, üretim ve hizmet çıktılarının elde edilebilmesi için gerçekleştirilen dönüştürme süreçleridir. Burada süreç, işlem ,taşıma, kontrol ve stoklama gibi faaliyetlerden oluşmaktadır.(Şekil 2.1). üretim sistemlerinde insanlar, malzeme, enerji ve makinalar kullanılarak bir dönüşüm gerçekleştirilir. Bu dönüşüm, metalin işlenmesi olabileceği gibi bilgini işlenmesi de olabilir. Üretim sistemini gerek öğeleri arasında ve gerekse de çevresi ile olan ilişkilerinde sürekli bir değişim yaşanacağından sistemde bir geri besleme yapısı oluşturulması ve sistemin amacı doğrultusunda gerekli önlemlerin zamanında alınması gereklidir.



Şekil 2.1 Genel bir üretim sistemi (Tanyaş ve Baskak, 2003)

Üretim sistemi, şirket organizasyonel yapısının bir parçasıdır ve pazarlama, satış, finansman, insan kaynakları, satın alma gibi firmanın diğer işlevsel alanlarında verilen kararlardan etkilenir. Çeşitli dış çevresel etkilerde şirketin tüm işlevlerine etki etmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Üretim sistemi ve çevresel etkiler (Tanyaş ve Baksak, 2003)

TEKNOLOJİ		REKABET
ŞİRKET		
Pazarlama	Bilgi Sistemleri	Satış
Lojistik	ve Teknolojisi	Araştırma ve Geliştirme
Finansman	İnsan Kaynakları	Mühendislik
Muhasebe	Kalite	Üretim
YASALAR		EKONOMİ

2.5 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemlerini; üretim yöntemi, mamul cinsi, mamul miktarı veya üretim akışı kriterlerine göre sınıflandırmak mümkündür.

2.5.1 Üretim Yöntemlerine Göre Sınıflandırma

Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma genel olarak şöyledir:

2.5.1.1 Birincil Üretim

Doğada mevcut hammaddelerin işlenmek veya kullanılmak üzere çıkarılması söz konusudur. Üretilen maddeler yeryüzünde üretilen mamullerin esasını oluşturdukları için bunlara hammaddeler adı verilir. Demir, bakır ve kömür üretimi gibi üretimler bu sınıfta yer alırlar. (Gökçen,1997)

2.5.1.2 Analitik Üretim

Temel maddelerin bazıları daha sonra ayırıcı işlemler ile parçalanıp işlenerek çeşitli mamullere dönüştürülür. Şeker pancarında şeker, ham petrolden benzin üretimi analitik üretim sınıfına girer. (Gökçen,1997)

2.5.1.3 Sentetik Üretim

Doğadan elde edilen hammaddelerin bazıları da birleştirici işlemlerle yeni mamullere dönüştürülür. Alaşımlı çelik, plastik bu grupta yer alır. (Gökçen,1997)

2.5.1.4 Fabrikasyon Üretim

Temel ve diğer hammaddelerden şekil verme yolu ile yeni mamuller elde edilmesidir. Döküm, tornalama vb. Yöntemlerle şekil vererek mamul üreten sistemler bu gruba girerler. (Gökçen,1997)

2.5.1.5 Montaj Üretimi

Bu yöntemde çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçalar sistematik bir şekilde bir araya getirilerek karmaşık bir mamul üretilmektedir. Buzdolabı, televizyon, çamaşır makinesi otomobil montaj yoluyla üretilirler.

Bir fabrika yukarıda tanımlanan sınıflardan sadece birinin içinde olmayabilir. Örnek olarak bir çamaşır makinesi fabrikası bazı parçalarını kendi imal edebilir bu tip bir fabrika hem fabrikasyon üretim hem de montaj üretimi yaparak iki sınıfa da girebilir(Gökçen,1997).

2.5.2 Ürün Çeşidi ve Üretim Miktarına Göre Sınıflandırma

Üretilen mamulün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içindeki akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Aynı cinsten bir mamulün az ya da çok sayıda üretilmesi, kullanılan makinelerin tipleri, imalat yöntemlerini, standartları, insan gücünden yararlanma biçimini, üretim planlama ve kontrol yöntemlerini etkiler (Tanyaş ve Baskak, 2003).

Üretim, ürünün çeşit ve miktarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Proses Tipi Üretim (Process Type Production)
- Kitle Üretimi (Mass Production)
- Parti Üretimi (Lot Production)
- Proje Tipi Üretim (Project Type Production)

2.5.2.1 Proses Tipi Üretim

Üretim sürecini oluşturan malzemenin akışkan olduğu üretim şeklidir. Bu üretim tipi için çimento, şeker, petrol vb. Endüstriler belli başlı örneklerdir. Birkaç çeşit benzer ürünün büyük miktarlarda üretildiği proses tipi üretim, ürün çeşidi çok az ve üretim hacmi yüksek olduğunda kullanılan bir üretim tipidir. Hızlı olması amacıyla özelleşmiş ve bu nedenle yatırımı yüksek olan donanım kullanılır. İşler küçük öğelerine ayrılarak işçiler atanmış olduklarından, takımlar ve yöntemler işe özel olduğundan verimlilik yüksektir. nitelikli iş gücü gerekmez.

2.5.2.2 Kitle Üretimi

Üretilen ürünler için üretim hatlarının kurulduğu, aynı tip ürünün kitleler halinde çok büyük miktarlarda üretildiği üretim şeklidir. Buradaki üretim hatlarındaki makineler ve tezgahlar özel amaçlıdır ve üretimin amacı hızlı ve çok sayıda ürün üretmektir. Otomobil veya beyaz eşya üretimini, bu tip üretime örnek olarak verebiliriz. Bu tip üretimde ÜPK son derece önemlidir. Otomobil, buzdolabı, araba lastiği gibi ürünler; yüksek talebi olan standart ürünler olmasına rağmen, farklı müşteri beğenisi, kullanım boyutları ve özellikleri nedeni ile her farklı tip için kitleler halinde üretilirler. Kitle üretiminde ürün çeşidi, proses tipi üretime göre artmıştır. Ürünler tek tek birimler halinde, birbirini izleyen iş istasyonlarından genellikle otomasyon kullanılan bir transfer sistemi ile geçerler ve bunlara akış hatları adı verilir. Her iş istasyonunda iş bir diğerinden bağımsız olarak yürütülür ve aynı sürede (çevrim süresi) tamamlanır. Bu tür üretim genellikle yüksek talep hacmi olan standart ürünler için geçerlidir, Bu ürünlerin yıl içindeki talep miktarları sürekli ve kestirilebilir. Önceden planlama evresi büyük önem taşır, çünkü genellikle donanım yatırım maliyetleri, parti üretimine ve proje tipi üretime göre oldukça yüksektir. Bunun nedeni belirli işleri yüksek verimlilik ve hızla yapabilecek özel donanımlar kullanılmasıdır. Örneğin bir parçayı işi biten istasyondan alıp bir sonraki istasyona uygun şekilde besleyen bir transfer donanımı gibi. Bu nedenle üretim hatlarının esnekliği azdır. Diğer özelliklerinin arasında; sabit ve esnek olmayan malzeme taşınması, yüksek donanım yatırımı, görece düşük hammadde ve süreç içi stok ile özel amaçlı donanım sayılabilir. Kitle üretiminin kritik sorunları şunlardır :

- Üretim hattının iyi dengelenmesi
- Hat tezgahlarının güvenilirliği ve bakımı (bir tezgahın durması bu tip üretimde tüm hattı etkilemektedir)
- Zamanında hammadde gelmesi

- Uygun ara stok miktarının belirlenmesi

2.5.2.3 Parti Üretimi

Kısıtlı miktarlarda üretim söz konusudur ancak çok çeşit veya aynı malın farklı seçenekleri vardır. Bu durumda her partide aynı tür mal üretilir; ürün tipi değiştiği zaman başka bir partinin üretimine geçilmiş olur. Böylece üretim hattı sıra ile farklı ürünlere ayrılmış olur. Bu tür üretim tipinde üretim planlama bölümü önemlidir. Otomotiv sanayi için radyatör fanı üretmek bu üretim tipi için bir örnek oluşturabilir. Üretilen sadece radyatör fanıdır ancak her partide farklı firmalara farklı özelliklerde farklı radyatör fanı üretilmektedir. Üretilen ürün çeşidi arttıkça ve üretim miktarları azaldıkça, üretim partiler halinde yapılacaktır. Döküm ve dövme parçalar, pompalar, redüktörler gibi ürünler, yapılan anlaşmalara ve siparişlere göre üretilirler, Söz konusu ürünlerden standart olanları için bir miktar üretim stoğa yönelik yapılır. Bu tip üretime parti üretimi denilmektedir. Üretilen miktar o ürüne ilişkin bir seri üretim hattının geliştirilmesine yol açacak büyüklükte değildir. Bu nedenle genel amaçlı donanımdan ve bunları kullanabilecek nitelikli işgücünden yararlanılarak değişik ürünler üretilir. Bu durumda operasyon ve hazırlık maliyetleri artacak ancak ürüne özel donanım alımından kurtulacaktır. Parti hacmi büyüdükçe parti üretiminden kitle üretimine geçiş söz konusudur. Bu üretim tipinde parti miktarını belirlemek önemlidir ve parti miktarının belirlenmesinde hazırlık süresi ve maliyetleri önemli rol oynar. Önce işlerin değişik bölüm veya tezgahlara atanarak yüklenmesi, sonra da işçilere ve tezgahlara yüklenen işlerin öncelikleri belirlenerek iş sıralaması yapılması gereklidir. Bunun için; belirli bir parti üretimi yapmak için gerekli olacak bölümler, bu bölümlerde çalıştırılacak tezgahlar ve bunların alternatifleri, malzeme ve takımlar, her işlemin operasyon ve hazırlık süreleri ve son olarak da ekonomik parti miktarı belirlenir. Her partinin ayrı teslim zamanları olabileceğinden bunların öncelik sırasının da belirlenmesi gereklidir. Parti üretiminde malzeme taşıma yüksektir ve zaman zaman partiler, üretimin farklı evrelerinde aynı bölümden geçebilirler. Tezgahlar arasındaki bu geliş gidişin yüksek olması, ara stokların da yüksek olmasına yol açar. Bu nedenle stoğa ayrılan alan büyüktür. İşletmede otomasyon çok düşük olmasına rağmen esneklik yüksektir ve piyasadaki dalgalanmalara daha kolay ayak uydurulabilir. Hazırlık sürelerinin yüksek olması, malzeme ve yan ürün taşımalarının bolluğu nedeniyle parti üretiminde verimlilik yani katma değer ekleyen üretimde harcanan zaman yüzdesi düşüktür.

2.5.2.4 Proje Tipi Üretim

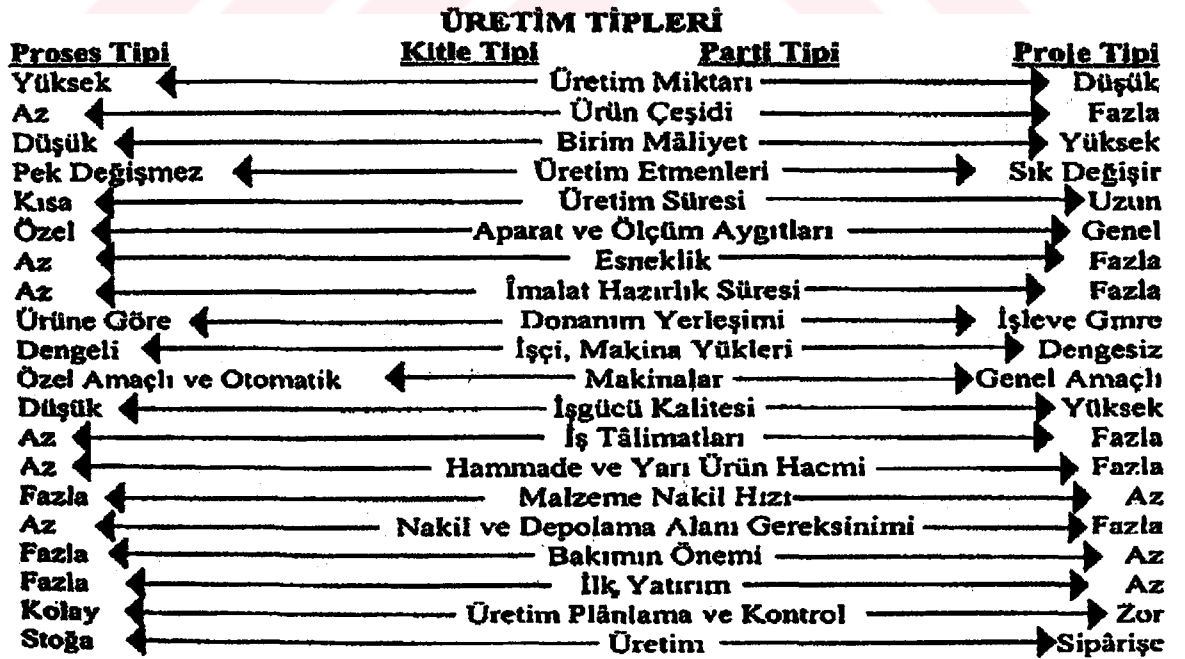
Bu tip üretimde üretilen ürün, genelde yer değiştirmez. Ürün tasarımı tümüyle müşterinin

isteği doğrultusunda gerçekleşmiştir. Gerekli malzeme, ekipman ve tezgah; üretim alanına getirilir. Tüm malzeme ve iş akışı, söz konusu ürün etrafında döner. Gantt Diyagramları, CPM (Critical Path Method) veya PERT (Project Evaluation and Revision Technique) tipi bir üretim planlama söz konusudur. Örnek olarak gemi inşasını, köprü ve diğer inşaat işlerini, yazılım programı hazırlamayı veya yeni bir ürünün tasarımı ve piyasaya sürülmesini gösterebiliriz. Proje tipi üretimin temel özelliği, özellikleri belirlenen ürünün üretiminin bir veya birkaç kereye özgü olmak üzere yapılması ve talebin önceden kesin olarak bilinmekte olmasıdır. Parti ya da kitle üretimine göre üretim miktarı çok daha düşüktür ve dolayısıyla ürün başına maliyetler diğer üretim tiplerine göre çok daha yüksektir.

Proses tipi üretimden proje tipi üretime doğru bu üretim sınıflarını sırasıyla birer aşama olarak düşünebiliriz. Örneğin ürün çeşidi proje tipi üretime doğru gidildikçe daha fazladır, proses tipi üretimde ise daha azdır. Bu üretim sınıflarının karşılaştırılması Şekil 2.2’de görülmektedir.

Bir işletmede birden fazla üretim söz konusu olabilir. Örneğin otomobil fabrikasında otomobiller kitleler halinde üretilirken, döküm veya dövme parçalar partiler halinde üretilir.

Literatürde üretim tiplerinin sınıflandırılması konusunda düşünce birliği bulunmamasına rağmen, proses tipi üretim ve kitle üretimi ile parti üretimi ve proje tipi üretim kesinlikle birbirinden ayrılmıştır.



Şekil 2.2 Üretim miktarına göre sınıflandırılmış üretim sistemlerinin karşılaştırılması(Tanyaş vd., 2003)

2.5.3 Üretim Akışına Göre Sınıflandırma

Üretim, üretim akışına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir(Kobu, 2003)

1. Sürekli (Seri) Üretim
2. Aralıklı Üretim
3. Sipariş Tipi Üretim

2.5.3.1 Sürekli (Seri) Üretim

Yüksek miktarlarda üretilen ama düşük düzeyde çeşitlilik gösteren ürünler için uygulanan üretim şeklidir. Sürekli üretimde, birbirinden farklı operasyon sıralarına ve yardımcı üretim araçlarına gereksinim duyan değişik ürünlerin üretiminde karşılaşılan zorluklar yoktur. Ana özelliği; ürün akışı ve tesislerin üretilen ürüne göre tasarlanmasıdır. Sürekli üretim, proses tipi üretim ve kesikli seri üretim olmak üzere iki türdür. Proses tipi üretimde, işlenen hammadde ve ürünler doğal yapılan itibarıyla kendiliğinden akarlar. Çimento, şeker, petrokimya ve gıda maddeleri üretimi gibi. Kesikli seri üretimde ürün, tek tek birimler halinde, birbirini izleyen iş istasyonlarındaki gerekli işlemlerin yapılmasıyla oluşur. (Kobu, 2003)

2.5.3.2 Aralıklı Üretim

Bu tip üretim sistemlerinde belirli bir siparişi yada sürekli talebi karşılamak benzer veya aynı cinsten ürünler, partiler halinde üretilir. Bu sistemlerin en büyük özelliği, bir parti bitmeden diğerinin üretimine geçilmemesidir. Ayrıca talep sürekli ve sipariş tipi üretimde olduğu kadar değişken değildir. Bu sistemlerde iki ana sorun; parti büyüklüklerinin ve parti adetlerinin saptanması ve partilerin çizelgelenmesidir.

Parti büyüklükleri ve parti yinelenmeleri arttıkça kazanılan deneyim; üretimin planlanması, planın uygulanması ve kontrolündeki en önemli zorluklardan biri olan belirsizliği azaltır. Parti tipi üretimde stok için üretim gerçekleştirilmektedir. Üretim için gerekli etmenler, büyüklükleri yüksek partiler için hazırlanır. İşlemlerin yinelenmesi sonucunda atölye düzeyinde beceri artar. Parti tipi üretimde, ÜPK çalışmaları sipariş tipi üretime göre daha kolaydır. Partinin belirli aralıklarda veya belirsiz aralıklarda üretilmesi planlama çalışmalarını kolaylaştırabilir veya zorlaştırabilir(Acar, 1998).

Aşağıdaki durumlarda üretim yönetimi çalışmaları kolaylaşır :

- a. Ürün çeşitliliği azaldıkça
- b. Üretim miktarları arttıkça
- c. İşlem yinelenmesi arttıkça
- d. Aralıklı üretimden sürekli üretime geçildikçe

2.5.3.3 Sipariş Tipi Üretim

Küçük miktarlarda üretilen ama yüksek düzeyde ürün çeşitliliğini içeren belirli siparişleri karşılamak üzere yapılan üretimdir. Ürün çeşitliliği ve düşük üretim miktarları işlemlerde yinelemeyi en az düzeye indirmektedir, Bu sistemlerde, birçok değişik işlemi yapabilen çok işlevli tezgahlar kullanılır, Esnek üretim yapısı ile daha nitelikli elemene gereksinim duyulur. Talep yapısındaki değişkenlik nedeniyle üretim yönetimi çalışmalarında bazı zorluklarla karşılaşılır. Uzay ve havacılık endüstrisi, makine takım ve özel aparatları, sipariş tipi üretimin örnekleridir, Yüksek düzeyde imalat ara stokları, düşük tezgah ve işçi kullanımı, yüksek iş akışı ile denetim güçlükleri yaşanabilmektedir. Sipariş tipi üretim, talep düzeyi ve düzenine bağlı olarak, üç şekilde gerçekleştirilir:

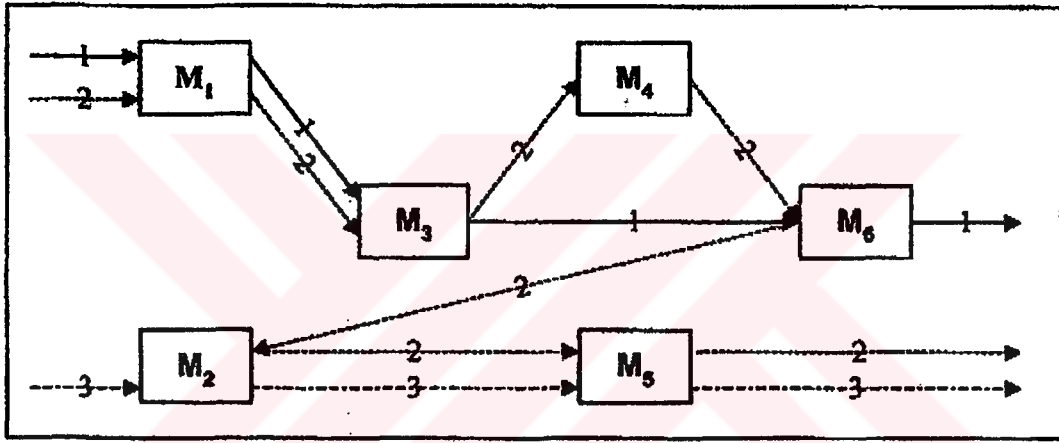
1. Az sayıda ürünün bir kez üretilmesi (Proje tipi üretim olarak bilinen bu sistemlerde, üretim tekniklerinin geliştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmaların yararı çok kısıtlıdır, standart üretim yöntemlerinin ve standart işlem sürelerinin olmaması üretim planlamayı zorlaştırır)
2. Az sayıda ürünün talep oldukça belirli aralıklarla üretilmesi
3. Az sayıda ürünün talep oldukça belirsiz aralıklarla üretilmesi

2. ve 3. tip üretimler atölye tipi üretim olarak da bilinir, Bu sistemde üretimde yinelemenin getirdiği bazı kolaylıklar vardır. Ürünlerin daha önceden yapılması, bunların tanınmasını ve üretim sırasında karşılaşılabilecek zorlukların önceden görülmesini sağlar. Özellikle ürün siparişleri, önceden saptanabilen belirli aralıklarla geliyorsa, ÜPK çalışmaları daha etkin bir şekilde yapılabilir. Ayrıca yinelenen işlemlerden dolayı yöntem geliştirme ve standart süre belirleme çalışmalarının maliyeti daha düşük olmaktadır. (Kobu, 2003)

2.5.4 Üretim Sürecine Göre Sınıflandırma

2.5.4.1 Sipariş Tipi Atölye (Job Shop)

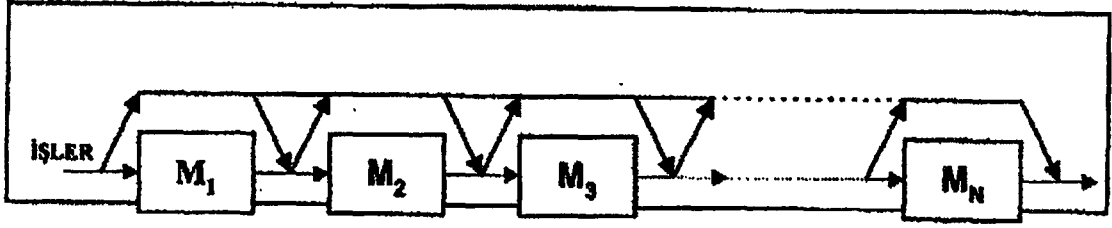
Bu tip üretimde daha çok genel amaçlı takım tezgahları kullanılır. Sisteme giren farklı siparişler, seçenек makinalardan boş olanlarda veya boş yoksa makineler arkasında kuyruğa alınmak yoluyla üretime sokulur. Sipariş tipi atölye sisteminde makineler için söz konusu olan bu durum yüksek makina kullanım süresi verimlerine ulaşılmasını sağlar. Karmaşık iş akışı ise; uzun üretim süresi, büyük süreç içi stoklar, yüksek taşıma değerleri ve kötü kalite şeklinde üretime yansır. Şekil 2.3'de Sipariş tipi atölye sistemi görülmektedir. (Tanyaş ve Baksak., 2003)



Şekil 2.3 Sipariş tipi atölye sistemi (Tanyaş ve Baksak., 2003)

2.5.4.2 Akış Tipi Atölye (Flow Shop)

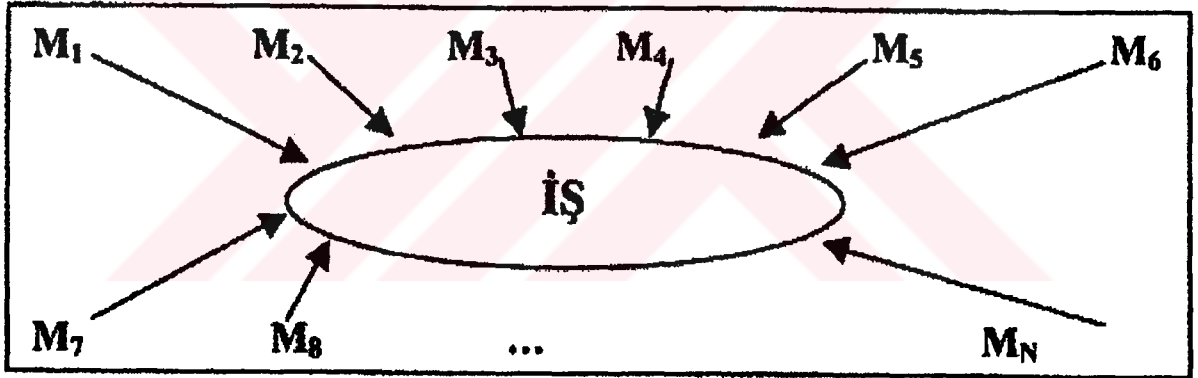
Bu sistemde, sisteme giren birimler ardışık olarak aynı sıradaki etkinliklerle üretilirler. Hammadde ve yarı ürün olarak alınan malzemeler, hattan işlemleri tamamlanmış veya ürün durumuna gelmiş olarak ayrılır. Üretim sırasında her tezgahın işlemi için belirli bir süre ayrılmıştır. Bu nedenle duraklama ve ara bekleme süreleri en aza indirilmiştir. Hat üretiminde boş beklemler, gecikmeler ve ara depolardaki yığılmalar, işlem süreleri arasındaki farklardan oluşur. Bu farkları gidermek için üretim hattı dengelemesi yapılır. Şekil 2.4'te akış tipi atölye sistemi görülmektedir.



Şekil 2.4 Akış tipi atölye sistemi (Tanyaş ve Baskak., 2003)

2.5.4.3 Sabit Konumlu Atölye

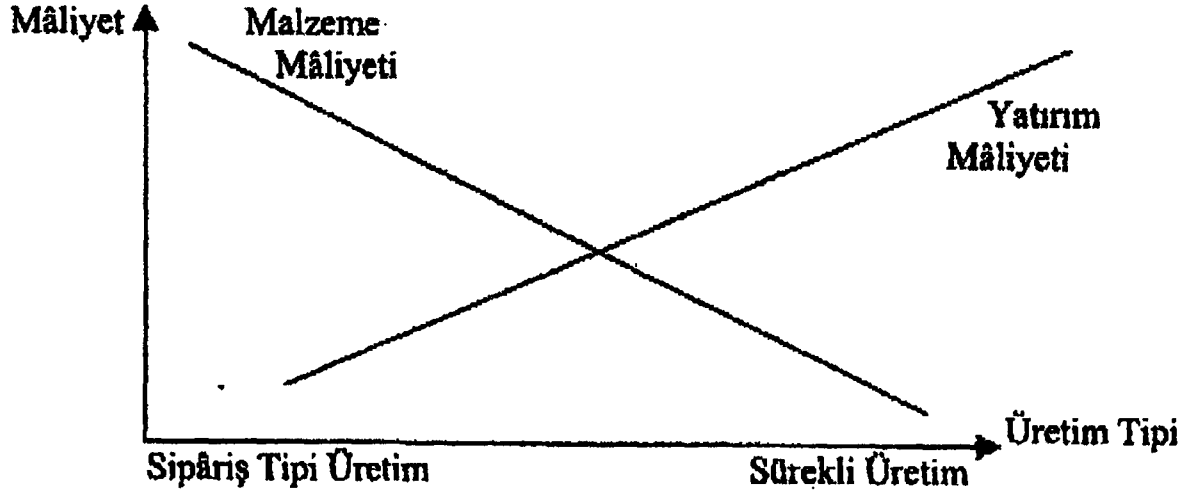
Bu sistemde ürün sabit olup her türlü üretim etmeni ürünün yanına getirilir ve üretim bu noktada gerçekleştirilir. Gemi, yol, köprü, tünel gibi inşaat işleri bu tür atölye tipine örnektir. Uçak, lokomotif, kule, büyük tank gibi ürünler de belirli üretim aşamalarından sonra sabit konumlu atölye düzeninde üretimlerini tamamlarlar. Şekil 2.5'te sabit konumlu atölye sistemi görülmektedir.



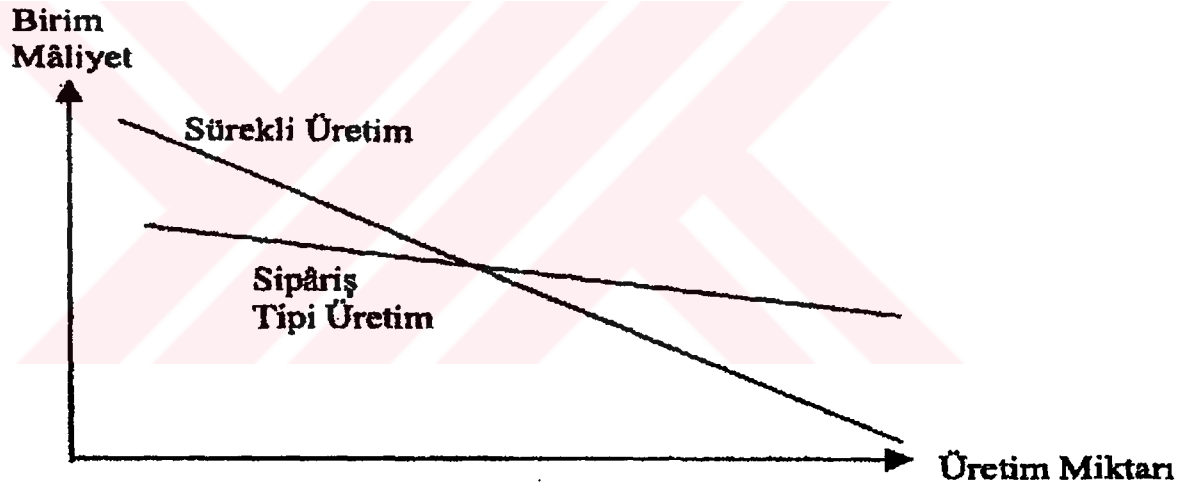
Şekil 2.5 Sabit konumlu atölye sistemi (Tanyaş ve Baksak., 2003)

İşletmelerde bu üretim tiplerini kesin olarak birbirinden ayırmak zordur. İşletme içinde birkaç üretim tipini bir arada görmek olanaklıdır. Ancak üretim tiplerinin doğru olarak belirlenmesi, ÜPK çalışmalarının temelini oluşturur, çünkü üretim tiplerinin yapısal çeşitliliğinden kaynaklanan değişik sorunlar, planlama ve kontrol çalışmalarını yönlendirir.

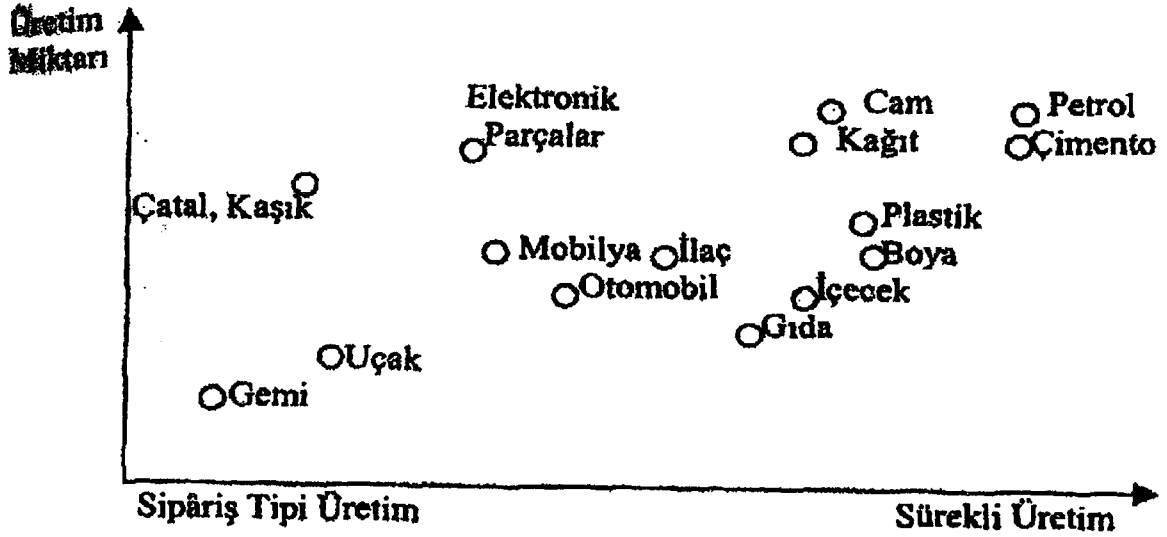
Şekil 2.6'da üretim tipine göre yatırım ve malzeme maliyetleri arasındaki değişim, Şekil 2.7'de birim maliyetin farklı üretim tiplerindeki üretim miktarına göre değişimi görülmektedir. Şekil 2.8'de ise üretim tipi ve üretim miktarına göre bazı üretim örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.6 Malzeme ve yatırım maliyetlerinin üretim tipine göre değişimi
(Tanyas ve Baksak.,2003)



Şekil 2.7 Birim maliyetin farklı üretim tiplerindeki üretim miktarına göre değişimi
(Tanyas ve Baksak.,2003)



Şekil 2.8 Üretim tipi ve üretim miktarına göre bazı üretim örnekleri

(Tanyas ve Baskak,2003)

2.6 Akış Hatları ve Sınıflandırılması

Sürekli tip (seri) üretim sistemlerinin uygulandığı işletmelerdeki üretim hatları akış hatları olarak düşünülebilir. Bu hatlarda ürün ya tek tek birimler halinde, ya da sürekli olarak birbirini izleyen iş istasyonlarındaki gerekli işlemlerin yapılmasıyla oluşur. Tesislerin, üretilecek ürünün özelliklerine göre tasarlandığı bu sistemler, teknolojik açıdan en gelişmiş üretim sistemini oluştururlar. Bir akış hattı, tek bir ürünü veya aynı ürünün benzer modellerini farklı işlem sırasıyla üretmek için tasarlanabilir (Baksak, 1998).

Seri üretim sistemleri, dört ana ilke üzerine kurulmuştur: İş akışı ilkesi, birbirlerinin yerine kullanılabilen (ikame edilebilen) parçaların kullanımı, en az uzaklık ilkesi ve iş yükünün bölünmesi.

Seri üretim için en önemli koşul, kitlesel taleptir. "Kitlesel talep" terimi, salt talep düzeyini değil, aynı zamanda talebin sürekliliğini de vurgular. Diğer bir deyişle, üretimin tümü pazar bulabiliyorsa böyle bir sistemin kurulması anlam taşır. Bununla birlikte bazı durumlarda sürekli olmayan, ancak yüksek düzeylerdeki talebi karşılayabilmek için de akış tipi üretim sistemleri kullanılabilir. Bu sistemlerin etkili bir şekilde işletilmeleri, aynı zamanda gerekli girdilerin (işçilik, enerji, malzeme, yarı ürün vb.) istenilen yerde ve zamanda bulunmasına büyük ölçüde bağlıdır. Belirli bir aşamadaki girdi eksikliği, kısa zamanda üretim hattının tümüyle durmasına yol açacaktır. Sistemin etkin olarak işleyebilmesi için hat dengesi ve güvenilirlik, en önemli etmenlerden ikisidir.

Bir ürünün akış hattı üzerinde verimli bir şekilde üretilmesi için, toplam iş yükünün, hattı oluşturan iş istasyonları arasında oldukça eşit bir şekilde dağıtılması gerekir.

Seri üretim sistemlerinin önemli özelliklerinden birisi de, sistemdeki istasyonların birbirlerine bağımlı olmalarıdır. Diğer bir deyişle, belirli bir aşamadaki aksamla hızla diğer aşamaları da etkileyecektir. Bu durumda böyle sistemlerin alt sistemlerinin işletme açısından güvenilir olmaları zorunludur. Bu da sistem içinde bakım, malzeme ve kalite planlamasının etkili bir şekilde uygulanmasını gerektirir.

Kitle üretimini; kesikli seri üretim, proses tipi üretimi de sürekli seri üretim olarak düşünebiliriz. Kesikli seri üretim akış hatları kendi içinde ikiye ayrılır: Transfer hatları ve Montaj hatları (Manuel akış hatları).

2.6.1 Transfer Hatları

Transfer makineleri olarak da bilinirler. Büyük ve karmaşık makinelerden oluşan üretim sistemleridir. Bu hatlar, düz (in-line) veya devirli (rotary) tiplerde olabilir. Genel olarak; transfer donanımı ile birbirine bağlanmış otomatik imalat makine serilerinin oluşturduğu üretim hatları, transfer hatları olarak adlandırılır. Bu hatlar, önceleri metal veya malzeme kesme ve işleme işlerinde kullanılmışlardır. Ancak son zamanlarda montaj tipi transfer hatları da geliştirilmiştir. Bugün otomatik hareket, transfer ve işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu otomatik transfer ve işleme, çeşitli otomatik makinelerle birlikte, transfer hatlarının en belirgin karakteristiğidir (Baskak, 1998).

2.6.2 Montaj Hatları

Bu hatların en belirgin özelliği, malzemelerin hat boyunca işgücünden yararlanılarak işlenmeleri ve bu işlemlerin de yine bir hat boyunca sıralanmasıdır. Montaj hatları, ilk olarak A.B.D.'de Ford firması tarafından kullanılmıştır. 1913'de Henry Ford'un Highland ve River Rouge firmalarında oldukça önemli yenilikler ortaya konmuştur. İşlerin verimli hale getirilmesi, etkin malzeme yaşama ve birbirinin yerine kullanılabilen parçaların üretimi buna örnektir. Üretim akış yöntemlerinde ve teknolojiye oluşan gelişmelerden dolayı, montaj hatları günümüzdeki şeklini almıştır. Transfer hatları ve montaj hatları kendi içinde de alt gruplara ayrılırlar. Alt gruplar ise değişik üretim tiplerini içerir. (Baskak, 1998)

Üretim hatlarının tüm gruplarında, bir veya daha çok tip ürün üretmek olanaklıdır. Tek tip ürünün söz konusu olduğu durumlarda hanın hazırlanması, diğer bir deyişle tezgah hazırlama,

yeniden iş dağıtımı veya takım değiştirme gibi sorunlarla karşılaşmaz. Birden çok ürün tipinin üretildiği hatlarda ise, oldukça karmaşık sorunlarla karşılaşılır. Bu gibi durumlarda iki seçenek bulunmaktadır:

- a. İki veya daha çok ürün ün/modelin ayrı yığınlarda üretilmesi. Çok ürünlü/modelli sistem olarak nitelendirilen bu durumda, partiler arasında akış hattının yeniden düzenlemesi gereksinimi ortaya çıkar.
- b. İki veya daha çok ürünün/modelin aynı anda hat üzerinde üretilmesi. Karışık ürünlü/modelli sistem olarak nitelendirilen bu durumda ise oldukça karmaşık tasarım sorunlarıyla karşılaşmak olanaklıdır.

Hangi strateji seçilirse seçilsin, eğer hat üzerinde birden çok ürün/model üretiliyorsa, bu ürünlerin/modellerin iş yüklerinin benzer olması zorunludur. Bu benzerlik ne kadar büyük olursa, çok ve karışık ürünlü sistemlerin kurulması da o kadar kolay olacaktır. Montaj hatlarında genellikle daha büyük bir esneklik söz konusudur. Örneğin birçok otomobil montaj hattı karışık model kuralına göre çalışır ve aynı otomobilin değişik modelleri veya farklı taşıtların ardı ardına aynı hat üzerinde üretilmeleri söz konusu olur. Buna karşılık, transfer hatlarında bu esneklik yoktur. Genellikle transfer hatlarında tek modelli veya çok modelli büyük parti üretim sistemleri görülür.

Transfer hatlarında malzeme, bir hat boyunca otomatik olarak transfer edilir ve parçalar otomatik olarak işlenir. Oysa montaj hatlarında hat boyunca malzeme, çoğunlukla iş gücüne dayalı bir şekilde işlenir.

3. MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ

3.1 Hat Dengeleme Kavramı

Endüstrileşme sürecinde, toplam işin ögelerine ayrılarak, bu parçaların ayrı ayrı işçiler tarafından yapılmasıyla daha seri ve daha ucuz üretim yapılabileceği görüşü ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak üretim, üzerinde değişik iş istasyonlarının bulunduğu belirli bir hat üzerinden parçaların geçirilmesi yoluyla yapılır. Malzemelerin akış hattı boyunca işgücü veya donanımdan yararlanılarak transfer edildiği ve parça üzerindeki işlemlerin, aralarındaki öncelik ilişkileri gibi kısıtlar göz önüne alınarak birleştirilmesiyle oluşturdukları istasyonların yine bir hat boyunca sıralanmalarıyla oluşan sisteme “montaj hattı” adı verilir (Erkut vd, 1997). Hat üzerindeki iş istasyonlarında bulunan işçiler, ürün durumuna getirilecek yarı ürün önlerinden geçerken kendilerine ilişkin iş öğeleriyle ilgili bir veya birkaç işlemi yaparlar. Bu işlem sonucunda, hatta giren parça ve yarı ürünler, gereken tüm işlemler yapılmış şekilde, hattın sonundan ürün olarak çıkarlar.

Bir veya birkaç ürün için yapılacak montaj hattı üretimi tasarlandığında, üretim hattındaki iş istasyonlarına ilişkin işlem sürelerinin dengelemesi problemi ortaya çıkar. Bundaki amaç, kurulan montaj hattının verimli olarak çalışabilmesi için; üretim süresi içinde her bir montajcıya, montaj hattında çok az veya hiç boş süre bırakılmayacak şekilde işlemlerin istasyonlara dağıtılması, yani varolan kısıtlar altında, işlem sayısının çok ve üretim hızının yüksek olması nedeniyle, iş istasyonları arasındaki işlem süresi farkları toplamının en küçük olmasıdır. Problemin bu noktasında, sürekli üretim yapan sistemlerin yerleştirme düzeninin kurulmasındaki hat dengeleme problemi ortaya çıkar.

Ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp zamanları en aza indirecek şekilde atanması olayına, “montaj hattı dengeleme” veya kısaca “hat dengeleme” adı verilir. (Erkut, 1997)

Montaj hattı dengeleme konusu; üretim hızının artırılması, sağlıklı bir planlama yapılması ve işletmenin ekonomik sorunlarına çözüm getirmeye yönelik olmasından dolayı, endüstri dünyasında büyük önem taşır.

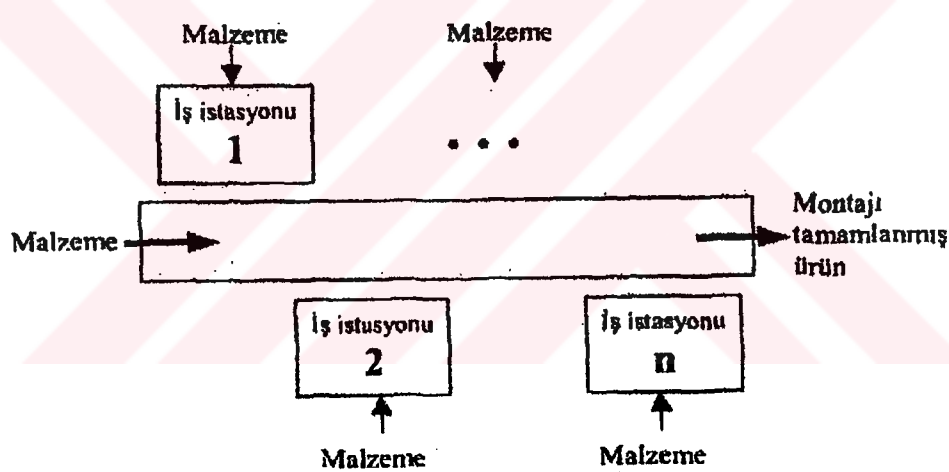
Görüldüğü gibi hat dengeleme problemleri, üretim hatlarının tasarımında ve işletmesinde her an ortaya çıkabilecek bir konudur. Gerçekte hat dengeleme problemleri, çeşitli sızılarda ve üretim hızlarında çalışıldığında, hafta oluşabilecek ve istasyonların verimliliğini etkileyecek başlıca etkenlerden olan atıl kaynak kullanımının en alt düzeyde tutmak için en uygun çözümün

atanmasında ortaya çıkmıştır.

Yukarıda genel olarak açıklanan hat dengeleme konusu, üretimi yapan işletmeciler için çok önemli bir konudur. Kaliteli ve yüksek hızlı bir üretim düzeyi tutturmak gerçekte hat dengeleme çalışmalarının detaylı ve iyi bir şekilde yapılması ile sağlanır.

Günümüzde ise üretim miktarları ve rekabet arttığından ve piyasa koşulları zorlaşmaya başladığından, artık üretim hatlarını tasarlamak ve bu hatlara, oluşan çeşitli dalgalanmalar karşısında yeterli esnekliği verebilmek için girişilen çalışmalar, bilgisayar desteği ile geliştirilen simülasyon programları ile oldukça kolay olmaktadır (Tanyas ve Baskak, 2003).

Üretimde tezgahlar ve çağdaş montaj aletleri kullanıldığı takdirde, göreceli olarak kısa bir sürede daha çok üretim sağlanmaktadır. Ürün şeması veya montaj hatları kullanılarak bir kez üretim yapılmasıyla, büyük hacimdeki mallar verimli bir şekilde üretilebilir. Örnek bir montaj hattı şeması, Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1 Örnek bir montaj hattı şeması (Tanyas ve Baskak, 2003)

3.2. Montaj Hatlarının Dengelenmesinin Amaçları

Montaj hatları, kitle üretiminin önemli bir alt sistemidir. Bu tip sistemler ayrıntıda farklı olmakla beraber, temelde birbiri ardına dizilmiş iş istasyonlarından oluşur. Hammadde ve yarı ürün parçalar, hat içine, hani başlangıcından veya ara istasyonlardan girerler. Giren parçalar bir iş istasyonundan diğerine geçerek en son istasyondan hani tamamlanmış olarak terk ederler.

Bir montaj hattının kullanılmasında ulaşılmak istenen amaçlar aşağıdaki gibidir (Baskak, 1998).

1. Düzenli bir malzeme akışını sağlamak.
2. İnsan gücü ve tezgah kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak.
3. İşlemleri en kısa sürede tamamlamak.
4. Montaj hattı üzerindeki iş istasyonu sayısını minimum yapmak.
5. Boş istasyon sürelerini elimine etmek.
6. Boş süreleri, iş istasyonları arasında düzgün bir şekilde dağıtmak.
7. Üretim maliyetlerini minimum yapmak.

Montaj hattı dengelemenin amaçları birbirleriyle çeliştiklerinden, hepsini birden en üst düzeye ulaştırmak olası olmayabilir. Dengelemede ana amaç, bu çelişkilerin göz önüne alınarak en uygun çözüme ulaşılmasıdır. Bu yapılırken montaj maliyetinin de en küçük olması sağlanmalıdır. Dengeleme işleminde hesaba katılan etmenler içinde, maliyet etkisi olan iki değişken, iş gücü büyüklüğü (İnsan gücü maliyeti) ve hattın uzunluğudur (Kullanılan alan, sermaye maliyeti).

İşgücü yükünün dengelenmesinde başvurulabilecek yollar şunlardır (Tanyaş ve Baskak., 2003).

1. Otomatik işlem süresi uzun olan iki veya daha fazla tezgahta tek bir işçi çalıştırılabilir.
2. İki kısa işlem süresi, diğerleri kadar veya daha az ise bunlar, bir işçiye verilebilir.
3. İşçinin yükü arttırılabilir.
4. İşçiler çalışma hızlarına göre dizilebilir.

3.3 Montaj Hattı Dengelemeyi Etkileyen Kısıtlar

3.3.1. Temel Kısıtlar

Montaj hatlarına iki tane temel kısıt vardır. Bunlar çevrim süresi ve öncelik ilişkisidir (Erkut, 1997)

Çevrim Süresi: Çevrim süresini; verilmiş net üretim hedefi, brüt çalışma yüzdesi ve tolerans yüzdesi (yani kontrol edilemeyen nedenlerle kaybedilen süreler ve önceden tasarlanmış duruş süreleri toplamını, brüt çalışma süresinin yüzdesi olarak ifadesi) birlikte belirlerler. Çevrim süresi; bir adet ürünün, üretimi sırasında herhangi bir istasyonda işlem görebileceği en büyük süre değeridir. Bir istasyona atanan iş öğelerinin süreleri toplamı, çevrim süresini aşamaz.

Öncelik İlişkileri: Tüm montajın içerdiği iş öğelerinin kendi aralarında söz konusudur. Yani bir iş öğesinin yapılmaya başlayabilmesi için, diğer bir iş öğesi veya öğelerinin bitirilmiş olması gerekebilir. İstasyonlara yapılan iş öğesi atamalarının, bu öncelik ilişkilerine aykırı olmamaları zorunludur.

3.3.2 Yan Kısıtlar

Temel kısıtların dışında beş tane yan kısıt vardır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.(Erkut ve Baksak, 1997)

Konum Kısıtı; Konumsal kısıtlamalar, montajı yapılan nesnenin konumu ile, işlemcilerin banttaki konumu arasındaki ilişkiyi ifade etmekte kullanılan bir kavramdır.

Konumsal kısıtlamalarla daha çok, büyük ölçekli ürünlerin montajında karşılaşılır. Ön ve arka konum kısıtı işlerin bandın iki yanından birinde yapılması gerektiğinde ortaya çıkar. Bu tip işler, hattın karşısına geçmek güç olacağından, aynı anda iki işçi tarafından yapılırlar, Montaj hattı dengelemenin amaçları da göz önüne alınacak olursa, bandın önünde ve arkasında yapılacak işlerin, birbirlerinden ayrılmasının gerekli olduğu söylenebilir. Alt-üst konum kısıtı ise, montajı yapılacak ürünün, belirli istasyonlarda ters çevrilmesi; işin, ürünün alt kısmında yapılması veya ürünün, hattın belirli bir yerinde, işleminin başının üstüne yükseltilerek yapılması durumunda ortaya çıkar. Her istasyonda, yükseltme ve ters çevirme işlemlerini yapacak donatım bulunmadığından, bulunabilse bile bu işleri yapmak ekonomik olmayacağından. ürünün altında yapılan işlerin bir veya birkaç istasyonda toplanması daha verimli ve gerçekçi bir davranış biçimi olacaktır.

Sabit Donanım Kısıtı; Makineler, test araçları gibi sabit donatımlar, montaj hatlarının bütünleşik parçalarıdır ve değiştirilemez istasyonları oluştururlar. Bu tip istasyonlardaki işler kesinlikle yapılmalıdır. Sabit donanım kısıtı, iş öğelerinin değiştirilebilirliğini azaltır.

İstasyon Yüğü; Montaj hattında bazı istasyonların sürelerinin, çevrim süresinden düşük olması istenebilir. Bu özellikle ilk istasyonda veya istasyonlarda, hattın başında olabilecek aksamaların, tüm hafta etkisini azaltabilmek için yapılabilir.

Aynı İstasyona Atanması İstenen İş Öğeleri; Bu özelliğe sahip işlerin, aynı veya birbirini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Böyle durumlarda bir iş öğesi alt grubu, tek bir iş öğesi gibi düşünülebilir. Örneğin, özel alet kullanımını gerektiren iki iş öğesinin aynı işçi tarafından yapılması, ikinci bir alet gereksinmesini ortadan kaldıracağı için istenen bir durumdur.

Aynı İstasyona Atanmaması İstenen İş öğeleri: Bu özelliğe sahip bir iş öğesi, diğer bazı iş öğeleriyle, aynı istasyona atanamaz. Örneğin, aşırı fiziksel güç uygulamasını gerektiren iki iş Öğesinin, iş yükü açısından ayrı istasyonlara atanması istenebilir. Benzer şekilde, birden fazla iş öğesi. teknolojik olarak istenmediği için aynı işlemciye atanmazlar veya en azından bir aracı (tampon) istasyon ile birbirlerinden ayrılabilirler. Titreşimli bir çalışma ile, hassas ölçme gerektiren bir çalışmanın ayrılması gibi,

3.4. Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Kullanılan Temel Kavramlar

3.4.1 İş Öğesi

İşler, temel hareketlerden veya iş parçacıklarından oluşur. İş öğeleri; toplam işin uygun ve pratik en küçük alt parçalandır ve bu iş parçacıklarını bir veya birkaçı tarafından oluşturulurlar. İş öğesi; üretim süreci içinde, toplam iş içeriğinin, mantıksal olarak bölünmüş bir parçasıdır. Diğer bir görüşe göre iş öğesi; montajcılar arasında gereksiz karışıklıklara neden olmadan, iki veya daha fazla işçi arasında paylaştırılması olanaksız en küçük iş birimidir. Yani toplam işin kaç aşamada tamamlanacağını ve bunların hangi aşamalar olacağını belirleyen, işi yeterli ve anlamlı en azlara bölme sonucu ortaya çıkan birimler ve yapılacak işlemlerdir. Örneğin bir parçaya beş tane delik açmak için beş farklı iş öğesi tanının yapılabilir. Ama montaj hattının dengelenmesi söz konusu olunca, mantıksal iş öğesi, beş deliği birden açmayı içeren iş grubu olarak tanımlanmasıdır. Ayrıca bu işlem otomatik bir tezgahda tek bir seferde yapılıyor ise, o zaman beş tane delik açma işi tek bir iş öğesidir (Tanyaş ve Baksak, 2003)

3.4.2. İş İstasyonu

Montaj hattı üzerinde verilen bir işin, işçi/işçiler tarafından yapıldığı alandır. İşler istasyonda, bir işçinin, bir işlem için gerekli araçlarla çalıştığı varsayılır. Genellikle iş istasyonu (work station), bir montajcı tarafından doldurulan yer olarak düşünülür. Bir montaj hattı için; en az istasyon sayısının 1 olduğu ve istasyon sayısı dengeleme çalışması sırasında saptanan gerekli

en az istasyon sayısının altına düşmemek gerektiği kısıtları vardır (Baskak, 1998).

3.4.3. Toplam İş Süresi

Montaj hattı üzerinde üretilecek bir ürünün montajı için gerekli olan süre veya işi oluşturan tüm iş ögelerinin standart süreleri toplamıdır. Toplam iş süresi;

t_i : i no'lu iş ögesinin işlem süresi olmak üzere şu şekilde hesaplanır:

$$\sum t_i \quad (3.1)$$

3.4.4 İş İstasyonu Süresi

Bir iş istasyonunda yapılması gerekli olan iş ögelerinin standart süreleri toplamıdır. Yani, istasyona gelen bir parça üzerinde o istasyonda yapılması gereken ilk iş ögesinin başlangıç zamanı ile son iş ögesinin bitiş anı arasındaki süre farkıdır. Bir iş istasyonu süresi, o hattaki iş ögesi sürelerinin en büyüğünden küçük, çevrim süresinden büyük olamaz (paralel istasyon kullanılmaması durumunda) iş istasyonu süresi t_k ile gösterilir.

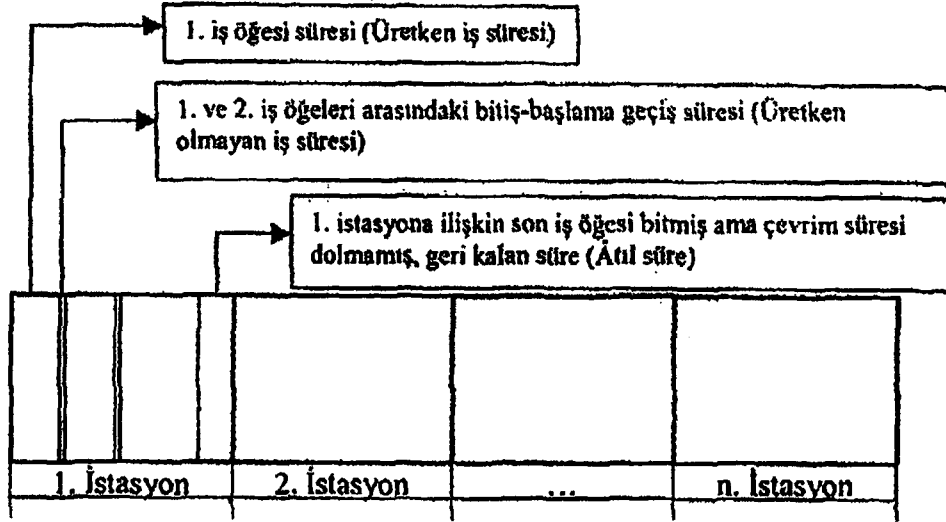
3.4.5 Çevrim Süresi

Çevrim süresi (cycle time), montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması için gerekli süre olarak tanımlanabilir (Tanyaş, ve Baksak, 2003)

Çevrim süresi, iş istasyonu süresine eşit veya daha büyük olabilen, iş istasyonundaki işçinin, işini tamamlayabilmesi için kullanabileceği süredir. Çevrim süresini seçmekteki ana düşünce, gerek duyulan üretim hızıdır.

Bir istasyonda, ardışık ögeler için iş tamamlanması ve başlatma arasında bir süre geçer. Ayrıca ü istasyondaki tüm işler bitmesine rağmen çevrim süresi dolmamış olabilir. Bu nedenle çevrim süresi üç alt süreye ayrılabilir. Üretken iş süresi, üretken olmayan iş süresi, atıl süre.

Bunlar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 n istasyonlu bir montaj hattında çevrim süresinin alt süreleri (Tanyaş ve Baskak, 2003)

Kuramsal olarak çevrim süresi, gerçekleşmesi istenen ürün çıktısından hesaplanabilir:

C: Çevrim Süresi

T: Kullanılabilir üretim süresi

N: Üretilmek istenen ürün sayısı, olmak üzere çevrim süresi şu şekilde hesaplanır:

$$C = T / N \quad (3.2)$$

3.4.6 Gerekli En Az İş İstasyonu Sayısı

Montaj hattındaki işlemleri, her istasyona, çevrim süresini tümüyle veya en az bir tanesi dışında tümüyle dolduracak şekilde atadığımızı düşünürsek gerekli minimum iş istasyonu sayısı (n_{min}) şu şekilde hesaplanır:

$$n_{min} = \sum t_i / C \quad (3.3)$$

3.4.7 İş İstasyonu Boş Zamanı

Operatörlerin diğer istasyonlara kıyasla boş kalma süresidir. Çevrim süresi ile iş istasyonu zamanı arasındaki fark iş istasyonunun boş zamanını göstermektedir. Boş zaman sembolü d_k olup; k'nci istasyondaki boş zamanı gösterir.

$$d_k = C - t_k \quad (3.4)$$

3.4.8 Denge Kaybı

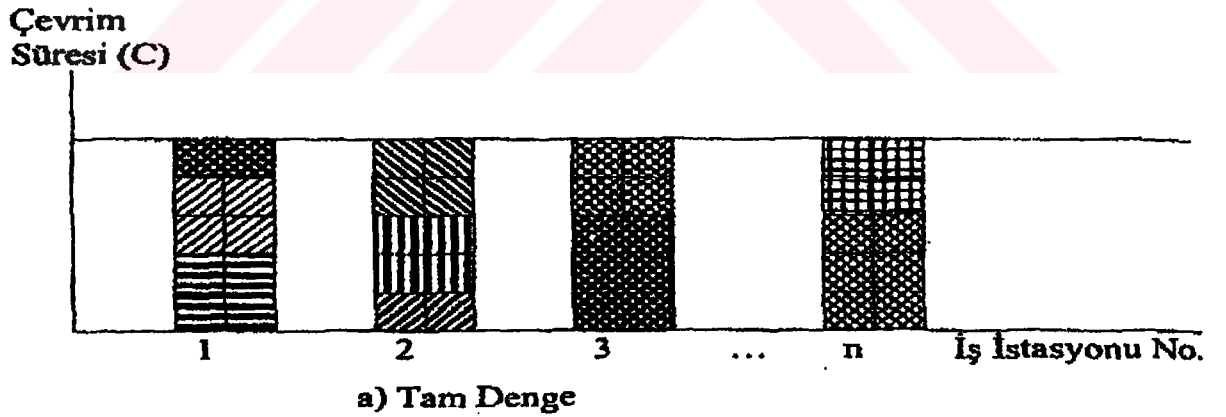
Denge kaybı; işlerin, işlemciler veya istasyonlara dağıtımının ne ölçüde dengeli olduğunu gösteren bir ölçüttür(Baksak, 1998).

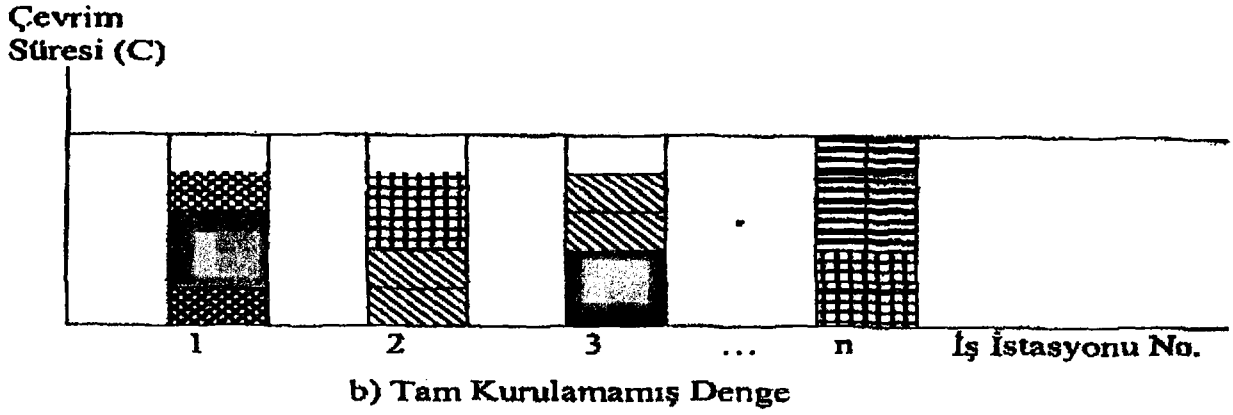
D : Denge Kaybı yüzdesi olmak üzere şu şekilde hesaplanır:

$$D = \frac{(n \cdot C) - \sum t_i}{(n \cdot C)} \cdot 100 \quad (3.5)$$

Denge kaybı, her istasyonda, birim üretim için ayrılan toplam süreyle gerekli süre arasındaki farkın, ayrılan toplam süreye oranıdır ve çoğunlukla sıfırdan büyük bir değerdir. Ancak bu değer sıfır olması ideal durumdur.

Denge kaybının bulunmasında kullanılan çevrim süresi (C), eğer tüm istasyon süreleri çevrim süresinden küçükse, en büyük istasyon süresi olarak alınabilir. Çünkü en büyük istasyon süresi ve C arasındaki fark süre, hiçbir istasyonda kullanılamayacaktır. Dolayısıyla bu fark süreyi kullanılabilecek süre içinde düşünmek gereksizdir. Şekil 3.3’de tam dengelenmiş ve tam dengelenmemiş hat durumları gösterilmiştir. Dolu alanlardaki farklı desenler, o istasyonlardaki farklı operasyonları göstermektedir.



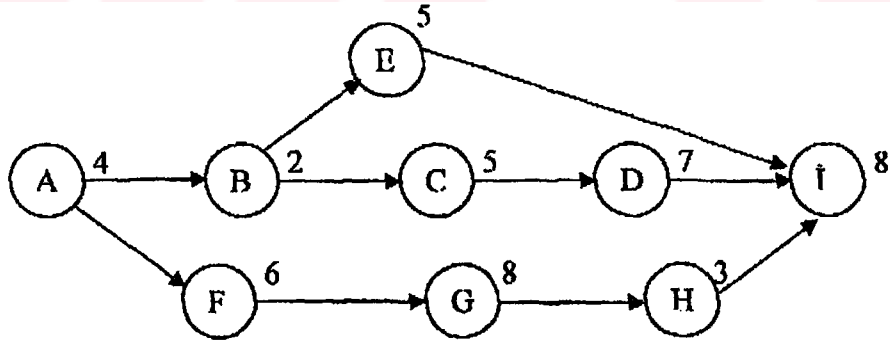


Şekil 3.3 n istasyonlu bir montaj hattında tam denge durumları(Baksak,1998)

3.4.9 Teknolojik Öncelik Diyagramı

Montajın teknik özelliklerinden dolayı, bazı iş öğelerinin zorunlu olarak birbirini izlemesi gerekir. Bu özelliklerin tümü öncelik ilişkileri adı altında toplanır. Bu ilişkiler genellikle bir grafik ile gösterilir. Bu grafik gösterim analitik hat dengeleme sistemlerinde öncelik ilişkilerinin belirtilmesinde çok yaygın olarak kullanılan öncelik diyagramıdır.

Bu diyagram; bir okla birbirine bağlanmış iki iş öğesinden okun çıktığı yönde bulunanın, okun ucunda bulunan iş öğesinden daha önce işleme alınacağını gösterir. içindeki numaralar iş Öğesi numaralarını, dairelerin sağ üstündeki sayılar ise iş öğesi sürelerini gösterir. Şekil 3.4'te bir montaj hattına ilişkin öncelik diyagramı gösterilmiştir (Tanyaş ve Baksak, 2003).



Şekil 3.4 9 öğeli bir teknolojik öncelik diyagramı(Tanyaş ve Baksak, 2003).

3.4.10 Öncelik Matrisi

Öncelik diyagramının matris durumuna dönüştürülmüş şeklidir. Bu matriste aralarında doğrudan doğruya öncelik ilişkileri bulunan iş ögeleri için, matriste önde gelen öge numaralı satırla; izleyen öge numaralı sütunun kesiştiği noktaya “1” diğer noktalara “0” değeri konur. Çizelge3.1’de Şekil 3.4’te teknolojik öncelik diyagramı verilen montaj hattı için hazırlanmış öncelik matrisi görülmektedir.

Çizelge 3.1 9 Ögeli Bir Öncelik Matrisi(Tanyaş ve Baksak, 2003)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	-	1	0	0	0	1	0	0	0
B		-	1	0	1	0	0	0	0
C			-	1	0	0	0	0	0
D				-	0	0	0	0	1
E					-	0	0	0	1
F						-	1	0	0
G							-	1	0
H								-	1
I									-

3.5 Montaj Hattı Yerleşim Tip ve Şekilleri

Donanımın ve iş istasyonlarının yerleşim biçimi, hat tipindeki üretimleri etkileyen önemli bir etmendir. Hattın bulunduğu, yer ve üretilecek ürünün özellikleri, hanın alacağı şekli belirler. Fiziksel montaj hatları; düz, dairesel, değişik açılı, U şekilli ve zig-zag gibi değişik biçimlerde tasarlanabilir (Erkut vd. 1997).

Basit ve sistematik olması, kolayca yerleşim yapılabilmesi, servis verme olanaklarının kolaylıkla sağlanabilmesi, konveyör sistemlerinin uygulanabilirliğinin artması ve maliyetlerinin düşmesi, ayrıca köşelerde meydana gelebilecek transfer zorlukların ortadan kalkması gibi nedenlerle, montaj hatlarının yerleşiminde düz hatlar yeğlenir. Ama aşağıda belirtilen bazı özel durumlarda, değişik şekillerde montaj şekillerinin kullanımı söz konusu olabilir.(Erkut, 1997)

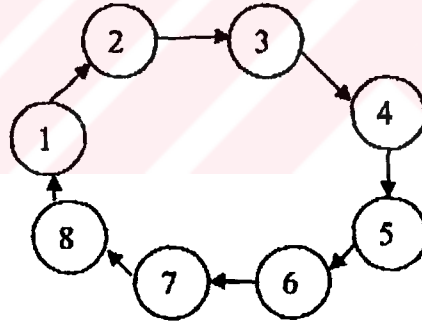
1. Hattın boyu uzun ise, varolan yere sığmıyorsa veya düz hat yerleştirme yapıldığında

boşta kalacak alanın boyutları büyükse, U-şekilli veya dairesel hat kullanılır.

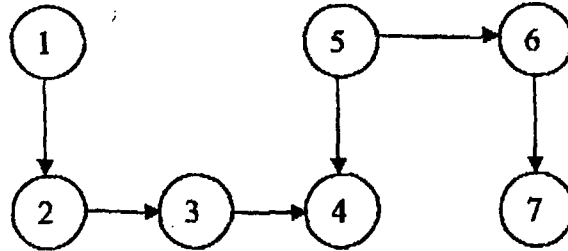
2. Elektrik ve basınçlı hava gibi tesisat bağlantıları, birden fazla istasyona aynı kaynaktan yapılıyorsa U-şekilli hatlar kullanılır.
3. Varolan alan uygun. değilse ve çok bitişik düzenlemeler gerektiriyorsa, düz hat dışında kalan uygun bir hat şekli tercih edilir.
4. Maliyeti yüksek olan bir makineye, birbirinden ayrık iki etkinlik yaptırılması gerekiyorsa, U-şekilli hatlar tercih edilir.
5. Bir işlemci, değişik işlem sıralarındaki ve aynı hat üzerindeki makinelerden birden çoğu ile çalışıyorsa U-şekilli hat kullanılır.



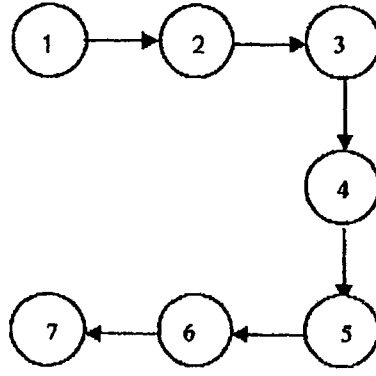
Şeki13.5 Düz hat (Gülsün, 2000)



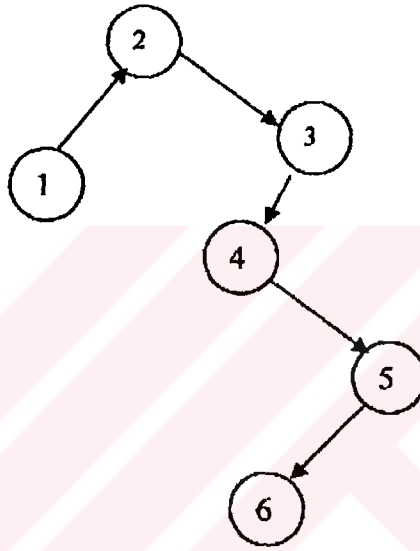
Şekil 3.6 Dairesel hat (Gülsün, 2000)



Şekil 3.7 Zig-Zag hat (Gülsün, 2000)

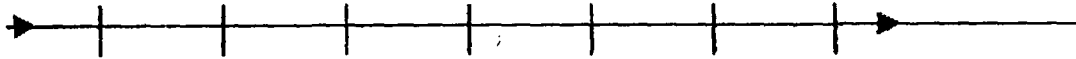


Şekil 3.8 U- Şekilli hat (Gülsün, 2000)

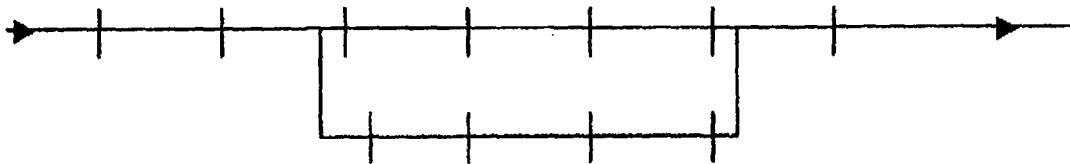


Şekil 3.9 Değişik açılı hat (Gülsün, 2000)

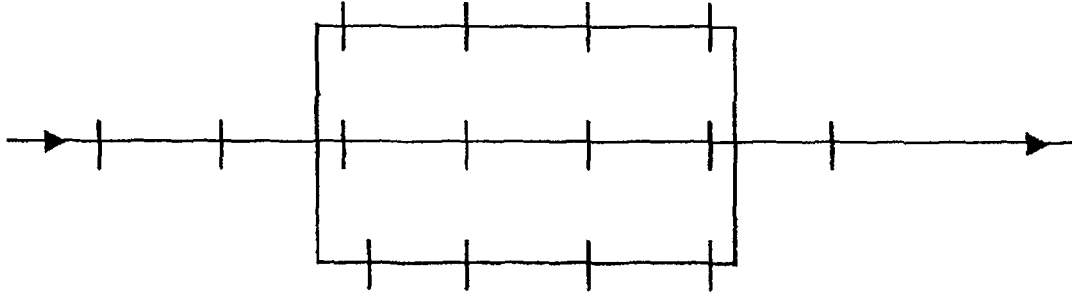
Fiziksel montaj hatlarından başka ayrıca işlevsel montaj hatları da vardır. Bunlar dört değişik biçimde olabilir. Seri, birleşik, paralel ve besleyici (Şekil 3.10).



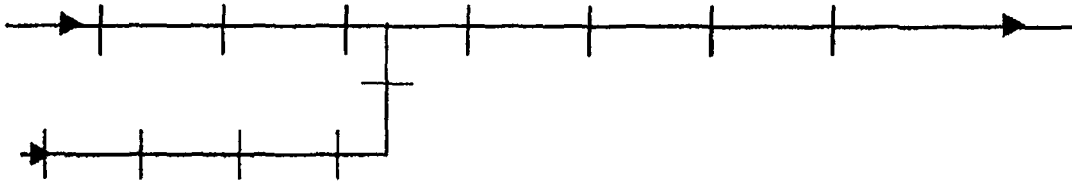
Seri



Birleşik



Paralel



Besleyici

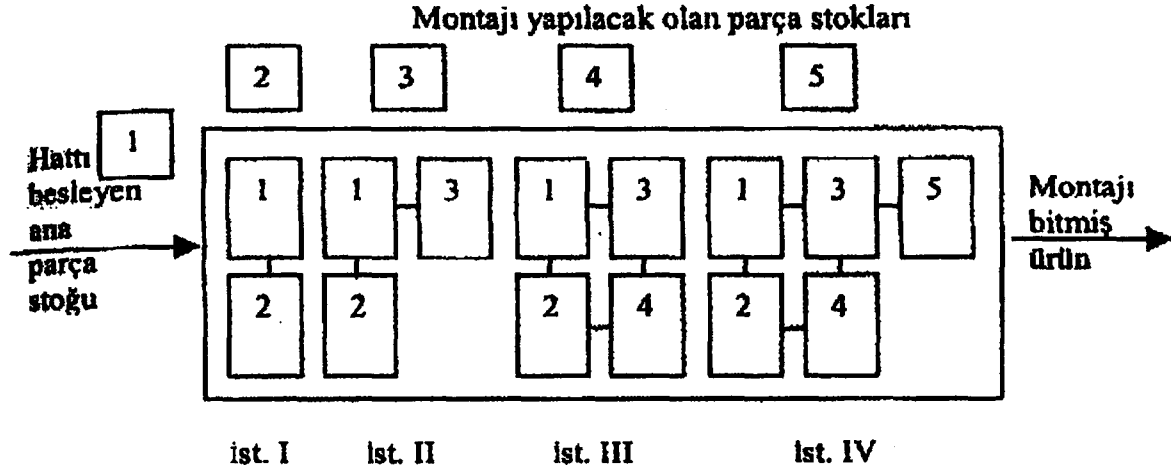
Şekil 3.10 İşlevsel montaj hattı tipleri(Erkut ve Baksak, 1997)

3.6 Montaj Hatlarında Model Sayısının Etkisi

Hem mekanik hem de mekanik olmayan hatlarda, işlerin, yapılacağı istasyonlara atanması istenir. Amaç, iş istasyonlarındaki işlem veya montaj sürelerini eşitlemektir. Sorun bazen aynı üretim hattında, birden fazla benzer ürün yapılması nedeniyle karmaşıklıklaştı. Bu karmaşıklık; üç farklı akış durumunun ve bu nedenle Uç farklı tip hat dengeleme probleminin tanımlanmasını gerektirir. Montaj hatları üzerindeki bu üç farklı üretim durumu, hat üzerinde yapılması gereken ürün veya ürünlere göre tanımlanır. Montaj hattı, tek bir ürünün üretilmesi için mi kullanılacaktır? Yoksa birçok farklı modeli üretmek için mi kullanılacaktır, eğer öyleyse bunlar hat üzerinde nasıl tasarlanacak ve sıralanacaktır? Bu sorulara yanıtlamak için tanımlanabilecek üç durum vardır: tek modellenli (single model), çok modellenli (multiple model) ve karışık modellenli (mixed model) hatlar (Tanyaş ve Baksak, 2003).

3.6.1 Tek Modelli Hatlar

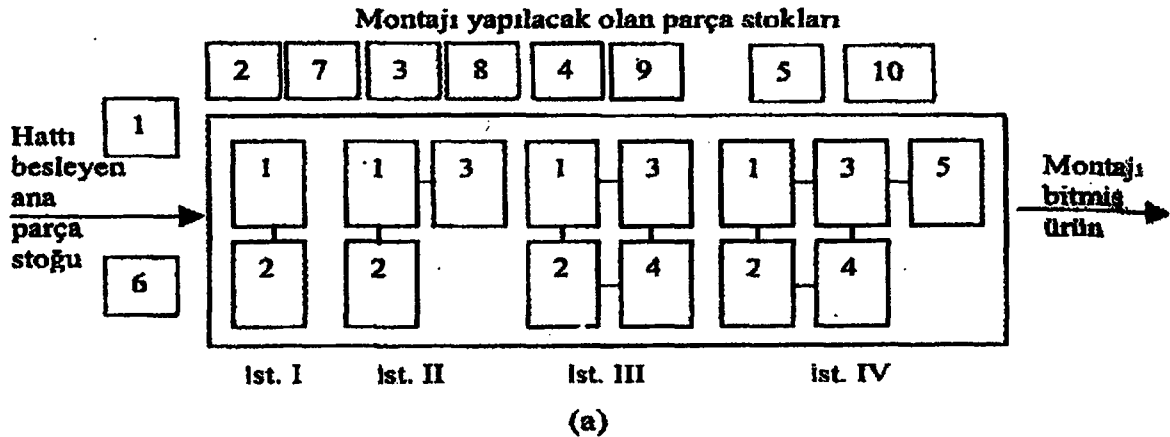
Bunlar, tek bir model veya ürünün üretimine ayrılmış özel hatlardır. Bu tip hatların tasarımı daha basittir (Şekil 3.11)

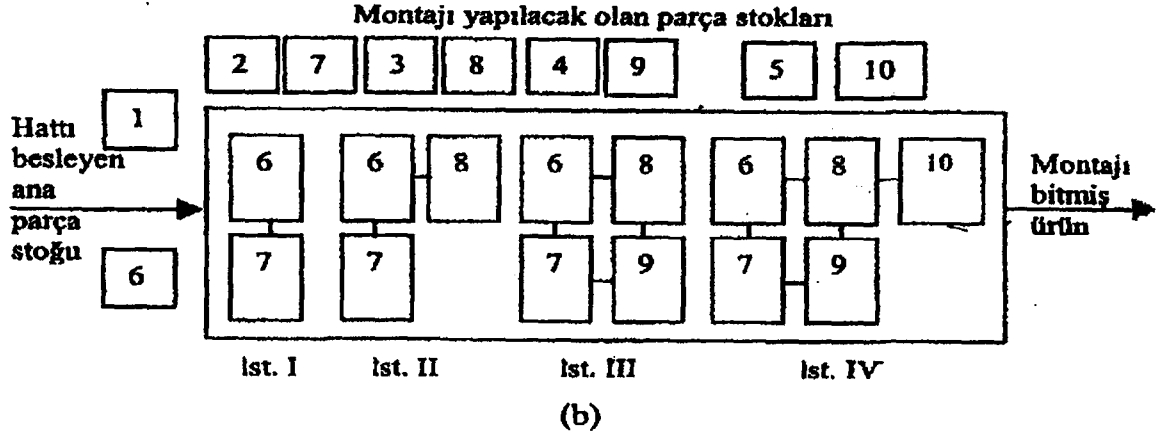


Şekil 3.11 Tek modelli bir montaj hattı (Tanyas ve Baksak, 2003)

3.6.2 Çok Modelli Hatlar

Bu tür hatlar da farklı ürünler veya aynı ürünün iki veya daha çok benzer tipi, ayrı yığınlar halinde üretilir. Her model, bu hat üzerinde ayrı bir yığın oluşturur. Ürünler veya modeller genellikle iş öğelerinin benzer bir ırasını gerektirir. Bu nedenden dolayı değişik modellerin üretimi için aynı hat kullanılabilir. Çok modelli montaj hatları eğer yığınlar büyük ise tek modelli montaj hatlarına benzerlik gösterirler (Şekil 3.12' de 1-2-3-4-5 numaralı parçaların birleştirilmesi ile ayrı bir ürün, 6-7-8-9-10 numaralı parçaların birleştirilmesi ile ayrı bir ürün oluşturulacağı gösterilmektedir).





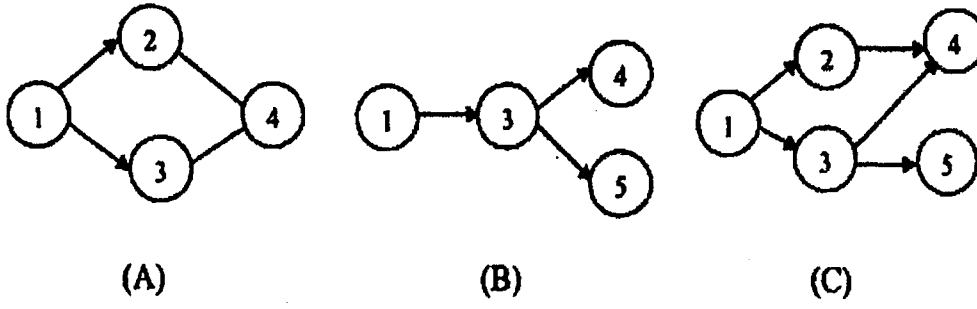
Şekil 3.12. Çok modelli bir montaj hattı (Tanyaş ve Baskak.,2003)

Çok modelli bir montaj hattının tasarımı için, izlenecek başlıca adımlar şunlardır (Baskak, 1998)

1. Bir çevrim süresinin, istenen üretim hızlarına bağlı olarak belirlenmesi,
2. Gerekli en az iş ögesi sayısının hesaplanması,
3. İş ögeleri arasındaki birleştirilmiş (bütünleşik) teknolojik öncelik diyagramının hazırlanması,
4. Hattın dengelenmesi,
5. Farklı ürünlerin/modellerin hatta verilmeleri arasındaki sürenin saptanması,
6. Hatta giren çeşitli modeller/ürünler için bir sıranın belirlenmesi.

Öncelikle farklı ürünlerin istenen üretim miktarlarına bağlı olarak bir ortak çevrim süresi saptanır. Her bir ürünün üretimi için gerekli iş ögeleri saptanıp teknolojik öncelik diyagramları oluşturulduktan sonra bunlar tek bir diyagramda birleştirilir.

Birleştirilmiş teknolojik öncelik diyagramı kavramı, THOMOPOULOS(1970) tarafından geliştirilmiş MACASKILL(1972) tarafından formüle edilmiştir. Şekil 3.13’de, iki ayrı modelin teknolojik öncelik diyagramları ve bunların tek bir diyagram halinde birleştirilmiş durumu görülmektedir. Birleştirilmiş diyagram, farklı modeller arasındaki öncelik ilişkilerinde bir çelişkinin olmadığı durumlar için uygundur. Örneğin, eğer A modelinde 1 numaralı iş ögesi 2 numaralı iş ögesinden önce geliyorsa, diğer hiçbir modelde 2 numaralı iş ögesi, 1 numaralı iş ögesinden önce gelemez. (Macaskill,1972)



Şekil 3.13 A ve B Modellerinin ayrı ve birleştirilmiş teknolojik öncelik diyagramları
(Baskak, 1998)

Dengeleme sırasında paralel istasyon (aynı iş istasyonları için ek operatör) kullanılabilir, Paralel istasyon kullanmanın aşağıdaki yararları vardır.

1. Gereken toplam istasyon sayısının azaltılması ile denge kaybı azalır
2. Yinelenen her istasyon, özgün olanın iki katı etkin çevrim süresine sahiptir. Bu nedenle daha iyi bir uyum söz konusudur. Bu özellikle, iş öğelerinin bir alt kümesi, çevrim süresine yakın iş öğesi süreleri toplamı kadar süreye sahip olduğunda doğrudur.
3. İş öğesi sürelerinin herhangi biri çevrim süresinden büyük olduğunda, istenen çevrim süresinin karşılanması olanaklı olur.
4. Bir seri hafta herhangi bir istasyonun başarısızlığı tüm hattın durmasına yol açar. Oysa paralel duruma getirilmiş bir istasyonun başarısızlığı, etkinliklerin sürmesini engellemez.

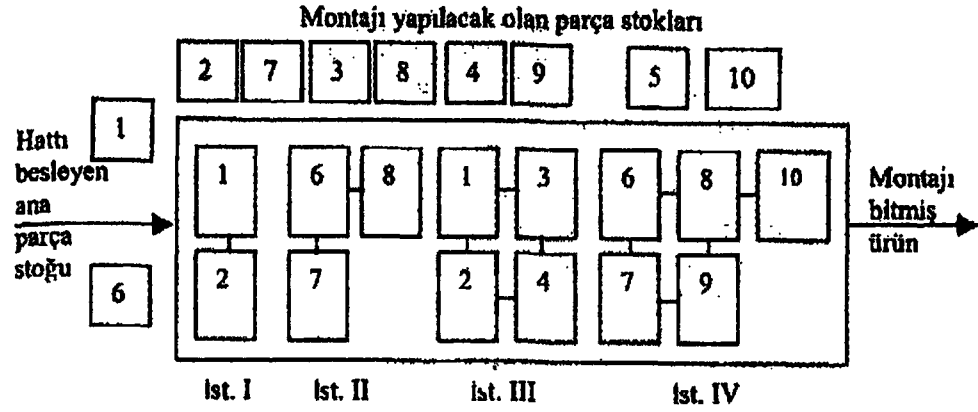
Her ürün/model için hatta giriş periyotlarının ve sırasının belirlenmesi işlemleri hakkında şu açıklama yapılabilir. Ürünlerin/modellerin istasyonlarda kullanacağı süreler arasındaki farklılıklar, dengesiz bir tasarım oluşturabilmektedir, Örneğin A ve 13 gibi iki ürünün üretileceği bir montaj hattında, istasyonlarda ürünlerin kullanacağı süreler arasındaki fark dolayısıyla, bu istasyonlar bazen az bazen fazla yüklenecektir.

3.6.3 Karışık Modelli hatlar

İki veya daha çok benzer ürünün veya bir ürünün değişik modellerinin, aynı anda ve karışık olarak üretildiği montaj hatlarıdır. Bu tür üretimde, kurumsal olarak büyük miktarlarda bitmiş ürün stoklarına gereksinim olmayıp, çok modelleri hatların tersine, tüketicinin istekleri, sürekli bir şekilde yapılan üretimle karşılanır. Otomobil ve kamyon montaj hatları bu duruma örnek olarak verilebilir.

Karışık modelli hatlarda gözlenen temel olumsuzluk, modellerin özelliğinden kaynaklanan, ayrı iş parçalarının; eşit olmayan iş akışlarına, boş istasyon sürelerine ve daha fazla istasyon sayısına neden olmasıdır. Bu tip montaj hatlarında oldukça karmaşık tasarım sorunları söz konusudur.

Şekil 3.14’de karışık modelli bir montaj hattı görülmektedir.



Şekil 3.14 Karışık modelli bir montaj hattı (Tanyaş, ve Baksak, 2003)

3.7 Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Tanımlanması

Basit montaj hangi dengeleme problemi (Simple assembly line balancing problem-BMHDP) iki türdür. Bu problemin tanımı, aşağıda verilen ilk dokuz madde ve ona ek olarak verilen diğer iki maddenin herhangi biridir. Yani birinci tür BMHDP ilk on maddeyi, ikinci tür BMHDP ise ilk dokuz madde ve on birinci maddeyi içerir (Tanyaş ve Baksak, 2003)

1. Tüm girdi parametreleri belirlidir.
2. Bir iş ögesi, iki veya daha çok istasyon arasında bölünemez.
3. İş öğeleri, teknolojik öncelik gereksinimlerinden dolayı, keyfi sıralarda işlem göremez.
4. Tüm iş öğeleri yapılmalıdır.
5. İstasyonlar tüm iş öğelerini yapmak için gerekli donanım ve işgücüne sahiptir.
6. İş ögesi süreleri, yapıldıkları istasyonlardan ve önceki/sonraki iş öğelerinden bağımsızdır.
7. Her işlem her istasyonda yapılabilir.
8. Tüm hat, besleyici veya paralel alt montaj hatlı olmayacak şekilde seri olarak düzenlenmelidir.
9. Montaj sisteminin, tek bir ürünün tek bir modeli için tasarımı olduğu varsayılır.
10. Çevrim süresi verilmiştir ve sabittir.

11. İstasyon sayısı verilmiştir ve sabittir.

İlk dokuz maddeden herhangi birinde değişiklik olursa bu durumdaki problem, bir genel montaj hattı dengeleme problemi (general assembly line balancing problem) olur. Örneğin iş ögesi süresinde değişkenlik olabilir. Bu durumun bazı nedenleri şunlar olabilir.

1. Hatta hatalı malzeme veya parça gelebilir.
2. Kullanılan donanım sorun çıkarabilir.
3. İşçinin temposu değişebilir.
4. Hatalı montaj yapılması durumunda hata, hatta düzeltilebilir.

İş istasyonları arasında emniyet stokları bulundurularak, bu tür aksaklıklar önlenmeye çalışılır.

3.8. Montaj Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

3.8.1 Probleme Göre Sınıflandırma

Montaj hattı dengeleme problemi, farklı ölçütler dikkate alınırsa çeşitli tiplerde olabilir (Baskak,1998)

1. Amaç Sayısı; Tek veya çok amaçlı olabilir. Amaçlar; çevrim süresini en uygun duruma getirmek, istasyon sayısını minimum yapmak, denge kaybını minimum yapmak vb. olabilir.
2. İşlem süreleri; İşlem süreleri belirli veya rassal olarak düşünülebilir. Uygulamada değişken sürelerle karşılaşılmasına rağmen, klasik hat dengeleme yöntemlerinin Çoğu, sabit iş süresi kabulü ile geliştirilmiştir.
3. Ürün/Model Sayısı; Akış hatlarının tiplerine bağlı olarak montaj hatlarında bir ürün, bir ürünün birden çok modeli veya birden Çok benzer ürün üretilir.
4. Paralel Tezgah Durumu; Montaj hatlarında paralel tezgah kullanımı durumunda, işlerin atandığı bir istasyon süresi, çevrim süresinden büyüktür. İstasyon süresinin, çevrim süresinin p katı olması durumunda, aynı işleri içeren p adet istasyon, paralel olarak düzenlenir.bu durum denge kaybına olumlu etkide bulunur.
5. İstasyondaki İşçi Sayısı; Bir istasyona, bir veya birden çok işçi atanabilir. Bir işçi atanmasının işlerin zamanında bitirilememesi. birden çok işçi atanmasının ise fazla masraflı olabilmesi gibi dezavantajları vardır.
6. Hattın Durumu; Montaj hattı sabit veya hareketli olabilir.
7. İstasyon Durumu; İşlemler; insanlı, otomatik veya karma şekilde yapılabilir.

8. Kaynak Kısıtı; Malzeme, işgücü, tezgah, üretim alanı vb. kaynaklar kısıtlı olabilir.
9. Malzeme İkamesi; İşlemler esnasında bir malzeme, bir başkasının yokluğu durumunda onun yerine kullanılabilir.
10. Kusur Oranlarının Verilmesi Durumu; Yarı ürün istasyonlarda işlenirken kusurlu parçalar ayıklanır. Bu durumdaki parçaların oranının, belirli sınırlar içerisinde kalması istenebilir.
11. Özel Problemler; Öğrenme, maliyet, atanan iş öğelerinin istasyon içinde sıralanması vb. gibi özel durumlar istenebilir.

3.8.2 Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma

3.8.2.1 Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler

Bu yöntemler, belirli bir prosedürün izlenmesi ve belirli varsayımların yapılması yoluyla, montaj hatlarının dengelenmesi konusunda yaklaşık çözüm verirler. Şimdiye kadar geliştirilen oldukça çok sayıda sezgisel yöntem vardır. Bu yöntemlerin çoğu, çevrim süresini sabit kabul ederek istasyon sayısını ve buna bağlı olarak denge kaybını minimize etmeye çalışır. Birkaç tanesi de istasyon sayısını sabit kabul ederek en uygun çevrim süresini saptamaya çalışır.

Literatürde karşılaşılan bazı sezgisel yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

1. Konum ağırlıklı dengeleme tekniği (Helgeson-Birnie)
2. Aşamalı sıralamayla çözüm (Jackson)
3. Öncelik diyagramı ile çözüm (Hoffman)
4. İki aşamalı dengeleme tekniği (Moddie-Young)
5. COMSOAL tekniği (Arcus)
6. Dinamik programlamayla çözüm (Karp-Held-Shareshian)
7. Kilbridge-Wester yöntemi
8. Aday matrisle çözüm (Salveson)
9. Probabilistik hat dengeleme (Elsayed-Bouehar)
10. Gruplama yöntemi (Tonge)
11. En kısa yol yöntemi (Klein-Gutjahr)
12. Raouf-Tsui-Elsayed yöntemi
13. İlişkili etkinlik yöntemi (Agrawal)

Sezgisel yöntemler, birbirlerinden çeşitli açılardan ayrılırlar. Örneğin Jackson, Kilbridge-Wester ve Salveson'un geliştirdiği yöntemlerde sezgisel kurallar ön plana çıkarlar. Oysa diğer

yöntemler, daha az esnek yapıların kullanımını gerektirir. Bazı yöntemler işlem sürelerine ek olarak öncelik sıralanışı göz önüne alıp ilerideki işlem sürelerini de kullanırlar.

3.8.2.2 Analitik Yöntemler

Bu yöntemler Optimizasyon Yöntemleri olarak da anılırlar ve en uygun sonucu verirler. E. H. Bowman tarafından geliştirilen doğrusal tam sayılı programlamayı ve Talbot ve Patterson tarafından geliştirilen 0-1 tam sayılı programlamayı kullanan yöntemler, örnek olarak verilebilir, Bu yöntemlerde amaç fonksiyonu ve kısıtlar bulunur. Özellikle işlem sayılarının arttığı durumlarda çözüm bulmak zorlaşmaktadır. Bu nedenle montaj hattı dengeleme problemlerine bulgusal yöntemlerle yaklaşılması daha yaygın bir durumdur (Baskak, 1998).

3.8.2.3 Benzetim (Simülasyon) Teknikleri

Benzetim tekniği, yöneticilerin denemeler yoluyla karar vermesini kolaylaştırır. Herhangi bir sistemin işleyişini anlamak veya bu sistemin işleyişi ile ilgili değişik stratejileri değerlendirmek için sistemin zaman içindeki çalışmasını taklit eden bir bilgisayar modelinin kurulması ve bu model ile deneyler yapılmasına “benzetim” denir. Bu tekniğin uygulama alanları çok geniştir. Ekonomi, pazarlama, işletme, eğitim, politika, soysak bilimler, davranış bilimleri, taşımacılık, enerji vb. konularda yapılan araştırmalarda benzetim tekniğinin uygulanması ile ilgili çok sayıda bildiri, kitap ve akademik tez vardır.

Benzetim tekniğinin uygulanmasındaki en önemli gerçekler şöyle sıralanabilir:

- Gerçek yaşamda, herhangi bir sistemi veya işlem dizisini gözlemek olanaksız veya çok masraflı olabilir.
- Gözlemlenen sistem ü kadar karmaşık olabilir ki, bu sistemi matematiksel denklemlerle tanımlamak ve sistem işleyişi ile ilgili saptamalara yardımcı analitik çözümleri elde etmek olanaksız olabilir.
- İncelenen sistemin matematiksel modeli kurulabilse bile, modele çözüm getirmek için gereken analitik teknikler yetersiz kalabilir.
- sistemi tanımlayan matematiksel modellerin doğrulanmasına yönelik deneylerin yapılması, olanaksız veya çok masraflı olabilir.

Bu üstünlüklerin yanı sıra bazı olumsuz yanları da vardır. Bunların en önemlileri şunlardır (Acar,1986)

1. Modelin tasarımı ve kullanımı; zaman alıcı ve masraflıdır.

2. Her benzetim modeli diğerinden farklıdır; bunun sonucu olarak model doğrulaması, çok dikkat isteyen ve zor bir iş olarak belirir,
3. Benzetim modelleriyle en iyi sonuçları elde etmek çok zordur. Bu ise benzetim modellerinin, çözülen modellerden çok, deneysel modeller olmalarından kaynaklanır. Diğer bir deyişle benzetim tekniği, seçeneklerin değerlendirilmesinde daha yaygın olarak kullanılır.

Montaj hatlarında istasyonlar arasındaki stok düzeyinin belirlenmesi için çeşitli Optimizasyon modelleri geliştirilmiştir. Genelde bu modellerin uygulamaya konulması oldukça zordur. Çünkü, akış hatları dinamik sistemler olup, bunların gözlemlenmesi, karmaşık yapılarına uygun bir modelin kurulabilmesi ve bu modelin denenmesi çok masraflı veya olanaksız olabilmektedir.

Benzetim tekniği, bu tür hatlarda genellikle ara stok düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Optimizasyon yöntemleriyle en iyi çözüm bulunmasına karşın, bu tür modelleri gerçek sisteme uyarlayabilmek için ü kadar çok varsayımı ve olasılık hesapları yapılmaktadır ki, bu nedenle benzetim tekniğinin çeşitli seçenekleri deneyerek bulunduğu yaklaşık çözüm, genellikle bu en iyi çözümden çok daha kullanılabilir olmaktadır. Benzetim tekniği, paralel hatların kullanılmasında da yararlanılan bir tekniktir .

3.8.3 İşlem Sürelerinin Deterministik Olup Olmaması Durumuna Göre Sınıflandırma

Montaj hattı dengeleme problemlerinde, çok genel iki farklı durum söz konusudur. (Tanyaş ve Baksak, 2003)

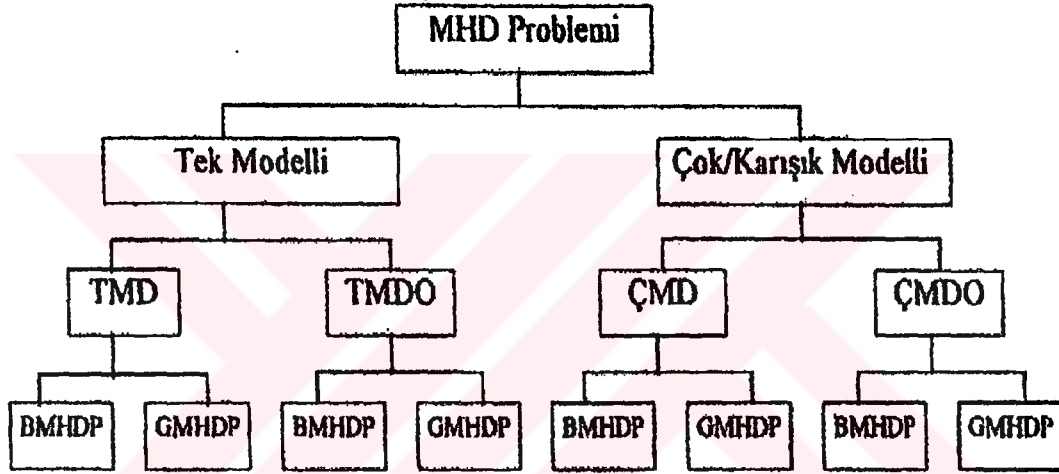
1. İşlem sürelerinin sabit olması (Deterministik montaj hattı dengeleme)
2. İşlem sürelerinin değişken olması (Deterministik olmayan montaj hattı dengeleme)

Deterministik montaj hattı dengeleme problemlerinde, işlem sürelerinin verilmiş (belirli) olduğu ve bu sürelerin bir birimden diğerine herhangi bir değişim göstermediği varsayılmaktadır Bu varsayım, özellikle robot teknolojisinin uygulama alanı bulabildiği, ileri teknoloji endüstrilerde geçerlidir.

Deterministik olmayan montaj hani dengeleme problemlerinde ise işlem süreleri, belirli bir dağılımla ifade edilir. İnsan unsuru işlem sürelerinin değişken olmasına yol açmaktadır. Bu değişkenliğin nedenleri arasında şunlar sayılabilir: Yorulma, dikkatin dağılması, yetersiz nitelikli işgücü, iş doyumsuzluğu, hatalı girdiler, araç/gereç bozulmaları bu durum, istasyonlara atanan iş öğelerinin toplam süresinin, çevrim süresini aşmasına ve dolayısıyla

bazı işlemlerin zamanında bitirilmemesine neden olabilmektedir. Özellikle işler arasındaki öncelik ilişkileri göz önüne alındığında, bazı işlemlere geç başlanmaktadır. Bu tür dengeleme problemlerinde araştırmacıların çoğu, işlem sürelerinin normal dağılıma göre değer aldıklarını, bazıları ise işlem sürelerinin değişkenlik katsayılarının tüm iş öğeleri için sabit olduğunu varsaymışlardır. İşlem sürelerinin herhangi bir dağılıma uygun olmaması durumunda ise stokastik bir yapı karşımıza çıkar.

Montaj hattı dengeleme problemleri, dört grupta toplanabilir(Baksak,1998). Tek modelli deterministik (TMD), tek modelli deterministik olmayan (TMDO), çok/karışık modelli deterministik (ÇMD) ve çok/karışık modelli deterministik olmayan (ÇMDO) problemler. Şekil 3.15.'de montaj hattı dengeleme (MHD) problemlerinin sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil3.15.Montaj hattı dengeleme problemlerinin sınıflandırılması (Baskak, 1998)

Tek Modelli Deterministik MHD Problemi: Bu tür problemlerde, üretim hattında tek bir ürünün/modelin üretimi söz konusudur ve iş öğesi süreleri sabittir. Buna göre iş öğeleri, öncelik ilişkileri sağlanacak ve belirli bir performans ölçütü optimum olacak şekilde iş istasyonlarına atanırlar. Bir istasyona atanan iş öğelerinin süreleri toplamı, çevrim süresine eşit yada ondan küçük olmalıdır. Optimum yapmak amacıyla seçilen performans ölçütlerinden bazıları; istasyon sayısını minimize etmek, toplam boş zamanı minimize etmek, verilen bir istasyon sayısı için çevrim süresini minimize etmek ve denge kaybını minimize etmek olabilir.

Tek Modelli Deterministik Olmayan MHD Problemi; Bu problemde sonlu bir iş öğesi kümesi verilir ve bu öğelerden her biri, bir olasılık dağılımına göre dağılmış iş öğesi sürelerine sahiptir. Buna göre problem, öncelik ilişkileri dikkate alınarak ve belirli bir performans ölçütü optimize edilecek şekilde iş öğelerinin uygun iş istasyonlarına atanmasıdır. İş öğesi süreleri

sabit olmadığında herhangi bir iş ögesi iki nedenden dolayı bitirilemeyebilir: Ya iş ögesi çevrim süresi içinde tamamlanamaz ya da iş ögesi, teknolojik öncelik diyagramında bitirilememiş bir iş ögesinin izleyicisidir.

Bu problem türünde toplam sistem maliyetinin genellikle, işgücü ve tamamlanmama maliyetinden (birimlerin hatta ilerlemeleri sırasında, bitirilemeyen iş ögelerinin neden olduğu maliyet) oluştuğu söylenebilir. Literatürde deterministik olmayan MHD) problemi için en çok rastlanılan amaç, toplam sistem maliyetinin minimize edilmesi şeklindedir.

Çok/Karışık Modelli Deterministik MHD Problemi; Tüketici sayılarının ve bilinç düzeyinin artması ile diğer üretici kuruluşların rekabeti, tek tip ürünün seri üretimini engellemektedir. Bu tür problemlerde iş ögesi süreleri sabittir ve farklı ürünler veya aynı ürünün birden fazla modelinin aynı montaj hattında üretilmesi söz konusudur. Uygulamada montaj hattı, belirli bir modelin üretilmesi için hazırlanır, ü modelin üretimi bittikten sonra ikinci modelin üretimi için hazırlık yapılır. Bu durumda her model üretimi için hat dengeleme problemleri, birbirinden bağımsız olarak tek model montaj hattı dengeleme yöntemleriyle çözümlenir. Ayrıca bu sistemlerde bir de model sıralama probleminden söz edilir. Model sıralama probleminde, tezgah hazırlama maliyetlerini minimize edecek sıralamanın seçilmesi için geliştirilmiş yöntemlerden (dal-sınır algoritması, atama yöntemi vb.) yararlanılır. Özetle, çok modellenli üretim hatlarının tasarımı, şu ana sorunların çözümünü içerir: Her farklı model için hat nasıl dengelenecek? Kullanılacak parti büyüklükleri ne olacak? Modeller nasıl bir sıralama ile üretilcekler?(Acar, 1986)

Karışık modellenli hatlarda, bir ürünün değişik modelleri aynı anda ve karışık olarak üretilirler. Genelde bu hatların tasarımı aşamasında karşılaşılan ana problemler şöyle özetlenebilir: Modeller hangi sırayla hatta yüklenecekler? Hat nasıl dengelenecektir? (Acar, 1986)

Karışık modellenli hatların dengelenmesi için kullanılan bazı sezgisel algoritmalarda iş ögelerinin operatörlere atanmasında, genellikle günlük veya bütün bir çalışma devresinin esas alındığı görülmektedir (Acar,1986)

Karışık modellenli montaj hattı dengeleme problemlerinde öncelik ilişkilerini belirleyen teknolojik öncelik diyagramı, tek model montaj hattı dengeleme problemlerindeki teknolojik öncelik diyagramından oldukça farklıdır. Burada birleştirilmiş öncelik diyagramı kullanılır.

Çok/Karışık Modelli Deterministik Olmayan MHD Problemi; ÇMDO MHD probleminde, iş ögesi süreleri sabit değildir. İş ögesi süreleri, TMDO' da olduğu gibi parametreleri bilinen dağılımlarla ifade edilirler. ÇMD'de ifade edilen birleştirilmiş teknolojik öncelik diyagramı,

bu problem için de geçerlidir.

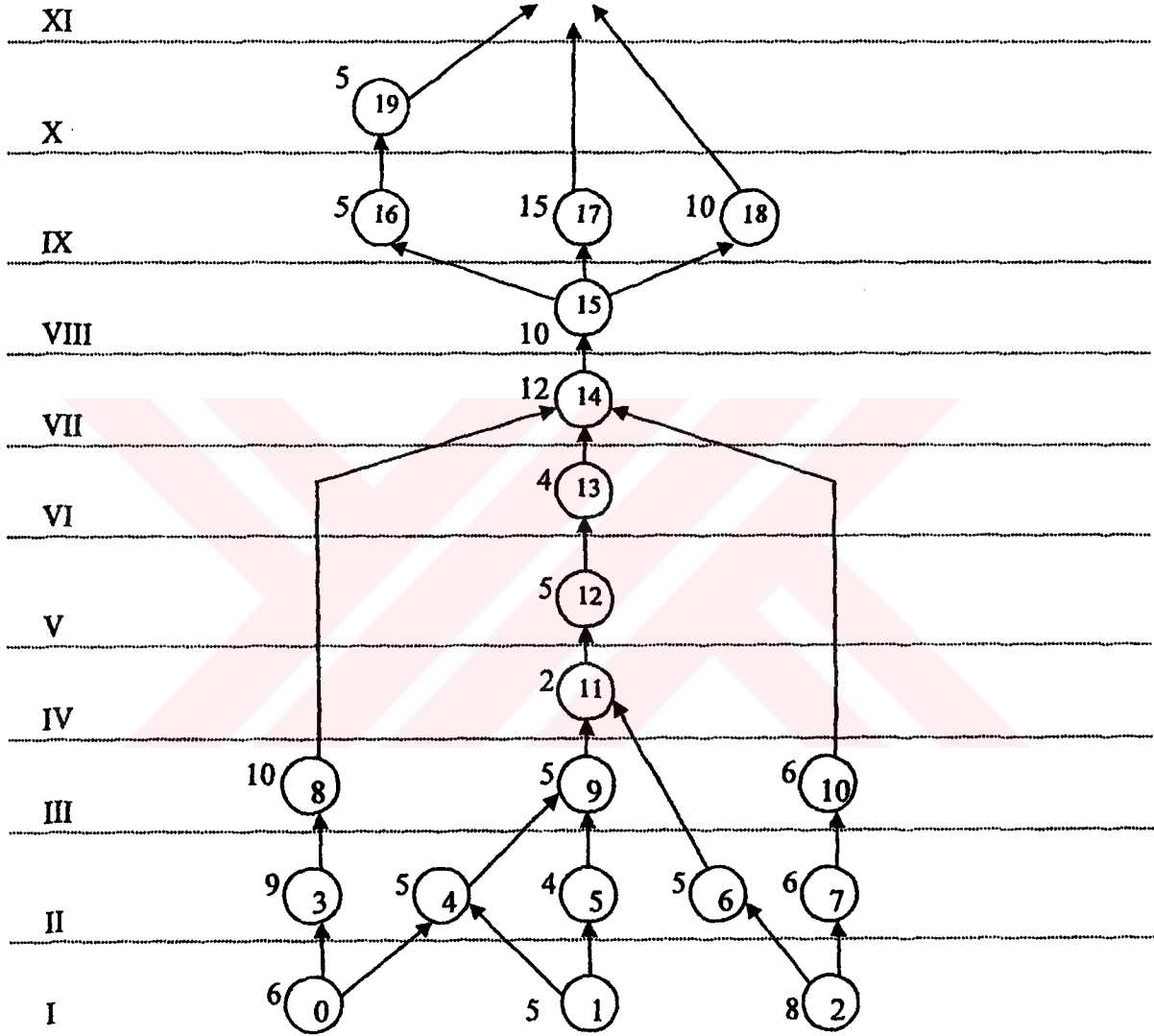
ÇMDO MHD’de problemi zorlaştıran birçok etmen vardır. Bunlar, öğrenme eğrileri, işçi beceri düzeyi, iş tasarımı ve işçinin iş süresi değişenliği vb. şeklinde sıralanabilir, Bunlardan dolayı, birimlerin tamamlanmadan hat boyunca ilerlemeleri ve dolayısıyla da tamamlanamayan birimlerin hanın dışında tamamlanması, ek maliyetlere neden olmaktadır.



4. MONTAJ HATTI DENGELEME YÖNTEMLERİ

4.1 Kilbridge-Wester Yöntemi

En eski sezgisel hat dengeleme metotlarından biri olan Kilbridge-Wester yöntemini klasikleşmiş bir şekilde örnek yardımıyla açıklayalım.(Kilbridge vd.,1961)



Şekil 4.1 21 Elemandan oluşan bir montaj hattı.(Kilbridge vd.,1961)

Çizelge 4.1 Montaj işlem bilgileri (Kilbridge vd.,1961)

İşlem	İşlem Zamanı	Önce Gelen İşlem
0	6	-
1	5	-
2	8	-
3	9	0
4	5	0,1
5	4	1
6	5	2
7	6	2
8	10	3
9	5	4,5
10	6	7
11	2	6,9
12	5	11
13	4	12
14	12	8,10,13
15	10	14
16	5	15
17	15	15
18	10	15
19	5	16
20	6	17,18,19

Şekil 4.1’de daire üstündeki sayılar standart süreleri en üstteki sütun numaraları ile sıralarını belirtmektedir. Buna dayanarak Çizelge 4.1 oluşturulmuştur.

Çevrim zamanını 36 olarak kabul edelim. Bunu gerçekleştirmek için gerekli iş istasyonu sayısı ve bu istasyonlarda yapılması gereken işlerin sırasını bulmak problemin çözümünü teşkil eder.

Bu yöntemde; önce yapılmak istenen işler mümkün olduğu kadar sola çekilir. 8. işlem VI’ya kadar getirilebilir. 3. işlem V’e kadar getirilebilir. Çünkü VI’da 8. işlem bulunacaktır.

Çizelge 4.2 Başlangıç çizelgesi (Kilbridge vd.,1961)

İstasyon No: (a)	İşlem No: (b)	Transfer Durumu (c)	İşlem Süresi (d)	Servis Zamanı (e)	Toplam Zaman (f)
I	0	-	6	19	19
	1	-	5		
	2	-	8		
II	3	3-5(8)	9	29	48
	4	-	5		
	5	-	4		
	6	3	5		
	7	3-5 (10)	6		
III	8	4-6	10	21	69
	9	-	5		
	10	4-6	6		
IV	11	-	2	2	71
V	12	-	5	5	76
VI	13	-	4	4	80
VII	14	-	12	12	92
VIII	15	-	10	10	102
IX	16	-	5	30	132
	17	10	15		
	18	10	10		
X	19	-	5	5	137
XI	20	-	6	6	143

Yukarıdaki başlangıç çizelgesini oluşturduktan sonra, bu örnek üzerinde sırayla bu yöntemin adımlarını açıklamaya çalışalım.

1. f sütununda döngü süresine (36) eşit bir süre var mı? "Hayır" Eğer böyle süreyi içeren işlemler varsa bunları bir istasyonda topla, aksi takdirde adım 2'ye geç.
2. f sütununda 36 dakikalık süreden az en büyük süreyi bul . (19 değeri)
3. Bu süreyi çevrim süresinden çıkar. (36-19=17)

4. Satır 1 de 17'ye eşit veya yakın bir veya birden fazla eleman var mı? (Eşit yok. En yakın 16 değer veren iş elemanı var. Bunlar alınırsa iş süreleri toplamı 35 olacaktır. $19+16=35$)
5. F sütunundan 36'dan büyük en küçük süreyi seç. (48'dir. 19 ile 29'u toplayarak bulabiliriz)
6. Satır 1 ve II deki elemanlardan bir veya birkaçı süreyi 36'ya düşürmek için II'den öteye yer değiştirebilir mi? (Hayır, fakat 3 eleman 8 ile birlikte diğer istasyonlara atanabilir. Eleman 6 istasyon 3'e, eleman 7'de 10 ile birlikte 3,4 ve 5 nolu istasyonlara aktarılabilir. Fakat 36' dakikalık süreye ulaşamaz.)
7. f sütununda arkadan gelen en büyük süreyi seç. (69; 1, II ve III için)
8. I, II, III satırları içindeki elemanlardan bir veya birkaçı süreyi 36'ya düşürmek üzere, III'den öteye yer değiştirebilir mi? (Hayır. En yakın değer veren 3,8,7,10 dur. Buda $69-31=38$ değerlerini verir ki 36'dan büyüktür.
9. F sütunundaki büyük bir süreyi ele alarak istasyon 1 için daha gelişmiş bir eleman tahsis edilebilir mi? (Hayır.)
10. Daha önce bulunmuş en iyi atamayı istasyon 1 olarak belirle. (Adım 4'te bulunan 35 dakika işlem süresi en uygun atamadır.)
11. Çizelgeyi yeniden hazırla ve kümülatif toplamlarının yeni değerlerini f ye yerleştir.
(Çizelge 4.3)
12. F sütununda toplamı 36'ya eşit bir süre var mı? (Evet III ve IV satırlarının toplamı)
13. Bu elemanları istasyon 2 olarak tahsis et ve Çizelge 4.4'ü hazırla. Bu çizelgeye aynı kuralları uygulayarak diğer istasyonları oluştur.
14. Yeni çizelgenin f sütununda 36'ya eşit değer var mı? (Hayır)
15. f'deki sürelerden 36'dan küçük en büyük süreyi seç. (31; V, VI, VII, VIII)
16. Bu değeri 36'dan çıkar. ($36-31=5$)

17. IX satırında 5'e eşit eleman var mı? (Evet, eleman 16)
18. Bu elemanı yukarıdakilere ilave et ve çizelge 4.5'i hazırla.
19. Yeni oluşturulan çizelgenin f sütununda 36'ya eşit süre var mı? (Evet; IX, X ve XI)
20. Bu elemanlara yeni iş istasyonu tahsis et.



Çizelge 4.3 İşlem atamaları-1 (Kilbridge vd.,1961)

İstasyon No (a)	İşlem No (b)	Transfer Durumu (c)	İşlem Süresi (d)	Servis Zamanı (e)	Toplam Zaman (f)
I	0		6	19	
	1		5		
	2		8		
II	4		5	16	
	6		5		
	7		6		35
III	3	3-4 (8) ile	9		
	9		5		
	5		4		
	10	4-6	6	24	24
IV	8		10		
	11		2	12	36
V	12		5	5	41
VI	13		4	4	45
VII	14		12	12	57
VIII	15		10	10	67
IX	16		5		
	17	10			
	18	10	10	30	97
X	19		5	5	102
XI	20		6	6	108

Çizelge 4.4 İşlem atamaları-2 (Kilbridge vd.,1961)

İstasyon No (a)	İşlem No (b)	Transfer Durumu (c)	İşlem Süresi (d)	Servis Zamanı (e)	Toplam Zamanı (f)
I II	0		6		İstasyon 1
	1		5		
	2		8		
	4		5		
	6		5	35	
	7		6		35
III IV	3		9		İstasyon 2
	9		5		
	5		4		
	10		6		
	8		10		
	11		2	36	36
V	12		5	5	5
VI	13		4	4	9
VII	14		12	12	21
VIII	15		10	10	31
IX	16		5		
	17	10	15		
	18	10	10	30	61
X	19		5	5	66
XI	20		6	6	72

Çizelge 4.5 İşlem atamaları-3 (Kilbridge vd.,1961)

İstasyon No (a)	İşlem No (b)	Transfer Durumu (c)	İşlem Süresi (d)	Servis Zamanı (e)	Toplam Zaman (f)
	0				İstasyon 1
	1				
	2				
	6				
	4				
	7			35	35
	3				İstasyon 2
	9				
	5				
	10				
	8				
	11			36	36
V	12		5		İstasyon 3
VI	13		4		
VII	14		12		
VIII	15		10		
IX	16		5	36	36
IX	17		15	25	25
	18		10		
X	19		5	5	30
XI	20		6	6	36

Hesaplamalar:

$$e_{maks} = \frac{\sum t_i}{n \times c} = \frac{143}{4 \times 36} = 0,99 \quad n = \frac{\sum t_i}{c} = \frac{143}{36} = 4$$

t_i : Eleman Süresi

c : Çevrim Süresi

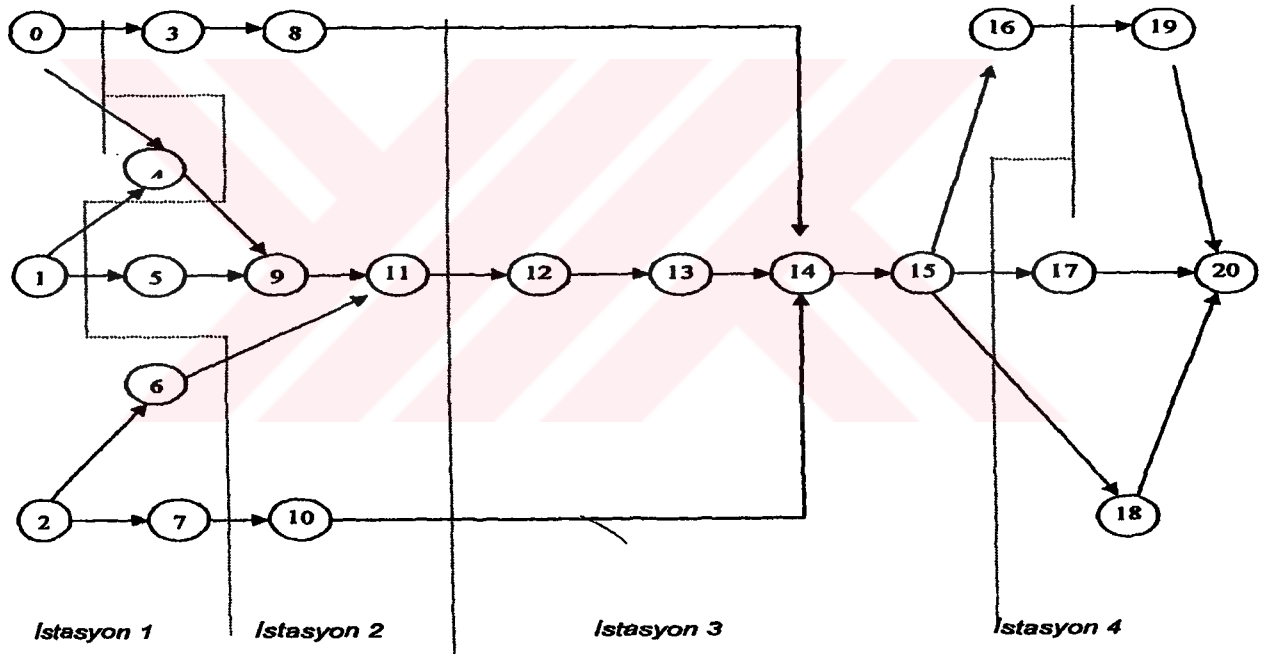
n : İstasyon Sayısı

$$e \text{ (olanaklı dengenin etkinliği)} = \frac{\sum t_i}{m \times c} = \frac{143}{4 \times 36} = 0,99$$

e_{maks} ; e 'ye eşit olduğu için çözüm optimumudur.

$$\text{Denge Gecikmesi (D)} = \frac{n \times c - \sum t_i}{n \times c} \times 100 = \frac{4 \times 36 - 143}{4 \times 36} \times 100 = \% 0,7 \text{ olur.}$$

Hattın dengelendikten sonraki durumu şu şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.2 Dengelenmiş montaj hattının öncelik diyagramı (Kilbridge vd.,1961)

4.2 Salvenson Yöntemi (Matrisli Çözüm)

Çevrim zamanının bilindiği, optimum istasyon sayısının bulunması istendiğinde kullanılan yöntemlerden biride Salvenson yöntemidir. Bu yöntemde kullanılacak semboller şunlardır (Salvenson, 1955):

I : İş elemanı

n_{min} : Minimum istasyon sayısı

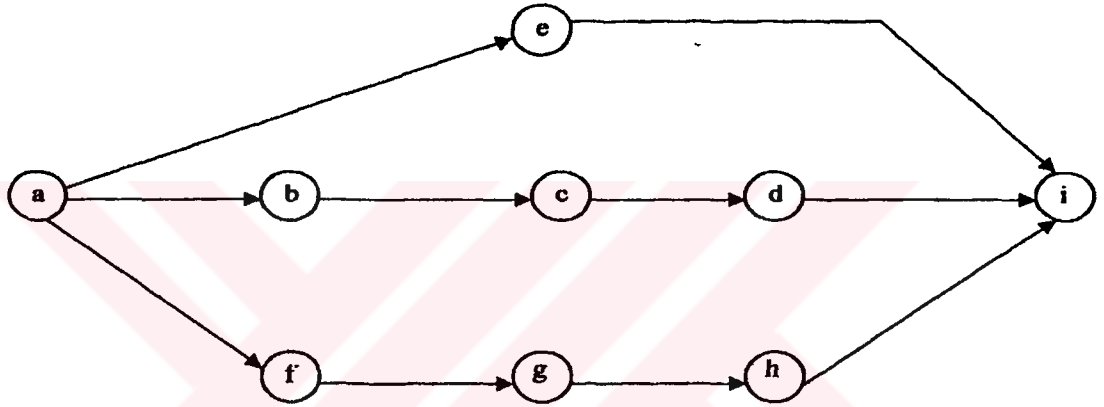
a, b, c, ..., i : İş istasyonları ve onlara ait zamanlar

c : Çevrim zamanı

q : Üretim hacmi

T : Üretim süresi

Öncelikle devir süreleri hesaplanır. Örneğimizde T üretim süresini 1 yıl (2000 iş saati) ve üretim hacmini, $q = 20.000$ adet alırsak, bu bize her 10 saatte bir mamulün hattın sonundan alınması gerektiğini gösterir. Öncelik sırasından yararlanarak aşağıdaki öncelik diyagramı çizilir.



Şekil 4.3 Salvenson örneği için öncelik diyagramı (Salvenson, 1955)

Diyagramda görüldüğü gibi "a" işlemi hepsinden önce, "b" işlemi "a" dan sonra, "c" işlemi "b" den sonra, "e" işlemi "a" dan sonra "i"den evvel olacak, "g" işlemi "a" dan ve "f"den sonra "h"den ve "i" den evvel olacaktır. Bu şartlar tespit edildikten sonra her iş elemanının standart zamanı bulunur.

1- $a=4$

2- $b=2$

3- $c=5$

4- $d=7$

5- $e=5$

6- $f=6$

7- $g=8$

$$8- h=3$$

$$9- i=8$$

$\sum t_i = 48$ saat bulunur.

$$n_{\min} = \frac{\sum t_i}{c} = \frac{48}{10} = 4,8 \sim 5 \text{ olur}$$

Bu ön hazırlıklardan sonra şu çözüm şekli kullanılır:

1. Bütün mümkün kombinasyonlar yapılarak işaret matrisi hazırlanır.
2. Mümkün bir denge seçilir.
3. Optimum çözüm aranır.

İşaret matrisinde; sütunlar aday istasyonları, satırlar iş elemanlarını gösterecek, olumlu haneye 1, olumsuz haneye 0 konulacaktır. Şimdi bütün bu kombinasyonları hazırlayalım ve işaret matrisini hazırlayalım. (Çizelge 4.6) Önce her iş elemanı bir istasyon adayı olabilir. Böylece 9 adet aday istasyon bulmuş oluruz. Diğerleri ise:

$$10- a+b = 4+2 = 6$$

$$11- a+f = 4+6 = 10$$

$$12- b+c = 2+5 = 7$$

$$13- b+e = 2+5 = 7$$

$$14- b+f = 2+6 = 8$$

$$15- b+g = 2+8 = 10$$

$$16- b+h = 2+3 = 5$$

$$17- b+e+h = 2+5+3 = 10$$

$$18- b+c+h = 2+5+3 = 10$$

$$19- c+e = 5+5 = 10$$

$$20- c+h = 5+3 = 8$$

$$21- d+h = 7+3 = 10$$

$$22- e+h = 5+3 = 8$$

Çizelge 4.7 deki işaret matrisinde J satırı istasyon numaralarını, d_j satırı ise her aday istasyondaki boş zamanları gösterir. Bazı satırlara öncelik satiri etki eder. Örneğin 18 numaralı istasyon; b, c ve h iş elemanlarından oluşmaktadır. Burada h iş elemanı f ve g iş elemanları yapıldıktan sonra işleme konulabilir. Dolayısıyla 18 numaralı istasyon, f ve g iş elemanlarından sonra işleme konulur. Bu durumu sembolize etmek için öncelik sırası olan iş elemanlarının (f ve g) haneleri 0 yerine kare içine alınmış 1 ile gösterilir.

Çizelge 4.6 İşaret matrisle çözüm (Salvenson, 1955)

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
d_j	6	8	5	3	5	4	2	7	2	4	0	3	3	2	0	5	0	0	0	2	0	2
a	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
b	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
c	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
d	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
e	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
f	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
g	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
h	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
i	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Böyle durumlarda d_j satırı, ilk boş zamanın üstüne öncelik şartını da ihtiva eden boş zaman işaretidir. Örneğin 18 numaralı istasyonda boş zaman sıfırdır. Fakat f istasyonunun boş zamanı, 4 ve g istasyonunun boş zamanı 2'dir. Böylece toplam boş zaman 6 olur. İşaret matris çizildikten sonra toplam boş zamanları sıfır olan istasyonlardan veya sıfıra yakın olanlardan mümkün bir denge kurulur. (Çizelge 4.7) Sonra $d_j < c$ olana kadar yakınsallık çözümü yapılır. Burada bazı istasyonlar kaldırılıp işaret matrinden boş zamanları daha az olanları seçip, onları yerleştireceğiz. Bu işlemleri yaparken çıkardığımız ve eklediğimiz zamanların farklarına bakacağız ve bu değerlerin pozitif olmasını isteyeceğiz. (Çizelge 4.8)

Çizelge 4.7 İşaret matrisle bulunan çözüm (Salvenson, 1955)

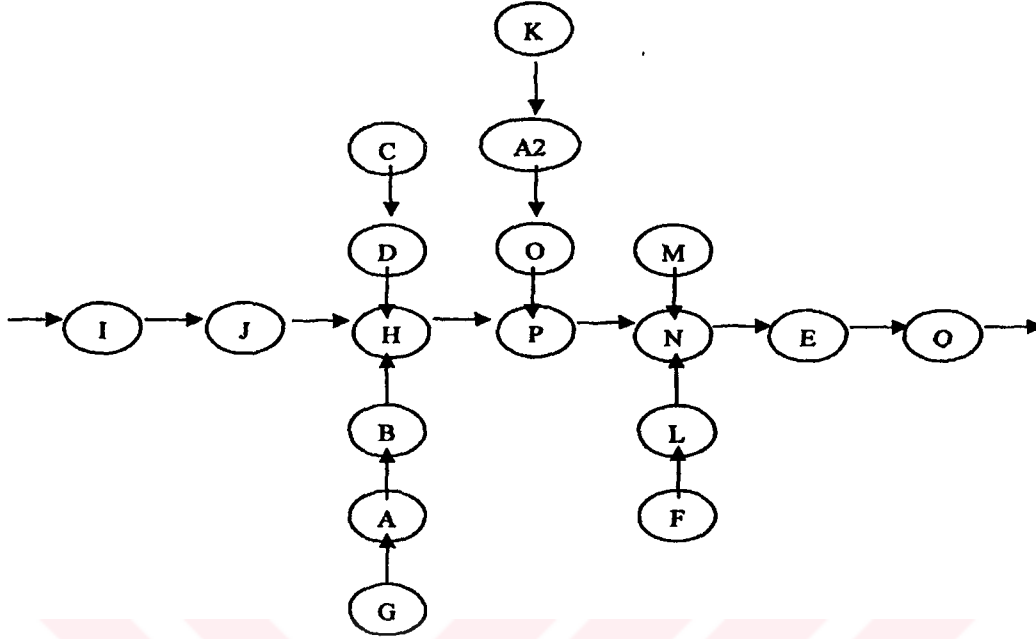
J	11	2	19	4	7	8	9
d _j	0	8	0	3	2	7	2
a	1	0	0	0	0	0	0
b	0	1	0	0	0	0	0
c	0	0	1	0	0	0	0
d	0	0	0	1	0	0	0
e	0	0	1	0	0	0	0
f	1	0	0	0	0	0	0
g	0	0	0	0	1	0	0
h	0	0	0	0	0	1	0
i	0	0	0	0	0	0	1

Çizelge 4.8 Aday istasyonlar ve boş zamanlar (Salvenson, 1955)

GİREN				ÇIKAN			J	d,
Değiştirme	Aday	İş	Boş	Mevcut	İş	Boş		
	İstasyon	Elemanı	Zaman	İstasyon	Elemanı	Zaman		
1	2	b	8	15	b,g	0	10	12
	7	g	2					
			10					
2	4	d	3	21	d,h	0	10	2
	8	h	7					
			10					

Böylece optimum çözüme varılır ve optimum çözüm matrisi ile dengelenen montaj hattı çizilir. Örneğimizde optimum çözümün toplam boş zamanı 2'dir. (Çizelge 4.9)

çalışacağız: Şekil 4.5'da öncelik diyagramı verilen montaj hattını, Moodie Young Yöntemi'ne göre dengeleyelim (Moddie ve Young, 1964):



Şekil 4.5 Moodie-Young örneğine ilişkin öncelik diyagramı (Moddie ve Young, 1964)

İşlemlerin her birinin, kendisinden önceki ve sonraki işlemleri ve sürelerini belirten çizelge (Çizelge 4.10) hazırlanır. Bu çizelge, gruplama için yapılacak araştırmada kullanılacaktır. Bir işlemten önce herhangi bir işlem bulunmaması durumunda, ikinci sütuna "-" işareti konur. Başlangıçta aynı işaretler, sonraki kontrol sütununa da konur. Böyle (-) işareti taşıyan işlemler, "elverişli" olarak nitelenirler.

Bundan sonra gruplama için çizelge üzerinde şu işlemler yapılır:

1. Elverişli işlemler arasından en büyük süreli olan seçilir. (K)
2. K seçildiğine göre, K' dan bir sonraki işlem olan A²'nin düzeyine "-" işareti konur.
3. Yeni durumda elverişli işlemler arasından , K ile çevrim süresi C arasındaki farkı kapatacak işlem seçilir (bu işlem I işlemidir)
4. I' dan bir sonraki işlem J olduğundan, kontrol sütununda J'nin satırına "-" işareti konur.
5. K ve I' dan oluşan grubun birikimli işlem süresini C'ye tamamlayan başka elverişli işlem bulunmadığından, 1. İstasyon dolmuştur.
6. Yukarıdaki işlemler; 2.,3.,...,n. İstasyonların oluşturulması için aynen tekrarlanır.

Bu şekilde saptanan grupların belirlediği iş istasyonları ve boş süreler, Çizelge 4.11' de verilmiştir. İş istasyonlarının birikimli işlem süreleri ile C arasındaki farkların toplamı 2,07 dakikadır. Çok sayıda işlemde oluşan karmaşık bir montaj hattının dengelenmesinde, bu çözüm tekniği için tasarlanmış bilgisayar programlarından yararlanmak olasıdır.

Çizelge 4.10 Örnek ile ilgili P ve F matrisleri (Moddie ve Young, 1964)

İşlem (1)	Bir önceki İşlem(ler)	Bir sonraki işlem(ler)	İşlem süresi	Kontrol Sütunu
A 1	G	B	1.2	-
A2	K	O	1.2	-
B	A 1	H	3.1	-
C	--	D	0.6	-
D	C	H	0.4	-
E	N	Q	0.6	-
F	--	L	1.8	-
G	--	A 1	1.1	-
H	B,D,J	P	0.8	-
I	--	J	0.3	-
J	I	H	0.4	-
K	--	A2	6.1	-
L	F	N	2.3	-
M	--	N	1.4	-
N	L,M,P	E	1.4	-
O	A2	P	1.8	-
P	H,Q	N	2.2	-
Q	E	--	4.6	--

Çizelge 4.11 Örneğin çözümü (Moddie ve Young, 1964)

İş istasyonları	İşlem (i)	Süre (i)	Birikimli Süre (X)	C-X	Boş süre
1	K	6.1	6.1	0.57	0.27
	I	0.3	6.4	0.27	
2	F	1.8	1.8	4.87	0.07
	L	2.3	4.1	2.57	
	M	1.4	5.5	1.17	
	G	1.1	6.6	0.07	
3	A1	1.2	1.2	5.47	0.17
	B	3.1	4.3	2.37	
	A2	1.2	5.5	1.17	
	C	0.6	6.1	0.07	
	D	0.4	6.5		
4	O	1.8	1.8	4.87	0.07
	J	0.4	2.2	4.47	
	H	0.8	3.0	3.67	
	P	2.2	5.2	0.47	
	N	1.4	6.6	0.17	
5	E	0.6	0.6	6.07	1.47
	Q	4.6	5.2	1.47	

Bu durumda denge kaybı;

$$D(\%) = \frac{nC - \sum t_i}{nC} = \frac{6 \cdot 10 - 50}{6 \cdot 10} = \%16,67 \text{ olur.}$$

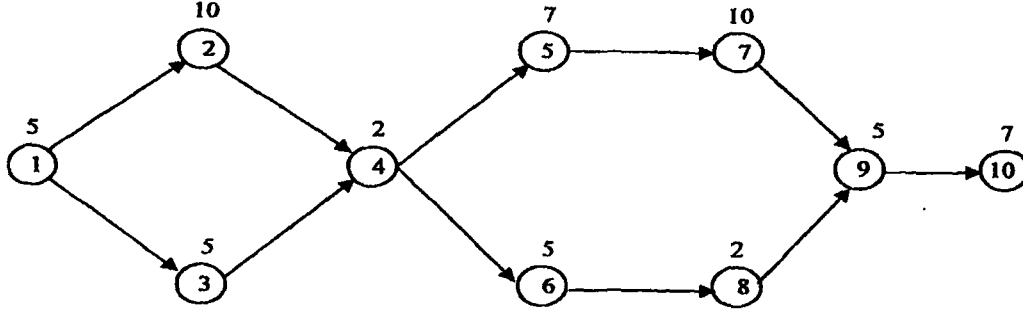
4.4 Hoffman Yöntemi (Öncelik Diyagramı İle Çözüm)

Ana çözüm aracı olarak öncelik diyagramının kullanıldığı ve genellikle en uygun çözümü veren bir hat dengeleme yöntemidir. (Hoffman, 1963)

Yöntemin uygulanabilmesi için önce; i ögesinin j ögesini öncelemesi durumunda, matrisin i. satır ve j. sütununun kesiştiği yere 1 değeri, aksi durumda tüm geri kalanlara 0 değeri verilerek, öncelik matrisi geliştirilir. Öncelik ögesinin, olası tüm iş ögesi permütasyonlarını üretmekte kullanılabilmesi için, matrisin her sütunu kendi aralarında toplanarak , "kod numaralan" adı verilen bir satır matris elde edilir. İlk başta elde edilen kod numarası dizisinin (satır matrisinin), iş ögesi sayısı kadar ögesi vardır ve bunlardan en az bir tanesi sıfırdır. Bundan sonra, aşağıdaki yaklaşımın kullanılması ile çözüm elde edilir

1. Kod numaralan dizisi içinde soldan sağa doğru sıfır (0) olan ilk öge aranır.
2. İlk sıfırın bulunduğu noktaya karşı gelen iş ögesinin numarası seçilir.
3. Bu iş ögesinin işlem süresi, kalan istasyon süresinden çıkarılır.
4. Sonuç 0 ise adım-5 'e ; sonuç < 0 ise adım-6 'ya gidilir.
5. İş ögesine öncelik matrisinden karşı gelen satır ve sütun, bu matristen çıkarılır ve elde edilen satır matrisi, yeni kod numarası dizisi olarak kullanılır.
6. 4. adımda bulunan sonuç < 0 ise atama yapılmaz, aksi durumda bu iş o istasyona atanır. Adım-1 'e geri dönülür ve yeni bir iş ögesi seçilir. Tüm iş ögeleri gözden geçirilinceye kadar adım 1 - 6 aracı tekrarlanır ve adım-7 'ye gidilir.
7. Kalan istasyon süresi sıfıra eşitse adım-8 'e , aksi durumda adım-9 'a gidilir.
8. İlgili istasyona atama tamamlanmıştır. Bir sonraki istasyon işlemleri için adım-1'e geri dönülür.
9. Kod numarası dizisi içinde sıfır değerine sahip olan öge veya ögeler içinde, kalan

istasyon süresinden küçük veya eşit işlem süresine sahip öge yoksa, yeni istasyon atamaları için adım-1'e dönülür. Varsa, aynı istasyona atama yapmayı sürdürmek amacıyla adım-1'e dön. Bu yaklaşım, tüm iş öğelerinin istasyonlara ataması bitene kadar sürdürülür. Örnek:



Şekil 4.6 Hoffman yöntemi örneğine ilişkin öncelik diyagramı (Hoffman, 1963)

Şekil 4.6'de verilen montaj hattına ilişkin çevrim süresi , $C = 10$ dk / ürün' dür. Bu hat dengelemesini yaparken önce, öncelik matrisini oluşturuyoruz. Kod numarası dizisi içinde 0 değerine sahip tek iş öğesi var, o da 1 no'lu iş öğesi. Bu öğeyi 1. istasyona atıyoruz. Kalan istasyon süresi $C - t_i = 10 - 5 = 5$ oldu.

Çizelge 4.12 Örneğe Ait Öncelik Matrisinin Oluşturulması (Hoffman, 1963)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1	1							
2				1						
3				1						
4					1	1				
5							1			
6								1		
7									1	
8									1	
9										1
10										

Kod No 0 1 1 2 1 1 1 1 2 1

Dizisi

Birinci satır ve sütunu öncelik matrisinden çıkarıp, yeni kod numarası dizisini elde ederiz.

Çizelge 4.13 Örneğe ait ikinci öncelik matrisi (Hoffman, 1963)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2			1						
3			1						
4				1	1				
5						1			
6							1		
7								1	
8								1	
9									1
10									
Kod No Dizisi	0	0	2	1	1	1	1	2	1

Kod numarası dizisi içinde soldan sağa doğru ilk sıfır değerine 2 nolu iş ögesinde rastlıyoruz. Bu ögenin süresi, 1. istasyonun kalan süresinden daha büyük olduğundan dolayı atama yapamıyoruz. Sıra, kod numarası dizisi içinde, sıfır değerli bir sonraki ögeyi bulmada. Bu öge, 3 nolu ögedir. Süresi 5 olan 3 nolu öge, kalan istasyon süresine eşit süreye sahip olduğundan, 1. istasyona atanabilir. Kalan istasyon süresi bu durumda $5 - t_3 = 5 - 5 = 0$ olduğundan, 1. istasyona atanma tamamlanmıştır. Şimdi sıra ikinci istasyon atamalarıdır. Öncelikle 3 nolu satır ve sütun silindikten sonra elde edilen yeni öncelik matrisini oluşturalım.

Çizelge 4.14 Örneğe ait üçüncü öncelik matrisi (Hoffman, 1963)

	2	4	5	6	7	8	9	10
2		1						
4			1	1				
5					1			
6						1		
7							1	
8							1	
9								1
10								
Kod No	0	1	1	1	1	1	2	1

Yeni kod numarası dizisinde sıfır değerli yalnızca 2 no'lu öge var . Bu ögeyi, 2. istasyonun ilk işi olarak atıyoruz. Kalan istasyon süresi $C - t_2 = 10 - 10 = 0$ olduğundan, ikinci istasyonun da atanması bitmiştir. Sıra üçüncü istasyondadır. İşlemler aynı şekilde sürdürülürse, Çizelge 4.15'deki sonuç elde edilir.

Çizelge 4.15 Örnekte istasyonlar ve atanan işler (Hoffman, 1963)

İstasyon	İş Ögesi	Süre	Birikimli Süre	Boş Süre
1	1	5	5	5
	3	5	10	0
2	2	10	10	0
3	4	2	2	8
	5	7	9	1
4	6	5	5	5
	8	2	7	3
5	7	10	10	0
6	9	5	5	5
7	10	7	7	3

Bu durumda hattın denge kaybı

$$D (\%) = \frac{n.C - \sum t}{n.C} = \frac{7.10 - 58}{7.10} = \% 17,14$$

4.5 Stokastik Montaj Hattı Dengeleme Problemleri

Deterministik montaj hattı dengeleme problemleriyle ilgili oldukça fazla çalışma yapılmasına rağmen, stokastik montaj hattı dengeleme problemleriyle ilgili yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Stokastik montaj hattı dengeleme problemi şu şekilde tanımlanabilir: Sonlu bir iş seti verilir ve bu işlerden her biri bir olasılık dağılımına göre dağılmış iş sürelerine sahiptir. Buna göre problem, öncelik ilişkileri dikkate alınarak ve belirli bir performans en iyilenecek şekilde işlerin uygun iş istasyonlarına atanmasıdır.(Acar, 1986)

İş süreleri stokastik olduğunda işler aşağıdaki iki sebepten dolayı tamamlanamamaktadır;

1. İş verilen çevrim zamanı içinde tamamlanamamakta, veya
2. İş, öncelik diyagramında tamamlanmış bir işin takipçisi durumunda olmaktadır.

Bu problem türünde genellikle, toplam sistem maliyeti, işgücü ve tamamlanamama maliyetinden (birimler hatta ilerleme esnasında, tamamlanmayan birimlerin sebebiyet verdiği maliyet) oluşur.

Stokastik MHD Problemlerinin genel varsayımları şunlardır;

1. İş süreleri, parametreleri belirli bilinen bir olasılık dağılım fonksiyonuna göre dağılırlar.
2. Problemlerin öncelik diyagramları kesinlikle bilinmelidir. 3. İşlerin bölünmesine izin verilmemektedir.
3. Her bir istasyon bir operatör tarafından yürütülmekte ve her bir operatör ayrı ücretlendirmeye tabi olmaktadır.
4. Her bir iş, eğer kendisinden önceki tüm işler tamamlanırsa başlayabilir.
5. Bir iş tamamlanmadığında, birim tamamlanmak üzere hattın dışına hareket eder.

Tamamlanmayan tüm birimler hattın dışında tamamlanır,

Literatürde stokastik montaj hattı dengeleme problemleri için en fazla rastlanılan amaç, toplam işgücü ve toplam tamamlanmama maliyetlerinden oluşan toplam sistem maliyetinin en küçüklenmesi şeklindedir.

SMHDP'de tamamlanmayan ürünlerin tamamlanmasına yönelik değişik alternatifler söz konusu olup, bunlar aşağıda kısaca belirtilmiştir;

1. Tamamlanamayan işi tamamlamak için gerekli zaman kadar tüm hat durdurulabilir.
2. Ürünler, hat boyunca stratejik olarak yerleştirilmiş özel istasyonlarda test edilebilir ve tamir
1. edilebilir.
2. Kalifiye bir ekip, gerekli olduğu durumda bir mobil tamir istasyonunda hizmet verebilir,
3. Tüm tamamlanamayan birimler hattın sonunda dikkate alınırlar.

5. UYGULAMA

5.1. Win Qsb 1.0 Programını Hakkında Genel Bilgi

Tez çalışmamda kullanmış olduğum Win Qsb 1.0 programına genel olarak bir bakacak olursak aşağıda sıraladığım işlemleri yapabilmektedir:

- Kapasite planlaması
- Malzeme ihtiyaç planlaması
- İş çizelgeleme
- Hat dengeleme
- Ağ planlaması
- Dinamik programlama
- Lineer programlama
- Lineer olmayan programlama
- Kuyruk analizi
- Karar teorileri
- Kuyruk sistem benzetimi
- Kuadratik programlama
- Kalite kontrol şemaları
- Envanter kontrolü
- Markov prosesi
- Tahmin ve regresyon analizi

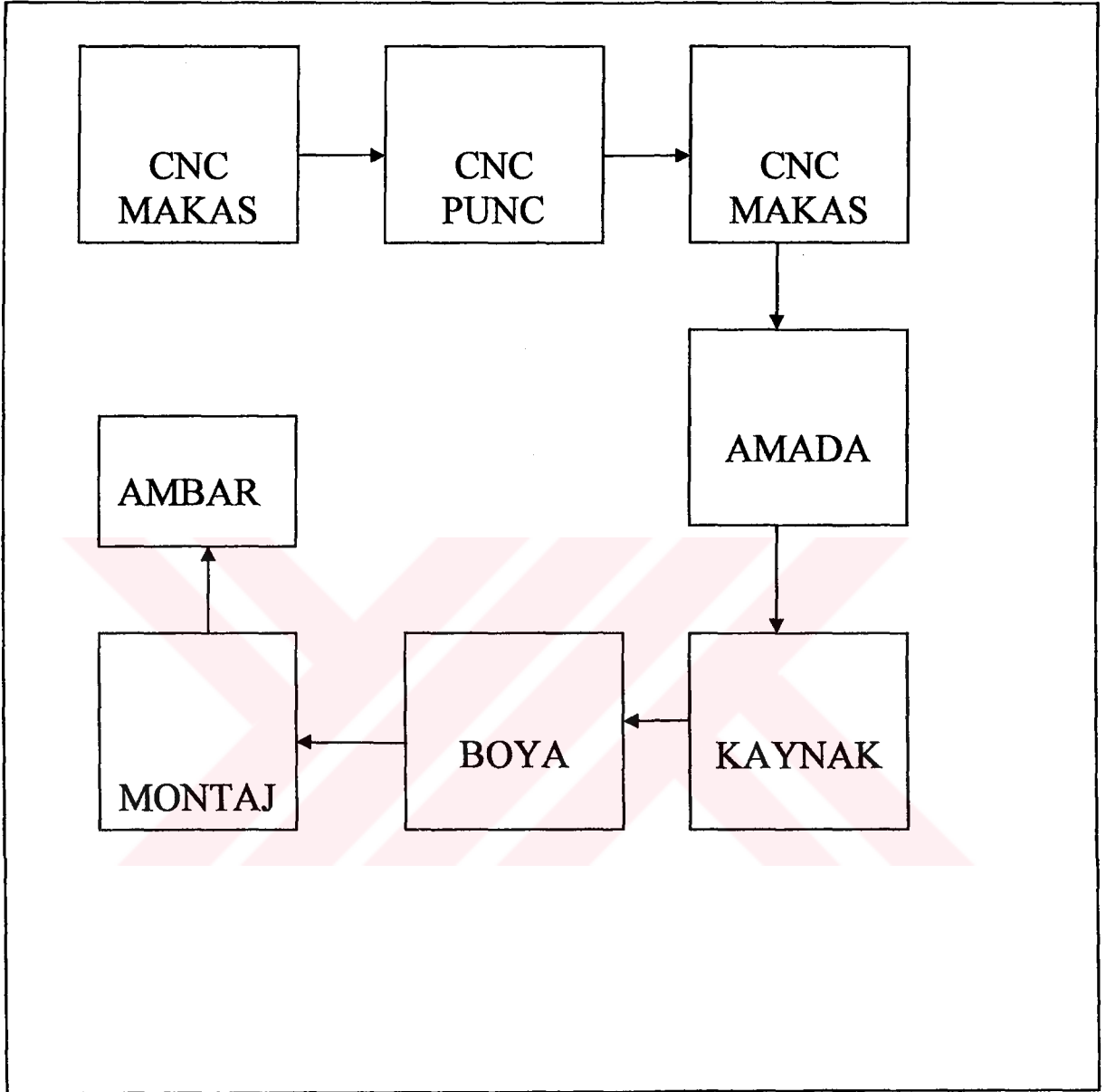
Tez çalışmamda hat dengeleme ve kuyruk sistem benzetimi kısımlarını kullanarak fabrikanın üretim hattının verimini ölçtüm.

5.2 Uygulama Yapılan Firmanın Tanıtımı

Yapmış olduğum tez çalışmamı Panel Elektro A.Ş’de uyguladım. Panel Elektro A.Ş Türkiye ve Dünya pazarında faaliyet gösteren dolu ve boş pano imalatı yapmaktadır. Burada pano adıyla bahsedilen panoların çeşitleri aşağıda sıralanmıştır:

- Güç dağıtım panoları
- Motor kontrol panoları
- Tip testli çekmeceli ve sabit panolar
- Endüstriyel otomasyon panoları
- DCS kontrol masaları
- O.G.-Y.G. Koruma panelleri
- Bağlantı – Haberleşme istasyonları
- Elektrikli ısıtma sistemleri
- Sismik sensör
- Ölçüm ve izleme teknolojisi

Fabrika yerleşimi şekilde gösterildiği gibidir.



Şekil 5.1 Fabrika yerleşimi

5.3 Üretilecek Parçanın İş Akış Şemaları

Çizelge 5.1 Karkas genişlik parçası iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Karkas Genişlik Parçası							
Parça No :1.1							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						2
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Sacın Eyelenmesi						1
7	CNC Makas'a						1
8	CNC Makas'ta 4 Parçaya Bölme						2
9	Amada Kıvrıma'ya						1
10	Amada'da Kıvrıma						4
11	Boya Fırını'na						1
12	Boyama						15
13	Montaj İstasyonuna						1

Çizelge 5.2 Karkas dikme parçası iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Karkas Dikme Parçası							
Parça No :1.2							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						3
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Sacın Eyelenmesi						1
7	CNC Makas'a						1
8	CNC Makas'ta 4 Parçaya Bölme						2
9	Amada Kıvrıma'ya						1
10	Amada'da Kıvrıma						6
11	Boya Fırını'na						1
12	Boyama						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.3 Karkas derinlik parçası iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Karkas Derinlik Parçası							
Parça No :1.3							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						2
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Sacın Eyelenmesi						1
7	CNC Makas'a						1
8	CNC Makas'ta 4 Parçaya Bölme						2
9	Amada Kıvrıma'ya						1
10	Amada'da Kıvrıma						4
11	Boya Fırını'na						1
12	Boyama						15
13	Montaj İstasyonuna						1

Çizelge 5.4 Ön kapı iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Ön Kapı							
Parça No :2							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						2
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Amada'da Kıvrıma						1
7	Amada'da Kıvrırma						1
8	Kaynak'a						1
9	Köşe Kaynaklarının Yapılması						2
10	Temizlik İşlemi						1
11	Boya Fırını'na						1
12	Boyama						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.5 Arka kapak iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Arka Kapak							
Parça No :3							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						2
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Amada'da Kıvrıma						1
7	Amada'da Kıvrırma						1
8	Kaynak'a						1
9	Köşe Kaynaklarının Yapılması						2
10	Temizlik İşlemi						1
11	Boya Fırını'na						1
12	Boya						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.6 Yan kapak iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Yan Kapak							
Parça No :4							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GECİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						2
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Amada'da Kıvrıma						1
7	Amada'da Kıvrırma						2
8	Kaynak'a						1
9	Köşe Kaynaklarının Yapılması						2
10	Temizlik İşlemi						1
11	Boya Fırını'na						1
12	Boya						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.7 Üst kapak iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Üst Kapak							
Parça No :5							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						1
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Amada'da Kıvırmaya						1
7	Amada'da Kıvrırma						1
8	Kaynak'a						1
9	Köşe Kaynaklarının Yapılması						2
10	Temizlik İşlemi						1
11	Boya Fırını'na						1
12	Boya						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.8 Baza genişlik parçası iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Baza Genişlik Parçası							
Parça No :6.1							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						1
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Sacın Eyelenmesi						1
7	Amada Kıvrıma'ya						1
8	Amada'da Kıvrıma						1
9	Boya Fırın'na						1
10	Boya						15
11	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.9 Baza derinlik parçası iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Baza Derinlik Parçası							
Parça No :6.2							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						1
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Sacın Eyelenmesi						1
7	Amada Kıvrıma'ya						1
8	Amada'da Kıvrıma						1
9	Boya Fırını'na						1
10	Boya						15
11	Montaj İstasyonu'na						1

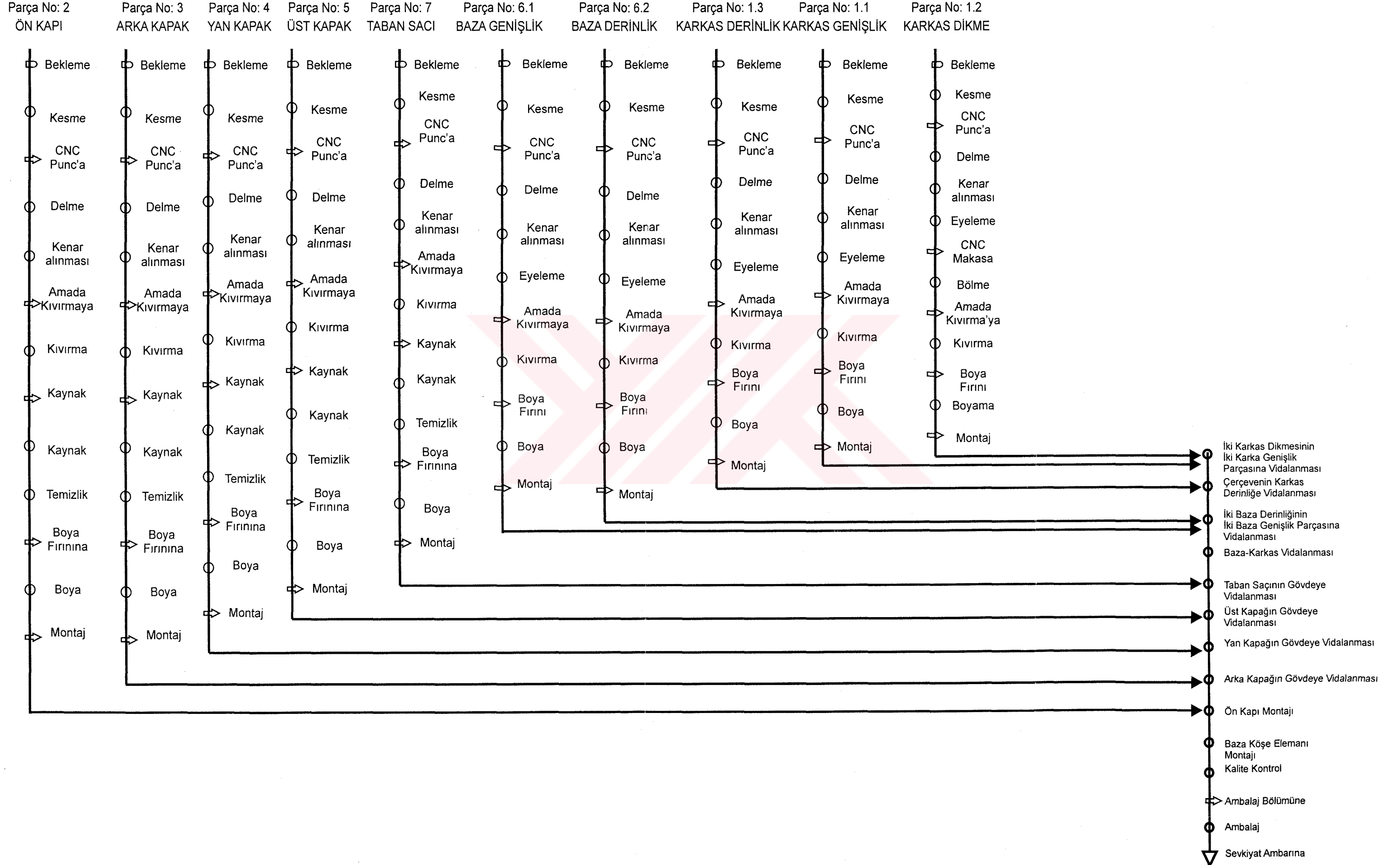
Çizelge 5.10 Taban sacı iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Taban Sacı							
Parça No :7							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	Bekleme						0
2	Sacın CNC Makas'ta Kesme İşlemi						2
3	CNC Punc'a						1
4	Sacın CNC Punc'ta Delinmesi						1
5	Sacın Kenarlarının Alınması						1
6	Amada'da Kıvrıma						1
7	Amada'da Kıvrıma						1
8	Kaynak'a						1
9	Köşe Kaynaklarının Yapılması						2
10	Temizlik İşlemi						1
11	Boya Fırını'na						1
12	Boya						15
13	Montaj İstasyonu'na						1

Çizelge 5.11 Boş pano iş akış şeması

Fabrikada Yapılacak Parçaların İş Akış Şemaları							
Parça Adı : Boş pano							
Parça No :							
PROSES AKIŞ ŞEMASI							
İŞLEM AYRINTILARI		OPERAYON	ÇOK İŞLEM	TAŞIMA	GEÇİKME	DEPOLAMA	ZAMAN(Dk.)
1	İki Karkas Dikmesinin İki Karkas Genişlik Parçasına Vidalanması						30
2	Çerçevenin Karkas Derinliğe Vidalanması						20
3	İki Baza Derinliğinin İki Baza Genişlik Parçasına Vidalanması						20
4	Baza-Karkas Vidalanması						10
5	Taban Sacının Gövdeye Vidalanması						15
6	Üst Kapağın Gövdeye Vidalanması						5
7	Yan Kapağın Gövdeye Vidalanması						10
8	Arka Kapağın Gövdeye Vidalanması						10
9	Ön Kapının Montajı (Menteşe ve Kilit)						30
10	Baza Köşe Elemanı Montajı						10
11	Kalite Kontrol						10
12	Ambalaj Bölümüne						5
13	Ambalaj						5
14	Sevkiyat Ambarna						5

BOŞ PANO GENEL MONTAJ ŞEMASI



5.4 Montaj Hattı Dengeleme ve Benzetimi

Üretilcek olan boş panonun üçer aylık dönemlerde talepleri şu şekildedir:

1. 1. Dönem (Ocak-Şubat-Mart) : 350 adet
2. 2. Dönem (Nisan-Mayıs-Haziran) : 150 adet
3. 3. Dönem (Temmuz-Ağustos-Eylül) : 400 adet
4. 4. Dönem (Ekim-Kasım-Aralık) : 200 adet

Bu verilere göre hattımızı dengeleyerek denge kayıplarını, istasyon kullanım oranlarını hesaplayabilir ve buna göre hattımızın benzetimini yaparak kuyruk analizini yapabiliriz.

Her dönem için bu işlemler Win Qsb1.0 programında çalıştırıldığında ortaya çıkan sonuçları değerlendirebiliriz.

Yapılan hat dengeleme ve benzetim çalışmasında makine hazırlık zamanları ve taşıma zamanları göz ardı edilmiştir.

Benzetim çalışmasında parça geliş zamanlarının üssel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.

Montaj istasyon zamanları sabit olarak ele alınmıştır.

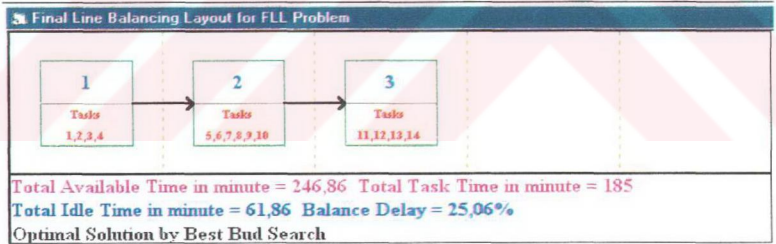
5.4.1 1.Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme

İş akış şemasından elde edilen verilere göre hat dengeleme ve benzetim programları çalıştırılır ve şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.13 1.Dönem için hat dengeleme sonucu

01-17-2005 02:12:37	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Task 1	30	52,29	63,54%
2			2	Task 2	20	32,29	39,24%
3			3	Task 3	20	12,29	14,93%
4			4	Task 4	10	2,29	2,78%
5	2	1	5	Task 5	15	67,29	81,77%
6			6	Task 6	5	62,29	75,69%
7			7	Task 7	10	52,29	63,54%
8			8	Task 8	10	42,29	51,39%
9			9	Task 9	30	12,29	14,93%
10			10	Task 10	10	2,29	2,78%
11	3	1	11	Task 11	10	72,29	87,85%
12			12	Task 12	5	67,29	81,77%
13			13	Task 13	5	62,29	75,69%
14			14	Task 14	5	57,29	69,62%
Solved by Best Bud Search							

Bu sonucu bir şekil ile gösterebiliriz.



Şekil 5.2 Montaj hattının şematik gösterimi

Şematik gösterimden anlaşılacağı üzere:

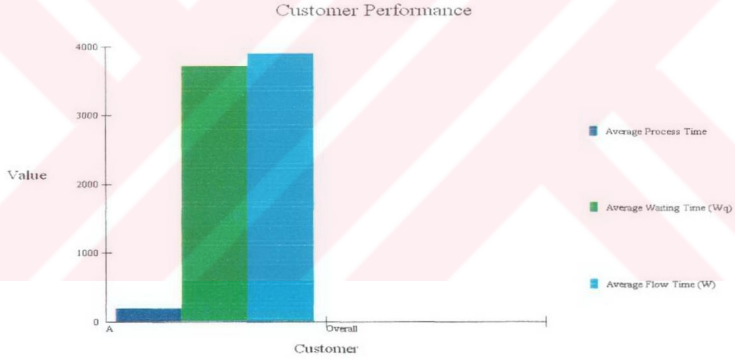
Toplam zaman : 246.86 dakika
 Toplam işlem zamanı : 185 dakika
 Toplam boş zaman : 61.86 dakika
 Hattımızın denge kaybı : %25.6

Elimizdeki verilere göre 1.dönemdeki üretimimizin benzetimini yaparsak şu sonuçları elde ederiz:

Çizelge 5.14 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistemin benzetimi

01-17-2005	Result	A
1	Total Number of Arrival	29178
2	Total Number of Balking	28768
3	Average Number in the System (L)	52,1479
4	Maximum Number in the System	53
5	Current Number in the System	52
6	Number Finished	358
7	Average Process Time	185
8	Std. Dev. of Process Time	1,885917E-07
9	Average Waiting Time (Wq)	3710,3250
10	Std. Dev. of Waiting Time	832,6888
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	3895,3250
14	Std. Dev. of Flow Time	832,6875
15	Maximum Flow Time	4185
	Data Collection: 0 to	28800 minutes
	CPU Seconds =	17,3950

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak şöyledir:



Şekil 5.3 Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları

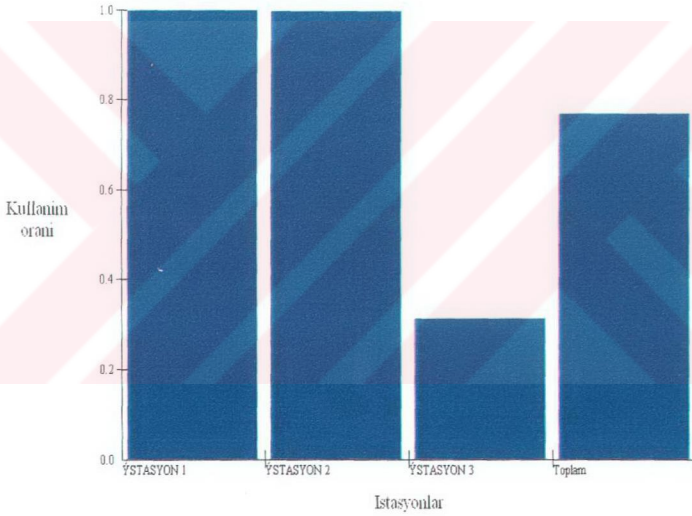
İstasyon kullanım oranlarını inceleyecek olursak şöyledir:

Çizelge 5.15 İstasyonların kullanım oranları

01-17-2005	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	İSTASYON 1	99,72%	80	0	80,0005	0,00%	359
2	İSTASYON 2	99,44%	80	0	80,0005	0,00%	358
3	İSTASYON 3	31,08%	25	0,0093	25,0005	0,00%	358
	Overall	76,75%	61,6837	25,9212	80,0005	0,00%	1075
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	17,3950

Bu çizelgeyi şekil ile gösterecek olursak şöyledir:

İstasyonların Kullanımı



Şekil 5.4 İstasyon kullanım oranları

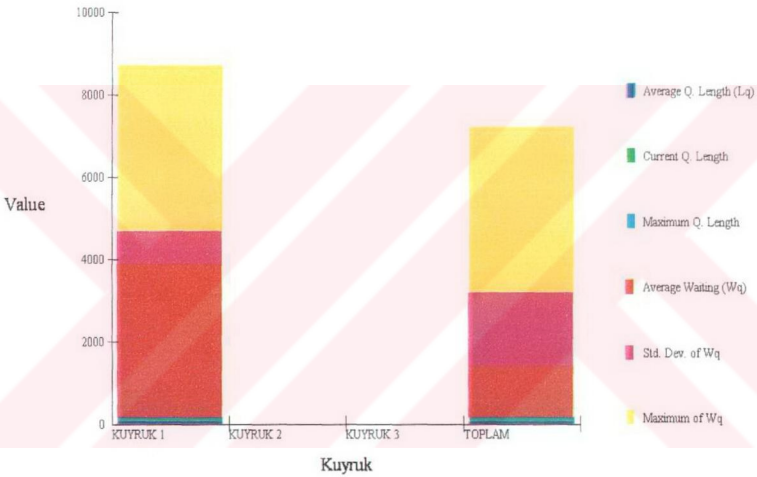
Kuyrukları inceleyecek olursak şu sonuçları elde edilir:

Çizelge 5.16 Kuyruk performansı

01-17-2005	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	KUYRUK 1	49.8058	50	50	3711.9270	830.6490	4000
2	KUYRUK 2	0	0	1	0	0	0
3	KUYRUK 3	0	0	1	0	0	0
	Overall	49.8058	50	50	1240.7560	1815.6960	4000
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	17.3950

Bu çizelgeyi bir şekil ile gösterecek olursak:

Queue Performance



Şekil 5.5 Kuyruk performansı

5.4.2 2.Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme

İş akış şemasından elde edilen verilere göre hat dengeleme ve benzetim programları çalıştırılır ve şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.17 2.Dönem için hat dengeleme sonucu

01-17-2005 04:02:10	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Task 1	30	162	84.38%
2			2	Task 2	20	142	73.96%
3			3	Task 3	20	122	63.54%
4			4	Task 4	10	112	58.33%
5			5	Task 5	15	97	50.52%
6			6	Task 6	5	92	47.92%
7			7	Task 7	10	82	42.71%
8			8	Task 8	10	72	37.50%
9			9	Task 9	30	42	21.88%
10			10	Task 10	10	32	16.67%
11			11	Task 11	10	22	11.46%
12			12	Task 12	5	17	8.85%
13			13	Task 13	5	12	6.25%
14			14	Task 14	5	7	3.65%
	Solved by	Best Bud	Search				

Bu sonucu bir şekil ile gösterebiliriz.

1 Task 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14
Total Available Time in minute = 192 Total Task Time in minute = 185 Total Idle Time in minute = 7 Balance Delay = 3,65% Optimal Solution by Best Bud Search

Şekil 5.6 Montaj hattının şematik gösterimi

Şematik gösterimden anlaşılabacağı üzere:

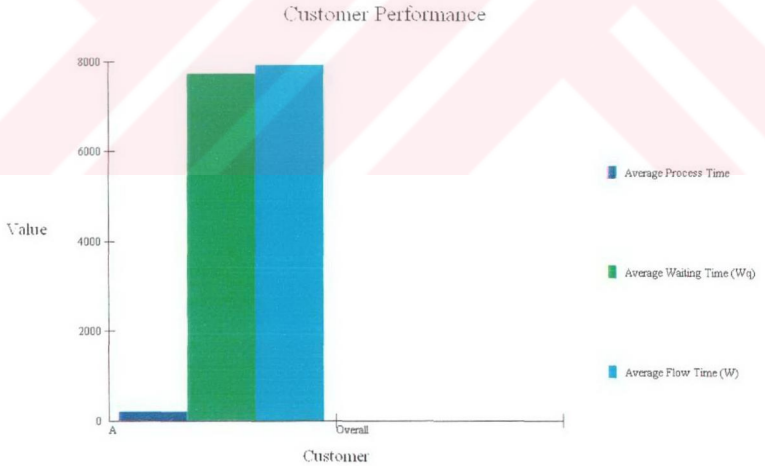
Toplam zaman	: 192 dakika
Toplam işlem zamanı	: 185 dakika
Toplam boş zaman	: 7 dakika
Hattımızın denge kaybı	: %3,65

Elimizdeki verilere göre 2.dönemdeki üretimimizin benzetimini yaparsak şu sonuçları elde ederiz:

Çizelge 5.18 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistemin benzetimi

01-17-2005	Result	A
1	Total Number of Arrival	28812
2	Total Number of Balking	28606
3	Average Number in the System (L)	50.7379
4	Maximum Number in the System	51
5	Current Number in the System	51
6	Number Finished	155
7	Average Process Time	185
8	Std. Dev. of Process Time	7.660096E-08
9	Average Waiting Time (Wq)	7720.4630
10	Std. Dev. of Waiting Time	2680.0530
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	7905.4640
14	Std. Dev. of Flow Time	2680.0490
15	Maximum Flow Time	9434.9920
	Data Collection: 0 to	28800 minutes
	CPU Seconds =	16.6240

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak



Şekil 5.7 Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları

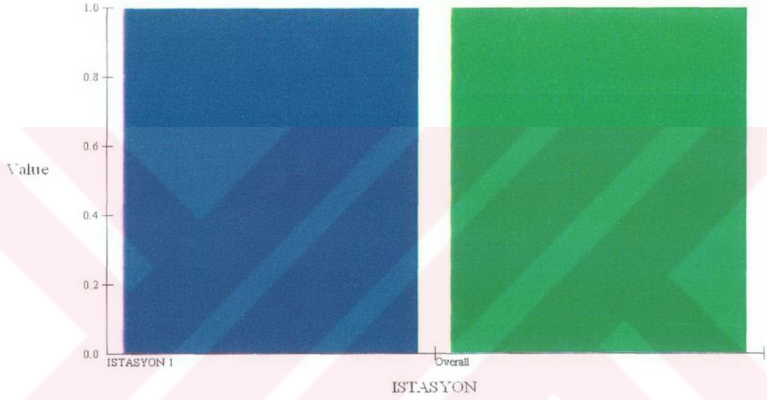
İstasyon kullanım oranlarını inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.19 İstasyonların kullanım oranları

01-17-2005	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	İSTASYON 1	99,57%	185	7,660096E-08	185,0000	0,00%	155
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	16,6240

Bu çizelgeyi şekil ile gösterecek olursak:

Server Utilization



Şekil 5.8 İstasyon kullanım oranı

Kuyrukları inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir:

Çizelge 5.20 Kuyruk performansı

01-17-2005	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	KUYRUK 1	49,7422	50	50	7730,2430	2674,2230	9249,9920
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	16,6240

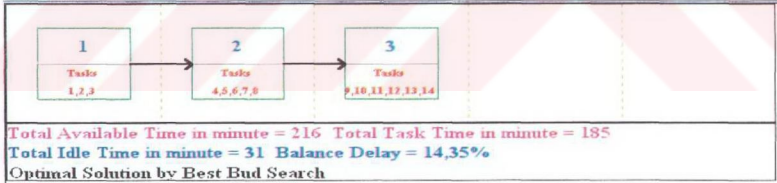
5.4.3 3.Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme

İş akış şemasından elde edilen verilere göre hat dengeleme ve benzetim programları çalıştırılır ve şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.21 3.Dönem için hat dengeleme sonucu

01-17-2005 04:41:15	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Task 1	30	42	58,33%
2			2	Task 2	20	22	30,56%
3			3	Task 3	20	2	2,78%
4	2	1	4	Task 4	10	62	86,11%
5			5	Task 5	15	47	65,28%
6			6	Task 6	5	42	58,33%
7			7	Task 7	10	32	44,44%
8			8	Task 8	10	22	30,56%
9	3	1	9	Task 9	30	42	58,33%
10			10	Task 10	10	32	44,44%
11			11	Task 11	10	22	30,56%
12			12	Task 12	5	17	23,61%
13			13	Task 13	5	12	16,67%
14			14	Task 14	5	7	9,72%
Solved by		Best Bud	Search				

Bu sonucu bir şekil ile gösterebiliriz.



Şekil 5.9 Montaj hattının şematik gösterimi

Şematik gösterimden anlaşılacağı üzere:

Toplam zaman : 216 dakika

Toplam işlem zamanı : 185 dakika

Toplam boş zaman : 31 dakika

Hattımızın denge kaybı : %14,35

Elimizdeki verilere göre 3.dönemdeki üretimimizin benzetimini yaparsak şu sonuçları elde ederiz:

Çizelge 5.22 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistemin benzetimi

01-17-2005	Result	A
1	Total Number of Arrival	28632
2	Total Number of Balking	28170
3	Average Number in the System (L)	52.5295
4	Maximum Number in the System	53
5	Current Number in the System	53
6	Number Finished	409
7	Average Process Time	185
8	Std. Dev. of Process Time	0
9	Average Waiting Time (Wq)	3278.0780
10	Std. Dev. of Waiting Time	686.4459
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	3463.0790
14	Std. Dev. of Flow Time	686.4492
15	Maximum Flow Time	3685
	Data Collection: 0 to	28800 minutes
	CPU Seconds =	17,1050

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak



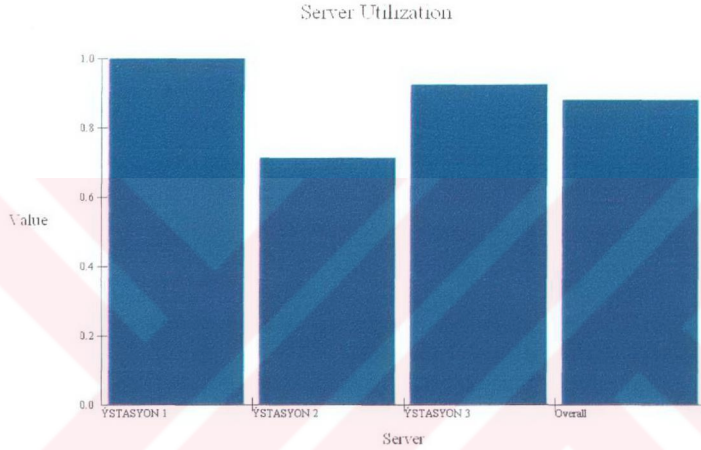
Şekil 5.10 Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları

İstasyon kullanım oranlarını inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.23 İstasyonların kullanım oranları

01-17-2005	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	İSTASYON 1	99.90%	70	0	70	0.00%	411
2	İSTASYON 2	71.18%	50	0	50	0.00%	410
3	İSTASYON 3	92.31%	65	0	65	0.00%	409
	Overall	87.80%	61.6707	8.5011	70	0.00%	1230
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	17,1050

Bu çizelgeyi şekil ile gösterecek olursak:



Şekil 5.11 İstasyon kullanım oranı

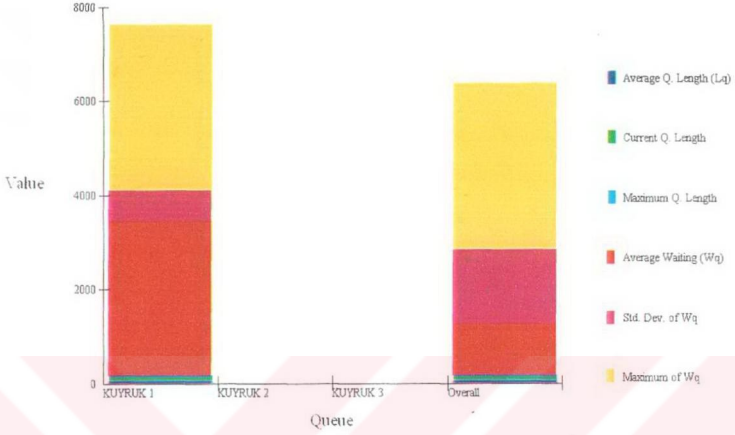
Kuyrukları inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir:

Çizelge 5.24 Kuyruk performansı

01-17-2005	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	KUYRUK 1	49.8948	50	50	3279.6930	684.2024	3500
2	KUYRUK 2	0	0	1	0	0	0
3	KUYRUK 3	0	0	1	0	0	0
	Overall	49.8948	50	50	1095.8910	1596.7570	3500
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU	Seconds =	17,1050

Bu çizelgeyi bir şekil ile gösterecek olursak:

Queue Performance



Şekil 5.12 Kuyruk performansı

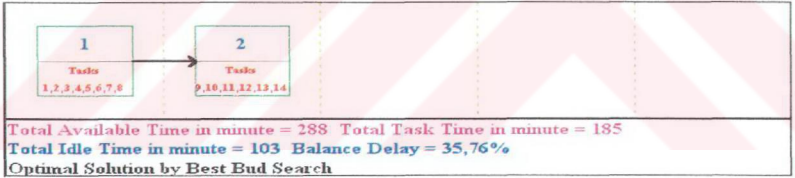
5.4.4 4.Dönem İçin Montaj Hattı Dengeleme

İş akış şemasından elde edilen verilere göre hat dengeleme ve benzetim programları çalıştırılır ve şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.25 4.Dönem için hat dengeleme sonucu

01-17-2005 05:07:27	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Task 1	30	114	79,17%
2			2	Task 2	20	94	65,28%
3			3	Task 3	20	74	51,39%
4			4	Task 4	10	64	44,44%
5			5	Task 5	15	49	34,03%
6			6	Task 6	5	44	30,56%
7			7	Task 7	10	34	23,61%
8			8	Task 8	10	24	16,67%
9	2	1	9	Task 9	30	114	79,17%
10			10	Task 10	10	104	72,22%
11			11	Task 11	10	94	65,28%
12			12	Task 12	5	89	61,81%
13			13	Task 13	5	84	58,33%
14			14	Task 14	5	79	54,86%
Solved by Best Bud Search							

Bu sonucu bir şekil ile gösterebiliriz.



Şekil 5.13 Montaj hattının şematik gösterimi

Şematik gösterimden anlaşılacağı üzere:

Toplam zaman : 288 dakika
 Toplam işlem zamanı : 185 dakika
 Toplam boş zaman : 103 dakika
 Hattımızın denge kaybı : %35,76

Elimizdeki verilere göre 4.dönemdeki üretimimizin benzetimini yaparsak şu sonuçları elde ederiz:

Çizelge 5.26 Parça geliş ve işlem zamanına göre sistemin benzetimi

01-17-2005	Result	A
1	Total Number of Arrival	28749
2	Total Number of Balking	28459
3	Average Number in the System (L)	51,3851
4	Maximum Number in the System	52
5	Current Number in the System	51
6	Number Finished	239
7	Average Process Time	185
8	Std. Dev. of Process Time	0
9	Average Waiting Time (Wq)	5353,1960
10	Std. Dev. of Waiting Time	1480,1420
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	5538,1960
14	Std. Dev. of Flow Time	1480,1420
15	Maximum Flow Time	6184,9970
	Data Collection: 0 to	28800 minutes
	CPU Seconds =	16,7140

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak



Şekil 5.14 Parça işlem zamanı benzetimi sonuçları

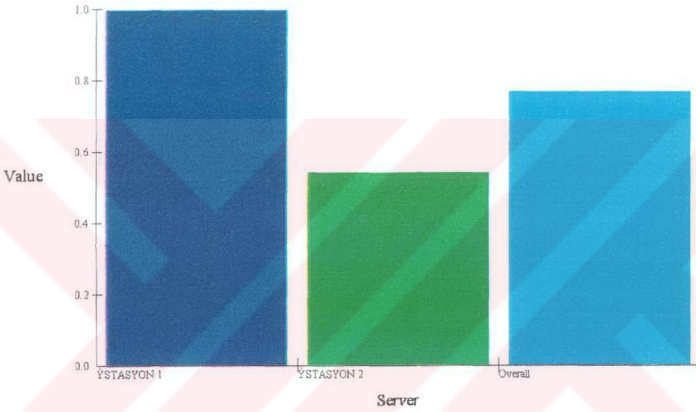
İstasyon kullanım oranlarını inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir.

Çizelge 5.27 İstasyonların kullanım oranları

01-17-2005	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	İSTASYON 1	99,58%	120	0	120,0002	0,00%	239
2	İSTASYON 2	53,94%	65	3,448467E-08	65,0002	0,00%	239
	Overall	76,76%	92,5000	27,5000	120,0002	0,00%	478
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU Seconds =		16,7140

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak

Server Utilization



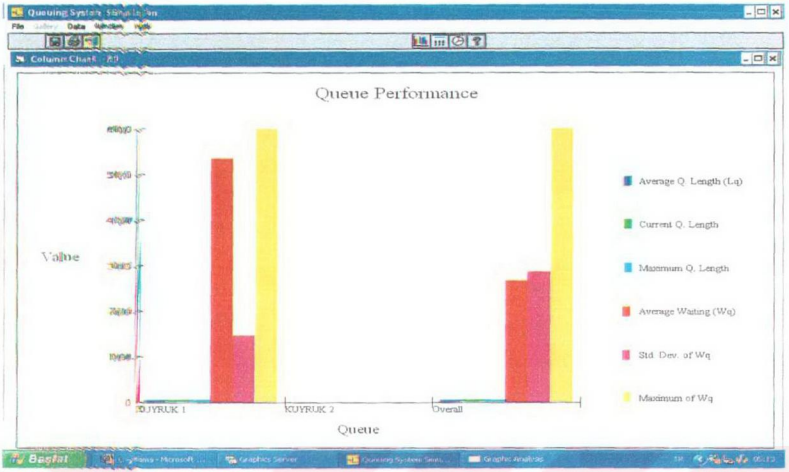
Şekil 5.15 İstasyon kullanım oranı

Kuyrukları inceleyecek olursak şu sonuçlar elde edilir:

Çizelge 5.28 Kuyruk performansı

01-17-2005	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	KUYRUK 1	49,7367	50	50	5355,8850	1477,6410	5999,9970
2	KUYRUK 2	0	0	1	0	0	0
	Overall	49,7367	50	50	2683,5330	2874,9500	5999,9970
Data	Collection:	0 to	28800	minutes	CPU Seconds =		16,7140

Bu çizelgeyi bir şekil yardımıyla gösterecek olursak şöyledir.



Şekil 5.16 Kuyruk performansı

5.4.5 Dönemler Sonucu Oluşan Performans Değerleri

Firmanın üretim kısmında 9 kişi montaj kısmında ise 4 kişi çalışmaktadır. Montaj kısmında oluşan fazla işçiler ya üretim kısmına yönlendirilmeli ya da satışların artmasını sağlayacak faaliyette bulunularak yeni üretim kapasitelerine ulaşılmalıdır.aksi halde fazla işçiler maliyet oluşturacak ve işletmenin rekabet şansını azaltacaktır.

Firmanın 1 yıllık montaj sürecini izlediğimizde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

DÖNEMLER	İŞÇİ SAYISI	FİRMADAKİ İŞÇİ SAYISI	FAZLA
1.DÖNEM	3	4	1
2.DÖNEM	1	4	3
3.DÖNEM	3	4	1
4.DÖNEM	2	4	2

DÖNEMLER	SÜREÇ İÇİ STOK MİKTARI
1.DÖNEM	50 Adet/İstasyon
2.DÖNEM	50 Adet/İstasyon
3.DÖNEM	50 Adet/İstasyon
4.DÖNEM	50 Adet/İstasyon

5.4.6 Uygulama Sonuçları

Uygulama sonucunda elde edilen verilere dayanarak maliyetlere bakacak olursak ürün maliyetini oluşturan bileşenler şunlardır:

Firmanın sabit giderleri ise : M olarak alınmıştır.

Ürün maliyeti = İmalat maliyeti + Montaj maliyeti

İmalat maliyeti ile ilgili veriler aşağıda gösterildiği gibidir :

- Hammadde : 432\$/adet
- Makas : 16\$/saat
- Cnc Punch : 46 \$/saat
- Amada : 24\$/saat
- Kaynak : 6\$/saat
- Temizlik : 2\$/saat
- Boya : 200\$/saat

Montaj maliyeti ise şöyle oluşmaktadır :

- İşçilik : 15\$/saat
- Süreç içi stok maliyeti : 0.20\$/adet

Yapılan İş ve metot etüdü çalışmaları sonucu elde edilen makine zamanları aşağıda gösterildiği gibidir:

Çizelge 5.29 Ürünün imalat zamanları

MAKİNE	CNC MAKAS	CNC PUNCH	CNC MAKAS	AMADA	KAYNAK	TEMİZLİK	BOYA
Parça	(Dk.)	(Dk.)	(Dk.)	(Dk.)	(Dk.)	(Dk.)	(Dk.)
Karkas genişlik	2	3	5	5	0	0	16
Karkas dikme	2	4	5	7	0	0	16
Karkas derinlik	2	3	5	5	0	0	16
Ön kapı	2	3	1	2	3	1	16
Arka kapak	2	3	1	2	3	1	16
Yan kapak	2	3	1	2	3	1	16
Üst kapak	2	2	1	2	3	1	16
Baza genişlik	2	2	1	2	0	0	16
Baza derinlik	2	2	1	2	0	0	16
Taban sacı	2	2	1	2	3	1	16
Toplam zamanlar	20	27	22	31	15	5	16

Mevcut verilere göre başa baş noktası analizi yapacak olursak:

Firmanın bir ürün için satış fiyatı : 850\$

1. Dönem için başa baş noktası analizi

Hat dengeleme çalışmasından önce oluşan maliyet aşağıdaki gibidir:

Ürün maliyeti = İmalat maliyeti + montaj maliyeti

$$\begin{aligned}
 &= 432 + [(20 \times 16 + 27 \times 46 + 22 \times 16 + 31 \times 46 + 15 \times 6 + 5 \times 2 + 16 \times 200) / 60] + \\
 &\quad + [(185 \times 12 \times 4) / 60 + (0.20 \times 50 \times 4)] \\
 &= 432 + 110,66 + 148 + 40 \\
 &= 730,66\$/adet
 \end{aligned}$$

Hat dengeleme çalışmasından sonra oluşan maliyet aşağıdaki gibidir:

Ürün maliyeti = İmalat maliyeti + montaj maliyeti

$$\begin{aligned}
 &= 432 + [(20 \times 16 + 27 \times 46 + 22 \times 16 + 31 \times 46 + 15 \times 6 + 5 \times 2 + 16 \times 200) / 60] + \\
 &\quad + [(185 \times 12 \times 3) / 60 + (0.20 \times 50 \times 1)] \\
 &= 432 + 110,66 + 111 + 10 \\
 &= 663,66\$/adet
 \end{aligned}$$

Baş baş noktası = (Sabit gider) / (Satış fiyatı - Birim değişken gider) olarak gösterilirse :

Hat dengelemeden önce ve sonraki başa baş noktaları şöyle oluşur :

Önce :

$$B.B.N. = M / (850 - 730,66)$$

$$= M / 119,34$$

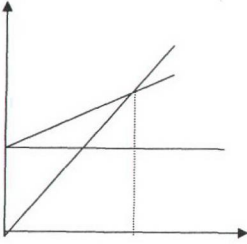
Sonra :

$$B.B.N. = M / (850 - 663,66)$$

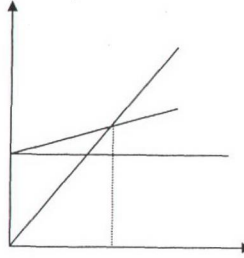
$$= M / 186,34$$

Bu sonuçları şekil yardımıyla gösterecek olursak :

Toplam



Toplam



Şekil 5.17 1.dönem sonucu oluşan başa baş noktası şematik gösterimi

Aynı analizi diğer dönemler içinde yapacak olursak oluşacak değerleri bir tablo yardımıyla aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

Çizelge 5.30 Başabaş noktası analizi

Dönemler	1.Dönem	2.Dönem	3.Dönem	4.Dönem
Maliyetler				
Hat dengelemeden önce maliyet	730,66	730,66	730,66	730,66
Hat dengelemeden sonra maliyet	663,66	589,66	663,66	626,66
Önceki başa baş noktası	100x	100x	100x	100x
Sonraki başa baş noktası	65x	54 x	65 x	47x
Performans artışı	%35	%46	%35	%53

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Üretim bir ülkenin ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Ürünlerin verimli bir şekilde üretilmesi için, montaj hattı dengelemesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada üretim hatlarında söz konusu olan dengeleme problemi ile ilgili temel kavramlar ele alınmış ve kullanılan çözüm yolları incelenmiş ve dengeleme çalışmalarından örnekler verilmiştir.

Bu yöntemlerden benzetim konusu tez çalışmasında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Hat dengeleme çalışmalarının başlangıç noktası önce, istasyonlar arasındaki dengesizliğin, sistemde yarattığı kayıpların farkına varmaktır. Ancak bir çok işletme bunun farkında olmayarak, kapasitelerinin çok altında çalışmaktadır. Bunun farkına varabilen işletmeler için ise, kağıt üzerinde yapılan bir hat dengeleme çalışmasını pratikte sağlamak her zaman kolay olmamaktadır.

Üretim hattı dengeleme problemleri için geliştirilen yöntemlerin ortak noktaları vardır. Bunlar kısaca montaj hattındaki işleri, sürelerini ve öncelik sıralarını tespit etmek ve her bir ürün için oluşan talebe bakarak çevrim süresini belirlemek ve işleri uygun olan istasyonlara atamaktır. İstasyonlarda oluşan boş zamanlar ortadan kaldırılamasa da en aza indirmek mümkündür.

Ancak ne kadar iyi bir hat dengeleme yapılırsa yapılsın pratikte mutlaka bir denge kaybı olacaktır. Ancak yine de, yapılan hat dengeleme mevcut durumu iyileştirerek işletmeye büyük kazançlar sağlayacaktır. Bu kazançları şöyle sıralayabiliriz:

- İşçilik zamanlarının kısalması
- Makine zamanlarının kısalması
- Aynı şartlar altında üretim hızı arttırılıp işçi sayısı sabit olsaydı hat dengelemesi ile çıktı miktarı arttırılabilirdi.
- Süreç içi stok miktarlarında azalma
- Zamanında üretim

Tüm bunların sonucunda firmaların üretim maliyetleri azalacak ve pazardaki rekabet şansları artacaktır.

Uygulama yaptığım firmada da oluşan kazançlar önceki bölümde belirtilmiştir.

Firmalar karlarını arttırmak için de bu çalışmalarını yapmalıdırlar.

KAYNAKLAR

Acar, N., (1998), “Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları”, Milli Prodüktivite Merkezi yayımları, 280, İstanbul.

Acar, N. ve Estaş, S. , (1986) , Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları , MPM Yayınları No: 309 , Ankara.

Acar, N. , (2003) , Tam Zamanında Üretim , MPM Yayınları No: 542 , Ankara.

Akal, Z. , (2002) , İşletmelerde Performans Ölçüm Ve Denetimi, MPM Yayınları No:473 , Ankara.

Aker, A., ve Ayar, T., (2002), “Montaj Hattı Dengeleme”, Bitirme Projesi, Kocaeli Üniversitesi.

Arcus, A. , (1963) An Analysis of A Computer Methods of Sequencing Assembly Line Operation, California.

Baskak, M. , (1991) , Montaj Hatlarının Dengelenmesinde Çok Amaçlı Bir Yaklaşım , Yüksek Lisans Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Baskak , M. , (1998) , Çok Modelli/Ürünlü Montaj Hatlarının Dengelenmesi İçin Yeni Bir Model ve Çözüm Yöntemi , Doktora Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Boucher, T., (1987) , “Choice of Assembly Line design Under Task Production Learning”, International Journal of Production Research, C.25, 517-521.

Çetin, N., (1998) , “İş Etüdü Ders Notları”

Engin, T. , (1996) , Montaj Hattı Dengeleme ve Otomotiv Endüstri Uygulaması , Yüksek Lisans Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erkut, H. Ve Baskak, M. , (1997) , Tesis Tasarımı , İrfan Yayıncılık , İstanbul.

Gökçen, H. Ve Erel, E., (1995), "Karışık Ürünlü Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Sezgisel Yöntem", Verimlilik Dergisi, 1995/2, 131-140.

Gülsün, B., (2000), "Üretim Planlama ve Kontrol Ders Notları".

Helgeson, W.P ve Birnie, D.P., (1961), "Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Tecnique", Journal Of Industrial Engineering, C.21, N6, 394-398.

Hoffman, T.R., (1963), "Assembly Line Bancing With A Presedence Matrix", Mangement Science, C.9, N4, 551-563.

Jackson, J.R., (1956), "A Computing Procedure For A Line Balancing Problem", Management Science, C.2.,N3, 261-271.

Kilbridge, M.D. ve Wester, L., (1961), "A Heuristic Method For Assembly Line Balancing", Journal Of Industrial Engineering, C.12, N4.

Kobu, B., (1999), "Üretim Yönetimi", İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı Yayınları, 4, İstanbul.

Kobu, B. , (2003) , Üretim Yönetimi , Avcıol Basım Yayın , İstanbul.

Macaskill, J.L.C., (1972). "Production Line Balances For Mixed Model Lines", Management Science, C.19,N4, 423-434.

Moddie, C.L., ve Young, H.H., (1964), " A Heuristic Method of A Assembly Line Balancing For Assumptions Of Constant Or Variable Work Element Times", Journal Of Industrial Engineering, C.15,N2, 73-77.

Salvenson, M.E., (1955), "The Assembly Line Balancing Problem", Journal Of Industrial Engineering, C.6, N3, 18-25.

Tanyaş. M. ve Baskak, M. , (2003) , Üretim Planlama ve Kontrol , İrfan Yayıncılık , İstanbul.

Thomopoulos, N.T., (1970) , "Mixed-Model Line Balancing With Smoothed Station Assignments", Management Science, C.16, N9, 593-603.

Yüksel, E., (2001), “Montaj Hattı Dengeleme ve Bilgisayar Uygulaması “, Bitirme Projesi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

www.csus.edu/mgmt/blakeh/MGMT180_Chap10.pdf

www.geocities.com/yilmazaynali.

www.imti21.org/Documents/roadmaps/MS.pdf



EKLER

Üretimi yapılan panonun resimleri eklerde mevcuttur.





Prefabrik, Modüler Dikili Tip Kabinler, pre-galvaniz sacdan mamul bir iskelet, ön kapı, arka, yan ve üst kapaklar, alt örtü takımı, ve ihtiyaç halinde baza dan oluşur. İskelet, kabine yüksekliğini veren 4 adet dikey, genişlik ve derinliğini veren 8 adet yatay profilin köşe birleştirme elemanı ile birleştirilmesi sonucu oluştuğundan tamamen prefabriktir.

Kapı ve kapakların kabini taşıyıcı işlevi yoktur. Bu nedenle tüm elektromontaj tamamlandıktan sonra yerlerine takılabilir.

Standart aksesuarlarla kabin içinde örtülendirme ve bölmelendirme yapılabilir.

Sızdırmazlık Poliüretan dökme sıvı conta ile sağlanmış olup, IP 55 koruma sınıfında standart olarak RAL 7032 gri renkte üretilmektedir.

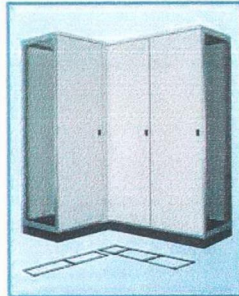
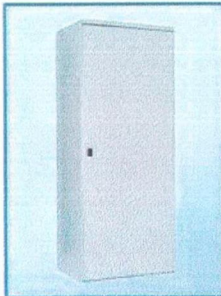
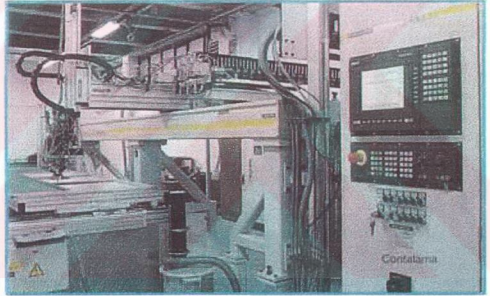
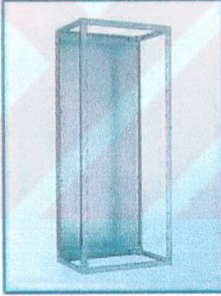
Ekabin S

Teknik Özellikler

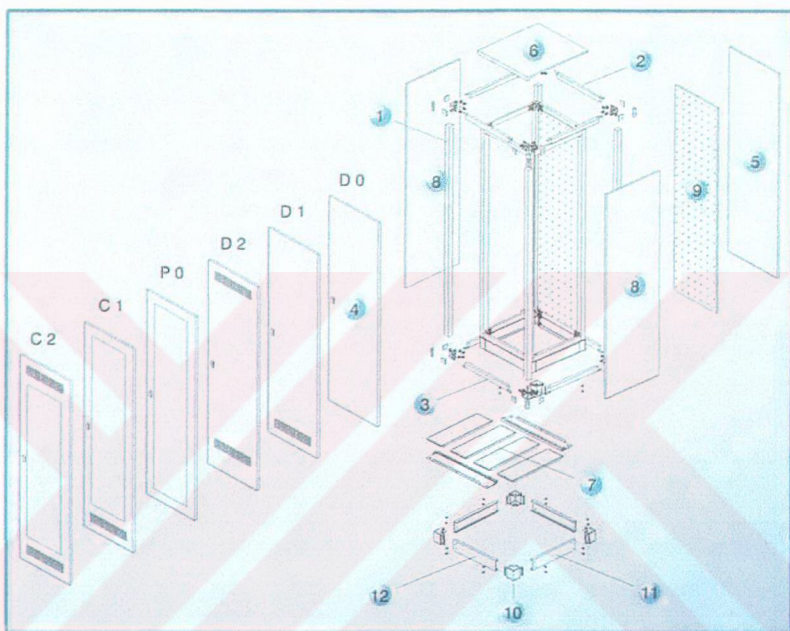


Prefabrik Modüler Yapı: E-Kabin S Serisinin tasarımı; Tarif edilmiş bir yapının kolay taşınabilmesi amacıyla modüler hale getirilmesi değil, modüler bir yapının istenilen tarife uygun bir şekilde birleştirilmesini öngörmektir.

Kabinler yanyana veya arka arkaya birleştirilebileceği gibi ihtiyaç halinde köşe dönüş modülü ile "L" yapılar oluşturulabilir.

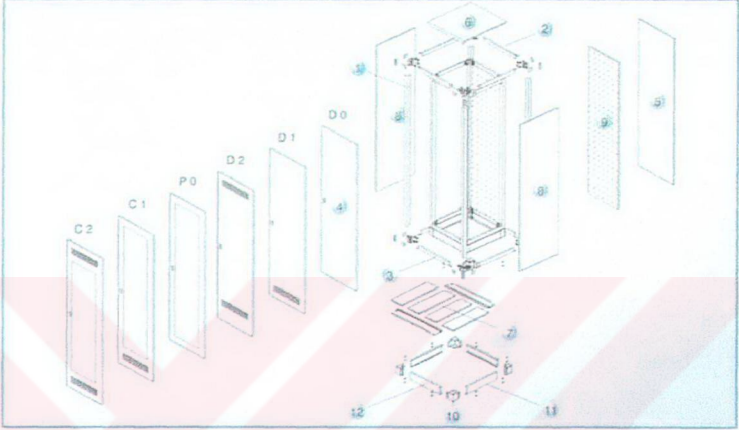


EkabinS



Açıklama	Dikey Profil	Yatay Profil	Dikey Ara Profil	Yatay Ara Profil	Üst Kapak	Arka Kapak
ES SERİSİ	DIKEY PROFİL (DP) / (cm)	YATAY PROFİL (YP) / (cm)	DIKEY ARA PROFİL (DA) / (cm)	YATAY ARA PROFİL (YA) / (cm)	ÜST KAPAK (ÜK) / (cm)	ARKA KAPAK (AK) / (cm)
YÜKSEKLİK	140/160/180/200/220		140/160/180/200/220			140/160/180/200/220
GENİŞLİK		40/50/60/70/80/90/ 100/110/120		40/50/60/70/80/90	40/50/60/70/80/90/ 100/110/120	40/50/60/70/80
DERİNLİK		40/50/60/70/80			40/50/60/70/80	

Ürün Kodlama Sistematiği



Örnek sipariş:
ES Serisi, Ön Kapi.
200 cm. yükseklik,
60 cm. genişlik,
düz ve alt-üst havalandırma.

ES OK 20 06 D2

— TİP
— ÜRÜN KODU
— ÜRÜN SERİSİ KODU

ÜRÜN KODLAMA SİSTEMATİĞİ

ÜRÜN SERİSİ KODU..... E S
ÜRÜN KODU..... U U (Standart kabin ile ürün kodlaması yapılmaz)
YÜKSEKLİK..... X X
GENİŞLİK..... Y Y
DERİNLİK..... Z Z
TİP..... T T

ÖN KAPI TİPLERİ

	Pencere	Havalandırma
Düz	(D)	(0) Yok
Cam	(C)	(1) Altta
Ploxyglas	(P)	(2) Üst + Alt
Özel	(O)	

Standart Kabin Örnek Kodlama ES 20 08 06 D0

ÜRÜN KODU	AÇIKLAMA	MİKTAR/Ad.
1 ES DP 20	DIKEY PROFİL	4
2 ES YP 06	YATAY PROFİL	4
3 ES YP 08	YATAY PROFİL	4
4 ES OK 2008D0	ÖN KAPAK	1
5 ES AK 2008	ARKA KAPAK	1
6 ES UK 0806	ÜST KAPAK	1
7 ES B0 0806	ALT ÖRTÜ TAKIMI	1
8 ES YK 2006	YAN KAPAK	2
9 ES MK 2008	MONTAJ PLAKASI	1
10 ES BK 01	BAZA KOŞE ELEMANI	4
11 ES BP 08	BAZA PROFİLİ	2
12 ES BP 06	BAZA PROFİLİ	2

ÜRÜN KODU	(UU)
DIKEY PROFİL.....	DP XX
YATAY PROFİL.....	YP ZZ / YY
DIKEY ARA PROFİL.....	DA XX
YATAY ARA PROFİL.....	YA YY
ARKA KAPAK.....	AK XX YY
YAN KAPAK.....	YK XX ZZ
ÖN KAPAK.....	OK XX YY TT
PARÇALI ÖN KAPAK.....	PP XX YY
ÜST KAPAK.....	UK YY ZZ
BAZA KOŞE.....	BK XX
BAZA PROFİLİ.....	BP YY / ZZ
DÜZ MONTAJ PLAKASI.....	MK XX YY
PERFORE MONTAJ PLK.....	MQ XX YY
ALT ÖRTÜ.....	TY YY ZZ

Not: Tüm ürünler birleştirme aksesuarları ile birlikte sevk edilmektedir.

Tüm değerler anma değerlerdir. 14

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 09.04.1979

Doğum yeri İstanbul

Lise 1993-1996 Hayrullah Kefoğlu Lisesi

Lisans 1996-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek lisans 2000- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

