

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YALIN ÜRETİMDE CONWIP KONTROL SİSTEMİ
VE
BİR UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mir Mohammad MOSAVI CHECHAKLOU**

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YALIN ÜRETİMDE CONWIP KONTROL SİSTEMİ
VE
BİR UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mir Mohammad MOSAVI CHECHAKLOU
(507081131)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 06 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 16 Haziran 2010

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. C. Erhan BOZDAĞ
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. M.Bülent DURMUŞOĞLU(İTÜ)
Doç. Dr. Mesut KUMRU (Doğuş Ü.)**

HAZİRAN 2010

Anneme...

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmamı gerçekleştirmemde bana en büyük katkıyı sağlayan, tezimin tüm aşamalarında desteğini esirgemeyen tez danışmanım İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan BOZDAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Uygulama yaptığım firmayı bulmamda, oradaki personelin de benimle ilgilenmesini sağlayarak, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU'na çok teşekkür ederim. Uygulama yaptığım firmada desteğini gördüğüm tüm personelden özellikle üretim Müdür Yardımcısı İlker BİLBEY'e ve üretim şefi olarak çalışan endüstri mühendisi Mehmet KABRAN'a yoğun iş temposu arasında destek ve yardımlarını esirgemediği için teşekkür ederim.

Beni bugüne getiren, aldığım her kararın yanlış ya da doğru arkasında duran hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Özellikle elinden gelen her türlü desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili dayım Yousef MOSAVİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dünyada en değerli ve en çok bağlı olduğum Canım Annem'i kaybettikten sonra beni tezimi bitirme konusunda motive eden değerli arkadaşım Elin'e teşekkür ederim, ayrıca tezimin tüm aşamalarında beni yalnız bırakmayan, motive eden ve beni destekleyen sevgili arkadaşım Seher'e teşekkürü bir borç bilirim.

HAZİRAN 2010

Mir Mohammad MOSAVICHECHAKLOU

(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
2. YALIN ÜRETİM	3
2.1 Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi	3
2.2 Yalın Üretimin Tanımı.....	3
2.2.1 Yalın üretimde değer	4
2.2.2 Yalın üretimde israf	4
2.3 Yalın Üretim Teknikleri	5
2.3.1 TZÜ (Tam Zamanında Üretim).....	5
2.3.2 Kanban.....	7
2.3.3 Bir dakikada kalıp değişimi (SMED).....	8
2.3.4 Poka-Yoke.....	9
2.3.5 5S.....	9
2.3.6 Toplam Verimli Bakım (TVB).....	9
2.3.7 Kaizen	10
2.4 Değer Akış Yönetimi.....	10
2.4.1 Değer akışı haritalandırmanın amacı ve işleyişi	10
2.4.2 Değer akışının yalınlaştırılması.....	18
2.5 Hücresel İmalat Sistemleri.....	21
2.5.1 Hücresel üretim sistemi tanımı.....	21
2.5.2 Hücre oluşturma yöntemleri	29
2.5.3 Grup teknolojisi ve hücresel üretim	34
3. İMALAT SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONLA TASARIMI	37
3.1 İmalat Sistemlerinin Tasarımı.....	37
3.2 Sistem Modelleme.....	38
3.3 Sistem Benzetimi	39
3.3.1 Benzetim kullanımının fayda ve sakıncaları.....	39
3.3.2 Benzetim modelleme süreci.....	40
3.3.3 Üretim koşulları ve analiz	41

3.3.4	Sonuçların raporlanması ve sunumu	42
3.4	En Uygun Seçeneğin Uygulanması	42
4.	ÜRETİM KONTROL STRATEJİLERİ	43
4.1	İtme Sistemleri.....	44
4.2	Çekme Sistemleri.....	46
4.2.1	Kanban sistemi.....	47
4.2.2	Kanban sisteminin avantajları ve dezavantajları.....	47
4.2.3	Diğer çekme sistemleri.....	48
4.2.4	Statik ve dinamik çekme sistemleri	48
4.3	İtme- Çekme (Melez) Sistemler	49
4.3.1	CONWIP sistemleri	50
4.3.2	POLCA kontrol sistemi	54
5.	LİTERATÜR TARAMASI	55
6.	UYGULAMA	69
6.1	Uygulama İçin Seçilen Sistemin Genel Tanımı ve Özellikleri.....	69
6.2	Ürün Ailesi İçin Değer Akış Yönetimi.....	71
6.2.1	Mevcut durumun haritalandırılması.....	71
6.3	Gelecek Durumun Haritalanması	76
6.3.1	Yapılan iyileştirmeler	76
6.4	Benzetim Çalışması	84
6.4.1	Taleplerin belirlenmesi.....	84
6.4.2	Zaman ölçümleri ve girdi analizi	85
6.4.3	ARENA 11.0 da modelin kurulması:	88
6.4.4	Senaryoların sonuçlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi	94
6.5	Düşünsel Bir Örnek Üzerinden Dinamik CONWIP Modellemesi:	98
7.	SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR	105
	KAYNAKLAR	109
	EKLER	113
	ÖZGEÇMİŞ	129

KISALTMALAR

CONWIP	: Constant Work In Process
DTC	: Difference Throughput Control
EOQ	: Economic Order Quantity
EWMA	: Exponentially Weighted Moving Average
GAS	: Gelişler Arası Süre
GT	: Grup Teknolojileri
HİS	: Hücresel İmalat Sistemleri
HÜS	: Hücresel Üretim Sistemleri
JIT	: Just In Time
MPS	: Master Production Schedule
MRP	: Material Requirements Planning
MRP II	: Manufacturing Resource Planning
PFA	: Production Flow Analysis
POLCA	: Paired-Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization
PPM	: Parts Per Million
QRM	: Quick Response Manufacturing
RTH	: Real Throughput Value
SMED	: Single Minute Exchange of Dies
STC	: Statistical Throughput Control
TTH	: Target Throughput Value
TVB	: Toplam Verimli Bakım
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim
WIP	: Work In Process

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Detaylı değer akışı haritalandırma araçları (Özgürler, 2007).....	16
Çizelge 2.2 : Gelecek durumun çizilmesineki sorular (Özgürler, 2007).....	17
Çizelge 2.3 : Başlangıç Makine-Parça Matrisi.....	27
Çizelge 2.4 : Sonuç makina-parça matrisi.	27
Çizelge 2.5 : İlişki şemasının tanımlamaları.	32
Çizelge 5.1 : Tek ürünli çekme ve melez sistemlerinin karşılaştırılması.	57
Çizelge 5.2 : Çok ürünli çekme ve melez sistemlerinin karşılaştırılması.	57
Çizelge 6.1 : Ürün gruplarının standart zamanları.	75
Çizelge 6.2 : Dört çeşit faaliyet (Durmuşoğlu, 2009).	77
Çizelge 6.3 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Dolphin).	77
Çizelge 6.4 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Havana).	78
Çizelge 6.5 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Apex).	78
Çizelge 6.6 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Serana).	78
Çizelge 6.7 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Hazel).	79
Çizelge 6.8 : Tasarlanan hücrenin özellikleri (hücre-2).	80
Çizelge 6.9 : Hücre performans karşılaştırması (hücre-2).	80
Çizelge 6.10 : Farklı yerleşim düzeylerine göre ürün faktörlerinin değişkenliği.	82
Çizelge 6.11 : 01Mart 2010 tarihindeki en çok üretilen ürünlerin talep miktarı.	84
Çizelge 6.12 : Aylık talep (Günlük)	85
Çizelge 6.13 : Ürün ailelerinin üretimindeki aşamalar.	85
Çizelge 6.14 : Dolphin ürün ailesi için zaman dağılımları.	87
Çizelge 6.15 : Hazel ürün ailesi için zaman dağılımları.	87
Çizelge 6.16 : Apex ürün ailesi için zaman dağılımları.	87
Çizelge 6.17 : Üretim emri listesi (model bazında).....	88
Çizelge 6.18 : İtme esaslı sistemin benzetim sonuçları.	95
Çizelge 6.19 : Çekme sistemi için geliştirilen senaryolar.....	97
Çizelge 6.20 : D-CONWIP ile G-CONWIP karşılaştırılması.....	101
Çizelge 6.21 : Eşit işlem süresine sahip istasyonların performans değişimi102	

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kanban temel çalışma prensibi.....	7
Şekil 2.2 : Değer akışı haritalandırmanın adımları (Özgürler, 2007).....	15
Şekil 2.3 : Şimdiki Durum Değer Akış Haritası örneği.....	16
Şekil 2.4 : Değer Akışı Haritalama Prosedürü (Özgürler, 2007).	20
Şekil 2.5 : Gelecek durum değer akış haritası örneği.....	21
Şekil 2.6 : Fonksiyonel yerleşim planı.	26
Şekil 2.7 : Hücresel yerleşim planı.....	28
Şekil 2.8 : Hücre düzenleme problem çözümlerinin gruplandırılması.....	29
Şekil 2.9 : Hücre içi hareketler.....	30
Şekil 2.10 : Akış hattı yerleşim örneği.	31
Şekil 2.11 : U tipi yerleşim örneği.	31
Şekil 2.12 : Örnek ilişki şeması.	33
Şekil 2.13 : Örnek yerleşim planı.....	33
Şekil 2.14 : Parçaların geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması.....	35
Şekil 3.1 : Benzetim modelleme süreci (Banks, 2000).....	41
Şekil 4.1 : CONWIP kontrol sistemi (Şenyılmaz, 2006).....	50
Şekil 5.1 : Otomatik kontrol için blok diyagram.....	65
Şekil 5.2 : Temin süresi fark kontrol blok diyagramı.....	65
Şekil 6.1 : Üretilen koltuk örneği.	69
Şekil 6.2 : Yapılan işlerden örnekler.	72
Şekil 6.3 : İş akış diyagramı.....	73
Şekil 6.4 : Bilgi akış diyagramı.....	74
Şekil 6.5 : Mevcut durum değer akışı.....	76
Şekil 6.6 : Tasarlanan yeni hücre (hücre-2).	79
Şekil 6.7 : İşçilik süreleri (Hat Üretim).	81
Şekil 6.8 : İşçilik süreleri (Dengelenmiş).	81
Şekil 6.9 : Tedarikçi kanban örneği.....	82
Şekil 6.10 : Ürün ailesi için gelecek durum haritası.....	83
Şekil 6.11 : Hazel dikim işlemi için input analyzer grafiği.	86
Şekil 6.12 : HAZEL dikim işlemi için Data Analyzer test sonuçları.	86
Şekil 6.13 : Senaryo-1	89
Şekil 6.14 : Senaryo-2	89
Şekil 6.15 : Senaryo-3	89
Şekil 6.16 : Senaryo-4	89
Şekil 6.17 : Senaryo-5	90
Şekil 6.18 : Senaryo-6	90
Şekil 6.19 : Senaryo-7	90
Şekil 6.20 : Ürün ailelerinin sisteme girişi.	93
Şekil 6.21 : fonksiyonel yerleşim için Arena modeli.	93
Şekil 6.22 : hücre tasarımının modellenmesi.	94
Şekil 6.23 : CONWIP sistemi Arena modeli (bir kısmı).	94
Şekil 6.24 : Ortalama süreç içi stok miktarı değişimi.	95

Şekil 6.25 : Tüm işlerin ortalama tamamlama süre değişimleri.	96
Şekil 6.26 : Normal mesaide üretilen işlerin sayısındaki değişim.	96
Şekil 6.27 : Ortalama süreç içi stok değerlerinin karşılaştırılması.	97
Şekil 6.28 : Ortalama çalışma süreleri değerlerinin karşılaştırılması.	97
Şekil 6.29 : Normal mesaide üretim değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 6.30 : İtme – çekme oranlarının karşılaştırılması.....	98
Şekil 6.31 : DTC akış diyagramı (Liu ve Huang, 2009)	100
Şekil 6.32 : Dinamik Kart kontrolün Arena mebdelinin görünümü.	101
Şekil 6.33 : Temin süresi karşılaştırması (D-CONWIP ile G-CONWIP).....	102
Şekil 6.34 : Süreç içi stok karşılaştırılması (D-CONWIP ile G-CONWIP).....	102
Şekil 6.35 : Temin süresi karşılaştırması.....	103
Şekil 6.36 : Süreç içi stok karşılaştırması.....	103

YALIN ÜRETİMDE CONWIP KONTROL SİSTEMİ VE BİR UYGULAMASI

ÖZET

Günümüz rekabet ortamında eğilim, müşteri talebine hızlı cevap vermek ve yüksek kaliteli, düşük fiyatlı ürünler sunmaktır. Bu rekabet şartlarında var olabilmenin ön koşulu daima en önde koşabilmektir. Bunun için de çağın dinamik yapısına ayak uydurmak, değişiklik ve yeniliklere açık olmak gereklidir. Dünya çapında firma olmak için israfı ortadan kaldırmak ve etkin bir is akışı gerçekleştirmek tüm yöneticilerin hedefi olmalıdır. Firmalar bu yüzden yeni sistemleri, teknikleri ve teknolojileri bünyelerine adapte etmek zorundadırlar.

Sanayi kuruluşlarının temel amaçlarından biri de şüphesiz kârlılıktır. Karlılığın uzun vadede artırılabilmesi için mutlaka rekabet edebilirlik ile ilgili hedeflere yönelmek gerekmektedir. Rekabet edebilirliği etkileyen birçok unsur vardır. Bunlar arasında en önemlisi ürün ve hizmetlerin kalitesidir. Tüketicilerin kalite ile ilgili beklentileri giderek artmaktadır. Diğer taraftan üreticilerin kalite ile ilgili görüş ve düşüncelerinde de önemli değişiklikler olmuştur.

Yüksek ürün talebi değişkenliği ve yüksek ürün çeşitliliği olan sistemlerde geleneksel çekme/Kanban sistemlerinin uygulanması mümkün olmamaktadır. Bu noktada belirtilmelidir ki, bu karmaşık talep ortamlarında ürüne tahsisli sistemlerin çekme kontrol üretim sistemlerinin uygulanması üretim içi stokların artmasına neden olmaktadır. Bu tür üretim ortamlarında çekmeyi sağlamak için karma çekme sistemlerinin, örneğin CONWIP sisteminin, uygulanması uygun olmaktadır. Önerilen CONWIP sistemi, gerçek bir üretim sisteminde uygulanmış ve itme ve çekme sistemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmada itme ve çekme sistemlerini kurmak için ve performans ölçütlerinin değerlerini hesaplamak için benzetim modeli kurulmuştur. Benzetim modeli arena isimli program ile oluşturulmuştur. Çalışmadaki performans ölçütleri üretim temin süresi, müşteri hizmet seviyesi ve yarı mamul stoğudur. Göz önüne alınan üretim sisteminde yapılan benzetim modellerinin sonuçları göstermiştir ki CONWIP kontrolü sistem daha iyi sonuçlar vermektedir.

CONWIP CONTROL SYSTEM IN LEAN PRODUCTION AND AN APPLICATION

ABSTRACT

The trend in today's competitive environment is to provide high quality low priced diverse products and quick response to customer demands. Under these competition conditions, only term to be existing and sustain this existence is running ahead always. In order gain a sustainable competitive advantage over the rivals, organizations need to be open to new changes, innovations and challenges. In order to become a worldwide company, an effective simplification of workflow and elimination of waste must be the targets for all manufacturers.

For industrial organizations, the only aim is to be more profitable. In order to become more profitable organization for a long-term, it's needed to turn towards competitive organizations targets. There are many factors that affect to compete. The most important one among these is quality of products and services. The quality expectation of customers is differentiating and getting radical changes. No more main concerns are about only finished goods.

Traditional pull/Kanban systems could not be applied in certain systems with high demand variability and product variation. Besides, product dedicated pull production control systems are not the appropriate alternatives this erratic demand conditions due to their redundant work-in-process inventory requirements. Hybrid pull systems, such as CONWIP system, is applied to ensure pull in such systems. Preferred CONWIP system has applied in a real production system and results of both pull and push systems have compared.

To construct the pull and push system and to assess the performance of these two systems a simulation study was proposed. Simulation model was developed using a simulation software proposed by Rockwell software called ARENA. The performans criteria are production lead time, customer service level and work in process inventories. The results show that in the system under study works better in CONWIP production Control system.

1. GİRİŞ

Benzer özellikler taşıyan parçaların, benzer şekilde üretilibilmeleri nedeniyle bir araya toplandığı sistemler “hücre” olarak tanımlanmaktadır. Bir hücrede benzer parça ailesini üretmek için çalışanların bir takım olarak bir araya getirilmesi ve benzer olmayan makinelerin gruplaşma stratejisi ise “hücresel imalat” olarak tanımlanmaktadır (Aşkın ve Zhou, 1998). Hücresel İmalat yerleşimi, her hücrede hangi parçaların ve hangi makinelerin yer alacağına ilişkin kararın verilmesi ile başlar. Hangi makinenin hangi hücreye atanacağı ve hangi hücrede hangi parça ailesinin üretileceği belirlendikten sonra parça ailesini üretecek makinelerin hücre içerisinde sürekli akışı sağlayacak şekilde dizilmesi ise ikinci aşamayı oluşturur. Üçüncü aşama ise oluşturulan hücreleri, birbirleri ve montaj hatları ile arasındaki ilişkilerine göre fabrikanın genel yerleşim planına uygun şekilde yerleştirmektir. Bu çalışmanın amacı, BüroSit Fabrikasının mevcut yerleşiminde hücresel imalatın uygulanmadığı bölümleri ele alarak fabrikadaki fonksiyonel yerleşimin görüldüğü kısımları da hücresel bir yapıya dönüştürmektir.

CONWIP üretim sistemi bir karma çekme sistemidir. Geleneksel olarak bilinen Kanban sisteminin özel bir durumu olarak da nitelenebilen bu sistem, her çekme sistemi gibi üretim için stoğu kontrol altında tutarken çıktıyı gözler (Hopp ve Spearman, 2001).

Bu çalışmada ilk önce BüroSit fabrikasında ele alınan Monoblog hattındaki ürünlerin özellikleri göz önünde bulundurarak hücreler oluşturulacaktır. Daha sonra süreç içi stokları en aza indirebilmek için itme-çekme melez sistemi olarak da tanınan CONWIP sistemi uygulanacaktır. Çeşitli senaryoları bilgisayar ortamında ARENA 11.0 programında modelleyerek en uygun çözüm seçilmiş ve çözüm önerileri üzerinde tartışılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak temin sürelerinden kaynaklanan müşteri memnuniyetsizliğini de göz önünde bulundurarak en uygun CONWIP kart sayısını belirlemek amacı ile düşünsel olarak dinamik kart kontrol sistemi de bilgisayar ortamında kodlanmış ve genel CONWIP sistemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. YALIN ÜRETİM

2.1 Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi

Günümüzde yalın üretim diye adlandırılan üretim ve yönetim sisteminin temel ilkeleri, ilk kez 1950'lerde Toyoda ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı mühendis Taiichi Ohno'nun öncülüğünde, Japon Toyota firmasında atılmıştır. Bu ikili Eiji Toyoda'nın 1950'de Ford firmasını incelemek üzere Amerika'ya yaptığı gezisinde edindiği bilgilerin de ışığında Ford'un yüzyılın başlarından itibaren öncülük ettiği kitle üretim sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar vermişlerdir ve bu karar yepyeni bir üretim ve yönetim anlayışının ilk adımlarının atılmasına yol açmıştır (Demirkır, 2008).

Bu Japon bilim adamlarının saptamalarını bu şekilde açıklayabiliriz;

Kitle üretiminde, her üretim faktörü ya da unsuru olabildiğince çok sayıda kullanılıp, üretim pek çok gereksizlik ya da israf içermektedir. İsrafın kaynağı, sistemin aşırı bir iş bölümüne dayanması yani gerek makineler gerek de işçilerin, çoğu kez sadece tek bir ürün için tek bir operasyon gerçekleştirecek şekilde organize edilmeleri, literatürdeki deyimiyse, tek bir işe/operasyona adanmış olmalarıdır. Hatta makineler özellikle bu tür bir adanmışlık sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır. Üretim organizasyonuna bu şekilde yaklaşılması, bir yandan üretim faktörlerinin gereksiz yere kitlesel boyutta kullanılmalarına yol açmakta çok büyük fabrika mekânlarında, binlerce işçi ve pahalı makina, aynı işlemi aylarca, hatta yıllarca sürdürebilmektedirler.

2.2 Yalın Üretimin Tanımı

Yalın üretimin basit ve detaylı bir şekilde ne anlama geldiğini anlayabilmek için yalın üretim tanımları ve bu tanımlarda geçen bazı temel kavramları bilmek gerekir. Yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların, en aza indirildiği üretim sistemidir (Demirkır, 2008).

Yalın Üretim çok basit bir tanımlamayla daha az zamanda, daha az stok miktarları, daha az boş çalışan ve sermaye kullanımı ile daha fazla üretim yapma esasına dayanmaktadır. Yalın üretim sistemine, tam zamanında üretimi de içeren kapsamlı bir üretim sistemi gözüyle bakılmaktadır. Daha geniş bir ifade ile yalın üretim en az kaynak kullanımıyla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi müşteri talebine birebir cevap verecek şekilde en az israfla ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp potansiyellerin tümünden yararlanmak olarak tanımlanabilmektedir. Mutlak kabul görmüş tüm kural ve ilkeleri sorgulayan, hiçbir yerleşik kanıyı mutlak görmeyen şüpheci bir yaklaşım yada felsefenin ürünü olarak doğmuş ve gelişmiştir (Demirkır, 2008).

2.2.1 Yalın üretimde değer

Burada değer müşteriye sunulan fayda olup;

- İhtiyaçları karşılayacak özelliklere sahip,
- Tercih edilen zamanda ve yerde bulunabilen,
- Müşterinin bedelini ödemeye istekli olduğu,

ürün veya hizmettir

2.2.2 Yalın üretimde israf

Japoncada “muda” israf demektir, özellikle hiçbir değer oluşturmeyen kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Yeniden işlemeyi gerektiren hatalı ürünler, talep edilmeden üretilen ve sonuçta stoklarda biriken üretim, gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerden başka bir yere nakledilmesi önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar ve müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetler israf örnekleridir.

İmalat sistemlerinde yedi adet temel israf vardır. Bunlar ilk olarak Taichi Ohno (1998) tarafından Toyota'da tanımlanmış ve P.J Womack ve D.T Jones (1996) ile de ilk kez bir kitapta yayınlanmıştır.

Temel yedi israf şöyle tanımlanmıştır (HICKS, 2007):

- 1- Fazla Üretim: Operasyonların durması gerektiğinde devam etmesinden kaynaklanır. Sonuçta fazla üretim, erken üretim ve yüksek stok olmasına sebep olur.
- 2- Bekleme: Bazen kuyruktan dolayı meydana gelir bazen de yapılması gereken üretimin, yapılmaması gereken bir üretimin bitmesini beklemesinden kaynaklanır. Yapılmaması gereken üretimin yapılması hem ürüne bir değer eklemesini hem de fazla üretimle sonuçlanır.
- 3- Taşıma: Süreç içi stoğun bir operasyondan diğerine taşınması gibi gereksiz malzeme hareketleridir.
- 4- Fazla İşlem: Tamir, tekrar işleme, fazla üretimden veya hatalı üretimden dolayı meydana gelen depolama hareketleri.
- 5- Stok: Mevcut müşteri isteklerini yerine getirmek için gerekli olmayan her stok. Stok hammadde, süreç içi stok ve bitmiş ürün stoğundan oluşur.
- 6- Hareket: Verimsiz bir yerleşime dayalı olarak çalışanlar tarafından yapılan fazla hareketlerdir. Bu hareketler zaman alır ve hiçbir katkı değeri yoktur.
- 7- Hatalar: İstenilen şartları veya müşteri isteklerini karşılayamayan ve bu yüzden müşteri tatminsizliğine yol açan bitmiş ürün veya hizmetin yapılması.

2.3 Yalın Üretim Teknikleri

Yalın Üretimin temel yedi adet tekniği incelenecektir. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

2.3.1 TZÜ (Tam Zamanında Üretim)

Geniş anlamda bir imalat şirketinde mükemmeli başarmak için sürekli olarak israfların elimine edilmesine dayanan bir yaklaşım. Bu tanımda israf ürüne hiçbir değer katmayan her şeydir. Daha dar kapsamdaki tanımıyla da TZÜ gerekli olan malzemenin gerekli olan zamanda gerekli olan yerlere taşınmasıdır. İç ve dış müşterilerin istedikleri miktardaki talebi talep edildiği anda üretmek için Kanban üretim sistemi TZÜ için en uygundur (Chan, 1999).

Tam zamanında üretimin özellikleri şöyle sıralanabilir (Demirkır, 2008) :

- Operasyon sırasına göre dizilmiş makinalar
- Küçük ve ucuz teçhizat
- Tek parça akış üretimi
- Çok yönlü iş gücü
- Kolay devreye alınabilen/çıkartılabilen operasyonlar
- U tipi hücreyel yerleşim planları
- Takt zamanına göre tempolandırılmış üretim
- Tanımlı standart operasyonlar

İsrafi ortadan kaldırmak; müşteriye hizmet veya ürüne doğrudan değer eklemeyen tüm faaliyetleri en az düzeye indirmek anlamındadır. Her türlü israfın kaynağı ise stoklardır. Bu bağlamda üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, ara mamul, mal stokları) ile kalitesizlik en temel israf unsurları olarak azaltılmalıdır (Demirkır, 2008).

TZÜ felsefesini diğer klasik sistemlerden ayıran farklı ve yeni olan taraf bu felsefenin üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuzlukları azaltmaya çalışmak yerine problemlerin temeline inerek çözümlemek için sürekli çaba harcamasıdır (ACAR, 1995).

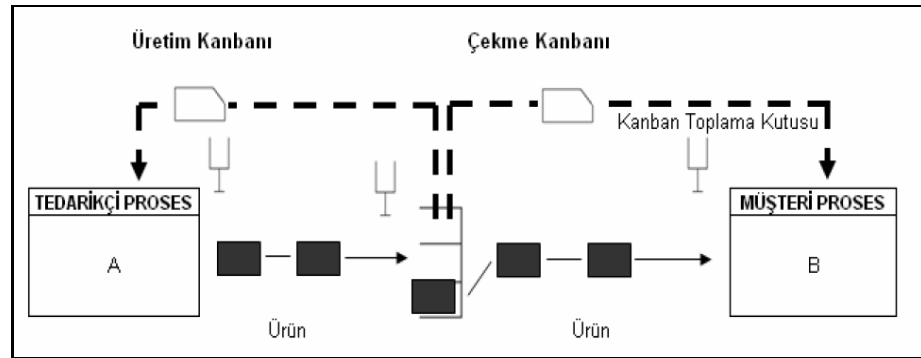
TZÜ Hedefleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Sıfır Hata
2. Sıfır Stok
3. Sıfır Hazırlık Zaman
4. Sıfır Temin Zamanı
5. Sıfır Taşıma

TZÜ sisteminin İlk akla gelen ve hemen sayılabilecek yararları; Parti üretim miktarlarının düşürülmesi, düşük stok, geliştirilmiş kalite, az israf ve tekrar işlem, artan verimlilik, artan esneklik, tesis yerleşiminde daha az alan ihtiyacı, azaltılmış imalat maliyeti, kısa üretim zamanı ve gelişmiş problem çözme teknikleri olarak gösterilebilir (Demirkır, 2008).

2.3.2 Kanban

Tam Zamanında Üretim'in gereklerinden birincisi iş merkezlerinin ne zaman ve ne miktarda parça üretecekleri konusunda bilgi sağlanmasıdır. Geleneksel üretim sistemlerinde bu gereksinim, hazırlanmış iş emirlerinin tüm iş merkezlerine gönderilmesi yolu ile karşılanır. İtme Üretim Kontrol Sistemi her iş merkezinin bir sonraki işlemin parçayı ele alıp almayacağını düşünmeksizin parçaları sonraki iş merkezine göndermesi mantığına dayanır. Bu da genellikle stok birikimlerine neden olmaktadır (Monden, 1993).



Şekil 2.1 : Kanban temel çalışma prensibi.

Kanbanın avantajları şöyle sıralanabilir (Demirkır, 2008) :

- Bilgi akışı ve ürün birlikte ele alınır,
- Ayrı bir stok yönetimi gerektirmez,
- Görsel kontrole imkan sağlar,
- Fabrika üretim operasyonları ve ara stoklar birlikte yönetilir,
- Hızlı ve doğru bilgi akışı sağlanır,
- Değişimlere hızlı cevap verebilmeyi sağlar,

- Fazla üretimi engeller,
- İsratların en aza indirilmesini sağlar,
- Sorumluluğu çalışan operatörlere verir.

Aşağıda kanban sayısını hesaplamada bazı önemli kavramlar açıklanmıştır.

Kanban Çevrimi = Kanban Toplama Kutusunda Bekleme Süresi + Üretim Kanbanı

Kutusuna Transfer Süresi + Üretim Kanbanı Kutusunda Bekleme Süresi + Parti

Çevrim Süresi (hazırlık+üretim+bekleme) + Süpermarkete transfer süresi + Süper

Markette Bekleme Süresi

Parça Sayısı = Ortalama Günlük Talep * Kanban Çevrimi * (1+ Güvenlik Katsayısı)

Ortalama Günlük Talep = Aylık Talep / Aylık İş günü Sayısı

Güvenlik Katsayısı (Talep değışkenliğı için kullanılır) $\leq 0,1$

Kanban Sayısı = Parça Sayısı / Kasa Taşıyıcı Kapasitesi

Kanban sayısı küsurlu çıktığında tam sayıya tamamlanmalıdır çünkü her kasa için bir

kanban kartı kullanılır. Kanban sayıları yukarıdaki formüle göre her ürün için hesaplanır.

2.3.3 Bir dakikada kalıp değışimi (SMED)

Stoklu çalışmayı savunan kişilerin ortaya koydukları en büyük mazeret, kalıp değıştirme ve ayar sürelerinin oldukça uzun olması olarak gösterilmektedir. Çünkü kalıp değıştirme ve ayar süreleri uzadıkça stok miktarının arttırılması gerekir ki makineden alınan verim yüksek, birim parça başına maliyet düşük olsun. Pek çok işletmede ayar süreleri değışmez bir veri olarak algılanır ve tüm ayarlamaların bazen yarım gün sürmesi bu konunun yalın üretim önündeki en büyük engellerden birinin olduğunun en büyük kanıtıdır. Çünkü ayar süresi ne kadar uzun ise stok miktarı da o kadar fazla olmak durumundadır. Dolayısıyla yalın üretimi verimli bir şekilde uygulayabilmek için öncelikle kalıp değıştirme sürelerinin ve ayar sürelerinin süratle minimize edilmesi gerekmektedir. Hedef hep en mükemmele ulaşmak olduğu için bu

sistemin adı bir dakikada kalıp değiştirmedir. İngilizce karşılığı Single Minute Exchange of Dies olarak geçmektedir (SMED). Japon uzmanlar makinanın cinsi ne olursa olsun bazı ilkeleri uygulamak suretiyle bir dakika hedefinin her şartta sağlanabileceğini ortaya koymaktadırlar (Okur, 1997).

2.3.4 Poka-Yoke

Yalın üretime geçebilmek için olmazsa olmaz en temel koşullardan biri üretimde kalitedir. Poka-yoke'in kelime anlamı aşağıda verilmiştir.

Poka: Kaza ile herkesin yapabileceği hata (Görülmeyen tesadüfi hata)

Yoke: Korumak (Azaltma)

Yalın üretime göre çalışıyor olsun ya da olmasın birçok firmanın gündeminin birinci maddesini genellikle kalite konusu oluşturur. Ancak, yalın üretimi benimsemiş firmalarla konvansiyonel yaklaşımı benimsemiş firmalar arasında hedefler ve kullanılan yöntemler açısından o denli büyük farklar vardır ki, kalite kavramı çoğu firma söz konusu olduğunda adeta anlamını yitirmektedir. Gerçekten de, konvansiyonel anlayışa göre çalışan birçok firmada %1-5 arası ışkarta oranı normal karşılanırken, yalın üretimde ürün kalitesi için saptanan asgari hedef ppm (parts per million) noktasına gelinmesi, yani ışkarta oranının yüzdeler (%), bindeler, hatta on binlerle değil, milyonlarla ifade edilecek düzeye indirilmesidir. Hatta ppm bile yeterli değildir, nihai hedef “sıfır hata” (zero-defect) noktasına gelinmesidir.

2.3.5 5S

Japoncada Seiri (sınıflandırma), Seiton (düzen), Seison (temizlik), Seiketsu (standartlaşma) ve Shitsuke (disiplin) kelimelerinin baş harflerinden oluşan ve iş yerinde temizlik ve düzenin sağlanması faaliyetlerini kapsayan bir tekniktir (Monden, 1993).

2.3.6 Toplam Verimli Bakım (TVB)

Toplam retken bakım en basit tanımıyla alet, ekipman ve makinaların en verimli şekilde kullanılmasını amaçlayan ve bunu sağlamak için ortaya konulan çabaların bütünüdür (Aşkın, 2001).

2.3.7 Kaizen

Kaizen, hiçbir işlemin/sürecin nihai halini almadığı, daha da mükemmeline ulaşabileceği, kuru havludan bile su çıkarılabilir anlayışının hakim olduğu bir yaklaşımdır (Okur, 1997).

Japoncada “kai” değişim; “zen” ise iyi, daha iyi anlamına gelmektedir. Kaizen de bu yoldan hareketle daha iyiye ulaşma, gelişme ya da genel kullanım anlamıyla sürekli gelişme demektir. Bu sözcük Japonya’da sürekli gelişmeden çok, sürekli gelişme isteği şeklinde kullanılır. Çünkü Kaizen sadece işletmelerde kullanılması gerekirken bir sistem olarak değil, aynı zamanda bir yaşam biçimi olarak düşünülmektedir. Evde, işyerlerinde, okulda ve hastanede, kısaca her yerde ve her zaman uygulanabilir. Kaizen’de sorulacak soru ise ”Hangi süreç iyileştirmeleri gerekli?” olarak belirlenmiştir(Demirkır, 2008).

2.4 Değer Akış Yönetimi

2.4.1 Değer akışı haritalandırmanın amacı ve işleyişi

Değer akışı haritalamasının amacı, kısa sürede gerçekleştirilecek olan gelecek durum değer akışının uygulanması ile israf kaynaklarını ortaya çıkarmak ve onları ortadan kaldırmaktır. Amaç her sürecin müşterisine sürekli akış veya çekme sistemi ile bağlandığı ve her sürecin yalnızca müşterisinin ihtiyacı olan şeyi ihtiyacı olduğunda üretmeye çalıştığı bir üretim zinciri oluşturmaktır (Rother, 1999).

Her ürün için geçerli olan akışlar şunlardır:

1. Hammaddeden müşteriye üretim akışı,
2. Kavramdan kuruluma tasarım akışı (ürün geliştirme süreci).

Değer akış yönetimi, sistematik veri toplama ve bunların analiz edilmesiyle oluşturulan değer akış haritaları yardımıyla yalın yaklaşımı temel alan gelişmeleri planlama sürecidir. Değer akış haritalama ise, değer hammadde halinden müşteriye ulaşıncaya kadar süren akışını görselleştiren bir metottur.

Değer akış yönetimi, insanlara işlerini daha etkin bir biçimde nasıl yapacaklarını söylemek için geliştirilmiş bir metot değil; çalışanların müşteri talebini daha kolay karşılamak için yapılacak iyileştirmeleri nasıl ve ne zaman gerçekleştireceklerini

planlamaları için yetkilendirilmesini içeren sistematik bir yaklaşımdır. Değer akışı yönetimi, insanların daha hızlı veya daha fazla çalışmaları değil, müşteri talebine ayak uyduracak şekilde malzemenin üretim sistemi boyunca akmasını sağlayan bir sistem kurmaktır (Şahin, 2005).

Değer akışı yönetimi sekiz aşamadan oluşur:

- Yalınlığa adanmak,
- Değer akışını seçmek,
- Yalın üretim tekniklerini öğrenmek,
- Mevcut durumu haritalandırmak,
- Yalınlık ölçütlerini belirlemek,
- Gelecek durumu haritalamak,
- Kaizen planları oluşturmak,
- Kaizen planları uygulamak (Durmuşoğlu, 2009).

Değer akışı bakış açısı, tek tek süreçler üzerinde değil büyük resim üzerinde çalışmak ve sadece parçaları değil bütünü iyileştirmek demektir. Eğer gerçekten bütüne bakar ve hammaddeyi müşteriye tüm yolları izlerseniz, bir çok işletmeden ve firmadan geçen bir değer akışını takip etmeniz gerekecektir. Fakat, bu büyüklükte bir akışı haritalandırmak başlangıç için çok fazla ve zordur.

Bu çalışmada gelecek durumun tasarlanabileceği ve doğru bir uygulamanın başlayacağı fabrika içinde “kapıdan-kapıya” üretim akışını ele alınır. Bu akış fabrika müşterisine teslimatı ve yan sanayi parçalarının ve malzemelerinin teminini de içerir. Bu seviye, haritalama ve yalın uygulama çalışmalarına başlamak için çok uygun bir seviyedir.

Yalın uygulama tecrübesi ve kendine güven arttıkça, çalışmalar fabrika seviyesinden son kullanıcıya kadar olan daha üst seviyedeki değer akışı üzerinde yaygınlaşabilir. Ayrıca, büyük şirketlerde, ürünün değer akışı aynı şirketin birden fazla işletmesinde geçiyorsa, Diğer işletmelerden geçen değer akışı kapsayan haritalama çalışmalarının yaygınlaştırılması çok hızlı gerçekleştirilmelidir.

Değer akışı haritalandırma, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışını görmenize ve anlamınıza yardımcı olan bir kağıt kalem tekniğidir.

Değer akışı haritalandırma ile anlatılmak istenen çok basit bir şeydir; müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolunu izlemek, malzeme ve bilgi akışında yer alan her süreci dikkatli bir şekilde sembollerle çizmek. Daha sonra, bir dizi kritik anahtar soru sorarak akışın nasıl akması gerektiğini gösteren “gelecek durum” haritasını çizmek.

Bunu tekrar tekrar yapmak, değer ve özellikle israf kaynaklarının nasıl görüleceğini öğretmenin en kolay ve bilinen en iyi yoludur.

Değer akış haritalamanın sağladığı avantajlar şöyle sıralanabilir:

- Üretimdeki tek bir süreçten, montaj, kaynak vb., daha fazlasını görmeye yardım eder. Akışı görebilirsiniz.
- İsraftan daha fazlasını görmeyi sağlar. Haritalandırma, değer akış yollarındaki israf kaynaklarını görmeye yardımcı olur.
- Üretim süreçleri ile ilgili ortak bir konuşma dilinin oluşmasını sağlar.
- Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için onlar tartışılabilir. Aksi takdirde, sahada alınan birçok kararlar ve detaylar hatalı olabilir.
- Yalın kavramlar ile teknikleri birbirine bağlar.
- Uygulama planı için temel oluşturur. Değer akışı haritaları, “kapıdan kapıya” bütün akışın nasıl işleyeceğinin tasarlanmasına yardım ederek yalın uygulama için birer plan oluştururlar.
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir. Başka hiçbir araç bunu yapamaz.
- Katma değer yaratmayan adımlar, temin süresi, kat edilen mesafe, stok seviyesi gibi sayısal değerler üreten birçok nicel teknikten ve yerleşim planı hazırlamaktan daha faydalıdır. Değer akışı haritalandırma, akışı yaratmak için işletmenizi nasıl çalıştırmanız gerektiğini çok detaylı bir şekilde tanımlamayı sağlayan nitel bir araçtır.

Değer akışı haritalandırmanın anlaşılması için 5 temel sorunun cevaplanması gerekir. Bu sorular ne, neden, kim, ne zaman ve nerede sorulardır. İlk olarak değer akışı haritalandırma nedir? Sorusuyla başlanmalıdır. Değer akışı haritalandırma, planlama ve üretimdeki tüm faaliyetlerin tanımlanmasını sağlayan görsel bir yönetim aracıdır. Haritalandırma hem katma değerli hem de katma değersiz faaliyetlerin kolaylıkla fark edilebileceği şekilde yapılır. Değer akışı haritalandırmanın ilk adımı mevcut tüm

faaliyetleri kaydetmektir. Bu aşamada cevaplanması gereken ikinci soru akla gelir, değiştirilecek bir süreç için neden bu kadar ayrıntılı bir biçimde ele alma zahmetine katlanılmaktadır? Çünkü katma değeri olmayan faaliyetler genellikle organizasyon içinde fark edilmezler, mevcut süreç içinde gizlenmişlerdir. Kaydedilen bu faaliyetlere bu sayede gelecek ay, yıl ya da 5 yıl sonra tekrar dönülüp bakılabilir, bir gelişme olup olmadığı gözlenebilir. Değer akışı haritalandırmayı kimin yapacağı da önemlidir. Seçilen ürün ailesinin öncelikli liderleri bu sürecin içine katılmalıdır. Ürün ailesi ya da değer akışı liderleri yapılacak geliştirmelerden sorumlu kişilerdir. Bu nedenle mevcut durumu çok iyi anlamaları gerekmektedir. Mevcut durumun çok iyi bir şekilde anlaşılması mevcut durum haritasının oluşturulmasıyla sağlanır. Bir harita daha oluşturulur. Bu harita gelecek durum haritası adını alır ve sürecin nasıl olması gerektiğini gösterir. Ne zaman sorusunun cevabı net değildir. Çünkü değer akışı haritalandırmanın bir organizasyonda ne kadar sıklıkla yapılması gerektiği oluşturulan mevcut durum haritasından yola çıkılarak bulunmalıdır. Son soru olan nerede sorusu çok önemlidir. Diğer bir ifadeyle, değer akışı haritası nerede geliştirilmelidir? Değer akışı haritası sürecin gerçekleştiği üretim alanında geliştirilmelidir. Yüzlerce metre uzaklıktaki bir ofiste geliştirilen değer akışı haritası etkin olmayacaktır. Fikirler ve tahminler gerekli kararları vermek için yeterince doğru olmayacaktır.

Değer akışı haritalandırma gelişmelerin görsel bir şekilde ifade edilmesine yardım eder. Değer akışı haritalandırma sadece malzeme akışı olarak algılanmamalıdır. Değer akışı haritalandırma; malzeme akışını, elde bulundurulan stoğu ve malzeme akışının gerçekleşmesini sağlayan bilgi akışını içerir. Organizasyonda üretilen farklı ürün yada ürün aileleri için birçok farklı değer akışı haritası çizilebilir. Değer akışı haritalandırma tüm ürünleri ayrı ailelere sınıflandırır. Bu sınıflandırma her çeşit israfların fark edilmesine, tanımlanmasına ve değer akışından elenmesine yardım eder. Değer akışı haritalandırmaya genellikle ürün ailelerinden birinin seçilmesiyle başlanır (Özgürler, 2007).

Odaklanmanın tek bir ürün ailesi üzerine olması gerekmektedir. Müşteriler tüm ürünler ile değil kendi spesifik ürünleri ile ilgilenirler. Bu nedenle üretim alanından geçen her şeyi haritalandırmak gerekmez. Küçük ve tek ürünlü bir fabrika olmadıkça, bütün ürün akışlarını tek bir fabrikada göstermek oldukça karmaşık olacaktır. Değer

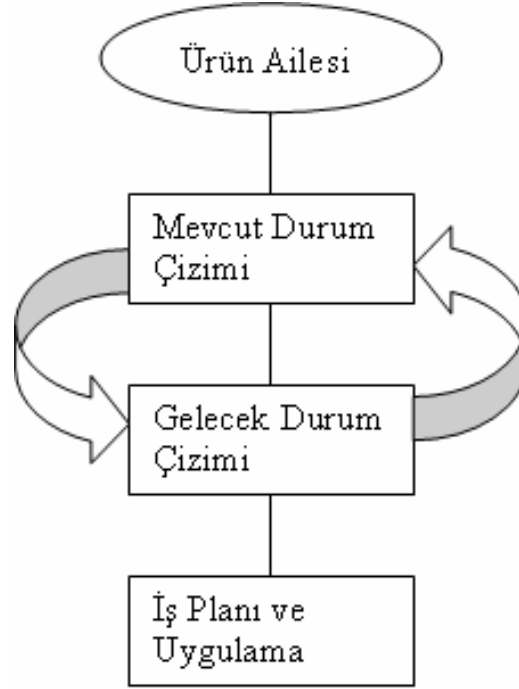
akışı haritalandırma, tek bir ürün ailesi için, fabrika içinde kapıdan kapıya, süreç adımları boyunca yürümek ve onları çizmek demektir.

Ürün aileleri, değer akışının müşterisi açısından tanımlanır. Bir ürün ailesi, benzer süreç adımlarından geçen ve özellikle üretimin son aşamalarındaki süreçlerde ortak ekipman kullanan ürünler grubudur. Genel olarak, partiler halinde birçok ürün ailelerini tanımlamaya çalışılmamalıdır. Seçilen ürün ailesinin ne olduğunu, ürün ailesi içinde kaç tane farklı bitmiş parça numarası olduğunu, müşteri tarafından ne kadar ve ne sıklıkla istendiği açıkça yazılmalıdır.

Bütün değer akışları aynı anda haritalanmamalıdır. Değer akışı haritalandırmadan yararlanmak için gerçekten uygulanacak bir değer akışını haritalandırarak üretim alanında kullanılmalıdır. Değer akışında değişiklikler planlanıyorsa, öncelikle gelecek durum haritasının çizildiğine emin olmak gerekir. Eğer yeni bir üretim süreci tasarlanıyorsa ya da yeni bir çizelgeleme sistemi düşünülüyorsa değer akışının gelecek durumu tasarlanır.

İkinci adım seçilen ürün ailesinin tüm üretim sürecinin haritalandırılmasıdır. Oluşturulan değer akışı haritasına tüm yalın üretim teknikleri uygulanarak, organizasyonun nasıl işlemesi gerektiği bulunur. Örneğin 5S'in nasıl uygulanabileceği, hazırlık sürelerinin nasıl düşürülebileceği, çekme sisteminin ve kanbanların nasıl yönetileceği görülür. Burada önemli olan hangi değer akışının seçileceğidir (Özgürler, 2007).

Değer akışı haritalandırma Şekil 2.2'de gösterilen adımları takip eder. Hedef, yalın bir değer akışı tasarlamak olduğu için "Gelecek Durum Çizimi"nin ön plana çıkartılmasına dikkat etmek gerekir. Gelecek durum olmaksızın mevcut durum fazla işe yaramaz.



Şekil 2.2 : Değer akışı haritalandırmanın adımları (Özgürler, 2007).

Değer akışı haritalandırma, değer akışını geliştirmeyi amaçlayan kararları uygulamaya sokmaya yardımcı olacak üretim süreci ile ilgili ortak bir dil yaratır. Değer akışı haritası malzeme ve bilgi akışının nasıl işlemesi gerektiğini çizimlerle göstererek yalın üretimin uygulanmasını sağlar.

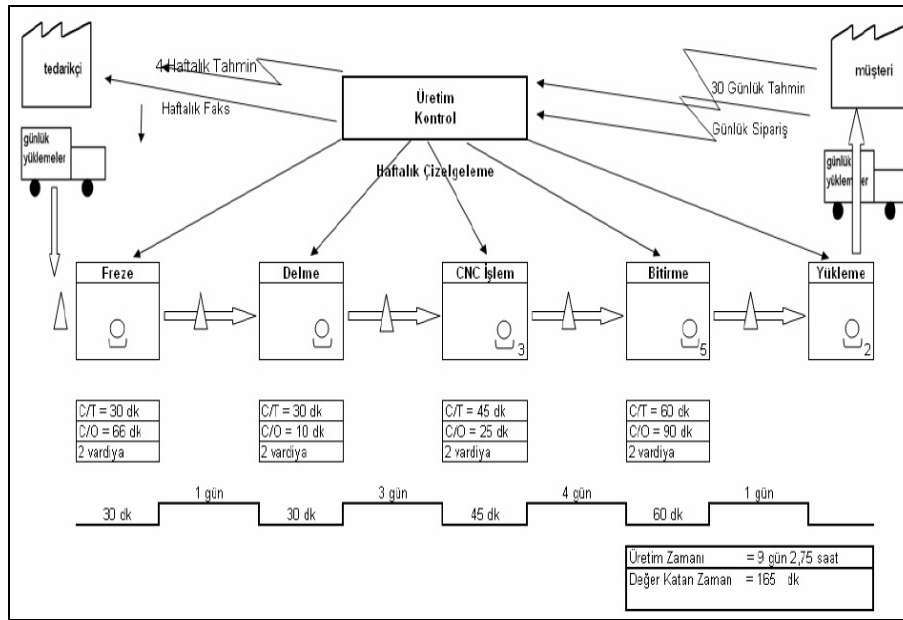
Değer akışı haritalandırma iki bölüme ayrılır:

1. Büyük resim haritalandırma
2. Detaylı haritalandırma

Detaylı haritalandırmaya geçmeden önce tüm süreçteki kilit özellikleri gösteren büyük resim haritalandırması yapmak yararlı olacaktır.

Büyük resim haritalandırma:

- akışı,
- israfların nerelerde olduğunu,
- yalın üretim tekniklerinin entegre edilmesini,
- uygulama takımında kimlerin olması gerektiğini,
- fiziksel akış ile bilgi akışının nasıl olduğunu göstermeyi sağlar.



Akışı görselleştirmek, organizasyon içinde nerede ve ne zaman, malzeme ve bilginin aktığını görme yeteneği sağlar. Organizasyonda yedi çeşit israf oluşabilir. Bu israflar önceki bölümlerde detaylı anlatılmıştır.

Çizelge 2.1 : Detaylı değer akışı haritalandırma araçları (Özgürler, 2007).

DAH'nın araçları	Aracın tanımlanması	Aracın kullanılmasıyla azaltılması hedeflenen israflar
Süreç faaliyetlerini haritalandırma	Süreçleri, operasyon, taşıma, muayene, gecikme, depolama ve bilgi alışverişinin olması olarak sınıflandırır. Gereksiz faaliyetleri elemeye, faaliyetleri basitleştirmeye ve birleştirmeye, israfları azaltmak için operasyonların sırasını değiştirmeye çalışır.	Bekleme, taşıma, uygunsuz işlemler, gereksiz hareketler, gereksiz stok
Tedarik zinciri yanıt matrisi	Optimum stok seviyesi ve kritik temin süresi kısıtlarını hesaplar. İstenilen temin süresine ulaşabilmek için gerekli stok seviyesini hesaplar.	Bekleme, gereksiz stok, gereğinden fazla üretim
Ürün çeşitliliği hunisi	Üretim sürecinin her adımındaki değişkenlerin sayısını haritada gösterir. Tedarik zincirinin nasıl işlediğini anlamaya yardımcı olur, karmaşıklıklara işaret eder. Üretim aşamalarının nerelerine müdahale edilmesi gerektiğini, stok azalımı için hedef noktaları, buffer stokların yerlerini tanımlamaya yardımcı olur.	Uygunsuz operasyonlar, gereksiz stok
Kalite filtresi haritalandırma	Kalite problemlerinin nerelerde var olduğunu tanımlar, hataları; ürün, hizmet yada organizasyon içi hurda olarak sınıflandırır. Her hata tedarik zinciri boyunca haritalandırılır. Organizasyon içi ve dışı kalite seviyeleri tanımlar.	Hatalı ürünler

Çizelge 2.1 : Detaylı değer akışı haritalandırma araçları (Devam).

DAH'nın araçları	Aracın tanımlanması	Aracın kullanılmasıyla azaltılması hedeflenen israflar
Talep artırımı haritalandırılması	Miktar, zaman grafiği Organizasyonun tümü yada tedarik zinciri boyunca kullanılır. Kamçı etkisinin altını çizer. Talep artarken parti çizelgeleme politikalarının ve stok seviyesi belirleme kararlarının nasıl değiştiğini göstermek için kullanılır.	Gereksiz stok, gereğinden fazla üretim, beklemler
Karar noktası analizi	Değer akışının nerede itmeden çekmeye geçmesi gerektiğini belirler. Bu noktalardan sapmalar olduğunda ne yapılması gerektiğini gösterir.	Gereğinden fazla üretim, bekleme, gereksiz stok
Fiziksel yapı haritalandırma	Değer akışına genel bakış açısı sağlar. Acil çalışma yapılması gereken alanlara odaklanılmasını sağlar.	Taşıma, gereksiz stok

Değer akışı haritalandırmada bir sonraki adım gelecek durum haritasının çizilmesidir. Gelecek durum haritasını oluşturmak için Çizelge 2.2.'de yer alan 8 soru cevaplanmalıdır. İlk 5 soru gelecek durumu haritalandırmadaki temel konularla ilgilidir. Sonraki 2 soru kontrol sisteminin detayları, heijunka gibi teknik uygulama detaylarıyla ilgilidir. Son soru gelecek durum haritasını uygulamaya sokabilmek için yapılması gereken aktiviteleri (kaizen) tanımlamakla ilgilidir.

Çizelge 2.2 : Gelecek durumun çizilmesindeki sorular (Özgürler, 2007).

Gelecek Durum Soruları	
Temel	1. Takt süresi ne? 2. Üretim bitmiş mamul süpermarketine mi, yoksa direk sevkiyata mı üretim yapacak? 3. Nerelerde kesintisiz akış ile üretim yapılabilir? 4. Değer akışında çekme sistemi için kullanılacak süpermarketin kurulmasına gerek var mı? 5. Değer akışında çizelgeleme yapılacak nokta hangisi olacak?
Heijunka	6. Üretim emri verilecek operasyonda üretim karması nasıl seviyelendirilecek? 7. İşteki hangi artışlar tempoyu sağlayan hücreden düzenli olarak duyurulacak?
Kaizen	8. Hangi süreçlerde geliştirme gerekli?

Çoğu durumda hızlı bir şekilde uygulamaya sokulacak, mantıklı bir gelecek durum haritası, bu soruları doğru bir şekilde kullanarak tasarlanabilir. Buna rağmen, karmaşık üretim hatlarının yer aldığı bazı durumlarda ayrık olay benzetimi gibi analiz araçlarının kullanılması gerekli olabilir (Özgürler, 2007).

2.4.2 Değer akışının yalınlaştırılması

- Takt zamanı ile çalışmak: Takt zamanı, müşteri isteklerini karşılamak için, satış seviyesine bağlı olarak bir parça veya ürünü hangi sıklıkta üretmeniz gerektiğini belirtir. Takt zamanı vardiya başına kullanılabilir ve çalışma süresinin (saniye) vardiya başına müşteri talebine (adet) bölünmesi ile hesaplanır. Bir sürecin hangi hızda üretim yapacağı hakkında fikir veren bir referanstır.
- Uygun olan her yerde sürekli akış sistemi kurmak.
- Sürekli akışın uygulanamadığı yerlerde üretimi kontrol etmek için süpermarketler kullanmak.
- Tempoyu sağlayan hücre süreçte farklı ürünlerin üretimini zamana düzgün yaymak.
- Tempoyu sağlayan hücre sürece küçük tutarlı artışlarla iş gönderip çekerek “başlangıç çekişi” yaratmak.
- Tempoyu sağlayan hücre süreçten önceki süreçlerde “her parça her gün” üretim yeteneği geliştirmek.

2.4.2.1 Hat dengeleme yapılması

Sürekli akış tasarlanmanın ilk adımı hat dengelemedir. Hat dengeleme personel sayısını ve iş yükünü optimize etmeye çalışarak daha düzgün bir akış oluşturmaya yardım eder.

Hat dengeleme: İş elemanlarının takt süresini yakalamak için dağıtılması sürecidir. Hattı dengelemek için;

- Mevcut çevrim zamanı ve iş elemanı atamaları gözden geçirilmeli,
- Mevcut operatör denge tablosu çizilmeli,
- Gerekli operatör sayısı hesaplanmalı,
- Amaçlanan operatör sayısı için gerekli olan değişiklikler planlanmalı,
- Gelecek durum operatör denge tablosu çizilmelidir.

2.4.2.2 Hücre tasarımı yapılması

Hücreler tek parça akışı sağlarlar; çünkü hücrelerdeki donanım ve personel operasyon akışına göre ayarlanmıştır ve bir ürün yada ürün ailesini tamamlamak için

gerekli tüm operasyonlar tek hücrede tamamlanmaktadır. Bu adımda, değer akışındaki hücre şeklinde yeniden tasarlanabilecek tüm operasyonlar incelenmelidir.

2.4.2.3 Üretim kontrolünün nasıl sağlanacağını belirlenmesi

Sürekli akışın mümkün olmadığı noktalarda kontrolün nasıl sağlanacağını belirlenmesi gerekir. Süreçteki sürekli akışın sağlanamadığı yerler tekrar incelenmeli ve aşağıdaki çözümlerin uygulanabilirlikleri tartışılmalıdır.

- Süreç içi süpermarketler
- Kanban sistemi
- FIFO hatları
- Bilgisayar destekli çizelgeleme (MRP)

2.4.2.4 Kullanılacak geliştirme metotlarının belirlenmesi

Tek parça akışı sağlanmak isteniyorsa gelecek durum haritası bazı geliştirme metotlarını içermelidir. Bu metotlardan bazıları kısaca 5S, SMED, TVB ve iş standartlaştırma gibi yöntemlerden bahsedilebilir.

2.4.2.5 Düzgünleştirmeye odaklanma

Gelecek durum haritasının son adımında, üretimi düzgünleştirecek elemanlar haritaya eklenmelidir. Amaç, gelecek durum haritasının aşağıdaki soruları cevaplayan kısmını çizmektir.

- Hangi çeşit kanban kartları kullanılacak?
- Kanban kartları nasıl dağıtılacak?
- Sürecin hangi kısmında üretim gereksinimleri çizelgelenecek?
- Heijunka kutusu kullanılacak mı?
- Malzeme taşıyıcısının rotası ne olacak?

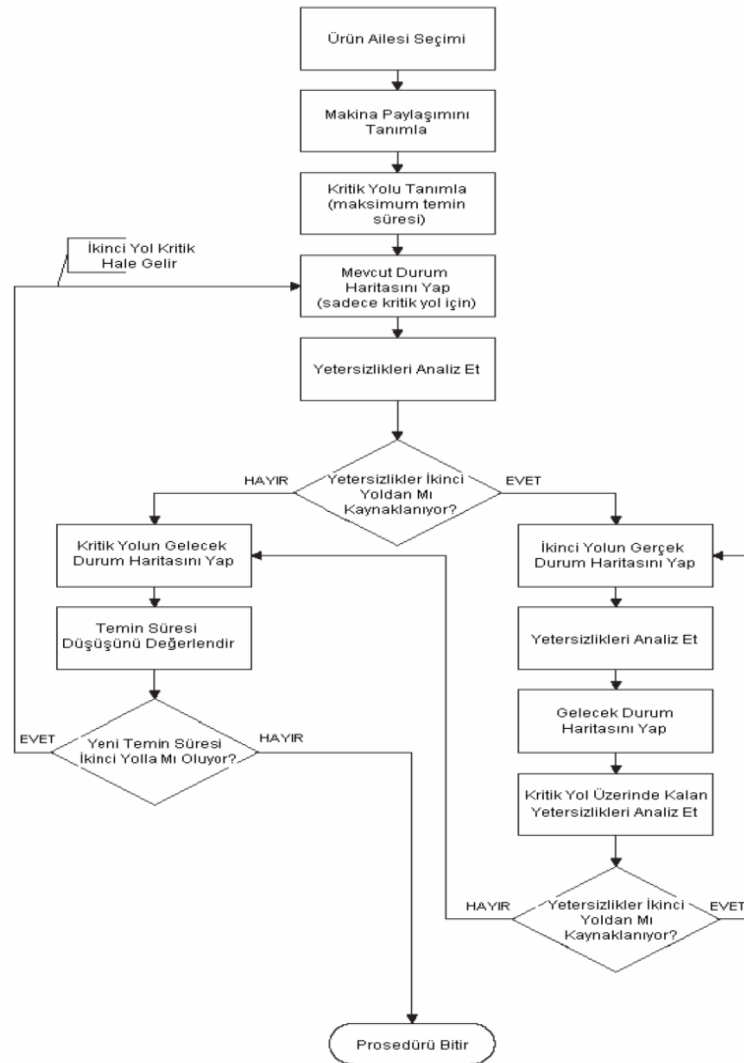
2.4.2.6 Üretimi düzgünleştirmenin gerçekleştirilmesi

Üretim düzgünleştirme sayesinde; müşteri talebi ile ilgili bilgi akışının, değer akışı boyunca olan malzeme akışına düzgün bir biçimde entegre olduğu üretim sistemi tasarlanır. Bunu yapabilmek için akış, çekme ya da heijunka sistemi üzerine kurulmalıdır.

Aşağıda düzgünleştirilmiş üretim süreçleri tasarlanmanın adımları yer almaktadır:

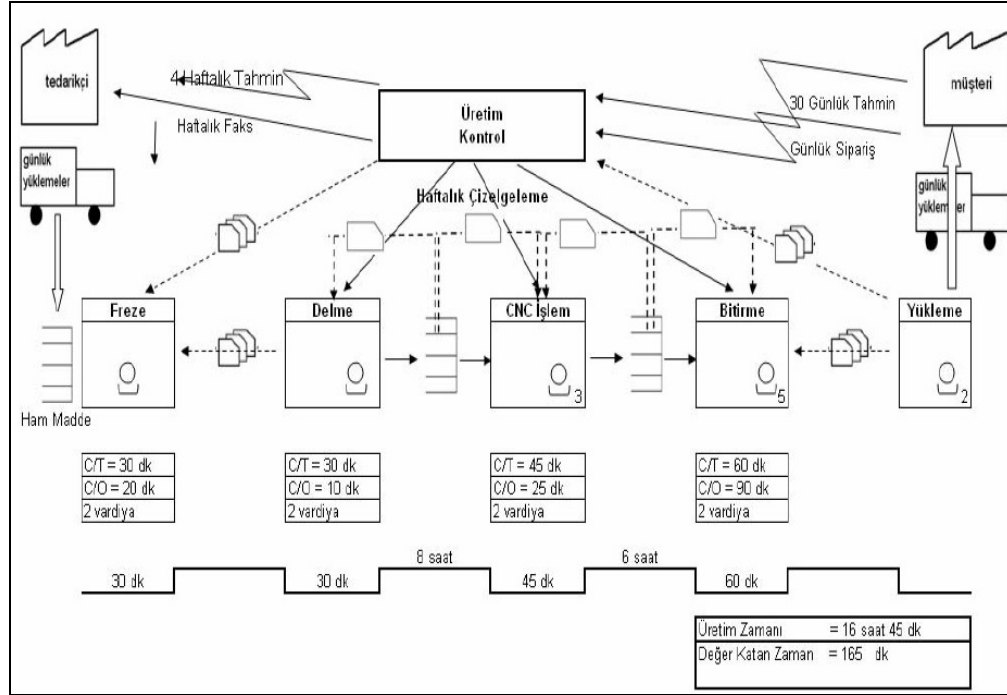
1. Satışların hızına yetişmek için çekme yada heijunka sistemlerinden biri en uygun yöntem olarak seçilmelidir. Daha sonra gerekliyse kanban sistemi tasarlanmalıdır.
2. Malzeme taşıyıcının rotası belirlenmeli, tüm malzeme ve bilgi akışı çizilmelidir.
3. Hangi geliştirme metodunun kullanılacağı belirlenmeli, yararlı bilgiler haritaya eklenmelidir.

Mevcut durum haritasında ve gelecek durum haritasının müşteri talebi ve akış adımlarında kullanılan sembollere ek olarak, gelecek durum haritasını tamamlamak için sembollere ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2.4 : Değer Akışı Haritalama Prosedürü (Özgürler, 2007).

Aşağıda örnek gelecek durum haritası çizilmiştir.



Şekil 2.5 : Gelecek durum değer akış haritası örneği

2.5 Hücreyel İmalat Sistemleri

2.5.1 Hücreyel üretim sistemi tanımı

En basit anlamıyla Hücreyel Üretim Sistemi (HÜS), grup Teknolojisi'nin (GT) atölye sistemine uygulanmasıdır. HÜS' de, ekonomik bir yarar sağlamak amacıyla parçalar, parça-aileleri oluşturmak için birlikte tanımlanıp gruplandırılmaktadır. Diğer yandan HÜS şöyle de tanımlanmaktadır: HÜS, parçaların, parça aileleri biçiminde ve makinaların, makina hücreleri biçiminde gruplandığı bir üretim sistemidir. Parça tasarımı ve üretim özelliği benzerliği kümelemeyi başarabilmek için kullanılmaktadır (Uğraş, 2005).

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken nokta, hücreyel planın işlevsel planda farklı olduğudur. Çünkü işlevsel plan, parçalar için çok yönlü yolları içermektedir. Ayrıca, parça ailelerinin kimliğine yönelik olarak, hücreyel plana oranla fazla bir ayrıntıya gereksinim duyulmamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi hücreyel üretim tekniğinin kullanılması için, benzer süreç özelliklerine sahip parça gruplarının olması; dahası, bu parça gruplarının benzerliklerinin belirlenmesi de gerekmektedir. HÜS'ün esas çıkış noktasını, etkin ve kontrol edilmesinin kolay olması gibi

üstünlükleri bulunan küçük bir sistemin söz konusu üstünlüklerinin, büyük bir sisteme yansıtılması oluşturmaktadır. Bu açıklamalara göre HÜS'ler, sistem içinde benzer üretim özelliklerine sahip belirli bir parça ailesinin tam olarak üretimi için işlem, insan ve özellikle, makina gruplarının bulunduğu ya da oluşturulduğu sistemlerdir.

HÜS'ler atölye tarzı üretim sistemi ile karşılaştırıldıklarında pek çok avantajlarının olduğu görülmektedir. Bu avantajlar aşağıdaki biçimde sıralanabilmektedir:

- i. Hazırlık zamanlarının azalması,
- ii. Süreç içi stokların azalması,
- iii. Malzeme taşımada kolaylık,
- iv. Malzeme aktarma maliyetlerinin azalması,
- v. Geçiş zamanlarının azalması,
- vi. İnsan ilişkilerinin iyileşmesi,
- vii. Kaliteden direkt işçinin sorumlu olması nedeniyle kusurlu üretim miktarının azalması,
- viii. Kapasite planlama, malzeme planlama ve kontrollerin basitleştirilmesi.

Yukarıda sıralanan avantajlarının yanı sıra HÜS'lerin dezavantajları da mevcuttur ve aşağıdaki biçimde sıralanabilir:

- i. Atölye tarzı üretim sisteminin sağladığı esneklik düzeyinin her zaman sağlanamaması
- ii. Hücrelerin yaşam sürelerinin, mamul talebine ve mamul karışımındaki değişimlere bağlı olması
- iii. Makina sayılarındaki artış ve hücre dışı elemanların elenmesi ile makina kullanımının azalması
- iv. Hücrelerin makina duruşlarına karşı duyarlı olmaları nedeniyle, düzenli bakım eylemlerinin istenilen boyutta düzenli olmaması; aksine, çok daha düzenli yapılması gerekmektedir.

2.5.1.1 HÜCRE KAVRAMI

Bir hücre; bir veya daha fazla sayıda benzer hammadde, parça, bileşen veya bilgi naklini içeren aileler üzerindeki sırasal ve çoklu belirli aralıklarla yerleştirilmiş bir grup iş istasyonudur. Hücre; bir veya daha fazla işçiye göre ekipman sağlanan, çıktı performansı için ölçülebilir olan, bir veya daha fazla planlama, kontrol, desteğin sorumluluğu ve görevlerin gelişimini temsil eden işletme içindeki diğer organizasyonel birimlerden ayrı bir birimdir. Hücre kavramı hem imalat hem de büro hücresi olarak kullanılabilir. Buna göre; imalat hücresi, esas işlevi fiziksel süreç, taşıma, iletim ve son hali bileşen veya ürün olan malzemeye değer katan hücredir. Büro hücresi ise; süreç, taşıma, iletim ve bilgiye değer katan hücredir.

Bunun dışında hücreye benzemekle beraber hücre olarak ifade edilemeyen üretim birimleri de mevcuttur. Bunlar: mini hücreler, hayalet hücreler, fiili hücreler ve odaklanmış fabrikalardır. Mini hücreler donanım ya da operatörlerin ikili ardışık taşımalarla parça rotasını belirlediği parça ve ürün hücreleridir. Hayalet hücre ise gerçekte yoktur, yalnızca yapılması istenen herhangi bir üretim için geçici olarak kullanılır. Fiili hücre de tam anlamıyla makina-parça aileleri belirlenmiş, istenen süreçler tanımlanmış, her kaynağın istenen yerde olduğu hücre konfigürasyonudur. Son olarak odaklanmış fabrika ise, geniş bir konu olmak üzere özetle ürünler, pazarlar, müşteriler, süreçler, üretim hacimleri, rekabetçi temeller olmak üzere altı faktöre odaklı üretim birimidir (Uğraş, 2005).

2.5.1.2 Bir hücrenin yapısal tasarımı

HÜS'ler tasarlanırken, yerleşim planının nasıl düzenlendiği ve hücrelerin oluşumuna hangi faktörlerin etki ettiğinin de bilinmesi gerekir. Hücresel üretimde, uygulama her bir durumun özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Bazen yeni bir donanım almanın pahalı olması nedeniyle mevcut donanım farklı hücreler arasında paylaşılabilir. Büyük ve pahalı özel bir ekipmanın kullanımı nedeniyle, parçalar hücre içine - dışına taşınabilir, malzemenin süreç gereği nedeniyle yerleşim planı farklı olabilir veya iş hacminin fazla olması ve yeni bir hücrenin açılmasının uygulanabilir olmaması nedeniyle hücre eleman sayısı çok fazla olabilir. Başarılı bir HÜS uygulamasının göstermesi gereken ve olabildiğince uygulanması gereken karakteristikleri şöyle sıralanabilir:

Ekip: Hücreler genellikle grup içerisinde çalışan veya belirlenmiş bir işçi ekibinden oluşur.

Ürünler: Hücreler belirlenmiş bir ürünler ailesini veya kümesini üretir.

Tesisler: Hücreler genel olarak grup içerisinde kullanılan belirli makina kümesi ve / veya diğer üretim teçhizatı ile donatılmıştır.

Grup Yerleşim Planı: Tüm teçhizat hücre için ayrılmış özel bir alana yerleştirilir.

Hedef: Hücre içindeki tüm personel aynı üretim çıktısı hedefini paylaşır.

Bağımsızlık: Hücreler olabildiğince birbirinden bağımsız olmalıdır. Malzemeleri verildikten sonra hücrelerin başarısı diğer üretim gruplarının başarısına bağlı olmamalıdır.

Büyüklik: Hücre içindeki eleman sayısı sınırlı tutulmalıdır. 6 – 15 kişiden oluşan grup büyüklükleri önerilmekte olup, son araştırmalar 10 işçiden oluşan hücrelerin optimum olduğunu göstermektedir. Bazı durumlarda teknolojik nedenlerle 35 kişilik büyük hücrelere de rastlanmaktadır (Uğraş, 2005).

Sonuç olarak hücresel üretimde amaç, akış tipi üretimi sağlamaktır. Bunu sağlayacak temel gereksinimler de şu şekilde sıralanabilir:

- i. Makinaların olabildiğince süreç sırasına yakın yerleştirilmesi
- ii. Hücrelerin U şeklinde tasarlanması
- iii. Hücre içinde her defasında bir parça yapılması
- iv. İşçilerin hücredeki tüm süreçleri yapacak şekilde eğitilmesi
- v. Operatörlerin, hamile kadınlar ve fiziki engelliler dışında, ayakta durarak ve yürüyerek çalışmasının sağlanması
- vi. Daha küçük ve daha ucuz olan yavaş, amaca yönelik tezgahların kullanımı.

2.5.1.3 Yerleşim tipinin hücreler üzerindeki Etkisi

Bir üretim hücresinin yerleşim düzeni etkin bir çalışma bakımından çok önemlidir. Üretilecek parça ailesinin süreç akış gereği optimum yerleşimi belirleyen en önemli faktördür. Hücreyi tasarlayan yerleşim planı tüm üretim tesisinin bir parçası olarak

görülmelidir. Hücre, tek başına tecrit bir alan olmayıp sonuçta başka bir hücreye, son montaj hattına ya da tekil bir süreç birimine bağlantılandırılmak zorundadır (Uğraş, 2005).

Bir hücre tasarımı yapılırken yerleşim planı bakımından şu noktalara dikkat etmek gerekecektir:

- i. Bir üretim hücresi tüm üretim tesisi içerisinde düşünülüp kendisiyle ilgili çalışan diğer iş birimleriyle bağlantıları göz önünde tutulmalıdır.
- ii. Yerleşim planı, kesintisiz ve istikrarlı bir malzeme/parça akışı sağlamak amacıyla, olabildiğince, ürün ailesinin süreç akış gereklerini yansıtmalıdır. Parçaların süreç akışının ters yönünde hareketinden kaçınılmalı, eğer farklı operasyonlar için aynı tezgâhın kullanımı gerekli ise yıldız yerleşim planı seçilmelidir.
- iii. Yerleşim planı gelecekte düşünülebilecek entegrasyonu göz önünde tutmalıdır.
- iv. Yerleşim planının değiştirilme ihtiyacı olasılığı yönünden olabildiğince esnek olmalıdır.
- v. Malzeme geliş gidişine imkan sağlanmalıdır.
- vi. Süreçler arasında işçinin malzemeye dokunması en aza indirilmelidir.
- vii. İşçi esnekliğine olanak tanımak için işçilerin birden fazla tezgaha ulaşabilme olanağı sağlanmalıdır.

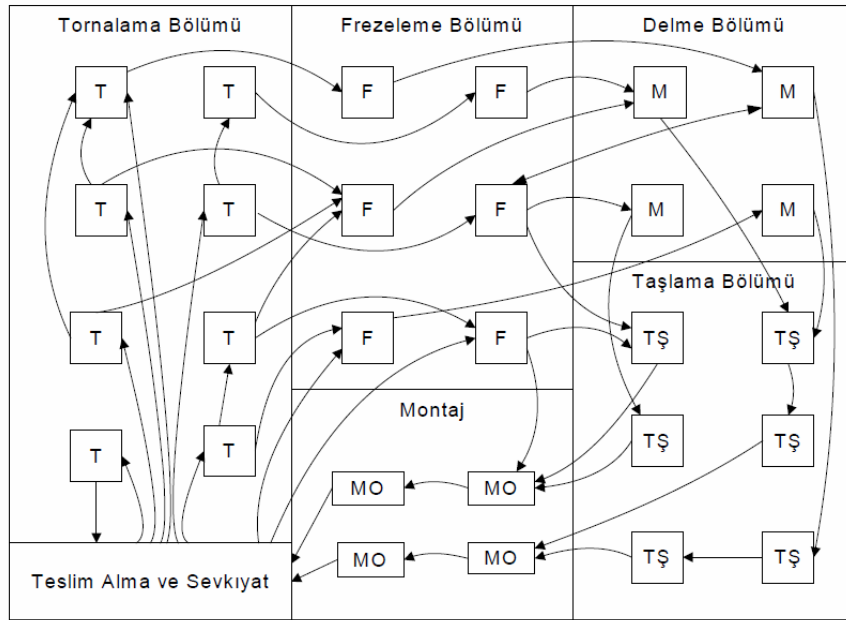
2.5.1.4 Hücre düzenleme problemi

Hücresel imalat, çeşitlilik gösteren ürünleri mümkün olan en kısa sürede ve en az maliyetle üretmeye çalışan bir yaklaşımdır. Her bir hücre; iş istasyonlarının, makinelerin veya ekipmanların bir ürün veya birbirine benzer parça ailesinin üretilmesi için bir araya getirildiği, beklemleri ve taşımayı minimize eden bir yapıdadır. Hücreler, bir süreci, bir parçayı, tüm bir ürünü veya bir parça gurubunu imal etmek için tasarlanabilir.

Bir imalat hücresi, belirlenen parça için ihtiyaç duyduğu tüm üretim kaynaklarını (işgücü, hammadde, makine v.s.) bir grup altında toplayarak ürün veya yarı mamul haline getirmeyi amaçlamaktadır. Hücreler sayesinde tüm üretim kaynakları, birbirlerine yakın olmalarının getirdiği kolay izlenebilme ve iletişim avantajlarından

faaydalanmaktadırlar. Hücresel, değışken üretim ihtiyaçlarının en hızlı şekilde karşılanabilmesi için esnek olarak tasarlanırlar (Güçlü, 2006).

Şekil 2.6'da, fonksiyonel ve Şekil 2.7'de hücreyel yerleşim örneğı görölmektedir. Fonksiyonel yerleşimde çeşitli makineler yaptıkları işlere göre yerleştirilmişlerdir ve atölyede; torna, freze, delme ve taşlama bölümleriyle bir montaj hattı bulunmaktadır. Bir parçanın imalinde, malzemenin bu bölümler arasında, belki de defalarca gidip gelmesi gerekecektir. Üretim akışının değışkenliği sonucu malzeme akışı karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşıklık üretim programlarının hazırlanmasında güçlükler yaratmakta ve bazı istasyonlarda kuyruklar ve bunun sonucu olarak da ara stoklar oluşmaktadır (Güçlü, 2006).



Şekil 2.6 : Fonksiyonel yerleşim planı.

Hücreyel imalat sistemleri içerisinde hücre düzenleme problemini çözmek, üretim hücreleri içerisinde düzenleme/yeniden düzenleme işlemlerinin yapılmasını ve her hücrede ihtiyaç duyulan makina tipi ve sayısının hesaplanmasını sağlar. Hücre düzenleme probleminin çözümü için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bir yaklaşım, parçaların yarıçapı, malzemesi vb. gibi özelliklere dayanarak sınıflama ve kodlama yapmayı içerir. Parça ailelerinin düzenlenmesi için birçok sınıflandırma ve kodlama sistemi geliştirilmiştir (Uğraş, 2005).

Sınıflandırma ve kodlama yaklaşımı pahalıdır ve aynı zamanda tasarım ve kurulum için ciddi çaba harcanmasına neden olmaktadır. Bu limitlerden dolayı hücre düzenleme problemlerinin çözümü için literatüre sunulan Üretim Akış Analizi (PFA) baz alınarak birçok teknik geliştirilmiştir.

PFA’da makina ve parçalar rotalarına göre 0–1 makina-parça matrisi olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : Başlangıç Makine-Parça Matrisi

Parça	Makinalar						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
P1	1	0	0	1	0	1	0
P2	0	1	0	1	1	0	0
P3	0	0	0	1	0	1	0
P4	0	1	1	0	0	0	0
P5	0	1	1	0	0	0	1

Çizelge 2.3’de yer alan matriste “0” p parçasının m makinasına ihtiyaç duymadığını, “1” ise p parçasının m makinasında islendiğini göstermektedir. Hücre düzenleme probleminin çözümü için yukarıda belirtilenler dışında birçok uygulama ve araştırma yayınlanmıştır.

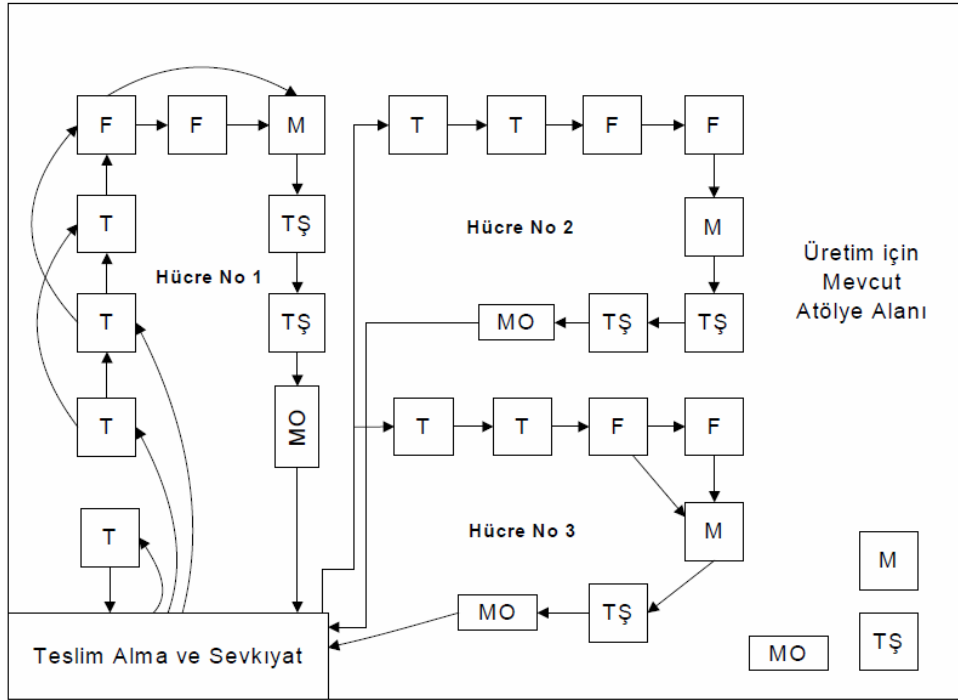
Çizelge 2.4 : Sonuç makina-parça matrisi.

Parça	Makinalar						
	M1	M4	M6	M2	M3	M5	M7
P1	1	1	1	0	0	0	0
P3	0	1	1	0	0	0	0
P2	0	1	0	1	0	1	0
P4	0	0	0	1	1	0	0
P5	0	0	0	1	1	0	1

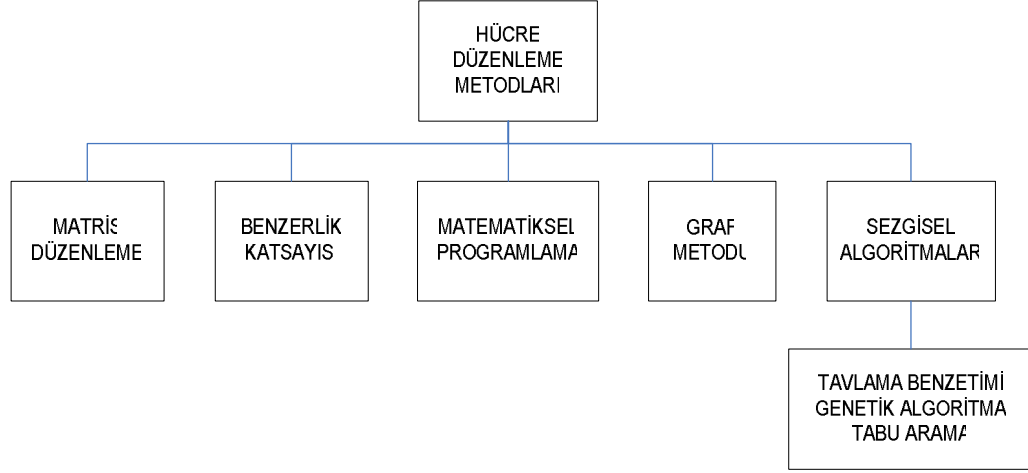
Çizelge 2.4’de yer alan matris sonuç matrisini ifade eder. Her bir blok parça ailesi ve makina grubuyla bir üretim hücresini ifade eder.

Birçok metot optimal çözümü elde etmekle beraber birçok soruna da sahiptir. İlk olarak parça ve makinelerin gruplaması maksimum veya minimum olarak alınan benzerlik veya dış benzerlik indeksi gibi dolaylı indekslere dayandırılmıştır. İkincisi bu tekniklerin birçoğu makina-parça matrisi üzerinde işlem görmeye odaklanmıştır ve üretim hacmi, hücreler arası maliyetler gibi faktörleri dikkate almamıştır. Bir diğer konu olarak bu metotların çoğu parça ailelerini veya makina gruplarını eşzamanlı olarak düzenlememiştir. Son olarak da bu metotların, üretim hücrelerini tanımlamak için kullanıcının gözlemlerine / deneyimlerine ve büyük boyutlu problemlerde uzun hesaplama zamanlarına ihtiyaç duyduğu görülmüştür.

Şekil 12.7'de (Durmuşoğlu, 2009) Şekil 12.6'daki aynı üretimi yapan, ancak makinelerin hücreler şeklinde düzenlendiği bir başka yerleşimi göstermektedir. Her hücre, belli bir parça ailesini üretecek şekilde düzenlenmiştir. İmalat hücrelerinin avantajı, istenilen parçayı minimum malzeme, ekipman, işgücü, zaman ve alanda üretebilmesidir. Bunların doğal sonucu olarak da üretim maliyetleri düşmektedir.



Şekil 2.7 : Hücresel yerleşim planı.



Şekil 2.8 : Hücre düzenleme problem çözümlerinin gruplandırılması.

2.5.2 Hücre oluşturma yöntemleri

Literatürde çeşitli hücre oluşturma yöntemlerine rastlanmaktadır. Bu yöntemler görsel yöntem, sınıflandırma ve kodlama, üretim akış analizi olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Görsel Yöntem, parçaların görsel (geometrik) benzerliklerine göre gruplandırma ve ailelere ayırma işlemidir. Küçük atölye üretimlerinde az çeşit parça söz konusu olduğunda kullanılabilir. Büyük ölçekli fabrikalara uygulandığında beklenen faydayı sağlamaz. Sınıflandırma ve kodlama yönteminde ise her parçaya özelliklerine göre tasarım kodları, imalat kodları ve bu ikisinin bileşiminden oluşan kodlar verilmektedir (Güçlü, 2006).

Yönteme göre, kodları birbirine yakın olan parçalar aynı ailede birleştirilir ve bir veya daha fazla aileyi işleyebilecek makine hücreleri oluşturulur. Brish, Code, Cutplan, Dclass, Multiclass, Opitz problemsiz dokümantasyonu olan kodlama sistemlerinden bazılarıdır.

Üretim akış analizi (PFA) ise parçaların hangi makinelerde işlendiği bilgisini kullanır. Parçalar ve bu parçaların üretilmeleri için gerekli makinelerin gösterildiği bir matris oluşturulur. Satırlarında parçalara, sütunlarında da makinelere yer verilen bu matrisin sıfır olan elemanları, o parçanın o makinede işlemi olmadığını; bir olan elemanları da ilgili makinede işlendiğini gösterir. Bu matris belirli algoritmalarla yeniden düzenlenerek imalat hücreleri ve parça aileleri aynı anda elde edilir. Bu metodun avantajı kod geliştirmeye gerek olmaması ve parça çizimlerinin gerekmemesidir. Kolay uygulanan bir yöntemdir.

Avantajlarının yanında PFA yönteminin bazı kısıtlamaları da vardır. Bunlar;

1. Parçaların boyut, tolerans, malzeme, üretim miktarları gibi özellikleri kullanılmadığından hücelere makine atamalarında yanlışlıklar olabilmektedir.
2. Eski, işlem sırası açısından optimum olmayan işlem planlarının kullanımı yanlış veya verimsiz makine hücrelerinin oluşmasına yol açmaktadır.

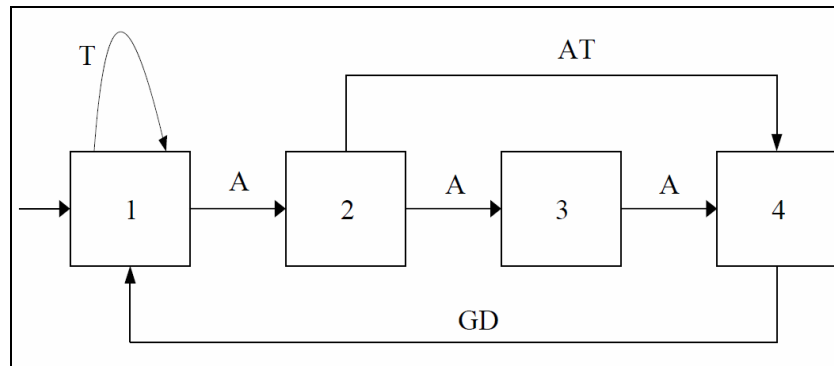
2.5.2.1 Sıralı kümeleme algoritması (ROC Algoritması)

Hücre oluşturma yöntemleri arasında en popüler olanı Sıralı Kümeleme Algoritması'dır. Bu yöntemle bir parça-makine matrisinin satır ve sütunlarını, hesaplanan bir 2^n değerine göre, tekrarlamalı olarak yeniden düzenleyerek diyagonal bloklar oluşturmaya çalışır. 2^n değeri hesaplanırken matrisin her sütun ve satırı için "1" ve "0" değerleri dikkate alınır. 2^n değeri ise her satır ve sütunun bulunduğu sıranın onlu sayı sistemindeki karşılığına göre hesaplanır (Groover, 2001).

2.5.2.2 Hücre içi yerleştirme yöntemleri

ROC algoritması ile hangi makinelerin bir araya getirileceği ve her hücrede hangi parçaların işlem göreceği belirlendikten sonra makinelerin hücre içindeki fiziksel yerleşiminin planlanması gerekir. Etkin bir hücre içi yerleşim planı için, parça akışı mümkün olduğunca parça ailesinin süreç akışı yönünde ardışık hareket etmesi ve geriye dönüş hareketinin en aza indirilmesi gerekir (Groover, 2001).

Şekil 2.9'da hücre içi hareket tipleri gösterilmektedir (Durmuşoğlu,2009).

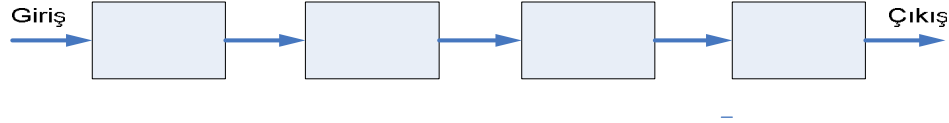


Şekil 2.9 : Hücre içi hareketler.

İşaretler: (A: ardışık hareket, AT: Atlamalı Hareket, GD: Geriye Dönüş Hareketi, T:Tekrarlı Hareket)

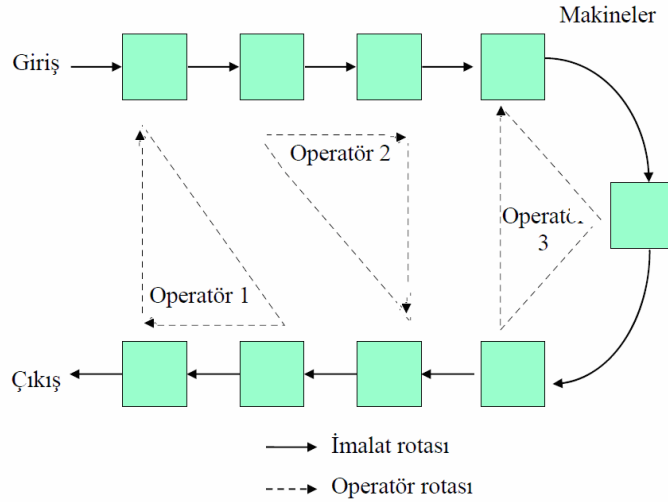
2.5.2.3 Hücre içi makine yerleşim tipleri

Hücrelerdeki makineler akış hattı yerleşimi biçiminde veya U tipi yerleşim biçiminde dizilirler. Akış hattı yerleşimi otomatik taşıma hatlarının kullanıldığı veya geriye dönüş hareketinin olmadığı durumlarda kullanılır (Şekil 2.10). Bu yöntemde ancak, ileri doğru atlamalı hareketler kabul edilebilir. Akış Hattı Yerleşim ile kısa üretim süresi ve düşük stok düzeyi gibi avantajlar sağlanır.



Şekil 2.10 : Akış hattı yerleşim örneği.

Aynı hücrede işlem gören bir veya daha fazla parça ailesinin üretim akışları aynı olmadığı zaman U tipi yerleşim biçimi kullanılır. Bu tip yerleşiminde çoğunlukla atlamalı ve geriye doğru olan taşımalar görülür. Ayrıca, akış hattı yerleşimde makine sayısı fazla olduğunda operatörün son istasyondan önceki ya da baştaki istasyonlara eli boş dönüşü için uzun mesafe kat etmesi gerekir. Şekil 2.11'da verilen örnekte görüldüğü gibi U tipi yerleşimde operatörler makinelere daha kolay ve çabuk ulaşabilmektedir (Güçlü, 2006).



Şekil 2.11 : U tipi yerleşim örneği.

2.5.2.4 Fabrika içerisinde hücrelerin yerleştirilmesi

Fabrika içerisinde hücreler parça taşıma maliyetlerini en aza indirecek biçimde yerleştirilmelidir. Taşıma maliyetini en aza indirmek için aralarında yüksek miktarda

parça akışı olan hücrelerin yakın olması gerekir. Fabrika içerisindeki toplam parça taşıma maliyeti, hücreler arasında taşınan parça sayısı ve aralarındaki mesafeler kullanarak hesaplanır. Genel olarak formüle etmek gerekirse (Güçlü, 2006);

$$\text{Parça Taşıma Maliyeti} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} d_{ij}$$

n = toplam hücre sayısı

i, j = hücre numaraları

X_{ij} = i hücresinden, j hücresine yapılan taşıma miktarı

C_{ij} = i hücresinden, j hücresine birim taşıma maliyeti (YTL/m)

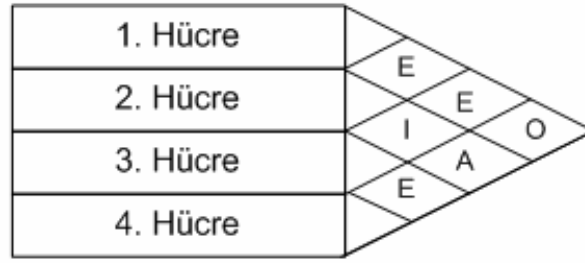
D_{ij} = i hücresi ile j hücresi arasındaki taşıma uzunluğu

Pratikte hücrelerin yerleştirilmesinde, sezgisel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu amaçla hücreler arasındaki ilişkilerin göreceli olarak ifade edildiği “ilişki şemaları” kullanılır. İlişki şemaları tasarlanan üretim hücrelerinin birbirlerine ne derecede yakın olmaları gerektiğini ifade etmekte kullanılan bir araçtır (Güçlü, 2006).

Örnek bir ilişki şeması ve bu şema oluşturulurken kullanılan harflerin anlamları Şekil 2.12’de verilmektedir.

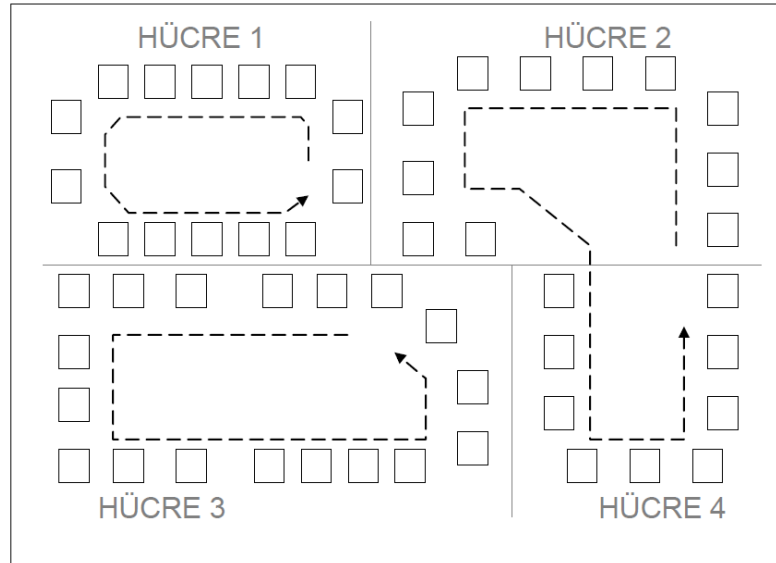
Çizelge 2.5 : İlişki şemasının tanımlamaları.

İŞARET	Hücreler arası yakınlık
A	Mutlaka
E	Çok önemli
I	Önemli
O	Normal
U	Önemsiz
X	Kesinlikle istenmiyor



Şekil 2.12 : Örnek ilişki şeması.

İlişki şemasında belirlenen harflere göre örnek yerleşim planı oluşturulmuş ve Şekil 2.13'de sunulmuştur. Hücreleri yerleştirmede aralarındaki ilişkileri “A” olan hücreler yan yana getirilmeli, “E” olan hücrelerde ise en az bir köşe teması sağlanması literatürde tavsiye edilmektedir (Güçlü, 2006).



Şekil 2.13 : Örnek yerleşim planı.

En basit anlamıyla HÜS, GT'nin atölye sistemine uygulanmasıdır. HÜS' de, ekonomik yararlarını başarmak amacıyla parçalar, parça-aileleri oluşturmak için birlikte tanımlanıp gruplandırılmaktadır.

Diğer yandan HÜS aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

“Hücresel Üretim Sistemi, parçaların, parça aileleri biçiminde ve makinelerin, makine hücreleri biçiminde gruplandığı bir üretim sistemidir. Parça tasarımı ve üretim özelliği benzerliği kümelemeyi başarabilmek için kullanılmaktadır. Hücresel imalat, çeşitlilik gösteren ürünleri mümkün olan en az israfla üretmeye çalışan bir yaklaşımdır.”

2.5.3 Grup teknolojisi ve hücresele üretim

2.5.3.1 Grup teknolojisi tanımı ve amacı

Grup Teknolojisi, ürün tasarımı ve üretiminde ürünler arasındaki benzerliklerden faydalanarak, ürünleri benzerliklerine göre gruplandırmaya dayanan yeni bir üretim felsefesidir. Hücresele Üretim ise Grup Teknolojisinin atölye düzeyine uygulanmasıdır.

Benzer özelliklere sahip parçaları ayırt ederek parça aileleri oluşturmak ve tasarımda ve üretimde bu benzerliklerden yararlanmaktır.

GT, benzer parçaların üretim ve tasarımında benzerliklerinin avantajlarından yararlanmak amacıyla birlikte tanımlanıp gruplandığı bir üretim felsefesidir. Benzer parçalar, parça aileleri biçiminde düzenlenmektedir. Buradaki anlayış, çok sayıda yapım yerine az sayıda oluşturulan ailelerle çalışmak suretiyle verimliliği arttırmaktır. Bu amaçla üretim teçhizatı, makine grupları ya da hücrelere ayrılıp iş akışı, yeni duruma göre düzenlenmektedir.

2.5.3.2 Grup teknolojinin başlıca kavramları

Tüm grup teknolojisi uygulamaları için başlıca 4 önemli kavram vardır:

- a. Sınıflandırma: Bu teknik, belirli verilerin benzerlikler ve temel farklılıklar baz alınarak düzenlenerek organize edilmesini içerir.
- b. Ailelerin Oluşturulması: Aile, belirli bir amaç açısından ortak özellikleri taşıyan parça yada nesnelerin bir araya getirilmesinden meydana gelir.
- c. Basitleştirme: Basitleştirme bilgi ve verilerin üzerindeki kontrolün artırılması amacıyla gereksiz çeşitliliğin azaltılmasını ifade eder.
- d. Standardizasyon: Standardizasyon üretim prosedürleri, parça özellikleri, terminoloji, talimatlar gibi araç yada nitelikler arasından en iyi ya da tercih edilen niteliklerin seçilmesini ifade eder.

KISALTMALAR	ARTAN KARMASIKLIK →							
	0 Sabit Kesitler	1 Uçta Değişenler	2 Menzede Değişenler	3 Dahesi el Bükümöster	4 Bir Uçtan Kapalılar	5 Her İki Uçtan Kapalılar	6 Kademeliler	7 Karmaşıklar
Y(uvaraklar)								
L(amalar)								
P(ırofililer)								
B(orular)								
S(ıclar)								
K(üreler)								

Şekil 2.14 : Parçaların geometrik özelliklerine göre sınıflandırılması.

2.5.3.3 Grup teknolojisi ve hücresel üretim kavramları

Grup teknolojisi oldukça geniş bir kavramdır. Üretim ve endüstri mühendisliği alanlarında pek çok problemin benzer özellikler taşıdığı ve dolayısıyla beraberce çözüldüklerinde büyük bir verimlilik artışının ve ekonomikliğin elde edilebileceği prensibine dayanır. Üretimden satın almaya, pazarlamadan üretim yönetimi ve planlamanın her aşamasında uygulanabilme esnekliğine sahiptir.

Grup teknolojisi kavramı ilk önce 1950'li yıllarda Rus mühendis Mitrafanov tarafından ortaya atıldı (Kalpakjian, 1989). Oradan Batı ve Doğu Avrupa'ya, Japonya'ya ve ABD'ye yayıldı. 1960'lı yılların sonlarında ve 1970'lerde üretim hücrelerinin uygulamaları belirgin bir şekilde ilgi odağı olmuş ve bu konuda yoğun akademik çalışmalar başlamıştır. Günümüzde ise grup teknolojisi özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın bir uygulama alanı bulmuştur.

2.5.3.4 Grup teknolojinin avantajları ve dezavantajları

Grup teknolojilerin temel avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- İş akışını basitleştirir.
- Taşıma miktarları azdır.
- Üretim içi stoklar azdır.
- Toplam üretim zamanı kısadır.
- Makine hazırlık zamanı düşüktür.
- Üretimin kalitesi yüksektir.

- ÜPK faaliyetleri basittir.
- Fabrika kullanım alanını azaltır.
- GT bir veri bankası oluşturur.
- Maliyet tahminlerini kolaylaştırır.

Grup teknolojilerin dezavantajlarından başlıcalar aşağıda sıralanmıştır.

- Bazı üretim araçlarından birden fazla sayıda bulundurulması gerekebilir bu da atölye tipi üretime kıyasla daha fazla sabit yatırımı gerektirir.
- Tezgah kapasite kullanım oranının düşmesine ve tezgah kullanım sürelerinin azalmasına neden olur.
- Tezgahların makine hücreleri veya gruplar halinde yeniden düzenlenmesinde büyük masraflara girilebilir.
- GT kavramları, insanların çalışma şekillerinin değişmesini gerektirir, bu nedenle çalışanları direnciyle karşılaşılabılır.

3. İMALAT SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONLA TASARIMI

3.1 İmalat Sistemlerinin Tasarımı

İmalat sistemlerinin tasarımı, işletme için hayati olmakla birlikte maliyeti yüksek bir süreçtir. Tasarlanan sistem modeli, bilgisayar veya kağıt üzerine tasarlanmış statik bir model olabileceği gibi, tamamen bilgisayar ortamında geliştirilmiş dinamik bir model de olabilir.

Bu süreç içerisinde öncelikle aşağıdaki parametreler tanımlanmalıdır:

- İmalat süreci/makineler: Üretilen parçalara yönelik alternatif imalat tipleri.
- İşlem sıraları ve parça rotaları: Birden fazla sayıda parça üretiminin söz konusu olduğu durumlarda ürün rotaları ve işlem öncelikleri.
- Tesis yerleşimi: Seçilen makine ve tesislerin üretim sürecine uygun fabrika düzenleme.
- Malzeme taşıma: Parçaların sistem içerisine/içerisinden taşınması, parçaların; konveyör, robot, bilgisayar kontrollü raylı araçlar gibi malzeme taşıma araçları ile makine ve iş istasyonlarına yüklenip/boşaltılması, manüel yükleme/boşaltma, vb.
- Yardımcı tesisler: El aletleri, şablonlar, sabitleyiciler vb
- Personel görev atamaları: Geleneksel olarak yukarıda ifade edilen beş parametreye ait özellikler ile kısıtlandırılmıştır.

Bu kapsamda makinaların gerçekleştiremeyeceği görevler insanlar tarafından yapılır. Halbuki bunun yerine; personel görev atamaları, üretim sisteminin etkinliğini ve insanın sisteme olan katkısının değerini maksimize etmek için sistemin diğer elemanlarının gelişimi ile paralel olarak düşünülmelidir. İnsanlar tarafından yapılacak faaliyetler; temel görev analizlerini, personel-makine fonksiyonel ayırımını ve verimlilik, kullanım, güvenlik ve ergonomik açılardan değerlendirilmek üzere yapılan görev analizlerini kapsayabilir.

Karmaşık ve dinamik sistemlerin modellenmesinde etkin bir metot olan benzetim imalat sistemlerinin tasarımı ve performans özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla bir çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Sütçü, 2005).

3.2 Sistem Modelleme

Sistem, birbiriyle sürekli etkileşim halinde bulunan ve bir elemanına yapılan etkinin diğer elemanları da etkilediği, bir amaç doğrultusunda bir araya gelen elemanlar bütünüdür. Sistemler dinamik veya statik olabilir. Statik sistemlerde zamanın önemli bir rolü yoktur. Sistemin belirli bir anlık durumu ile ilgilenilmektedir. Birçok finansal sistem statiktir ve işletmenin belirli bir tarihteki finansal durumunu yansıtır. Dinamik sistemlerde ise sistem zamanla sürekli değişmektedir. Bununla birlikte sistemler kesikli veya sürekli sistemler şeklinde iki kısım olarak da ele alınabilir. Sürekli sistemlerde değişim düzgün bir şekilde olurken kesikli sistemlerde sistem kesikli zaman aralıklarında değişmektedir.

Bir sistemin modellenmesinde, sistem kısıtları veya model varsayımlarının doğru belirlenmesi çok önemlidir. Eğer yanlış belirlenirlerse model sonuçları doğruyu yansıtmayacaktır. Sistem modelleri ise deterministik veya stokastik olmaktadır. Deterministik modeller ile kesin çözümler elde edilebilir, bu durum çoğunlukla analitik çözüm olarak da isimlendirilir. Deterministik modellerde aynı girdi parametreleri kullanılarak her zaman aynı çözümler elde edilmektedir. Örneğin Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ: Economic Order Quantity) stok modelinde olduğu gibi eşitliğin sağ tarafındaki bütün değişkenler biliniyorsa ve sabitse stok bulundurma maliyetini en aza indirecek sipariş miktarı tek değer halinde hesaplanabilir. Uygulamada ise ürün talebi nadiren doğru tahmin edilebilir, çoğunlukla değişkenlik gösterir. Bu gibi durumlarda daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi için stokastik modellerin kullanılması gereklidir. Stokastik modellerdeki değişkenler sabit değerler değildirler, değişkendirler. Böylece aynı şartlar altında farklı sonuçlar elde edilir. Örneğin EOQ modelinde talep değerini her hesaplamada değiştirecek olursak ekonomik sipariş miktarı da değişecektir. Kısacası; stokastik modellerde değişkenler olasılık dağılımları kullanılarak hesaplanır. Doğası gereği stokastik modellerin büyük bir kısmı benzetim ile çözümlenir (Oakshot, 1997).

3.3 Sistem Benzetimi

Sistem benzetimi, sistemlerin davranışlarını tanımlayan, sistemin alternatiflerinin, sistemin matematiksel ve mantıksal modeli kurularak bilgisayarla ya da elle denenmesine imkân veren, sayısal bir analiz yöntemidir. Alman Mühendisler Birliği Yönetmeliğine (VDI- yönetmelik 3683) göre benzetim, dinamik bir sürecin bir modelde oluşturulması, gerçek sisteme aktarılması amacıyla bu modelden çeşitli bulgu ve veriler elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Shannon (1998)'a göre ise, gerçek bir sisteme ait modelin kurulması ve sistem davranışının ve/veya sistem üzerindeki farklı stratejilerin değerlendirilmesi amacıyla bu modelle bağlantılı deneylerin tasarım süreci olarak tanımlanmaktadır.

Benzetim, statik veya dinamik sistemlerle olduğu gibi kesikli veya sürekli sistemlerle de kullanılabilir. Fakat kullanılan benzetim yöntemi farklılık gösterir. Statik sistemlerin benzetiminde Monte-Carlo Benzetim Yöntemi kullanılırken, dinamik sistemlerde kesikli-olay veya sürekli benzetim yöntemlerinden biri kullanılır. Kesikli olay veya sürekli benzetim yöntemlerinden herhangi birinin seçimi, çalışmanın amacına bağlıdır. Örneğin; caddede trafik akışının modellenmesinde araçların bireysel hareketleri önemliyse kesikli olay benzetimi kullanılmalıdır. Buna karşın; araçlar bir arada düşünülürse trafik akışı farklı bir eşitlik halinde sürekli benzetim modeli ile tanımlanır (Law ve Kelton, 1982).

3.3.1 Benzetim kullanımının fayda ve sakıncaları

Sistem analizinde analitik modeller yerine benzetim modellerinin kullanımının; modelin yöneticiler ve müşteriler tarafından anlaşılabilirliğinin daha kolay ve basit olması, model varsayımlarının daha az ve basit olması nedeniyle sistem karakteristiklerini daha doğru yansıtması gibi birçok faydaları ve sakıncaları vardır (Sütçü, 2005).

Diğer faydaları da sırasıyla:

- Herhangi bir kaynak ayırmaksızın yeni tasarımların ve tesis yerleşimlerinin sonucunun test edilmesi,
- Devam etmekte olan üretim sürecine hiçbir şekilde müdahale etmeksizin yeni personel politikaları uygulamanın, organizasyonel yapının ve bilgi akışının değiştirilebilmesi,

- Ürün akışında oluşabilecek darboğazların tanımlanmasına ve akış hızının artırılmasına yönelik alternatiflerin test edilmesi,
- Sistem içinde gerçekleşen belirli olayların nasıl ve niçin oluştuklarına dair hipotezlerin test edilmesi,
- Sürenin kontrol altına alınabilmesi (Böylece; uzun zaman evrelerine hızlı bir gözden geçirme ile kazanılabilecek tecrübe yardımıyla, aylar hatta yıllar alabilen süreçler dakikalar içerisinde yönlendirilebilir veya üzerinde çalışmak için olaylar yavaşlatılabilir),
- Sistem performansı için en önemli değişkenlerin hangileri olduğunun belirlenmesi,
- Eğer-ise. Sorularına cevap arayarak yeni-bilinmedik durumlara yönelik deneyler yapabilməsi.

Yukarıda bahsedilen faydaları yanında benzetimin sakıncaları da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Benzetim modelleme özel beceri gerektiren bir sanattır. Bu nedenle uygulayıcının kabiliyet düzeyi geniş olmalıdır. Çalışmanın kullanılabilirliği model kalitesine ve modelleyicinin becerisine bağlıdır.
- Güvenilir girdi verilerinin toplanması oldukça zaman alıcıdır ve bazen de sorgulanabilir. Yetersiz veri olması durumunda ise gereksinimler karşılanamaz veya yönetimde zayıf karar alınmasına sebep olur.
- Benzetim modelleri girdi-çıkı modelleridir. Veri olarak neler girilirse çıktılar ona göre oluşur. Bu nedenle çözüm yerine koşum ifadesi kullanılır. Optimum çözümü bulmak yerine verilen şartlar altında sistemin nasıl davranacağını test etmeye yarayan bir araçtır.
- Pahalı yazılım ve donanım gerektirir

3.3.2 Benzetim modelleme süreci

Benzetim modelleme süreci genel anlamda 11 aşamadan oluşmaktadır. Tüm aşamalar Şekil 3.1’de gösterilerek, her bir adım aşağıda kısaca açıklanmıştır.



Şekil 3.1 : Benzetim modelleme süreci (Banks, 2000).

3.3.3 Üretim koşumları ve analiz

Deneysel tasarım gerçekleştirildikten ve geçerli bir model oluşturulduktan sonra benzetim koşumlarına başlanır. Modellenen üretim sistemi çeşitli şartlara ve durumlara göre simüle edilerek araştırılır, elde edilen çıktıların istatistiksel analizi yapılır. Çıktı analizinde amaç;

- Bir sistem için performans ölçüsünün güven aralığını oluşturmak,
- Birden fazla sistem için en iyi performans ölçütüne sahip olan alternatif sistemi belirlemektir. (Dengiz, 2005).

Benzetim koşum sonuçları dikkate alınarak ek koşumlara veya model üzerinde ek senaryolara gerek olup olmadığına karar verilir. Burada benzetim bir sistemin planlanması, değerdendirilmesi ve karar verilmesi çerçevesinde kullanılan yöntem, sadece bir araçtır. Sistem verilerinin hazırlanması, modellenmesi, sonuçlarının analizi ve yorumlanması planlamacının bilgi, beceri ve kabiliyeti ile doğrudan ilişkilidir.

Benzetim sonuçlarının analizinde bazı benzetim yazılımları kendileri gerekli hesaplamaları yaparak raporlama yapabilmektedir. Bunlara ek olarak SAS, SPSS, MINITAB gibi istatistik yazılım paketleri de kullanılarak kapsamlı analizler gerçekleştirilebilir.

3.3.4 Sonuçların raporlanması ve sunumu

Bütün analizlere yönelik raporlar açık ve özlü bir şekilde raporlanmalıdır. Böylece model kullanıcısı, analiz sonuçlarına göre karar verebilir, alternatif sistemlere ait ölçütleri karşılaştırabilir. Aynı zamanda modelin güncellenmesi gerektiğı takdirde yeterli dokümantasyonun el altında bulunması büyük oranda kolaylık sağlayacaktır.

3.4 En Uygun Seçeneğın Uygulanması

Yukarıda anlatılan aşamalar sonucu hazırlanan raporlar ve ek bilgiler, karar verici tarafından değerdendirilir. Eğer karar verici bütün çalışma periyodu süresince, çalışmalara katılmışsa başarılı bir uygulama olasılığı daha da artacaktır. Bu bilgiler doğrultusunda karar verici en uygun seçeneğı seçer ve uygular.

4. ÜRETİM KONTROL STRATEJİLERİ

Üretim sistemleri, müşterilere ulaştırılacak son ürünlerin yaratılması amacı ile montaj, ısıtma işlemi, torna vb. operasyonlardan oluşan sistemlerdir. Bu üretim aktiviteleri genellikle farklı aşamalarda toplanmakta, böylelikle planlama, kontrol ve kaynak yararlanımı (makine, işgücü ve malzeme) etkin ve kolay bir şekilde sürdürülmektedir. Bu farklı aşamalarda toplama işi birkaç yolla yapılabilmektedir. Bunlardan biri bütün üretim sistemini tek bir aşama altında toplamaktır. Diğer bir yol ise üretim sistemindeki her makineyi farklı bir aşama olarak düşünmektir. Tipik bir üretim sistemi çeşit sayısı fazla olan ürünler ürettiği için bu sistemleri ele alırken birçok yapılandırma mümkün olmaktadır.

Malzeme kontrolü, bir üretim sisteminde hammadde alımından son ürünün müşteriye dağıtımına kadarki tüm aşamaların yönetilmesidir. Bir malzeme kontrol stratejisi, süreç içi stoğu, temin sürelerini ve maliyetleri düşük bir seviyede tutarak iyi bir müşteri hizmet seviyesini yakalamak için ne zaman ve ne kadar üretim yapılması gerektiği soruları üzerinde durmaktadır. Hangi ürünün ne zaman üretilmesi kararı, malzeme yönetimine, makinelerin kullanım oranına ve iş gücü kapasitesine yakından bağlı konulardır. Bir üretim sisteminin rekabetçiliği; üretim maliyetlerine, servis seviyelerine ve temin süresinin uzunluğuna bağlı olduğu için üretim sisteminin karlılığının belirlenmesinde uygun malzeme kontrol stratejisinin seçimi ve performansı çok önemlidir.

Göz önüne alınan bir üretim sistemi için uygun malzeme kontrol stratejisinin tasarlanması sistemdeki üretim kapasitesinin değişkenliği, kuyruktaki beklemler ve ürün taleplerindeki rastsallıktan kaynaklanan bağımsız dinamiklerden ötürü zor bir eniyileme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim sistemleri, en uygun kontrol stratejisini bulmak için formüle etmeye çalışılabilir ancak en uygun kontrol stratejisi çok sınırlı sayıda sistemler ve üretim çevreleri için mümkündür.

Daha da önemlisi en uygun kontrol stratejisini pratikte uygulamak çok zor olabilmektedir. Bu şekilde tüm üretim sistemi için en iyi stratejiyi bulmak yerine uygulanması kolay olan bir sınıf alt en iyi politikalar araştırmak hem bulunan stratejinin uygulanmasını kolaylaştırmakta hem de ilgilenilen alanda daha iyi

sonuçlar vermektedir. Bu alandaki çoğu çalışmada birkaç sayıda değişkene bağlı olan basit üretim kontrol politikaları geliştirilmekte ve değerlendirilmektedir. Aşağıda başlıca üretim planlama ve kontrol stratejileri tanımlanacak ve açıklanacaktır (Ağlan, 2009).

Malzeme planlama ve kontrol stratejileri itme, çekme ve melez sistemler olmak üzere sınıflandırılabilir. İtme ve Çekme sistemleri arasındaki fark iş emirlerinin iş istasyonlarına ulaşma şekline göre yapılmaktadır. İtme tipi bir üretim kontrol sisteminde üretim; siparişinin verilmesi, son ürünün teslim süresi ile planlanan temin süresi dengelenerek başlatılmaktadır. Çekme tipi bir üretim kontrol sisteminde ise üretim; bitmiş ürün stoğundan ürün çekilmesi ile başlatılır. Diğer bir deyişle itme tipi bir üretim kontrol stratejisi, işin başlatılmasını talep tahmini ile çizelgelemektedirken çekme tipi üretim kontrol stratejisinde işin başlatılması, talebin gerçekleşmesi ile oluşmaktadır. İtme sistemleri malzeme gereksinim planlaması (MRP) ile eş anlamlı olarak, çekme sistemleri ise kanban kontrol sistemleri ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. CONWIP (Constant work In Process) ya da POLCA (Paired-Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) gibi farklı itme ya da çekme sistemlerinin ya da her iki sistemin değişik özelliklerini birleştiren sistemler ise melez sistem olarak adlandırılmaktadır (Ağlan, 2009).

4.1 İtme Sistemleri

İtme sisteminde, üretim programına göre üretilmesi gereken miktar işlem sırasındaki ilk iş istasyonuna bildirilir. Bu iş istasyonunda gerekli işlemler sağlandıktan sonra, parçalar takip eden iş istasyonuna gönderilir ve bu işlem üretim tamamlanıncaya kadar devam eder. İtme sisteminde üretici istasyon, kullanıcı istasyonun bu parçalara gerçekten ihtiyacı olup olmadığını dikkate almaksızın onları itmektedir. Bu sistemde parçayı üreten ile kullanan arasında doğrudan bir ilişki söz konusu değildir. Üretim istasyonları arasındaki ilişki üretim kontrol sistemi tarafından sağlanmaktadır. İtme sistemi çoğu zaman üretim ve kullanım miktarları arasındaki farklılık nedeniyle iş istasyonları arasında gereksiz yarı mamul stoklarına neden olmaktadır. Ayrıca malzemenin gerek duyulan iş istasyonlarına erken veya geç varması üretim sürecinin uzaması, maliyetlerin artması ve müşteri memnuniyetsizliği gibi problemlere neden olmaktadır. (Mosavi, 2005).

İtme sistemleri genellikle malzeme gereksinim planlaması ile özdeşleşmiş sistemlerdir. Malzeme gereksinim planlaması üretim planlama ve malzeme kontrol sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Malzeme gereksinim planlaması ana üretim çizelgesi (MPS) ile başlamaktadır. Ana üretim çizelgesi, göz önüne alınan dönemde son ürünlerin üretim emrinin zamanını ve üretim miktarlarını belirtir. Bu bilgi stoka üretim yapan üretim sistemlerinde hedeflenen stok seviyelerinden ya da sipariş üretimi yapan sistemlerin teslim sürelerinden elde edilebilir (Ağlan, 2009).

Malzeme gereksinim planlaması ve üretim kaynak planlaması: Malzeme gereksinim planlamasının ana prensipleri yıllardır kullanılmaktadır. Ancak malzeme gereksinim planlamasının hesaplamaları için kapasitesi yüksek bilgisayarlar gerektiği için bu prensipler tam olarak yerine getirilememektedir. Malzeme gereksinim planlaması, stoğu üretim planlama ile birleştirmektedir. Bu birleştirme elle yapılması karmaşık çizelgeleme prosedürlerinden ve veri güncellemelerinin dinamik yapıda olmasından dolayı çok zaman almaktadır. Bilgisayar kullanımı arttıkça malzeme gereksinim planlaması yönetim bilişim sistemleri için ideal örnekler oluşturmuştur. Bu nedenle malzeme gereksinim planlaması, satış, ana üretim çizelgesi, ürün reçetesi, satın alma siparişleri, süreç içi stok ve temin süreleri arasında fonksiyonel bir denge oluşturmaktadır. Bu denge ise üretim ile ilgili üretme ya da satın alma, gönderme ya da depolama, kapasitenin azaltılması ya da arttırılması ile ilgili konularda karar almaya yardımcı olmaktadır. Malzeme gereksinim planlamasının genişletilmiş hali üretim mühendisleri için yalnızca planlamadan oluşmayan, daha fazla kontrol mekaniğinin olduğu bir durumdur. Ana üretim çizelgesi makine çalışma süresi, iş gücü süresi ve sermaye gibi bağımlı değişkenlerle birleştirilir. Üretimin seyri ve tedarikçi bilgileri de son ürünün üretilme zamanını ve üretim miktarlarını belirlemede göz önüne alınır. Tüm bölümlerin MRP II veritabanına geçiş izni bulunmaktadır ve üretim alanında bu bilgilerin üzerinde az da olsa değişiklik yapılma hakkı vardır. Satın alınan MRP II yazılımlarında ürün reçetesi, parça rotaları ve üretim sürecinde bir kontrol bölümü bulunmaktadır. Bu sisteme kapalı devre MRP sistemi denilmektedir (Ağlan, 2009).

4.2 Çekme Sistemleri

Çekme sisteminde, talep son iş istasyonuna bildirilir. Bu istasyon ihtiyaç duyduğu malzemeyi bir önceki iş istasyonundan talep eder ve çeker. Bu işlem hammadde kaynaklarına kadar devam eder. İdeal çekme sisteminde her bir üretim aşamasındaki stok 1 birimdir. Bir istasyona talep geldiğinde, bu 1 birim stok talebin geldiği iş istasyonuna bildirilir. Stoğun alınması, söz konusu iş istasyonuna alınan stoğun yerine konulması için bir birim üretme yetkisi verir. Çekme sisteminde böyle bir yetki olmaksızın üretim yapılamaz.

Çekme sisteminde üretici ve kullanıcı istasyonlar arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Kullanıcı istasyonda bir problem çıktığında üretici istasyon bu probleme karşı duyarlı olur. Üretici istasyonda bir problem çıktığında kullanıcı istasyon yerine göre üretimi durdurmak zorunda kalabilir. Böylece üretici ve kullanıcı istasyonlar arasındaki farkın nedenleri görünür hale gelir.

Sistem ana çizelgeyi ve üretim oran çizelgelerini kurmak ve tedarikçilerden ihtiyaç duyulan parçaları tahmin etmekte MRP çıktısı kullanılmaktadır. Bitmiş ürünler stokundan önce son sürecin gerçekleştiği iş merkezinden başlayarak, sistem, tahminlerde listelenen ürünlerin yapılması için gereken malzemeyi çeker (Mosavi, 2005).

Çekme tipi kontrol sistemleri talepteki değişimlere hızlı cevap vermeyi amaçlayan basitleştirilmiş bir tekniktir. Bu teknik en az derecede veri tutmayı ve basit metotları gerektirmektedir. En yalın şekilde anlatılacak olursa üretimin ileriki aşamasındaki makineler taleplerine bağlı olarak geri aşamadaki makinelerin çıktı tamponlarında üretilen ürünleri çekmektedirler. Önceki aşamalara belirli bir parçaya ait talebi gösteren bir çeşit sinyal (kanban kart şeklinde, konteynır şeklinde, etiketlerle vb.) gönderilir. Bu nedenle ürün akışı ve bilgi akışı ters yönlerde gerçekleşmektedir. Ürün akışı, önceki aşamalardan sonraki aşamalara doğru, bilgi akışı, sonraki aşamalardan önceki aşamalara doğrudur.

Çekme sisteminin ürün talebine olan büyük hassasiyeti belli durumlarda bu sistemi itme tipi üretim sistemine göre daha tercih edilir kılmaktadır (Ağlan, 2009).

4.2.1 Kanban sistemi

En popüler çekme sistemi kanban kontrol sistemidir. Çekme sistemleri işi başlatma durumunu mevcut stok seviyesini kontrol ederek belirler. Neredeyse tüm kanban sistemleri stok üzerinde sıkı bir kontrol uygulamaktadır. Pratikte çekme sistemleri kart döngüleri ve yetkilendirme sinyalleri kullanarak üretim sisteminin farklı istasyonlarında iş akışını düzenlemektedir. Her bir kart döngüsü sınırlı sayıda kart içermektedir bu da herhangi bir zamanda sistemdeki toplam iş sayısını sınırlamaktadır. İşler bir istasyondan diğerine ancak ve ancak gerekli kartlar mevcut ise gönderilmektedir. Süreç içi stoğun yapısına ve tipine bağlı olarak farklı çekme sistemleri kullanılmaktadır (Ağlan, 2009).

4.2.2 Kanban sisteminin avantajları ve dezavantajları

Kanban sisteminin avantajlarından aşağıda sıralanmıştır.

- Doğru parça kontrolü: İstenen parçaların, istenen zamanda, istenen miktarda elde edilmesi anlamına gelir. Kanban, sadece ihtiyaç duyulduğunda istenen miktarda parçanın üretimini başlatmak suretiyle, parça kontrolünü sağlar.
- Stok düzeyini azaltır. Bir sonraki işlem bir önceki işlemden gerekli zamanda, gerekli miktardaki gerekli ürünleri çektiği ve bu işlemde, sonraki işlem tarafından çekilmiş miktarlarda üretim yaptığı için süreç içi stok miktarı azalmıştır.
- Kaliteyi geliştirmek. Stokları azaltmak suretiyle kanban kalite gelişimine yardım eder. Stok seviyeleri aşağı çekilir ve geri dönüşü hızlandırılırsa, kalite, gizli kusurlar, bozukluklar, eski yöntem ve mühendislik değişiklikleri tarafından daha az etkilenecektir.
- Genel giderlerin azalması. Merkezi depoları bırakmak suretiyle depolama maliyeti azalır. Parça miktarları azaldığı için de taşıma maliyeti azalır. Kanban, atölyede elle kontrol edilebildiği için geniş eleman kadrosu ve büyük bilgisayar sistemlerine gerek duymaz. Kanban sayısı sabittir ve kartlar yeniden kullanılabilir; çok az veya hiç taşıma gerektirmez.
- Müşteri hizmeti gelişir. Kanban sayıları ve ön süreler doğru hesaplandığında, parçalar için gerekli işlem süresi hiçbir zaman aşılmaz. Bu da bize teorik olarak sıfır ön hazırlık zamanı ile herhangi bir zamanda herhangi bir montajı yapma

imkânı sağlar. Sonuç olarak, müşterinin istediği şeyi, istediği zamanda ve miktarda vermek suretiyle müşteri tatmini artırılır (Özgürler, 2007).

Kanban sisteminin dezavantajlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Kanban, tekrarlı üretim sistemi içindir. Tekrarlı olmayan üretim sistemlerinde bazı değişiklikler, geliştirmeler yapılmadan başarılı olamaz.
- Sağlam bir çizelge, standart taşıyıcılar ve sıkı bir disiplin gereklidir. Düzensiz değişimlere ya da piyasadaki talepte meydana gelen beklenmedik değişikliklere kolayca yanıt veremediği için, esnek olmadığı söylenebilir. Yan sanayi ile büyük bir işbirliğine ihtiyaç vardır.
- Modern işlem teknolojilerine önem verir ve yeni metotlar, takım ve teçhizat bulunması için oldukça fazla miktarda yatırıma gereksinim duyar (Özgürler, 2007).

4.2.3 Diğer çekme sistemleri

Drumbuffer Sistemi: Darboğaz makinelerine/aşamalara göre üretimin senkronizasyon içinde olmasını sağlamaya çalışır.

Temel Stok Değerlendirmesi: Çalışma felsefesi kanban ile aynıdır. Yalnızca talep bilgisi son istasyondan ziyade tüm aşamalara gönderilmektedir. Her makinede belli bir hacimde stok tutulmaktadır.

Periyodik Çekme Sistemi: Bu sistemin de çalışma felsefesi kanban ile aynı olmakla birlikte tek fark kartların yerini bilgisayar almasıdır.

Uzun Çekme Sistemi: Bu sistemin kanbandan tek farkı bir parça sistemden çıkmadan diğer parçanın sisteme girememesi durumu söz konusudur (Ağlan, 2009).

4.2.4 Statik ve dinamik çekme sistemleri

Kanban sisteminin tasarlanmasında kanban kart sayılarının hesaplanması önemli bir konu olduğu için en uygun sistem performansına ulaşmak için kanban sayılarını hesaplayan benzetimli tavlama yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu algoritma yerel optimumlardan uzak durmaya çalışan ve nihayetinde küresel en iyiye ulaşmayı amaçlayan bir araştırma tekniğidir.

Bu yaklaşım belli bir zaman aralığında kullanılması gereken sabit kart sayısına karar vermektedir. Bu sabit kart sayısı dinamik kanban sisteminin statik olan kısmıdır. Bu

elde edilen kart sayıları talebin gelişler arası süresinin dağılımına, üretim işlem süreleri gibi talep bilgilerine bağlıdır. Eğer önceki talep bilgileri elde edilemiyorsa ya da talep beklenenden farklı bir şekilde değişiyorsa dinamik kontrol uygulaması kısıtlı kalmaktadır. Ayrıca eğer her dönemde taleple ilgili bilgiler değişiyorsa önerilen bu algoritmanın her dönemde yeniden çalıştırılması gerekmektedir.

Dinamik çevrelerde talebin ve işlem sürelerinin özelliği değişkenliktir. Bu nedenle statik bir kanban kontrolü değişken bir sistemde iyi bir performans garantisi vermemektedir. Bu nedene böyle bir üretim ortamı için dinamik kanban kontrolü iyi bir çözüm önerisi olarak düşünülebilir. Dinamik kanban kontrolü mevcut sistem durumunu göz önüne alarak herhangi bir karar evresinde diğer bir evreye kadar kaç tane kanbanın kullanılacağı sorusuna cevap aramaktadır. Bu yaklaşım kanban kontrolüne esneklik getirirken benzetimli tavlama algoritmasındaki kısıtlamalara sahip değildir. Dinamik kanban kontrolü yaklaşımı mevcut talep bilgisini mevcut sistem durumunun bir parçası olarak görmektedir. Bu sistem geçmiş talep bilgisine ihtiyaç duymamaktadır. Bu durumda da dinamik çevrelerde kanban sayılarının statik kaldığı sisteme göre dinamik kart kontrolü daha uygulanabilir bir sistemdir (Ağlan, 2009).

4.3 İtme- Çekme (Melez) Sistemler

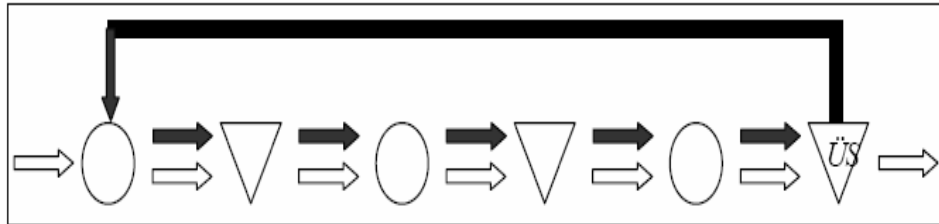
Basitleştirilmiş üretim hatlarında yapılan analitik çalışmalar kadar kanban sistemlerinin başarılı uygulamalarında da çekme sistemleri ve bunun versiyonlarının genel olarak itme tipi sistemlere daha üstün olduğu bulunmuştur. Çekme sisteminin destekleyicileri bu sistemin daha geniş çevrelere uygulanabileceğini düşünmektedirler. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar bunun doğru olmayabileceğini vurgulamaktadır. Yapılan araştırmalarda ürün çeşitliliğinin çok olduğu, taleplerin değişken olduğu ortamlarda ya da küçük hacimde hatta yüksek mühendislik gerektiren ürünlerin üretildiği üretim çevrelerinde bu sistemin başarısızlığa uğrayabileceği gösterilmektedir. Ürün çeşitliliğinin çok olduğu, talep değişkenliğinin fazla olduğu ve müşteriye özel ürünlerin yapıldığı üretim çevrelerinde hem itme tipi hem de çekme tipi kontrol elemanları kullanılmalıdır (Ağlan, 2009).

4.3.1 CONWIP sistemleri

Son zamanlarda Kanbana alternatif olarak CONWIP kavramının ağırlık kazandığı görülmektedir. CONWIP kavramının altında yatan düşünce bir iş hattı ayrılırken, yeni bir işin sisteme tanıtılmasıdır. CONWIP’de itme ve çekme beraberce kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, yeni işler, farklı parça sayıları ile belirli bir süreç içi stok oluşuncaya kadar sisteme tanıtılabilirler. Bu sebepten dolayı hattaki süreç içi stok seviyesi sabittir ve farklı seviyelerde ayarlanabilir (Nomak ve Durmuşoğlu, 2003).

CONWIP, kanbanın genelleştirilmiş şeklidir. Kanban gibi, CONWIP sistemleri de sinyaller ile çalışır. CONWIP sisteminde, kartlar tüm üretim sistemini kapsayan bir devre üzerinde dolaşırlar. Bir kart, hattın başında bekleyen parça konteynırına iliştilir. Konteynır üretim boyunca tüketilir ve hat sonunda kart konteynırdan ayrılarak hattın başına başka bir parça konteynırına iliştilmek üzere kart sırasına gönderilir. Bir kanban sisteminde, her bir kart belirli bir ürünün üretimi için işaret olarak kullanılır. CONWIP üretim kartları üretim hatlarına atanır, doğrudan belirli bir ürüne atanmaz. Parçalar hattın başında kartlara atanır. Hangi parçanın hangi karta atanacağı, bir gecikmiş iş listesine göre yapılır. Hattın ilk istasyonunda üretim başladığı zaman üretimde tüketilecek parçalar için bir kart sıradan ayrılır ve gecikmiş işler listesindeki hammadde hazır ilk sıradaki iş ile eşleşir.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi, bir parça serbest bırakıldığında, bitmiş ürün halini alıncaya kadar işlenir ve son stok alanında müşteriye gönderilmek üzere hazır hale geldiğinde, zincirde yer alan ilk iş istasyonuna diğer parçanın yüklenmesi için izin verilir. Şekilde görülen beyaz oklar parçanın hareketini ve siyah oklar da serbest bırakma yetki çevrimini göstermektedir.



Şekil 4.1 : CONWIP kontrol sistemi (Şenyılmaz, 2006).

Gecikmiş işler listesinin bakımı ve güncellenmesinin sorumluluğu üretim ve stok kontrol görevlisindedir. Gecikmiş işler listesindeki birçok giriş ana üretim programına göre yapılacaktır. Diğer girişler, beklenmeyen siparişlerin alınması ile birlikte listeye eklenmesi şeklinde olacaktır. Hiçbir şekilde (üretimi hızlandırmak adına bile olsa) bir üretim kartsız başlamaz ve buna izin verilmez.

Hat üzerindeki tüm süreç merkezlerinde kullanılan sıralama kuralı “ilk gelen ilk hizmet görür”dür (first come first served – FCFS). Diğer bir deyişle, en küçük sisteme giriş zamanına sahip olan iş ilk başlar. Tek istisna çok yüksek önceliği olan yeniden işlemleridir.

CONWIP sisteminin parametreleri şunlardır:

- m, kart sayısı: Bu parametre sistem içinde maksimum WIP seviyesinin belirlemek içindir.
- q, üretim kotası: Bu parametre belirli bir periyot için hedeflenen üretim miktarını gösterir.
- n: ileriye dönük olarak maksimum iş miktarı.
- bir periyot içinde $q + n$ kadar miktar üretilmiş ise, hat diğer üretim periyodu başlayana kadar duracaktır.
- r: kapasite yok satma tetiği. Bu parametre t'ye bağlı gerçek üretim miktarı fonksiyonudur. Tetik fonksiyonu, ek bir kapasitenin kullanılması gerektiğini gösterir (örneğin fazla mesai programlanmalıdır).

Bahsedilen bu parametrelerin optimizasyonu hali hazırda süren çalışmaların bir amacıdır. Optimal değerlerin bulunması, ekonomik ödünleşmelerin göz önünde tutulması ile olacaktır. n ve/veya m'nin artırılması, yüksek stok seviyeleri oluşturacağı gibi müşteri hizmet seviyesini yükseltecektir. q'nun artırılması ise düşük hizmet seviyelerinde beklenen gelirleri artıracaktır. CONWIP uygulamaları için, kanban uygulamacıları tarafından önerilen yaklaşım şu şekildedir; stok parametreleri olan n ve m'i optimal seviyelerinden daha yüksek olarak sistemde tanımlayın, fazla mesai durumlarında bu parametreleri göreceli olarak azaltın. Bazı durumlarda, CONWIP bir girdi-çıkı kontrol sistemi olarak düşünülebilir. CONWIP, bir fabrika ortamında girdi-çıkı kontrol uygulamaları için pratik bir metot sağlar. CONWIP hattındaki kaynaklar darboğazlara göre düzenlenir. Hat üzerinden istenilen çıktıyı elde etmek için yeterli kaynakların bulunduğu varsayımı yapılırsa, doğru sayıda karta

sahip bir CONWIP sistemi sadece darboğazları meşgul edecek kadar WIP'yi taşıyacaktır. Eğer iş darboğazın arkasında yığılmaya başlarsa, kart hattın sonuna taşınmayacak, yeni işe başlanmayacaktır. Diğer yandan, eğer darboğaz işini çok hızlı bir şekilde bitirirse kartlar çok hızlı bir şekilde sisteme girecektir (Şenyılmaz, 2006).

Temin sürelerini etkileyen faktörler:

Klasik MRP sisteminde üretim alanının performansını ölçmek için kullanılan faydalanma terimi QRM'i (Quick Response Manufacturing) adapte eden firmanın temin süresi performansını ölçmede yeterlilik göstermemektedir.

Faydalanma terimi genellikle üretimin yapıldığı (makinelerin çalıştığı) toplam zamanın toplam çalışma süresine oranı olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu şekilde bir hesaplama yöntemi QRM açısından yanlış bir yöntemdir. Örneğin üretim bölümünde kalite ile ilgili bir toplantı varsa o saatler arasında makineler çalışmayacak ve o günün faydalanma oranı düşük olacaktır. Bu durum da verimsizlik olarak algılanacaktır. Bunun gibi birçok neden faydalanma teriminin hesaplama şeklinin eksikliğini ortaya koymaktadır.

QRM'de kullanılan faydalanma terimi daha farklı bir şekilde hesaplanmaktadır. Hesaplamanın nasıl yapıldığına geçmeden önce bazı terimleri açıklayalım.

TJ = Bir siparişin yapılması için geçen süre. (Hazırlık süresi ve siparişteki tüm parçaların işlem süresini içerir.)

SJ = Bir siparişin işlenme süresinin standart sapması.

TA = Siparişlerin iş merkezine gelişler arası süresinin ortalaması.

SA = Siparişlerin iş merkezine gelişler arası süresinin standart sapması.

U = iş istasyonunun faydalanma oranı. (iş istasyonunun bir siparişle çalıştığı zaman oranı)

Q = iş istasyonunda hizmet almayı bekleyen ortalama iş miktarı.

WIP = Sistemdeki ortalama yarı mamul stok miktarı. (hizmet almayı bekleyen ve hizmet gören iş sayısı)

QT = Bir işin hizmet almak için beklediği ortalama süre. (Bir siparişin iş merkezinde ulaşmasından işlenmesine kadar geçen süre)

LT = Bir siparişin ortalama temin süresi. (Siparişin iş merkezine ulaşmasından tamamlanmasına kadar geçen süre)

Faydalanma oranı;

$$U = TJ / TA \quad (4.1)$$

şeklinde tanımlanır.

QRM’de kullanılan diğer performans ölçütleri için de birkaç gösterim açıklayalım.

$$VRA = \text{Gelişler için değişkenlik oranı} = SA / TA \quad (4.2)$$

$$VRJ = \text{İşlem süreleri için değişkenlik oranı} = SJ / TJ \quad (4.3)$$

$$V = \text{Toplam değişkenlik} = VRA^2 + VRJ^2 \quad (4.4)$$

$$M = \text{Faydalanmanın bütütücü etkisi} = U / 1-U \quad (4.5)$$

Yukarıdaki ilk iki oran standart sapmanın ortalama ile karşılaştırıldığında ne kadar geniş olduğunun bir ölçüsüdür.

$$QT = (1/2) V \times M \times TJ \quad (4.6)$$

iş istasyonundaki her işin hizmet bekleme süresi ve işleme süresi bulunduğu için ortalama temin süresi;

$$LT = QT + TJ \quad (4.7)$$

Parti büyüklüklerinin etkisi:

Bunu açıklamak için bir firmada incelenen bir dönemde üretilebilecek toplam ürün miktarının sabit olduğunu kabul edelim ama parti büyüklüğünün değiştiğini varsayalım. Bu firmadaki iş istasyonunda tek makine olsun ve müşteri taleplerinde de ufak tefek değişiklikler olsun (ürün tasarımı açısından) ama yine de bu makine tüm çeşitlerin üretilebileceğini varsayalım. Bir yıl boyunca her müşteriden gelecek talep toplamı aşağı yukarı biliniyor olsun ancak müşteri talebinin ne zaman geleceği tam olarak bilinmiyor. Böyle bir durumda parti büyüklüklerini ayarlama geleneksel yaklaşım en etkin çözümün her müşteri talebi için makinenin bir kere kurulup müşterinin o yıla ait tüm talebinin tek seferde üretilmesi olabilir. Böylece yıl boyunca yapılacak tüm hazırlıkların maliyeti ve süresi en küçüklenir. Ancak stok maliyeti çok olur. Bu durumla baş etmek için de stok ve hazırlık maliyetlerini en küçükleyen ekonomik sipariş miktarı formülü çözüm olarak önerilebilir. Bu formül de tamamen itme mantığına dayalı bir mantık ile çalıştığı için ve temin sürelerinin azaltılması amacını taşımadığı için QRM felsefesi ile ters düşmektedir.

Tüm bu seçeneklerin ötesinde QRM’de uygulanacak parti büyüklüğünün nasıl olduğuna geçmeden önce birkaç kavramı açıklayalım.

D = Dönem boyunca gerçekleşen talep

H = Dönem boyunca toplam çalışma saati

L = Her siparişin ortalama parti büyüklüğü

Eğer müşteri siparişi tek tek geliyorsa (parti büyüklüğü 1 ise) H saatte D adet sipariş gelmiş olur yani siparişlerin gelişler arası süresi H/D saat/adet'tir.

Eğer her müşterinin sipariş büyüklüğü L ise siparişlerin GAS = $H \div (D/L)$

Yani $L \times (H/D)$ olur. (4.8)

Başka bir şekilde açıklayacak olursak;

TA1 = Sipariş büyüklüğünün 1 olduğu durumda siparişin gelişler arası süresi = H/D

TA = Sipariş büyüklüğünün L olduğu durumda siparişin GAS = $L \times TA1$

Bir siparişin toplam tamamlanma süresi;

TJ = TSU + L TJ'dir. (4.9)

TSU = Bir sipariş için hazırlık süresi

TJ1 = Bir parçayı üretmek için gerekli süre

4.3.2 POLCA kontrol sistemi

Bugünün pazarında kişiye özel ürünlere olan talep artmaktadır. Bu ürünler birçok seçenek içerisinde oluşturulan ürünler ya da mühendislik ürünleri olabilir. Bu şekilde çeşidi çok olan ya da mühendislik ürünleri üreten firmalar üretim alanında verimli malzeme kontrol stratejilerini uygulamada zorluk yaşamaktadır. Bu şekilde talebin değişkenliğinin çok olduğu ortamlarda takt süresi, akış süresi gibi yalın üretim kavramları ihtiyaçları karşılamamaktadır. Yalnız itme ya da yalnız çekme sistemlerinin yeterli olmadığı ortamlarda POLCA (Suri, 1998) adı verilen malzeme kontrol stratejisi önerilmektedir. POLCA sistemi melez bir itme-çekme sistemidir. Bu sistem itme ve çekme kontrol stratejilerinin iyi yönlerini birleştirmektedir. POLCA sistemi hızlı yanıt üretim stratejisinin bir parçası olarak önerilmiştir. Bu strateji firma dâhilindeki temin süresini azaltmaya odaklanmıştır. Suri ve Krishnamurty (2003) POLCA sistemi ile ilgili geniş bir bilgi vermişlerdir. Sistemin çalışma mantığını anlatarak kanban sistemleri ile sözel karşılaştırmasını yapmışlardır. Sonrasında POLCA sistemini bir fabrikada uygulamak için gerekli adımlar anlatılmıştır. POLCA sistemini uygulayan farklı firmalardan örnekler verilerek POLCA sisteminin uygulanmasıyla temin süresi, süreç içi stok azalması, zamanında dağıtımın artması ve çalışan memnuniyetinin artması ile ilgili performans gelişimlerinden bahsetmişlerdir (Ağlan, 2009).

5. LİTERATÜR TARAMASI

Stokastik talep ve süreç zamanlarının ve kanban sayılarının sistem performansı üzerindeki etkilerini araştırmak için n iş istasyonlu, sıralı üretim hatlı bir üretim sistemini benzetim ile modellemişlerdir. Değişik kanban sayıları için performans ölçütleri ortalaması ve varyansları hesap edilerek sistemin en iyi 4 kanbanla çalıştığı gösterilmiştir. (Performans ölçütlerinin varyanslarının minimum olduğu durum) Bu çalışmada sistem GPSS/H benzetim dili ile modellenmiştir (Chaturvedi ve Golhar, 1992).

İki kart kanban kontrolü üretim hattında istenen üretim düzeyini garanti edebilecek minimum ortalama bir karşılama oranı (fill rate) bulunup bulunamayacağını araştıran bir benzetim çalışması yapmıştır. Burada sözü edilen karşılama oranı talebin stoktan karşılanan kısmını temsil etmektedir. Çalışmanın sonuçları, minimum ortalama karşılama oranının, istenen üretim düzeyini garanti edebilecek yeterli bir şart olduğunu göstermiştir (Berkley, 1993).

Dinamik ortamlara uygulanabilme özelliği açısından düzeltilmiş Kanban operasyonuna dayanan yeni bir yaklaşım önermişler ve bunu jenerik kanban sistemi olarak adlandırmışlardır. Önerilen sistemin, klasik sistemden farkı, iş istasyonlarında talep edilen parçalara ilişkin bekleme zamanı ile ilgilidir. Klasik sistemde bir istasyondan bir önceki istasyona parça talebi geldiğinde, ilgili istasyonda istenen parça hazır olduğundan üretim hemen başlayacaktır. Önerilen sistemde ise iş istasyonlarında sadece kanbanlar beklediğinden bekleme zamanına ihtiyaç duyulur. Bu özelliğiyle jenerik kanban sistemlerinin, klasik kanban sisteminden daha esnek olduğu ifade edilmektedir. Çalışmada, çok ürünlü, çok istasyonlu ve tek hatlı bir üretim hattı simüle edilmiştir. Modelde işlem zamanlarının düzgün, hazırlık ve talepler arası varış zamanının üssel dağıldığı varsayılmış ve performans ölçütleri olarak da çevrim zamanı (cycle time) ve ara ürünün stok seviyesi seçilmiştir. Çevrim zamanı iki ardışık çıktı arasında geçen zaman olarak tanımlanmıştır (Chang ve Yih, 1994).

Yapmış olduğu çalışmada, TZÜ felsefesine girişin temelini oluşturan hücresele imalat çekme sistemi ile geleneksel sistem olan itme sistemini maliyetler açısından karşılaştırmıştır. TZÜ üretim sistemi felsefesini ve geleneksel üretim sistemini otomobil endüstrisine motor sübapları üreten bir firmada araştırmış ve her 2 sistemin SIMAN benzetim dilini kullanarak ekonomik analizini yapmıştır. Yapılan çalışmanın temel amacı parçaların işlem zamanlarının belirlenmesi olmuştur. Fabrikada üretilen 260 tip ürün ABC analizi ile 51 tipe düşürülmüştür. Sistem performansları olarak sipariş genişliği, parti büyüklüğü, hazırlık zamanı, ek makine sayısı, ısıl işlem zamanı indirim oranı alınmış, benzetim çalışması sonucunda sipariş tamamlanma zamanları belirlenmiştir (Ertay, 1998).

İlk olarak, geleneksel üretim yapan firmanın hücresele imalata göre benzetimi yapılmış ve hücresele imalatla parti transferleri azaltıldığında benzetim deneyinin daha iyi sonuç verdiği, ancak mevcut sistemde %42 oranında stok taşımanın azaltıldığı halde bu oranın hücresele imalatla %24.4'te kaldığı görülmüş, kaynak kullanım maliyetleri açısından ise ciddi bir fark görülmemiştir. Sonuç olarak, transfer parti büyüklüğünü azaltmanın hücresele imalat sisteminde işlem zamanını kısalttığı görülmüştür. Maliyetler açısından karşılaştırıldığında ise hücresele imalat sisteminde yarı mamul maliyetlerinin çok daha düşük olduğu ve makinelerin geri dönüşüm oranlarının daha iyi olduğu sonucuna varılmış ve benzetim sonuçlarına göre sistemin TZÜ üretim sistemine dönüşümü umut verici bulunmuştur.

Değişik Kanban sayılarının TZÜ üretim sisteminin performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Benzetim çalışmasında, 2 tip TZÜ üretim sistemini, Çekme ve Melez, araştırmıştır. En iyi üretim koşullarını oluşturacak Kanban sayısını belirlemek için yaptıkları benzetim çalışmasında performans ölçütleri olarak; yarı mamul stoğu, eş zamanlı olarak doluluk oranı ve üretim zamanı, parametre olarak; talep oranı, işlem zamanı ve Kanban sayısı alınmıştır. En iyi üretim koşulunun ise, müşterilerin her zaman istediği gibi en kısa zamanda ürünleri üretilip teslim etmek olduğunu belirtmiştir. Kanban sayısının TZÜ üretim sistemindeki etkilerini test etmek içinse SIMPROCESS benzetim dilini kullanmıştır (Chan, 2001).

Tek ürünlü üretim sistemlerinde Kanban sayısındaki artışın Çekme ve Melez sistemlerindeki performans ölçütleri çizelge 4.1 deki gibidir:

Çizelge 5.1 : Tek ürünli çekme ve melez sistemlerinin karşılaştırılması.

Performans Ölçütü	Çekme sistemi (tek ürünli)	Melez sistemi (tek ürünli)
Doluluk oranı	Azalır	Azalır
Yarı mamul stoğu	Artar	Artar
Üretim zamanı	Artar	Artar

Çok ürünli üretim sistemlerinde Kanban sayısındaki artışın Çekme ve Melez sistemlerindeki performans ölçütleri Çizelge 4.2 deki gibidir:

Çizelge 5.2 : Çok ürünli çekme ve melez sistemlerinin karşılaştırılması.

Performans ölçütü	Melez sistem (çok ürünli)
Doluluk oranı	Artar
Yarı mamul stoğu	Artar
Üretim zamanı	Azalır

Çok ürünli Melez sistemlerinde yapılan araştırmalara göre, Kanban sayısındaki artış daha yüksek doluluk oranına ve daha kısa üretim süresine neden olmaktadır. Buna karşılık, daha az Kanban sayısı ise daha sık makine hazırlığı gerektirmekte ve üretim dışı harcanan zamanı önemli derecede arttırmaktadır. Başka bir deyişle, Kanban sayısındaki artışla gün içindeki çalışma saatleri maksimize edilmekte, üretimdeki işçilik saatleri azaltılmakta ve daha az enerji harcanmaktadır. Ancak, 100% ün üzerindeki bir doluluk oranı tercih edilemeyeceğinden Kanban sayısı limitler içinde kontrol edilmelidir.

Daha az Kanban sayısının temel avantajı ise, daha düşük yarı mamul stok seviyesi, yani maliyetlerde meydana gelen azalmadır. Ayrıca daha düşük Kanban sayısı, istasyonlar arası malzeme taşımaların daha hızlı olmasını ve üretim kaynaklarının daha kısa zamanda ayrılmasını sağlar. Ancak, 100% doluluk oranına düşük Kanban sayısı ile ulaşamayacağı da belirtilmiştir.

Çalışmalarında çekme üretim kontrol sistemlerinden Kanban kartlarının kart ayarlama (card settings) ve kart kontrol sistemleri konu edilmiştir (Framinan ve diğ., 2005).

Kart ayarlamaları; birçok uygulamacı ve akademisyen tarafından etraflıca araştırılmasına rağmen kart kontrolü daha az araştırılmıştır. Kart kontrol yöntemlerinin ana katkıları incelenmiştir. Yöntemler genellikle heterojen olup karşılaştırma yapmayı güçleştirmektedir. Bu çalışmada hem stoka hem de siparişe dayalı üretim sistemlerine uyum sağlayan CONWIP sistemler için yeni bir kart kontrol yöntemi önerilmektedir. Yeni yöntemi mevcut yöntemle karşılaştırabilmek için ilgili literatürdeki senaryolara dayalı birçok deney ele alınmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki; tavsiye edilen yöntem siparişe üretim ortamında STC (istatistiksel temin süresi kontrolü) yöntemini geçici yanıt olarak yerine getirmiştir. Bunun yanı sıra önerilen yöntem ve Tardif ve Maaseidvaag tarafından önerilen sistem analiz edilen stoka üretim senaryoda aynı anda yerine gelmektedir.

Bu çalışmada ayrıca kart kontrol sistemi kullanımının kart ayarlama yöntemine göre avantajları da araştırılmıştır. Bunun için, kart kontrolü için önerdiğimiz yöntemi kart ayarlamasının değişik değerleri ile karşılaştırılmıştır. Deneyler, sonuçlar her ne kadar stoka üretim deneyleri kadar net olmasa da kart kontrol sisteminin siparişe dayalı üretim ortamına uygunluğunu göstermiştir. Bu deneylerden ortaya çıkan sonuç önerilen yöntem gerekli parametreler açısından güçlüdür.

Dikkate değer bir başka durum ise önerilen yöntem temrinlerden(vadelerden) ötürü siparişe dayalı ortamlara uygun olmayabilir. Little kanununa göre, temin süresi oranı değeri süreç içi stoğun tamamlanma süresine oranı ile tanımlanır. Bu nedenle, verilen hedef temin süresi oranı değeri; eğer süreç içi stok artarsa, dönüşüm süresiye artar. Bu vadesinden sonra tamamlanan işler için uygulanabilir; siparişe dayalı üretim ortamlarında ise vade tarihleri nedeniyle bu durum uygulanamaz. Bu durumun önerilen yöntemle nasıl düzeltilebileceği ise gelecek araştırmaların konusu olabilir. Son olarak bu çalışmada kart kontrol yöntemi sadece CONWIP sistemde uygulandıysa da, uygulama sahası genişletilerek diğer çekme üretim kontrol sistemlerine de uyarlanabilir. Gelecek araştırmalara konu olabilecek bir diğer konu ise çok ürünli ortamlara uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

Geliştirdikleri jenerik kanban sistemini itme sistemi, tahsisli kanban sistemi ve CONWIP (Spearman ve Zazanz 1998) ile karşılaştırmıştır. Çalışmada yapılan benzetim sonuçları ile kanban sistemi ile itme sisteminin performanslarının benzer olduğu ancak kanban sisteminin daha esnek bir sistem olduğunu belirtmişlerdir.

Kanban sistemlerinin darboğaz istasyonundan çok etkilenmediği vurgulanmıştır. Önerilen jenerik sisteminin daha kolay bir kontrol tekniği olması açısından tahsisli kanban sistemine göre daha tercih edilir bir sistem olduğunu belirtmişlerdir ve bu sistemin CONWIP sisteminin performansına göre daha esnek olduğu belirtilmektedir (Chang ve Yih, 1994).

Kanban sistemi ile ilgili yaptıkları çalışmada performans ölçütü olarak çevrim süresi ve yarı mamul stoğu alınmıştır. Bu performans ölçütleri benzetim deneylerinde farklı senaryolar oluşturularak incelenmiştir. Sistemde üretilen iki ürünün üretim süreleri farklı kabul edilmiştir. Ürünler arası geçişte de hazırlık sürelerinin olduğu kabul edilmiştir. Kurulan itme ve çekme modellerinin iki performans ölçütü arasındaki değiş-tokuş ilişkisinin parti büyüklüğünden nasıl etkilendiği, darboğaz makinenin yerinden nasıl etkilendiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca önerilen sistem yine performans ölçütlerinin değiş-tokuş ilişkilerine bakılarak tahsisli kanban ve jenerik kanban sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Son olarak aynı şekilde sistem CONWIP sistemi ile karşılaştırılmıştır (Chang ve Yih, 1994).

Dinamik kanbanlarla ilgili yaptıkları çalışmalarda talebin ortalama bekleme süresini ve toplam ortalama yarı mamul stoğunu göz önüne almışlardır (Takahashi ve Nakamura, 2001).

Talepte kararsız değişikliklerin olduğu çok aşamalı üretim sistemleri için eş zamanlı reaktif sipariş sistemleri önermiştir. Bu eş zamanlı reaktif sipariş sistemlerinde talebin zaman serisi verileri gözlemlenmiştir ve kararsız değişiklikler istatistiksel kontrol şemalarını kullanarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın ilk amacı hem kontrol şemasına bağlı hem de stoka bağlı reaktif kanban sistemlerini analiz etmek ve performanslarını karşılaştırmaktır. Talepte kararsız değişikliklerin olduğu çok aşamalı üretim sisteminde kanban sayılarının dinamik olarak hesaplandığı çalışmalarında talebin ortalama bekleme süresini ve toplam ortalama yarı mamul stoğunu performans ölçütü olarak almışlardır. İkinci amaç olarak stoka dayalı yeni bir sistem önerilmektedir. Çalışmada talepteki kararsız değişiklikler için üç sistem performansı incelenmiştir (Takahashi, 2003).

CONWIP sisteminde kart sayılarının dinamik olarak hesaplandığı bir sistem önermişlerdir. Önerdikleri sistemin amacı sipariş tipi üretim yapan çevrelerde belirli bir servis seviyesini yakalamak yani siparişi zamanında karşılama oranını arttırmak,

stoka üretim yapan çevrelerde ise belirli bir çıktı oranını yakalamaktır (Framinan ve diğ., 2005).

Performans ölçütü olarak servis seviyesi ve çıktı oranı alınmıştır. Çalışmada önerilen prosedür Tardif ve Maaseidvaag (2001)'ın çalışmasından alınmıştır.

Kanban, CONWIP ve melez kanban CONWIP sistemlerini ortamla yarı mamul stoğu, çıktı miktarı ve servis seviyesi açısından değerlendirmişlerdir (Bonvik ve diğ., 1997).

Diğer bir çalışmalarında benzetim deneyleriyle talepte kararsız değişikliklerin olduğu durumlarda reaktif kanban ve CONWIP sistemlerini karşılaştırmışlardır (Takahashi ve Nakamura, 2002).

Tampon büyüklüğünün kontrolü için mekanizma geliştirilmesi ile ilgili bilgi edinmek için benzetim deneyleriyle talebin durağan olduğu durumlarda iki çeşit eş zamanlı sipariş sisteminin performansı analiz edilmiştir. Sonuçlara dayanarak reaktif aş zamanlı sipariş sistemleri önerilmiştir ve önerilen sistemlerin performansı incelenmiştir. Performans ölçütleri olarak talebin ortalama bekleme süresi ve toplam ortalama yarı mamul stok seviyesi alınmıştır. Çalışmada önerilen reaktif kanban sistemi Takahashi ve Nakamura (1999)'nın çalışmasına dayanmaktadır ancak bu çalışmada yeni bir tampon büyüklüğü kontrol mekanizması öneriliyor. Çalışmada CONWIP sisteminde performans toplam büyüklüğünden etkilendiği için her stok noktasındaki tampon büyüklüğü değil toplam tampon büyüklüğü göz önüne alınmıştır. Ancak kanban sisteminde stok noktalarında tampon büyüklüğünün belirlenmesinin performans üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu için reaktif kanban sisteminde tampon büyüklüğünün dağıtılması göz önüne alınmıştır ve her stok noktasında tampon büyüklüğünü ayrı ayrı kontrol eden yeni bir kontrol kuralı önerilmiştir. Talepteki kararsız değişikliklere cevap vermek için modellenen eş zamanlı sipariş sistemi çeşitli durağan talep koşullarında incelenmiştir. Ayrıca benzetim deneyleri ile tampon büyüklüğünün performans ölçütleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tampon büyüklüklerini belirlemek için toplam ortalama yarı mamul stoğunu ve talebin ortalama bekleme süresini göz önüne alan bir algoritma önerilmiştir. Tampon büyüklükleri durağan talep bilgileri ile bulunduktan sonra talepteki kararsız değişiklikleri belirleyen ve tampon büyüklüğünü de bu değişikliklere bağlı olarak değiştiren bir sistem önerilmiştir. Önerilen sistem öncelikle EWMA Lucas ve Saccuri (1990) şemaları ile talebin GAS'ni düz bir hale

getirmekte ve verileri alt, üst kontrol limitleri ile karşılaştırıp limitlerin dışında kalan verileri gözlemlemektedir. Bu veriler alınarak ilgili tampon büyüklükleri azalıp arttırılarak reaktif kontrol sağlanmış olunuyor.

Değişken talebe sahip ürün çeşitliliği çok olan ya da küçük partiler halinde isteğe göre ürünler üreten bir firmaları göz önüne alalım. İki firma içinde kanban sisteminin önemli dezavantajları bulunmaktadır. Kanban bir sipariş yenileme sistemidir (Suri ve Krishnamurthy, 2003). Kanban sisteminin işlemesi için her iş istasyonunun çıktı tamponunda belli sayıda ürün tutulmalıdır. Sonraki süreçler tarafından bir birim ya da bir konteynir ürün alınca önceki süreçlere alınan ürünün yerine konması için sinyal gönderilmektedir. Öncelikle böyle bir sistemde ürün çeşitliliği çok, talep çok değişken bir yapıya sahipse bu durum süreçlerin her aşamasında yarı mamul stoğunun artmasına neden olmaktadır. Böyle bir üretim ortamında çekme sistemi istenilen sonuçları vermemektedir. Ayrıca son ürünlerin müşteriler tarafından belirlendiği bir çevrede her aşamada stok tutmak mümkün olmamaktadır çünkü müşterinin önceden ne istediği bilinmemektedir. Son olarak kanban sistemleri talebin durağan olduğu ve tekrarlı üretimin olduğu ortamlarda verimli olmaktadır. Bu şekilde üretim ortamlarında stoğu gelecekteki talebi karşılamak amacıyla tampon olarak kullanmak mantıklıdır. Ancak siparişe göre üretim yapan ortamlarda stoğu bu amaçla kullanmak pratik değildir. Ayrıca siparişe göre üretim yapan ortamlarda takt süresine göre üretim yapmak çok zordur. Yukarıda da belirttiğimiz gibi çekme sistemleri ürün çeşitliliğinin çok olduğu üretim çevrelerine uygun değildir. Ayrıca itme sistemlerinde fazla stok bulundurma temin süresini uzatma gibi dezavantajları bulunmaktadır. POLCA sistemi itme ve çekme sistemlerinin en iyi yönlerini birleştiren melez bir sistemdir.

Ghrayeb ve Phojanamongkolkij çalışmalarında melez itme/çekme sistemini montaj-sipariş imalat ortamında araştırmışlardır. Bu çerçevede, hammaddeler sıklıkla kullanılan yarı mamullere çevrilmekte, bu yarı mamuller ise müşteri siparişleri doğrultusunda akış görmektedir. Üretimin ilk aşamalarında itme sistemi uygulanmakta iken, sonraki aşamalarında çekme sistemi uygulanmaktadır. İtme tipinde, düşük temin süresinde yüksek stok maliyeti beklenirken çekme sisteminde düşük stok maliyetinde yüksek temin süresi beklenmektedir. Bu çalışmada sunulan melez yaklaşımın amacı, stokta tutma maliyeti ile temin süresi maliyeti (leadtime cost) toplamını, yani müşterinin siparişi vermesinden ürünün tamamlanmasına

kadarki sürecin maliyetini minimize etmektir. Uygulamada genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritmada her bir kromozom üzerinde amaç fonksiyonunu değerlendirmede ise kesikli benzetim modeli kullanılmıştır. Önerilen melez yöntemin sonuçları, tek başına itme ve çekme sistemi sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemde duyarlılık analizi, müşteri talebi ulaştığı çeşitli maliyet oranlarına göre temin zamanı ve stok teslim süresine kadar geçen zamandaki varyasyon katsayısı üzerinden uygulanmıştır. Çoğu durumda, önerilen melez sistem en iyi performansı göstermiştir. Önerilen melez sistem, itme ve çekme sisteminin tek başlarına güçlü oldukları özellikleri taşıırken bu sistemlerin zayıf yönlerini ise gizlemektedir. Sonuçlar melez üretim sisteminin tek başına itme veya çekme sistemine göre önemli ölçüde işletmeyi koruduğunu göstermiştir (Ghrayeb ve Phojanamongkolkij, 2008).

$$\text{Emniyet stoğu} = DL_{\text{toplam}}$$

D: talep oranı (dakika başı birim)

$$L_{\text{toplam}} = \text{toplam temin süresi veya gerçek işlem süresi}$$

Yalın üretimin genel prensipleri üretimin seviyelendirilmesi (levelling), çekme mekanizmasının uygulanması ve takt zamanı kontrolüdür. Bu prensipler temel olarak, yüksek hacimli akış tipi üretim ortamında uygulanmaktadır. Bu çalışmalarında siparişe göre üretim yapılan, düşük üretim hacimli ve yüksek ürün çeşitliliği sunan karmaşık atölye tipi üretim ortamında, yalın üretim temel prensiplerinin nasıl uygulanabileceğini araştırmışlardır. Çalışmalarında üretim seviyelendirme, sabit yarı mamul, FIFO (first in first out) ve takt zamanının yalın üretim kontrol sistemine nasıl entegre edilebileceğini göstermişlerdir. Sistemin tasarımını ve uygulamasını gösterecek bir çalışma dual kaynak kısıtlı bir üretim ortamında sunulmuştur. Uygulama sonuçları yalın üretim kontrol prensiplerinin yüksek çeşitlilik ve düşük hacimli üretim ortamlarındaki uygulanabilirliğini göstermektedir (Slomp ve diğ., 2009).

Yalın üretim sistemi iki önemli elementten oluşmaktadır. Birincisi, atölyede yüklemenin kontrol edildiği seviyelendirme (levelling) veya yükleme (loading) fonksiyonu iken ikincisi, üretim akışının kontrol edildiği CONWIP/FIFO/takt zamanı sistemidir. Yalın üretim kontrol sistemi atölyede kısa ve güvenilir akış zamanına izin vermektedir. Sonuç olarak, planlayıcılar ve işçiler sipariş akışı üzerindeki kontrolü

sağlayabilmektedirler. Bu çalışmadaki kontrol sisteminin CB biriminde uygulanmasından sonra, firma kontrol sistemini diğer üretim birimlerinde de uygulamaya karar vermiştir. Sonuçlar, bu kontrol sisteminin diğer firmalarda da uygulanabilirliği bakımından motivasyon sağlamıştır.

Takt süresi = mevcut çalışma süresi / müşteri talebi

Akış zamanı (üretim hızı) = süreç içi stok / temin süresi

= takt süresi X süreç içi stok

Bu makalede benzetim deneyleri ADI'li (gelişmiş talep bilgisi) çekme sisteminin performansını araştırmak için kullanılmıştır. Sınırlı kapasiteli üretim kaynaklarından oluşan üretim sistemi dikkate alınmıştır. Sistem operasyonu Kanban temelli çekme sistemi (CONWIP kontrol tarzı) altında hem de çekme kontrolü ADI ile entegre olan bir sistem altında çalıştırılmıştır. Müşteriler önceden siparişe göre yarlaştırılmış ve bu bilgi sipariş bırakma ve bitmiş mal stok seviyesinin yığılmasının ve geri siparişlerin limitinin kontrol zamanı için kullanılmıştır. Performans ölçüsünde entegre kontrolün etkisi sistematik olarak tasarlanmış deney seti üzerinde benzetim kullanılarak araştırılmıştır (Claudio ve Krishnamurthy, 2007).

Geçerli ADI yüksek kalite (mükemmel ADI) olduğu zaman sonuçlar çekme sistemli entegre ADI üretim tesisleri stok yapmaktan sipariş modu yapmaya kaydırılması için müsait olduğunu gösterir. Sırasıyla etkin üreticileri geri siparişleri azaltmaya, süreç içinde çalışmaya ve bitmiş mal stok seviyesini hedefine ulaşmaya çalışılır. Böylece ADI'li çekme sistemi yalnız kullanılan saf çekme kontrolü ötesinde etkinliğin yükseltilmesi için öncülük edebilir. Talep miktarı bilgisi sistem yüklemesi, stok limiti zorlaması ve özel üretim yerleşimi maliyeti gibi birçok parametreye bağlı bu etkinliği sağlamak için gereken zamanı yönlendirir. ADI'deki iki tip eksiklik sistem performansı üzerinde ADI kalitesi etkisini test etmek için düşünülmüştür. Ancak sistem performansı talep bilgisi öncül zamanı değişkenliğine daha az duyarlı, talep iptaline daha çok duyarlıdır. Sonuç olarak benzetim deneyleri çoklu üretim sistemlerinde asimetri bilginin etkisini sınamak için kullanılmıştır. Deneyler diğer müşterilerin paylaşım modelleri bilgisinin bağımsız yararlarını ana stoklar bu müşterilerin ürünleri için uygun olarak düzenlendiği sürece artırabilen ADI paylaşan ürünlerin alıcılarını ortaya çıkardı. Tüm müşteriler ADI paylaştığı zaman fayda en

çok; ancak, eğer tercih bulunan ADI'ya karşı verilmeliyse, öncelik toplam talebin en büyük pay sahibine verilmelidir.

Bu çalışma ADI'li çekme sisteminde süreç etkinliğinde gelişme için anlamlı önermeyi içerir. Benzetim çalışması bu gibi dinamik sistemlerin gelecekte kapsamlı çalışmaların değerini göstermektedir. Yüksek olasılıkla örnek ayrıntılı çalışmada hesaplanabilir yoğun benzetim kullanmak mümkün olmayacaktır. ADI'li çekme sistemlerinin karakteristik en uygun düzeninde analitik kuyruk ağ modelleri rehber çalışmalarda kullanılabilir. Bu makalede benzetim çalışması ile yarı mamul stoğu ve bitmiş ürün stoğu bilgileri göz önünde bulundurulmuş ve ADI kalitesi, temin süresi üzerindeki etkisi, sıra bozulmaları ve çok ürünlü sistem üzerindeki etkileri incelenmiştir.

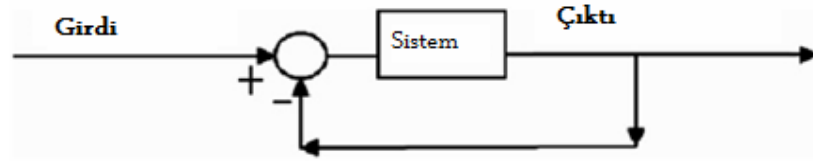
Son zamanlarda kart temelli üretim sistemleri KANBAN, CONWIP, POLCA VE GPOLCA gibi sistemlerin imalatı sık sık kullandığınızdan bahsedilmiştir. Üretim sistemindeki materyal akışı kart tabanlı kart sayısı kontrolü ile ölçülen süreç içi stok ve temin süresi oranı ile ölçülmektedir. Üretim sistemlerinin performansı bu iki parametreye bağlı olduğu vurgulanmıştır (Liu ve Huang, 2008).

Bu çalışmada CONWIP için özel bir uygulama yapılmıştır. Taleplerin POISSON dağılımına uygun gelen bir çok aşamalı sistem incelenmiştir, Farklı kart kontrol sistemleri gösterilmiş, CONWIP sisteminde kart sayısını belirlemek için çalışmalar yapılmış, ve son olarak Elde edilen sonuçların karşılaştırılması olarak yapılmıştır.

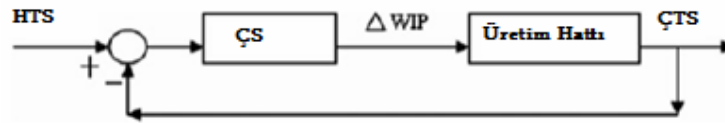
Bu çalışma CONWIP sistemde kart ayarı için yeni bir metot sunmaktadır. Prosedür, DTC (Değişik Temin sürelerini kontrolü) diye adlandırılır, otomatik kontrol teorisinin geri besleme konseptini temel almaktadır. Üretilen işin hedef değeri (TTH) gerçek zamanlı üretilen işin oranı (RTH) ile karşılaştırıldığı ve kurulduğu ve üretim hattındaki kart sayısını ayarlamak için aralarındaki fark kullanıldığı zaman bu prosedür sistem hedef üretilen iş oranını elde edinceye veya sistem kapasitesi sınırlarına ulaşıncaya kadar tekrar eder. DTC metodu çıktı oranındaki çeşitlilik ile iş yapmak için basit ve hızlı bir yoldur ve bu yöntem üretim hattı kapasitesi, makine bozulması ve tamirindeki değişiklikler ile çalışır. Biz çok aşamalı tek makineli, tek ürün sistemindeki uygulamayı örnekledik. Benzetim sonucu DTC'nin Framinan tarafından önerilen PS prosedüründen daha üstün olduğunu gösterdi. Aynı zamanda işlem zamanının sistemin performansı üzerindeki etkisini tartışılmıştır. Bundan

dolayı farklı işlem zamanı dağılımlarını ile DTC ayarlayıcı süreçleri karşılaştırdı: exponential ve DPRO. Burada sonuç farklı süreç zamanlarının dağılımı hedef çıktı oranını kazanmak için gerekli WIP seviyeyi etkilediğini gösterdi.

Sonuçta, önerilen prosedür çok aşamalı, tek ürün CONWIP sisteme uygulanmasına rağmen, daha ileri araştırmalar çok ürünlü ve çok makineli ortamlara taşınması gerektiğini belirtmeliyiz. İleriki çalışmalar maliyet ve tamir servisi seviyesini düşürmek için aynı zamanda bitmiş ürün stoğu ve çıktı oranı arasındaki ilişkiye ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 5.1 : Otomatik kontrol için blok diyagramı.



Şekil 5.2 : Temin süresi fark kontrol blok diyagramı.

Framinan ve diğ. (2005) CONWIP sisteminde kart sayılarının dinamik olarak hesaplanması konusunu ele alınmıştır. Öncelikle çekme sisteminde kart kontrolü yapılmasının farklı katkıları literatürden incelenmiştir. Sonrasında yeni bir prosedür önermiş ve farklı üretim çevrelerinde test edilmiştir. Son olarak da kart sayısının sabit tutulduğu önerilen dinamik CONWIP sistemi karşılaştırılmıştır. Kart kontrolü için yeni bir prosedür önerilen bu çalışmada diğer sistemlere göre daha az sayıda parametre kullanılmaktadır. Bu durumda da ek veriye ihtiyaç duyulmamaktadır ve önerilen sistemin hem stoka üretim yapan hem de siparişe üretim yapan çevrelere uygulanabileceği savunulmaktadır. Ayrıca CONWIP sistemi için önerilen sistemin diğer çekme sistemlerine uygulanabileceği belirtilmektedir. Önerilen prosedürün amacı sipariş tipi üretim yapan çevrelerden belirli bir çıktı oranını yakalamak ya da stoğa üretim yapan çevrelerde belirli bir servis seviyesini yakalamaktır. Çalışmada çıktı oranı belirli bir dönemde bitmiş ürün sayısı olarak servis seviyesi ise müşteri siparişinin stoktan karşılanma yüzdesi olarak tanımlanıyor. Çalışmanın bir diğer

bölümde ise kart sayılarının kontrol edildiği prosedürün mü yoksa kart sayılarının statik olarak belirlendiği durumun daha iyi olduğu araştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan iki performans ölçütünün de iki farklı yolla gözlenebileceği belirtilmiştir. Bunlardan ilki sabit zamanlı gözlemdir. Bu metot performans ölçütlerini belirli zaman aralıklarında gözlemlemektedir. Bu metodun dezavantajı zaman aralıklarının belirlenmesinde sistemdeki işlerin işlem sürelerinin etkili olmasıdır. Bu nedenle incelenen her durum için bu aralıkların yeniden hesaplanması gerekmektedir. İkinci metot ise sistemden çıkan parça sayısına bağlı gözlemlerdir. Bu metotta sistemden çıkan parça sayısının bilinmesi gerekmektedir. Sayı belirli bir seviyeye ulaşınca performans ölçütleri kaydedilir ve sayaç sıfırlanır. Bu metot istatistiksel çıktı kontrolünde ve Tardif ve Maaseidvaag (2001)'in çalışmasında kullanılmıştır. Performans ölçütlerinin incelendiği çıktı hızı metodunda çıktı oranının hedef değerinin iyi belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Eğer bu oran çok küçük seçilirse sistemde oynamaların fazla olacağı belirtilmektedir. Bu durumu önlemek için de sisteme eklenecek ek kart sayısına üst sınır getirilmiştir. Ekleme ve çıkarma işlemi çıktı miktarı (servis seviyesi) gözlemlenerek yapılmaktadır. Eğer çıktı oranı (servis seviyesi) hedef değerin altında ise ve ek kart mevcut ise sisteme ek kart eklenmektedir. Bu şekilde üretim hızı artar. Sistemden kart çekme süreci de benzer mantıkla yapılmaktadır.

Önerilen bu sistem siparişe üretim yapan çevrelere uygulanan istatistiksel çıktı kontrolü metodu ile ve stoka üretim yapan çevrelere uygulanan Tardif ve Maaseidvaag'ın çalışması ile karşılaştırılmıştır. Deneyler iki kısma ayrılmıştır. İlki siparişe üretim yapan çevreleri ele almıştır diğeri de stoka üretim yapan çevreleri ele almıştır. Siparişe üretim yapan kısımda 4 istasyondan oluşan, CONWIP mekanizması ile kontrol edilen ve tek çeşit ürün üretilen bir üretim sistemi incelenmiştir. Bu sistem için her birinin hedef çıktı oranları ya da işlem süreleri farklı olan beş adet senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolardan bazılarında olasılık dağılımı üstel olan makine arızalanmaları bulunmaktadır. Stoka üretim yapan kısımda ise yine 4 istasyon vardır ve müşteri dağılımının GAS POISSON dağılımına uymaktadır. Statik ve dinamik kontrol sistemlerinin karşılaştırıldığı son kısımda ise her iki sistemin güçlü ve zayıf yönleri tartışılmış ve iki sistem birkaç senaryo ile karşılaştırılmıştır. Hangi sistemin hangi çevrede iyi olduğunu anlamak için hem stoka hem siparişe üretim yapan çevrelerde ayrı ayrı iki sistem karşılaştırılmıştır. Siparişe üretim yapan kısımda

karşılaştırılan çalışmada önerilen metodun incelenen performans ölçütünde istatistiksel çıktı kontrolü metoduna göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir ve önerilen metodun tüm senaryolarda diğer metoda göre değişikliklere daha hızlı cevap verdiği gözlemlenmiştir.

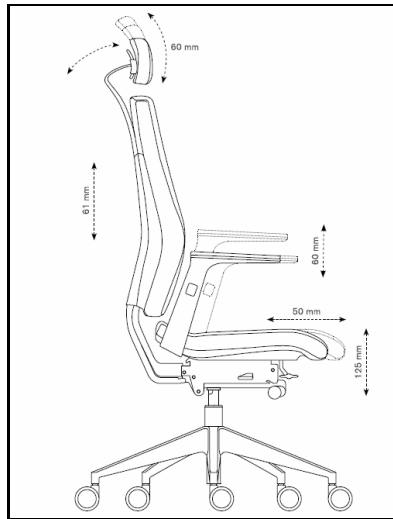
Çalışmanın stoka üretim yapan kısmında ise her iki sistemin performansının eşit olduğu görülmüştür. Dinamik ve Statik kart kontrollerinin karşılaştırıldığı siparişe üretim yapan çevrelerde dinamik kart kontrolünün toplam kart sayısı belirli bir miktarın altında iken statik kontrole eşit ya da ondan daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Stoka üretim yapan çevrelerde ise dinamik kart kontrolünün hedef servis seviyesine statik kontrolden çok daha fazla yaklaştığı gözlemlenmiştir.

6. UYGULAMA

Uygulama olarak önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi yalın üretim araçlarını kullanarak hücresel imalat yönelik çalışmalar başlatılmıştır. İlk önce sistem üretim aşamaları, tedarikçiler, iş istasyonları, talepler, yapılan işlerin süreleri, çalışanların yaptığı işlerdeki kabiliyeti, üretim esnasındaki kısıtlar ve aksaklıklar gibi faktörler detaylı olarak incelenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda mevcut sistemin bilgisayar ortamında benzetimi yapılmış ve bu sisteme bir kaç alternatif oluşturulmuş ve yeni hücresel imalatın hem itme esaslı sistem hem de çekme esaslı sistemlerin de benzetimi yapılmış ve bu sistemler bir birleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra düşünsel olarak Dinamik CONWIP sistemi ile Genel CONWIP sistemleri birbiri ile karşılaştırılmıştır.

6.1 Uygulama İçin Seçilen Sistemin Genel Tanımı ve Özelliklileri

BüroSit: ERMETAL Otomotiv A.Ş. bünyesinde, Fahrettin Gülenler tarafından, ergonomik ofis koltukları ile ilgili olarak başlatılan ar-ge çalışmaları sonucu BüroSit' in temeli atılmıştır. 1989'da ERMETAL Grubu içerisinde oluşturulan BüroSit markası ile pazara girilmiş, seri üretime geçilmiştir.



Şekil 6.1 : Üretilen koltuk örneği.

İşletmenin faaliyet gösterdiği sektör büro koltukları imalatıdır. İşletmede tüm ofis koltukları, genel müdür koltuğu, konferans salonu koltukları ve özel isteğe bağlı koltuklar da üretilmektedir. Fabrikanın işleyiş tarzı ve işletmedeki süreçler aşağıda listelenmiştir.

- Siparişlerin alınması
- Üretim planının ve üretim listesinin oluşturulması
- Kesim
- Dikim
- Yapıştırma
- Çakım
- Giydirme
- Montaj
- Paketleme
- Siparişin hazırlanması
- Ürünün müşteriye sevk edilmesi

İşletmede özellikle işgücü faktörünün çok önemli olduğu için en önemli verimlilik faktörü işgücü faktörü olarak dikkate alınmaktadır.

İşgücü verimliliği = Fiili süre / Teorik Süre

Bu kapsamda aşağıdaki çalışmalar yapılmaktadır.

Toplam koltuk sayısı $\times$ öngörülen zaman = verimlilik hesabındaki üretim için gerekli zamanın karşılaştırılması

Verimlilik analizi yapılırken kullanılan değerlendirme kriterleri;

- Aylık toplam çalışma saati,
- Üretim için gerekli zaman,
- Aylık toplam çalışma saati ile üretim için gerekli zaman arasındaki fark,
- Analiz yapılan aya kadar olan her bir analiz çalışmasının kümülatif toplamı.

Bu çalışmada çok ürünli, çok hücreli, paralel hatlı üretim sistemi ele alınmıştır. Bu sistemin temel özellikleri, siparişe-göre- yapım (İng: make to order veya MTO) usulüne göre çalışması ve talep miktarlarının ürün bazında değişmektedir. Üretim

sistemi, sipariş listesindeki farklı ürünleri üretebilecek şekilde örgütlenmiş dört hücreden oluşmaktadır. Bu hücrelerin ilki kesim atölyesi, ikincisi dikim atölyesi ve Hücre 3 ve Hücre 4 paralel şekilde çalışmaktadır. Buna göre, herhangi bir ürün bu iki hücreden sadece birinde işlem görebilmektedir. Ürünler sipariş listesine göre sisteme salınmaktadır.

Hücrelerin içinde tek parça akışı sistemi uygulanması istenmektedir. Hücre içinde işlem gören parti bitmeden başka bir partinin sisteme girmesine izin verilmeyerek süreç içi stoğun sabit tutulduğu tasarlanacaktır. İşletmede yapılan çalışmalar sonucu kesim işlemi hariç tüm işlerin bir hücrede yapılmasını öngörmüş ve planlamayı da bu doğrultuda gerçekleştirecektir. Bu 4 paralel hücre oluşturarak sistemin esnekliğinin yükseltilmesi planlanacaktır. İşletmede ilerideki zaman içersinde kesim işlemini de hücrelere eklenmeyi hedef olarak belirlenmiştir.

6.2 Ürün Ailesi İçin Değer Akış Yönetimi

Uygulamanın yapılmış olduğu BüroSit, müşterilerinin beklentilerine daha iyi cevap verecek farklı çözümler üretmeye devam ederken aynı zamanda ürün ve hizmetlerinin uluslararası yetkinlik ve kalite standartlarını karşılayacak düzeyde olması konusunda da son derece hassastır. Bu nedenle, müşteri memnuniyetini sağlamak ve düşük maliyetli üretimi gerçekleştirmek için firmada yalın üretime geçiş çalışmaları başlatılmıştır.

6.2.1 Mevcut durumun haritalandırılması

Bu bölümde öncelikle ele alınan ürün ailesi hakkında bilgi verilmiş, daha sonra üretime ve bilgi akışına ilişkin bilgiler ortaya konulmuş, son olarak da bu veriler doğrultusunda mevcut durum haritası oluşturulmuştur. Ele alınan değer akışı koltuğun üretim sürecidir.

İlk önce ürün aileleri belirlenip, daha sonra bunların üretimi için gerekli olan donanım/makineler ve iş görenler atanır. Hücresel üretim sistemlerinde atölye tarzı üretim sistemi ile karşılaştırıldıklarında pek çok avantajlarının olduğu görülmektedir. Fabrikada toplam 260 çeşit ürün üretilmektedir. Bu ürünleri basit bir karşılaştırma ile daha az grup içersinde ele alabiliriz. Örneğin aynı koltuğun renk çeşidi, kullanılan kumaş çeşidi ve kullanılan kolçak çeşidi gibi montaj parçalarını göz önünde

bulundurarak aynı grup içersinde ele alabiliriz. Bu işlemler sonucu toplam ürün ailesinin 32 grup içersinde ele alınmıştır. Daha sonra bu ürünlerin talep miktarlarını göz önünde bulundurarak sıralamada ilk sırada yer alan 5 grup toplam talebin yaklaşık yüzde 73'ünü oluşturduğu saptanmıştır. Bu çalışmada bu beş grup üretim süreçleri ve talepleri göz önünde bulundurarak çalışma yapılmıştır.

Üretimde sırası ile Kesim, Dikim, Yapıştırma, Çakım, Giydirme, Montaj, temizleme ve son olarak paketleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Aslında fabrikada genel anlamı ile montaj yapılmaktadır. Yarı mamullerin çoğu dışarıda fason olarak yapılmaktadır. İncelediğimiz hattaki malzemeler genel olarak Bursa'da yapılmakla birlikte, İstanbul, Bolu, Yalova ve bazı hammaddelerin de yurt dışından ithal etmektedir.

Hammadde tedariki, tedarikçi kanban kartlarını sinyal seviyesine geldiği an verilmektedir. Sinyal seviyeleri ve hammadde sipariş miktarları temin süreleri göz önünde tutularak her bir parça için ayrı ayrı ayarlanmıştır. Hammadde ambarına gelen malzemeler gerekli kontrollerin yapılmasından sonra kullanım alanı ve zamanına göre atölyeye gönderilmektedir. İşlemlerin yapılmasının ardından ürün paketlenip barkotları yapıştırıldıktan sonra depoya sevk edilmektedir.

Aşağıdaki resimde Monoblog hattındaki işgörenler bir önceki istasyondan gelen yarı mamuller üzerinde çalışarak yapıştırma, çakım ve giydirme işlemini gerçekleştirmektedirler. Bu işlemleri bittikten sonra montaj ve temizlenin ardından konveyöre bırakılarak otomatik olarak paketleme masasına ilerlemektedirler.

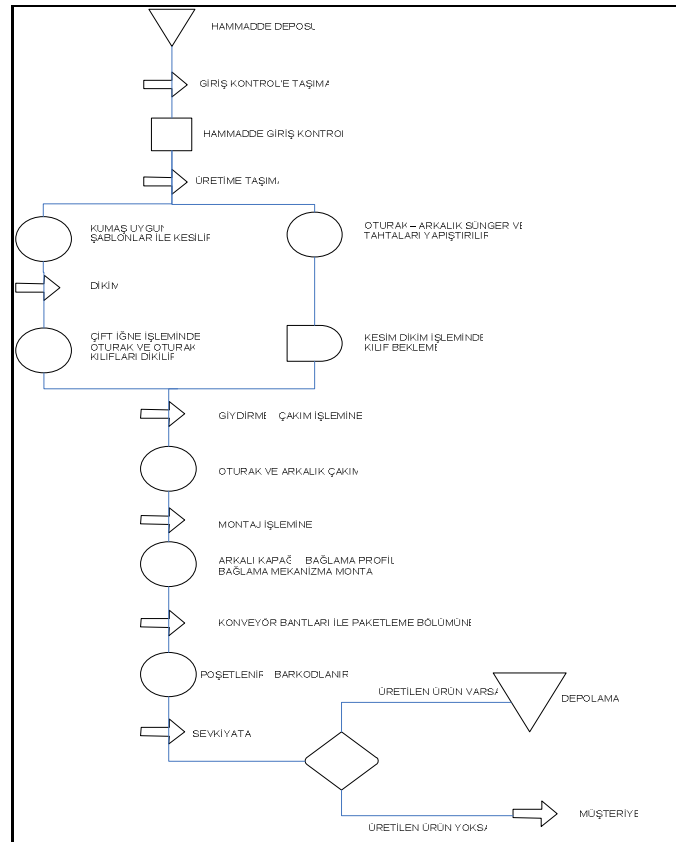
Aşağıdaki resimde ise daha net bir şekilde işlemlerin yapılış şekli gösterilmiştir. Kesim, oturak çakım, arkalık yapıştırma ve arkalık çakım işlemleri soncunda montaj işgöreni aracılığı ile montaj işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6.2 : Yapılan işlerden örnekler.

Şekil 6.4'te de diyagram üzerinde gösterildiği gibi fabrikanın ilk aşamada depo alanının olduğunu göstermektedir. Hammadde ve yarı mamulleri tedarikçiler tarafından veya işletme tarafından getirilerek depo alanında bekletilmektedirler. Hammadde ve yarı mamul depoya girişte anında kontrol edilmektedir. Kusurlu mal varsa iade edilmektedir. Daha sonra üretim alanında üretim planlama bölümünden gelen bilgiler doğrultusunda o gün gereken mallar üretim içine sevk edilmektedirler. Üretime gelen hammadde veya yarı mamul sadece kumaş ise kesim atölyesinde kesildikten sonra montaj alanına gönderilmektedirler. Diğer yarı mamuller doğrudan hücrelere girmektedirler.

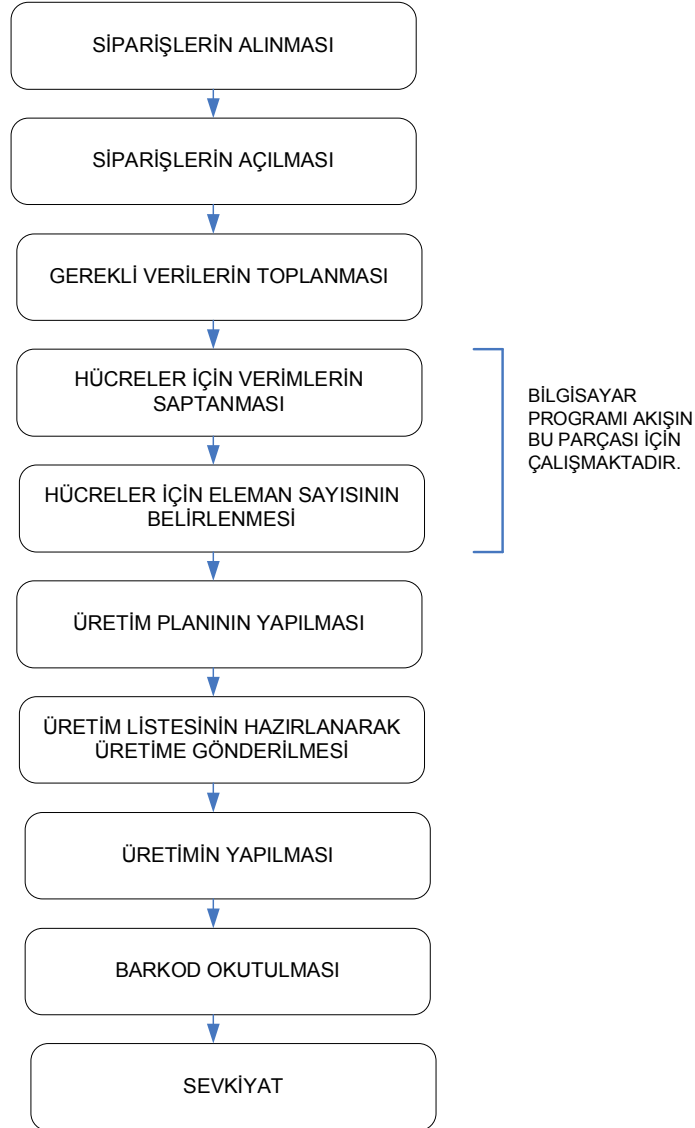
Hücrelere gelen kumaş, deri, kolçak, arkalık, sünger ve birçok yarı mamul bu hücrelerde işlem görmektedirler. Çakım, yapıştırma, giydirme, montaj ve temizlemenin ardından konveyöre bırakılarak paketleme alanına gönderilmektedirler. Paketleme de üretim planlama bölümünden gelen bilgiler doğrultusunda paketleme işlemi yaptıktan sonra her ürün için hazırlanan özel barkotlar yapıştırılarak sevkiyat deposuna gönderilmektedirler.



Şekil 6.3 : İş akış diyagramı.

İşletmedeki bilgi akışı:

İşletmede bilgi akışı aşağıdaki diyagrama göre yapılmaktadır. Bayilerde mevcut katalog üzerinden koltukların kumaş, renk, ayaklık ve kolçaklarının müşterinin tercih ettiği talep doğrultusundan fabrikanın satış bölümüne gelmektedir. Daha sonra gelen taleplere sipariş formu açılarak üretim planlama bölümüne gönderilmektedir. Üretim bölümünde hücrelerin verimliliğini bilgisayar destekli programdan hesaplayıp hücrelere işgören atanmaktadır.



Şekil 6.4 : Bilgi akış diyagramı.

BüroSit'te normal mesai saatleri sabah 08:30 – 18:00 arasındadır. Günlük talebe bağlı olarak fazla mesai de uygulanabilmektedir. Firmada öğlen yemek için 25 dakika ve iki adet 8 dakikalık çay molası verilmektedir.

Üretim hattının durmasına neden olan faktörlerin en önemlisinin tedarikçilerden kaynaklanan ve geç gelen eksik parça olarak tespit edilmiştir. Bunun yanında tedarikçilerden gelen bazı parçalarda da küçük ölçüde kusur olabilmekte ve bu kusur işgören tarafından giderilmeye çalışılmaktadır, bu da zaman kaybına neden olmaktadır.

Günlük çalışma süresi = $(9.5 \times 60) - 25 - (2 \times 8) = 529$ dakikadır.

a. Planlı duruş nedenleri: Temizlik (5S temizliği, ekstra temizlik), bakım, çay molası, eğitim, idari (kalite geliştirme toplantısı ve ölçülen bilgilerin kaydı), gün içinde alınan kısa süreli izinler, geliştirme-numune-deneme çalışmaları ve diğerleri.

b. Plansız duruş nedenleri: forklift bekleme (malzeme taşımak için),

c. Küçük duruş nedenleri: Parça eksikliği, operatör yokluğu (tuvalet, ambar, montaja gitmek ve iş yerini terk etmeyi gerektiren her şey), elektrik kesilmesi, önceki operasyonları bekleme, beklemeye neden olan ölçme, taşıma (malzemelerin operasyon için taşınması), üretimde kullanılacak parçaların ayıklanması

Zaman etüdü teknikleri kullanılarak tüm ürün aileleri için standart zamanları belirlenmiştir. Çizelge 6.1'de ayrıntılı işlemlerine göre en çok satan 5 ürün için standart zamanları verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Ürün gruplarının standart zamanları.

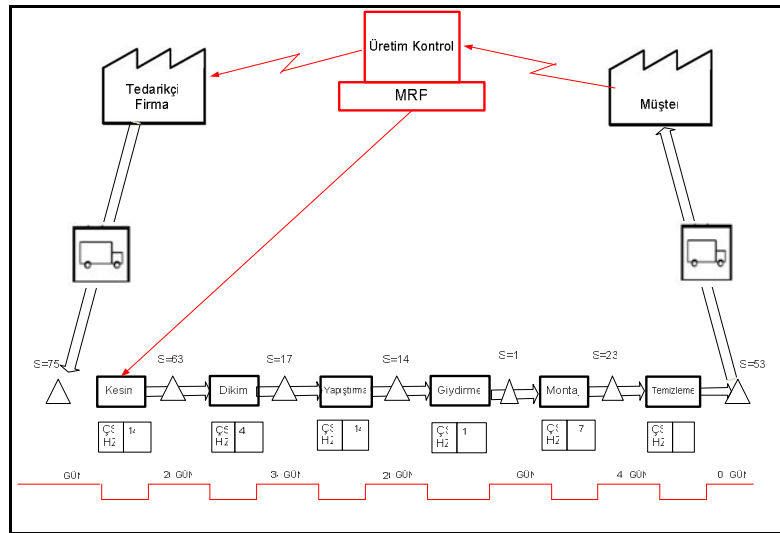
STANDART ZAMAN						
İŞLEM		DOLPHIN	HAVANA	SERENA	HAZEL	APEX
1	Kesim	-	-	14,70	8,99	2,90
2	Dikim	-	-	47,80	12,50	3,68
3	Yapıştırma	-	-	3,14	-	7,99
4	Giydirme	7,06	6,88	11,80	8,71	7,35
5	Montaj	2,00	2,00	2,75	2,49	10,10
6	Temizleme	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Takt süresi = Net çalışma süresi / günlük talep

Günlük çalışma süresinin 530 dakika ve günlük ortalama talep miktarının 150 olduğunu göz önünde bulundurarak,

Takt süresi = 530 / 150 = 3.53 dakika

Yani sistemden her 3.5 dakikada bir ürün sevk edilmeye hazır olacaktır. Şekil 6.6’da Monoblog hattında işlem gören Serana ürün ailesi için şimdiki durum değer akış haritası verilmiştir. Üçgen şekiller stokları göstermektedir. Yapılan saha incelemeleri sonucu stoklardan kaynaklanan ortalama 5.2 günlük stok bulunmaktadır.



Şekil 6.5 : Mevcut durum değer akışı.

6.3 Gelecek Durumun Haritalanması

Mevcut durum haritası ile durum analiz edildikten sonra, üretimin daha yalın hale getirilmesi için aşağıda sıralanan değişiklikler yapılmıştır.

6.3.1 Yapılan iyileştirmeler

Sistemde literatürde yer alan yalın üretim ve değer akış yönetimindeki bazı tekniklerin kullanılması açıklanmıştır. Bu çalışmaların sonunda gelecek durum değer akışı haritası çizilecektir.

6.3.1.1 Hücre oluşturma

Hücreler tek parça akışı sağlarlar; çünkü hücrelerdeki donanım ve personel operasyon akışına göre ayarlanmıştır ve bir ürün yada ürün ailesini tamamlamak için gerekli tüm operasyonlar tek hücrede tamamlanmaktadır. Bu adımda, değer akışındaki hücre şeklinde yeniden tasarlanabilecek tüm operasyonlar incelenmelidir.

Çizelge 6.2 : Dört çeşit faaliyet (Durmuşoğlu, 2009).

Faaliyetler	Gelişme öncesi örgütlerdeki dağılımlar	
	Fiziksel bir üretim ortamı	Bilişim ortamı
a Katma değerli faaliyet	% 4	% 1
b Gelecek katma değerli faaliyet	% 1	% 1
c Gerekli katma değeri olmayan faaliyet	% 35	% 49
d Katma değeri olmayan faaliyet veya Muda	% 60	% 49

Aşağıda yapılan çalışmalar sonucunda her ürün ailesi için gereken makina ve işgücü kısıtlarını da göz önünde bulundurarak önceki bölümlerde bahsedilen teknikleri kullanarak yeni hücre tasarlanacaktır. Burada DOLPHIN ve Havana ürünleri için aynı işlem süreleri ve aynı işlemlere sahip oldukları için aynı hücre içersinde üretilmeleri planlanmıştır. Ayrıca bu ürünlerin kesim ve dikim işlemleri fason olarak başka yerde yapılmakta bu nedenle bu hücrelerde kesim ve dikim işlemi yapılmayacaktır. Bunlara ek olarak APEX ürün grubu için hücre 2, Serana için Hücre 3 ve HAZEL grubu için hücre 4 tasarlanacaktır.

APEX ve HAZEL grupları için gerekli olan makineler aynı olduğu için bu iki ürün hücrenin yoğun olduğu durumunda eşdeğer hücrelerine atanabilecektir. Aşağıdaki çizelgelerde bu ürünlerin makine ihtiyaç ilişkileri görülmektedir.

Çizelge 6.3 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Dolphin).

Açıklama	Tek İğne	Çift İğne	Overlook	Büzdürme	Sutunlu Mak.	Hücre
DOLPHIN 9 PLS KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1
DOLPHIN 9 KROM KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1
DOLPHIN 7 PLS KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1
DOLPHIN 5 PLS KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1
DOLPHIN 7 KROM KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1
DOLPHIN 5 KROM KOLLU	x	x	x	x		Hücre 1

Çizelge 6.4 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Havana).

Açıklama	Tek İğne	Çift İğne	Overlook	Büzdürme	Sutunlu Mak.	Hücre
HAVANA 7 PLS KOLL	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 5 PLS KOLL	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 7 KROM PU.	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 5 KROM PU	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 9 PLS KOLL	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 9 KROM PU	x	x	x	x		Hücre 1
HAVANA 3 PLS. KOL	x	x	x	x		Hücre 1

Çizelge 6.5 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Apex).

Açıklama	Tek İğne	Çift İğne	Overlook	Büzdürme	Sutunlu Mak.	Hücre
APEX 5 PLS	x	x	x			Hücre 2
APEX 3 BYL	x	x	x			Hücre 2
APEX 9 PLS	x	x	x			Hücre 2
APEX 7 KRM	x	x	x			Hücre 2
APEX 5 KRM	x	x	x			Hücre 2
APEX 3 KRM	x	x	x			Hücre 2
APEX 9 KRM	x	x	x			Hücre 2

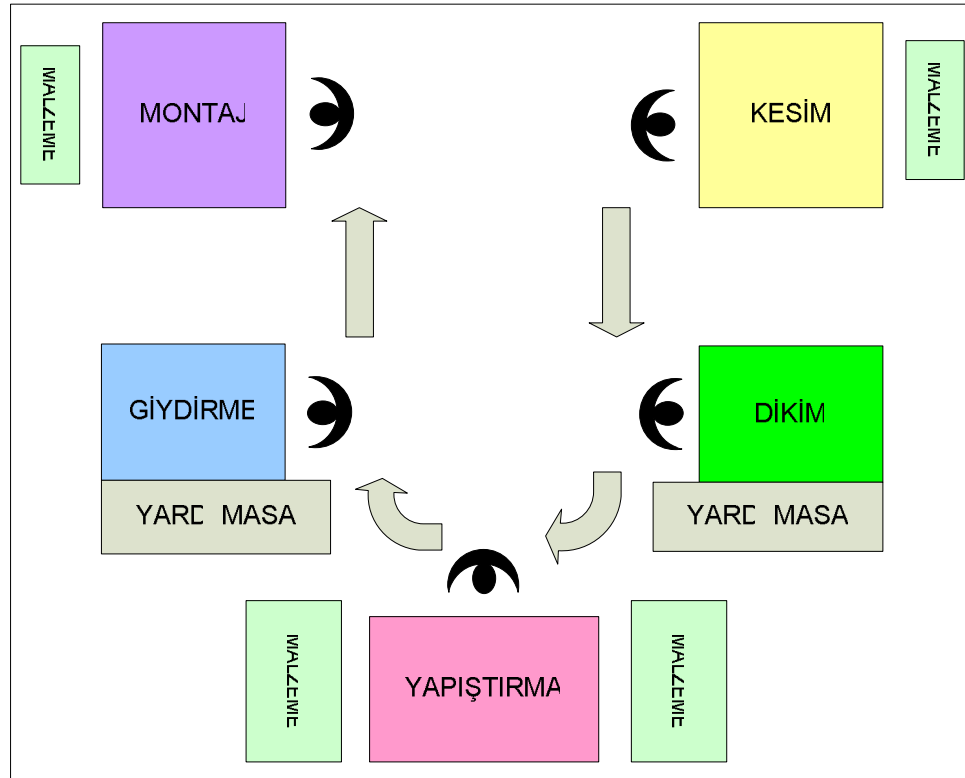
Çizelge 6.6 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Serana).

Açıklama	Tek İğne	Çift İğne	Overlook	Büzdürme	Sutunlu Mak.	Hücre
SERENA 5 PLS KOL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 7 KRM KOL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 5 KRM KOL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 3 BYL KOLL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 3 KRM KOL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 9 PLS KOL	x		x		x	Hücre 3
SERENA 9 KRM KOL	x		x		x	Hücre 3

Çizelge 6.7 : Ürün gruplarının sınıflandırılması (Hazel).

Açıklama	Tek İğne	Çift İğne	Overlook	Büzdürme	Sutunlu Mak.	Hücre
HAZEL 3 BYL KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 3 KRM KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 7 PLS KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 5 PLS KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 7 KRM KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 5 KRM KOLLU	x	x	x			Hücre 4
HAZEL 9 KRM KOLLU	x	x	x			Hücre 4

Hücrelerde üretilen ürünlerin belirlendiğinden sonra bu hücrelerin en verimli şekilde tasarlanması yapılmaktadır. Hücrelerde gerekli olan makina teçhizat ve işgörenin daha rahat çalışabilmesi için en uygun alan boyutu belirlenecektir.



Şekil 6.6 : Tasarlanan yeni hücre (hücre-2).

Aşağıda üçüncü tip ürün için tasarlanan hücre özellikleri verilmiştir. Bu bilgiler hedeflenen hücre özelliklerine aittir.

Çizelge 6.8 : Tasarlanan hücrenin özellikleri (hücre-2).

Özellik	Hedef
Kullanılan alan	12 m ²
Yürüme mesafesi	6,9 m
İşgören sayısı	2±1
Hücre içi ara stok	1 adet
Üretim adedi/işgören	16 adet

Aşağıdaki çizelgede fonksiyonel üretim, ilk hücre tasarımı ve hedef hücre özelliklerini sunmaktadır. Burada görüldüğü gibi hücresel imalat sistemindeki tasarruflar ister kullanım alanı olsun ister yürüme mesafesinde olsun önemli ölçüde ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 6.9 : Hücre performans karşılaştırması (hücre-2).

Performans ölçütleri	Fonksiyonel Üretim	İlk Hücresel üretim	Hedef Hücresel üretim
Üretim alan kullanımı	225	160	60
Yürüme mesafesi	84	30	7

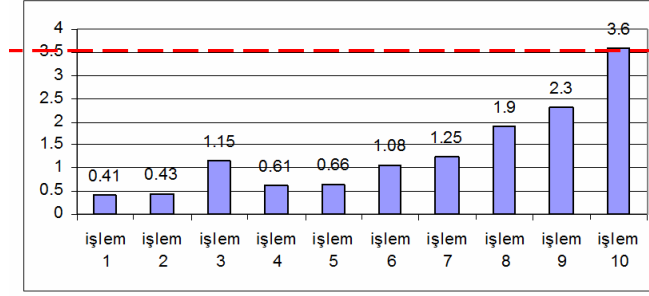
6.3.1.2 Hat dengeleme yapılması

Sürekli akış tasarlamının ilk adımı hat dengelemedir. Hat dengeleme personel sayısını ve iş yükünü optimize etmeye çalışarak daha düzgün bir akış oluşturmaya yardım eder.

Hat dengeleme, iş elemanlarının takt süresini yakalamak için dağıtılma sürecidir. Bunun sonucu;

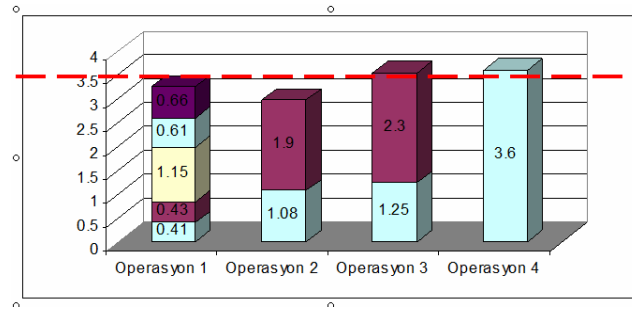
- Fazla üretim başka bir deyişle stok yapılamaz
- İş bekleme olmaz
- Parti hatalı üretime engel olur.

Aşağıdaki şekilde 10 farklı işlemin işlem süreleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu işlem zamanlarından sadece biri takt süresinden çok küçük miktarda yüksektir. Diğer işlem süreleri takt zamanının altındadır.



Şekil 6.7 : İşçilik süreleri (Hat Üretim).

Aşağıda dengelenmiş işlemler grafik üzerinde gösterilmiştir. Burada sadece 4 operasyon ile işlemler rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 6.8 : İşçilik süreleri (Dengelenmiş).

Çalışanların yalın üretim sistemine adapte olunması, çeşitli istasyonlarda çeşitli iş yapma bilme özelliğine sahip olmaları sağlanmıştır.

İşgören-1: 10 yıldır montaj operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim, yapıştırma ve çakım operasyonlarını yapabiliyor.

İşgören-2: 15 yıldır çakım operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim, yapıştırma ve montaj operasyonlarını yapabiliyor.

İşgören-3: 14 yıldır çakım operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim, yapıştırma ve montaj operasyonlarını yapabiliyor.

İşgören-4: 15 yıldır montaj ve yapıştırma operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim ve çakım operasyonlarını yapabiliyor.

İşgören-5: 14 yıldır montaj operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim, yapıştırma ve çakım operasyonlarını yapabiliyor.

İşgören-6: 1 yıldır montaj operatörlüğü yapmaktadır. Hücresel üretime geçiş ile birlikte; kesim, dikim, yapıştırma ve çakım operasyonlarını yapabiliyor.

Çizelge 6.10 : Farklı yerleşim düzeylerine göre ürün faktörlerinin değişkenliği.

	Ürün esnekliği	Üretim süresi	Üretim süresi değişkenliği
Fonksiyonel yerleşim Düzeni	Yüksek	uzun	Yüksek
Hat yerleştirme düzeni	Yok	Kısa	Düşük
Hücresel yerleşim düzeni	orta	Kısa	düşük

6.3.1.3 Tedarikçi kanban kartı kullanımı:

Monoblog hattında kullanılan malzemeler yaklaşık 570 adet farklı parça 40 farklı tedarikçiden temin edilmektedir. Aynı zamanda sistemin en büyük sorunlarından birisi de fazla stok alanına ihtiyaç duymaktır. Bu sorunu çözebilmek için tedarikçilerin bir yarı mamul veya hammaddeyi hangi süre içerisinde sağlayacağı saptanmıştır. Bu çalışma ilk önce en çok talep edilen yarı mamuller için yapılmıştır. Daha sonra bu çalışma diğer tedarikçiler ile de görüşülmüştür. Bu kapsamda belirlenen tedarikçi temin süresini sürekli kısaltmak için kaizen çalışmaları devam etmektedir.

KANBAN					
PARÇA ADI	PU NOBLE KLCK-R-KRM			SİNYAL SEVİYESİ 3 KAP	RESİM
PARÇA NO	F42.05528/0115				
RAF NO	SARI 5				
HÜCRE GRUBU	MONO				
TEDARİKÇİ FİRMA	BURFLEKS				
TEDARİK SÜRESİ (GÜN)	10	KAP CİNSİ	C	15 AD	
SİPARİŞ MİKTARI	KAP ADEDİ	KAP MİKTAR	TOPLAM		
	6	5	30.000		
					BRS.FRM.018/Rev0

Şekil 6.9 : Tedarikçi kanban örneği.

6.3.1.4 Üretim kontrolünün nasıl sağlanacağını belirlenmesi

Sürekli akışın mümkün olmadığı noktalarda kontrolün nasıl sağlanacağını belirlenmesi gerekir. Süreçteki sürekli akışın sağlanamadığı yerler tekrar incelenmeli ve aşağıdaki çözümlerin uygulanabilirlikleri tartışılmalıdır.

- Süreç içi süpermarketler

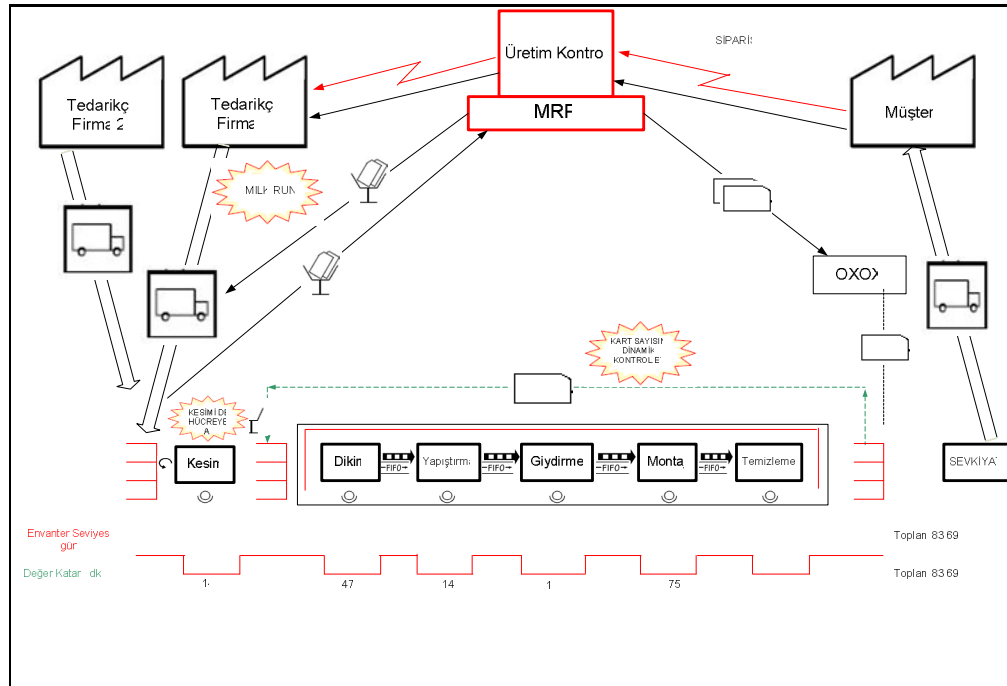
- Kanban sistemi
- FIFO hatları

6.3.1.5 Üretimi düzgünleştirmenin gerçekleştirilmesi

Üretim düzgünleştirme sayesinde; müşteri talebi ile ilgili bilgi akışının, değer akışı boyunca olan malzeme akışına düzgün bir biçimde entegre olduğu üretim sistemi tasarlanır. Bunu yapabilmek için, akış çekme ya da heijunka sistemi üzerine kurulmalıdır.

Aşağıda düzgünleştirilmiş üretim süreçleri tasarlanmanın adımları yer almaktadır:

1. Satışların hızına yetişmek için çekme ya da heijunka sistemlerinden biri en uygun yöntem olarak seçilmelidir. Daha sonra gerekliyse kanban sistemi tasarlanmalıdır.
2. Malzeme taşıyıcının rotası belirlenmeli, tüm malzeme ve bilgi akışı çizilmelidir.
3. Hangi geliştirme metodunun kullanılacağı belirlenmeli, yararlı bilgiler haritaya eklenmelidir.



Şekil 6.10 : Ürün ailesi için gelecek durum haritası.

6.4 Benzetim Çalışması

Sistem performansını karşılaştırmak üzere model sıralaması ve pratik sıralama bir benzetim modeli kurularak karşılaştırılmıştır. Bu benzetim modeli sistemin hem itme hem de CONWIP kontrollü çekme senaryolarını işleyebilme özelliğine sahip olarak ARENA 11.0 programında modellenmiştir.

6.4.1 Taleplerin belirlenmesi

Talepler aşağıdaki bilgiler doğrultusunda olmak üzere işletmeden mart ayının talep bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır.

Çizelge 6.11 : 01Mart 2010 tarihindeki en çok üretilen ürünlerin talep miktarı.

Madde No	Açıklama	Miktar	Toplam
BAX 24401	APEX 9 KRM	1	1
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	4	
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	1	
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	3	
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	2	
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	2	
MDP07111	DOLPHIN 9 KROM KOLLU	1	
MDP07111	DOLPHIN 9 KROM KOLLU	2	
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	15	73
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	7	
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	4	
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	3	
MDP07141	DOLPHIN 3 KRM KOLLU KRM AYAK	10	
MDP07141	DOLPHIN 3 KRM KOLLU KRM AYAK	9	
MDP07141	DOLPHIN 3 KRM KOLLU KRM AYAK	8	
MDP07141	DOLPHIN 3 KRM KOLLU KRM AYAK	2	
MHZ06011	HAZEL 9 PLS KOLLU	9	9
Toplam			83

Çizelge 6.12 : Aylık talep (Günlük)

	DOLPHIN	HAVANA	APEX	SERENA	HAZEL
1	73	0	1	0	9
2	55	34	2	4	8
3	34	0	4	5	8
4	55	18	0	10	4
5	15	21	17	25	13
6	51	32	8	8	13
7	28	12	55	2	0
8	12	21	22	14	9
9	19	43	0	12	11
10	91	27	12	0	16
11	50	27	0	22	0
12	8	32	0	0	26
13	52	13	0	10	33
14	32	30	11	6	14
15	0	0	118	0	0
16	42	15	0	7	0
17	59	24	0	2	22
18	38	23	8	0	18
19	67	24	0	1	0
20	27	0	10	0	13
21	11	0	0	135	0

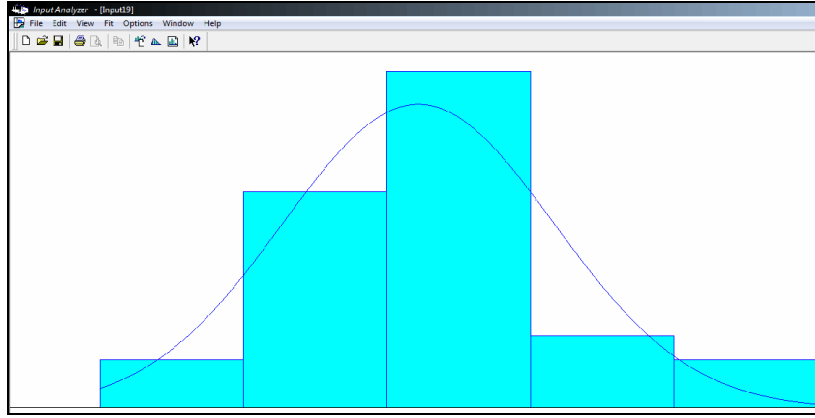
6.4.2 Zaman ölçümleri ve girdi analizi

Benzetim modelinde üretim ortamındaki kullanılan zamanlara yakın olması açısından, zaman etüdü yoluyla elde edilen zaman dağılımları kullanılmıştır. Hattındaki ürün ailelerinin işlem süreleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Her bir işlem için süreölçer ile en az 30 veri toplanmıştır.

Çizelge 6.13 : Ürün ailelerinin üretimindeki aşamalar.

AÇIKLAMA	DOLPHIN	HAVANA	SERENA	HAZEL	APEX
1 Kesim	--	--	x	x	x
2 Dikim	--	--	x	x	x
3 Yapıştırma	--	--	x	--	x
4 Giydirme	x	x	x	x	x
5 Montaj	x	x	x	x	x
6 Temizleme	x	x	x	x	x

Elde edilen zaman ölçümü sonucu ARENA 11.0 paket programının girdi analizi (input analyzer) modülünden yararlanarak uygun dağılımları elde edilmiştir.



Şekil 6.11 : Hazel dikim işlemi için input analyzer grafiği.

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(12.1, 0.462)
Square Error:	0.014087
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 1.73
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0921
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 30
Min Data Value	= 11
Max Data Value	= 13.2
Sample Mean	= 12.1
Sample Std Dev	= 0.47
Histogram Summary	
Histogram Range	= 11 to 13.4
Number of Intervals	= 5

Şekil 6.12 : HAZEL dikim işlemi için Data Analyzer test sonuçları.

Aşağıda, elde edilen zaman dağılımları her ürün ailesi için ayrı ayrı hesaplanmış ve ayrı tablolarla gösterilmiştir.

Çizelge 6.14 : Dolphin ürün ailesi için zaman dağılımları.

AÇIKLAMA		1-DOLPHIN		
İŞLEM	DAĞILIM	DAĞILIM DEĞERİ	STANDART HATA	
1 Kesim	xx	xx	xx	
2 Dikim	xx	xx	xx	
3 Yapıştırma	xx	xx	xx	
4 Giydirme	Lognormal	$6 + \text{LOGN}(0.698, 0.492)$	0.006209	
5 Montaj	Lognormal	$2.52 + \text{LOGN}(0.223, 0.119)$	0.031484	
6 Temizleme	Triangular	$\text{TRIA}(0.3, 0.5, 0.7)$	xx	

Çizelge 6.15 : Hazel ürün ailesi için zaman dağılımları.

AÇIKLAMA		4- HAZEL		
İŞLEM	DAĞILIM	DAĞILIM DEĞERİ	STANDART HATA	
1 Kesim	Beta	$7 + 3.42 * \text{BETA}(2.33, 2.37)$	0.028032	
2 Dikim	Normal	$\text{NORM}(12.1, 0.462)$	0.014087	
3 Yapıştırma	xx	xx	xx	
4 Giydirme	Lognormal	$7.6 + \text{LOGN}(1.01, 0.595)$	0.007258	
5 Montaj	Lognormal	$2.12 + \text{LOGN}(0.278, 0.15)$	0.010614	
6 Temizleme	Triangular	$\text{TRIA}(0.3, 0.5, 0.7)$	xx	

Çizelge 6.16 : Apex ürün ailesi için zaman dağılımları.

AÇIKLAMA		5- APEX		
İŞLEM	DAĞILIM	DAĞILIM DEĞERİ	STANDART HATA	
1 Kesim	Normal	$\text{NORM}(2.65, 0.197)$	0.004322	
2 Dikim	Uniform	$\text{UNIF}(3.11, 4.19)$	0.024444	
3 Yapıştırma	Lognormal	$6.16 + \text{LOGN}(1.7, 0.854)$	0.002719	
4 Giydirme	Erlang	$6.56 + \text{ERLA}(0.13, 5)$	0.009467	
5 Montaj	Beta	$9 + 2.43 * \text{BETA}(1.44, 2.76)$	0.025712	
6 Temizleme	Triangular	$\text{TRIA}(0.3, 0.5, 0.7)$	xx	

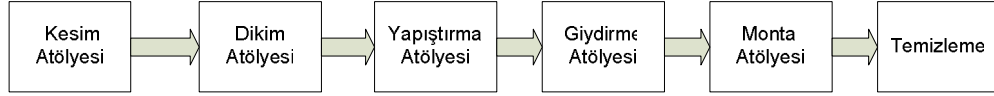
Çizelge 6.17 : Üretim emri listesi (model bazında).

Madde No	Açıklama	Miktar	Kalan Miktar	Tarih
BSN 22073	SERENA 9 ALM	1	1	26.03.2010
BSN 22073	SERENA 9 ALM	1	1	26.03.2010
MDM8571	HAVANA 7 PLS KOLLU	14	14	26.03.2010
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	20	20	26.03.2010
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	2	2	26.03.2010
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	6	6	26.03.2010
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	10	10	26.03.2010
MDP07111	DOLPHIN 9 KROM KOLLU	1	1	26.03.2010
MDP07111	DOLPHIN 9 KROM KOLLU	1	1	26.03.2010
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	1	1	26.03.2010
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	4	4	26.03.2010
MDP07121	DOLPHIN 7 KROM KOLLU	12	12	26.03.2010
MDP07141	DOLPHIN 3 KRM KOLLU	2	2	26.03.2010
MHZ06111	HAZEL 9 KRM KOLLU	3	3	26.03.2010
MHZ06111	HAZEL 9 KRM KOLLU	1	1	26.03.2010
MHZ06111	HAZEL 9 KRM KOLLU	1	1	26.03.2010
MHZ06141	HAZEL 3 KRM KOLLU	25	25	26.03.2010
MHZ06141	HAZEL 3 KRM KOLLU	2	2	26.03.2010
Toplam		107	107	

6.4.3 ARENA 11.0 da modelin kurulması:

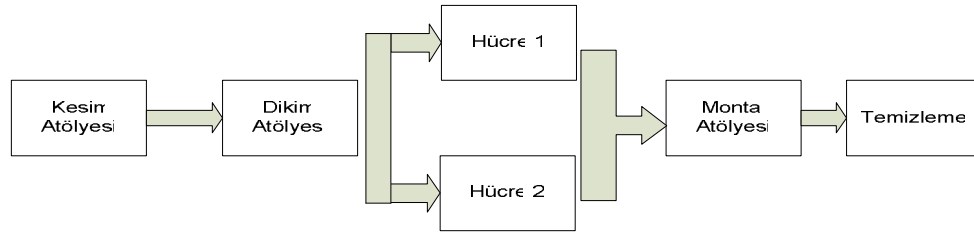
Sistemin analizi sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda daha önce de bahsedilen mevcut ve farklı seçeneklerin ARENA paket programında modellenmesi yapılacak ve sonuçları karşılaştırılacaktır. İtme esaslı sistem ve yalın üretim ilkelerini sisteme uyguladıktan sonraki durumları deneyler halinde bilgisayar ortamında simüle edilecektir. Ayrıca bu deneyler de kendi içlerinde performans açısından karşılaştırılacaklardır. Deneylerden kısaca bahsedecek olursak;

1.Fonksiyonel yerleşim itme esaslı üretim sistemi: bu modelde tüm işlemler fonksiyon olarak yerleştirilen atölye tipi yerleşim planını düşünülerek modellenecektir. İstasyonlar arası aşırı stok söz konusuken bazı istasyonlar da ürün beklemektedirler.



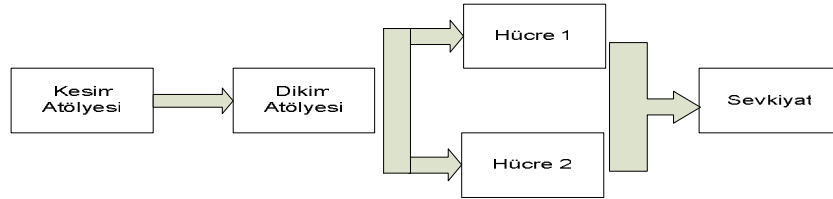
Şekil 6.13 : Senaryo-1

2.Fonksiyonel ve 2 hücre ile çalışan bir sistem (bu hücrelerde sadece iki işlem gerçekleştirilmektedir).



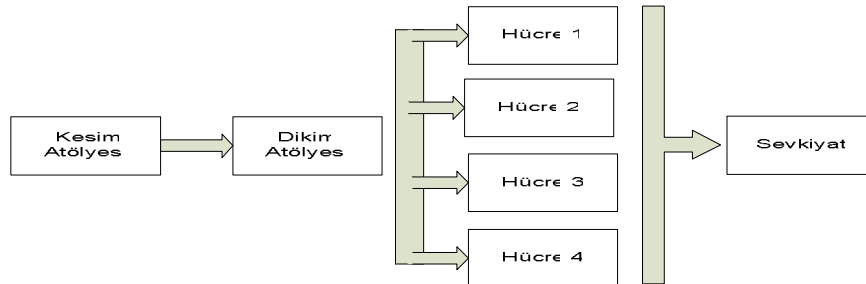
Şekil 6.14 : Senaryo-2

3.Fonksiyonel yerleşim ile 2 hücre (mevcut çalışma sistemi, bu sistemdeki hücrelerde 4 işlem gerçekleştirilmektedir).



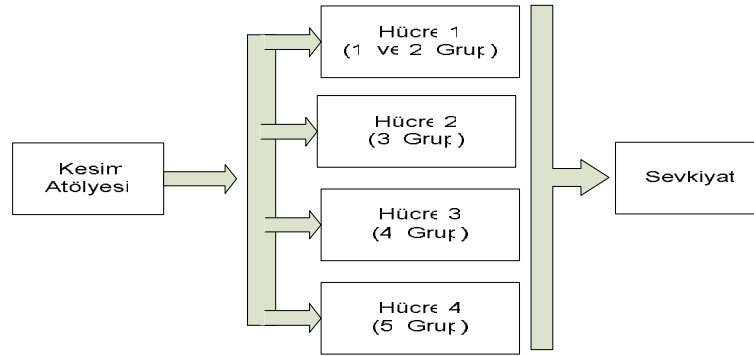
Şekil 6.15 : Senaryo-3

4.Hücresel imalata bir adım daha atarak 4 hücre oluşturuluyor ve bu hücrelerde 4 işlem gerçekleştiriliyor.



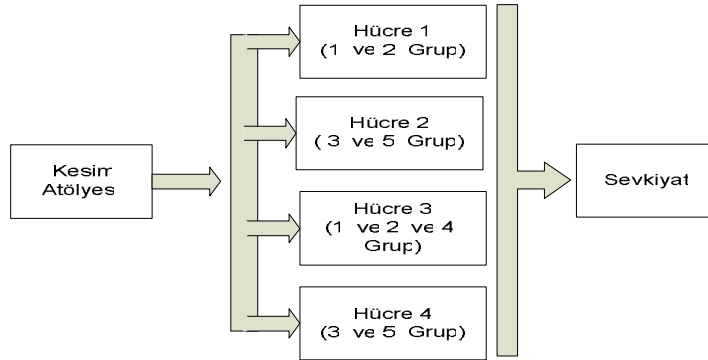
Şekil 6.16 : Senaryo-4

5.Hücresel imalata bir adım daha ilerleyerek beşinci işlemi de aynı hücre içersine almak.



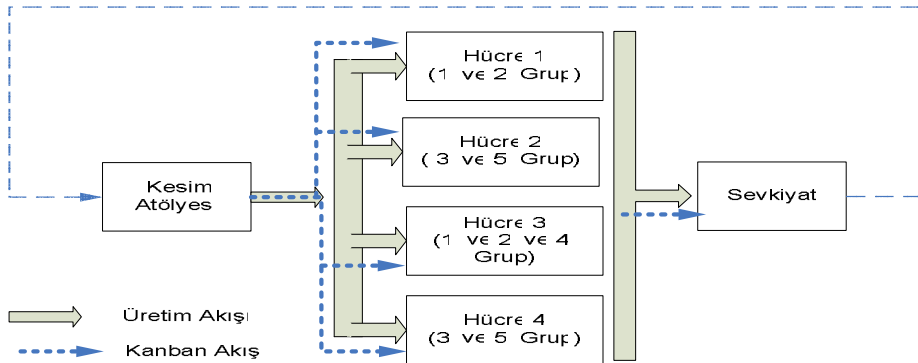
Şekil 6.17 : Senaryo-5

6.Hücresel imalatatta bir adım daha ilerleyerek hücrelerdeki işgörenlerin başka işleri de yapabilme becerilerinin yükseltilmesinin sağlanması.



Şekil 6.18 : Senaryo-6

7.Süreç içindeki stok miktarını düşürmek amacıyla itme-çekme melez sistemi olan CONWIP sisteminin hücrelere uygulanması,



Şekil 6.19 : Senaryo-7

Son olarak da düşünsel dinamik kart kontrollü çalışan CONWIP sistemi ile genel CONWIP sistemlerinin tasarımı ve karşılaştırılması.

Sistemin performans ölçütleri literatürde de olduğu gibi aşağıdaki gibi olacaktır;

- Ortalama süreç içi stok
- Ortalama temin süresi
- Kuyrukta bekleyen ortalama parça süreleri
- Normal mesai saatinde üretilen ürünlerin sayısı

Arena modellerinde tüm akışlar göz önünde bulundurulmuştur ve modeller de bu gerçek iş akışları üzerine kurulmuştur. Sistemde bazı varsayımlar da yapılmıştır, bunlar;

- Sistemde 5 çeşit ürün üretilmektedir.
- her ürün çeşidinin kendine ait talepler sabit olarak dosyadan alınacaktır.
- her ürün çeşidinin kendine ait hangi makinelerde işlendiğini gösteren bir rotası vardır.
- Bir makinede birden çok çeşitte ürün işleniyorsa o makine hazırlık süresi bulunmamakla birlikte ürün çeşitlerinin aynı makinedeki işlem süreleri farklıdır.
- Tezgahlar arası mesafe göz ardı edilmiştir.
- Giriş ve çıkış istasyonlarında makine olmadığı varsayılmıştır.
- Giriş ve çıkış istasyonu hariç tüm istasyonlarda bir makine vardır.
- Bitmiş ürünün ve herhangi bir istasyondan çıkan yarı mamülün diğer istasyonlara taşınma süresi göz ardı edilmiştir.
- Yarı mamul stoğu üretilecek ürünler için yeterlidir.

İtme esaslı sistem için 7 model kurulmuştur. Bu modellerde 1 ve 2inci tip ürünler hücre 1'e, ve diğer ürünler de kendilerine tasarlanan hücrelere yönlendirilmektedirler. Bu modellerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Model-1: fonksiyonel yerleşim, her istasyonda bir işgören, toplam 6 işgören

Model-2: Hücresel üretime geçiş, sadece iki hücre, bu hücrelerde sadece yapıştırma ve giydirme işleri yapılmaktadır. Her hücrede bir işgören ve toplam 6 işgören çalışmaktadır.

Model-3.1: hücresel üretim, iki hücre, hücrelerde dört işlem gerçekleştirilmektedir, her hücrede bir işgören, toplam 4 işgören çalışmaktadır.

Model-3.2: hücresel üretim, iki hücre, hücrelerde dört işlem gerçekleştirilmektedir, her hücrede iki işgören, toplam 6 işgören çalışmaktadır.

Model-4: dört hücre tasarlanmıştır, her hücrede 1 işgören, toplam 6 işgören çalışmaktadır.

Model-5: bu modelde bir adım daha ilerleyerek her hücrede 5 işlem gerçekleştirilmektedir. Toplam 6 işgören çalışmaktadır.

Model-6: bu modelde gelen siparişler en az kuyruk uzunluğuna sahip hücreye yönlendirilmektedir. Birinci ve ikinci tip ürünler tüm hücrelerde işlem görebilmektedir. Üçüncü ve beşinci işlemler 2 ve ya 4 nolu hücrede işlem görebilmektedirler. Bu yönlendirmeler ürün yapısına ve zamanına göre hücrelere gönderilmektedirler. Dördüncü tip ürün sadece hücre 3 de işlem görebilmektedir.

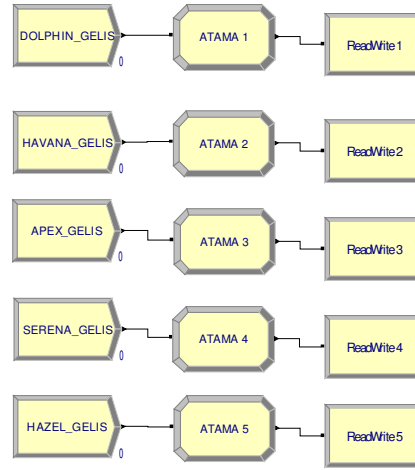
Model 7.1: bu modelde tüm işgörenlerin eğitim gördükten sonra tüm ürün aileleri üzerinde hücre içersindeki tüm işlemleri yapabilme özelliğine sahipler. Toplam 5 işgören çalışmaktadır.

Model 7-2: aynı model üzerinde 6 işgören çalışmaktadır.

Arena programını kullanarak mevcut sistem ve önerilen hücresel imalat sistemi modelleri kurulmuştur. Sisteme girecek olan ürün ailelerinin talep belirsizliği nedeni ile mart 2010 ayı talepleri olduğu gibi modelde read-write özelliğini kullanarak üretilmiştir.

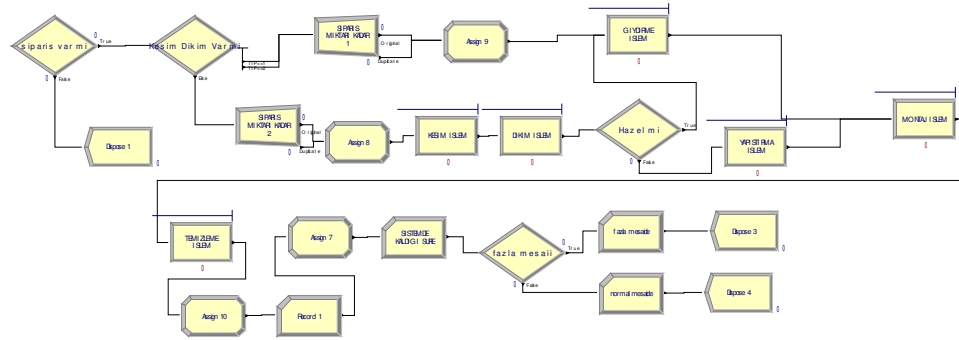
Program toplam 21 koşum çalıştırılacaktır. Bir aylık talepler 21 günlük ayrı ayrı ele alınacak ve her koşum bir günü ifade edecektir.

Şekil6.14'te arena programında günlük sipariş miktarlarının dosyadan alındığını ve ve her ürün ailesi için ayrı bloklar kullanıldığı gösterilmiştir. Ayrıca işlem süreleri her bir ürün ailesinin her bir işlemi için farklı dağılımlar olduğu için “assign” bloklarında atanmıştır.



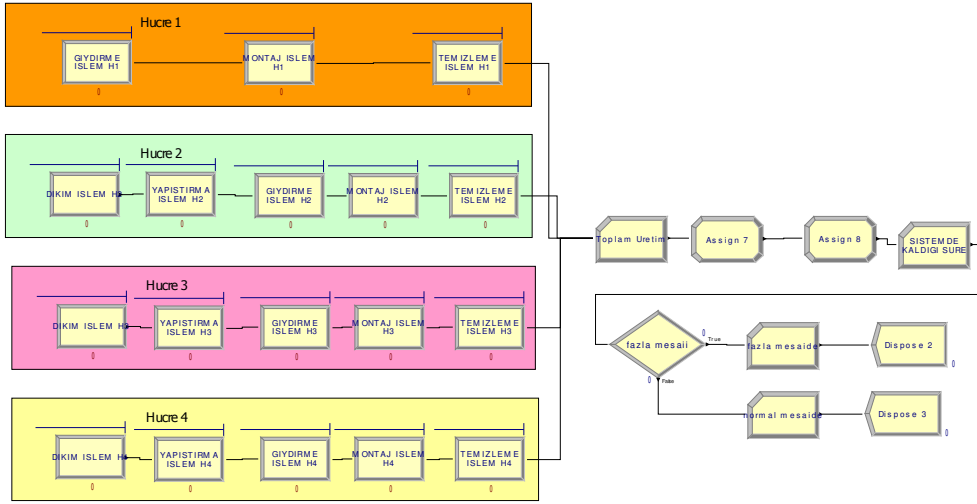
Şekil 6.20 : Ürün ailelerinin sisteme girişi.

Şekil 6.15'te Arena programında fonksiyonel yerleşim için modellenen modelin bir kısmın gösterilmiştir. Bu modelde DOLPHIN ve havana ürün aileleri için kesim ve dikim işlemleri olmadığı için modelde ilgili bloklara gönderilmemektedir.



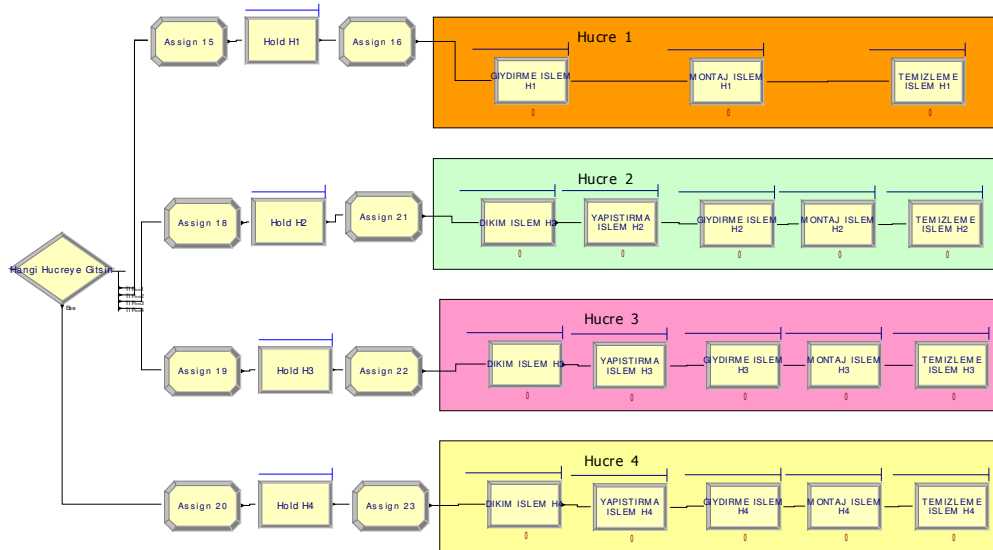
Şekil 6.21 : fonksiyonel yerleşim için Arena modeli.

Hücresel imalat için tasarlanan modelin uzun olduğu için sadece bir bölümü Şekil 6.16'da gösterilmiştir. İlk kısımları siparişlerin gelişleri ve atamalar fonksiyonel yerleşimde olduğunun bire bir aynısıdır. Bu modelde hücre kurulmasına rağmen itme sisteminin kuralları geçerlidir. Bir sonraki modelde hücrelere çekme CONWIP sistemi uygulanmıştır.



Şekil 6.22 : hücre tasarımının modellenmesi.

Bu modelde hücrelerden önce Hold blokları sisteme fazla ürün ve yarı mamul girişini engellemektedir. Sonuç olarak süreç içi stoklar azalması gerekmektedir. Hücreden belirlenen miktardan fazla ürünün girişine izin verilmeyecektir. Bir ürünün hücreyi terk ettiği anda hücreye üretilmek üzere yarı Mamak ve yapım izni verilecektir.



Şekil 6.23 : CONWIP sistemi Arena modeli (bir kısmı).

Senaryoların Arena programında kodlanmasının ardından her bir senaryo için elde edilen sonuçlar bir sonraki bölümde incelenecektir.

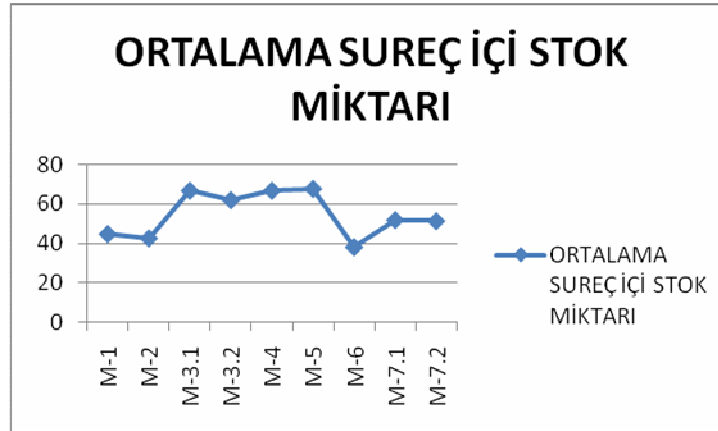
6.4.4 Senaryoların sonuçlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi

İtme esaslı modellerden elde edilen sonuçlar çizelge 6.21’de özetlenmiş ve daha sonra grafikler üzerinde detaylı olarak incelenmiştir.

Çizelge 6.18 : İtme esaslı sistemin benzetim sonuçları.

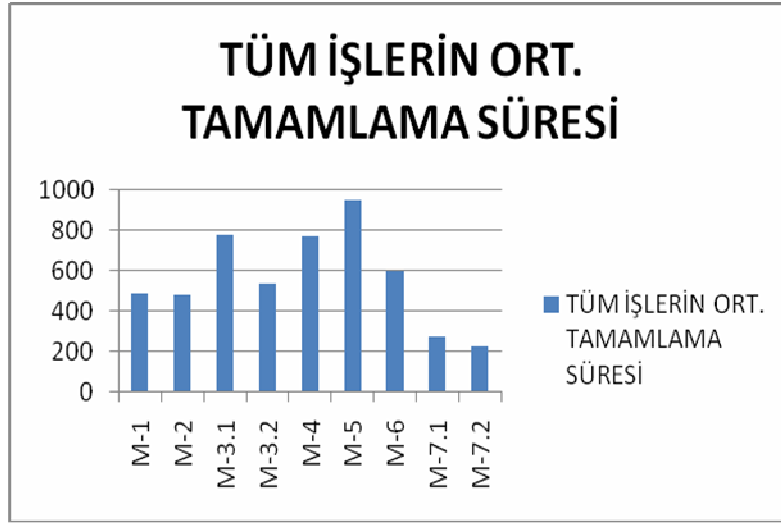
İTME SİSTEMİ									
	M-1	M-2	M-3.1	M-3.2	M-4	M-5	M-6	M-7.1	M-7.2
ORT. SUREÇ İÇİ STOK MİKTARI	44,7	42,5	66,8	62,0	66,8	67,7	38,0	51,8	51,3
TÜM İŞLERİN ORT. TAM. SÜRESİ	487,	481,5	773,6	537	770,5	947,6	599,5	272,5	227,2
NORMAL MESAİDE ÜRETİLEN SAYISI	70,5	71,0	26,4	68,6	26,5	62,2	68,1	83,3	85,2
İŞGÖREN SAYISI	6	6	4	6	6	6	6	5	6

Aşağıda elde ettiğimiz sonuçlar grafik aracılığı ile gösterilmiştir. Şekil 6.18’de ortalama süreç içi stokların değişimi gösterilmektedir. Bu sonuçların hepsinin itme esaslı sonuçlar olduğu için ortalama süreç içi stoklar yüksektir fakat değişimler ise fonksiyonel veya hücresele üretim sistemine göre değişiklikler göstermektedir.



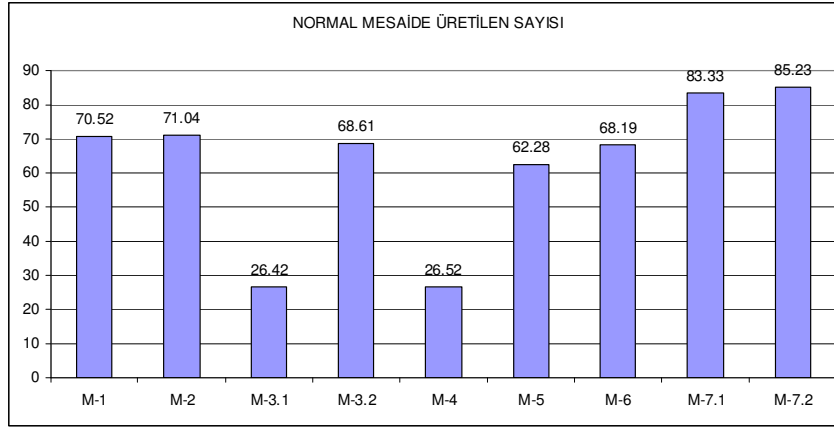
Şekil 6.24 : Ortalama süreç içi stok miktarı değişimi.

İşlerin ortalama tamamlanma zamanı veya bir işgününde fazla mesaiye ihtiyaç olup olmadığını gösteren grafik aşağıda verilmiştir. En düşük ortalama tamamlanma zamanı model M-7.2 modeline aittir. Bu modelde 4 hücrede çalışan işgörenler tüm işleri yapma yeteneğine sahiptirler. Ayrıca hücreleri de fonksiyonları geliştirilerek tüm ürünleri üretebilme yeteneğine sahiptirler. Tabi gerçek sistemde bu konu ele alınmayacaktır. Çünkü böyle bir durumda fazla yatırım yapa gereği duyulacak ve israfın meydana gelmesine neden olacaktır. Bu da yalın üretim felsefesine aykırıdır.



Şekil 6.25 : Tüm işlerin ortalama tamamlama süre değişimleri.

Şekil 6.26'de ortalama normal mesai ve fazla mesaide üretilen ürün sayısını vermektedir.



Şekil 6.26 : Normal mesaide üretilen işlerin sayısındaki değişim.

Ayrıca CONWIP sistemindeki davranışlar aşağıdaki varsayımlar üzerinde modellenmiştir.

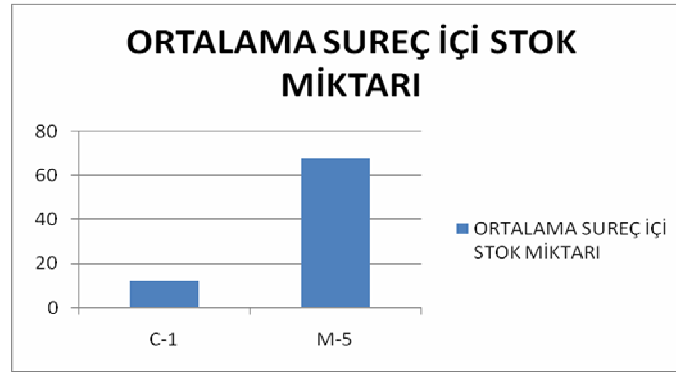
Model C-1: dört hücreden oluşmuş ve her hücrede bir işgören çalışmaktadır. Toplam 5 işgören bu sistemde çalışmaktadır. Kart sayısı her hücre için 3 adet belirlenmiştir. Hürelere 3 üründen fazla giriş yapılmayacaktır.

Model C-2: bu modelde tüm işgörenlerin eğitim gördükten sonra tüm ürün aileleri üzerinde hücre içersindeki tüm işlemleri yapabilme özelliğine sahipler. Toplam 6 işgören çalışmaktadır. (Model-4 şartları ile aynı)

Çizelge 6.19 : Çekme sistemi için geliştirilen senaryolar.

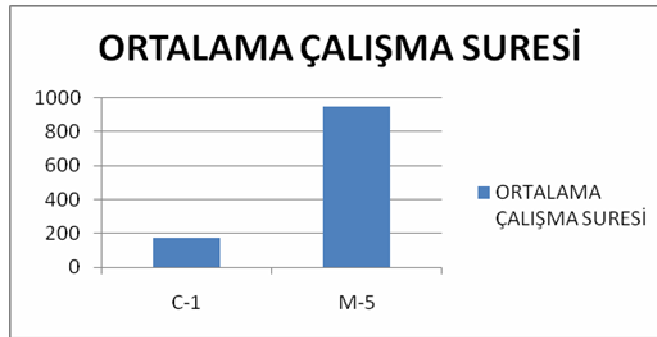
Kriterler	C-1	C-2
ORTALAMA SÜREÇ İÇİ STOK MİKTARI	12,02	20,32
ORTALAMA ÇALIŞMA SURESİ	189,79	137,22
NORMAL MESAİDE ÜRETİLEN SAYISI	60,61	87,71
FAZLA MESAİDE ÜRETİLEN SAYISI	32,85	8,76
İŞGÖREN SAYISI	6	6

CONWIP sisteminde süreç içindeki stok seviyesi her zaman sabittir, başka bir deyişle belli bir miktarın üzerine çıkılmasına izin verilmemektedir. Şekil 6.21’de aynı şartlardaki iki sistem karşılaştırılmıştır. Birisi norma itme esasına dayanan ve diğeri CONWIP esaslı itme-çekme melez sistemdir. Burada ortalama süreç içi stok seviyesi görüldüğü gibi itme sistemine nazaran çok düşüktür.



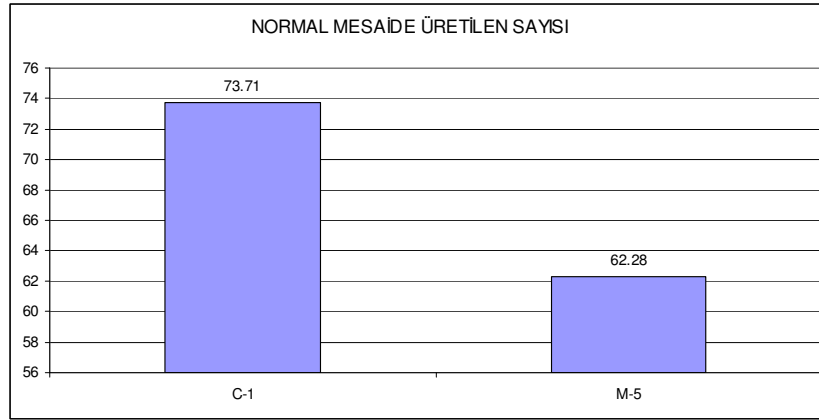
Şekil 6.27 : Ortalama süreç içi stok değerlerinin karşılaştırılması.

Aynı zamanda ortalama çalışma süreleri her iki sistem için de karşılaştırılmıştır. Bu performans ölçütünde de CONWIP sistemi daha iyi sonuç vermiştir.



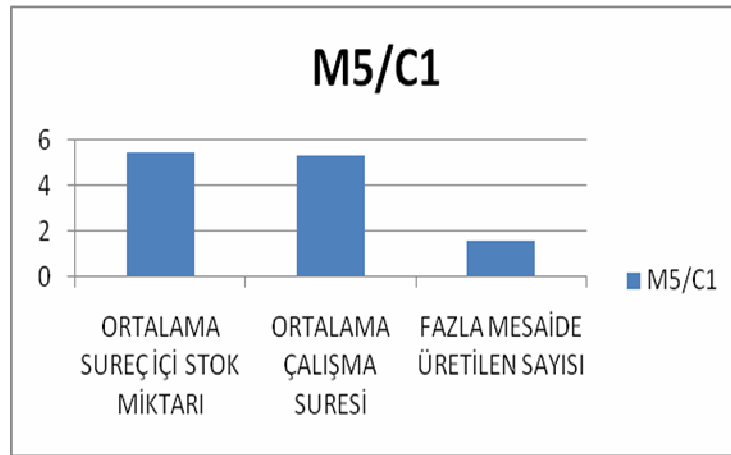
Şekil 6.28 : Ortalama çalışma süreleri değerlerinin karşılaştırılması.

Normal mesaide üretim miktarı da CONWIP sisteminde daha fazladır. Bu da ürün teslimatının gecikmesindeki etkenin ne ölçüde azaltıldığının göstergesidir.



Şekil 6.29 : Normal mesaide üretim değerlerinin karşılaştırılması.

Son olarak da bu iki sistemin birbirine oranı karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.30 : İtme – çekme oranlarının karşılaştırılması.

6.5 Düşünsel Bir Örnek Üzerinden Dinamik CONWIP Modellemesi:

Basit bir CONWIP sistemi kapalı kuyruk ağı gibi çalışmaktadır. Hopp ve Spearman (2001), ortalama çevrim süresi, temin süresi oranı ve ortalama süreç içi stok seviyesini hesaplamak için MVA (ortalama değer analizi) kullanarak bir kaç fonksiyon önermişlerdir.

$$CT_j(w) = \frac{t_e^2(j)}{2} [C_e^2(j) - 1] TH(w-1) + [WIP_j(w-1) + 1] t_e(j), \quad (6.1)$$

$$CT(w) = \sum_{j=1}^n CT_j(w), \quad (6.2)$$

$$TH(w) = \frac{w}{CT(w)}, \quad (6.3)$$

$$WIP_j(w) = TH(w)CT_j(w), \quad (6.4)$$

$$WIP(w) = \sum_{j=1}^n WIP_j(w), \quad (6.5)$$

t_e : ortalama etkili işlem süresi(bir işin yapılması için gereken ortalama zaman),

işlem zamanı, hazırlık zamanı ve duraksama zamanlarını içeren zaman.

C_e : istasyondaki etkili işlem zamanının değişim

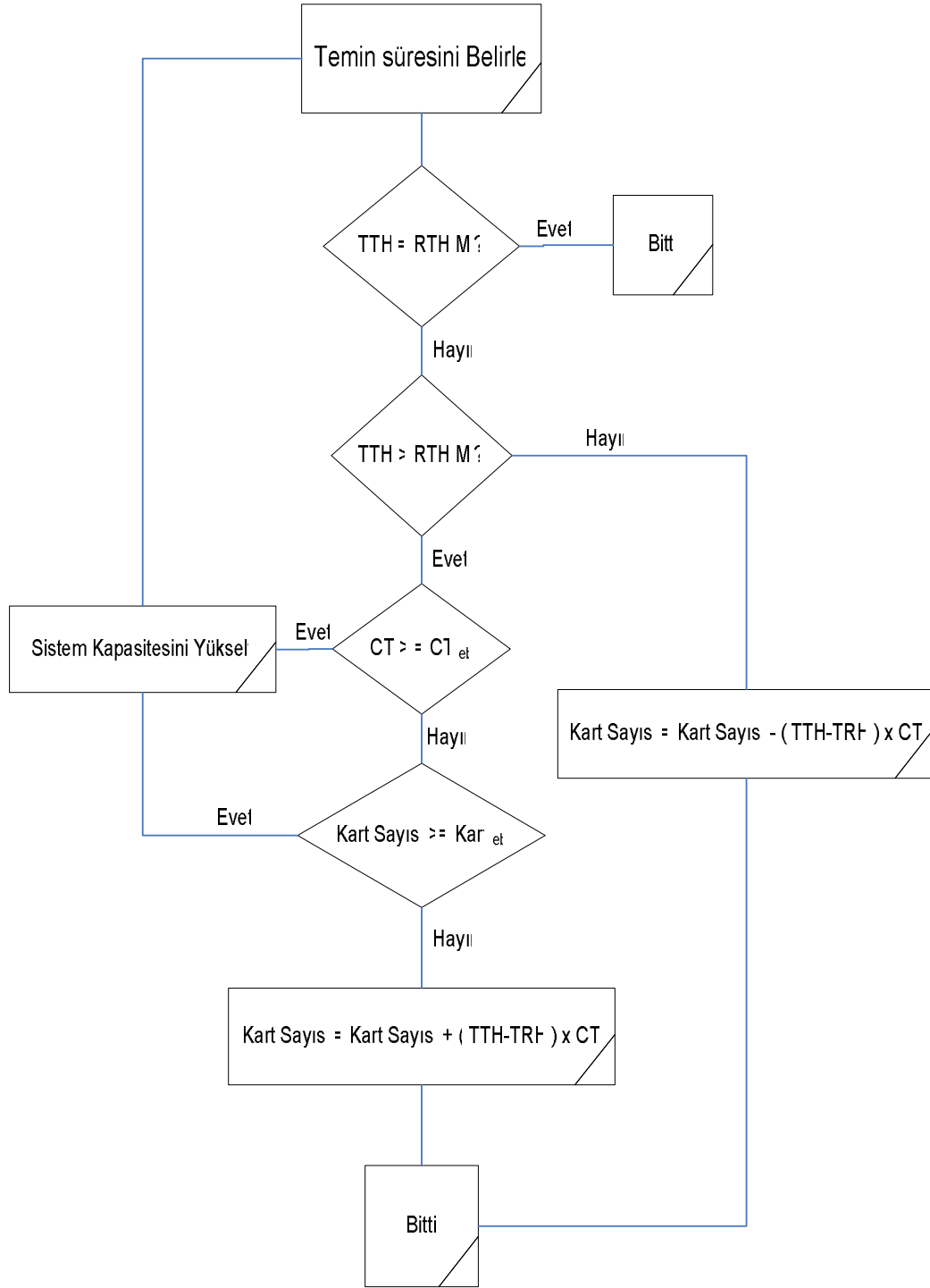
j : j . İstasyon, $j = 1, \dots, n$

w : süreçteki işler

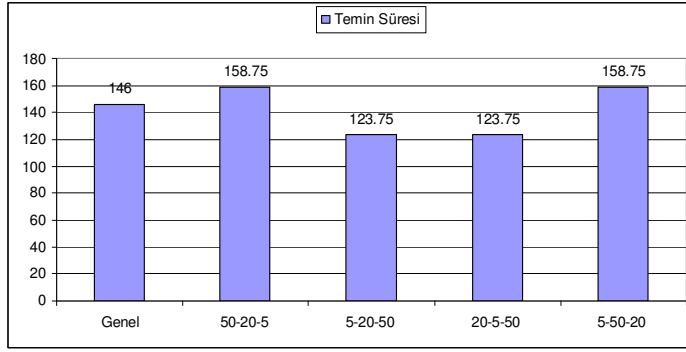
Eğer $C_e=1$ olursa işlem zamanları üstel olacaklardır. Bu nedenle M/M/1 kuyruğunun çevirim süresi aşağıdaki indirgenmiş fonksiyon ile elde edilecektir.

$$CT_j(w) = [WIP_j(w-1) + 1]t_e(j), \quad (6.6)$$

DTC süreci aşağıdaki diyagramda gösterilmiştir. Bu diyagramda uygulanabilecek en uygun hedeflenen temin süresi oranını elde etmek için, kart sayısı TTH(hedef temin süresi zamanı) ile RTH(gerçek temin süresi) zamanının farkını kullanarak elde edilecektir.

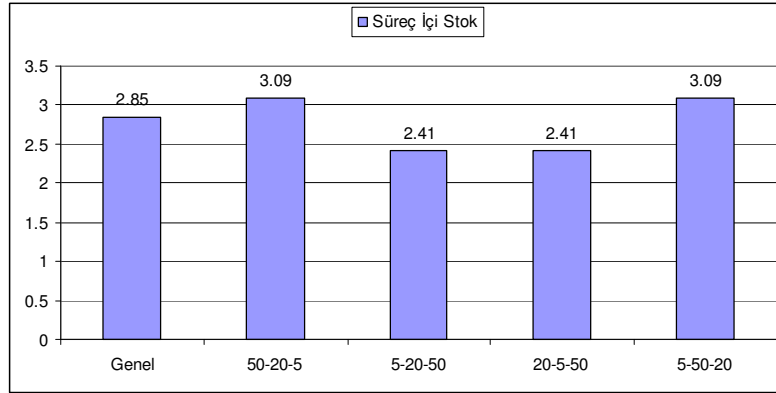


Şekil 6.31 : DTC akış diyagramı (Liu ve Huang, 2009)



Şekil 6.33 : Temin süresi karşılaştırması (D-CONWIP ile G-CONWIP)

Süre içi stoklardaki değişim aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Süre içi stok farklı işlem sürelerine göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca bu grafiklerde dar boğaz istasyonunun sonuçları etkilediği görülmektedir.



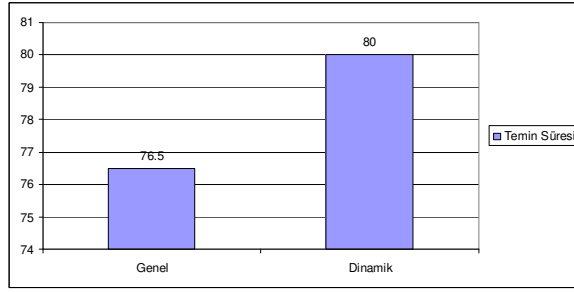
Şekil 6.34 : Süreç içi stok karşılaştırılması (D-CONWIP ile G-CONWIP)

Dinamik kart kontrollü CONWIP sistemi farklı sistemlerde farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu da hücre içerisindeki makinelerin işlem sürelerinin ne kadar farklı olduğuna bağlıdır. Örneğin aşağıdaki denemede hücre içindeki her üç istasyonun işlem sürelerinin eşit olduğu sistemde farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.21 : Eşit işlem süresine sahip istasyonların performans değişimi

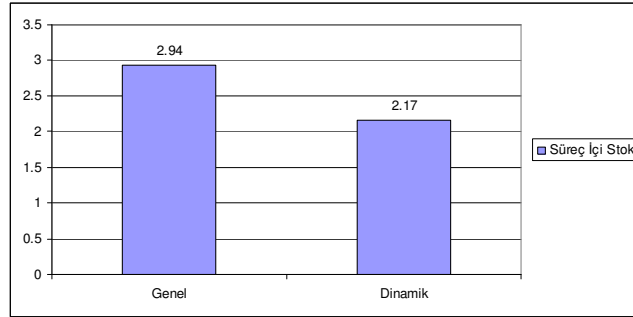
Performans Kriterleri	25 - 25 - 25	
	Genel	Dinamik
Temin Süresi	76.5	80
Süreç İçi Stok	2.94	2.17

Bu çizelgeyi grafik üzerinde gösterirsek temin süresi karşılaştırılması aşağıdaki gibi olacaktır.



Şekil 6.35 : Temin süresi karşılaştırması

Ayrıca süreç içi stok değişim grafiği de aşağıda gösterildiği gibi olacaktır. Burada genel CONWIP sisteminin ortalama süreç içi stok seviyesinin dinamik kart kontrollü sisteme göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 6.36 : Süreç içi stok karşılaştırması

Grafiklerde de görüldüğü gibi genel CONWIP sistemindeki temin süresi dinamik kart kontrollü sistemden daha düşük çıkmıştır. Buna karşın süreç içi stok seviyesi dinamik kart kontrollü sistemde daha düşük çıkmıştır.

7. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Günümüz rekabet ortamında eğilim, müşteri talebine hızlı cevap vermek ve yüksek kaliteli, düşük fiyatlı ürünler sunmaktır. İsrafı ortadan kaldırmak ve etkin bir iş akışı gerçekleştirmek tüm yöneticilerin hedefi olmalıdır. Bu, yalın üretim felsefesinin ulaşmaya çalıştığı hedeftir. Yalın üretim 1990'lı yıllardan beri Türkiye'de gündemde olup uygulanmaktadır.

Yalın Düşünce'nin temel amacı, değerlin ilk ham maddeden başlayarak, değer yaratma süreci boyunca hiç kesintisiz akıtılarak hızla nihai müşteriye ulaştırılmasıdır. Bunu başarabilmek için tüm değer zincirine bir bütünlük çerçevesinde bakmak, israfları yok etmek ve tüm faaliyetleri müşteri için mükemmel değer oluşturmak amacına yönlendirmek gerekir.

Yalın Düşünce'de israf, bilinen anlamının ötesinde ürün ya da hizmetin kullanıcılarına herhangi bir fayda sunmayan, müşterinin fazladan bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her şeydir. Tasarımdan sevkiyata tüm ürün/hizmet yaratma aşamalarındaki her türlü israfın yok edilmesi ile maliyetlerin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması, piyasa koşullarına uyum esnekliğinin kazanılması, nakit akışının hızlandırılması dolayısı ile firma kârlılığının artırılması hedeflenir.

Yalın Düşünce uygulamalarıyla sistemdeki İsraflar sürekli olarak azaltılıp, kaynaklar daha fazla değer yaratmaya yönlendirildiğinde, sadece firmaların kârlılığı ve rekabet gücü artmaz, müşteriler de kendilerine daha uygun, daha kaliteli, daha ucuz ürün ve hizmetleri temin edebilirler. Bu zincir tüm sektörlere ve tüm faaliyet alanlarına yayıldığında toplumsal zenginliğin artmasına katkıda bulunur.

Yalın üretimde; tam zamanında üretim, yani stoksuz üretim, her şeyi hemen o an gerekecek miktarda üretmek, bir başka deyişle hiçbir şeyi önceden ve gerekmediği miktarda üretmemek ilkesi üzerine kurulmuştur.

Tam zamanında üretimin temelinde üretimin her aşamasında israfı önleme amacı bulunmaktadır. Bir işletmede, ancak tüm israfın önlenebildiği noktada tam zamanında üretim gerçekleşecektir. Başka bir ifadeyle, tam zamanında üretimin gerçekleşebilmesi, israfın ne ölçüde ortadan kaldırılabilmesine bağlıdır. Tam

zamanında üretim felsefesi ürünün değerini arttırmadan maliyet ekleyen tüm unsurları israf olarak tanımlamıştır. İsrafi ortadan kaldırmak;

Müşteriye hizmet veya ürüne doğrudan değer eklemeyen tüm faaliyetleri en az düzeye indirmek anlamındadır. İsrafin ortadan kaldırılması işletmenin her biriminde gerçekleştirilebilir.

Kanban, tam zamanında üretim sisteminin en önemli elemanlarından biridir. Kanban, tam zamanında üretim sisteminde ihtiyaç duyulduğu zaman, ihtiyaç duyulduğu miktarda, ihtiyaç duyulan parçaların üretimini, birbirleriyle uyumunu kontrol etmeyi amaçlayan bir bilgidir. Kanban felsefesi, basit kart sistemi ve kendi işlem kurallarını kullanarak üretim sürecinin malzeme akışını düzenlemesine imkân tanır. Bir tam zamanında üretim sisteminde malzeme hareketinin düzenlenmesi ve stoklarının azaltılması için bu elemana ihtiyaç duyulur. Diğer bir faydası da stok seviyelerini azaltarak, problemlerin belirlenmesidir. Sonuç olarak, kanban ve kanban kontrollü çekme sistemleri tam zamanında üretim sisteminin bir tanımlayıcı elemanı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, geliştirilen tüm senaryolar bilgisayar üzerinde modellenmiş, benzetim sonuçları performans ölçütleri yardımıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada temin süresi, süreç içi stok miktarı, bir ürünün ortalama kuyrukta bekleme süresi, normal mesaide üretilen ürünler ile fazla mesaide üretilen ürünlerin miktarı gibi performans ölçütleri değerlendirilmiştir.

Uygulamaya konu olan işletme için bu kapsamda tedarikçiler ile yapılan kanban uygulama metodu sayesinde yarı mamul ve hammadde stoklarını önemli ölçüde azaltmıştır. Bu da işletme açısından büyük bir maliyetten kurtulma anlamına gelmektedir. Ayrıca hücresel imalata geçiş nedeni ile işgörenlerin sadece tek iş yapma becerisi yerine daha fazla iş yapma özelliği kazandırılmış, ekip çalışması üzerinde durulmuştur. Buda sistemin esnekliğini artırarak müşteriye verilen hizmetin hem kalite bakımından hem de hızlı bir cevap verme sonucu doğurmuştur. Daha sonra itme esaslı sistemin yerine süreç içi stokları minimize etmek amacı ile itme-çekme melez sistemi olan CONWIP sistemi uygulanmıştır. Bu sistem sayesinde hücrelerde tek parça akış sistemine geçilmiş ve sistemde hat dengeleme sonucu süreç içi stok ve temin süresinde de önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. Son olarak yapılan bir düşünsel örnek üzerinde CONWIP kartlarını sistemin ürün çeşitliliği ve talep belirsizliğini göz önünde tutarak dinamik kart kontrol sistemi de bilgisayar ortamında uygulanmıştır. Bu sistem sonuca süreç içi stokların küçük miktarda arttığı fakat

temin süresinde ki azalma gözlenmiştir. Fazla mesaide üretilen ürün sayısı ise düşürülmüştür.

Gelecek çalışmada uygun bir uygulama ortamı seçerek dinamik kart kontrol sistemi üzerinde çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir. Bu sistemde istasyonlarda çalışma zamanlarının çok farklı olduğu, ürün çeşitliliğinin ve talep belirsizliği gibi özellikler taşıması bu sistemin daha iyi sonuç vermesi için daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, N.**, 1995. Tam Zamanında Üretim, MPM Yayınları ikinci basım Ankara, sf. 3-5, 1995.
- Ağlan, C.**, 2009. “ Melez Üretim Kontrol Stratejileri”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Aşkın, R.,G.,Goldberg, J.,B.**, 2001. Design and Analysis of Lean Production Systems, John Wiley and Sons Publishing, New York, pp. 112, 2001.
- Banks, J.**, 2000 .Introduction to Simulation., Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, J. A. JOINES, R. R. BARTON, K. KANG, ve.P. A. FISHWICK (der.), s.9-16
- Barker R.C.**, 1994. “The Design of Lean Manufacturing Systems Using Time-based Analysis” *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 11, 1994, pp. 86-96. MCB University Press, 0144-3577
- Berkley, B.J.**, 1993. “Setting Minimum Performance Levels For Two-Card Kanban-Controlled Lines” , *International Journal of Production Research*, 31 (5): 1003- 1021 (1993).
- Bonvik, A. M., Couch, C. E., and Gershwin, S. B.**, 1996. A comparison of production-line control mechanisms. *Int. J. Prod. Res.*, 1997, **35**, 789-804.
- Chan, F.T.S.**, 2001 “Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems”, *Journal of Materials Processing Technology* ,116: 146-160 (2001).
- Chang, T.M and Yih, Y.**, 1994. “Generic Kanban Systems for Dynamic Environments”, *International Journal of Production Research.*, **32** (4): 889-902 (1994).
- Chaturvedi, M., and Golhar, D.Y.**, 1992 “Simulation Modelling and Analysis of a JIT Production System” , *Production Planning and Control*, **3** (1): 81-92 (1992)
- Claudio D. and Krishnamurthy A.** 2007., “Kanban-based pull systems with advance demand information”, *International Journal of Production Research* Vol. **47**, No. 12, 15 June 2009, 3139– 160
- Demirkır, M.**, 2008. YALIN ÜRETİM VE LASTİK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA, Yüksek Lisans Tezi,
- Dengiz, B.**, 2005. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ders Notları.

- Durmuşoğlu, M.B.**, 2009. Yalın Üretim ve Yönetim Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Enns S.T., Paul Rogers**, 2008. "CLARIFYING CONWIP VERSUS PUSH SYSTEM BEHAVIOR USING SIMULATION", Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönnch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds.
- Ertay, T.**, 1998. "Simulation approach in comparison of a pull system in a cell production system with a push system in a conventional production system according to flexible cost: A case study" , *International Journal of Production Economics* 56-57: 145-155
- Framinan J. M. Ve Diğ.** 2005. "Dynamic card controlling in a Conwip system", *Int. J. Production Economics* 99 (2006) 102–116
- Framinan, M. J., Gonzalez, P. L. and Ruiz-Usano, R.**, 2006. Dynamic card controlling in a CONWIP system. *Int. J. Production Economics*, 99, 102-116.
- Geraghty J., Heavey C.**, 2004. "A comparison of Hybrid Push/Pull and CONWIP/Pull production inventory control policies", *Int. J. Production Economics* 91 (2004) 75–90
- Ghrayeb O., Phojanamongkolkij N.**, 2008. "A hybrid push/pull system in assemble-to-order manufacturing environment", *J Intell Manuf* (2009) 20:379–387 DOI 10.1007/s10845-008-0112-6
- Goover, Mikell P.**, 2001. "Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing", *Prentice-Hall International Inc.*, 420-453 (2001).
- Güçlü, k.**, 2006. "Türk Traktör Fabrikasında Makine Yerleşiminde Hücresel İmalat Uygulaması", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*
- Hicks, B.,J.**, 2007. Lean information management understanding and eliminating waste, pp. 4-5, 2007.
- Ioannidis S. ve Koukoglou V.**, 2007. "Revenue management in single-stage CONWIP production systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 46, No. 22, 15 November 2008, 6513–6532
- Khojasteh Y. Ve Ghamari**, 2008. "A performance comparison between Kanban and CONWIP controlled assembly systems", *J Intell Manuf* (2009) 20:751–760 DOI 10.1007/s10845-008-0174-5
- LAW, A.M. ve W.D. KELTON**, 1982. "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill Book Company, New York,
- Liu Q. ve Huang D.**, 2009. "Dynamic card number adjusting strategy in card-based production system", *International Journal of Production Research* Vol. 47, No. 21, 1 November 2009, 6037–6050

- Monden, Y.,** 1993. Toyota Production System, An Integrated Approach to Just- In-Time, Engineering Management Pres, Georgia, USA, pp. **28**, 1993.
- Mosavi, M. Y.,** 2005. “Otomotiv Sanayinde Tam Zamanında Üretim modeli Ve Uygulaması” Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Nomak, A. ve Durmuşoğlu, M.B.,** 2003. “Bir Hücreli Üretim Ortamında, Üretim Planlama Ve Kontrol Sistemlerinin Benzetim Analizi”, İTÜ Dergisi, Cilt 2, Sayı 5, 43-52.
- Oakshot, L.,** 1997. “Business Modelling and Simulation“, Pearson Education Ltd. Edinburg Gate, Harlow, England,
- Okur, S.,A.,** 2000. Yalın Üretim, Yönetim Dizisi 1, İstanbul, Söz Yayın, sf. 109, 1997. YINGLING, J.,C., DETTY, R., SOTTILE J., Lean Manufacturing Principles and Their Applicability to the Mining Industry, *Mineral Resources Engineering Journal*, Vol.9, No.2, 215-238, Imperial College Press, pp. **218**, 2000.
- Özgürler, Ş.,** 2007. “Değer Akışı Haritalandırma ve Conwip Sistemine Yönelik Bir Tasarım” YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Richard P. Marek, Debra A. Elkins, Donald R. Smith,** 2001. “Understanding The Fundamentals Of Kanban And Conwip Pull Systems Using Simulation”, *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference* B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, and M. W. Rohrer, eds.
- Rother, M., Shook,** 1999. J., Learning to see The Lean Enterprise Institute, Massachusetts, pp. **16**, 1999.
- Slomp J., Jos A.C. Bokhorst and Germs R.,** 2009. “A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation”, *Production Planning & Control* Vol. **20**, No. 7, October 2009, 586–595
- Suri, R. and Krishnamurthy, A.,** 2003. How to Plan and Implement POLCA: A material Control System for High-Variety or Custom-Engineered Products. *Technical Report, Center for Quick Response Manufacturing*, May 2003.
- Sütçü, A.,** 2005. “Bir Mobilya Üretim Sisteminin Benzetimle Yeniden Tasarımı”, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Şahin, S.,** 2005. “Değer Akış Yönetimi ve işletmelerde Uygulanması”, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şenyılmaz A.,** 2006. “Kanban Üretim Kontrol Sisteminin Deneysel Tasarım Teknikleri ile Analizi ve Bir işletmeye Uygulanması”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Takahashi, K. and Nakamura, N.,** 1999. Reacting JIT ordering systems to the unstable changes in demand. *Int. J. Prod. Res.*, **37**, 2293-2313.

- Takahashi, K.**, 2003. Comparing reactive Kanban Systems. *Int. J. Prod. Res.*, **41**, 4317-4337.
- Uğraş, S.**, 2005. “Hücrel İmalat Sisteminde Verimlilik Bazlı Etkili Bir Yaklaşım: Tavlama Benzetimi Uygulaması”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

EKLER

A. Zaman Ölçümleri

DOLPHIN

İŞLEM		Kesim	Dikim	Yapıştırma	Giydirme	Montaj	Temizleme
ZAMAN ÖLÇÜMLERİ	1	*	*	*	6.72	2.70	*
	2	*	*	*	6.70	2.68	*
	3	*	*	*	6.64	2.71	*
	4	*	*	*	6.71	2.86	*
	5	*	*	*	6.88	2.64	*
	6	*	*	*	7.22	2.74	*
	8	*	*	*	6.16	2.78	*
	9	*	*	*	6.44	3.22	*
	10	*	*	*	7.11	2.80	*
	11	*	*	*	6.63	2.76	*
	12	*	*	*	6.56	2.77	*
	13	*	*	*	7.54	2.81	*
	14	*	*	*	6.46	2.75	*
	15	*	*	*	6.55	2.65	*
	16	*	*	*	6.20	2.69	*
	17	*	*	*	6.23	2.73	*
	18	*	*	*	7.14	2.81	*
	19	*	*	*	6.33	2.68	*
	20	*	*	*	6.34	2.81	*
	21	*	*	*	6.28	2.76	*
	22	*	*	*	6.44	3.13	*
	23	*	*	*	8.07	2.63	*
	24	*	*	*	7.08	2.68	*
	25	*	*	*	6.41	2.61	*
	26	*	*	*	6.34	2.76	*
	27	*	*	*	6.38	2.64	*
	28	*	*	*	6.70	2.59	*
	29	*	*	*	7.84	2.68	*
	30	*	*	*	6.57	2.66	*

HAVANA

İŞLEM		Kesim	Dikim	Yapıştırma	Giydirme	Montaj	Temizleme
ZAMAN ÖLÇÜMLERİ	1	*	*	*	6.45	2.81	*
	2	*	*	*	6.70	2.74	*
	3	*	*	*	6.83	2.75	*
	4	*	*	*	6.55	3.32	*
	5	*	*	*	6.72	2.65	*
	6	*	*	*	8.13	2.62	*
	7	*	*	*	6.54	2.73	*
	8	*	*	*	6.79	2.71	*
	9	*	*	*	6.42	2.68	*
	10	*	*	*	7.10	2.81	*
	11	*	*	*	6.69	2.58	*
	12	*	*	*	6.36	2.75	*
	13	*	*	*	6.57	2.66	*
	14	*	*	*	6.73	2.62	*
	15	*	*	*	6.25	2.63	*
	16	*	*	*	6.74	2.72	*
	17	*	*	*	6.70	3.42	*
	18	*	*	*	6.30	2.70	*
	19	*	*	*	7.92	2.63	*
	20	*	*	*	6.95	2.71	*
	21	*	*	*	6.37	2.84	*
	22	*	*	*	6.82	2.70	*
	23	*	*	*	6.66	2.70	*
	24	*	*	*	6.82	2.79	*
	25	*	*	*	6.71	2.76	*
	26	*	*	*	6.41	2.74	*
	27	*	*	*	6.76	2.70	*
	28	*	*	*	6.63	2.71	*
	29	*	*	*	7.42	3.21	*
	30	*	*	*	6.43	2.90	*

SERENA

İŞLEM		Kesim	Dikim	Yapıştırma	Giydirme	Montaj	Temizleme
ZAMAN ÖLÇÜMLERİ	1	13.75	46.36	2.97	9.69	2.88	*
	2	15.01	51.62	3.11	11.06	2.74	*
	3	14.20	48.28	3.01	11.34	2.49	*
	4	13.72	43.36	3.04	10.16	2.77	*
	5	13.34	46.25	2.91	10.61	2.63	*
	6	14.63	48.35	3.04	10.43	2.94	*
	7	12.95	45.50	3.03	10.92	2.72	*
	8	12.55	46.33	4.13	13.19	2.14	*
	9	13.61	51.13	3.01	10.69	2.62	*
	10	13.85	43.14	3.06	11.79	2.87	*
	11	13.80	44.54	2.94	12.07	2.79	*
	12	13.39	46.04	3.02	10.75	2.54	*
	13	13.92	48.85	3.04	11.51	2.29	*
	14	15.17	48.47	2.95	11.81	2.43	*
	15	13.28	47.48	2.98	10.56	3.31	*
	16	13.31	42.69	2.98	9.63	2.54	*
	17	15.21	43.72	2.95	11.07	2.86	*
	18	13.58	46.85	3.05	11.51	2.75	*
	19	12.77	48.40	2.99	11.68	2.33	*
	20	14.33	44.91	2.86	9.99	2.81	*
	21	13.30	45.97	3.02	9.58	2.48	*
	22	13.52	51.19	3.08	12.49	3.32	*
	23	12.64	49.61	3.03	10.98	2.66	*
	24	14.43	48.48	3.04	11.45	2.65	*
	25	13.28	46.55	4.21	11.39	2.60	*
	26	13.33	46.58	2.94	11.54	2.53	*
	27	13.70	47.28	3.06	11.88	2.54	*
	28	13.23	48.89	2.91	12.21	2.30	*
	29	1.00	46.72	2.98	13.21	2.06	*
	30	13.39	48.46	2.90	10.87	2.57	*

HAZEL

İŞLEM		Kesim	Dikim	Yapıştırma	Giydirme	Montaj	Temizleme
ZAMAN ÖLÇÜMLERİ	1	9.40	12.64	*	8.19	2.38	*
	2	9.40	11.81	*	8.36	2.30	*
	3	9.15	12.24	*	7.93	2.38	*
	4	8.55	12.03	*	8.38	2.29	*
	5	8.05	13.17	*	8.71	2.27	*
	6	8.14	12.18	*	8.52	2.47	*
	7	8.36	12.22	*	8.26	2.35	*
	8	7.64	11.90	*	10.15	2.35	*
	9	8.93	11.59	*	8.44	2.38	*
	10	9.09	11.50	*	8.01	2.38	*
	11	8.92	12.51	*	8.78	2.42	*
	12	9.36	12.55	*	8.72	2.28	*
	13	8.35	12.11	*	8.90	2.33	*
	14	10.12	11.77	*	8.44	2.25	*
	15	7.99	11.72	*	10.24	2.35	*
	16	8.08	12.37	*	8.68	2.47	*
	17	9.45	11.87	*	9.11	2.36	*
	18	7.90	13.21	*	8.70	2.38	*
	19	9.18	12.15	*	8.98	3.18	*
	20	8.48	11.66	*	7.84	2.48	*
	21	8.13	11.98	*	8.34	2.39	*
	22	8.35	12.15	*	8.17	2.30	*
	23	10.03	11.99	*	9.17	2.22	*
	24	8.61	11.64	*	8.98	2.36	*
	25	9.13	11.44	*	8.45	2.50	*
	26	9.17	11.01	*	8.09	2.24	*
	27	7.83	12.40	*	7.96	2.33	*
	28	9.44	12.30	*	8.62	2.33	*
	29	7.14	12.25	*	8.17	3.21	*
	30	8.58	12.10	*	8.75	2.29	*

B. Yıllık üretim miktarı

YILLIK SEVKİYAT ANALİZİ (MONO)						
	Tanım	Kod	TOPLAM	AYLIK	GÜNLÜK	%
1	DOLPHIN 3-5-7-9 PLS	DOLPHIN	5.576	465	18,59	32,2424
2	HAVANA 5-7-9 KOLLU	HAVANA	2.610	218	8,70	15,0919
3	APEX 3-7-9 KRM 3-7-9 PLS	APEX	1.588	132	5,29	9,1824
4	SERENA 9-7 ALM 3 KRM	SERENA	1.612	134	5,37	9,3212
5	HAZEL 3-9 KRM 7-9 PLS KOLLU	HAZEL	1.130	94	3,77	6,5341
6	VELA 7 KLC KEP.	VELA	424	35	1,41	2,4517
7	IDEA 9 KRM	IDEA	319	27	1,06	1,8446
8	MISTRAL	MISTRAL	277	23	0,92	1,6017
9	IDEA	IDEA	267	22	0,89	1,5439
10	K8-A	COMFORT	223	19	0,74	1,2895
11	OMEGA	OMEGA	218	18	0,73	1,2606
12	OMEGA	OMEGA	212	18	0,71	1,2259
13	SARDA	SARDA	210	18	0,70	1,2143
14	POWER	POWER	209	17	0,70	1,2085
15	NEO	NEO-1	203	17	0,68	1,1738
16	KUDU	KUDU	169	14	0,56	0,9772
17	EDEN	EDEN	152	13	0,51	0,8789
18	OMEGA	OMEGA	147	12	0,49	0,8500
19	MISTRAL	MISTRAL	143	12	0,48	0,8269
20	VANILA	VANILA	142	12	0,47	0,8211
21	NEO	NEO-1	139	12	0,46	0,8037
22	LIMA	LIMA	134	11	0,45	0,7748
23	GALANTE	GALANTE	133	11	0,44	0,7691
24	MISTRAL	MISTRAL	130	11	0,43	0,7517
25	POWER	POWER	129	11	0,43	0,7459
26	LEGEND	LEGEND	120	10	0,40	0,6939
27	OMEGA	OMEGA	120	10	0,40	0,6939
28	SESTA TI	SESTA	119	10	0,40	0,6881
29	EDEN	EDEN	119	10	0,40	0,6881
30	IDEA	IDEA	113	9	0,38	0,6534
31	MISTRAL	MISTRAL	106	9	0,35	0,6129
32	SESTA	SESTA	101	8	0,34	0,5840

C. ürünlerin standart zamanlarının hesaplanması

SERENA 9 ALM Standart Zaman			
	Miktar	Ayrıntı	TOPLAM
OTR ÇEKTİRME DİKİMİ	1.5	dikim	34.63
OTR ÇEKTİRME TRAŞLAMA	0.16		
OTURAK DUVAR BİRLEŞTİRME	0.86		
OTR FİTİL DİKME	2.68		
OTURAK DUVAR EKLEME MONO	3.35		
OTURAK KILIF TIRAŞLAMA	1.43		
ÇEKTİRME BEZİ DİKİM	2.63		
ÇEKTİRME TRAŞLAMA	0.5		
ARK FİTİL DİKİM VE ETİKET DİKİM	5.36		
YAN DUVAR BİRLEŞTİRME VE FERMUAR DİKİM	1.55		
ARK ARKASI ALT-UST PRC BİRL VE UST BAST	1.17		
ARK. ARKAYA FERMUAR DİKİMİ	3.17		
FERMUAR ELÇİK TAKMA VE BASTIRMA	2.13		
ARK ARKASI DUVAR DİKİM	1.54		
ARK ARKASI VE ARKALIK ÖN YÜZ BİRLEŞTİRME	4.6		
ARK KILIF TIRAŞLAMA	2		
OTR KANCALAMA VE GİYDİRME	0.8	giydirme	7.15
OTR ÇAKIM	2.03		
OTR ASTAR ÇAKIM	1.1		
ARK KANCALAMA VE GİYDİRME	1.12		
ARK KAPATMA	2.1		
OTR ÇİZİM	1.24	kesim	10.67
KESİM EL İLE MONO SABLON	2.48		
FİTİL KESİM	0.16		
ARK ÇİZİM	2.47		
ARKALIK KESİM	4		
FİTİL KESİM	0.32	montaj	3.48
KOLCAK-OTR MONTAJI	1.6		
MKNZ MNTJ	0.6		
ARK-OTR MNTJ VE GRNT BELG	0.8		
ARK BRACKET BAĞLAMA	0.48		
OTR SÜNGERİ YAPIŞTIRMA	0.53	yapıştırma	2.43
ARK ÖN YÜZE ENJ SNGR YAPIST	1.15		
ARK ARKAYA MERCAN SNGR YPŞTRMA	0.75		

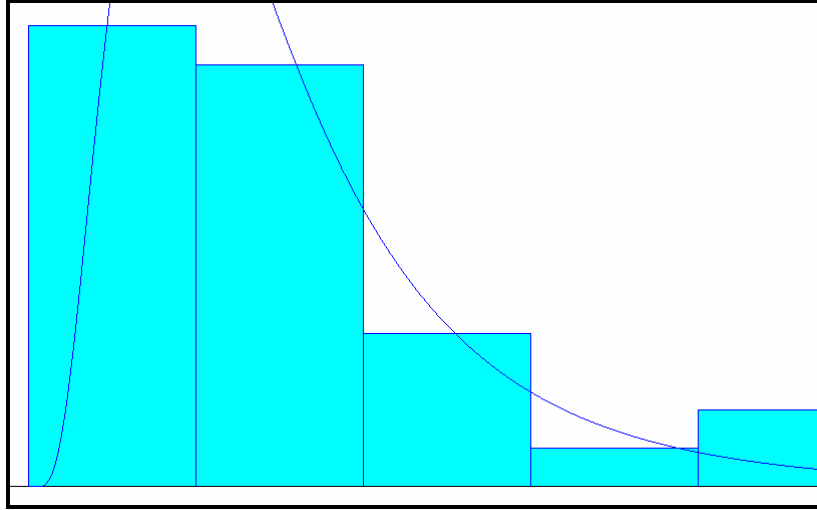
HAZEL 9 KRM KOLLU Standart Zaman			
Açıklama	Miktar	Ayrıntı	TOPLAM
OTR-ARK DILIM DIKIM	1.42	dikim	9.93
CEKTİRME İPİ DIKIM	1.07		
OTR-ARK SUNGERLEME	0.45		
OTR-ARK DUVAR BIRLES. VE ETİKETLEME	0.5		
ARKALIK ARKASI DUVAR DIKIM	1.01		
ARKALIK-ARKALIK ARKASI BİRLESTİRME	2.17		
OTR-ARK BİRLESTİRME	0.26		
OTR-ARK CEKTİRME DIKIMI	0.48		
OTR-ARK OVERLOK ÇEKİM	2.57	giydırme	6.43
KILIF-KOLTUK İLAC SURULMESİ	1.36		
GIYDİRME MONO	5.07	kesim	7.02
OTR-ARK ÇİZİM	2.31		
OTR-ARK KESİM	4.71	montaj	2
MEKANİZMA MONTAJ	0.8		
KOLÇAK MONTAJ VE GRNT BELG KOYMA	1.2	temizleme	0.5
TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5		

APEX 7 PLS Standart Zaman			
Açıklama	Miktar	Ayrıntı	TOPLAM
Arkalık - Orta Parça Birleştirme	0.7	dikim	2.65
Arkalık-Orta Parça-Oturak Birleştirme	0.55		
Arkalık-Orta Parça-Oturak Üst Bastırma	1.4		
Arkalık Çakım	2.2	giydirmeye	3.91
Oturak Çakım	1.03		
Fazlalık Kumaşların Traşlanması	0.68		
Oturak - Arkalık Çizimi	0.5	kesim	2
Oturak - Arkalık Kesimi	0.6		
Orta Parça Çizimi	0.4		
Orta Parça Kesimi	0.5		
Arkalık ve Oturak Kapakları Geçirme	0.39	montaj	6.16
Oturak Arkalık Birleştirme	0.46		
Mekanizme Montajı	0.48		
Kolçak Keplerini Kolçağa Birleştirme	0.63		
Kolçak Montajı	1.25		
Kolçak Yan Plstik Kapak Montajı	0.38		
Ark ve Otr Kolçak Braketi Bağlama	1.34		
Otr-Ark Brileştirme Braket Bağlama	1.1		
Vida Bağlantılarını Yapma	0.13		
TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5	temizleme	0.5
Kılıf kumaşı yapıştırma	0.26	yapıştırma	5.73
Arkalık Kumaşı Yapıştırma	0.31		
Oturak Kumaşı Yapıştırma	0.56		
Kolçak Kumaşı Yapıştırma	1.22		
Arkalık Süngerini Yapıştırma	1.09		
Oturak Süngerini Yapıştırma	1.39		
Kolçak Süngerini Yapıştırma	0.9		

IDEA 9 KRM			
Açıklama	Miktar	Ayrıntı	TOPLAM
KOLCAK DIKIM	1.16	dikim	23.86
KLC TRAS VE CEVİRME	1.34		
KLC UST BSTR VE BAGLAMA	2.55		
OTR DIKIM	1.5		
OTR CEKT DIKIM VE UST BASTR	1.59		
OTR DVR EKLEME VE UST BASTR	0.41		
OTR FITIL DIKIM	1.43		
OTR DVR DIKIM	1.16		
5 LIK FITIL DIKIM	0.3		
OTR TRAS	0.24		
ARK DIKIM	2		
ARK CEKT DIKIM UST BASTR	1.59		
ARK DVR EKLEME UST BASTR	0.7		
BASLIK YAN DVR DIKIM UST BASTR	1.59		
BASLIK ARKA PRC DIKIM VE UST BASTR	0.36		
ARK ARKASI DIKIM VE UST BASTR	1.33		
ARK FITIL DIKIM	2.22		
ARK DVR DIKIM	1.32		
5 LIK FITIL DIKIM	0.58		
ARK TRAS	0.49		
OTR SNGR TRAS-GYDR VE TELLEME	1	giydirmе	14.44
ARK TSYC BAGL DEMR BAGLAMA	0.46		
ARK FITIL ÇAKIM	1.93		
ARK TELLEME VE GYDR	4.5		
BASLIK GYDR VE ÇAKIM	1.5		
KLC GYDR VE ÇAKIM	2.68		
OTR ÇAKIM VE TRAS	1.4		
OTR FITIL ÇAKIM	0.97		
KOLCAK ÇIZIM	0.71	kesim	21.46
KESİM EL İLE MONO	1.83		
KUMAS ÇIZIM	1.34		
KESİM EL İLE MONO	2.5		
FITIL KESİM	0.2		
ARK KUMAS BAŞLIKLİ ÇIZIM EL İLE	4.08		
ARK KUMAS BAŞLIKLİ KESİM EL İLE	10.39		
FITIL KESİM	0.41		
KEP VE KOLC OTURAGA MONTAJI	1.85	montaj	4.24
MEKANİZMA MONTAJ VE GRNT BELG	1.23		
ARK-OTR BİRLEŞTİRME	1.16	temizleme	1.73
TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5		
KOLÇAK SUNGERİ YAPIŞTIRMA	1.23		

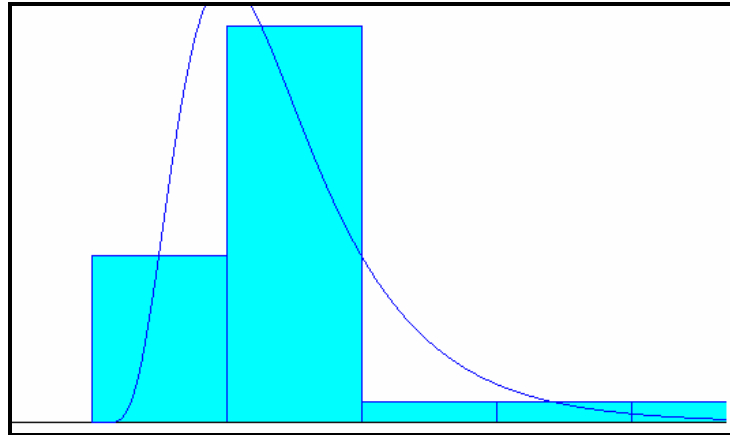
D. Input analyser veri sonuçları

DLOPHIN Giydirme



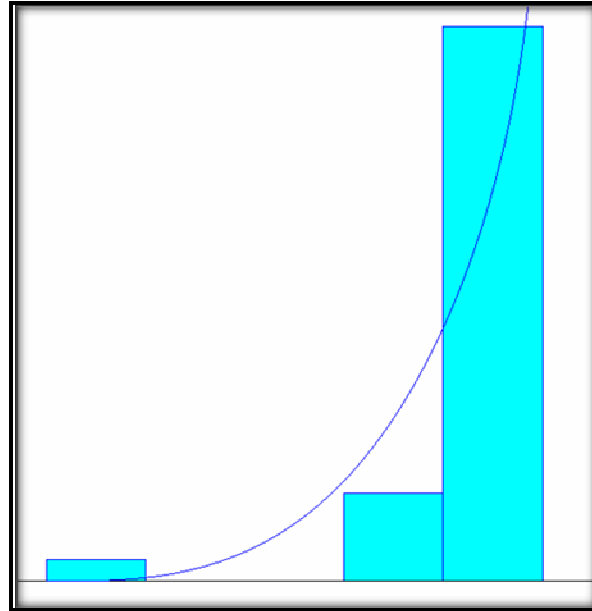
Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	6 + LOGN(0.698, 0.492)
Square Error:	0.006209
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 0.456
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0907
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 30
Min Data Value	= 6.16
Max Data Value	= 8.07
Sample Mean	= 6.7
Sample Std Dev	= 0.478
Histogram Summary	
Histogram Range	= 6 to 8.27
Number of Intervals	= 5

Dolphin Montaj işlemi



Distribution Summary	
Distribution:	Lognormal
Expression:	$2.52 + \text{LOGN}(0.223, 0.119)$
Square Error:	0.031484
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 4.32
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0732
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	

Serena Kesim İşlemi



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$0.999 + 15 * \text{BETA}(3.87, 0.86)$
Square Error:	0.055980
Chi Square Test	
Number of intervals	= 2
Degrees of freedom	= -1
Test Statistic	= 4.74
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.28
Corresponding p-value	= 0.0157
Data Summary	
Number of Data Points	= 30
Min Data Value	= 1
Max Data Value	= 15.2
Sample Mean	= 13.3
Sample Std Dev	= 2.42
Histogram Summary	
Histogram Range	= 0.999 to 16
Number of Intervals	= 5

E. Planlanan – Gerçekleşen Gant diyagramı

[illegible]

F. Farklı grupların farklı ürünleri için yapılan zaman ölçümlerinin eşleşmesi

DOLPHIN grubu içindeki farklı ürünlerin zaman karşılaştırılmaları								
							TOPLAM SÜRE	SATIŞ MİKTARI
MDP06041	DOLPHIN 3 PLS KOLLU BYL AYAK	MONGIY1	KILIF HAZIRLIK	0.44	giydirme	4.93	5.43	1046
MDP06041	DOLPHIN 3 PLS KOLLU BYL AYAK	MONGIY1	SUNGER HAZIRLAMA	0.26				
MDP06041	DOLPHIN 3 PLS KOLLU BYL AYAK	MONGIY2	GİYDİRME MONO	4.05				
MDP06041	DOLPHIN 3 PLS KOLLU BYL AYAK	MONGIY2	DUZELTMELER	0.18				
MDP06041	DOLPHIN 3 PLS KOLLU BYL AYAK	MONTEMPOS1	TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5	temizleme	0.5		
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	MONGIY1	KILIF HAZIRLIK	0.44	giydirme		5.43	911
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	MONGIY1	SUNGER HAZIRLAMA	0.26				
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	MONGIY2	GİYDİRME MONO	4.05				
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	MONGIY2	DUZELTMELER	0.18				
MDP06031	DOLPHIN 5 PLS KOLLU	MONTEMPOS1	TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5	temizleme			
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	MONGIY1	KILIF HAZIRLIK	0.44	giydirme		5.43	737
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	MONGIY1	SUNGER HAZIRLAMA	0.26				
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	MONGIY2	GİYDİRME MONO	4.05				
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	MONGIY2	DUZELTMELER	0.18				
MDP06021	DOLPHIN 7 PLS KOLLU	MONTEMPOS1	TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5	temizleme			
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	MONGIY1	KILIF HAZIRLIK	0.46	giydirme		5.65	2116
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	MONGIY1	SUNGER HAZIRLAMA	0.26				
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	MONGIY2	GİYDİRME MONO	4.25				
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	MONGIY2	DUZELTMELER	0.18				
MDP06011	DOLPHIN 9 PLS KOLLU	MONTEMPOS1	TEMİZLEME POŞETLEME MONO	0.5	temizleme			
							TOPLAMM	4810

Havana ürün ailesi için zaman dağılımları.

AÇIKLAMA		2- HAVANA		
İŞLEM	DAĞILIM	DAĞILIM DEĞERİ	STANDART HATA	
1 Kesim	xx	xx	xx	
2 Dikim	xx	xx	xx	
3 Yapıştırma	xx	xx	xx	
4 Giydirme	Lognormal	$6.06 + \text{LOGN}(0.685, 0.389)$	0.032591	
5 Montaj	Lognormal	$2.49 + \text{LOGN}(0.28, 0.155)$	0.035415	
6 Temizleme	Triangular	$\text{TRIA}(0.3, 0.5, 0.7)$	xx	

Serana ürün ailesi için zaman dağılımları.

AÇIKLAMA		3- SERENA		
İŞLEM	DAĞILIM	DAĞILIM DEĞERİ	STANDART HATA	
1 Kesim	Beta	$0.999 + 15 * \text{BETA}(3.87, 0.86)$	0.055980	
2 Dikim	Beta	$42 + 10 * \text{BETA}(2, 1.88)$	0.015585	
3 Yapıştırma	Exponential	$2.72 + \text{EXPO}(0.355)$	0.045987	
4 Giydirme	Normal	$\text{NORM}(11.2, 0.918)$	0.007660	
5 Montaj	Normal	$\text{NORM}(2.64, 0.278)$	0.015872	
6 Temizleme	Triangular	$\text{TRIA}(0.3, 0.5, 0.7)$	xx	

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mir Mohammad MOSAVI

Doğum Yeri: Tebriz

Adres:

Lisans Üniversite: Gazi Üniversitesi - Ankara

