

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ

DOKTORA TEZİ

YALIN TEDARİK ZİNCİRİNDE OPTİMİZASYON

FİRUDİN SULTANOV

2502040222

TEZ DANIŞMANI

PROF.DR. NECDET ÖZÇAKAR

İSTANBUL-2010



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAYI

Enstitümüz ÜRETİM Bilim Dalında 2502040222 numaralı FİRUDİN SULTANOV'un hazırladığı “YALIN TEDARİK ZİNCİRİNDE OPTİMİZASYON” konulu YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 28.Maddesi 08.11.2010 Pazartesi günü saat: 14.00'te yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin ...~~KABULÜ~~...ne* OYBİRLİĞİ /~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
PROF.DR.NECDET ÖZÇAKAR	Kabul	
PROF.DR.YAMAN ÖZTEK	KABUL	
DOÇ.DR.ALPAZ BARAY	Kabul	
DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabulü	
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN	Kabul	

YALIN TEDARİK ZİNCİRİNDE OPTİMİZASYON

Firudin SULTANOV

ÖZ

Tedarik Zinciri Yönetimi tedarik ve talep yönetimini bütün işletmeleri kapsayacak şekilde bütünleştirmektedir. Günümüzde işletmeler arası rekabet tedarik zincirleri arasında yaşanmaktadır ve bundan dolayı özellikle globalleşmenin gittikçe arttığı bu dönemde tedarik zinciri yönetimi çok daha önemli hale gelmektedir. İşletmeler en az kaynak, düşük maliyet, hatasız üretim ve en az israfla müşteri talebine doğru ve hızlı yanıt vere bilecek yalın üretim felsefesini sadece işletme içi uyguladığında olumlu sonuç vermesi imkansızdır. Bundan dolayı, işletmelerin yalın felsefenin tüm tedarik zincirinde uygulanabilmesi için bireysel müşteri ihtiyacını etkili şekilde çekerek ürünlerin akışını sağlayan kaynaklar ve bilginin bütünleşik çalışarak maliyetleri ve israfları azaltan yukarı ve aşağı akışın direkt bağlantısını kuran yalın tedarik zinciri organizasyonu setine ihtiyacı vardır.

Çalışmada yalın tedarik zinciri incelenerek tedarik zincirinde tam zamanında üretim sistemini de dikkate alan tedarik zinciri modeli geliştirilmiştir. Model Azerbaycan'da çok ürünlü ve çok kademeli bir tedarik zincirinde uygulamaya konmuştur. MAPLE 12.0 matematik programı aracılığı ile tedarik zinciri maliyetinde optimizasyonuna gidilerek TZM'ye etki eden nedenler çoklu regresyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca tedarik zincirinde koordinasyon halinde çalışıldığında elde edilen TZM indirimi sonucu tedarik zincirinde zarara uğrayan işletmelerin zararının telafi edilmesi için hesaplama yöntemi önerilmiştir.

OPTIMIZATION IN LEAN SUPPLY CHAIN

ABSTRACT

Supply Chain Management includes and aggregates all of the enterprises supply and demand management. Today, competition between enterprises took place between the supply chains and thus increasing globalization; especially in this era of supply chain management is becoming more important. In lean production it is impossible that enterprises obtain an accurate demand and fast response with a low cost, with an error-free production and with a minimum waste. Therefore, to implement a lean production philosophy in supply chain it is need to be a lean supply chain organization which individual customer needs effectively pulling and allow stream for products because of integrated strive of resources and knowledge and reduce costs and wastes and obtain direct connection of downstream and upstream in the supply chain.

In this study, a supply chain coordination through multi-stage and multi product linkages in Just-In-Time environment model developed. Then put into practice in Azerbaijan enterprise and revealed optimization via MAPLE 12.0 math programme. CRF(Cost Reduction Factor) affecting factors were analyzed using multiple regression method. In addition, when working in coordination with the supply chain as a result of reductions in the supply chain from the SCC (Supply Chain Cost) suffered loss calculation method is proposed to compensate for the losses of enterprises.

ÖNSÖZ

1973 yılında petrol krizinden sonra önemli hale gelen yalın üretim felsefesi globalleşen dünya ve ürünlerin daha karmaşık hale gelmesi ile beraber tedarikçilerin artması ve dünyaya yayılması tüm tedarik zincirinde başarılı bir şekilde uygulanmasını önemli hale gelmiştir. Yalın tedarik zinciri yönetimi bu anlamda bütün zincirde israf ve maliyetlerin azalması, çapraz şirket işbirliği, süreç ve ürün standardizasyonu ve kültürel değişim gibi birçok özelliği kendine barındıran bir koordinasyon setidir.

Çalışmada yalın üretim, tedarik zinciri ve yalın tedarik zinciri ile ilgili ayrıntılı literatür taraması yapılarak tedarik zinciri maliyeti ile ilgili model geliştirilmiştir. Tezde bütün tedarik zincirinde koordinasyon sonucu elde edilen optimizasyon verileri sonucunda işletmelerin ne şekilde karar vermesi gerektiği ortaya konarak aynı zamanda işletmelerin yalın olması sonucu tedarik zinciri maliyetinin bundan ne şekilde etkilendiğinin ortaya konması amaçlanmaktadır.

Tez dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yalın üretim, ikinci bölümde tedarik zinciri yönetimi, dördüncü bölümde ise model geliştirilerek optimizasyona gidilmiş ve tedarik zinciri modeli yapılan iyileştirmeler sonucu maliyeti birçok yönden incelenmiştir.

Tez çalışmasının her bir aşamasında bilgi ve fikirlerinden yararlandığım değerli danışmanım Prof.Dr.Necdet Özçakar'a, değerli vaktini tezime yön vermek için harcayan Yrd.Doç.Dr Faik Başaran'a, uygulama aşamasında yardımlarını esirgemeyen Dr.Dursun Çalışkan'a, Dr.Ceyhun Mikayılov'a, fabrika müdürü Emruz beye ve Arş.Grv. Onur Çetin'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca tüm desteklerini yanımda his ettiğim annem ve babama, değerli eşime, kız kardeşime ve bana maddi ve manevi destek olan her kese sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	III
OPTIMIZATION IN LEAN SUPPLY CHAIN	IV
ABSTRACT	IV
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLOLAR LİSTESİ	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XV
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1. YALIN ÜRETİM	4
1.1. YALIN ÜRETİME GENEL BAKIŞ	4
1.1.1. YALIN ÜRETİMİN GELİŞİMİ	5
1.1.1.1. Toyota Üretim Sistemi	5
1.1.1.2. Yalın Üretim Kavramının Gelişimi	9
1.1.2. YALIN ÜRETİMİN TANIMI	10
1.1.3. YALIN ÜRETİMİN AMACI	11
1.2. YALIN DÜŞÜNCE	14
1.2.1. YEDİ İSRAF	17
1.3. YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN UNSURLARI	18
1.3.1. KALİTE SEVİYESİ	18
1.3.2. ÜRETİM DENGELEME	19
1.3.3. STOK	20
1.3.4. PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ	21
1.3.5. HAZIRLAMA/KURMA MALİYETİ VE HIZI	22
1.3.6. FABRİKA DÜZENİ (LAYOUT)	22
1.3.7. TAMİR-BAKIM	24
1.3.8. İŞÇİLER	24
1.3.9. KOOPERATİF (COOPERATIVE)	24
1.3.10. TEDARİKÇİLER	25
1.3.11. ÇEKME SİSTEMİ	26
1.3.12. PROBLEM ÇÖZME	27
1.3.13. SÜREKLİ GELİŞME	28
1.4. YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN ARAÇLARI	29

1.4.1.	KANBAN	30
1.4.1.1.	Kanban Çeşitleri.....	32
1.4.1.2.	Kanban Sayısının Belirlenmesi	36
1.4.2.	ANDON	37
1.4.3.	OTOMASYON	38
1.4.4.	TOPLAM ÜRETKEN BAKIM	38
1.4.4.1.	Temel Kayıplar	40
1.4.5.	TEKLİ DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞTİRME	41
1.4.6.	KAİZEN	42
1.4.7.	POKA-YOKE	44
1.4.8.	BEŞ S.....	46
1.4.9.	ÜRETİM DENGELEME (HEIJUNKA).....	48
1.4.9.1.	Aylık Üretim Dengeleme.....	49
1.4.9.2.	Günlük Üretim Dengeleme	51
BÖLÜM 2.	TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	54
2.1.	<i>TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNE GENEL BAKIŞ</i>	54
2.1.1.	TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN GELİŞİMİ	54
2.1.2.	TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN TANIMI	56
2.1.3.	LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	59
2.1.4.	TEDARİK ZİNCİRİNDE SÜREÇLER.....	60
2.2.	<i>TEDARİK ZİNCİRİNDE AĞ TASARIMI</i>	61
2.2.1.	TEDARİK ZİNCİRİNDE DAĞITIM AĞI TASARIMI	62
2.2.2.	DAĞITIM AĞI SEÇENEKLERİ	65
2.2.3.	TEDARİK ZİNCİRİNDE AĞ TASARIMI KARARLARI	69
2.3.	<i>TEDARİK ZİNCİRİNDE TALEP PLANLAMASI</i>	71
2.3.1.	TEDARİK ZİNCİRİNDE TALEP TAHMİNİ.....	72
2.3.2.	TALEP TAHMİNİNDE KAMÇI ETKİSİ	72
2.3.3.	TALEP TAHMİNİNİN BİLEŞENLERİ.....	75
2.3.4.	TALEP TAHMİN YÖNETİMLERİ.....	76
2.3.4.1.	Zaman Serileri Analizi	78
2.3.4.2.	Nedensel Talep Tahmini	81
2.3.5.	TEDARİK ZİNCİRİNDE BÜTÜNLEŞİK PLANLAMA.....	82
2.4.	<i>TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK PLANLAMASI</i>	85
2.4.1.	TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK	86

2.4.1.1.	Tedarik Zincirinde Stok Bulundurmanın Amacı	86
2.4.1.2.	Stok Çeşitleri ve Özellikleri	87
2.4.1.3.	Stok Maliyetleri	89
2.4.2.	BELİRLİLİK ALTINDA STOK YÖNETİMİ	91
2.4.2.1.	Tek Ürünlü Ekonomik Sipariş Miktarı	92
2.4.2.2.	Çok Ürünlü Bütünleşik Ekonomik Sipariş Miktarı	94
2.4.2.3.	ABC Analizi	95
2.4.2.4.	Malzeme İhtiyaç Planlaması	96
2.4.3.	BELİRSİZLİK ALTINDA STOK YÖNETİMİ	97
2.4.4.	TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK YÖNETİMİ	100
2.4.4.1.	Tedarik Zincirinde Belirlilik Altında Stok Yönetimi	101
2.4.4.2.	Tedarik Zincirinde Belirsizlik Altında Stok Yönetimi	103
BÖLÜM 3.	YALIN TEDARİK ZİNCİRİ.....	105
3.1.	<i>YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİN ÖZELLİĞİ.....</i>	<i>105</i>
3.1.1.	GELİŞTİRİLMİŞ TALEP YÖNETİMİ	106
3.1.2.	İSRAF VE MALİYETİN AZALTILMASI	106
3.1.3.	SÜREÇ VE ÜRÜN STANDARTİZASYONU	106
3.1.4.	ENDÜSTRİ STANDARTLARINA ADAPTASYON	107
3.1.5.	KÜLTÜREL DEĞİŞİM.....	108
3.1.6.	ÇAPRAZ-ŞİRKET İŞBİRLİĞİ	108
3.2.	<i>YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİN BİLEŞENLERİ.....</i>	<i>108</i>
3.2.1.	YALIN TEDARİKÇİLER	109
3.2.1.1.	Satıcı ve Tedarikçi İlişkileri	109
3.2.1.2.	Tedarikçi Geliştirme.....	110
3.2.1.3.	Satın alma Sistemi.....	111
3.2.1.4.	Yalın Tedarikçi Ağı	111
3.2.2.	YALIN İŞLETME.....	112
3.2.3.	YALIN DEPO	113
3.2.4.	YALIN DAĞITIM	114
3.2.5.	YALIN BAYİ VE PERAKENDECI.....	116
3.3.	<i>YALIN TEDARİK ZİNCİRİNDE MALİYET YÖNETİMİ.....</i>	<i>119</i>
3.3.1.	ORGANİZASYONLAR ARASI HEDEF MALİYET	119
3.3.1.1.	Hedef Maliyet	120
3.3.1.2.	Hedef Maliyet Süreci	121
3.3.1.3.	Hedef Maliyet ve Tedarikçiler	122

3.3.2.	ORGANİZASYONLAR ARASI KAİZEN MALİYET	124
3.3.2.1.	Kaizen Maliyetleme	124
3.3.2.2.	Kaizen Maliyetleme Süreci	125
3.3.2.3.	Kaizen Maliyetleme ve Tedarikçiler	126
3.4.	TEDARİK ZİNCİRİNDE DEĞER AKIŞI YÖNETİMİ	126
3.4.1.	DEĞER	127
3.4.2.	DEĞER AKIŞI	127
3.4.3.	TEDARİK ZİNCİRİNDE DEĞER AKIŞI	128
3.4.3.1.	DEĞER AKIŞI HARITALAMA	128
3.4.3.2.	DEĞER AKIŞI HARITALAMANIN UNSURLARI	128
3.4.4.	DEĞER AKIŞI YÖNETİMİ SÜRECİ	129
3.4.4.1.	Yalınlığı Üstlenme	130
3.4.4.2.	Değer Akışını Belirleme.....	131
3.4.4.3.	Yalınla İlgili Bilgilendirme.....	131
3.4.4.4.	Mevcut Durumu Haritalama.....	132
3.4.4.5.	Yalın Ölçüleri Belirleme	132
3.4.4.6.	Gelecek Durumu Haritalama	133
3.4.4.7.	Kaizen Planları Oluşturma ve Uygulama.....	134
3.5.	YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİN İŞLETMELER İÇİN ÖNEMİ.....	135
BÖLÜM 4.	TAM ZAMANINDA ÜRETİM ORTAMINDA TEDARİK ZİNCİRİ KOORDİNASYONU VE YALIN TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU	139
4.1.	ÇALIŞMANIN AMACI	139
4.2.	TEDARİK ZİNCİRİNİN YAPISI	140
4.3.	MATEMATİKSEL MODELLEME	141
4.3.1.	KULLANILAN SEMBOLLER.....	141
4.3.2.	MODELİN GELİŞTİRİLMESİ.....	143
4.3.3.	TOPLAM TOPTANCI MALİYETİ.....	147
4.3.4.	TOPLAM İMALATÇI MALİYETİ.....	148
4.3.5.	TOPLAM SATIN ALMA MALİYETİ	149
4.3.6.	TOPLAM TEDARİKÇİLER MALİYETİ.....	150
4.3.7.	TOPLAM TEDARİK ZİNCİRİ MALİYETİ.....	151
4.4.	TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMASI.....	154
4.4.1.	ŞİRKET TANIMI	154
4.4.2.	TEDARİK ZİNCİRİ VERİLERİ	155

4.4.3. TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU	156
4.4.4. MALİYET DÜŞÜRÜCÜ FAKTÖR VE ETKİNLİLİK.....	164
4.4.5. TEDARİK ZİNCİRİNDE MDF'YE ETKİ EDEN DEĞİŞKENLERİN ANALİZİ.....	178
4.4.6. TEDARİK ZİNCİRİNDE ZARARIN TELAFİ EDİLMESİ	185
SONUÇ	188
KAYNAKÇA.....	192
EKLER	214
ÖZGEÇMİŞ	229

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. 1 Poka-Yoke İlkeleri	44
Tablo 2. 1 Tedarik Zinciri Tanımları	56
Tablo 2. 2 Dağıtım Ağı Tasarımlarının Rekabet Performansı	68
Tablo 2. 3 Tedarikçi Ağları ve Özellikleri	71
Tablo 2. 4 Malzeme İhtiyaç Planlaması Matrisi	97
Tablo 3. 1 Yalın Olmak İçin Beş Adım: Araba Bayisi Örneği	117
Tablo 3. 2 Yalın Üretim ve Perakendecilik	118
Tablo 3. 3 Kaizen Maliyetleme Programı Çeşitleri	125
Tablo 3. 4 Yalın Araç ve Tekniklerden Beklenen Gelişmeler	138
Tablo 4. 1 Toptancı Verileri	155
Tablo 4. 2 İmalatçı Verileri	155
Tablo 4. 3 Tedarikçi Verileri	156
Tablo 4. 4 Q^* , $K1^*$, L^* , $K2^*$ ve Tedarik Zinciri Maliyeti Maple 12.0 Çıktıları	158
Tablo 4. 5 $K1^{**}$, L^{**} , $K2^{**}$ tam sayı olduğunda Tedarik Zinciri Maliyeti	161
Tablo 4. 6 Toptancılara ve Ürünlere Göre Yıllık Talepler ve Sipariş Tutarları	162
Tablo 4. 7 Fabrikanın Tedarikçiler ve Bileşenlere Göre Siparişleri	163
Tablo 4. 8 Optimizasyon Sonucu Tedarik Zinciri Maliyetinin Dağılımı	164
Tablo 4. 9 Tedarik Zincirinde Kademeler Arası Koordinasyon Olmadığında Maliyetinin Dağılımı	169
Tablo 4. 10 Toptancı Talep Tutarlarının Tedarikçilere ve Ürünlere Göre Dağılımı	171
Tablo 4. 11 Toptancı Talep Tutarlarının Tedarikçilere Göre Dağılımı ve Yüzdesi	171
Tablo 4. 12 Tedarikçi $K2$ katsayıları Hesaplandığında Modele Girilecek Talep ve Sipariş Tutarları	172
Tablo 4. 13 Yerel Optimum Sonucu Tedarikçi Üretim Katsayıları($K2rs$)	172
Tablo 4. 14 Tedarik Zinciri Tamamen Bağımsız Hareket Ettiğinde Karar Değişkeni ve Maliyet Durumu	173
Tablo 4. 15 Farklı Tedarik Zinciri Yönetimi Yaklaşımlarında TZM	173
Tablo 4. 16 Tedarik Zincirinde Farklı Sipariş ve Hazırlama Maliyetleri Durumunda MDF ve TZM	176

Tablo 4. 17 Çoklu Regresyon Verilerinin Ortalama, Minimum, Maksimum ve Standart Sapmaları.....	179
Tablo 4. 18 Çoklu Regresyon Sonucu Elde Edilen Çıktılar (E-Views 5.1)	179
Tablo 4. 19 Beta Katsayıları.....	184
Tablo 4. 20 Toptancı Zararları Telafisi indirim Yüzdeleri	187

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1 Toyota Üretim Sistemi.....	13
Şekil 1. 2 Sipariş Sıklığı ve Ortalama stok ilişkisi	20
Şekil 1. 3 U-Hattı Yerleşim Planı.....	23
Şekil 1. 4 İtme Sistemi	27
Şekil 1. 5 Çekme Sistemi	27
Şekil 1. 6Kaizenin Seviyeleri.....	29
Şekil 1. 7 Çekme Kanbanı	32
Şekil 1. 8 Üretim-Sipariş Kanbanı	33
Şekil 1. 9 Kullanılan Kanban Tipleri	33
Şekil 1. 10 Kanban Sinyalleri Üretim Süreçleri Boyunca Malzeme Çekişi	34
Şekil 1. 11 Yalın Üretim ve Büyük Parti Üretim	48
Şekil 1. 12 Üç M (Muda, Muri, Mura)	49
Şekil 1. 13 Toyota Üretim Dengeleme Sisteminin Temel Çerçevesi.....	51
Şekil 1. 14 Bayilerden Gelen 10 günlük Siparişler.....	52
Şekil 1. 15 Bayilerden Ürün Çıktısına Kadar Olan Adımlar	53
Şekil 2. 1 Tedarik Zinciri Aşamaları.....	58
Şekil 2. 2Tedarik Zinciri Devir Süreçleri	61
Şekil 2. 3 Tesis Sayısı ile İstenilen Karşılık Süresi, Stok Maliyeti, Taşıma Maliyeti, Tesis Maliyeti ve Toplam Lojistik Maliyet Arasındaki İlişki.....	64
Şekil 2. 4 Çeşitli Dağıtım Ağı Seçenekleri	66
Şekil 2. 5 Tedarik Ağı Tasarımında Karar Aşamaları	70
Şekil 2. 6 Tedarik Zincirinde Kamçı Etkisi	74
Şekil 2. 7 Tedarik Zincirinde Kamçı Etkisinin Tek Grafikte Görünümü.....	75
Şekil 2. 8 Ürün Yaşam Eğrisi(a), S-eğrisi(b) ve Düzgünleştirilmiş Eğri(b).....	77
Şekil 2. 9 CPFR modeli.....	84
Şekil 2. 10 Sipariş ve Elde Bulundurma Maliyeti	93
Şekil 2. 11 Güvenlik Stoku Kullanımı	98
Şekil 2. 12 İki Aşamalı Süreçte Stok Seviyeleri	102
Şekil 3. 1 Yalın Satıcı-Tedarikçi İlişkileri Genel Karakteristiği.....	109
Şekil 3. 2 Genel Hedef Maliyet Süreci Özeti	122
Şekil 3. 3 Tedarik Zincirinde Çoklu Hedef Maliyet Zinciri.....	123

Şekil 3. 4 Kaizen maliyetlemeni Tedarikçilere Uygulama	126
Şekil 3. 5 Yalın Dönüşüm İçin Üç Katmanlı Yapı.....	130
Şekil 3. 6 Değer Akışı Haritalandırma Adımları	133
Şekil 3. 7 Yalın Tedarik Zincirinin Yararları	136
Şekil 3. 8 Elde Edilen Faydalar- Aşılan Beklentiler.....	137
Şekil 4. 1 Tedarik Zincirinin Yapısı.....	140
Şekil 4. 2 Ürüne Tedarik Zinciri Boyunca Eklenen Maliyet	141
Şekil 4. 3 Tedarik Zincirinde Stok Durumu ($K1 = 3, L=4, K2 =4$)	146
Şekil 4. 4 Tedarik Zinciri Maliyeti Maple 12.0 Çıktıları	160
Şekil 4. 5 $K1 *$, $L *$, $K2 *$ için Maple 12.0 Çıktıları	160
Şekil 4. 6 Yerel Optimumda $K1$ değiştikçe imalatçı Maliyetleri.....	166
Şekil 4. 7 Yerel Optimumda L değiştikçe İmalatçı Depo(Satınalma) Maliyetleri.....	167
Şekil 4. 8 Yerel Optimumda $K2$ değiştikçe Tedarikçiler Maliyetleri.....	168
Şekil 4. 9 Farklı TZY Yaklaşımlarında TZM.....	175
Şekil 4. 10 Koordinasyon Sonucu (TZY(I) ve TZY(II) farkı) Tedarik Zincirinde Kar/Zarar Durumu.....	175
Şekil 4. 11 Koordinasyon Sonucu (TZY(I) ve TZY(III) farkı) Tedarik Zincirinde Kar/Zarar Durumu.....	176
Şekil 4. 12 Toptancıda Sipariş Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF	180
Şekil 4. 13 İmalatçıda Hazırlama Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF	181
Şekil 4. 14 İmalatçıda Sipariş Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF	181
Şekil 4. 15 Tedarikçilerde Hazırlama Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF	182
Şekil 4. 16 Elde Tutma Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF	182
Şekil 4. 17 Talep/Üretim ($D/PB1$) Tutarı Durumlarında MDF	183
Şekil 4. 18 Farklı Tedarik Zinciri Verilerinde Talep/Üretim ($D/PB1$)tutarı Durumlarında MDF	183

KISALTMALAR LİSTESİ

APQC	Amerikan Verimlilik ve Kalite Merkezi (American Productivity & Quality Center)
AÜP	Ana Üretim Planı
BP	İngilizcede iyi süreç (best process), iyi performans(best performance) ve iyi uygulama(best practice) kelimelerinin ilk harfleri.
DAH	Değer Akışı Haritalama
ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı
IMVP	Uluslararası Motorlu Araçlar Programı International (Motor Vehicle Project)
JIPM	Japon Fabrika Bakım Enstitüsü (Japan Institute of Plant Maintenance)
MDF	Maliyet Düşürücü Faktör
MİP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
Muda	İsraf
OYDB	Operasyon Yönetimi Danışmanlığı Birimi (The Operations Management Consulting Division)
SCC	Tedarik Zinciri Konseyi (Supply Chain Council)
TPM	Toplam Verimli Bakım (Total Productive Maintenance)
TPS	Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System)
TZM	Tedarik Zinciri Maliyeti
TZÜ	Tam Zamanında Üretim (Just-In-Time)
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
YO	Yalın Uygulayıcı Olmayan İşletmeler
YU	Yalın Uygulayıcı İşletmeler

GİRİŞ

Yalın üretimin dünyaca tanınması 1973 petrol krizine dayanmaktadır. Petrol fiyatlarının artması otomobil pazarında daha az benzin harcayan otomobillere doğru bir talep kayması meydana getirmişti. Bu dönemde aynı zamanda otomobil dünyasında rekabetin yaşandığı dönemlerdir ve batılı otomobillerin yanı sıra aynı modellerin yarı fiyata Japonya işletmeleri tarafından pazara sunulması gözleri yalın üretime çevirmişti.

“Yalın Üretim” terimi geleneksel batı üretim sistemi olan seri üretime (mass production) karşı gelen üretim ve tedarik zincirine Japon yaklaşımı felsefesi üzerinde durmaktadır. Yalın üretim terimi “Dünyayı Değiştiren Makine” adlı kitaptan sonra otomobil dünyasında Japon işletmelerin Amerikan ve Batılı işletmelerden kalite, hizmet seviyesi, verimlilik, maliyet gibi birçok önemli performans kriterlerinde üstün olduğu ortaya çıktıktan sonra önceleri Toyota Üretim Sistemi (TPS) olarak bilinen üretim sistemi ve felsefesi teriminin yerine geçmeyi başardı.

Yalın üretimin bazı ilkeleri Ford ve Taylor tarafından geliştirilmiştir. Ama o günün teknik yetersizliklerinden dolayı bu kavramları uygulayamamışlardır. Yalın üretimin temelinde israfların önlenmesi durmaktadır . Bu israflar talep edilmeden üretilen ürünler, yeniden işlem için bekleyen hatalı ürünler, gereksiz ve değer meydana getirmeyen işlemler ve taşımalar, bir önceki süreçten dolayı bekleyen boş işçiler, müşteri beklentilerini karşılayamayan ürünleridir. Bununla birlikte üretimin her aşamasında stok ve kalitesizlik en temel israf unsurlarıdır.

James Womack ve Daniel Jones’a göre yalın işletmenin , değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik gibi beş ilkesi bulunmaktadır. Bu ilkeleri gerçekleştirirken işletme ötesine geçerek bütüne baka bilmeyi gerektirmektedir. Yani, kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim çizelgeleri ile teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammaddelerden müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine bakabilmeyi gerektirmektedir. Özellikle bir

ürünü üretmek için yüzlerce tedarikçi ile bir arada çalışılan günümüzde gönüllü ortaklık artık zorunlu hale gelmiştir.

Tedarikçilerle ortak çalışma onları işletmenin bir parçası olarak kabul etme yalın üretimin başarısında önemli bir yer tutmaktadır. Yalın üretimin az stokla ve yüksek kalite ile çalışması hedefi aynı zamanda sistemin itme değil (push) çekme (pull) sistemi ile çalışması gerekliliği tedarikçilerin bu ortamdaki rolünü daha da artırmaktadır.

Ürünün tasarım aşamasından müşteri istek ve beklentilerinin doğru tespit edilmesine kadar işletmenin geriye ve ileriye doğru bileşen ve ürün akışında tedarik zincirinin problemsiz ve israfsız çalışabilmesi bir sözle tüm tedarik zincirine yalın düşünce felsefesine uygun çalışma durumu yalın tedarik zinciri başlığı altında incelenmektedir. Yalın tedarik zinciri *“bireysel müşteri ihtiyacını verimli ve etkili bir şekilde çekerek ürünlerin akışı, hizmetler, kaynaklar ve bilginin bütünleşik çalışarak maliyetleri ve israfları azaltan yukarı ve aşağı akışı bir başa bağlantısını kuran organizasyon setidir”* (Vitasek, Manrodt, & Abbott, 2005:40).

APICS (2005)'e göre Yalın tedarik zincirinin geliştirilmiş talep yönetimi, israf ve maliyetin azaltılması, süreç ve ürün standardizasyonu, endüstri standartlarına adaptasyon, kültürel değişim ve çapraz-şirket işbirliği şeklinde altı özelliği bulunmaktadır. Tedarik zincirinde yalın üretim süreçlerinin geliştirilebilmesi için ilk önce tüm tedarik zincirini baştan sona doğru açık fotoğrafını görmek gerekmektedir. Ancak bundan sonra israfları tespit edilip süreçleri geliştirmek mümkündür. (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002:78-81)

Yalın düşüncenin işletmede başarılı olabilmesi için tüm işçilerin özellikle de üst yönetimin yalın dönüşüm içinde olması gerekir. Değer akışı belirlenerek işçiler yalınla ilgili bilgilendirildikten sonra Mevcut Durum Haritası yalın ölçülerle belirlenerek çizilir. Mevcut Durum Haritasının geliştirilebilmesi için Gelecek Durum Haritası oluşturulur ve bu yönde gelişim planı oluşturulmaya çalışılır. Bu şekilde tedarik zinciri bir bütün fotoğraf şeklinde ele alınarak geliştirme ve bunun sonuçları çok daha net şekilde ortaya çıkmaktadır.

Tez kapsamında ele alınacak teknik konulardan yalın üretim, tedarik zinciri yönetimi ve yalın tedarik zinciri ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Uygulama kısmında ise yalın tedarik zinciri özelliğini içinde barındıracak model geliştirilerek şimdiye kadar bu konuda yapılan çalışmalar ortaya konmuştur. Ayrıca geliştirilen model Azerbaycan'da bir işletmenin çok ürünlü ve çok kademeli tedarik zinciri verileri bu modele yerleştirilerek değişkenlerle ilgili verilecek kararlarda optimizasyona gidilmiştir. Modelin çözümünde sezgisel algoritma kullanılarak MAPLE12.0 matematik programı ile optimizasyona gidilmiştir. Uygulamanın son kısmında tedarik zincirinin birçok özelliğini kendinde kapsayan diğer bir modelde ise işletmelerin yalınlık durumuna göre tedarik zinciri maliyetinin ne şekilde etkilenecek değişeceği durum ortaya konmuştur.

BÖLÜM 1. YALIN ÜRETİM

Dünyayı Değiştiren Makine (Womack, Jones, & Roos, 1990) beş yıllık dünya otomobil endüstrisi çalışması sonuçlarını açıkladıkta Japonya otomobil üreticilerinin veya özellikle Toyota Motor İşletmesi'nin Amerikan ve Batı otomobil üreticilerinden kalite, hizmet seviyesi, verimlilik, maliyet gibi birçok önemli performans kriterlerinde daha üstün olduğu görüldü. “Yalın Üretim” terimi geleneksel batı üretim sistemi olan seri üretimine karşı gelen üretim ve tedarik zincirine Japon yaklaşımı felsefesi üzerinde durmaktadır.

1.1. YALIN ÜRETİME GENEL BAKIŞ

1990'lı yıllardan sonra yalın üretimin Batı otomobil üreticileri üzerinde uygulanması ve geliştirilmesi ile ilgili birçok çalışma başlatıldı. İncelemeler daha sonra yalın üretimin diğer endüstri alanlarında uygulanabilirliği üzerinde yoğunlaştı ve yalın yaklaşımın bütün tedarik zinciri üzerinde uygulanması için genel kavram, prensip ve teknikler geliştirildi (Womack & Jones, 1998).

Yalın üretim yeni bir yaklaşım olmamasına rağmen son dönemlerde söz konusu Japon felsefesi için kullanılan en yaygın terimdir. Dünyayı değiştiren makine adlı kitap yazıldıktan sonra daha fazla kullanılan “yalın üretim”, tam zamanında üretim(TZÜ, Just-In-time), Toyota üretim sistemi(TPS: Toyota Production System), stoksuz üretim(Stock-Less Production, Hewlett Packard'da), ihtiyaca göre materyal (MAN: Material as Needed-Harley, Davidson'da), sürekli akış üretimi (CFM: Continuous Flow Manufacturing, IBM'de), sıfır stok üretim sistemi (ZIPS-Zero Inventory Production Systems) olarak da bilinmektedir (Russel & Taylor, 1998:735). TPS Toyota'nın sınırlarını aştığından ve diğer kavramlar da bu felsefenin bir parçası olmakla beraber tam ifade etmediğinden bu çalışmada “yalın üretim” kavramı kullanılacaktır.

1.1.1.YALIN ÜRETİMİN GELİŞİMİ

Yalın Üretim terimi ilk defa Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde dünya otomotiv sanayi üzerinde çalışmalar yapan Uluslar arası Motorlu Araçlar Programı'nda (International motor Vehicle Program) araştırmacı olan John Krafcik tarafından ortaya atılmış bir terimdir (Womack, Jones, & Roos, 1990:13). Yalın üretimin esas temelleri ise ilk kez 1950'lerde Toyota Motor İşletmesi tarafından Eiji Toyoda tarafından atılmıştır (Liker, 2004). Toyota Üretim Sistemi Henry Ford'un geliştirdiği seri üretim sisteminden sonra verimli işletme süreçlerinde ikinci en büyük evrimdir. Bu nedenle yalın üretimin gelişimine Toyota Üretim Sisteminin gelişimi olarak devam edilmektedir.

1.1.1.1. Toyota Üretim Sistemi

1930'lu yıllarda Toyota Motor İşletmesinde basit kamyon üretmekteydi. İlk yıllarda şirket basit teknoloji ile aşağı kalitede taşıt aracı üretti ve az da olsa başarı sağladı. Toyota'nın liderleri Eiji Toyoda ve Taichi Ohno Ford ve GM (General Motors) şirketlerini ziyaret ederek onların montaj hatlarını incelediler ve bu süreçte Henry Ford'un "Today and Tomorrow(1926)" kitabını okudular. Bundan sonra Japon pazarı kütle üretimini uygulamak için çok küçük ve talebin ise parçalı olduğunu anladılar. Buna rağmen Toyota yöneticileri uzun araştırmalar sonucu seri üretimini Japon pazarına uygun hale getirebileceklerini düşünmekteydiler (Liker, 2004), (Womack, Jones, & Roos, 1990:49-70).

İkilinin saptamaları kısaca şöyledir. Seri üretiminde, her üretim faktörü ya da unsuru olabildiğince çok sayıda kullanıp, üretim pek çok gereksizlik ya da israf (Japoncada muda) içermektedir. İsrafın kaynağı, sistemin aşırı bir iş bölümüne dayanması, yani gerek makineler gerek de işçilerin, çoğu kez sadece tek bir operasyon gerçekleştirecek şekilde organize edilmeleri, literatürdeki deyimleriyle, tek bir işe operasyona "adanmış olmalarıdır" (dedicated). 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 mekanlarında, binlerle işçi ve pahalı makine, aynı işlemi aylarca sürdürmekte ve öte yandan üretime aşırı rijidite

ve hiyerarşi getirip üretimde esnekliğe set çekmektedir. Ayrıca işçiler bir el gücü olarak görülüp, beyin güçleri üretime kanalize edilmemekte. Ayrıca işçiler birer değişken maliyet (variable cost) olarak görülmekte işleri iyi gitmediği dönemlerde rahatlıkla işten çıkarıla bilmektedirler (Womack, Jones, & Roos, 1990:49-70),(Okur, 1997).

1950' yılında Eiji Toyoda ve yöneticileri Amerika Bileşik Devletleri'ndeki fabrikalarda 12 haftalık eğitimden turundan sonra 1930 yılından bu tarafa seri üretim tekniklerini pek fazla değişmediğini gördüler. Şöyle ki, üretim sisteminin doğasında bir sürü kusur olduğunu gördüler (Liker, 2004). Henry Ford'un firması milyonlara siyah T Modeli üretmekte ve daha sonra A modeline geçmekteydi bu ise tedarik zinciri boyunca işlenmekte olan (WIP: Work-In-Process) ürünlerde büyük yığılmalara sebep olmaktaydı (Womack, Jones, & Roos, 1990). Toyota'nın ise bu kadar büyük depo alanı, fabrika yeri ve parası yoktu. Ayrıca Toyota birçok tip arabadan düşük hacimlerde üretmekteydi. Ama Henry Ford'un sürekli malzeme akışı mantığını kullanarak değişen müşteri taleplerine cevap verecek verimli yeni sistem geliştirebileceklerine karar verdiler.

Yıllar geçtikçe onlarca tecrübeden sonra Ohno ve ekibi yeni Toyota Üretim Sistemini (TPS-Toyota Production System) geliştirildi. Aslında TPS Amerika'daki eğitimler boyunca Amerikan imalat sisteminden çok etkilenmiştir. Bunlarda en önemlisi Amerika'daki süpermarketlerin kullandığı "çekme" (pull) sistemidir. Herhangi iyi çalışan bir süpermarkette rafta azalan mal hemen doldurulmaktaydı, yani burada mal tüketildikçe yeri doldurulmaktaydı. Bu süreçteki ikinci adım birinci adımın parçasını kullanmadıkça birinci adımın üretime geçmeme anlamına gelmekteydi (Liker, 2004). Bir anlamda tüketici ve ya bir sonraki adım talep etmedikçe üretmeme felsefesi benimsenmiştir yani faaliyetlerin ihtiyaç duyulduğu anda gerçekleştirmesi temeline dayanmaktadır (Keskin, 2008:65). TPS çekme ve tam zamanında üretim (TZÜ, just-in-time) gibi önemli taşları olmadan geliştirilemezdi.

TPS'nin iki temel prensibi vardır. Biri otonomosyon diğeri tam zamanında üretim (Ohno, 2008:43).TZÜ tüketicilerin özel taleplerini karşılamak için firmanın küçük miktarlarda üretimine ve dağıtımına az bir zamanda izin veren prensip,

yöntem ve teknikler kümesidir. Kısacası TZÜ doğru parçanı, doğru zamanda ve doğru miktarda dağıtmaktadır(Liker, 2004). TZÜ' nün gücü Toyota'nın istediği gibi onun gün geçtikçe müşteri talep değişimine karşı cevap vere bilmesiydi.

1950 yıllarında Amerika'nın kalite kontrol öncülerinden W.Edwards Deming'e Toyota'nın daveti üzerine Japonya'ya gitti ve bu ülkede kalite devriminin temellerini koydu (Kobu, 2003:88). Edwards Amerika kalite ve verimliği konusunda Japonya'da eğitim vermekteydi ve o tüketicinin istek ve taleplerinin karşılanmasının organizasyondaki her bir işçinin görevi olduğunun düşünmekteydi. Deming'e göre bir sonraki süreç müşteri idi. Japoncada buna "atokotei wa o-kyakusama" sözcesini kullanmaktaydı ve TZÜ' nün önemli deyimlerinden biri haline gelmişti çünkü bir önceki proses bir sonrakinin istediğini yapmalıydı aksi takdirde TZÜ çalışmayacaktı (Liker, 2004).

Deming aynı zamanda problemlerin çözümü için sistemik bir yaklaşımı Toyota'da uygulanmasını sağladı ki bu da ileride sürekli gelişimin (continuous improvement) temellerini oluşturan Deming Çemberi (Deming Cycle) veya Planla-Yap-Kontrol et-Uygula (PDCA-Plan-Do-Check-Act) olarak bilinecektir(Stevenson, 1993:505). PDCA Walter Shewhart tarafından önerilmiş fakat Deming tarafından şimdiki durumuna yapılandırılmıştır. (Mears, 1995:122) Sonu gelmeyen gelişimi tanımlamak için Japonlar **kaizen** kelimesini kullanmaktadırlar (Heizer & Render, 2006:198).Kaizen ürüne hiç bir değer eklemeyen maliyet unsurlarını elemeyi hedeflemektedir. Personelin kalite çemberleri, öneri programları ve geliştirme gruplarına uyum içinde katılım sistemidir (Prado, 1997). Kazien küçük gruplar halinde etkili çalışma, problemlere çözüm getirmeyi, süreç geliştirmeyi ve verileri toplayıp analiz etmeyi öğretmektedir. Deming'den sonra başka uzmanlar da Japonya'ya gitmişler ve Japon şirketlerine önderlik yapmışlardır.

Japonlar Deming'in önerdiği sistemi kabul ettikten sonra kaizen için kurulan grupların bazı gelişmeleri dikkati çekmeye başladı. Orta kademe yöneticiler, üst düzey yöneticilerin gözünden kaçan bazı noktaları saptamaya ya da ya da farklı çözümler geliştirmeye başlayınca aşağıdan yukarı doğru bir bilgi akışı gözlemlendi. (Acar & Çapçı, 1996:9)

Taichi Ohno TPS'yi oluştururken sadece fabrika veya Toyota için düşünmemişti. 1960 yıllarında Toyota TPS'yi fabrika içinde uygular hale gelmişti ve artık bu felsefenin önemli tedarikçilere de uygulanmasına sıra gelmişti. Bu TPS'nin fabrika dışına çıkmasına neden olmuştu ve artık tedarik zinciri boyunca aynı prensipleri tecrübe etmekteydiler (Liker, 2004).

1973 petrol krizine kadar TPS halen Toyota dışında fazla tanınmamaktaydı. Petrol fiyatlarının artması otomobil pazarında önemli değişmelere yol açtı. Büyük otomobiller yerine daha az benzin sarf eden küçük otomobillere doğru bir talep kayması oldu (Yamak, 1999:297). Japon endüstrisi krize karşı iyi direndi. Toyota kendini doğrulttu ve kara geçmeye başladı. Japon devleti Toyota'nın bu durumunu gördükten sonra TPS'yi diğer şirketlere de seminer verdi (Liker, 2004). 1970'lı yılların sonuna doğru dokuz büyük Japon otomobil üreticisi ürün geliştirme alanında yapılan değişmede bu açıdan rekabet avantajı sağladı(Cusumano, 1992:1).

Bu dönemlerde Amerikalı üreticiler sürekli ve defalarca plan planlamaya yönelik bir tarz benimsemiştiler. Planlama konusunda sürekli yeteneklerini geliştirmeye yönelik faaliyetler yapmaktaydılar ama bu planların uygulama açısından eksiklikleri göz ardı edilmekteydi. 1970'li yılar aynı zamanda dünya pazarlarında rekabetin gözlemlendiği yıllardır. Pazardaki mal açlığının giderek doyurulması, rekabeti körüklemişti. Bu yıllarda Batılı otolarının yanı sıra aynı modellerinin yarı fiyatına Japon otolarının varlığı gözleri Japonya'ya çevirdi. (Hay, 2000:ix)

Batılı sanayi işadamları bunun nedenini Japonya'daki verimliliğin artışına bağlamışlardı ve Japon fabrikalarını yerinde ziyarete başlamışlardı. Hatta Amerikan hkmeti bu konuda "Eğer Japonlar yapabiliyorsa biz neden yapamıyoruz?" adı altında araştırma yapmaya başlamışlardı(Yamak, 1999:297). Bu kapsamda Amerikalı iş adamları ilk çalışmada Japonya'daki şirketlerin başarısını on dört noktada saptadı. Bunların yedisi "insanlara sayėı", diğer yedisi ise "israfın giderilmesi" ile ilgiliydi (Hay, 2000:3).

1.1.1.2. Yalın Üretim Kavramının Gelişimi

Bu üretim bileşenleri ve ürün geliştirme özellikleri ile Japon otomobil endüstrisi ilk defa 1980 yılında büyüyerek toplam Amerika üretimini geride bıraktı. Japon endüstrisinin bu gelişimi ile beraber Massachusetts Teknoloji Üniversitesi'nde dünya otomotiv sanayi üzerinde çalışmalar yapan IMVP(International Motor Vehicle Project)'de araştırmacı ve öğrenci olan John Krafcik tarafından yalın üretim kavramı ortaya atıldı.(Cusumano, 1992)

Yalın üretim kavramı en çok “Dünyayı Değiştiren Makine” kitabı yazıldıktan sonra tanındı(Womack, Jones, & Roos, 1990). Bu kitap müşteri ilişkileri, tedarik zinciri, ürün geliştirme ve üretim operasyonlarını organize edip yönetmenin daha iyi bir yöntem olduğunu göstermek amacıyla, ikinci dünya savaşı sonrasında Toyota'nın öncülüğünde geliştirilen yeni bir yaklaşıma ilişkin bol miktarda kıyaslama (benchmarking) verisi içermektedir ve bu yeni yaklaşım, giderek azalan kaynaklarla giderek daha fazla üretimi gerçekleştirdiği için “yalın üretim” olarak isimlendirilmiştir (Womack & Jones, 1998:3).

Bir sonraki sayısında ise James P. Womack and Daniel T. Jones “Yalın Düşünce”(Lean Thinking) kitabında değer, değer akımı, akış, çekme ve mükemmellik yalının beş temel ilkeleri üzerinde durdular(Womack & Jones, 1998)

Yalın üretimin bazı ilkeleri Ford ve Taylor tarafından geliştirilmiştir. Ama o günün teknik yetersizliklerinden dolayı bu kavramları uygulayamamışlardır. James Womack Henry Ford'un T model arabasını yalın çağın başlangıcı olarak görmektedir. (Womack J. , 2008) Taichi Ohno Toyota Üretim Sistemi kitabında “Ben inanıyorum ki eğer Amerika otomobil kralı Henry Ford bu gün yaşasaydı benim Toyota Üretim Sistemi'nde yaptığımı yapardı” diye vurgulamaktadır. (Stevenson, 1993:691)

Yalın düşünce son 20 yıldaki başarısı yalın düşünce bilgisine olan talebi artırmıştır. Bununla ilgili yüzlerce kitap ve makale yazılmıştır. Yalın düşünce tüm dünyada yaygın hale geldikçe lider işletmeler de üretimden öteye lojistik ve

dağıtımını, hizmetlerini, tedarikçilerini, inşaatını, bakımını ve hatta devleti yalın prensiplere adapte etmektedirler.(Lean Enterprise Institute,2007)

1.1.2. YALIN ÜRETİMİN TANIMI

Yalın üretim; üretim girdi ve çıktılarına ilişkin artıklardan sakınmak üzere oluşturulmuş uyumlu ve bileşik bir yönetim tarzıdır. Yani üretim için gereksiz olan her şey elenir ve kabul edilebilir standartlara göre üretme yerine miktar, kalite açısından uygun üretime süreklilik kazandırır. Aslında yalın üretim el sanatları ve yığın üretimin başarılı bir kombinasyonudur. Bu sistemde el sanatlarına dayanan üretimde olduğu gibi esneklik ve kalite önemlidir. Ancak esneklik ve kalitenin yanında, hızı ve birim maliyetlerin düşük olduğu bir üretim söz konusudur. (Çelikçapa, 2007:261)

TZÜ Yalın üretimi destekleyen sürekli ve mecburi problem çözme felsefesidir. Yalın üretim sürekli gelişme sayesinde tüketiciye ürünü onun isteği ve istediği zamanda tedarik etmektedir. Yalın üretim tüketici siparişinin “çekme”(pull)’si ile harekete geçmektedir (Heizer & Render, 2006:628).

Yukarıda yazılanların ışığında yalın üretim kısaca tanımlanırsa: Yalın üretim, “en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de bire-bir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde en az israfla ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştiririz?” arayışının bir sonucudur (Okur, 1997:27).

Gerek uygulamacılar ve gerekse araştırmacılar arasında geçerli olan iki farklı tanımlamayı ortaya konulursa.

- a. Dar Görüş: Bir sonraki üretim aşaması için tam zamanında ufak partiler üretmeyi amaçlayan ve Kanban adı verilen bir çekme sistemi tarafından kontrol edilen atölye tabanlı bir envanter kontrol tekniği olarak tanımlanmaktadır. Bu felsefeye ilişkin yapılan en büyük hata

yalın üretim veya TZÜ' nün sadece zamanında ve stoksuz üretim olarak sınırlandırılmasıdır. (Acar & Çapçı, 1996:26)

- b. Geniş görüş: Bu yaklaşımda tanımlama bir az daha geniş alınarak sürekli iyileştirmeni amaçlayan ve bir dizi yönetim yaklaşımını içeren bütünsel bir yönetim modelidir(Acar & Çapçı, 1996:26). Yalın düşünce firmanın ötesine geçerek, bütüne baka bilmeyi; yani, kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim çizelgeleriyle teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammaddelerden müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine baka bilmeyi gerektirmektedir. (Womack & Jones, 1998:19)

Yalın üretim anlayışına göre örgütlenmiş bir fabrikanın iç işleyiş şekli ve hedefleri aşağıdaki gibidir (Okur, 1997).

- Başta insan olmak üzere tüm kaynakları en verimli şekilde kullanıp, gereksiz yere maliyet ekleyen ama hiç bir katma değer eklemeyen bütün faaliyetleri adım adım ortadan kaldırmasını,
- Kalitede “sıfır hata” üretimini,
- Kaliteni yükseltmek, maliyetleri düşürmek, israfları azaltmak için sürekli gelişme prensibini,
- Yapılan tüm faaliyetler yan sanayiler dahil takım çalışması içinde entegre hareketini,
- Üretimim müşterinin talebine uygun cevap verebilecek esnekliğe sahip olmasını hedefler.

1.1.3.YALIN ÜRETİMİN AMACI

Yalın üretim felsefesinin temelinde israfların yok edilmesi yatmaktadır. Japonca israfa “muda” denmektedir ve özellikle de hiçbir değer yaratmadan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Yalın üretimin gerçekleşmesi israfın ne

kadar önlene bildiğine bağlıdır (Acar, 1997:4). Bu israflar yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler, talep edilmeden üretilen ve sonuçta envanterlerde biriken üretim, gerçekten gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerden başka bir yere taşınması, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar ve müşterinin beklentilerini karşılayamayan ürün ve hizmetlerdir (Womack & Jones, 1998:11).

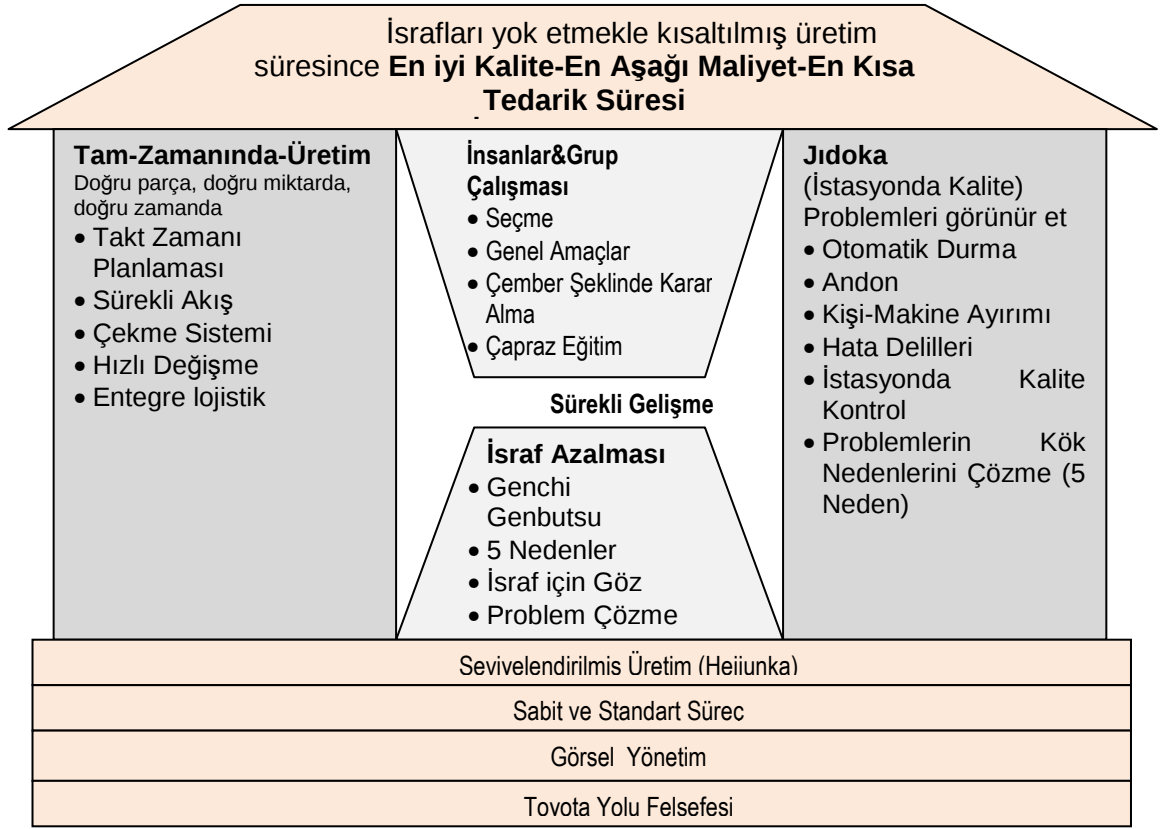
Bunun yanında üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, ara mamul ve mal stokları) ile kalitesizlik (satın alınan ve imal edilen parça ve mamullerde hatalar) en temel israf unsurları olarak belirlenmiştir. Üretimin her aşamasında israfı ortadan kaldırmak için iki temel hedef belirlenmiştir (Tekin, 1999:45).

- Hammadde, yarı mamul ve mamul bazında sıfır stok
- Satın alınan ve üretilen parça ve mamullerde sıfır hata

Özellikle TZÜ' nün idealize edilmiş hedefleri sayılmaktadır. Önemli olan bu hedeflere ulaşmak çok zor ve imkansız olduğundan sürekli gelişme faaliyetleri üzerinde yoğunlaşarak bu şekilde maliyetleri azaltma bilmektir (Acar, 1997).

Gelensel süreç iyileştirme çalışmaları değer ekleme, makine ayarlama zamanlarının kısılması, üretim hızının artması, üretim çevriminin hızlandırılması veya işçilerin otomatik ekipmanlarla değişimi gibi lokal alana yoğunlaşmaktadırlar. Bu lokal alanda büyük bir gelişmeye neden ola bilir ama toplam değer akışına etkisi az olacaktır. Verimlilik ve kalitede büyük kazançlar elde etmenin yolu ancak işletme alanını aşarak tek bir parça akışı üzerinde yoğunlaşmaktan geçmektedir. Bundan dolayı tek parça akışı yalın üretimin temelidir. Bu Toyota'nın sekiz israfının birçoğunu elemektedir.

Yalın üretimin amaçları "TPS evinde"de belirtilmiştir. Toyota'da tam zamanında üretim felsefesi yıllar geçtikçe fabrika çapından diğer fabrika alanlarına ve önemli tedarikçilere aktarılmaya başlandı ancak felsefe zaman geçtikçe daha da olgunlaşmaktaydı ve bundan dolayı Taichi Ohno'nun öğrencisi Fujio Chu Toyota Üretim Sistemini temsilen bir "TPS Evi" geliştirdi. (Şekil 1. 1).



Şekil 1. 1 Toyota Üretim Sistemi

TPS evi modern üretim sisteminde en çok bilinen sembol haline geldi. Eğer evin çatı, sütun ve temelleri sağlam olursa ev de sağlam olur. İşte diyagramın ev şeklinde olmasının sebebi de budur. TPS evi en iyi kalite, en aşağı maliyet, en kısa tedarik süresi, en iyi güvenlik ve yüksek moral hedefleri ile başlamaktadır. Bunu tam zamanında üretim ve jidoka gibi iki sütun desteklemektedir. Tam zamanında üretim TPS'nin en çok bilinen ve önemli özelliklerinden biridir. Jidoka ise bir sonraki istasyona defolu ürün bırakmama ve insanları makinelerden ayırma felsefesini taşımaktadır. Sistemin tam ortasında insanlar var. Son olarak sistemin temel unsurlarını oluşturan sabit, güvenilir ve standart süreçler ve seviyelendirilmiş üretimi temsil eden *heijunka* yer almaktadır. Heijunka sistemi sabit tutmak ve envanteri düşük tutmak için önemli bir yöntemdir.

Yalın üretim kesin olarak sürekli maliyeti düşen, sıfır stok olarak, sıfır bozuk mal ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliğini hedef almıştır. Şimdiye kadar hiç bir yalın uygulayıcı bu hedefe ulaşmamıştır ve belki de ulaşamayacaktır fakat sürekli mükemmellik arayışı içinde olacaktır. (Womack, Jones, & Roos, 1990:14)

1.2. YALIN DÜŞÜNCE

Yalın düşünce israfı ortadan kaldıran panzehir olarak görülmektedir. “*Yalın düşünce, değer tanımlanması, değer yaratan adımların en iyi ve doğru biçimde sıralanması, bu adımların gerektiği anda aksamaya uğramadan atılması ve giderek daha yüksek etkenlikle gerçekleştirilmesinin yollarını gösterir. Kısacası, yalın düşünce, giderek daha az (emek, ekipman zaman ve alan) harcayarak daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerinin daha çok yaklaşmayı sağladığı için yalındır.*” (Womack & Jones, 1998:11).

James Womack ve Daniel Jones’a göre yalın işletmenin beş ilkesi bulunmaktadır.

- a) Değer
- b) Değer Akışı
- c) Sürekli Akış
- d) Çekme
- e) Mükemmellik

Yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası değerdir ve değer ancak nihai müşteri tarafından belirlenir. Değer tanımının anlamlı olabilmesi için müşterinin ihtiyaçlarını belli bir zamanda belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün cinsinden ifade edilmesi gerekir.

Değeri üretici yaratır. Müşteri açısından, üreticilerin varoluş nedeni budur. Japon firmaların değer tanımına göre, asıl önemli olan nokta, değer nerede yaratıldığıdır. Yalın düşünce değer, belli müşterilerle oluşturulan belli bir diyalog sonucunda, belli fiyatlarla sunulan, belli yetkinliklere sahip olan belli ürünler

cinsinden tam ve doğru olarak tanımlanmasına yönelik bilinçli bir çabayla başlamak zorunda.

Yalın Düşünce'nin ikinci adımı değer akışının tanımlanmasıdır. Değer akışı ham maddenin nihai ürüne dönüşme sürecindeki bir üreticiden diğer üreticiye ve son kullanıcıya kadar olan tüm aşamaları içerir ve inanılmaz boyutlarda israf barındırır. *“Değer akışı yönetimi işletmenin ürün ve hizmetlerinin maliyet, hizmet ve kalite açısından rekabet edebilirliğini sağlanabilmesi için etkileşim içinde olan bütün işlerin ölçüm, akışın geliştirilmesi ve anlaşılması süreçlerini içermektedir.”* (Keyte & Locher, 2004:1).

Değer akımı analizler akış boyunca üç tüp hareketin ortaya çıktığını göstermektedir (Womack & Jones, 1998: 17).

- a) Değer oluşturan hareketler,
- b) Değer oluşturmadiğı halde kaçınılmaz olan hareketler(Birinci tip muda),
- c) Hiç değer oluşturmayan hareketler (İkinci tip muda).

Shigeo Shingo yapılan işleri değeri artıran ve sadece maliyet ekleyen işler olarak tanımlamıştır. Değeri artıran işler ürünün süreçte üzerine katılan değerler, sadece maliyet ekleyen işler ise taşıma, dağıtım, kontrol ve hareket gibi hareketlerdir. İşletmelerde uygulanan “israfları ele” sloganının yerine “israfları bul” sloganının daha doğru olacağını düşünmektedir (Shigeo, 1987: 18-21).

Yalın düşünce, firmanın ötesine geçerek bütüne baka bilmeyi gerektirmektedir. Yani, kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim çizelgeleri ile teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammaddelerden müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine bakabilmeyi gerektirmektedir. Özellikle bir ürünü üretmek için yüzlerce tedarikçi ile bir arada çalışılan günümüzde gönüllü ortaklık artık zorunlu hale gelmiştir.

İşletmede değer tam olarak tanımlanınca ve değer akışı haritası çizilip israflar kaldırılınca bir sonraki aşama değer yaratan faaliyetlerin akış halinde olmasının sağlanmasıdır. Akış ilkesinin potansiyelini ilk algılayanlar Henry Ford ve ortakları olmuştur. 1913 yılında T model arabanın montaj süreci için gerekli çabayı, son montaj hattında sürekli akış uygulanarak %90 oranında azaltılmıştır. Ancak Ford'un bu buluşu özel sadece özel koşullarla sınırlı kalmıştır. Çünkü bir üründen çok miktarda üretim yapmak sadece o zamanın pazar koşullarına uygun gelmekteydi. (Womack & Jones, 1998)

Ancak akışın sağlanması yeterli değildir. İstenmeyen ürünleri hızla akıtmak sonuçta sadece israf olacaktır. Müşteriye istemediği ürünlerin itilmesi yerine müşteri istediğinde ürünü çekmesini sağlamak pek çok israf kaynağını ortadan kaldıracaktır. Sürekli akış uygulandığında ürün geliştirme, sipariş alma, fiziksel üretim işleri çok kısa sürede tamamlanabilir hale gelecektir. Bu müşterinin gerçekten istediği şeyleri, tam istediği zamanda tasarlayabilme, planlayabilme ve üretebilme imkanını verdiğinden satış tahmini yapmak, karmaşık planlama yazılımları kullanmak, stokta kalan ürünleri itmek için kampanyalar düzenlemek zorunluluklarını ortadan kaldırarak sadece istenen şeylerin daha iyi üretilmesine odaklanabilmeyi de sağlayacaktır. (Yalın Enstitü Derneği, 2007)

Yalın düşüncenin dördüncü ilkesi “çekme” değerini müşteri tarafından çekilmesini ifade eder. Yani klasik üretimde olduğu gibi stoka üretim yaparak daha sonra elde kalan ürünlerin satılması için kampanyalar düzenlemesine gerek kalmaz. Bu ilkeyi uygulayarak biz müşterinin istediği ürünü üretilerek çekmeni müşteriden başlatırız. Bu çekme ilkesi fabrika içinde de devam ederek son tedarikçiye kadar sürer. Böylece stoka gerek kalmaz, tezgahlar için üretim çizelgeleri hazırlanmaz ve tüm tedarik zinciri ancak bir sonrakinin istediğini üretir.

Yalın düşüncenin diğer dört ilkesi uygulandığında süreçlerin sonunun gelmediği anlaşılabilir. İşgücü verimliliği, işin tamamlanma zamanı, stoklar, müşteriye ulaşan hatalı ürünler ile hurda oranları, ürünü pazara sunma süresi gibi parametrelerin hepsinde birden radikal iyileşmeler görülecek, çok küçük ilave maliyetlerle ürün çeşitliliği artırılabilir ve bunlar yeni teknoloji yatırımlarına gerek

kalmadan, hatta mevcut bazı ekipmanlar satılarak negatif sermaye yatırımı ile ve birkaç yıllık bir süre içinde başarılabilecektir.

Mükemmelliğin en önemli hızlandırıcısı şeffaflıktır. Yalın bir sistemde herkes (fason imalatçılar, ilk basamak tedarikçiler, bayiler, müşteriler, çalışanlar) sistemin bütününe görebildiklerinden ve anında geri bildirim imkanı nedeniyle değer yaratmanın daha iyi yolları kolaylıkla bulunabilir.

Yalın Üretim'de üründeki hatalar, teçhizat arızaları, beklemler olağan karşılanmaz ve sürekli olarak temel nedeni araştırılarak çözümlenir. Mükemmelliğe giden yolda “Planla-Yap-Kontrol Et-Uygula” çevrimi etkin olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım Toplam Kalite Sistemlerinde de mevcuttur. Ancak Yalın Üretim'in farkı problemin tekrarını önlemeyi hızla mümkün kılmasıdır. Çünkü sistem sürekli akış halindedir, hatalı parça stokları yığılmadan problem olduğu anda fark edilebilir, nedenleri kolaylıkla izlenebilir ve en önemlisi stok seviyesi azaltıldığından problem kısa sürede giderilemezse tüm sistem duracağı için organizasyonun bütün birimlerinde acil müdahale sorumluluğunu zorunlu kılar (Yalın Enstitü Derneği, 2007).

1.2.1.YEDİ İSRAF

Yalın düşüncede kabul görmüş yedi israf vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir(Harrison & Hoek, 2002:153).

- Fazla üretim: Tam zamanında üretim yerine fazla üretim veya dağıtımın yapılmasıdır. Üretim ne geç ne de erken yapılması gerekir. Fazla üretim düzensiz malzeme akışına neden olarak kalite ve verimi azaltmaktadır. İsrafın en önemli nedenlerindendir.
- Bekleme: Zamanın etkili kullanılmamasıdır. Operatörlerin, parçaların veya müşterilerin beklemesidir.
- Taşıma: Parçaların bir süreçten diğer bir sürece değer eklemekten taşınmasıdır. Proseslerin bir birine yakın yerleştirilmesi sadece taşıma israfını değil elemekle beraber aralarındaki iletişimi de artırmaktadır.

- Uygunsuz proses: Birçok hat arasında paylaşarak büyük ve merkezi proseslerin kullanılması bu tip israfa örnektir. Müşteri talep standart kalitesine karşılamada yeterli olmayan prosesler diğer bir örneği teşkil etmektedir.
- Gereksiz stok: Fazla stok problemleri görünmez ederek tedarik sürersi ihtiyaç aralıklarını artırmaktadır.
- Gereksiz hareket: Ürüne değer katmayan gereğinden fazla olan hareketler.
- Hata: Hatanın müşteriye kadar ulaşması maliyeti daha da artırmaktadır. Ondan dolayı hatanın kaynakta bulunması gerekmektedir.

Liker (2004) bunlara ek olarak “kullanılmayan yapıcı işgücünü sekizinci israf olarak eklemektedir. Bunlar işçileri çalıştırmayarak ve dinlemeyerek zaman, fikir, beceri, gelişme ve öğrenme fırsatlarının yitirilmesidir.

1.3. YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN UNSURLARI

Yalın üretimi diğer üretim sistemlerinden ayıran en önemli öge ve bileşenler kalite düzeyi, az stok, küçük parti üretim, işçilere olan yaklaşımı ve tedarikçilerle sıkı işbirliğidir. Bu unsurlar az stokla çalışıla bilmesi için kalite düzeyinin iyi olması gibi bir-birini tamamlayan ve destek veren unsurlardır.

1.3.1.KALİTE SEVİYESİ

Üretim işlemlerinin kalitesi yükseltilerek defolu malların üretimi önlenir. İşlemler hatasız parça hatasız üretim ilkesine dayanmakta ve böylece otomatik olarak kaliteli işlem sonucu kaliteli üretim yapılır.

Yalın üretimde stok az olduğundan dolayı hatalı parça üretiminde bu hatanın düzeltilmesine kadar üretim hattı durması söz konusu olacağından burada kalite çok önem arz etmektedir. Hatalar, iskartalar ve hasarlı parçalar büyük stokların içinde saklanmaktadır. Yalın üretim sıfır stok hedeflediğinden bu hatalar ortaya çıkmaktadır. Yalın üretim kaliteye üç yönden yaklaşmaktadır(Stevenson, 1993:694). Birincisi ürün ve üretim süreçlerinde tasarım kalitesidir (design quality). Yalın

Üretimde tecrübeli işçiler tarafından tüm ürün tedarik süreleri ve yöntemler standardize edilmiştir.

İkinci yaklaşım bozuk materyal ve parçaları minimize etmek için satıcıları yüksek kaliteli mal ile temin etmede ısrarlı olmaktır. Satıcılara olan yüksek dereceli güven gelen malzemenin denetimin harcanan zaman ve maliyeti ortadan kaldıracaktır.

nc yaklaşım işçileri kaliteli ürün üretmek için sorumlu tutmaktır. Bu işçilere uygun ekipman, alet, eēitim, kalite lme, hata bulucu alet, destek ve problemi bulduēunda onu bulma ve çözme yetkisinin saēlamak ile mümkündür. Burada imalatçı ya da imalat sürecinin bütünü kalite kontrolden sorumludur. Bu yaklaşım hatalı üretimden doērudan etkilenen grubun problemi hemen fark ettiēi ve düzeltme yetkisine sahip olduēu ilkesine dayanmaktadır. Bunun için de nihai hedef olan sıfır hataya ulaşa bilmek için gerekli düzeltmeleri yapabilmesi, kalifiye eleman ihtiyacını doēurmaktadır. (Top, 2001:210).

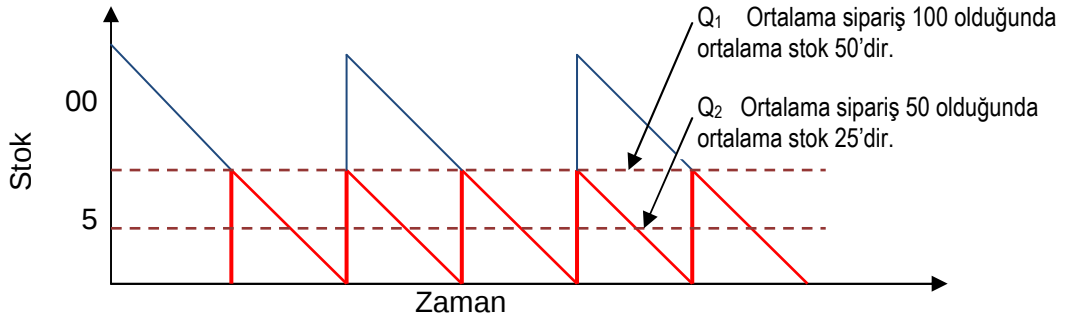
1.3.2.ÜRETİM DENGELEME

Yalın retim ürünün dengeli akışını tedarikçilerden son çıktıya kadar farklı işlem ve hareketlerinin sistem boyunca akışının dengede olmasını gerektirmektedir. Boşluklar az olduēundan her bir faaliyet çok dikkatli planlanmalıdır. Bunun için belirli zaman dilimi (genellikle aylık) için bütünleşik üretim ve satın alma izelgesi hazırlanması gerekir. Japonya'da Toyota bayileri bulundukları pazar il ilgili her bir ürün için aylık olmak üzere sonraki üç ayı kapsayan satış tahmin raporlarını göndermektedirler (Monden, 2004:135). Aylık retim planı ortalama günlük üretim planının ne kadar olacaēını belirlemektedir. Toyota retim sisteminde, günlük üretim çizelgelerin hazırlanması özellikle önemli bir konudur çünkü dengelenmiş üretim kavramı bu çizgiler aracılıēı ile sisteme entegre olmaktadır. Haftalık planlarda satış siparişleri geldikçe az da olsa deēiřtirilebilir.

1.3.3.STOK

Yalın üretim stoksuz üretim veya sıfır stok olarak da bilinmektedir. Shigeo Shingo stoku bütün kötülüklerin kaynağı olarak görmektedir. Geleneksel görüşte stokun çok olması fabrika içinde birçok problemin çözümü olarak görülmektedir. Talepte dalgalanmalar olduğunda, makinelerde arıza olduğunda, hatalı ürün üretildiğinde stoktan karşılanan problemler görünmez hale gelmektedir. Yalın üretimde stoklar deniz veya nehrin suyu, problemler ise onun içindeki kayalar olarak görülmektedir. Ondan dolayı suyun azaltılması yani stokların azaltılması var olan ama gözükmeyen problemlerin ortaya çıkması anlamına gelmektedir. (Black & Hunter, 2003: 36)

Ayrıca stoklar fabrika için maliyet unsurudur. Stokun fazlalığı elde bulundurma maliyetini artırmakla beraber ambarda gereksiz yer kaplamaktadır. Stokun giderek azaltılması ise problemleri giderek görünür etmekte ve problemlerin çözümü için çaba harcanmasını gerektirmektedir. Nihai idealize edilmiş hedef ise sıfır stoktur. Sıfır stok hedefi sadece bir organizasyonda değil bütün tedarik zincirindedir (Hutchins, 1990:4).



Şekil 1. 2 Sipariş Sıklığı ve Ortalama stok ilişkisi

Yalın Üretim sipariş sıklığı nedeni ile işletmedeki ortalama envanteri azaltmaktadır ki bu da stoklara harcanan yatırımın azalması anlamına gelmektedir (Şekil 1. 2). Bu aynı zamanda toplam elde bulundurma (holding cost) maliyetini azalmasına neden olacaktır. İşletmeler genelde elde bulundurma maliyetini daha düşük tahmin etmektedirler (Öztürk, 2005: 626-627, Page, 2004: 31-35). Elde bulundurma maliyetindeki artış Ekonomik Sipariş Miktarı'nı (ESM) azaltacak ve

dolayısı ile ortalama envanter de düşecektir. Diğer taraftan sipariş ve hazırlık maliyetinin yüksekliği de ESM 'ni artırmaktadır. Yalın üretim çabalarını hazırlık ve sipariş maliyetinin düşürülmesi üzerinde yoğunlaştırmakta ve bu da ESM'nin azalmasına neden olmaktadır.

Stoksuz çalışmanın diğer bir nedeni de gerek yan sanayilerden gelmiş parçaların, gerekse işlenmekte olan parçaların, gerekse de bitmiş nihai ürünlerin işletme içinde boş beklemesidir. Halbuki stokun işletme içinde boş beklemesi ona hiç bir değer katmamaktadır. Değer katmamakla beraber stokun beklemesi onun hasar görmesine veya demode olmasına bile sebep ola bilir. Müşteri ihtiyaçlarındaki değişikliklerine anında tepki verme özelliği azalır, eldeki stoklarının tüketilmesi, satılması söz konusu olur ki bu da rekabette bir adım geriden başlamasına sebep olur. Demek ki bütün bu beklemler israftır.

Eğer stoklar belirsizlikler için işletmede tutmaktaysa, yalın üretim belirsizlikler üzerine giderek stoku azaltmaya çalışmaktadır. Aslında arz ve talep bir-birine çok yakın ve bağlantılı bir şekilde koordine edilebilirse yalın üretim stokları elimine ede bilir (Waters, Inventory Control and Management, 2003: 342).

MIT-IMVP'nin 52 otomobil işletmesinde yaptığı araştırmaya göre 1965 -1991 yıllarında TZÜ veya yalın üretim uyguladıktan sonra işletmelerin otomobil montaj işletmelerinin stokları keskin şekilde düşmüştür (Lieberman, Demeester, & Rivas, 1995:15). Amerika ve Japonya'da başarı ile uygulanan bu sistem sayesinde stok devir hızı 7'den 20'ye, sipariş süreleri ortalama %90 düşme gösterirken, stok %35'e çekilmiştir. (Demir & Gümüşoğlu, 1998:717)

1.3.4.PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ

Tedarikçiler ve üretim prosesindeki küçük partilerin yalın üretime birçok faydası vardır. En önemli faydası süreç içi envanterlerde büyük miktarlarda azalmalar meydana gelmesidir. Daha önce belirtildiği gibi elde tutma maliyetleri de küçük parti büyüklüğünde azaltmakta, ayrıca üretim sürecinde ürünlerdeki kalitede oluşan bir problem daha az partiyi etkilemekte ve büyük maliyetlerden kaçınılmaktadır.

Seri üretimde hazırlama süreleri ve maliyetleri (setup time/cost) çok olduğundan bir üründen büyük miktarlarda üretme söz konusudur. Ama yalın üretimde bu sorun aşıldığı için küçük partilerin üretimi söz konusudur. (Rother & Shook, 1999) Örneğin A ,B ve C gibi üç ürün söz konusu ise seri üretimde A ürününden büyük miktarda ve daha sonra ise sırasıyla B ve C ürününden büyük miktarda üretim söz konusudur. Ama TZÜ' de ise küçük partiler halinde üretim söz konusudur ve sık-sık üretim süreci diğer ürün için ayarlanarak üretim yapılmaktadır. (Şekil 1. 11)

1.3.5.HAZIRLAMA/KURMA MALİYETİ VE HIZI

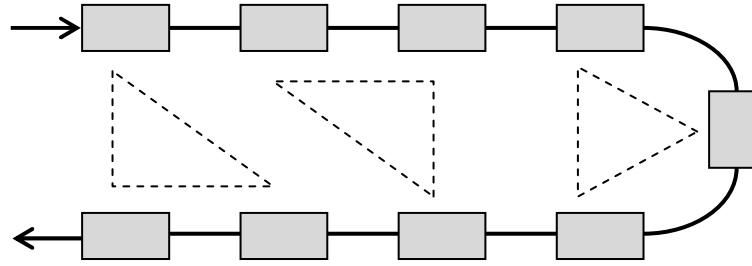
Yalın üretimde küçük parti halinde üretim söz konusu olduğu için hazırlama maliyeti ve hızı çok önemli hale gelmiştir. Seri üretimde bu o kadar önem arz etmemektedir çünkü parti üretim hacmi büyüktür ve değişim(changeover) aralıkları çok büyüktür (Şekil 1. 11). Seri üretimde saatler süren bu hazırlama veya kurma faaliyetleri yalın üretimde dakikalar olarak ölçülmektedir. Hazırlık/Kurma Maliyetlerini saatlerden dakikaya indiren yalın üretim aracı "Tekli Dakikalarda Kalıp Değiştirme (SMED: Single Minute Exchange of Die:)" Shigeo Shingo tarafından geliştirilmiştir (Shingo, 1985). SMED tekniği yalın üretim araçları başlığı altında (1.4.5 TEKLI DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞTİRME) daha ayrıntılı incelenecektir.

1.3.6.FABRİKA DÜZENİ (LAYOUT)

Geleneksel üretim fabrika düzenini genellikle süreç ihtiyaçları mantığına göre kurmaktadır. Yani aynı işlemi gören makineler bir yerde toplanmıştır bu da parçaların bir işlem süreci grubundan diğerine geçmesini gerektirir. Bu sistemde parçalar işlem görmek için aynı işi gören makine grupları arası stoktan dolayı bir süre beklemektedir ve fabrikada kaldığı sürenin çok az bir zamanda değer ekleyici işlem sürecinden geçmektedir.

Yalın üretimde ise genellikle ürün ihtiyacına göre bir düzenlenme yapılmaktadır. Bu durumda benzer ürünler aynı montaj ve işlem süreçlerinden geçerek işletme alanında fazla stokun olmasını önlemektedir. Ayrıca çalışan

insanların da geleneksel üretimde makineler arası ilişkileri yalın üretimde israf sayıldığı için bu gidişlerin de elimine edilmesi gerekmekteydi ve 1950'lerde Taichi Ohno işçilerin verimliliğini artırmak için hücresel üretim düzenine geçti. Hücresel üretim Taichi Ohno tarafında geliştirilmemişti. 1920 yıllarında Amerikan mühendisleri tarafından geliştirilmesine rağmen “hücresel üretim” dikkati Ohno'nun uygulamalarından sonra çekti (Russel & Taylor, 1998). Bir işçinin birden çok makineden sorumlu olduğu ve tek parça halinde akışı olan bu düzen “U-hatları” olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1. 3 U-Hattı Yerleşim Planı

Kaynak: (Russel & Taylor, 1998:717)

U-hatlarının genel özelliği giriş ve çıkışlar aynı pozisyondan yapılmasıdır. Bu tip dizilişlerin içbükey ve dairesel olmak üzere farklı biçimleri olabilmektedir. Bu biçimlerin en büyük avantajı talepte meydana gelen dalgalanmalarda işçi sayısını artırarak değişimlere ayak uydurmaya çalışılmasıdır(Şekil 1. 3). Bu diziliş aynı zamanda işçileri birçok makineden sorumlu tutmakla, ihtiyaç olan insan gücünü azaltmaktadır. İş bölme yönteminde ilk ve son işlemleri aynı operatöre, tüm hücre için doğal bir tempo oluşturacaktır (Rother & Harris, 2001). Bu durumda Şekil 1. 3'te görüldüğü gibi birinci işçi üretim hücresinde üretimin başladığı ilk makine ve aynı zamanda hücrenin sonundaki makineden sorumlu tutulacaktır. Üretim hattı doğrusal şekilde olduğunda talepteki artışlar için gereken işçi sayısı U-hattı dizilişinde gerek işçiden fazladır. Kenichi Sekine “Tek Parça Akış” kitabında birçok endüstride montaj hattında işçi sayısının azaltılması üzerine incelemelerde bulunmuştur(Sekine, 1992: 19-38).

1.3.7.TAMİR-BAKIM

Fabrikadaki makineler zaman içinde arızalanmakta ve üretim hattı durmaktadır. Makine bozulduktan sonra yeniden çalışması için gerek işlemler tamir, önceden tespit edilerek belli aralıklarla yapılan bakımlar ise koruyucu bakımdır. (Kobu, 2003) Yalın üretimde süreç içi stok çok az olduğundan üretimin durması büyük problemlere yol açacaktır. Onun için tamir işlemlerinin fazla ortaya çıkmaması için koruyucu bakım işlemlerinin sıklaştırılması lazımdır(Krajevski, Ritzman, & Malhotra, 2007:354). Yani yalın üretime diğer üretim sistemlerinden daha fazla bakım ihtiyacı ortaya çıkmaktadır ve bu ihtiyacı **toplam üretken bakım** (TPM: Total Productive Maintenance) yöntemi ile çözmektedir. TPM kısa süreli bir süreçten ziyade tüm şirket kültürünün değiştiren ve bütün şirket üyelerinin katılımı ile ekipman etkenliğini artıran uzun vadeli bir süreçtir. (Smith & Hawkins, 2004:55)

1.3.8.İŞÇİLER

Birçok geleneksel sistemde işçiler değişken maliyettir (variable cost). Yani talep düştüğünde işçiler değişken bir maliyet unsuru olarak görüldüğünden işten çıkarılması düşünülen maliyet etkenlerindendir. Yalın üretim sisteminde işçiler sabit maliyettir (fixed cost). Talebin durumuna göre işçiler işten çıkarılmamakta, bir sürelik atıl kalan işçiler eğitime tabi tutulmakla, sürekli geliştirme gruplarına katılmakla başka yerlerde değerlendirilmektedirler (Schemenner, 1993:395).

Geleneksel üretimde işçiler belirli bir alan üzerine yoğunlaşmakta ve görevlerin sınırı belirlidir. Ama yalın üretimde işçiler çok fonksiyonlu olmak mecburiyetindedirler. Bu onların bu konuda uzman olduğunu gerektirmez ama bir sorun çıktığında bu sorunu çöze bilecek bilgi ve beceriye sahip olmalıdır. Bundan dolayı işçiler birçok makine ve üretim hücresinde çalışa bilmesi için eğitime tabi tutulmalıdırlar (Stevenson, 1993:698).

1.3.9.KOOPERATİF (COOPERATIVE)

Yalın üretim sisteminde işçiler, yönetim ve satıcılar arasında işbirliği ruhu hakimdir. Güvenin olmadığı yerde yalın üretimin çalışması imkansızdır.

Kooperasyon ilişkileri son üreticiler, tedarikçiler, ara sözleşme yapılmış işletmelerle işbirliği ile düzenlenir. Malzeme akışı ve yönetimi yeniden gözden geçirilir ve toplam tedarik zincirinin başarısı üzerinde durulur. (Çelikçapa, 2007:262) Ana işletme gerektiğinde tedarikçilerine eğitim ve mali destek verir. Uzun dönemli ilişkiler sağlanarak gruplar arasında entegrasyon oluşturulur.

Japonya'da tedarikçiler arasında saygı ve işbirliği tarihi olarak mevcut olduğundan bu açıdan kooperatifte çok başarılılar. Batı kültüründe işçiler, yöneticiler ve satıcılar ise bunun aksi olarak tarihen beraber olmamışlar(Stevenson, 1993:699).

1.3.10. TEDARİKÇİLER

Tedarik edilen parçaların güvenliği, kalitesi, zamanında teslimi yalın üretimde çok önemlidir. Tedarikçilerden kaynaklanan her hangi bir eksiklik üretim hattına direkt etki etmektedir. Bunun sebebi yalın üretimin az stokla çalışma felsefesidir.

Daha önce de bahsi geçtiği gibi geleneksel sistemde satıcı ve alıcı arasında işbirliğinden, bir-birine güvenden çok rekabet vardır. İlişkiler uzun dönemli olmadığından ve genellikle en ucuz fiyat veya kaliteye dayalı bir rekabet olduğundan tedarik zincirinde karşılıklı güvensizlik ortamı oluşmaktadır. Bundan dolayı satıcılar ve alıcılar birden çok müşteri ile görüşerek satışlarının garanti altına almaya çalışmaktadırlar. Doğal olarak alıcılar yüzlerce veya binlerle tedarikçi ile irtibatta olmaktadır. Bu kadar çok tedarikçi ile entegre çalışmak, işbirliği yapmak, kalitesini kontrol etmek, yeni ürün değişikliğinde yeniden tasarım yapma konusunda alıcılar ciddi sıkıntı çekmektedirler.

Yalın üretimin özelliklerinden bir tanesi de az tedarikçi ile çalışmaktır. Bu sistemde ilişkiler uzun dönemlidir ve tedarikçilerin bir-birine güveni söz konusudur. Burada fiyata dayalı rekabet söz konusu değildir. Tedarikçilerle uzun dönemli işbirliğine gidilir ve bu sayede tedarikçi de kendi tedarikçisi ile işbirliğine giderek tüm tedarik zincirinin kazancı ön plana çıkarılır. Güven arttığı için şirket bilgilerinin karşılıklı paylaşımı artmakta ve bundan her iki taraf yarar sağlamaktadır. Belirsizlikler ortadan kalkmakta, günlük, haftalık, aylık ve uzun dönemli talep

durumları paylaşmakta ve bunun sonucu olarak üretimde denge sağlanmakta, stoklarda düşüşe geçirilmekte, karlılık yükselmektedir.

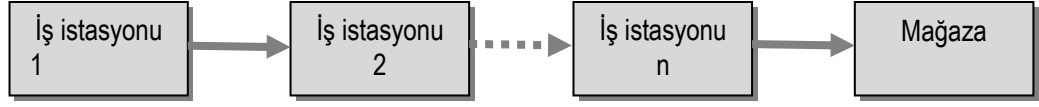
Yalın üretimde tedarikçiden gelen parça veya ham maddelerin kalitesi güven altına alındığı için denetim yapmadan direkt üretim hattına aktarma yapıla bilmektedir. Bu sayede ürüne değer katmayan adımlardan sayılan denetim için harcanan vakit aradan kaldırılmış olacaktır.

Yalın üretimin sağlam çalışma bilmesi için tedarik zincirinin başından sonuna doğru bir şebekenin kurulması gerekmektedir. Bu şebekede sevkiyatların zamanında yapıla bilmesi için bilgi ağının da iyi kurulması lazım. Oluşturulan şebekede zayıf taraflar diğerlerinin karlılığı üzerinde etki edeceğinden şebekeden çıkarılması söz konusu olacaktır.

Ürün tasarımını tedarikçiler uzaktan takip ettiğinde durumu adapte olmak zaman almaktadır. Bundan dolayı yalın üretimde ürün tasarımında tedarikçiler uzaktan takip etmeyerek bu çalışmanın içinde yer almaktadırlar. Bu şekilde sinerji oluşturarak bir-birinin birikiminden yararlanılmakta ve üretim aşamasına geçmeden çıkaabilecek problemler önceden tespit edilerek çözülmektedir.

1.3.11. ÇEKME SİSTEMİ

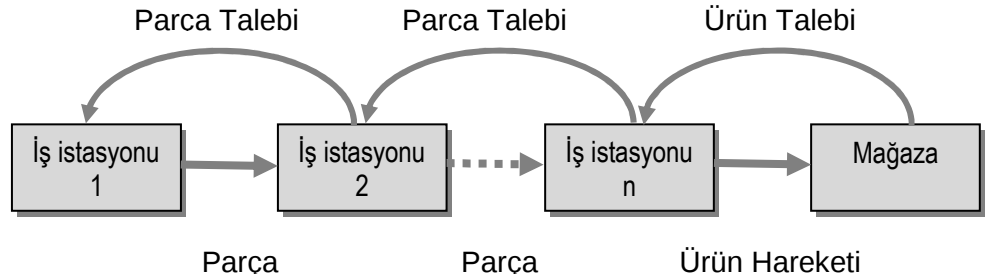
Geleneksel üretimde itme sistemi (push system) mevcuttur. Bu sistemde bir üretim prosesinden bir sonraki üretim prosesine doğru üretilen parçalar kadar akış mevcuttur. Bir önceki üretim hücresinden asılı olmamak için ara stoka gidilmektedir. Bunu aradan kaldırmak için her bir üretim hücresine ayrı üretim planları gönderilmekte ama değişen taleplere karşı cevap vermesi çok zor olmaktadır(Şekil 1. 4). Değişen taleplere adaptasyon için her bir üretim prosesine simültane olarak üretim planlarının gönderilmesi gerekir ki bu da üretim planlarının sık-sık değişmesini zor hale getirmektedir. (Monden, 1993: 15)



Şekil 1. 4 İtme Sistemi

Kaynak: (Kumar & Panneerselvam, 2006:398)

Yalın üretimde ise çekme sistemi mevcuttur. Bu sistemde bir sonraki üretim prosesi bir önceki prosten ihtiyacı kadar parça çekmektedir (Şekil 1. 5). Yani çekme sistemi piyasada oluşan müşteriden başlamaktadır. Burada ancak son montaj hattı ne kadar ürün üretileceğini bir önceki prosese iletmektedir ve daha sonra bir önceki üretim talep edilen parçanı istenilen zaman ve miktarda üretmektedir. Bu şekilde her bir üretim prosesine ayrı bir üretim planının hazırlanmasına gerek kalmamaktadır (Monden, 1993). Yalın üretim bunun yerine üretim proseslerinin talep edilen miktar ve zamanda üretimini temin etmek için kanban kullanmaktadır.



Şekil 1. 5 Çekme Sistemi

Kaynak: (Kumar & Panneerselvam, 2006:398)

Yeni bir felsefe olan Kanban'ın yalın üretimde önemli bir yeri vardır. Kanban ihtiyaç duyulan miktarın talep edilmesi için kullanılan bir karttır. Kanban kartları ve işleyişi ileride daha da ayrıntılı incelenecektir.

1.3.12. PROBLEM ÇÖZME

Problem çözme yalın üretimin kritik ve önemli temel taşlarındandır. Her bir problem, süreçleri ve insanları geliştirmek için bir fırsattır. Bunun yanında problem çözme grupları bilgi akışının gelişmesine ve engellerin ortadan kalkmasına hizmet

etmektedir ve sonuç olarak verimlilik yükselmektedir. Yönetim yalın üretim projelerine katılmalı ve destek vermek zorundadırlar. İşçiler yönetimin onların çalışmasını önemsemediğini gördüklerinde cesaretleri kırılacak ve yalın üretim çözümleri başarısızlıkla sonuçlanacaktır (Puvanasvaran, Megat, Tang, Muhamad, & Hamouda, 2008:504-511).

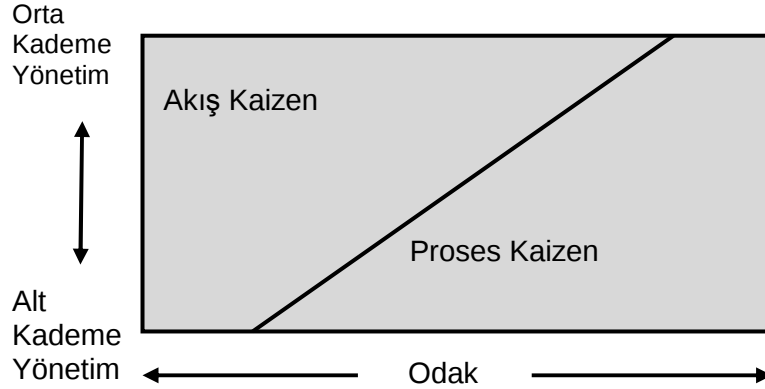
Japon şirketleri grupların rutin olarak problemler üzerinde çalışmasında çok başarılılar. Çalışanlar arasında beyin fırtınası (brainstorming) yaparak öneriler geliştirilmekte ve problem çözmek için cesaretlendirilmektedirler. Problem çözmede kontrol diyagramları, örneklemeler gibi istatistiksel araçlar ve kalite kontrol diyagramları da kullanılmaktadır (Stevenson, 1993).

1.3.13. SÜREKLİ GELİŞME

Sürekli gelişme *“girdileri çıktılara dönüştüren süreçlerle ilgili tüm veya birkaç faktörü sürekli geliştirmeyi araştıran” felsefedir* (Stevenson, 1993). Sürekli gelişme insanları, ekipmanları, materyalleri, tedarikçileri ve prosedürler gibi çok geniş bir alanı kapsamaktadır. Sürekli gelişimin aslı Japoncada **kaizen**'dir. Kaizenin “iyileştirme” demektir. Kaizen yöneticilerden işçilere herkesi içeren sürekli iyileştirmedir. Kaizen felsefesi iş işyerinde olsun, sosyal ilişkilerde veya aile yaşantısında olsun, yaşam tarzının sürekli geliştirilmesini önerir(İmai, 1994: 3).

Kaizenin iki seviyesi (Şekil 1. 6)vardır (Rother & Shook, 1999).

- Topyekun değer akışı üzerine odaklanan sistem veya akış kaizen. Bu yönetimin uyguladığı kaizendir.
- Ayrı ayrı prosesler üzerine odaklanan proses kaizen. Bu, çalışma takımları ve takım liderlerinin uyguladığı kaizendir.



Şekil 1. 6 Kaizenin Seviyeleri

Kaynak: (Rother & Shook, 1999)

İmai toplam kalite yönetimi için çok önemli olan sürekli gelişim kavramı ile kalite arasında çok sıkı bir bağlantı olduğunu düşünmektedir. İmai kaliteyi, geliştire bilen her şey olarak tanımlamaktadır. Batı Avrupa görüş açısından bu uç nokta olarak görülmektedir (Imai, 1994).

Sürekli gelişimin esasını Walter Shewhart'ın ve daha sonra Deming tarafından Japonya'ya tanıtılan planla, uygula, kontrol et ve önlem al (plan-do-check-act) çemberi oluşturmaktadır. Deming çemberi ve Deming döngüsü olarak da bilinmektedir. "Planla", belgeleme ve ölçülebilir hedefleri tasarlamamanın öğrenme sürecidir. "Uygula", uygulama prosesi ve gereken bilgileri toplama faaliyetidir. "Kontrol et" faaliyeti bilgileri uygun biçimde analiz eder. Bu faaliyetin hedefi inceleme ve sonuçlardan öğrenmedir. "Önlem al", kalite teknikleri ve yöntemleri yardımı ile düzeltme işlemlerini kapsamakla beraber gelecek planları değerlendirmektedir (Gitlow, Oppenheim, & Oppenheim, 1995:107-109), (Dahlgaard, Kristensen, & Kanji, 1995).

1.4. YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN ARAÇLARI

Yalın üretim yönteminin başarısı belirli bir zamanda küçük parti üretimi sağlayan, değeri olmayan beklemelemlerden arındıran, hazırlama faaliyetlerini azaltan, hataları minimuma indiren, çekme sistemini ve verimliliği sağlayan araçların doğru uygulanması ile mümkündür (Hobbs, 2004:23). Bu başlık altında yalın üretim araçları incelenecektir.

1.4.1.KANBAN

Yalın üretim uygulamalarında en zor ve önemli aşamalardan biri de kanban sisteminin kurulmasıdır. Kanban uygulamasına geçmeden önce fabrikada çekme sistemini alt yapısını hazırlamak çok önemlidir. Toyota çekme sisteminde Kanban kullanmaktadır. Kanban bir Japon kelimesidir ve “kan” yani kart, “ban” ise sinyal manasını vermektedir(Gross, 2005:37). *“Kanban, ürünün her aşamasında üretim/montaj ve ürünün tamamlanma yolunun ayrıntılı bilgilerini içeren basit bir plastik karttır. Kanban sistemi, çok aşamalı üretim çizelgeleme ve stok kontrol sistemidir”* (Kumar & Panneerselvam, 2006:393).

Kanban’ın bir sıra önemli fonksiyonları vardır ve bunlar aşağıdaki gibidir. (The Productivity Press Development Team, 2002: 61)

- İletişim sistemi: Kanban yalın üretim sisteminde iletişim sistemidir. Kanban süreç akıntısına karşı ne kadar ve ne zaman üretileceğini haber vererek, problem ve değişiklik söz konusu olduğunda üretimin durdurulması konusunda uyarı yapmaktadır.
- Alma ve iş siparişi bilgisi: Kanbanlar iş emirleri olarak çalışmaktadırlar ve iki çeşit bilgi sağlamaktadır.
 - (1) Hangi parçalar veya ürünlerden ne kadar kullanılacak.
 - (2) Parçalar veya ürünler nerde ve nasıl üretilecekler.
- Fazla üretim israfını eleme: Üretim ancak ihtiyaca göre yapıldığında süreç içi envanter ve taşıma minimuma inmekte ve fazla üretim yapılmamaktadır.
- Görsel kontrol için araç: Kanban ürünün tamamlana kadar üzerinde kalmaktadır ve ürünün nasıl ilerlediğini ve nerde başladığını görsel olarak göstergesidir.
- Gelişmeyi ilerletmek için araç: Stoklar problemleri gizletmektedir. Kanbanların fazlalığı süreç içi stokun fazlalığını gösterir. Kanbanların sayının azalması problemlerin ortaya çıkaracaktır ve bundan dolayı bunlar geliştirilebilir. Bu nedenle kanban israf ve sürekli gelişmeyi sağlamada değer ifade etmektedir.

Her bir başarılı işletmede roller ve sorumluluklar açık bir şekilde belirtilmiştir. Bu nedenler yalın üretim sisteminde kanbanın yönetiminde birçok kademde her kesin üzerinde düşen görev ve sorumluluklar vardır ve bunlar açık bir şekilde belirtilmelidir. Kanban uygulamasında roller ve sorumluluklar aşağıdaki gibidir. (Cimorelli, 2006:105)

- Yönetim – İşletmelerde meydana gelen büyük değişimlerde en kritik etken her zaman yönetimdir. Ondan dolayı yönetici kendi departmanlarındaki görev ve sorumluluklarını anladıklarından emin olmalıdırlar ve faaliyetleri her gün kontrol etmelidirler.
- Proje Lideri/Tedarik Zinciri Takımı –Yeni süreçlerde takımın en önemli uzman ve bilirkişilerin projeleri yönetmesi gerekir. Onlar eğitim ve eğitim materyalleri sağlayarak, açık bir şekilde uygulama planı uygulayarak projeni plana uygun yürütmelidirler.
- Hat lideri – çekme sisteminde üretim hattında olan her hangi bir eksiklik tüm üretim hattını durmasına neden ola bilir. Ondan dolayı Hat lideri kendi sorumluluklarını çok iyi bilerek kanbanların zamanında geldiğine, çekildiğini ve doğru yer koyulduğuna emin olmalıdır. Aynı zamanda saatlik işçilerin (hourly workers) malzemeleri uygun yerden çektiğini kontrolden sorumludurlar.
- Malzeme kabulcüler – Malzemelerin siparişlere uygun geldiğin, kontrol eder, gelen malzemeni kanban alanlarına taşırlar ve “ilk giren ilk çıkar” kuralına uyulup uyulmadığına dikkat eder, kanbanları materyallerle beraber standartlara uygun şekilde yerleştirirler.
- Satın alma - Tedarikçilerin zamanında dağıtımı, kalitesi ve fiyatı, standart konteynerlerin kullanımı ve dağıtım frekansı hızının yönetilmesi ve geliştirilmesinden sorumludurlar.
- Malzeme Analisti - Sipariş verme seviyesinin talebi karşılayıp karşılamadığını kontrol eder, iş alanlarını belirli aralıklarla denetime tabi tutarak işçilerin iş alanında ve depoda kanbana dikkat ettiklerini kontrol ederler.
- Endüstri Mühendisleri - Endüstri mühendisleri fabrikanın düzenlenmesinde sorumlu olduğu için ve kanban uygulamasında

fabrikada yeni alanların kullanılması ve dengeli malzeme akışının sağlanmasında üretim alanının bu ihtiyacı karşılaması problemleri endüstri mühendislerini ilgilendirmektedir. Bundan dolayı endüstri mühendislerini uygulama grubunda olması gerekmektedir.

- Finans Personeli - Her hangi bir değişimde kanbanın uygulamasında bir maliyet meydana gelmektedir ve bundan dolayı tedarik zinciri takımı ve yönetimi finansçı ile beraber çalışmalıdır.

1.4.1.1. Kanban Çeşitleri

Toyota'nın en önemli buluşlarından olan ve hiç bir bilgisayar sisteminin üretim bölümleri arasındaki haberleşmeyi bu denli uyumlu şekilde yapamayan kanbanın genellikle iki çeşidi kullanılmaktadır: Çekme kanbanı ve üretim-sipariş kanbanı. (Monden, 1983)

- Çekme Kanbanı (Withdrawal Kanban): Sonraki sürecin bir önceki süreçten çekmek istediği parça cinsi ve miktarını gösterir.
- Üretim-Sipariş Kanbanı (Production-Ordering Kanban): Önceki sürecin üretmesi gereken miktarı gösterir. Bazen süreç içi veya üretim kanbanı olarak da adlandırılır.

Stok Raf No	5E215	Parça Arka No:	A2-15	Önceki Süreç
Parça No	35670507			DÖVME
Parça Adı	TAHRIK PTIMI			B-2
Araba Tipi	SX50BC			Sonraki Süreç
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Sayı		TALAŞLI
20	B	4/8		IMALAT

Şekil 1. 7 Çekme Kanbanı

Kaynak:(Monden, Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 1993:16)

Şekil 1. 7'den SX50BC tipli araba üretimi için önceki sürecin dövme bir sonraki sürecin talaşlı imalat olduğu ve talaşlı imalatın A2-15 arka numaralı tahrik primini B-2 numaralı dövme istasyonundan alacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca kutu

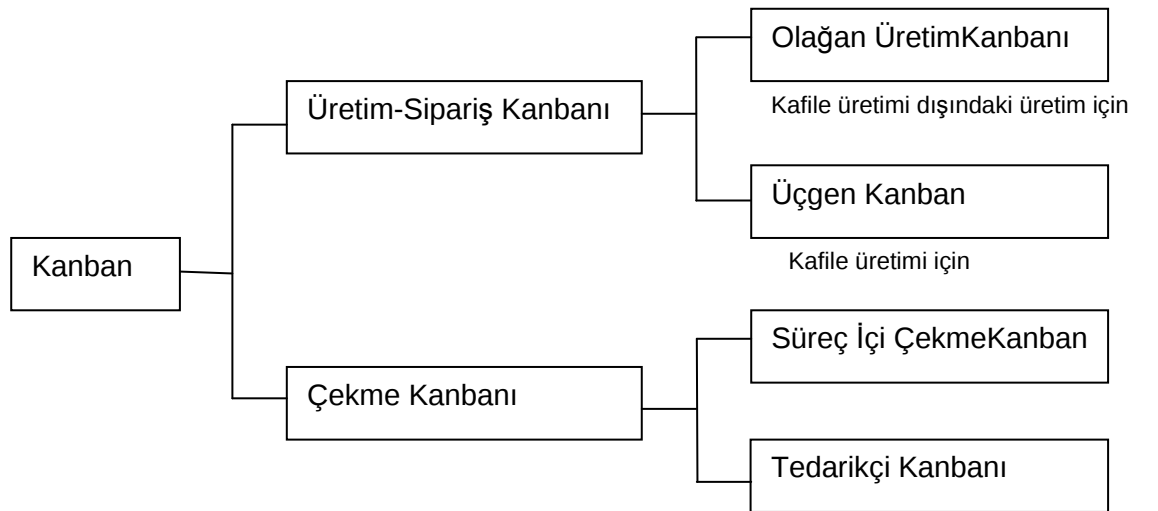
kapasitesi 20 adet, kutu tipi “B” biçimindedir ve bu kanban yayınlanan sekiz kanbanın dördüncüsüdür.

Stok Raf No	F26-18	Parça Arka No:	A5-34	Süreç
Parça No	567-90			DÖVME SB-8
Parça Adı	DIRSEK MILİ			
Araba Tipi	SX50BC-150			

Şekil 1. 8 Üretim-Sipariş Kanbanı

Kaynak: (Monden, Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 1993:17)

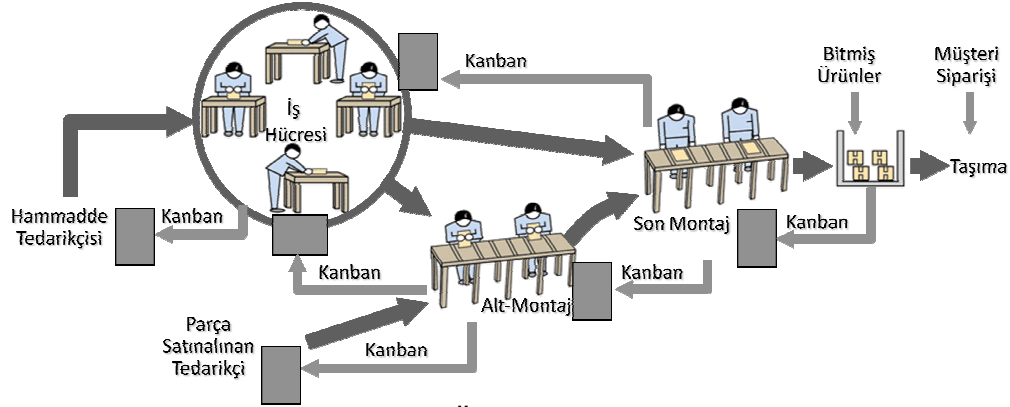
Şekil 1. 8’de SB-8 numaralı dövme sürecinin SX50BC-150 tipli araba için dirsek mili üretmesi ve F26-18 numaralı rafa koyması gerektiği anlaşılmaktadır. Üretim sipariş Kanbanı ve Çekme Kanbanlarının da çeşitleri vardır(Şekil 1. 9). Çekme kanbanın iki çeşittir; Tedarikçi Kanbanı ve Süreç içi Kanban. Satıcıdan çekme işlemini yapmak için Tedarikçi kanbanları kullanılmaktadır ve bu kart hangi ürünün getirileceği bilgisini içermektedir. Toyota’da prensip olarak paçalar tedarikçinin fabrikasından çekilmektedir ve fiyata taşıma maliyetleri de dahildir. Kanbanlar küçük partiler halinde geldiğinden teslimat saatleri kanbanın üzerinde ayrıca gösterilmektedir.



Şekil 1. 9 Kullanılan Kanban Tipleri

Kaynak: (Monden, Toyota Production System: Practical Approach to Production Management, 1983:19)

Ayrıca Toyota belirli bir ambar alanına sahip olmadığı için kanbanın üzerine parçaların alınması gereken yer ayrıntılı bir şekilde yazılması gerekir. Bazen tedarikçi isminin altında 1*6*2 rakamları gibi not düşülmektedir. Bu bir günde altı teslimatın olacağını ve teslimatın kanbanın tedarikçiye ulaştığından iki zaman dilimi sonra gerçekleşmesi gerektiğini belirtmektedir.



Şekil 1. 10 Kanban Sinyalleri Üretim Süreçleri Boyunca Malzeme Çekışı

Kaynak: (Heizer & Render, 2006:639)

Şekil 1. 10'da kanbanın nasıl çalıştığı gösterilmektedir. Müşteri ihtiyaçlarını bitmiş ürünlerden çekmektedir. Kanban sinyalleri bitmiş ürün montaj hattına gönderilir. Son montaj da ihtiyaç duyulan ürünleri üretir ve tedarik eder. Gereken parçaların temini için ise iş hücresine, tedarikçiye ve alt montaj hattına kanban gönderir. İş hücresi de hammadde için kanban gönderir. Alt montaj iş hücresi ve parça satın almak için tedarikçiye kanban gönderir. Bir anlamda son montaj sistemde süpermarket gibi çalışmaktadır: stoktan sorumlu adam marketin raflarını kontrol eder veya günün sonunda satış listesi ve stok doluluğundan not alır. Stok tükendiğinde ihtiyaçların karşılanması için çekme sinyalleri o gün ambara, tedarikçiye veya fabrikaya gönderilir.

Uygulamada kullanılan diğer kanban çeşitleri aşağıdaki gibidir. (Monden, Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 1993: 29)

- Ekspres Kanban (Express kanban): Ancak stoksuzluk durumu söz konusu olduğunda kullanılmaktadır. Bu tip problemler için Çekme Kanbanı ve Üretim-Sipariş Kanbanı mevcuttur.

- Acil Kanban (Emergency Kanban): Hatalı birimler, makine bozulmaları, ilaveten eklemelerden dolayı gereken stoklar için acil kanbanlar gerektiğinde kullanılmaktadır.
- İş-Sipariş Kanbanı(Job-Order Kanban): Yenilenip üretilen ürün hattına daha önce adı geçen kanbanlar uygulandığında üretim hattında iş emirleri için İş-Sipariş Kanbanı hazırlanmaktadır.
- Direkt veya Tünel Kanban (Through or Tunnel Kanban): İki veya daha çok süreçlerin bir birine çok yakın olduğu durumlarda bunlar bir süreç gibi görülebilmektedir. Bu gibi durumlarda bu süreçler arasında ayrı kanbanların kullanılmasına gerek kalmamaktadır ve genel kanban levhaları kullanılmaktadır.
- Genel Kanban (Common Kanban): Süreçler bir birine çok yakın ve aynı denetçi tarafından kontrol edilme durumunda çekme kanbanı üretim sipariş kanbanı olarak kullanılabilir.
- Kanban gibi Kart veya Yük Vagonu (Cart of Truck as a Kanban):Kanban çoğu zaman kart ile kombinasyonlu çalıştığında çok etkili olmaktadır. Burada kart kendi başına kanban rolü oynamaktadır. Bir sonraki süreçte kullanılan parça kartları yeniden sipariş düzeyine geldiğinde bir önceki sürece aktarılmaktadır. Hammaddenin tedarikçinin getirilerek üretim sürecine yük vagonları taşındığı sistemde yük vagonları kanban levhaları gibi çalışmaktadır (Bu malzemeleri sayacak ve taşıyacak özel konteyner ve kutu bulunmamaktadır).
- Etiket (Label): Zincirleme konveyörler parçaları askılığa asarak montaj hattına taşımak için kullanılmaktadır. Etiket düzenli aralıklarla askılığa ne zaman, hangi ve ne kadar parçanın asılacağı bilgilerini açıkça belirten eklentilerdir. Burada etiket kanban gibi çalışmakla beraber işçilere çeşitli parçaların marketten askılığa asılacağı bilgisi ile yöneten veya işçilerin çeşitli parçaları alt montajda montaj yapması gerektiği bilgilerini veren ve aslında Kanban olmayan bir iletişim sistemidir.
- Dolu-İş Sistemi veya Elektrik Kanban(Full- Work System, Electric Kanban): Otomatikleştirilmiş montaj süreçlerinde kullanılmaktadır. Özellikle insan gücü kullanılmadığı için bir sonraki üretim hücresinin ve ya sürecin önceki sürece kanban aracılığı ile ihtiyaçlarını haber vermesi mümkün olmadığından bu yöntem kullanılmaktadır. Örneğin eğer bir sonraki makine B'nin stok seviyesi

5 ise bir önceki makine A stok seviyesi 5 olana kadar üretim yapmakta ve stok seviyesi 5'e vardığında limiti gösteren lamba yanmakta ve üretim durmaktadır.

1.4.1.2. Kanban Sayısının Belirlenmesi

Kanban stok kontrol sistemi aracı olarak incelenebilir. Kanban sayısı işletmede stok seviyesini etkilediği için yöneticiler için kanban sayısını belirlemek çok önemli hale gelmiştir (Rabbani, Layegh, & Ebrahim, 2008:1-7). Toyota çekme sisteminde iki tip stok kontrol sistemi bulunmaktadır: Sabit Miktarı ve Sabit Periyot. Kanban sisteminde her bir partide toplam kanban miktarı bir sonraki proseste toplanarak bir önceki prosese çekme durumu bu iki tip stok kontrol yöntemi ile dağıtılmaktadır.

Toyota'da üç tip sabit miktarı çekme sistemi uygulanmaktadır. Birincisi parti büyüklüğünün yeterince büyük olduğu veya hazırlama faaliyetlerinin yeterince gelişmediği durumdur(Monden, Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 1993:281). Bununla beraber yalın üretim sisteminin araçlarından biri olan SMED(Tek Dakikada Kalıp değiştirme) de hazırlama süresinin minimuma indirilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu durumda kanban sayısı aşağıdaki eşitlik 1.1 ile hesaplanır.

$TKS =$ Toplam kanban sayısı

$$TKS = \frac{\text{ekonomik parti büyüklüğü} + (\text{günlük talep} \times \text{güvenlik katsayısı})}{\text{Konteyner Kapasitesi}}$$

1.1

İkinci durumda tezgah hazırlama faaliyeti kısadır ve süreçler bir birine çok yakındır. Bu durumda kanban sayısı aşağıdaki eşitlik 1.2 ile hesaplanır (Kumar & Panneerselvam, 2006:393-408).

$$TKS = \frac{\text{ortalama günlük talep} \times \text{tedarik süresi} \times (1 + \text{güvenlik katsayısı})}{\text{Konteyner Kapasitesi}}$$

1.2

Üçüncü durum ise tam anlamıyla ideal bir yalın üretim durumudur ki burada her bir süreç ve makineler arasında sadece bir ürün üretilmekte, ürün tam zamanında taşınmakta ve stokta sadece bir ürün bulunmaktadır. Bu ise tam anlamıyla eşzamanlı üretim ve taşımadır. Bu gibi durumlarda Direkt Kanban veya Tünel Kanbanı kullanılmaktadır.

Sabit periyotta toplam kanban sayısı aşağıdaki eşitlik 1.3 ile elde edilmektedir. Eşitlikteki sipariş süresi verilen sipariş ile bir sonraki sipariş arasında geçen süredir. Tedarik süresi ise süreç zamanı, bekleme zamanı, taşıma zamanı ve kanban toplama zamanının toplamına eşittir. Güvenlik stok periyodu ise ihtimal olunan defolu ürün ve makine bozulmalara karşın tutulan stoktur. Stok güvenlik seviyesini ölçmek için aksaklık ihtimallerini hesaplamak gerekir.

TKS

$$= \frac{\text{ortalama günlük talep} \times (\text{sipariş süresi} + \text{tedarik süresi} + \text{güvenlik periyodu})}{\text{Konteyner Kapasitesi}}$$

1.3

1.4.2.ANDON

Yalın üretimde A işlemindeki problem B işlemini durduracak ve bayrak veya ışıklar genellikle müzik eşliğinde kalitede problem olduğu ve yardım ihtiyacı için alarm çalacak (Liker, 2004). Bunun ismi daha önce gösterilen TPS Evi'nde de mevcut olan ve yardım için sinyal veren "andon"dur. Andonda yeşil ışık her şeyin normal gittiğini, sarı ışık problem olduğunu ve yardıma çağırıldığını, kırmızı ışık ise hattın durduğunu ifade eder.(Russel & Taylor, 1998:730)

Bir diğer ismi tehlike ışığı olan "Andon" operasyonda her hangi bir problem olduğunda manüel veya otomatik olarak ışığı açılır ve dikkatleri o yöne yöneltir. Denetçi veya destekleyicileri tarafından probleme çözüm bulmaya çalışılır Bir bakıma yalın üretimde kalitede, üretim çizelgesinde veya makinede her hangi sorun çıktığında operatöre düğmeye basmaya ve andon kablosunu çekmeye izin verilmektedir (Womack, Jones, & Roos, 1990:58), (Suzaki, 1993:165).

1.4.3.OTOMASYON

Yalın üretimde otomasyonu (automation) robotlar, elektronik sensörler ve otomasyon kontrollü sistemler içermektedir. Genel prensip olarak yalın üretimde yöneticiler otomasyonu ancak insandan daha iyi olduğu durumlarda tercih etmektedirler. Bu ilke sonuç olarak rasyonel ekonomi temelinde kaynakların tahsis edilmesini araştırmaktadır. İnsanlar iş atamalarında akıllı ve çok esnektirler. Otomasyon robotlar ise iş atamalarında verimli ve yanılsızlar. Yalın üretimde işçiler çok esnekler ve çok yönlü kullanılmaktadırlar. Ondan dolayı işlerin yoğun, sıkıcı ve monoton olduğu yerlerde robotların kullanılması tercih edilmektedir. Özellikle bazı durumlarda netlik, tamlik ve doğruluk talep eden bazı işlerde bilgisayarla kontrol edilen elektronik sensörler insan yerine kullanılmaktadır. Otomasyon yapma hatırı için otomasyona gidilmesi israftır. Otomasyon çok pahalıdır ve işlemlerin esnekliğinin önünü almaktadır. (Schniederjans, 1993:72)

1.4.4.TOPLAM ÜRETKEN BAKIM

Toplam üretken bakım (Total Productive Maintenance), üretim faaliyetleri içinde çalışanların tamamının katılımını gerektiren, operatörlere üzerinde çalıştıkları makine veya ekipmanın etkinliğinin en üst düzeyde çıkmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Toplam kalite yönetimi kavramından sıfır üretim hatası düşüncesini alıp bunu, hedefin sıfır arıza ve minimum üretim kayıplarına sahip olmak olduğu anlayışıyla ekipmanlara uygulayan toplam verimli bakım kavramı Japon Fabrika Bakım Enstitüsü(JIPM: Japan Institute of Plant Maintenance) tarafından geliştirilmiştir (Görener & Yenen, 2007: 27-43).

TPM'de makine operatörleri sorumlu oldukları makinelerin günlük bakımından, periyodik denetiminden ve koruyucu bakım işlemlerinden sorumludur. Bir anlamda TPM, toplam Kalite Yönetimi felsefesinin bakım fonksiyonuna uyarlanmasıdır. Özellikle “üretici üretir, bakımcı bakım yapar” anlayışı bırakılarak üreticinin belirli bir sınıra kadar makine bakım ve onarımından sorumlu tutma anlayışını içermektedir. (Köksal, 2007:72)

Japon Fabrika Bakım Enstitüsü TPM'den fayda elde etmek için aşağıdaki beş faktörü tanımlamıştır (McCarthy & Rich, 2004:31).

- Ekipmanın etkinliğini maksimize etmek;
- Ekipmanın yaşam süresi için üretken bakım sistemini geliştirmek;
- TPM'in uygulamasına planlayan, tasarlayan, kullanan ve bakımını yapan bütün departmanları katmak;
- Üst yönetimden alt yönetime kadar her kesin aktivitelerde katılımı sağlamak;
- TPM'i motivasyon yönetimi ile geliştirmek: özerk küçük grup aktiviteleri.

Yaklaşım üç anlamda toplam terimiyle isimlendirilir. Birincisi, sadece bakım personelinin değil aynı zamanda hat yöneticileri, imalat mühendisleri, kalite uzmanları ve operatörler olarak bütün çalışanların toplu katılımını gerektirir. İkincisi, ekipmanla ilgili baş ağrısı olan altı ana kaybın duruş süresi, model değiştirme süresi, küçük duruşlar, hız kayıpları, iskarta ve yeniden işleme üzerinde odaklanarak ekipmanın toplam üretkenliğini araştırır. Üçüncüsü, bakım pratiklerini, faaliyetlerini ve iyileştirmeleri ekipmanın hayat çevriminin neresinde olduğu ile ilişkilendirerek tekrar gözden geçirme üzere ekipmanın toplam hayat çevrimi üzerinde odaklanır (Marchvinski & Shook, 2007:101)

TPM ekipmanın üretkenliğini artırmak için altı temel prensip üzerine odaklanmaktadır. Bu prensipler çoğu zaman geleneksel üretim felsefesine aykırıdır. (Leflar, 2001:5)

1. Minör hatalar başarısızlığın en büyük kök nedenlerindendir ve bütün ekipmanlardan tamamen elimine edilmesi gerekmektedir.
2. Belli aralıklarla yapılan uygun planlı bakımlar bazen görülen bozulmaları aradan kaldıra bilir.
3. Çapraz bölüm takımları ekipmanın performansını tek bir bölümün takımından daha iyi geliştirebilirler. Bu özellikle kronik bozulmalar ve kalite problemlerinde daha doğru bir yaklaşımdır.

4. Sürekli öğrenme sürekli makine geliştirmenin kalbidir. Makineler insanların onlara doğru veya yanlış biçimde yaptıklarının yaparlar ve ancak performanslarını onlara yeni bilgi kazandırdıklarında artırırılar. TPM faaliyetlerinin iki hedefi vardır; optimal ekipman kondisyonunu ve optimal insan performansını sağlamak. Bunlar ayrılmaz ikilidir çünkü insan performansı makine kondisyonunu meydana getirmektedir.
5. Etkili önleyici bakım makine bozulduktan sonra tamir edilen makinelerden daha çok ürün üretmektedir. TPM programlarından ve bakım geliştirme planlarında zaman aldığı için sık sık kaçınılmaktadır. Bunun nedenin ise makinelerin bakımı üretimdeki makine çalışma süresini kısalttığı inancıdır. Etkili önleyici bakım planlarının tamamen çökmüş makinelerin tamirinden daha az süreye ihtiyaçları vardır.

1.4.4.1. Temel Kayıplar

TPM sonuçlar üzerine yoğunlaşmalıdır. TPM'in etkinliliğini ölçmek için kullanılan en önemli ölçü Toplam Ekipman Etkinliğidir (Overall Equipment Effectiveness)(Eşitlik 1.4) (Smith & Hawkins, 2004:56).

$$\text{Toplam Ekipman Etkinliği} = \text{Ekipmanın kullanılabilirliği} \times \text{Performans etkinliği} \times \text{Kalite Oranı} \quad 1.4$$

Dünyada Toplam Ekipman Etkinliliği %85'den başlamaktadır. Eşitliği kullanarak aşağıdaki değerleri eşitliğe yerleştirildiğinde Toplam Ekipman Etkinliliğini %84,6 bulunur.

$$\begin{aligned} & \text{Ekipmanın kullanılabilirliği} (\%90) \times \text{Performans etkinliği} (\%95) \\ & \times \text{Kalite Oranı} (\%99) = (\%84.6) \text{Toplam Ekipman Etkinliği} \end{aligned}$$

TPM Toplam Ekipman Etkinliliği'ni kayba uğratan temel faktörler üzerine yoğunlaşmaktadır. Genel olarak toplam 11 kayıp alan mevcuttur ve bunlar dört kategoride gruplandırılmaktadır. (Smith & Hawkins, 2004)

A. Planlanan İş durdurma Kayıpları

- 1) Üretim Yok, Ara veya Vardiya Değişimi

2) Planlanan Bakım

B.İş Durma Kayıpları

- 3) Ekipman bozulmaları
- 4) Düzenleme ve değişiklikler
- 5) Alet veya parça değişimi
- 6) Başlama ve ayarlama

C.Performans Verimlilik Kayıpları

- 7) Küçük durmalar (6 dakikadan az)
- 8) Hız ve çevrim zamanının azalması

D.Kalite Kayıpları

- 9) Iskarta
- 10) Defo veya yeniden İşleme
- 11) Ürün veya süreç değişimi kayıpları

1.4.5.TEKLİ DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞTİRME

Eskiden İşlemlerin birisinden diğerine geçiş yapması çok uzun süre aldığı için genellikle hazırlama faaliyetlerini amorti etmek için uzun dönemli üretim yapılmaktaydı (Shingo, 1990: 287). Fakat yalın üretimde küçük partiler halinde üretim yapılabilmesi için makinelerin hazırlama zamanlarına (setup times) özellikle dikkat edilmiştir. Hazırlama zamanları üzerine yapılan analizler Shigeo Shingo tarafından geliştirilen “Tekli Dakikalarda Kalıp Değiştirme “(Single Minute Exchange of Die-SMED) olarak bilinmektedir. Burada amaç hazırlama zamanını bir dakikanın altına düşürmek olduğu için bu yöntem tek dakikada kalıp değiştirme olarak bilinmektedir. Bu düşünce Formula 1 motor yarışlarında takımın yarışı kazanması için tekerlek, yağ ve filtreyi kısa bir sürede değiştirmesinden gelmektedir (Waller, 2003:477).

Hazırlama faaliyetlerini düşüren bazı prensipler aşağıdaki gibidir (Schemenner, 1993:383).

- Hazırlama faaliyetlerinin şimdiki durumu tespit edilir (video çekimi bu konuda yaygındır) daha sonra adımlara eleme için bakılır, diğer adımların süreleri geliştirilir ve önemsiz hareketler üzerinde ayarlamalar yapılır veya otomatikleştirilir.
- Hazırlama adımlarının büyük kısmı makine çalışırken (internal setup) yapılır. Makine durduktan (external setup) sonra hazırlama faaliyetlerini kısaltmak için gerekli materyaller kurma alanına yakın tutulur.
- Ekipman işlerini kolay ve az ayarlanacak şekilde değiştirilir. Bu çeşitli kartuşların bağlantısı, renk kodlaması, çeşitli mandal, tıkaç ve kısaçların yeniden tasarlanması ola bilir.
- Makineleri ihtiyacın üzerinde çok amaçlı olarak yapmamak gerekir. Bu makinede hansı parçaların atandığını ve hangi aletin kullanılması gerektiğini bilmekle mümkündür.
- Hazırlama faaliyetlerini bir kişi yapacak şekilde tasarlamak gerekir. Bu da fiziksel çabanın aza indirilmesi için kullanılacak alet, demirbaş veya eklentilerin makine ile aynı seviyede tutulmasını gerektirir.

Eğer SMED uygulana bilirse aşağıdaki faydaları vardır. (Shingo, 1989:113)

- a) Hazırlık zamanları küçülür, makine çalışma oranları artar.
- b) Küçük partiler halinde üretime olanak sağladığı için nihai ürün stoku ve süreçler arası stoklar azalır.
- c) Talepteki değişik ürünlerde meydana gelen iniş çıkışlara hızlı yanıt verir.

1.4.6.KAİZEN

Taichi Ohno gruplar uyumlu çalışmaya başladıktan sonra gruplara sürecin geliştirmesi için ortak bir zaman ayırmaya başladı. Bu devamlı, azar-azar artan gelişme süreci, Japoncada “kaizen” (Batıda “kalite çemberleri) olarak bilinen kolektif öneri süreci olarak adlandırılmaktaydı.(Womack, Jones, & Roos, 1990:58).

Sürekli gelişme anlamına gelen ve Japon sözü olan kaizen organizasyonun her seviyesinden çalışanların katılması felsefesi üzerinde durmaktadır. Bu felsefe her bir işçinin her gün düzenli olarak sürekli gelişme üzerinde durması gerektiğini

varsaymaktadır. Kaizen günlük iş hayatına entegre çalışmayı hedefleyerek israfların elenmesine, standartların oluşturulmasına ve temiz, düzenlenmiş bir iş alanına odaklanmaktadır. Kaizen ile gelişmeler çok yavaş ve küçüktür. Bununla birlikte onun sonuçları zamanla birikerek çok büyük ve sağlam olacaktır. Kaizenin başarısı ekipman ve makinelerden değil insanlardan ve onların çalışmalarından gelmektedir. (Ortiz, 2006:7)

Kaizen felsefesi çıktılarına etki eden süreçler üzerine yoğunlaşarak işi iki mercek altında ele almaktadır (Imai, 1997:3).

- *Kaizen bakımı (Kaizen maintenance)* işlem standartlar ve mevcut yönetim tarafından ayarlanan performans seviyelerinin bakımını yapmaya yardımcı politika ve ilkeler hazırlarlar.
- *Kaizen geliştirme (Kaizen improvement)* mevcut standart ve süreçlerin sürekli gelişmesi veya yeni buluşlar üzerine yoğunlaşmaktadır.

Kaizen Japonya'da işletmeler için en önemli stratejidir. Toyota ve Canon gibi işletmelerde her işçi başına yazılı, paylaşılr veya uygulanır şekilde ortalama 100 öneri denk gelmektedir. Bu sadece bir kişinin belirli saha ile ilgili önerisi olmamakla beraber haftaya ortalama iki öneri düşmektedir. (Sayer & Williams, 2007: 119) Kaizen işletmenin gelişimine yardımcı olan her bir alanla ilgili değişikliği kapsamaktadır. Kaizen örgütün her aşamasındaki çalışanın katılmasını gerektirmesinin yanında yönetimde her bir seviyenin kendine göre rolü ve sorumlulukları vardır.

- Üst yönetim kaizenin gelişimine yardımcı olacak kaizen organizasyonunun tanımlamasına, amaçların ayarlanmasına ve kültürün oluşturulup geliştirilmesinde sorumludur.
- Orta yönetim işçilerin kaizenin uygulanması için yetenek, malzeme ve araçlara sahip olmasından emin olmalıdır.
- Denetçi kaizenin hem bireysel hem de grup seviyesinde yapılmasından emin olmalıdır.

1.4.7.POKA-YOKE

Bir diğerk ismiyle yanlış kanıtlayıcı (error proofing), (Mears, 1995:133) olan poka-yoke ISO9000 'i destekleyen diğerk bir yalın üretim tekniklerindendir. Yanlışları önlemek için insan eline veya müdahalesine ihtiyaç olan yerlerde mutlaka yanlış ola bileceğı temeline dayanmaktadır. Önceleri baka-yoke (floor-proofing-) ismi ile geliştirilen bu teknik iççilerin yöneticilerin onları aptal olarak gördüğü inancından dolayı poke-yoke olarak değıştirilmiştir (Levinson & Rerick, 2002:77).

Yanlış kanıtlayıcı aracı yalınlık yolunda yalın işletme olmanın ilk duraklarındandır. Poka Yoke direkt karlılığı artırarak gecikmeleri, fazla mesai, bozuk mal üretimini önlemektedir. Yalınlığın ilk prensiplerinden birisi israfları kaldırmak olduğı için bu araç yalın işletmeler için çok önemlidir. İsrar bozuk ve defolu mal üretiminin önü alındığında azalmaktadır. (Allen, Rabinson, & Steward, 2001:277)

Tablo 1. 1 Poka-Yoke İlkeleri

İlkeleri	Amaç	Örnek
Eleme	Hata ihtimalini azaltmakta	Prosesi öyle tasarlar ki görev o kadar önemli olmaz
Değıştirme	İşçiler için daha güvenilir süreçleri yerine koyar	Robot kullanır
Kolaylaştırmak	İşin yapılışını kolaylaştırır	Rengi kodlama parçaları
Bulma	İleriki prodesten önce hataları bulur	Bilgisayar Yazılımı geliştirerek yanlış tuşa bastığında haberdar eder
Hafifletmek	Hataları ve yanlışları azaltır	Aşırı yüklenme devri için sigorta kullanır

Kaynak: (Juran & Godfrey, 1999:22.26)

Poka Yoke'nin kullanışlı prensiplerinden bir tanesi geri bildirim sağlamasıdır. Her hangi problemde bir işçi düğmeye bastığında diğerkleri ona dokunarak, sesini duyarak veya görerek ger bildirimini (feedback) alırlar. Nakajo ve Kume tarafından geliştirilen Poka-Yoke'nin beş ilkesi Tablo 1. 1'de verilmiştir.

1.4.8.1. Poka-Yoke Yöntemleri

Poka-Yoke'nin ekonomik olduğu yerlerde dikkatsizlik ve kayıtsızlıktan meydana gelen hataları önleyebilir ve birçok işçiyi eğitime tabi tutmadan etkili ustalık becerisi oluştura bilir. Bazı poka yoke yöntemlerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır (Juran & Godfrey, 1999: 22.24).

1) Hata-Güvenlik Aygıtları (Fail-Safe Devices)

- a) Zincirleme bağıllık (Interlocking sequences): A işleminin bitmesinden emin olmak için bir sonraki B işleminin A işleminin bitiği yerde yerleştirmek.
- b) Alarm ve durdurucular(Alarm and cutoffs): Materyallerin tükendiği, ipliğin kırıldığı veya diğer anormal durumlarda sinyal verir.
- c) Açık sinyal (AI-clear signal): Bütün iyileştirici adımların atılmasından sonra sinyal vermesi için tasarlanmıştır.
- d) Güvenilir demirbaş (Foolproof fixture): Sadece demirbaş hizmet etmez aynı zaman önceki işlemde gelen aygıtlar için de kullanılır.
- e) Sınırlı mekanizmalar (Limiting mechanisms): Aşırı sıkmayı önlemek için kaygan tork anahtarı

2) Sezilerin Büyümesi (Magnification of Senses)

- a) Demirbaş ve göstergelerin ayarlanarak İnsan adalelerinin doğru pozisyon performansının geliştirilmesi.
- b) Görmeyi kolaylaştırmak için optik büyütücüler.
- c) Uzaklık, ısı ve dumana rağmen uzaktan kontrol görüntüleri.
- d) Olası onaylama ve karşılık için çoklu sinyal sistemlerinin geliştirilmesi.
- e) Sayıların yerine resim kullanmak.

3) Gereksizlik (Redundancy): Tamamen kalite Güvenliği ekstra iş uygulamalarıdır.

- a) Çoklu kod belirleme (Multiple-identity coding): Renk kodlaması, ilaç etiketinde tanımlama şeması, çelik alet, alüminyum levhaları gibi ürünlerin karıştırılmasının önünü almaktadır.
- b) Gereksiz faaliyetler ve uygulamalar(Redundant actions and approvals): Örneğin ilaç endüstrisinin reçetenin iki bağımsız eczane tarafından hazırlanması ve onaylanması ihtiyacı var.

- c) Hesap Denetimi (Audit review and cheking procedure): Genellikle planların yolunda gitmesinden emin olmak için kullanılır.
 - d) Doğrulama İçin Tasarım (Design for verification):
 - e) Çoklu Test istasyonları (Multiple test stations): Kutu doluluk oranın gösteren çizgi, ağırlık tartıları v.d.
- 4) Geri sayımlar (Countdowns): Geri sayım yapılarak bütün adımların kontrol edilir. Örneğin uzay gemisinin fırlatılmasında, cerrahiye işleminde malzeme ve araçların yerinde olması ile ilgili geri sayımlar.
- 5) Özel kontrol aygıtları(Special Cheking and control devices)
- a) Otomatik dağıtım aygıtları (Automatic dispensing devices): Hızlı servis(fast-food) sektöründe içecek doluluğu ve diğer porsiyonların kontrolü.
 - b) Yanlış bilgiyi bulucu yazılım(Software to detect incorrect information or data): Yazılımları kullanarak yazım hatalarının bulunması.
 - c) Kaçırılan bilgilerin bulunması (Software to detect missing information or data)
 - d) Hesaplama yapmak veya kontrol için elle tutulur aygıtlar(Hand-held devices to check or perform calculations): Sayaç okuyucular.
 - e) Bilginin otomatik kaydı (Automatic recording of information): Süpermarketin ödeme tezgahında bar kodların kullanımını ve boşalan paketin yerinin her bir dağıtımda doldurulması prosesini içermektedir.
 - f) Otomatik zaman aygıtları (Automatic timing devices): Fast-food işlemlerinde kontrol aracı olarak kullanılmaktadır.

1.4.8.BEŞ S

Birçok uzman yalın dönüşümde başlanması gereken ilk aracın 5S olması gerektiğini önermektedirler. 5S programı işyerinin daha temiz ve organize olmasını sağlayarak yalın başlangıcın önemli parçalarından sayılmaktadır. (Productivity Press, 2006).

5S iş çevresinin organize edilmesi ve temiz tutulması ile ilgili Japoncada beş kelimenin baş harflerinin birleşimidir. Bunlar seiri, seiton, seiso, seikutse ve shitsuke kelimeleridir ve sırasıyla sınıflandırmak, düzenlemek, parlatmak/fırçalamak, standartlaştırma ve devam ettirmek anlamına gelmektedirler. Bunların açıklaması aşağıdaki gibidir(Levinson & Rerick, 2002:57),(Bodek, 2004:143-145).

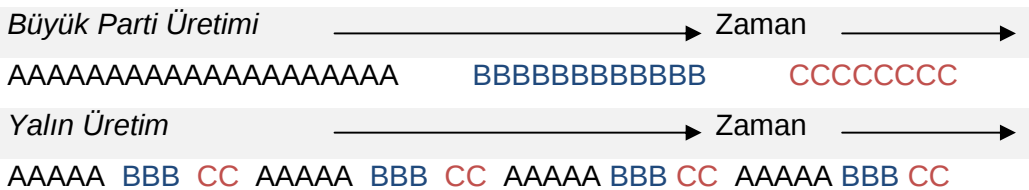
- 1) Sınıflandırmak (Seiri): İş yerinden gereksiz parçalardan arındırılmasına odaklanmaktadır. İş alanda insan için gerçekten gereken parça sayısı çok azdır ve eğer çok gerekli değilse gözden uzak tutulmalıdır. Eğer sınıflandırma yapılmazsa önemli eşyalar diğer parçalara arasında görünmez hale gelecektir ve işçi işe değer eklemeyen ve israf olan faaliyetler ile başlayacaktır. Mükemmel sınıflandırmadan sonra montaj hattı %30 küçüle bilmektedir (Ortiz, 2006:33).
- 2) Düzenlemek (Seiton): Etkili ve verimli depolama yöntemleri üzerinde durmaktadır. Düzenlemenin en önemli kurallarından bir tanesi her bir şeyi doğru bakış açısında tutmaktır. Her bir parçanın iş alanında kendi yeri veya diğer bir deyimle kendi evi olması gerekir ayrıca zeminde olan tüm parçalar özellikle renkli bant ile işaretlenmelidir. Bunun için ilk önce belli bir sayıda renk çeşidi belirlenir ve daha sonra standardın sağlanması için her bir parça için bir renk seçilir.
- 3) Parlatmak/Fırçalamak (Seiso): Gereksiz eşyalardan kurtulduktan sonra sıra işyerinin temizlenmesine ve temiz bırakılmasına gelmektedir. İşyerinin temiz tutularak ona sergi salonu görüntüsünün verilmesi gerekir. Temizlik sadece görüntü için değil aynı zamanda olası zarar ve sakatlıkları önlemek içindir. Araçlar ve ekipmanlar düzenli olarak temiz ve bakımlı bırakılarak uzun yaşamını, güvenilirliğini ve uygun kullanımını garantiye almaktadır.
- 4) Standartlaştırma (Seiketsu): Temizleme ve organizasyon ihtiyaçları istasyonlara açık bir şekilde gönderilmesi gerekir. Bunun için 5S programının uygulanmasını sağlama almak ve geliştirme için standartların yazılması gerekir. Operatör işçilerin verimliliğini artırmak için parçaların yerleşimi, teneke ve araçlar gibi düzenlemeleri ihtiyaç oldukça izlemelidir.
- 5) Devam ettirmek (Shitsuke): Belli bir süre insanlar eski alışkanlıklarına geri döne bilmektedirler. Bundan dolayı daha önce uygulanan 4S'in devam ettirilmesi ve geliştirilmesi gerekir. Bunun için örneğin iş sahası ve montaj hattında olan işçiler arasında küçük bir yarış düzenlenebilir.

1.4.9.ÜRETİM DENGELEME (HEIJUNKA)

Heijunka bir Japon sözüdür ve iş yükleme seviyesi veya üretim dengeleme olarak da bilinmektedir. Üretim miktarının dengelenmesi ve üretilecek ürün karmasının çizelgelemesini uygulamaktadır. Heijunka sürekli akış, çekme sistemi ve stokun küçük tutulmasını mümkün kılmaktadır (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2004),(Sayer & Williams, 2007:108).

Günümüzde Dell bilgisayar işletmesi ve diğer başarılı şirketlerin yolunda yürüyen ve üretim sistemlerini siparişe göre kurmaya çalışan birçok şirket vardır. Ama müşteri ihtiyaçları değişken olduğundan bir gün üretime aşırı yük düşmesine rağmen diğer bir gün ise müşteri ihtiyacı olmadığı için üretim hattı kullanılmaya bilir. Bu sadece söz konusu şirketi etkilemez belirsizlikler çok olduğu için aynı zamanda tedarikçileri de stok tutmaya sürükleyerek onları da büyük ölçüde etkiler. Sipariş üzerine çalışan şirkette müşteriye daha uzun sürelerde bekleme süreleri vermektedir ve aynı zamanda “özel” müşterilerin de araya girmesi ile bu süre daha fazla uzaya bilmektedir. (Monden, 1993:69) Bu şekilde bir yalın operasyon yürütmek olanaksızdır. Bunun yerine bütün siparişleri biriktirip üretim programını dengeli hale getirerek müşteriye daha kısa standart iş bitim süreleri sunula bilir.

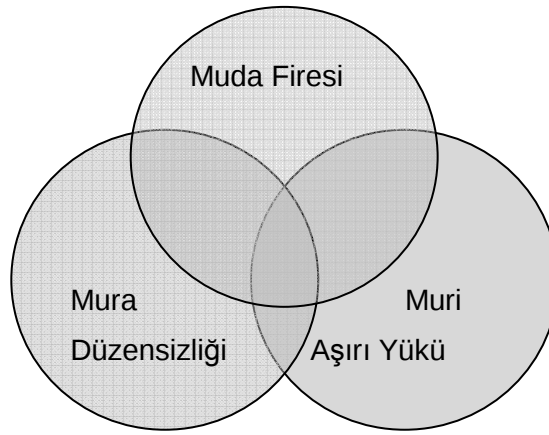
Toyota Motor şirketinin başkanı Fujio Cho'ya göre: “TPS’i uygulamayı denerken yapmanız gereken ilk şey üretimi pürüzleştirmek ya da düzleştirmektir.... Üretim düzeyi aşağı yukarı bir ay boyunca aynı ya da istikrarlı olursa, çekme sistemini uygulamaya ve montaj hattını düzleştirmeye olanak bulabilirsiniz. Ama üretim düzeyleri-ürün çıktısı-her gün oynuyorsa, başka sistemleri uygulamaya sokmanın bir anlamı olmaz, çünkü böyle bir durumda standartlaşmış bir çalışma yaratılamaz.” (Liker, 2005:149)



Şekil 1. 11 Yalın Üretim ve Büyük Parti Üretim

Yalın çalışma yaparken mudanın yanında muri ve mura gibi iki kavramı da dikkate almak gerekir. Bu üç M'in sistemde beraber(Şekil 1. 12) bulunması gerekir. (Liker J. K., 2005:150)

- Muda:-Değer katmayan faaliyetler
- Muri-İnsanlara ya da donanıma aşırı yük bindirme
- Mura-Düzensizlik (kimi zaman aşırı yük, kimi zaman işin olmaması)



Şekil 1. 12 Üç M (Muda, Muri, Mura)

Muranın sonu muda ola bilir. Üretim düzeylerindeki düzensizlik makineleri, malzemeyi ve insanları ortalama ihtiyaç bunun çok altında kalsa bile üretimin en yüksek uygulama düzeyine göre hazır tutma zorunluluğu demektir. Sadece mudaya yönelme olursa yalın başarısız sonuç alınır. Bunun düzeltmenin yolu Toyota'nın "heijunka" kavramıdır.

Üretim dengeleme süreci sonunda, bir üretim hattının, tek bir ürünü yüksek hacimlerde üretmesi söz konusu olamaz. Tam aksine günlük olarak bir ürün tipinden diğerine geçiş olacak şekilde düzenlemesi gerekir.

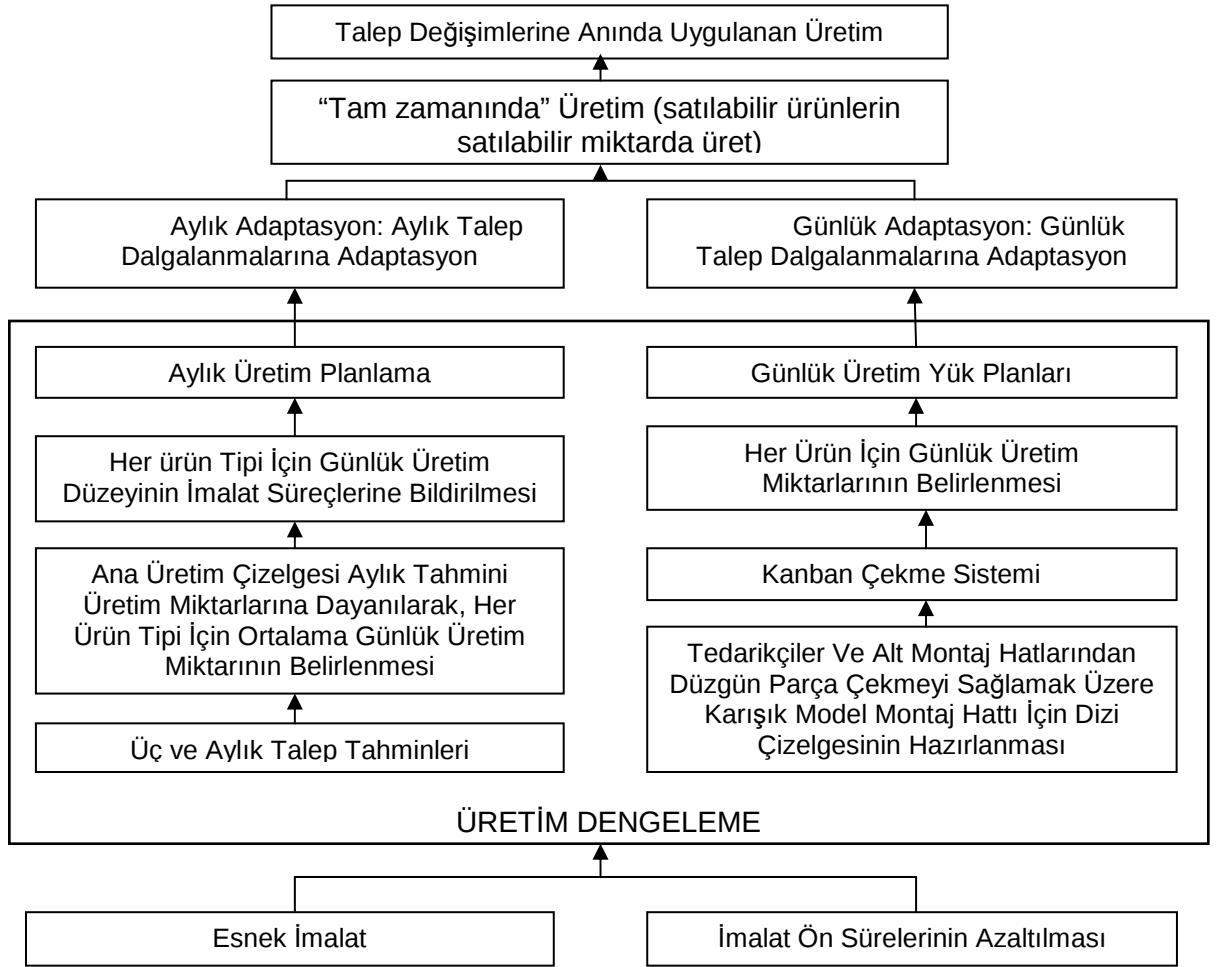
1.4.9.1. Aylık Üretim Dengeleme

Toyota'da Ana Üretim Planı'nın oluşturulması için yöneticiler aylık satış planlarını hazırlarlar. Bu plana iç ve dış satış şubeleri de katılır. Her ay iç pazara yönelik bayiler üç aylık satış talep bilgilerini merkeze gönderir ve talepler araba

çeşitlerine ve özelliklerini göre listelenirler. Temel model özellikleri arabanın gövde tipi, motor ölçüsü vites çeşidi ve başka özelliklerinin kombinasyonunu içermektedir. Bu bilgiler doğrultusunda fabrika üretim planını kapasiteyi dikkate alarak geliştirir. İlk üretim dengeleme en yakın ay için yapılır ve bu Ana Üretim Planı olarak adlandırılmaktadır(Monden, 1993:75).

Ana Üretim Planı ve ürün ağacı kullanılarak Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP: Material Requirement Planning)hazırlanır. Daha sonra MRP tarafından fabrikaya veya yan sanayilere ihtiyaç olunan malzeme veya parçaların bilgileri gönderilir. Bununla beraber bu bilgiler günlük üretim için kullanılmaz. Yalın üretimde günlük üretim için kanban sistemi kullanılmaktadır

Şekil 1. 13’de görüldüğü gibi dengeleme sürecinin iki aşaması verilmiştir. Birisi yıllık olarak aylık talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecidir, diğeri aylık olarak günlük talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecidir. Her ürün tipi için günlük üretim miktarının belirlenmesi için üç aylık ve aylık talep tahminlerine bakılarak “ana üretim çizelgesi” hazırlanır.



Şekil 1. 13 Toyota Üretim Dengeleme Sisteminin Temel Çerçevesi

Kaynak: (Monden, 1983: 56)

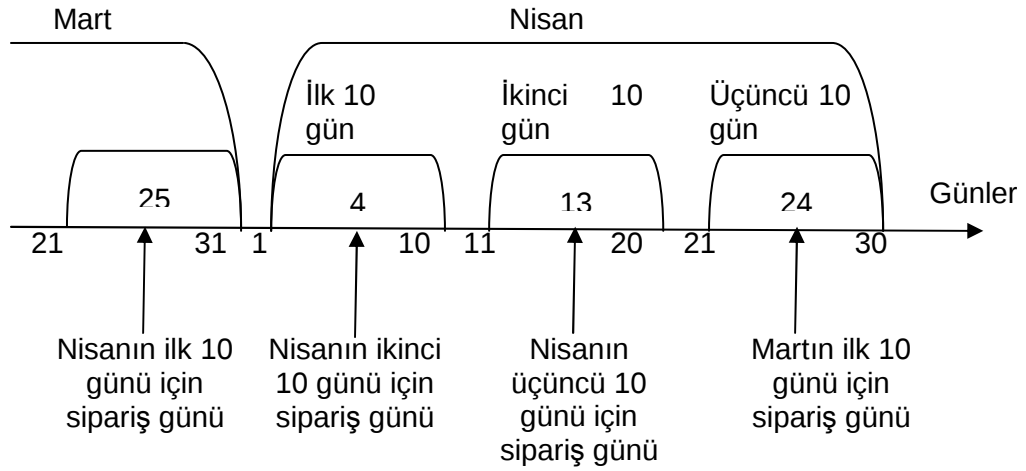
1.4.9.2. Günlük Üretim Dengeleme

Günlük dengeleme ise bayilerden gelen günlük ve on günlük sipariş formları dikkate alınarak kanban çekme sistemi ile her gün için günlük üretim miktarı belirlenerek “günlük üretim yük planları”(dispatching) hazırlanır. Günlük üretim bilgileri bayilerden aşağıdaki adımlar izlenerek gelmektedir. (Monden, 1993:76)

- Siparişler bayilerden Toyota satış bölümüne on gün önceden gönderilir.
- Bayilerden günlük siparişler Toyota satış bölümüne gönderilir.
- Toyota satış bölümü günlük siparişleri Toyota üretim bölümüne gönderir.

d) Günlük üretim dizi çizelgesi oluşturulur ve Toyota fabrikasına ve tedarikçilerine gönderilir.

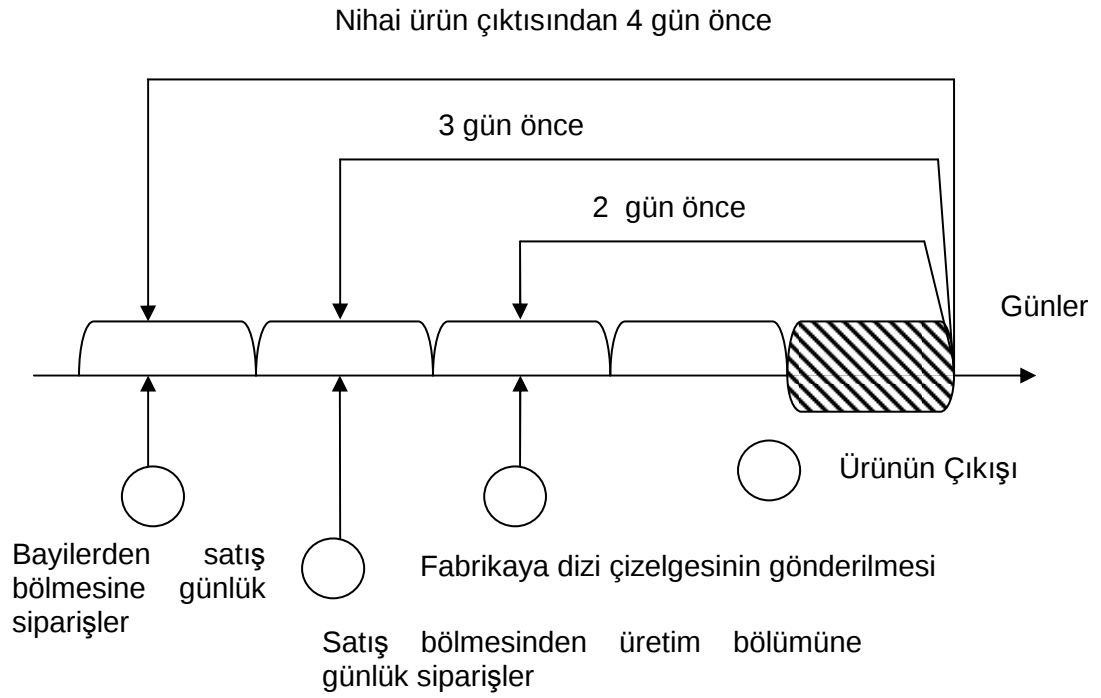
a) Birinci adım: Her bir bayi her bir model için müşteri siparişine göre renk ve diğer özellikler dahil on günlük siparişler gönderilir. Siparişler her on günlük periyot için siparişleri sekiz gün önceden bilgisayar yolu ile göndermelidir.



Şekil 1. 14 Bayilerden Gelen 10 günlük Siparişler

Kaynak: (Monden, 1993:76)

- b) İkinci adım: Toyota gönderilen siparişlerin ancak %10 eksik ve artı (en fazla %23) doğruluk beklemektedir. Eğer beyaz araba yerine kırmızı araba siparişi gelmişse Toyota üretim çizelgesini değiştirip beyaz araba üretmesi gerekmektedir. Bu süreç “günlük değişim” (daily alternation) olarak adlandırılır ve bilgi montaj hattına nihai ürün üretilmeden dört gün önce gelir.
- c) Üçüncü adım: Toyota satış bölümü bilgisayar sistemi gelen siparişleri model, gövde, motor büyüklüğü ve renklere göre bölümlendirir. Daha sonra bu bilgileri üretim bölümüne üç gün önceden gönderir.



Şekil 1. 15 Bayilerden Ürün Çıktısına Kadar Olan Adımlar

- d) Toyota satış bölümünden günlük siparişler geldikten sonra üretim bölümü karma model montaj hattı için dizi üretim çizelgesi hazırlamaktadır. Son montaj hattına nihai ürünün üretiminden iki gün önceden dizi üretim çizelgesi bilgileri ulaşır. Bu bilgiler her gün revize edilip montaj hattına gönderilmelidir.

BÖLÜM 2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik zinciri müşteri ihtiyacını karşılayan direkt veya endirekt bütün kısımları içermektedir. Bu zincir sadece fabrika ve tedarikçileri değil aynı zamanda nakliyeciler, ambarlar, perakendeciler ve müşteriler de kapsamaktadır (Chopra & Meindel, 2004:4).

Bu bölümde tedarik zinciri yönetiminin gelişimi ve kavramı incelenerek, ağ tasarımı, talep planlaması ve stok planlaması ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir.

2.1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNE GENEL BAKIŞ

Yıllar geçtikçe lojistik soyut fonksiyon işlemlerinden arınarak günümüzün üretim ve dağıtım işletmelerinin temel yapısı haline gelmiştir. Lojistik geliştikçe TZY(Tedarik Zinciri Yönetimi)'nin tanımlaması bu zaman diliminde daha geniş alanı kapsadı. TZY ilk olarak bütünleşmiş lojistik olarak gelişti ve daha sonra bütün tedarik zincirini yöneten ve kuşatan verimli çabaların bileşkesi olan bir işletme felsefesi olarak genişledi.

2.1.1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN GELİŞİMİ

Tedarik zincirini daha iyi anlaşılması için gelişim sürecine bakılması gerekir (Ross, 1998:72-108).

- i. Birinci Yönetim Aşaması: Merkezci Lojistik
- ii. İkinci Yönetim Aşaması: Toplam Maliyet Yönetimi
- iii. Üçüncü Yönetim Aşaması: Bileşik Fonksiyon
- iv. Dördüncü Yönetim Aşaması: Tedarik Zinciri Yönetimi

Modern lojistiğin ilk yönetim aşaması XIX asrın sonlarından başlayarak 1960'ın ilk yıllarına kadar devam etmiştir. Bu yıllara kadar yönetim lojistiği işletmelerde stratejik rekabet avantajı olarak görmemiştir. Genellikle bu dönemde

lojistik ambarlama ve nakliyenin fiziksel dağıtım fonksiyonu ile birleşik soyut faaliyet işlemi olarak görülmüştür.

Lojistiğin ikinci yönetim aşaması iki önemli nokta etrafında birleşmektedir. Birinci durum üretim ve dağıtım işletmelerinin lojistik fonksiyonların tek çatı altında yönetme çabaları olarak tanımlana bilir. İkinci durum ise toplam maliyet kavramının gelişimi etrafında yoğunlaşmıştır. Bu durumda müşteri hizmet seviyesi ile lojistik maliyetlerin karşılıklı olarak dikkate alınması gerektiği felsefesine dayanmaktadır.

Üçüncü yönetim aşaması lojistik yönetimin iki merkezi kavramını birleştirmektedir. Birincisi lojistik için yeni bir organizasyon rolü tanımlamasını içermektedir. Burada geleneksel lojistiğe stok yönetimi, sipariş süreci, üretim planlama ve satın alma eklenmiştir. Tüm bu işletme fonksiyonları lojistiğe eklendikten sonra sadece maliyet yönetimine değil aynı zamanda yeni rekabet alanı için görüş açısı sağlamasına ve ürün veya hizmet alanında işletme liderliğine önem veren sağlam stratejik yetenekler için sürekli kaynak elde etmesine önem vermelidir. İkinci kavram ise lojistiğin daha sonra işletme strateji planı ile bütünleşik çalışacak lojistik planının geliştirmesidir.

Dördüncü yönetim aşamasında lojistik bütünleşme zincirdeki ortaklarla ilişkilerin sıklaştırılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Burada virtuel organizasyon oluşturularak aradaki kanal sınırlarını ortadan kaldırıp birleştirilmekte ve tüm tedarik zincirinde rekabet avantajı sağlamak için belirsizlikler araştırılarak ortadan kaldırmaktadır. Bu yeni yönetim modeli kendisinde üç unsuru içermektedir.

- a) Lojistik işlemleri yönetiminin geniş görünümünü
- b) İşletme sınırları dışında avantaj elde etmek için bütünleşik geniş lojistik yönetimi
- c) Yeni lojistik ve kanal yönetimi stratejileri

2.1.2.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN TANIMI

TZY gelişimi süresince farklı yazarlar ve kurumlar tarafından farklı tanımlamalar yapılmıştır. TZY çoğu zaman lojistik kavramı ile karıştırılmaktadır. Tablo 2. 1'de tedarik zinciri kavramını 1982 yılında ilk geliştiren Oliver ve Weber'den günümüze çeşitli tanımlamalar verilmiştir.

TZY kavramı ilk kez 1982 yılında iki danışman Oliver ve Weber tarafından geliştirilmiştir (Stadtler, 2002: 19). Daha sonraları Houlihan onlardan alıntı yaparak organizasyon sınırları dışında malzeme akışını makalelerinde açıklamak için onlardan alıntı yapmıştır (Giannakis, Croom, & Nigel, 2004:1). TZY kavramı zamanla gelişerek şimdiki tanımını almıştır.

Tablo 2. 1 Tedarik Zinciri Tanımları

Yazarlar	Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımları
Oliver ve Weber (1982)	TZY ürünün tedarikçiden müşteriye kadar üretim ve distribütör aracı ile akışını kapsamaktadır
Jones ve Riley (1987)	Tedarikçiden tüketiciye kadar malzemelerin toplam akışının planlaması ve kontrolünü yapan dağıtım teknikleridir
Ellram (1991)	Tedarikçiden nihai tüketiciye malzeme akışının planlaması ve kontrolünü sağlayan bütünsel yaklaşımıdır.
Uluslararası Rekabet Üstünlüğü Merkezi (1994)	Nihai tüketiciden müşteriler için değer ekleyen bilgi ve ürün sağlayan gerçek tedarikçilere kadar olan bütünsel işletme süreçleridir.
Lee ve Ng. (1997)	Tedarikçilerin tedarikçisi ile başlayan ve müşterinin müşterisi ile sona eren şebeke girdilerinin yönetimidir.
Lambert, Stock, & Ellram, (1998)	Son tedarikçiden son kullanıcıya kadar ürün, hizmet ve bilgi sağlayarak müşteri için değer ekleyen bütünsel işletme sürecidir.

Tablo 2.1 (devamı)

Ayers (2001)	Nihai tüketicinin memnuniyeti için tedarik zinciri süreçlerinin tasarımı, bakımı ve işlemleridir.
Simchi-Levi & Kaminsky, (2004)	Hizmet seviyesi ihtiyaçlarını karşılayarak toplam maliyeti minimize eden ve doğru miktarları, doğru yerlerde ve doğru zamanda üreterek dağıtan, tedarikçiler, üreticiler, ambarlar ve dükkanlara yönelik verimli bir yaklaşımdır.
APICS işlemler Yönetimi Derneği (2005)	Değer elde etme, rekabet alt yapısını oluşturma, dünya çapında güçlü lojistik, talebe senkronize tedarik ve global performans ölçümü gibi amaçlarla tasarım, planlama, uygulama ve tedarik zincirini denetleme faaliyetleridir.
CSCMP (Tedarik Zinciri Yönetimi Uzmanları Konseyi) (2008)	TZY kaynakların elde edilmesi, dönüştürme ve lojistik yönetimi dahil olmakla planlama ve yönetimin tüm faaliyetlerini kapsamaktadır. Özellikle tedarikçiler, üçüncü parti lojistikçiler ve tüketiciler gibi kanal ortaklarının da kapsama alanına girdiği koordinasyon ve işbirliğini içermektedir.

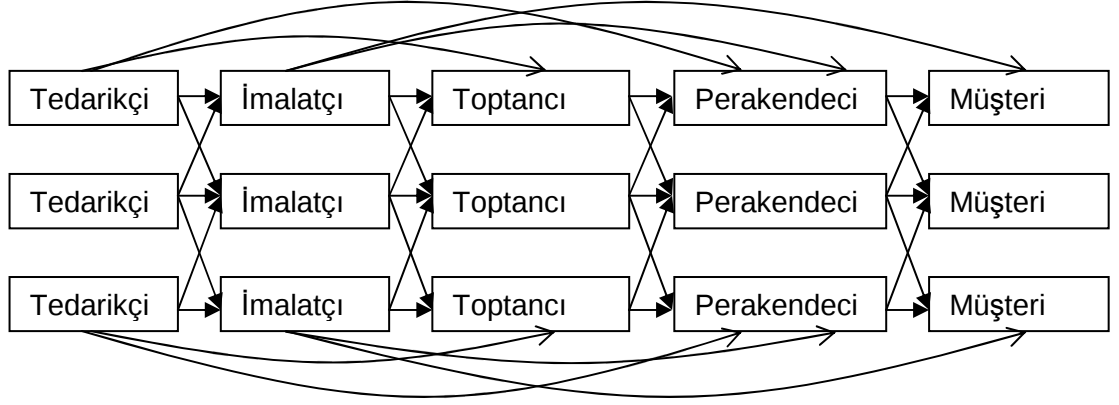
Kaynak: (Ayers, 2001:4, 2004; APICS, 2005:113; Stadtler, 2002:19; Ross, 1998:4-7, Simchi-Levi & Kaminsky, Giannakis, Croom, & Nigel:3, 2004:2, Council of Supply Chain Management Professionals, 2008)

Tedarik zincirleri genellikle şebeke halindedir ve birçok tedarik zincirleri yapısını tedarik şebekesi veya tedarik ağı şeklinde tanımlamak mümkündür (

Şekil 2. 1). Tipik bir tedarik zinciri birçok aşamadan oluşmaktadır ve aşağıdaki aşamaları içermektedir.

- Müşteri
- Perakendeci
- Toptancı/Distribütör
- İmalatçı

- Tedarikçilerden parçalar/hammaddeler



Şekil 2. 1 Tedarik Zinciri Aşamaları

Kaynak: (Chopra & Meindel, 2004:5)

Bazı uygulamalarda imalatçı direk müşteri ile ilişkiye geçerek aradaki aşamaları atlamaktadır (

Şekil 2. 1). Dell bilgisayar şirketi ürünlerini internet üzerinden pazarlayarak direkt müşteriden talebi sağlamakta ve böylelikle aradaki toptancı ve perakendecileri atlayarak direkt müşteriye ürünü göndermektedir.

Tedarik zincirini yönetmek için ayrıntılı yöntem ve prensiplere ihtiyaç vardır. TZY'ni sınıflandırmanın bir başka yol tedarik zinciri tasarımı (TZZ) ve tedarik zinciri işlemleri veya uygulamalarına(TZİ) ayırmaktadır (Harrison, 2001:413).

$$TZY= TZZ+ TZİ$$

TZZ tedarik zinciri fabrika, dağıtım merkezleri, taşıma tarzı ve yolu, üretim süreci gibi tüketici talebini karşılayan alt yapı süreçlerinin belirlenmesidir. TZİ ise stok politikaları ve gelişimi, üretim çizelgelemesi ve taşıma gibi daha çok problemlere çözüm bulmaya çalışan bir süreçtir.

2.1.3.LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

TZY temeli ve gelişimi lojistik tabanı üzerine dayanmaktadır (Lamming, 1996:185). Ama günümüzde 1980' yıllardan sonra lojistiğin gelişerek geldiği son aşamada Tedarik Zinciri Yönetimi kavramı kullanılmaktadır.

TZY'nin çeşitli tanımları Tablo 2. 1'de görüldüğü gibi günümüze kadar gelen aşamada gelişmiştir. TZY'nin en uygun tanımı Tedarik Zinciri Yönetimi Uzmanlar Konseyi(Council of Supply Chain Management Professionals) tarafından verilmiştir.

“TZY kaynakların elde edilmesi, dönüştürme ve lojistik yönetimi dahil olmakla üzere planlama ve yönetimin tüm faaliyetlerini kapsamaktadır. Özellikle tedarikçiler, üçüncü parti lojistikçiler ve tüketiciler gibi kanal ortaklarının da kapsama alanına girdiği koordinasyon ve işbirliğini içermektedir. Aslında TZY tedarik ve talep yönetimini bütün işletmeleri kapsayacak şekilde bütünleştirmektedir.” (Council of Supply Chain Management Professionals, 2008)

Bazı araştırmalarda TZY lojistik yönetiminden daha geniş manada kullanıldığı halde (Lambert, Stock, & Ellram, 1998:504), bazı araştırmalarda ise lojistik ve TZY aynı manada kullanılmaktadır (Simchi-Levi & Kaminsky, 2004:).

Waters lojistik yönetimini *“..genel olarak organizasyon ve onun müşteri ile ilgili işlemlerinde malzeme ve tedarik akışını optimize etmeye araştıran entegre süreç...”* olarak tanımlamaktadır (Waters, Global Logistics and Distribution Planning, 2003: 24-25). Frazelle ise lojistiği dar anlamda *“bilgi, malzeme ve paranın müşteri ve tedarikçi arasındaki akışı..”* olarak tanımlamaktadır (Frazelle, 2002:5). Tedarik Zinciri Yönetimi Uzmanları Konseyi ise lojistiği aşağıdaki şekilde tanımlamaktadır.

“Lojistik yönetimi TZY'nin bir parçası olup müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için başlangıç noktasından tüketim noktası arasında eşyaların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin etkili bir biçimde ileriye ve geriye doğru akışını ve stoklanmasını sağlayarak verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.” (Council of Supply Chain Management Professionals, 2008)

TZY bütünleşik bir lojistiği içererek tedarik zincirinde akıntıya karşı (upstream: tedarikçi tarafı) ve akıntıya doğru (downstream: akıntıya doğru) ortaklığı da içermektedir(Rushton, Croucher, & Baker, 2006:29). TZY ile geleneksel lojistiğin en önemli farkı budur.

Aşağıda TZY ile geleneksel lojistik arasında önemli dört ayrım verilmiştir ama bu unsurlardan bazıları lojistik işlemlerde mükemmel planlamanın önemli noktalarından biridir.(Rushton, Croucher, & Baker, 2006:29-30).

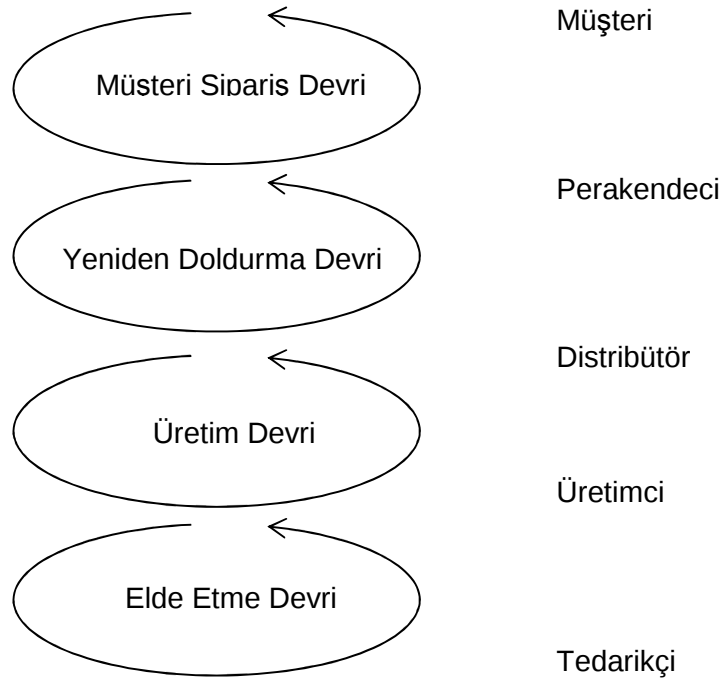
1. Tedarik zinciri satın alma, üretim, dağıtım gibi bir dizi parça unsurların birleşmesinden çok tek bir mevcudiyet gibi görünmektedir. Lojistik birçok modern işletmelerde de ayınıdır ama temel fark işletme burada organizasyon sınırları dışına çıkarak tedarik zincirinin bütününde tedarikçi ve tüketicini de süreç planının içine katmaktadır.
2. TZY işlemler sisteminden çok var olan stratejik kararlar üzerine etki eden stratejik planlama sürecidir.
3. TZY stok işine çok farklı yaklaşım getirmektedir. Geleneksel olarak stok iki ayrı bileşen arasında emniyet sibobunu oluşturarak büyük ve pahalı ürün stokunun oluşumuna sebep olmaktadır. TZY bu anlayışı ortadan kaldırarak bütünleşik ürün akışının dengede tutulması için stok tutmanın başvurulacak son çare olarak görmektedir.
4. Etkili ve başarılı TZY'de her bir bileşenin ayrı ve izole edilmiş şekilde bilgi sistemi kullanmaktansa bütün tedarik zinciri boyunca entegre bilgi sistemini kullanmaktadır.

2.1.4.TEDARİK ZİNCİRİNDE SÜREÇLER

Tedarik zinciri değişik aşamaların bir araya gelerek müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için aralarında meydana gelen süreçler dizisi veya akışıdır. Tedarik zincirinde iki tip süreç vardır. (Chopra & Meindel, 2004: 8-18)

- i. Devir Süreci:
- ii. Çekme/İtme Süreci

Tedarik zinciri müşteri sipariş devri, yeniden sipariş devri, üretim devri ve elde etme devri gibi dört devir sürecinden (Şekil 2. 2) oluşmaktadır. Her bir devir tedarik zincirinin iki aşaması ara yüzeyinde oluşmaktadır. Her bir tedarik zincirlerinde bu dört süreç oluşmaya bilir. Örneğin eğer fabrika direkt müşterisine ulaşıyorsa distribütör ve perakendecileri atlayacaktır.



Şekil 2. 2Tedarik Zinciri Devir Süreçleri

Kaynak: (Chopra & Meindel, 2004:9)

2.2. TEDARİK ZİNCİRİNDE AĞ TASARIMI

Son yıllarda işletmelerin en önemli hedeflerinden bir tanesi mükemmel tedarik zinciri ağı tasarımı elde etmektir. Burada amaç tedarik zinciri ağına işletmeler güçlerini ve varlıklarını bütünleşik olarak ortaya koyarak talep edilen ürün veya hizmeti stoku minimum tutacak şekilde doğru yerde ve istenilen miktarda bulunmasını sağlayarak müşterini memnun etmektir. (Poirier, Ferrara, Hayden, & Neal, 2004:1-12)

2.2.1.TEDARİK ZİNCİRİNDE DAĞITIM AĞI TASARIMI

Geofrion ve Graves'in(1974) çok ürünli dağıtım sistemleri üzerine yaptığı çalışmadan sonra bu alanında tedarik zincirinin ağının tasarımı için birçok optimizasyon yaklaşımları önerilmiştir. Bu çalışmaların çoğunda parametrelerin deterministik olduğu varsayılmıştır. Fakat gerçek hayatta müşteri talebi, ürün fiyatı ve tedarik edilen kaynakların kapasitesi belirsizdir. Bundan dolayı daha sonraları yapılan çalışmalarda tedarik zincirinde ürün ve hammadde dağıtımında stokastik parametreler daha çok dikkate alınmağa başlanmıştır (Santoso, Ahmet, Goetschalckx, & Shapiro, 2005:96-115).

TZY'de dağıtım ürünlerin hareketi ve depolanması ile ilgilidir ve TZY'nin her bir aşamasında meydana gelmektedir. Dağıtım tedarik zincirinin karlılığına direkt etki etmektedir ve tedarik zinciri ve müşteri memnuniyeti üzerinde direkt etkisi vardır. En uygun dağıtım ağı müşteri ihtiyaçlarını yeterince karşılayacak ve ola bildiğince en düşük maliyeti sağlayan şebeke olacaktır.

Müşteri ihtiyaçlarını karşılaya bilmek için birçok etken göz önüne alınması gerekir (Chopra & Meindell, 2004:73).

- Karşılık verme süresi
- Ürün çeşitliliği
- Müşteri tecrübesi
- Siparişin görünebilirliği
- Geri verilebilirliği

Karşılık verme süresi müşterinin siparişi verme ve alma arasında geçen zaman dilimidir. Ürün çeşitliliği ise müşterinin tedarik zincirinden elde ede bildiği farklı ürünlerdir. Müşteri talep ettiğinde ürünün stokta bulunabilirliğidir. Müşteri tecrübesi (Customer experience) şirket ile müşteri arasındaki ilişkiye verilen değeridir. (Gentile, Spiller, & Noci, 2007:395-410). Toplam müşteri tecrübesini etkileyen üç etken vardır. Bunlar dış pazar, şirketin marka imajı ve müşteri ile temasta olduğu bütün yollar (Kincaid, 2002). Sipariş görünürlüğü müşterinin

siparişini yerinden teslim alana kadar takip ede bilirliğıdir. Geri verilebilirliğı müşteriinin memnun olmadığı ürünü geri verebilirliğıdir.

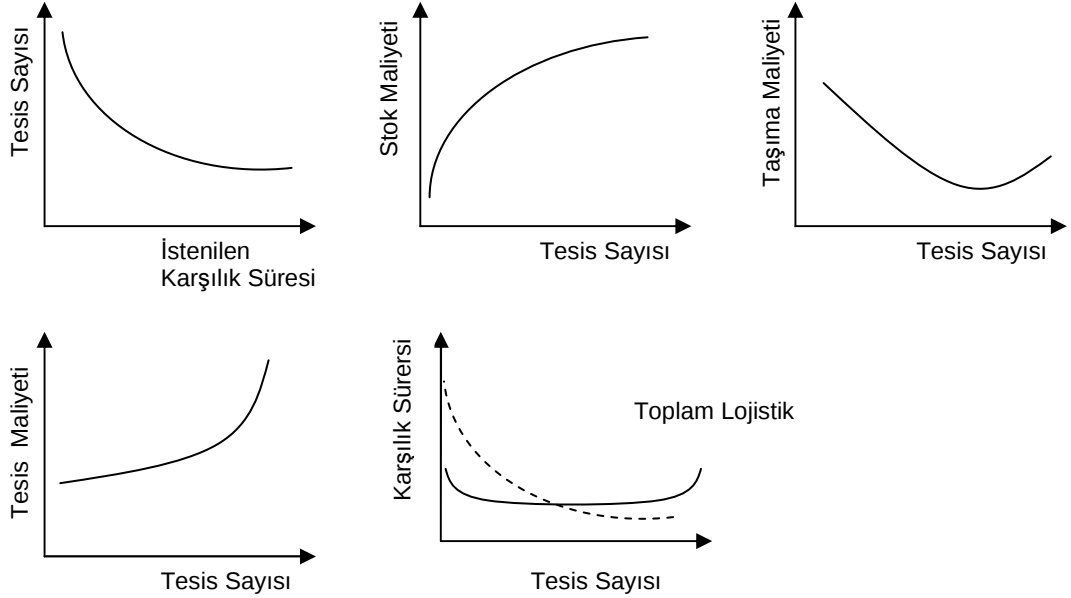
Müşteriye karşılık verme süresinin kısa olduğu durumlarda işletme tesis sayısını artırma veya tam tersi durumlarda ise tesis sayısını azaltma yolunu seçmektedir((a)).

Dağıtım ağıının tasarımı değişikliğıne aşağıdaki tedarik zinciri maliyetleri etki etmektedir.

- Stoklar
- Taşıma
- Tesisler
- Bilgi

İşletmede daha az stok tutmak isteyen ve dolayısı ile daha az stok maliyetine katlanmak isteyen işletmeler tesis sayısının azaltılmasına yönelmektedirler(Şekil 2. 3(b)). Amazon bir kaç tesisi ile stok devir hızının yılda 12 olmasına rağmen Amerika'nın kitap satışı alanında büyük işletmelerinden olan Borders'in 400 tesisi var ve stok devir hızı yılda sadece 2'dir.

Tedarik lojistiğı (inbound logistics) ürünlerin işletme içine tedarik edilmesi toplama, stok girişleri, stokların işletme içi hareketleri, yer değiştirme gibi taşıma faaliyetlerdir. Dağıtım lojistiğı ise (outbound logsitics) ise ürünlerin işletme dışına taşınmasıdır (Lowe, 2002:123,175). Bu taşıma işletmenin kendi araçları ile olacağı gibi üçüncü parti lojistik tarafından da sağlana bilmektedir (Rushton, Croucher, & Baker, 2006:139). Tedarik lojistiğinde birim başına düşen maliyetler dağıtım lojistiğı maliyetlerinden daha küçüktür. Çünkü tedarik lojistiğinde taşınan parti büyüklüğü daha fazladır. Dağıtım lojistiğinde ise ulaşılacak noktaların fazlalığı birim başına maliyeti artırmaktadır. Ambar sayısının artması müşteriye daha yakın olmasını sağlamaktadır ver direk dağıtım lojistiğini etkileyerek birim başına maliyeti düşürmektedir (Şekil 2. 3 (c)). Eğer ambar sayısı gerekenden çok artarsa tedarik lojistiğinde parti büyüklüğünün azalmasına ve dolayısıyla toplam taşıma maliyetinin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 2. 3 Tesis Sayısı ile İstenilen Karşılık Süresi, Stok Maliyeti, Taşıma Maliyeti, Tesis Maliyeti ve Toplam Lojistik Maliyet Arasındaki İlişki

Kaynak: (Chopra, Designing The Distribution Network in a Supply Chain, 2003:123-140)

Tesis sayısının azalması tesislerin birleşmesi ve işletmelerin ölçek ekonomisini kullanmaları tesis maliyetinin azalmasına sebep olmaktadır (Şekil 2. 3 (d)).

Şekil 2. 3 (e)'de stok, taşıma ve tesis maliyetinin toplam lojistik maliyetini vermektedir. Tesis sayısı arttıkça lojistik maliyetleri azalmakta fakat daha sonra tekrar artmaktadır. Eğer şirket ileride karşılık verme süresini azaltmakta istekliyse mutlaka tesis sayısını artırmalıdır.

Daha önce tesis sayısına bağlı olarak değişen değişkenler birlikte göz önüne alındığında bazıları toplam lojistik maliyetini azalttığı halde bazıları da artırmaktadır. Bunların bileşkesi toplam lojistik maliyeti vermektedir. Genel olarak toplam lojistik maliyeti hesaplarken üretim, ambalajlama, bilgi sistemi, satılmama, stok, nakliye ve ambar maliyetleri dikkate alınmaktadır(Rushton, Croucher, & Baker, 2006:145-146).

2.2.2.DAĞITIM AĞI SEÇENEKLERİ

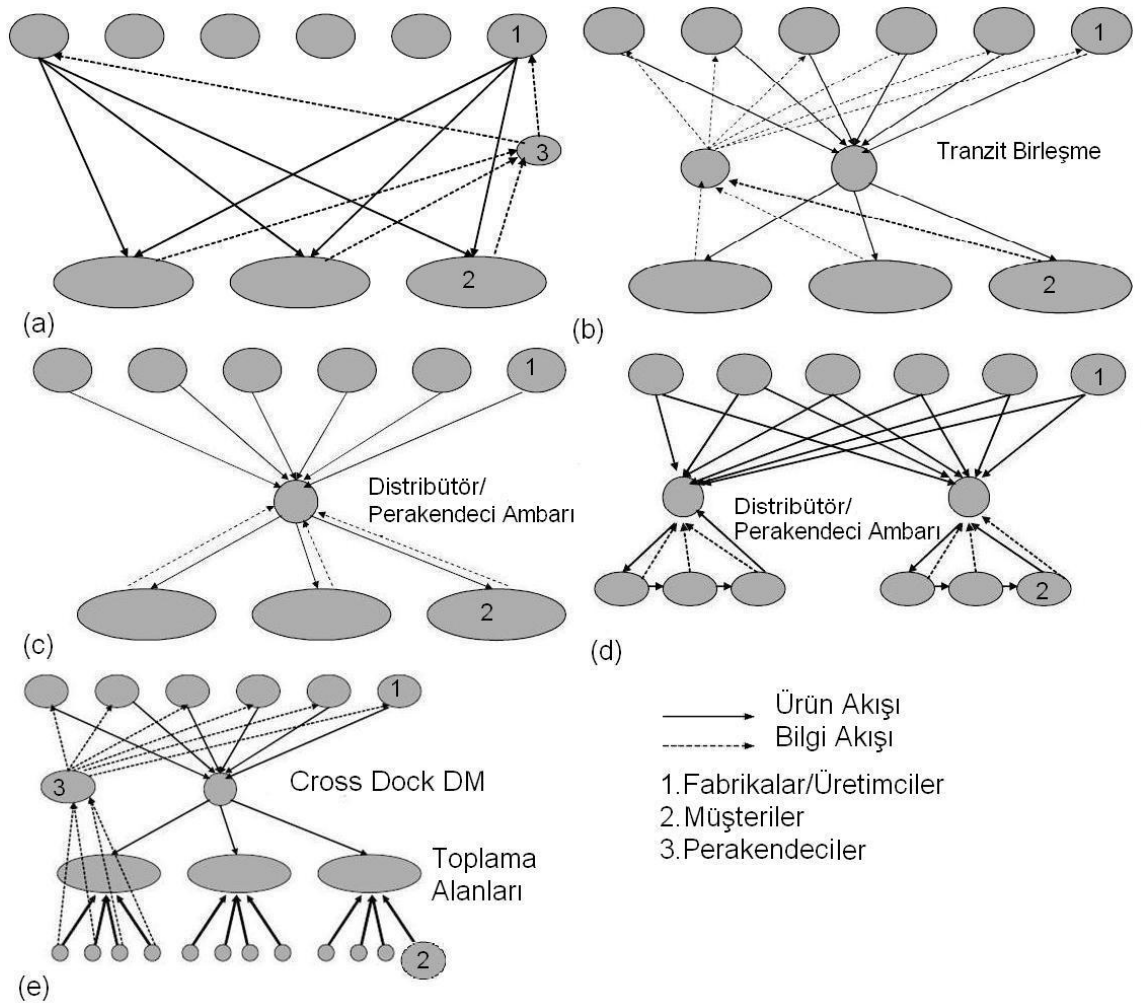
E-ticaretin son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmesi ile yeni dağıtım ağlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Üretimcilerin bu gelişmeyi takip ederek aradaki perakendecileri ortadan kaldırması buna örnek verilebilir (Hovelaque, Soler, & Hafsa, 2007:143-155). Bu gelişmeleri de dikkate alan Chopra'ya göre altı tane dağıtım ağ tasarımı mevcuttur. (Chopra, Designing The Distribution Network in a Supply Chain, 2003:123-146)

- a) Direkt taşıma ile üretim deposu
- b) Direkt taşıma ve transit birleşme ile üretim deposu
- c) Paket taşıyıcı dağıtımı ile distribütör deposu
- d) Son mil dağıtımı ile distribütör dağıtımı
- e) Müşterinin toplama yeri ile Üretim/Distribütör deposu
- f) Perakendeci deposu ile müşteri toplama yeri

“Direkt taşıma ile üretim deposu”(Manufacturer storage with direct shipping)¹ seçeneğinde üretimci perakendecini atlayarak direkt müşteriye ürünü satarak göndermektedir (Şekil 2. 4 (a)). Bilgiler müşteri ve perakendecilerden gelmektedir. Bu seçeneğin avantajı stoku tek elde toplayarak düşük seviyede stok ile yüksek çeşitte ürün bulundurarak gereksiz envanter maliyetinin oluşmasını ortadan kaldırmaktır.

“Direkt taşıma ve transit birleşme ile üretim deposu” (Manufacturer storage with direct shipping and in-transit merge) seçeneğinde bir müşteri farklı fabrikalardan bir kaç sipariş verdiğinde parça veya ürünler transit birleşme tesislerinde bir araya getirilerek tek paket halinde müşteriye sevk edilmektedir(Şekil 2. 4 (b)). En önemli avantajı birinci seçenektan daha düşük taşıma maliyetinde sahip olmasıdır.

¹ Bu seçenek “drop-shipping” olarak da bilinmektedir. Özellikle internet üzerinden yapılan satışlarda uygulanmaktadır.



Şekil 2. 4 Çeşitli Dağıtım Ağı Seçenekleri

Kaynak: (Chopra, Designing The Distribution Network in a Supply Chain, 2003:127-135)

“Paket taşıyıcı dağıtımı ile distribütör deposu”(Distributor storage with package carrier delivery) seçeneğinde stok distribütör veya perakendeci depoları aracılığı ile müşterilere daha yakın yerlerdeki ambarlarda depolanmakta ve paketler hainde müşterilere dağıtılmaktadır. Müşterilere daha yakın yerde ambar bulunduğu için taşıma maliyetleri aşağı, fazla tesise ihtiyaç duyulduğu için ambar maliyetleri yüksek olmaktadır.(Şekil 2. 4 (c)).

“Son mil dağıtımı ile distribütör dağıtımı” (Distributor storage with last mile delivery) seçeneğinde paket taşıma yerine ürünü müşterinin evine götürmektedir(Şekil 2. 4 (d)). Dağıtım merkezlerinin müşteriye çok yakın olması gerekmektedir. Bu seçenekte önceki seçeneklere göre hem yüksek düzeyde stoka

tutulmakta ve hem de taşıma maliyetleri yüksektir. Bu yaklaşımın stok açısından bakıldığında hızlı tüketim parçaları (fast-moving items) için kullanılması daha uygun olacaktır. Diğer taraftan karşılık verme süresi önceki seçeneklerden daha iyidir.

“Müşterinin toplama yeri ile Üretim/Distribütör deposu” (Manufacturer/distributor storage with customer pickup) seçeneğinde stok üretici veya distribütörün ambarında depolanarak müşteri ihtiyaçlarının internet veya telefon üzerinden elde edilmesinden sonra toplama alanlarına (pick up sites) dağıtılmasıdır(Şekil 2. 4 (d)). İhtiyaçlar “cross dock”² denen dağıtım merkezlerinde boşaltılıp tekrar toplama alanlarına gönderilmektedir. Müşteri daha sonra ihtiyaçlarını bu toplama alanlarında almaktadır. “Cross Dock” ambar maliyetlerinin %80’nini oluşturan işçi maliyetlerini elimine ederek tedarik ve talep senkronizasyonu ile stok devrini keskin şekilde geliştirmektedir (Donath, Mazel, Dubin, & Patterson, 2002:404).

“Perakendeci deposu ile müşteri toplama yeri” (Retail storage with customer pickup) seçenekte stoklar perakendecide depolanmakta ve müşteriler yürüyerek perakendeciye gelmekte veya online olarak sipariş vererek siparişlerini perakendecinin dükkanından almaktadır. Bu yaklaşımda stok maliyetleri yüksek olmakla beraber taşıma maliyetleri diğer seçeneklere göre ucuzdur. Bunun sebebi taşımada pahalı olmayan yöntemlerin kullanılabilirliğidir.

² “Cross docking” ürünlerin arada bulunan ambara boşaltılarak stoklanmadan sınıflandırılması ve direkt müşterilere gönderilmesidir. Bu yaklaşım stoka yapılacak yatırım maliyetini düşürmektedir. (APICS, 2005:25) Wal-Mart çıkışlı olan bu dağıtım şekli (Taylor D. A., 2003) ilgili işletme tarafından %85 ürünlerini bu sistemi kullanarak mağazalarına dağıtım yapmaktadır(Govindarajan & Lang, 2002:1-2).

Tablo 2. 2 Dağıtım Ağı Tasarımlarının Rekabet Performansı

Dağıtım ağı seçenekleri Dağıtım ağı Seçeneklerine Etki eden unsurlar	Direk taşıma ile üretim deposu	Direkt taşıma ve transit birleşme ile üretim dep.	Paket taşıyıcı dağıtım ile distribütör deposu	Son mil dağıtım ile distribütör dağıtım	Müşterinin toplama yeri ile Üretim/Distribütör dep.	Perakendeci deposu ile müşteri toplama yeri
Karşılık verme süresi	1	4	4	3	2	4
Ürün çeşitliliği	4	1	1	2	3	1
Ürünün bulunabilirliği	4	1	1	2	3	1
Müşteri Tecrübesi	5	4	3	2	1	5
Sipariş Görünebilirliği	1	5	4	3	2	6
Geri Verilebilirliği	1	5	5	4	3	2
Stok	4	1	1	2	3	1
Taşıma	1	4	3	2	5	1
Tesis	6	1	2	3	4	5
Bilgi	1	4	4	3	2	5

Kaynak: (Chopra, Designing The Distribution Network in a Supply Chain, 2003:139)

Tablo 2. 2' de çeşitli dağıtım ağlarının değişik kriterlere göre rekabet performansları verilmiştir. Tablodaki "1" rakamı aralarındaki en iyi performansı, daha yukarı rakamlar ise daha kötü performansı göstermektedirler. Niş (niche) pazarlamayı hedef alan işletmelerin dışında birçok işletme değişik tedarik zinciri ağlarını bir yerde kullanmaktadır. Bu kombinasyon işletmenin stratejik hedefi doğrultusunda kullanılacak ürünün özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Şirketin hedefi az stokla çalışmaksa ve ürün özelliği de buna uygunsa o zaman Tablo 2. 2'den görüldüğü gibi en iyi performansı yani "1" rakamını veren "direkt taşıma ve transit birleşme ile üretim deposu" veya "paket taşıyıcı dağıtım ile distribütör deposu" seçeneklerinden biri olacaktır. Eğer şirketin hedefi "karşılık verme süresi" ise o zaman "direkt taşıma ile üretim deposu" seçeneği söz konusu olacaktır.

2.2.3. TEDARİK ZİNCİRİNDE AĞ TASARIMI KARARLARI

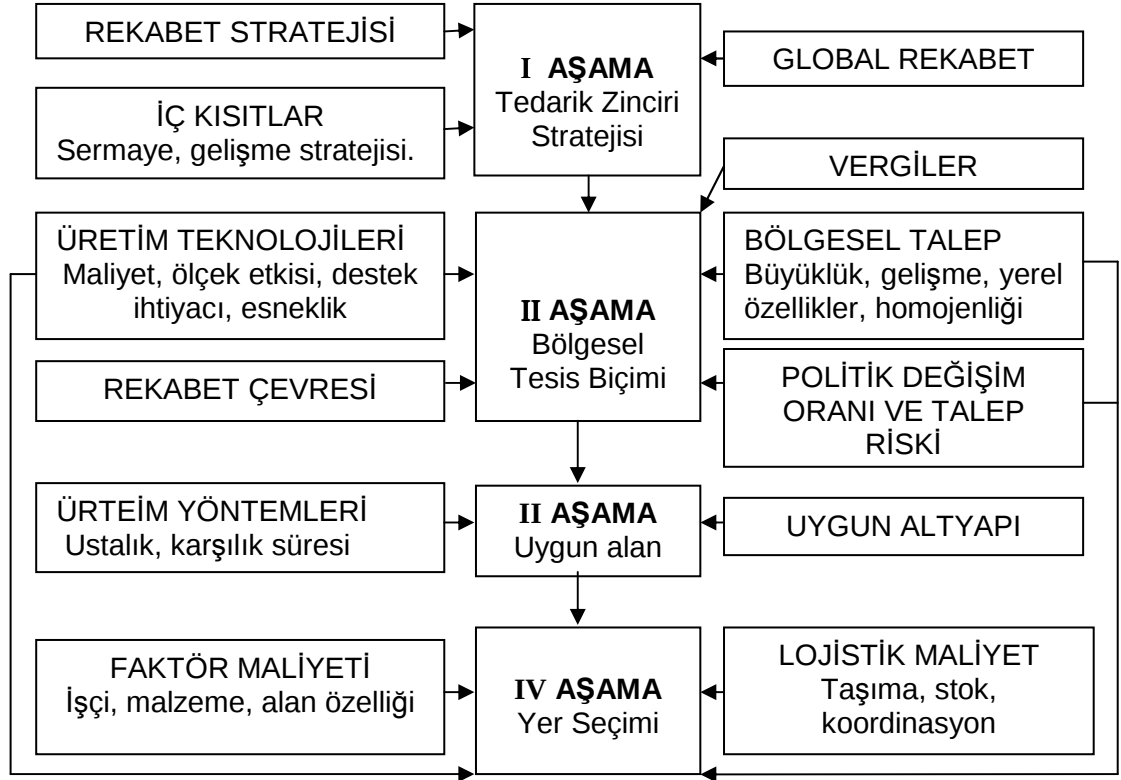
Tedarik ağının verimli yönetilebilmesi için aşağıdaki karar sorunlarını bütün tedarik zincirinde birlikte optimize edilmesi gerekir. (Jang, Jang, Chang, & Park, 2002: 263-281)

- Ham maddenin elde edildiği tedarikçilerden müşteriye kadar ağ tasarımı sorunu.
- Aynı ürünü üreten birçok tesis için özel miktarda dağıtımını sağlayan kısıtlı üretim atama sorunu.
- Global ürün ağacı ilişkilerini dikkate alan üretim planlama sorunları.
- Ağda değişik üretim tesislerin için global kapasite planlaması.
- Optimal dağıtım kanalı ve miktarını belirleyen dağıtım planlaması.

Yönetici etkili bir tedarik ağını tasarlarken Şekil 2. 5'deki faktörleri dikkate alarak tasarlamalıdır. Bu faktörleri dört aşamada değerlendirmelidir.

Birinci aşama tedarik zinciri stratejisini oluşturulmasıdır. Bu stratejini oluştururken rekabet ve global stratejiler incelenerek iç kısıtlar kapsamında tedarik zinciri stratejisi oluşturulmalıdır. Cohen ve Roussel'e göre iyi bir tedarik zinciri kurmak için işletme stratejisi, müşteri ihtiyaçları, piyasaya etki edebilme durumu ve rekabet avantajının geçici ve pazar durumundan dolayı uyarlanabilme kriterleri dikkate almak gerekmektedir (Cohen & Roussel, 2005:20).

İkinci aşama bölgesel olarak tesisin biçimlendirilmesidir. Bu aşama tesislerin kurulacağı yerlerin araştırılması, talep tahminlerinin saptanması, ölçek ekonomisinin uygulanabilirliği, rekabet çevresinin ve politik riskler gibi faktörlerin değerlendirilmesi safhasıdır.



Şekil 2. 5 Tedarik Ağı Tasarımında Karar Aşamaları

Kaynak: (Chopra & Meindel, 2004:107)

Üçüncü aşamanın amacı ise tesislerin yapılabileceğı uygun alanların tespit edilmesidir. Uygun alanlar bir sonraki seçilecek alan sayısından fazla olmalıdır. Uygun alanlar kümesi seçilerken tedarikçiler, taşıma hizmetleri, iletişim ve ambarlama alt yapısının varlığına dikkat edilmesi gerekir.

Son aşamada ise bir önceki aşamada belirlenen uygun alanlar arasından pazarın talebini, lojistik maliyetler e tesis maliyetleri ve vergileri de dikkate alarak toplam tedarik zinciri karını maksimize edecek yerlerin seçimidir.

Tablo 2. 3 Tedarikçi Ağları ve Özellikleri

Şebeke Tipi	Kral	Baron	Demokratik
Merkezi işletme Sayısı	Bir	Birkaç	Yok
Kontrat gücü	Yüksek	Orta	Az
Şebeke amacı	Ölçek ekonomisi (economies of scale)	Ölçek ve kapsam ekonomisi	Kapsam ekonomisi (economies of scope)
Şebeke protokolü	Yukarıdan aşağıya yürütme	Tedarikçiler tarafından yürütme	Karşılıklı anlaşma
İşletmeler arası bağlantı	Dikey	Dikey ve yatay	Yatay
Teknoloji paylaşımı	Önemli tedarikçi	Birçok önemli tedarikçi	İşletme- işletmeye
Birbirine bağlılık koşulları	Yukarıdan aşağıya yürütme	Baronlarla görüşme	Karşılıklı anlaşma

Kaynak: (Cooper & Slagmulder, 1999:137)

Tedarikçi ağının temel belirleyicisi şebekede egemen olan önemli işletme sayısı ile belirlenmektedir. Bu kriterler dikkate alındığında üç tip ağ ortaya çıkmaktadır; Kral, Baron ve Demokratik ağları (Tablo 2. 3). Kral ağında sadece bir tane önemli işletme bulunmaktadır. Genellikle bu işletme nihai ürünü son müşterilere satan işletmedir. Bu ağ merkezde olan işletmeni desteklemek için çalışmaktadırlar. Baron ağında birden fazla önemli işletme bulunmaktadır. Bunlar söz konusu tedarik ağında egemen olmasına rağmen egemenliği kral ağından daha azdır. Demokratik ağda egemen işletme bulunmamaktadır ve hiç bir işletmenin diğerinin üzerinde herhangi bir egemenliği söz konusu değildir (Cooper & Slagmulder, 1999:117).

2.3. TEDARİK ZİNCİRİNDE TALEP PLANLAMASI

Günümüzde işletmelerin rekabet ortamının tedarik zincirleri arasında olduğu bir zamanda talebin önceden doğru tahmin edilmesinin çok büyük önemi vardır. Özellikle globalleşmenin geliştiği son dönemlerde talebi kontrol altına almak için itme(push) sistemi yerine çekme(pull) sistemi kullanılmakta, müşteriden gelen talebe göre üretim ve tedarik yapılmakta, entegre bilgi (SCM paketi, ERP, CRM, APS, DRP

gibi)³ süreçleri modülleri kullanılmaktadır. Belirsizlik ortamında talep tahminin zincir boyu ayrı ve farklı olarak bireysel şekilde yapılmasının sonucu ise talebi karşılamak için genellikle bütün zincirde stok fazlalığının⁴ ortaya çıkmasıdır. Buna karşın tedarik zincirinde bilgi paylaşımı talep tahmin doğruluğunu artırmakla beraber karlılığı da yükseltmektedir (Yue & Liu, 2005:646-667).

2.3.1.TEDARİK ZİNCİRİNDE TALEP TAHMİNİ

Talep tahmini pazarlama ve finans departmanında, personel yönetiminde, üretim çizelgelemede, süreç kontrolünde ve stratejik yönetimde işletme için büyük önem arz etmektedir (Bowerman & O'Connell, 1993:3-4) ve işletmenin bütün fonksiyonlarını direk veya endirekt şekilde etkilemektedir (Wieser, 2007:362). Bu şekilde etkili bir talep tahmini tedarik zincirinin proaktif bir yaklaşım olup anı ve beklenmeyen kapasite artışına ve stoka gidilmenin önünü almaktadır (Bowersox & Closs, 1996:222).

Dünyanın ve Amerika'nın büyük teknoloji işletmelerinden Hewlett-Packard'da yapılan bir araştırmaya göre stokun %40'ı devreden ve zincirdeki stoklar için, geri kalan %60 stok ise değişkenlikten dolayı tutulmaktadır. Bu değişkenliğin %2'si tedarikçilerin performans değişikliği, %2'si üretimin değişikliği, %96'sı ise talep belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. (Silver, Pyke, & Peterson, 1998:74)

2.3.2.TALEP TAHMİNİNDE KAMÇI ETKİSİ

Tedarik zinciri boyunca müşteriden başlayarak meydana gelen talep en son tedarikçiye ulaşana kadar zincirdeki her bir bileşende dalgalanmalar meydana gelmektedir. Tedarik zincirinde ortak planlama, bütünleşik hareket ve bilgi alış verişi az olduğunda zincirdeki her bir bileşen talep tahminini tek başına yapmaktadır. Bunun sonucu ise fazla üretim veya eksik üretimdir(Ireland & Crum, 2005:5).

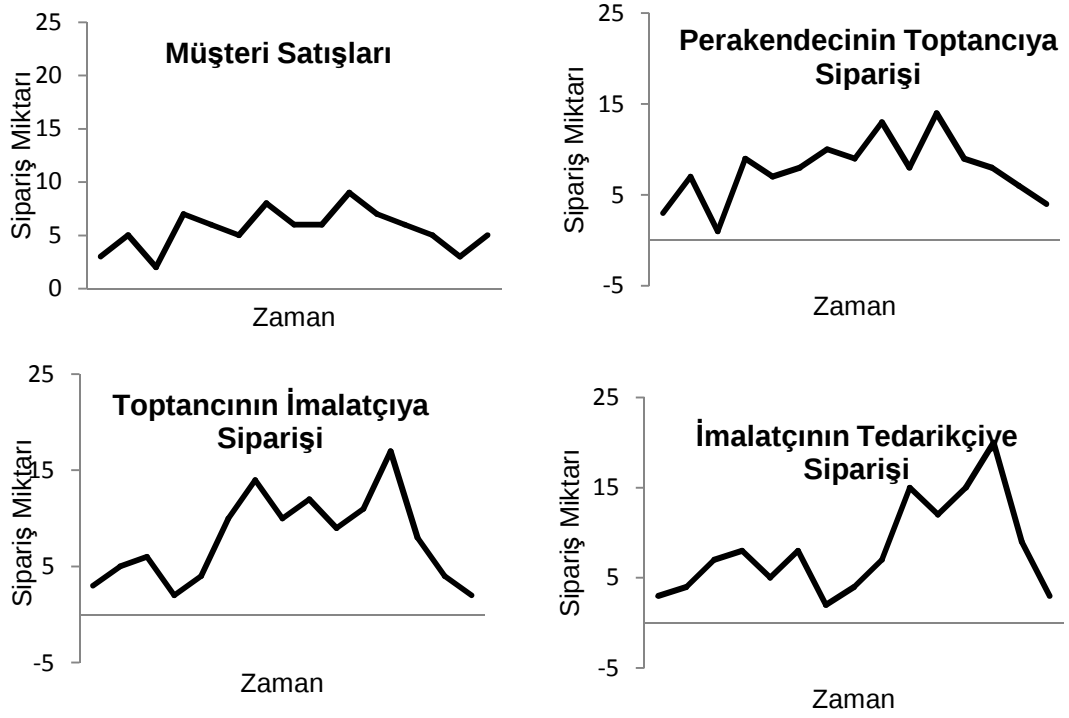
³ SCM(Supply Chain Management: Tedarik Zinciri Yönetimi), ERP (Enterprise Resource Planning: Kurumsal Kaynak Planlama), CRM(Customer Relationship Management),APS(Advanced Planning and Scheduling: İleri Planlama ve Çizelgeleme), DRP(Distribution Resource planning: Dağıtım Kaynak Planlaması).

⁴ "Tedarik zincirinde kamçı etkisi" alt başlığında(2.3.2) bu durum ayrıntılı açıklanmıştır.

Yapılan araştırmalarda görülen bu dalgalanmalar “kamçı etkisi” (bullwhip effect) olarak bilinmektedir. Bunun yanında bazı araştırmalarda “kamçı-testere” (whip-saw) ve “kamçı-darbe” (whip-lash) olarak da kullanılmaktadır (Metters, 1996: 89). Kamçı denmesinin sebebi ise müşteri talebinde meydana gelecek her hangi bir değişikliğin tedarik zinciri üzerinde kamçı  arpmasında oluşan artan dalgaya benzemesindendir.

1961 yılında Kamçı etkisi üzerine ilk araştırmanı Forrester yapmıştır (Forrester, 1961). O talebin tedarik zinciri boyunca her geçtiğinde arttığını kitabında birçok uygulamalar ile göstermiştir. Serman tedarik zincirinde kamçı etkisini stoku da dikkate alarak “bira dağıtım oyununda” (beer distribution game) ortaya koymuştur (Serman, 1989: 321-339). Lee ve çalışma arkadaşları kamçı etkisini sistematik olarak ele alarak tedarik zincirindeki talep dalgalanmasının nedenini zincirdeki oyuncuların davranışına bağlayarak kamçı etkisinin esas beş nedenini açıklamışlar. Bunlar talep tahmini, sıfır olmayan tedarik süresi, tedarik yetersizliği, sipariş büyüklüğü ve fiyat dalgalanmalarıdır. (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997: 93-102).

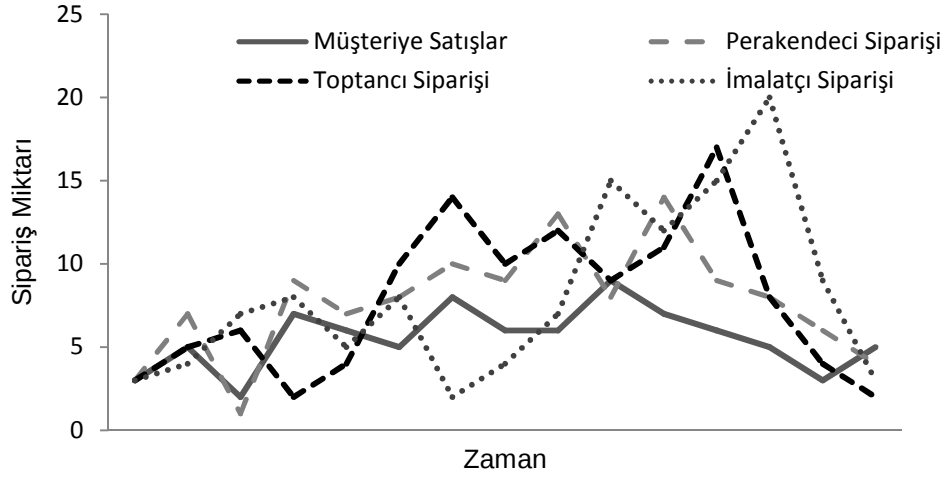
Günümüze kadar kamçı etkisi üzerine ayrıntılı ve geniş incelemelerde bulunulmuştur. Bu çalışmalardan bazılarında Hong ve Ping tedarik zincirinin üzerinde çeşitli talep tahmin yöntemlerinin “kamçı etkisi” üzerindeki sonuçları incelemişler (Hong & Ping, 2007: 26-33). Due ve çalışma arkadaşları iki aşamalı tedarik zincirinde stokastik talep ve stokastik tedarik sürelerinin dalgalanmaya etkisini hesaplamışlar (Duc, Luong, & Kim, 2008:1201-1212), Caloiero ve çalışma arkadaşları ise tek  r nl  ve dört bileşenli tedarik zincirinde sipariş politikasının kamçı etkisi ve stok durumunu etkileyeceğini göstermişler(CaloieroStrozzi, & Comenges, 2008:631-645).



Şekil 2. 6 Tedarik Zincirinde Kamçı Etkisi

Şekil 2. 6'da müşteri talebinin tedarik zincirinde bilinmemesi durumunda zincirdeki halkaların gerçekte var olan talepten farklı şekilde sipariş ve üretim yaptıkları görülmektedir. Kamçı etkisinin sonucu olarak tedarik zincirinde israf ve müşteri ihtiyaçlarının karşılanmaması durumu oluşmaktadır.

Şekil 2. 7'de gerçekleşen müşteri talebi karşısında perakendeci, toptancı ve imalatçının verdiği siparişler bir grafikte gösterilmiştir. Müşteriye satışlar çizgisinin üstünde kalan çizgiler işletmelerde biriken stoku, çizginin altında kalan kısımlar ise karşılanmayan talebi göstermektedir.



Şekil 2. 7 Tedarik Zincirinde Kamçı Etkisinin Tek Grafikte Görünümü

Amerika'da 2000 yılında yapılan araştırmaya göre perakendeci sektörünün satışı tahmini olarak 3.2 trilyon dolar gerçekleşmiştir. Bu satışı gerçekleştirmek için ise perakendeciler 372 milyar dolar, toptancılar 307 milyar dolar, imalatçılar ise 307 milyar dolar olmak üzere toplam tedarik zincirinde yaklaşık 1.1 trilyon stok tutmuşlar (Ireland & Bruce, 2000).

2.3.3.TALEP TAHMİNİNİN BİLEŞENLERİ

Tahmin edilecek talebi bağımlı ve bağımsız talep olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Bağımlı talepte satın alma ve üretimde dikey bir zincirleme durumu meydana getirmektedir. Dikey talebe (vertical demand) nihai ürün olan otomobil sayısı arttıkça tekere olan ihtiyacın da artması örneği verilebilir. Bu ihtiyaç zincir boyunca ham madde tedarikçilerini, parça imalatçıları veya montaj işlemleri de etkilemektedir. Yatay talep (horizontal demand) ise özellikle ürüne yapılan eklentiler veya promosyonlardan dolayı bir diğer ürüne bağımlı olan taleptir (Bowersox & Closs, 1996: 223-224). Örneğin raket satışının artması tenis topunun artmasına da neden olmaktadır. Bağımsız talep ise bir parçanın diğer parça talebine bağımlı olmadığı durumlardır.

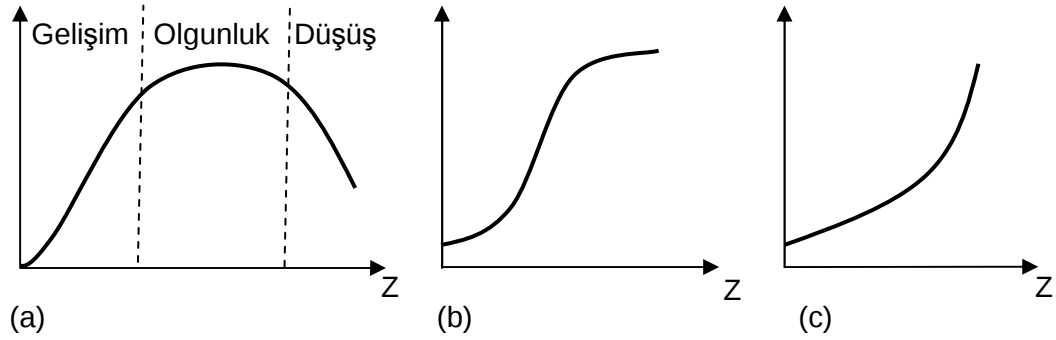
Talep tahminin kararlarının ve planlamasının etkili ola bilmesi için genellikle altı karakteristiğin veya boyutun dikkate alınması gerekir (Makridakis & Wheelwright, 1989:29).

- a) Zaman ufku: Alınacak kararların etki edeceği zaman diliminin ne olacağı dikkate alınmalıdır.
- b) Bütünleşik Planlama Seviyesi: İşletmenin talep tahmini için ihtiyacı olan ürünleri elde etmesinde diğer departmanlarla bütünleşik çalışma bilme seviyesi dikkate alınır.
- c) Parça sayısı: İşletme talep tahmininde bir tane yoksa yüzlerce ürünü ele alacağını dikkate alması gerekir.
- d) Planlamaya karşı kontrol: Yapılan talep tahmin planına karşı ileride ortaya çıkabilecek değişiklikleri önceden tahmin ede bilme durumu dikkate alınmalıdır.
- e) Tutarlılık: Talebin değişik ve durağan olduğu durumlar dikkate alınmalıdır.
- f) Mevcut planlama prosedürü: Yeni talep tahmin metodu kurulduğunda mevcut planlama prosedürü dikkate alınmalıdır.

2.3.4.TALEP TAHMİN YÖNETMLERİ

Uygulamada birçok talep yöntemleri vardır ama bunlar genel olarak “kalitatif” (qualitative) ve “kantitatif” (quantitative) yöntemler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Orhunbilge, 1999:2).

Kalitatif tahmin uzmanların geleceği sübjektif olarak tahmin etme yöntemidir. Genellikle ürünün geçmişe dayalı bilgilerinin olmadığı veya az bilginin olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Yeni bir ürünün ortaya çıkması veya teknolojik gelişmeye dayalı olarak değişen taleplerde kullanılmakla beraber eski verilerin geleceği tahmin etmede kullanıldığından günümüze talepteki değişimlerini de tahmin etmede kullanılmaktadır. Sübjektif talep tahmin yöntemlerinden bazıları “sübjektif eğri doğrusu” (subjective curve fitting), “delfi yöntemi” ve “teknoloji karşılaştırması” teknikleridir.



Şekil 2. 8 Ürün Yaşam Eğrisi(a), S-eğrisi(b) ve Düzgünleştirilmiş Eğri(b)

Kaynak: (Bowerman & O'Connell, 1993:9)

Sübjektif eğri doğrusu kapasitenin verimli kullanıla bilmesi için geliştirilen yeni ürünün yıllar boyunca satış miktarlarını tahmin etmeği amaçlamaktadır. Yeni geliştirilen ürün için genellikle “ürün yaşama eğrisi” kullanılmaktadır (Şekil 2. 8 (a)). Bu yaklaşım ürünün yaşamı boyunca satışlarında gelişim, olgunluk ve düşüş gibi üç aşamadan geçtiğini varsaymaktadır. Ürünün gelişimi aşamasında işletmenin uzmanları “S-eğrisi” ((b)) veya “düzgünleştirilmiş eğri” (Şekil 2. 8 (c)) gibi ileride talep tahmininde yardımcı olacak eğrilerden birini seçmelidir (Bowerman & O'Connell, 1993:8).

Diğer sübjektif tekniklerden birisi de Delfi yöntemidir. Delfi Yöntemi koordinatör yönetiminde uzmanları yüz-yüze etkiden kurtarmak ve daha objektif karar alına bilmesi için soru sorarak, elektronik mail atarak veya mektup göndererek en sonda uzmanların karar verdiği talep tahmin tekniğidir (Slack, Chambers, & Jhonston, 2004:197). Rowe ve Wright'a göre delfi tekniği bireysel uzman ve geleneksel gruplardan çok daha doğru, istatistiksel gruplardan ise yeterince kesindir(Rowe & Wright, 2001:125).

Teknolojik karşılaştırma yöntemi ise zamandan bağımsız bir tekniktir. Teknolojik değişiklikleri takip ederek diğer bir alanda muhtemel değişiklikleri tahmin etmektedir (Bowerman & O'Connell, 1993:10).

Kantitatif yöntemler ise “tek değişkenli” (univariate) / “zaman serileri”(time series) ve “nedensel”(causal) modeller olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu

yöntemlerin ortak yanı geçmiş verileri kullanarak geleceği nicel olarak tahmin etmeleridir.

Tek değişkenli yöntemi sadece zaman dizisinin geçmiş veri bilgilerini kullanarak gelecek tahmininde bulunmaktadır. Bu yöntemde bilgiler analiz edilerek mevcut gidişatın ileri de devam edeceğini varsaymaktadır. Gidişat aynı gittiği zamanlarda bu yöntemi kullanmak avantajlıdır fakat yönetim politikalarında değişiklik meydana geldiğinde kullanışlı değil.

Nedensel talep yöntemlerinde ise mevcut bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasında bağlantı kurularak tahmin yapılmaktadır. İşletme bu şekilde değişik işletme politikaları ve durumları karşısında talebin nasıl değişeceğini hesaplamaktadır. Bu tip yöntemleri geliştirmek ve geçmiş bilgilerini elde etmek çok zor olmasına rağmen nedensel modeller sık-sık kullanılmaktadır(Bowerman & O'Connell, 1993: 11).

2.3.4.1. Zaman Serileri Analizi

Zaman serileri tekniği birçok yöntemleri kendi içinde kapsamaktadır. Bunlardan bazıları hareketli ortalama, basit üstel düzgünleştirme, genişletilmiş düzgünleştirme ve uyarlanmış düzgünleştirme teknikleridir.

- a) Hareketli Ortalama: Son dönemdeki verilerin toplam ortalaması alınarak gelecek tahmin edilmektedir. Bu yöntemde zaman diliminde veriler arttıkça ortalaması hesaplanan periyot değişmemektedir ve ortalaması hesaplanan verilerin hepsine aynı derece ağırlık verilmektedir. Son periyotlara daha fazla ağırlık verilen hareketli ortalama ise “ağırlıklı hareketli ortalama” olarak adlandırılmaktadır. Hareketli ortalama aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Bowersox & Closs, 1996:233-234).

$$F_t = \sum_{i=1}^n \frac{S_i - 1}{n}$$

2.1

F_t = t periyodu için hareketli ortalama tahmini

S_{i-1} = i-1 periyodu için satışlar

n= toplam periyot sayısı

Örneğin eğer kasım ayının talebi öngörülürse ve ondan önceki üç ayın verileri sırasıyla 60, 90 ve 105 ise talep tahmini aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_{\text{kasım}} = \frac{60 + 90 + 105}{3} = 85$$

- b) Basit Üstel Düzgünleştirme⁵: Bu yöntem önceki talep ve tahmin seviyesinin ağırlıklandırılmasına bağlı olarak geleceği tahmin etmektedir. Üstel terimi verilen ağırlıkların veriler eskidikçe üstel bir şekilde azalması anlamına gelmektedir. Yani en yüksek ağırlık son döneme verilerek veri eskidikçe daha az ağırlık verilmektedir. Basit üstel düzgünleştirme yöntemi genellikle trend ve mevsimsel etkilerin olmadığı ama zaman dizisi otalamasının gittikçe değiştiği durumlarda uygulanmaktadır(Bowerman, O'connel, & Koehler, Forecasting, Time Series, and Regrerssion: An Applied Approach, 2005:346). aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

2.2

F_t =t periyodu için satışın talep tahmini

F_{t-1} = t – 1 periyodu için talep tahmini

D_{t-1} =t – 1 periyodu için gerçek talep

α = Düzgünleştirme Sabiti (smoothing constant),($0 \leq \alpha \leq 1$)⁶

Örneğin ekim ayında gerçekleşen satış 105 birim, bir önceki talep tahmini sayısı ise 85, düzgünleştirilmiş sabit $\alpha = 0,1$ ise talep tahmini aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_t = (0.1)(105) + (1 - 0.1)(85) = 87$$

⁵ Literatürde Brow'un basit üstel düzgünleştirme yöntemi altında da geçmektedir (Orhunbilge, 1999:95).

⁶ Daha etkili talep tahmin düzgünleştirmesi için " α " değerinin 0,1 ile 0,4 arasından seçilmesi daha uygundur (Wild, 2002:172).

Eşitlikte kullanılan büyük “α” değeri talep tahmininde az düzeltme, küçük “α” değeri ise önemli derecede düzeltme yapmaktadır (Makridakis & Wheelwright, 1989:74).

- c) Genişletilmiş Düzgünleştirme: Basit üstel düzgünleştirme modeli trend ve mevsimsel etkiler dikkate alınarak genişletilebilir (Bowersox & Closs, 1996:235). Trendi dikkate alan yöntem “doğrusal üstel düzgünleştirme” (Holt Yöntemi) ve buna ek olarak mevsimi de dikkate alan yöntem ise “doğrusal ve mevsimsel üstel düzgünleştirme” (Winter Yöntemi) olarak bilinmektedir (Bowerman, O’Connell, & Koehler, Forecasting, Time Series, and Regression: An Applied Approach, 2005:357,366). Doğrusal üstel düzgünleştirme eşitlik (2.3), (2.4) ve (2.5)’deki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$F_t = \alpha(D_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad 2.3$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad 2.4$$

$$F'_t = F_t + T_t \quad 2.5$$

T_t = t periyodunda üstel düzgünleştirilmiş trend

β = Trend için düzgünleştirme sabiti

F'_t = Trendi dikkate alan talep tahmini

Örneğin ekim ayının gerçekleşen talep 90 birim, trend 30 (90-60=30), $\alpha=0.1$, $\beta=0.5$ ise kasım ayının talep tahmini aşağıdaki gibi hesaplanır.⁷

$$F_{kasım} = (0.1)(90) + (1 - 0.1)(90 + 30) = 117$$

$$T_{kasım} = 0.5(117 - 90) + (1 - 0.5)30 = 28.5$$

$$F'_{kasım} = 117 + 28.5 = 145.5$$

⁷ Önceki ayın düzgünleştirilmiş talebi olmadığından başlangıç için en son gerçekleşen iki ayın gerçek talepleri arasındaki fark alınmıştır. Aynı zamanda bir önceki dönemin öngörülen talep miktarı olmadığı için söz konusu dönemin gerçekleşen talebi alınmıştır.

İlk önce eşitlik (2.3) kullanılarak kasım ayının talebi ($F_{kasım}=117$) daha sonra, eşitlik (2.4) kullanılarak kasım ayının üstel düzgünleştirilmiş değeri ($T_{kasım}=28.5$) ve en son eşitlik (2.5) kullanılarak trendi de dikkate alan ($F'_t=145.5$) talep tahmini hesaplanır.

Diğer bir yöntem olan “Doğrusal ve Mevsimsel Üstel düzgünleştirme” (Winter Yöntemi) ise üç denkleme dayanmaktadır. Bu yöntemde her denklem eğilimin üç bileşeni; durgunluk, doğrusallık ve mevsimselliğe bağlı parametrelerin düzgünleştirilmesinde kullanılmaktadır(Orhunbilge, 1999:113).

- d) Uygunlaştırılmış düzgünleştirme: Söz konusu yöntem “ α ” faktörü geçerliğini düzenli olarak gözden geçirilmesini sağlamaktadır. Diğer bir deyişle her bir talep tahminin sonunda daha kesin taleple sonuçlanacak alfa değeri yeniden gözden geçirilebilir. Uygunlaştırılmış düzgünleştirmenin daha gelişmiş hali hataları otomatik olarak izlemesidir. Hata meydana geldiğinde otomatik olarak hatayı algılar ve ona uygun daha uygun alfa değeri geliştirip talep tahmininde kullanır. Fakat hatalar otomatik olarak cevap vermesi bazen rastgele hatalara mevsimsel dalgalanma yorumlaması bu tekniğin zayıf yönlerindendir (Bowersox & Closs, 1996:235-236).

2.3.4.2. Nedensel Talep Tahmini

Nedensel talep tahminleri geçmiş verilerin elde olduğu ve değişkenler arasında bir ilişkinin olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Nedensel talep tahmin gelişmiş araçlar içermektedir ve uzun dönemli öngörüler için uygun yöntemdir (Krajcevski, Ritzman, & Malhotra, 2007:528). Birçok nedensel talep tahmin yöntemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları basit regresyon doğrusu ve çoklu regresyon doğrusu'dur.

Basit regresyon analizi tek bağımlı değişkenin tek bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen (Bowerman, O'connel, & Koehler, Forecasting, Time Series, and Regrerssion: An Applied Approach, 2005:79) istatistiksel yöntem

olmasına karşın, çoklu regresyon tek bağımlı değişkenin birden çok bağımsız değişken ile arasındaki ilişkileri incelemektedir (Allison, 1999:1). Basit regresyon analizi aşağıdaki eşitlik (2.6) ile hesaplanmaktadır.

$$y = a + bx$$

2.6

y=Tahmin edilen bağımlı değişken

x=Bağımsız değişken

b= Doğrunun eğimi(slope)

a= Doğrunun y'i kestiği nokta

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

2.7

$\bar{x}$ = x değerlerinin ortalaması

$\bar{y}$ = y değerlerinin ortalaması

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

2.8

Çoklu regresyon analizi ise aşağıdaki eşitlik (2.9) ile hesaplanmaktadır(Allison, 1999:5).

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

2.9

Yukarıdaki eşitlikte (2.9) x_1 ve x_2 iki ayrı bağımsız değişkeni b_1 ve b_2 ise bu bağımsız değişkenlerin katsayısını göstermektedir.

2.3.5.TEDARİK ZİNCİRİNDE BÜTÜNLEŞİK PLANLAMA

Geleneksel olarak şirketler kendi işletmelerine odaklanarak kendilerini her zaman tedarik zincirinin bir parçası olarak görmemektedirler. Bununla beraber bütünleşik planlama tedarik zincirinin üzerinde durulması gereken en önemli noktalarındandır. Bütünleşik planlamanın etkili ola bilmesi için bütün tedarik zincirinin bilgisine ve katılımına ihtiyaç vardır.

Bütünleşik planlama işletmenin belirli bir zaman diliminde kapasite, üretim, taşıeronluk, stok ve fiyatlandırma seviyelerini belirleme sürecidir. Bütünleşik planlamanın amacı talebi karşılayarak karı maksimize etmektir. (Chopra & Meindel, 2004:206).

Bütünleşik planlama büyük üretim planının bir parçasıdır. Yönetici bütünleşik planlamayı yaparken sadece pazarlama departmanından talep tahminini verilerini değil aynı zamanda birçok etkeni de dikkate alması gerekir. Tedarik zincirinin bütünleşik ve işbirliği içinde hareket etmesinde bilgi sisteminin paylaşımı önem arz etmektedir. Gelişen teknoloji ile sadece malzeme akışını değil aynı zamanda talep, kapasite, üretim planı, finansal durum ve stok gibi birçok bilgi verimli ve etkili yönetile bilmektedir (Barut, Faisst, & Kanet, 2002:161-171).

Planlama yaparken bunlardan birini veya bir kaçını dikkate aldığında istenilen bütünleşik planlama seviyesi gerçekleşmemektedir (disaggregation). Malzeme ihtiyaç planlama (MRP: Material Requirement Planning) sisteminde girdi malzeme bilgileri olduğu için bütünleşik planlama gerçekleşmemektedir (Heizer & Render, 2006,555). MRP ana üretim planına dayanarak son ürünün geleceğe yönelik ihtiyaçlarını saptayan ve bunu malzeme fişleri, envanter durum bilgisi, tedarik süresi bilgisi ile son ürünü üretmek için alt montaj, bileşenler ve hammaddeleri kullanan bilgisayar temelli planlama teknikleri sistemidir (Slack, Blackwell Encyclopedic Dictionary of Operations Management, 1999:111).

Bütünleşik planlamayı tek bir ürün üreten işletmelere ve ya az bileşenden oluşan ürünlere uygulanması basit olmasına rağmen ürün yelpazesi çeşitli ve çok olan işletmelere uygulanması daha komplekstir (Waller, 2003:365).

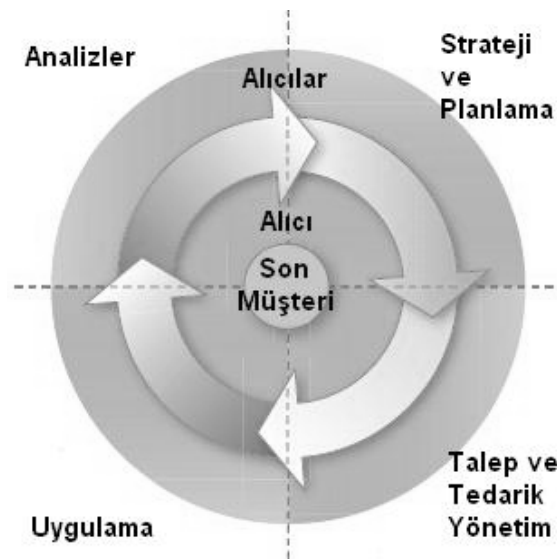
Bütünleşik planlama uygulayıcısının ana amacı belirli zaman dilimi için aşağıdaki parametreleri tanımlamaktır (Chopra & Meindel, 2004:207).

- Üretim oranı: Belirli zaman aralığında tamamlanan birim sayısı (haftalık veya aylık)
- İş gücü: Üretim için gereken işgücü kapasitesi sayısı
- Fazla mesai: üretim planlamada fazla mesai sayısı

- Makine kapasite seviyesi: üretim için gereken makine kapasite ihtiyaçları sayısı
- Taşeron: belirli zaman diliminde gereken taşeron kapasitesi
- Birikmiş siparişler: belirli periyotta karşılanmayarak daha sonraki periyotta karşılanacak talep
- Eldeki stok: Belirli zaman dilimi periyotlarında tutulması planlanan stok miktarıdır.

Bütünleşik planlama stratejileri yukarıda belirlenen parametrelerin bileşkesinden ortaya çıkan kapasite, stok ve birikmiş siparişlerin maliyeti dikkate alınarak karar verilmektedir. Genel olarak üç bütünleşik planlama stratejisi mevcuttur (Waller, 2003: 372-374).

- a) Sabit üretim stratejisi (Level strategy): Üretimin zaman içinde sabit olduğu durumdur. Talepteki dalgalanmalar stoka yapılan üretim ile karşılanmaktadır.
- b) Bütünleşik talep ile senkronize kapasite stratejisi: Üretimin zaman içinde talebe göre hareket etmesi durumudur. Stoka üretim sıfıra yakındır fakat üretim hızını değiştirme maliyetleri mevcuttur.
- c) Karma strateji: Önceki iki stratejinin birleşiminden oluşmaktadır. Özellikle mevsimsel dalgalanmalarda talebin az ve çok olduğu zaman dilimleri için ayrı sabit üretim stratejisi uygulama durumudur.



Şekil 2. 9 CPFR modeli

Kaynak: (Voluntary Interindustry Commerce Solutions (VICS) Association, 2008:17)

Gönüllü Endüstriler-arası Ticaret Standartları Kurumu (VICS: Voluntary Interindustry Commerce Standards Association) tedarik zincirinde koordinasyona Ortak Planlama, Tahmin ve İkmal (CPFR: Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment) referans modelini ortaya koyarak planlama, talep tahmini ve ikmal süreçlerine ortak bir açıdan bakmaya çalışmıştır (Voluntary Interindustry Commerce Solutions (VICS) Association, 2008:5). CPFR'a göre performansı artırmak için satıcılar ve alıcıların, (a)strateji ve planlama, (b)talep ve tedarik yönetimi, (c)uygulama ve (d)analizler gibi dört faaliyete katılmaları gerekmektedir.Şekil 2. 9'da görüldüğü gibi merkezdeki son müşterinin talebini tatmin etmek için satıcı ve alıcı işbirliğine girip ortak çalışmaktadır.

Strateji planlama faaliyetinde satıcı ve alıcı karşılıklı ilişkileri anlamakta, ürün oluşturmakta ve sonuç olarak plan kurmaktadırlar. Talep ve tedarik yönetimi faaliyetinde müşteri ihtiyaçları ve taşıma ihtiyaçları tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Uygulama faaliyetinde sipariş için yerleştirme, alma ve ödeme faaliyetleri ve aynı zamanda hazırlama, dağıtım ve taşıma için satışları kayıt altına alma işlemlerinden oluşmaktadır. En son uygulama kısmı incelenerek ileride geliştirme olanakları analiz edilmektedir.

CPFR'de Elektronik Bilgi Değişimi (Electronic Data Interchange: EDI), barkot, Satıcı Yönetimli Stok (Vendor Managed Inventory: VMI) en önemli araçlardır. Bunlara ek olarak CPFR'ın daha geçerli elektronik çözüm formatı XML teknolojisi ve B2B (Business to Business) değişimidir. 2002 raporuna göre Amerika'nın %70 işletmeleri CPFR uygulamalarının bazı seviyelerine katılmıştır. Bunun sayesinde şirketler ticari partnerlerin gerçek satış bilgilerini yenileyerek toplam tedarik zincirinin görünür olmasından yararlanmışlar (Li, 2007:295).

2.4. TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK PLANLAMASI

Talep belirsizliği, planlamanın doğru yapılmaması, işletmeler arası koordinasyonsuzluk, bilgilerin paylaşılmaması ve hazırlama/sipariş maliyetlerinin yüksekliği gibi birçok nedenlerle tedarik zinciri içindeki işletmeler stok tutmaktadırlar.

Tedarik zincirinde stok seviyyesinin azalması için tedarik zincirinde toplam stok planmasına gidilmesi gerekmektedir.

2.4.1. TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK

Tedarik zincirinde stok yönetimi ve planlaması işletmeler arasındaki rekabet avantajının en önemli unsurlarından biridir. Bu zincir planlamasının esas amacı dış müşteriler ve şebeke dahili ortakların ihtiyaçlarını zamanında, istenilen miktarda ve yerde bulunmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte tedarik zincirinde stok bulundurmanın faydaları ola bileceği gibi fazla stok bulundurmanın da toplam tedarik ağının karlılığı düşürdüğü bir gerçektir (Ross, 1998:194).

2.4.1.1. Tedarik Zincirinde Stok Bulundurmanın Amacı

Sade bir mantıkla stok kümülatif tedarik ile kümülatif talep arasındaki farktır (Ryzin, 2001:1-13). İşletmelerin tedarik zincirinde stok tutulmasının esas nedenleri aşağıdaki gibidir (Gattorna & Walters, 1996:122, Lambert, Stock, & Ellram, 1998:112-116).

- Talep/tedarik dalgalanmalar: Talepteki dalgalanma ve tedarikçi performansındaki belirsizlikten kaynaklanan stoklardır. Bir birini takip eden iki üretim sürerci arasındaki işlem süreleri farklılıklarından ve makine bozuklukları gibi belirsizliklerden dolayı ise “süreç içi stoklar” tutulmaktadır.
- Öngörü: Mevsimsel dalgalanmalar, promosyon ve müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için tutulan stoklar.
- Nakliyat: Nakliyatın hızı ve aynı zamanda maliyeti ile tedarik zinciri kanalında stok tutulması arasındaki dengeden kaynaklanan stoka gidilmeler.
- Fiyat: Stokta tutma maliyetine rağmen ilerideki fiyat artışı avantajından yararlanmak için tutulan stoklar.
- Parti Büyüklüğü: Daha fazla mal alarak taşıma başına maliyeti düşürmek veya büyük miktarda mal alarak fiyat indiriminden yararlanma durumundan kaynaklanan stoklar.

- Uzmanlaşma: Stoklar birçok fabrikası olan işletmelere ürettikleri belirli bir üründe uzmanlaşmaya imkan vermektedir. Bitmiş ürünler daha sonra ambarda müşteri istekleri doğrultusunda birleştirilmektedir. Uzmanlaşmış tesisler “odaklanmış fabrikalar” (focused factory) olarak bilinmektedir.

Stok tutmanın diğer bir nedeni parçanın hareket etmesi için zaman kazandırmasıdır. Kısacası stoklar müşteri servisini daha iyi yapmayı, para tasarruf etmeyi, üretim ve lojistik süreçlerinin fiziksel olarak yapılabilmeyi sağlamaktadır. Genellikle gereken malzemeyi ihtiyaç oldukça almak zor veya pahalıdır. Bundan dolayı stoklar ölçek ekonomisinden dolayı da gerekmektedir. Bunların beraber stoklar aynı zamanda müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için tedarik zincirinin içinde bulundurulmaktadır. Stok bulundurma diğer bir nedeni de sabit üretim stratejisinden kaynaklanmaktadır. Özellikle ürün mevsimsel dalgalanma göstermekteyse sabit üretim stratejisi uygulayan işletmelerde talebin az olduğu dönemlerde stoka üretim yapmaktadırlar (Magee, Copacino, & Rosenfield, 1985:76).

David Viale ise stok tutmanın amacını dört grupta sınıflandırmaktadır; müşteri servisini maksimize etmek, satın alma ve üretimin hızı ve verimini maksimize etmek, stok yatırımlarını minimize etmek, karlılığı maksimize etmek. (Viale, 1996:4-5).

2.4.1.2. Stok Çeşitleri ve Özellikleri

Stokların hepsini bir arada incelemek yanılgıya yol açacağı için stokları durumlarına göre çeşitlendirmek gerekmektedir. İşletmedeki stok çeşitleri için farklı sınıflandırmalar mevcuttur. İşletme içindeki üretim durumuna göre stoklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Tersine, 1988:4).

- Hammadde: tedarikçilerden gelerek üretim için bekletilen stoklardır.
- Süreç İçi stoklar: Mevcut durumda üretim süreçlerinde işlem gören stoklardır.
- Bitmiş Mamuller: Üretimi tamamlanarak müşteri için taşınmasını bekleyen stoklardır.

Yukarıdaki stok çeşitlerine ek olarak işletmede direkt mamule katılmayan ama üretimin devam etmesini sağlayan makine ve ekipman için yardımcı malzemeler(spare parts) ve makine yağı, kağıt ve temizlik malzemeleri gibi tüketilebilen (consumable) malzemeler de bulunmaktadır (Waters, Inventory Control and Management, 2003: 9).

Stoklar işletmede bulunma nedenlerine göre de sınıflandırılmaktadır (Lambert, Stock, & Ellram, 1998:116).

- Çevrim stoku (cycle stock): Satış veya üretim ihtiyaçlarını karşılamak için ikmal edilen stoklardır. Belirlilik durumlarında özellikle talep ve tedarik süresinin bilindiğinde karşılaması için işletmede tuttuğu stoklardır.
- Transit İçi stoklar: Bir yerleşkeden diğerine giderken yoldaki stoklardır.
- Güvenlik stoku: Talep ve tedarik sürersinin belirsiz olduğu durumlarda işletmede tutulan tampon stoklardır.

Tedarik zinciri boyunca işletmelerde stokun özelliği ve bağlı olduğu risk değişiklik göstermektedir(Bowersox & Closs, 1996:245-247).

- İmalat: İmalatçı için stok uzun dönem boyutunda risk taşımaktadır. İmalatçı stok hammaddeden başlayarak, bileşen parçalar, süreç içi stoklar ve nihai ürünleri oluşturmaktadır. Bazı durumlarda bitmiş ürünler toptancı ve perakendecilere yakın ambarlara da yollanmaktadır.
- Toptancılık: Toptancının riski sınırlıdır ama perakendeciden daha derin ve uzun dönemlidir. Ürünün mevsimsel dalgalanma gösterdiği durumlarda toptancılar büyük miktarlarda stok yaparak risklerini daha da artırmaktadırlar.
- Perakende satış: Perakendecilerin temel fonksiyonu stokta perakendeciler ihtiyaçlarını hemen karşılayarak ürün bulundurmaktadır. Bundan dolayı müşteriler evlerinde daha az mal tutarak ihtiyaç duyduklarında perakendecilerden elde etmektedirler (Levy & Weitz, 1998:9). Dolayısı ile perakendecide ürün çeşidi fazladır ve önemli riskler taşımaktadır. Perakendeci riskine geniş ama derin olmadığı söylenebilir.

2.4.1.3. Stok Maliyetleri

Stok politikasına ve diğer unsurlara bağlı olarak birçok maliyet unsurları ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu maliyet unsurları doğrultusunda vereceğimiz sipariş miktarları, sipariş aralıkları ve politikaları belirlenmektedir. Bu maliyetlerden bazıları aşağıdaki gibidir.

- a) Satın alma maliyetleri: Satın alınan ürünün fiyatı veya şirket için üretim maliyetidir (Tersine, 1988:13-14). Elde bulundurma maliyeti fiyat veya üretim maliyetine bağlı olduğu için önemlidir (Silver, Pyke, & Peterson, 1998:44).
 - b) Sipariş/Hazırlama Maliyetleri: Ürünlerin satın alma siparişi veya üretim hazırlıklarında ortaya çıkan sabit maliyetlerdir (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004:121-122). Sipariş hazırlıkları sipariş yazma, özel hazırlanma, siparişi alma, sipariş izleme, faturaların işlenmesi veya fabrika raporları maliyetlerinden oluşmaktadır. Üretim siparişleri ise genellikle demirbaşların montajı, makine ayarları, üretilen ilk ürünün kontrol edilmesi gibi hazırlama faaliyetlerinden oluşmaktadır. İşçi ve makine maliyetleri hazırlama faaliyetinden ortaya çıkan maliyetin bir parçasıdır. Bu maliyetler genellikle “sipariş maliyetleri”(ordering cost) veya hazırlama maliyetleri (setup cost) olarak adlandırılmaktadır (Fogarty, Blackstone, & Hoffmann, 1991:185-186).
 - c) Elde bulundurma maliyetleri: Elde bulundurma maliyet (holding/carrying cost) stokun birim maliyetinin yüzdesi olarak alınmaktadır. Elde bulundurma maliyeti başlıca yatırım maliyetine bağlı kalmakla beraber stok bakımıyla ilgili vergi, sigorta, eskime, bozulma ve kapsadığı alan ile ilgili maliyet unsurlarını kapsamaktadır (American National Standards Institute, 1991:10-5). Her bir işletme kendi elde bulundurma maliyetini hesaplamalıdır. Her bir elde bulundurma maliyeti stok miktarı değiştikçe değişen maliyetlerden oluşmalıdır. Bu maliyetler (1)yatırım maliyeti, (2)stok servis maliyeti, (3)stok alanı maliyeti ve (4)stok riski maliyeti gibi dört grupta sınıflandırılabilir (Stock & Lambert, 2001:196).
- Yatırım maliyeti başka yatırım çeşitlerine yapılabilecek yatırımları hesaba katmaktadır. Birçok işletme tecrübeleri söz konusu oranın %25'e yakın

olduğunu göstermektedir. Üst düzey yöneticiler işletmedeki bütün sermayeyi dikkate alarak yatırımın geri dönüşünü hesaplamaktadırlar. Bu oran “hurdle” oranı olarak bilinmektedir. Stoka yapılan her hangi bir para ise olası geliri kısıtığ düşünülmektedir(Bowersox & Closs, 1996:255). Bu oran Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti (Weighted Average Cost of Capital) yaklaşımı ile hesaplanmaktadır (Brealey & Myers, 1991:465).

$$r = r_D(1 - T_c)\frac{D}{V} + r_E\frac{E}{V}$$

2.10

r_D =İşletmenin borçlanma oranı

T_c =İşletmenin marjinal vergi oranı

r_E =İşletme hisse senetlerinin tahmin edilen geri dönüş oranı

D, E =Borç kaynağının şimdiki pazar değeri

E = Öz Sermeye kaynağının şimdiki pazar değeri

$V=D+E$ =İşletmenin toplam pazar değeri

- Stok servis maliyeti özel vergilerden, yangın ve hırsızlığa karşı ödenen sigortadan oluşmaktadır. Toplanan bu özel vergi ülke ve bölgeye göre değişe bilmektedir. Bu vergi yılın belli günlerinde yapılan sayım sonucu ambardaki ortalama stoka göre verilir. Sigorta maliyeti ise ürünün ve tesisin durumuna göre değişmektedir.
- Stok alanı maliyetini hesaplarken fabrika ambarını, genel ambarlar, kiralanmış ambarlar ve işletmenin kendi ambarları gibi tesislerde meydana gelen maliyetler dikkate alınmaktadır. Meydana gelen sabit maliyetlerden ziyade stok değişikçe artan maliyetler elde bulundurma maliyetinin dahil edilmektedir. Müşteri servis düzeyini artırmak için genel ambarlar kullanılmaktadır ve genellikle bu ambarlara giren ve çıkan stok başına ücret alınmaktadır.
- Stok riski maliyeti eskime, zarar görme hırsızlık ve yer değişme gibi maliyetlerden oluşmaktadır. Belirli bir müddet satılamayan mallar demode olarak değer kaybedebilir. Ayrıca stok miktarına bağlı olarak zarar görme oranı da elde bulundurma maliyetine eklene bilir. Ambarda sıkça görülen çalıntı olayı için yapılan güvenlik maliyetleri de eğer stok miktarına göre değişmekteyse söz konusu orana eklenebilir. Yer değişme maliyetleri ise ürünün demode olmasından kaçınmak için stokların herhangi bir ambarda

tüketilmediği durumda daha iyi tüketilen diğer ambara taşınması durumunda ortaya çıkmaktadır(Stock & Lambert, 2001:199-200).

- d) Stoksuzluk maliyeti: İç ve dış ihtiyaçların karşılanmama durumudur. Müşteri ihtiyaçları karşılanmadığında dış açık (external shortage), organizasyon içi ihtiyaçlar karşılanmadığında iç açık (internal shortage) durumu söz konusudur. Dış açıklar birikmiş siparişler maliyeti (backorder cost), mevcut kar kaybı (present profit loss), gelecek kar kaybı(future profit loss) olarak ortaya çıkmaktadır (Tersine, 1988:14-15). İç açıklar üretim kaybı (makine ve işçilerin kaybı) ve gecikmesine neden olmaktadır. Talebin ortaya çıktığı fakat stokta bulunmama durumunda siparişler ya geciktirilir ya da iptal edilir. Gecikme durumunda siparişin hızlandırılması, taşınması ve paketlenmesi gibi maliyetlere katlanılmaktadır. İhtiyaçların karşılanmam durumunda ise müşteri kaybı ve işletme marka değerinin düşmesi gibi hesaplanması daha zor maliyetler ortaya çıkmaktadır.

2.4.2.BELİRLİLİK ALTINDA STOK YÖNETİMİ

Belirlilik altında stok yönetiminde stokla ilgili parametrelerin deterministik olduğu varsayılmıştır. Stok modellerinden en çok kullanılanlardan biri de “ekonomik sipariş miktarı” yöntemidir. Bu yöntemi analiz için kullanmak aşağıdaki durumlarda uygundur (Silver, Pyke, & Peterson, 1998:150).

- Talep sabit ve deterministiktir.
- Sipariş miktarı için en düşük ve en çok kısıtları mevcut değildir.
- Birim değeri satın alınan miktara bağlı olarak değişmemektedir.
- Maliyet unsurları zamanla değişmemektedir.
- Söz konusu ürün diğer ürünlerden bağımsızdır.
- Tedarik süresi sıfırdır.
- Talep karşılanmaktadır eksiklik mevcut değildir.
- Sipariş miktarları aynı zaman aralıklarında gerçekleşmektedir.
- Planlama ekseni çok uzundur.

2.4.2.1. Tek Ürünlü Ekonomik Sipariş Miktarı

Ekonomik sipariş miktarında sipariş maliyet ve elde bulundurma maliyeti gibi iki maliyet dikkate alınmaktadır. Sipariş miktarı arttıkça toplam sipariş maliyeti azalmakta buna rağmen stokta artış olduğu için toplam elde bulundurma maliyeti artmaktadır (Şekil 2. 10). Ondan dolayı amaç bu iki maliyeti minimize edecek sipariş miktarını bulmaktır.

Kullanılacak rakamlar ve işaretleme sistemleri aşağıdaki gibidir.

Q =Sipariş Miktarı

C_h =Elde tutma maliyeti ($C_h = vr$)

r = elde bulundurma maliyeti oranı

C_o =Sipariş/Hazırlama maliyeti

v = Ürünün değeridir (satış fiyatı değildir). Süreç ve ambalajlama işlemleri boyunca değer ve hammadde eklenmesinin değeridir.

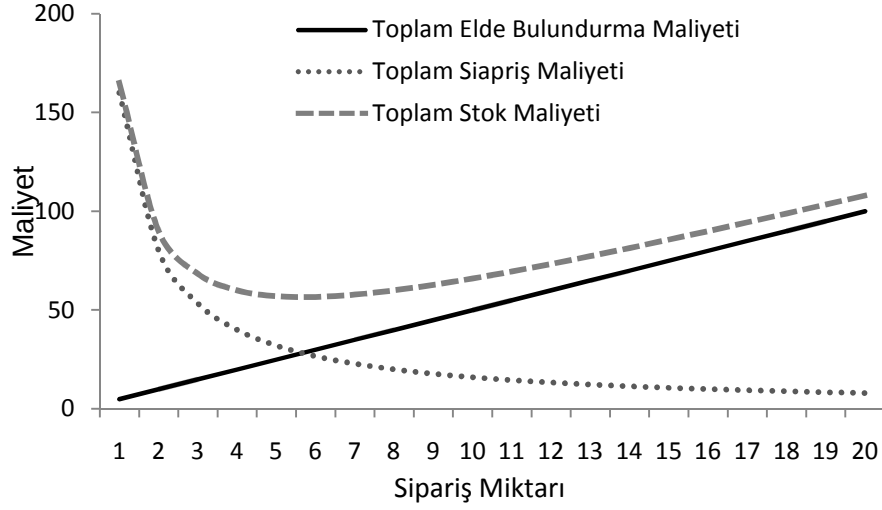
D = Ürünün belirli aralıktaki talebidir.

$TSM(Q)$ = Q miktarı sipariş verildiğinde toplam stok maliyeti (toplam stok değeri hariç)

$THM(Q)$ = Toplam sipariş veya hazırlık maliyeti

$TEBM(Q)$ =Toplam elde bulundurma maliyeti

ESM = Ekonomik sipariş miktarı veya toplam stok maliyetini minimum eden Q miktarı(Q_{opt})



Şekil 2. 10 Sipariş ve Elde Bulundurma Maliyeti

Belirli bir dönemdeki toplam talebi sipariş miktarına bölündüğünde toplam sipariş sayısı (D/Q) elde edilmektedir. Sipariş sayısı sipariş maliyetine çarpıldığında toplam sipariş maliyeti elde edilmektedir.

$$THM(Q) = \frac{D}{Q} C_o$$

2.11

Verilecek sipariş miktarı Q ise o zaman ortalama stok $Q/2$ olacaktır. Ortalama stok ise elde bulundurma maliyeti ile çarpıldığında toplam elde bulundurma maliyeti elde edilir (Smith D. E., 1977:462).

$$TEBM(Q) = \frac{Q}{2} C_h$$

2.12

Toplam elde bulundurma maliyeti (Eşitlik 2.11), toplam sipariş maliyetinin(Eşitlik 2.12) ve stok değerleri(Dv) toplamaları ise toplam yıllık stok maliyetini ($TSM(Q)$) vermektedir.

$$Toplam\ yıllık\ stok\ maliyeti = \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o + Dv$$

2.13

Toplam yıllık stok maliyetinde değişken Q olduğundan ve stok değeri (Dv) sabit olduğundan sadece elde bulundurma ve sipariş maliyetleri odaklandığında toplam stok maliyeti minimize edilebilir(Eşitlik 2.14).

$$TSM(Q) = \frac{Q}{2}C_h + \frac{D}{Q}C_o$$

2.14

Eşitlik 2.14'ün türevi alınıp sıfıra eşitlendiğine (Wisner, Leong, & Tan, 2005:178) toplam stok maliyetini minimum yapan Q eşitliği elde edilir.

$$\frac{dTSM(Q)}{d(Q)} = \frac{C_h}{2} - \frac{DC_o}{Q^2} = 0$$

ve

$$Q_{opt} \text{ veya } ESM = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} = \sqrt{\frac{2DC_o}{vr}}$$

2.15

Elde bulundurma maliyet ve sipariş maliyeti fonksiyonlarının kesişme noktası toplam stok maliyetini minimum yapan Q rakamını vermektedir (Şekil 2. 10). Bundan dolayı Eşitlik 2.14 sıfıra eşitlendiğinde aynı sonuca varılır.

Talep k faktörü ile arttığında optimal sipariş miktarı $\sqrt{k}$ faktörü ile artmaktadır. Yıl içinde verilen sipariş sayısı aynı zamanda $\sqrt{k}$ faktörü ile artmaktadır. Optimal sipariş miktarını k faktörü ile azaltma için sabit sipariş miktarını k^2 ile azaltmak gerekir. Örneğin aylık talep 100 birim iken 400 birime arttığında k faktörü 4'dür ve optimal sipariş miktarı 2 kat artacaktır (Chopra & Meindel, 2004:257).

2.4.2.2. Çok Ürünlü Bütünleşik Ekonomik Sipariş Miktarı

İşletmede birden fazla parça siparişi verildiğinde her birinin sipariş aralıkları ayrı olduğundan sipariş maliyetleri artmaktadır. Birden çok parça için sipariş aralıkları için ortak sipariş aralığı belirlendiğinde toplam maliyet düşmektedir.

Her bir ürünün ayrı özelliği olacağından kendine özel sipariş maliyeti ve genel sipariş maliyeti olduğu varsayılmıştır.

$$C_o^* = C_o + C_{oA} + C_{oB} + C_{oC}$$

2.16

C_o^* =Toplam Sipariş maliyeti

C_o =Genel sipariş maliyeti

C_{ox} =X parçasına özel sipariş maliyeti

n =Sipariş sayısı

$TSM(n)$ = n siparişte toplam stok maliyeti (toplam stok değeri hariç)

Sipariş sayısı yıllık talebin verilen sipariş miktarına bölünmesi ($n = D/Q$) ile elde edilmektedir. O zaman yıllık elde bulundurma maliyeti $QC_h/2$ ise Q 'nün yerine D/n yazıldığında $DC_h/2n$ ($Dvr/2n$) elde edilir. Bütün bunlar dikkate alındığında birden çok parça durumunda toplam stok maliyeti aşağıdaki gibidir (Chopra & Meindal, 2004:258-265).

$$TSM(n) = D_A v_A r / 2n + D_B v_B r / 2n + D_C v_C r / 2n + C_o^* n$$

2.17

Eşitlik 2.17'nin birinci dereceden türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde optimum n_{opt} eşitliği elde edilir(2.18).

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{D_A v_A r + D_B v_B r + D_C v_C r}{2C_o^*}}$$

2.18

Bu yaklaşımın en önemli avantajı kolay yönetilebilmesi ve uygulanabilmesidir. Dezavantajı ise belirli ürünleri beraber sipariş etmede yeterince seçici değildir.

2.4.2.3. ABC Analizi

ABC parçaların önemlerine göre sınıflandırılarak her bir sınıfa önemine göre farklı kontrol yönetiminin kurulmasıdır. A, B, C harfleri önemine göre ayrılan farklı grupları temsil etmektedir (Fogarty, Blackstone, & Hoffmann, 1991:176-181).

Bazen Pareto Analizi ve "80-20 kuralı" de adlandırılan bu yöntemin başlangıcı Vilfredo Pareto tarafından temeli atılmıştır. Eldeki %20 stoka %80 önem verilmesi gerekirken %80 stoka ise %20 önem verilmesi mantığına dayanmaktadır (Waters, Inventory Control and Management, 2003:207-210). Bu açıdan bakıldığında aşağıdaki durum ortaya çıkmaktadır.

- En pahalı A ürünleri özel,
- Sırdan olan B ürünleri standart,
- Büyük miktarda olan ucuz C parçaları ise en az sorumluluk ve bakımı gerektirmektedir.

A ürünleri için talep tahminini geliştirmek için özel talep tahmin teknikleri kullanılarak daha sık aralıklarla sayım yapıla bilir. C ürünleri için ise sabit sipariş miktarları kullanılarak daha az sıkı stok kontrol yöntemleri kullanıla bilir (Greasley, 2006:278-279).

2.4.2.4. Malzeme İhtiyaç Planlaması

Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) ana üretim planına dayanarak son ürünün geleceğe yönelik ihtiyaçlarını saptayan ve bunu malzeme fişleri, envanter durum bilgisi, tedarik süresi bilgisi ile son ürünü üretmek için alt montaj, bileşenler ve hammaddeleri kullanan bilgisayar temelli planlama teknikleri sistemidir (Slack, Blackwell Encyclopedic Dictionary of Operations Management, 1999:111). MİP sisteminin üç temel girdisi vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir (Tersine R. J., 1985:500).

- 1) Ana Üretim Planı (Master Production Schedule)
- 2) Ürün Yapısı Dosyası (The Product Structure File)
- 3) Envanter Ana Dosyası (Inventory Master File)

MİP sistemi tasarımı, ana üretim planına uygun olarak geliştirilir. Ana üretim planının (AÜP) kapsadığı zaman süresi, planlama döneminin tümüdür. Bu planlama döneminin tüm malzemelerin temini ve/veya üretimi için gereken toplam zamandan büyük olması gereklidir. AÜP'ün oluşturulmasında satış tahminleri, üretim tahminleri, müşteri siparişleri, depo talebi, fabrika içi siparişler, yönetim kararları, satıcı, kapasite ve materyal sınırları gibi yedi temel grup etkendir (Landvater, 1989:39).

MİP sistemi bir kere AÜP oluşturulduktan sonra, hangi bileşen parçaların planlamasına ihtiyaç olduğunu kararlaştırmak üzere ürün yapısı dosyasını kullanır. Ürün ağacı, bitmiş bir ürün için gerekli montaj, alt montaj, parça ve hammadde listesini içerir.

Envanter ana dosyası envanterdeki bütün parçaların durumunu kapsar (Sipper & Bulfin, 1997:337). Sistem tarafından kontrol edilen tüm malzemeler için malzeme kodu, eldeki miktarı, güvenlik stoku miktarı, sipariş miktarı, temin süresi, temin yeri gibi bilgilerin tutulduğu bir veri setidir.

Tablo 2. 4 Malzeme İhtiyaç Planlaması Matrisi

Parça : C ASK: 1 P.B : 200 T.S : 4	1	2	3	4	5	6	7	8
Brüt İhtiyaçlar					300			
Liste Alımları								
Öngörülen Eldeki Mevcut	130	130	130	130	30	30	30	30
Net İhtiyaçlar					170			
Planlanan Siparişler					200			
Planlanan Sipariş Serbest Bırakımları	200							

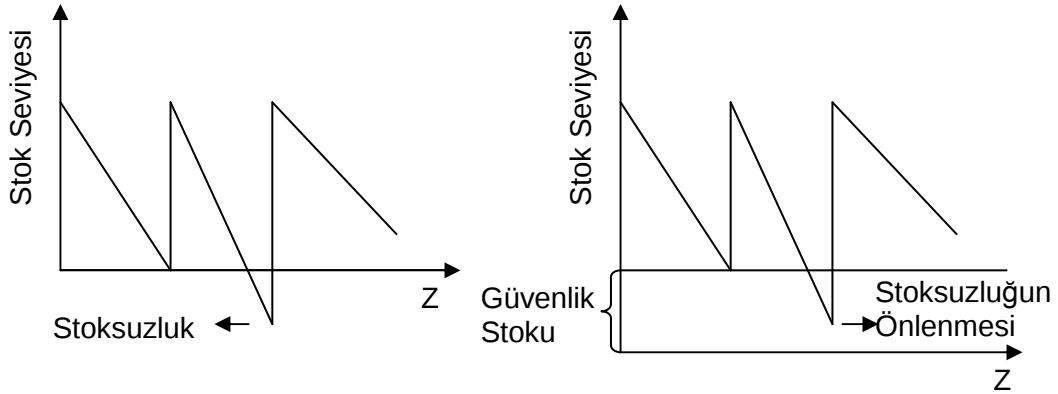
MİP'de yapılan hesaplamalar Tablo 2. 4'de MİP matrisinde gösterilmiştir. Bu matriste C parçası ele alınmıştır. C parçasının alt seviye kodu(ASK) birdir, bu seviye kodu onun ana ürünün bir alt bileşeni olduğunu göstermektedir. C parçasına beşinci periyotta 300 birim ihtiyaç duyulmakla beraber stokta 130 birim bulunduğundan işletmenin söz konusu dönemde net ihtiyacı 170 birimdir. Parti büyüklüğü (P.B) 200 birimin katları ve tedarik süresi (T.S) 4 periyot olduğundan 5. periyottan 4 periyot geri gidilerek birinci periyotta planlanan sipariş serbest bırakımları 200 birim olarak gerçekleşmektedir.

2.4.3.BELİRSİZLİK ALTINDA STOK YÖNETİMİ

Belirlilik durumunda maliyetlerin, talebin ve tedarik süresi gibi diğer değişkenlerin bilindiği varsayılmıştır. Fakat gerçek hayatta bu değişkenler genellikle belirsizdir ve işletmenin kontrolü dışındadır. Her bir organizasyon uluslararası ticaret koşullarında, yerel ekonomi, devlet politikası, işletme çevresi, rekabet ortamı ve tedarik zincirindeki diğer organizasyonlar kontekstinde çalışmaktadır ve bunlar talep, maliyetler, tedarik süresi ve dağıtım gibi alanları etkilemektedirler. Stok yönetimi için ise talep ve tedarik süresinin belirsizliği çok önemlidir ve bu açığı güvenlik stoku ile kapatmaktadırlar (Waters, Inventory Control and Management, 2003:149).

Güvenlik stoku talepte ve tedarıkte meydana gelen dalgalanmalardan kaynaklanan stoksuzluk durumunu ortadan kaldırmak için işletme tutulan stok miktarıdır(Şekil 2. 11). Genellikle nihai ürünler için kullanılmakla beraber bozulmalar, ıskarta durumlarını telafi etmek için de işletmede tutulmaktadır (Viale, 1996:32).

Güvenlik stokunun ürün bulunurluluğunu zedelemeyen az tutulması tedarik zincirinin en önemli başarılarından sayılmaktadır. Ürün fiyatlarının düştüğü 1998 yılında Compaq bilgisayar işletmesi 100 günlük stok bulundurmasına rağmen Dell sadece 10 günlük stok bulundurduğundan dolayı Compaq'ın karlılığını düşürmüştür (Chopra & Meindel, 2004: 298).



Şekil 2. 11 Güvenlik Stoku Kullanımı

Güvenlik stok stratejisi seçiminde güvenlik stoku seviyesi, güvenlik stoku yatırımı, müşteri servis seviyesi ve stoksuzluk riski gibi etmenler önem taşımaktadır. Stok politikası ayarları yatırım ve müşteri servis seviyesi politikalarının kurulmasıyla başlar. Daha sonra stok planlaması güvenlik stoku miktarını belirleyip yöntem ve değişkenleri seçerek bu tekniğin zaman içinde hedef politikasını karşılama durumu değerlendirilir. Stoksuzluk durumu meydana geldiğinde ise stok kontrol faaliyetleri bu probleme yönelir (Bernard, 1999:339-340).

Güvenlik stokunu belirlemenin en iyi yöntemi yeniden sipariş miktarının (ROP)kullanılmasıdır. Yeniden sipariş miktarına tampon görevi gören güvenlik stoku eklenmektedir. Belirlilik durumunda yeniden sipariş miktarı günlük talep ile tedarik sürersinin çarpımına eşittir (Render & Stair, 1992:456).

d = Günlük talep miktarı

L =Siparişin tamamlanma süresi

$$ROP = d * L$$

Belirsizlik durumunda ise yeniden sipariş miktarına güvenlik stoku (ss) eklenmektedir.

$$ROP = d * L + ss$$

2.19

Güvenlik stokunun miktarı stoksuzluk maliyeti ve elde bulundurma maliyetine bağlı olarak değişmektedir. Eğer stoksuzluk maliyetini hesaplamak zor ise yönetici Eşitlik 2.20'de gösterildiği gibi müşteri servis seviyesine göre güvenlik stoku ($ss = Z\sigma_{dL}$) miktarını belirlemektedir.

σ_{dL} =Tedarik süresince talebin standart sapması

σ_d = Günlük talebin standart sapması

σ_L = Tedarik süresinin standart sapması

$$ROP = \text{Tedarik süresince tahmin edilen talep} + Z\sigma_{dL}$$

2.20

Tedarik süresinin ve talebin belirsiz olduğu durumlarda güvenlik stoku belirlenirken aşağıdaki üç durumla karşılaşılmaktadır (Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1995,s.159, Heizer & Render, 2006,s.495-496).

$\bar{d}$ =Ortalama günlük talep miktarı

$\bar{L}$ =Ortalama tedarik süresi

a) Talebin değişken ve tedarik süresinin sabit olduğu durum.

$$ROP = \bar{d} * L + Z\sigma_d\sqrt{L}$$

2.21

b) Tedarik süresinin değişken ve talebin sabit olduğu durum.

$$ROP = d * \bar{L} + Zd\sigma_L$$

2.22

c) Tedarik ve talebin her ikisinin değişken olduğu durum.

$$ROP = \bar{d} * \bar{L} + Z \sqrt{\bar{L}\sigma_d^2 + \bar{d}^2\sigma_L^2}$$

2.23

Birden fazla ürünün güvenlik stoku hesaplanırken kullanılan standart sapma (σ_p)'lar aralarında bir ilişki olmadığı dikkate alındığı varsayıldığından ürünün talep standart sapmaları (σ_{drp}) kareleri toplamının kareköküne eşittir (Scott, 2005,1).

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_r \sum_p \sigma_{drp}^2}$$

2.4.4.TEDARİK ZİNCİRİNDE STOK YÖNETİMİ

Stoku sadece bir işletme bazında analiz etmek tedarik zincirinin yararını göz ardı etmek anlamına gelmektedir. Bundan dolayı stok ile ilgili kararlarda tüm tedarik zinciri göz önünde tutulması gerekmektedir. Çok kademeli stok kararlarında zincirdeki ambarın kararı perakendecinin stok kararına bağlıdır. Çok aşamalı üretim durumu(hammaddeler, parçalar, alt bileşenler, bileşenler) kavramsal olarak çok kademeli üretim durumuna benzemektedir. Burada çok kademeli stok sistemi üzerinde durulacaktır.

Tedarik zinciri çok uzun veya geniş ise bu tedarik zincirinde çok stok bulundurulmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı tedarik zinciri tasarımında dikkate alınacak faktörlerden bir tanesi de tutulacak stok miktarına göre karar vermekte ve aşağıdaki eşitlik göz önüne alınmaktadır (Waters, Inventory Control and Management, 2003:12-13).

$$AS(N_2) = AS(N_1) \sqrt{\frac{N_2}{N_1}}$$

2.24

N_2 = Planlanan gelecek tesis sayısı

N_1 = Şimdiki tesis sayısı

$AS(N_2)$ = N_i tesisde toplam stok

Bu durumda Eşitlik 2.24 kullanılarak tedarik zincirindeki ambar sayısı 4'den 16'ya çıkarılırsa tedarik zincirindeki toplam stok iki kat artacaktır.

2.4.4.1. Tedarik Zincirinde Belirlilik Altında Stok Yönetimi

Dış talep oranının bilindiği ve sabit olduğu varsayılarak sadece perakendeci ve toptancı stok durumları incelenmiştir. Bu durumda toptancı ve perakendeci siparişi olmak üzere sırasıyla Q_w ve Q_R siparişi söz konusudur. Siparişler arasındaki ilişki " n " katsayısı(Eşitlik 2.25) ile belirlenmektedir.

Q_w = Toptancının sipariş miktarı

Q_R = Perakendecinin sipariş miktarı

v_w = Birim parçanın toptancıdaki değeri

v_R = Birim parçanın perakendeci değeri

C_{ow} = Toptancının sipariş maliyeti

C_{oR} = Perakendecinin sipariş maliyeti

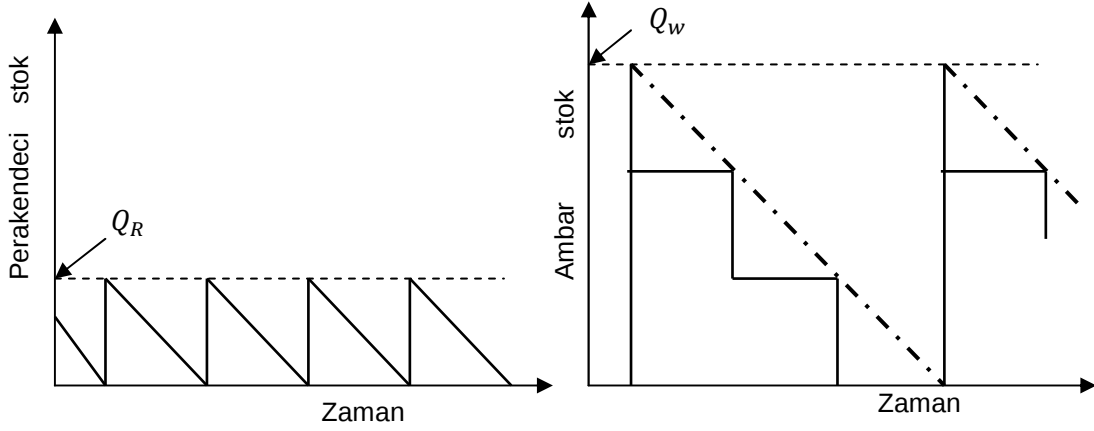
$$Q_w = nQ_R$$

2.25

(a)

(b)

Şekil 2. 12'de görüldüğü gibi talebin belirli ve sabit olmasına rağmen ambardaki stok azalması ((b)) perakendecide olduğu gibi ((a)) testere dişleri şeklinde azalmamaktadır. Bunun sebebi ambardan stok çekişlerinin Q_R şeklinde olmasıdır. Ortalama stok seviyesi tedarik zincirinde daha karmaşık hale gelmektedir. Clarck ve Scarf (1960) tarafından bu durumu daha kolay ifade etmek için kademeli stok (echelon stock) kavramı ortaya atılmıştır. Kademeli stok j kademesinde bulunan birim sayısı veya dıştaki müşteriye daha ulaşmamış j kademesi stoklarını ifade etmektedir. Bununla birlikte her bir tedarik zincirindeki elde bulundurma maliyetini vr şeklinde ifade edilmesi doğru olmamaktadır. Çünkü kademeli stok birden çok tedarik zincirinde ortaya çıkmaktadır. Bunun için her bir tedarik zincirinde eklenen değerler dikkate alınacaktır ve bu eklenen değerlerin elde bulundurma maliyeti hesaplanacaktır.



(b)

(b)

Şekil 2. 12 İki Aşamalı Süreçte Stok Seviyeleri

Kaynak: (Silver, Pyke, & Peterson, 1998:478)

Toptancı ve perakendecinin olduğu örnekte ambarda kademeli stok $v'_w = v_w$ değeri ile başlamakta perakendecide ise $v'_R = v_R - v_w$ değeri dikkate alınmaktadır. Her hangi bir kademede stok aşağıdaki gibi değerlendirilecektir.

$$v'_R = v_i - \sum v_j$$

2.26

İki aşamalı durumda birim zamanda toplam elde bulundurma maliyeti ve sipariş maliyeti aşağıdaki gibidir.

$\bar{I}'_w$ = Ambar kademeli stokun birim olarak ortalama değeri

$\bar{I}'_R$ = Perakendeci kademeli stokun birim olarak ortalama değeri

$$TSM(Q_w, Q_R) = \frac{C_{ow}D}{nQ_R} + \bar{I}'_w v'_w r + \frac{C_{oR}D}{Q_R} + \bar{I}'_R v'_R r$$

2.27

$\bar{I}'_w = Q_R/2$ ise $\bar{I}'_R = n Q_R/2$ olur ve eşitlik 2.27'de yerine konursa aşağıdaki eşitlik (2.28) elde edilir.

$$TSM(Q_w, Q_R) = \frac{C_{ow}D}{nQ_R} + n \frac{Q_R v'_w r}{2} + \frac{C_{oR}D}{Q_R} + \frac{Q_R v'_R r}{2}$$

2.28

Tedarik zincirinde bir sonraki aşamanın (örnekte perakendeciden sonra toptancı gelmektedir) sipariş miktarını belirleyecek n katsayısı ise aşağıdaki eşitlik (2.29) ile belirlenmektedir (Silver, Pyke, & Peterson, 1998:480).

$$n^* = \sqrt{\frac{C_{ow}v'_R}{C_{oR}v'_W}}$$

2.29

Perakendecinin vereceği sipariş miktarı ise aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

$$Q_R = \sqrt{\frac{2 \left[C_{oR} + \frac{C_{ow}}{n} \right] D}{[nv'_W + v'_R]r}}$$

2.30

Perakendecinin vereceği sipariş miktarı Q_R ve katsayısı n belirlendikten sonra $Q_W = nQ_R$ hesaplanmaktadır.

2.4.4.2. Tedarik Zincirinde Belirsizlik Altında Stok Yönetimi

Tedarik zincirindeki işletmeler güvenlik stokunu ayarlaya bilmesi için tedarik belirsizliğini bilmesi gerekir. Sipariş geldiğinde tedarikçide yeteri düzeyde stok bulunduğunda tedarik süresi kısadır. Fakat sipariş geldiğinde tedarikçinin stoku yeterli olmadığında tedarik süresi uzamaktadır. Bu şekilde tedarikçi güvenlik stoku seviyesi artırdığında alıcı güvenlik stoku seviyesini azaltmak durumundadır. Çok kademeli tedarik zincirinde bu durum güvenlik stokunun bir biri ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Chopra & Meindl, 2004:329).

Tedarik zincirinde belirsizlik altında (olasılıklı talep) çok kademeli stok üzerine ilk çalışmalardan biri Clarck ve Scarf (1960) tarafından yapılmıştır. Çalışmada perakendeci aşağı seviye (downstream) tedarikçi ise yukarı seviye (upstream) olarak gösterilmiştir. Sabit maliyet sadece yukarı seviyede dikkate alınmıştır. Geri kalan aşamalarda sipariş maliyeti sipariş miktarının doğrusal fonksiyonudur. Stoksuzluk maliyeti mevcuttur ve planlama süresi sınırlıdır. Bu çalışmada her bir kademe için bir birinden bağımsız nasıl bir stok politikası geliştirile

bileceği gösterilmiştir. Her bir kademedeki tesisin stok politikası belirlenen optimal kademe stokuna yakınlaşmasıdır. En yukarıdaki seviye ise politikasını kademe stokuna dayanarak belirlemektedir(Clark & Scarf, 1960:775-490). Daha sonra Clark ve Scarf çalışmasını genişleterek her bir tesis için sabit maliyeti dikkate alarak optimal çözüme ulaşmaya çalışmıştır (Clark & Scarf, 1962:88-100).

BÖLÜM 3. YALIN TEDARİK ZİNCİRİ

Yalın düşüncenin başarılı ola bilmesi tedarik zincirinde sadece bir işletmenin yalın olması ile mümkün değildir. Yalın üretimin en önemli problemlerinden biri yöneticilerin bu kavramı bütünleşik sistem olarak görmemesinden kaynaklanmaktadır. Diğer bir problem ise yalın üretimin TZÜ, kaizen ve andonları kullanan tesis-imalat projesi olarak görülmesidir (Wincel, 2004: ix). Yalın düşüncenin başarısı bütün tedarik zincirinde yaygınlaştırılması ve uygulanması ile paralellik arz etmektedir.

Alıcı için yalın tedarikin kalbinde tedarikçinin de desteği ile genişletilmiş TZÜ ile tek parça akışı kavramı yatmaktadır. Özellikle yalın üretimde her bir üretim adımı arasındaki sıkı bir ilişki olduğundan her hangi bir adımda meydana gelen arıza tüm tedarik zincirini durdurmaktadır. Yoğun bir güvene ihtiyaç duyulan yalın üretim sistemlerindeki tedarikçi bağlantılarının sıkı olması ilişkilerinin gelişmesini mecburi kılmaktadır (Cooper & Slagmulder, 1999:83).

Yalın tedarik zinciri *“bireysel müşteri ihtiyacını verimli ve etkili bir şekilde çekerek ürünlerin akışı, hizmetler, kaynaklar ve bilginin bütünleşik çalışarak maliyetleri ve israfları azaltan yukarı ve aşağı akışı bir başa bağlantısını kuran organizasyon setidir”* (Vitasek, Manrodt, & Abbott, 2005:40).

3.1. YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİN ÖZELLİĞİ

APICS (2005)'e göre Yalın tedarik zincirinin geliştirilmiş talep yönetimi, israf ve maliyetin azaltılması, süreç ve ürün standardizasyonu, endüstri standartlarına adaptasyon, kültürel değişim ve çapraz-şirket işbirliği şeklinde altı özelliği bulunmaktadır.

3.1.1. GELİŞTİRİLMİŞ TALEP YÖNETİMİ

Yalınlığın önemli prensiplerinden bir tanesi çekme sistemini harekete geçirmektir. Burada son müşteri tarafından ihtiyaç olduğu zaman ürünler ve hizmetler çekilmektedir. Bunun soyut hali satış noktasından verilerin kullanılması ve tedarik zincirindeki tüm üyelerinden miktarını değişmeksizin ters akışa doğru bir-bir taşınmasıdır (Abbott, Manrodt, & Vitasek, 2005).

Bilgilerin tedarik zinciri boyunca toplanması barkot ve POS (Point-of-Sale) bilgi toplayıcısının başlangıcıyla daha da artmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile beraber ürüne, kutuya veya palete yapıştırılan etiketi uzaktan okuya bilen radyo dalgasıyla, radyo frekans toplayıcısı en son bilgi toplayıcı aygıtı durumunu gelmiştir (Zylstra, 2006:27).

3.1.2. İSRAF VE MALİYETİN AZALTILMASI

Geniş anlamda israf zaman, stok, süreç fazlalığı veya rakamsal israf da olabilmektedir. Tedarik zinciri ortakları israf süreci ve zincir boyunca fazla envanteri elemek için ortak ve bireysel olarak çalışmaları gerekmektedir (Abbott, Manrodt, & Vitasek, 2005:13).

3.1.3. SÜREÇ VE ÜRÜN STANDARTİZASYONU

Süreç standardizasyonu yalın üretimin şirkette akışın devam etmesinin meydana gelmesini mümkün kılan önemli prensibidir. Akış ürün veya hizmetin müşteriye kadar sistem boyunca kesintisiz hareketidir. Akışın genel engelleri sıra (kuyruk), dizi süreci ve taşımadır. Bu yol tıkayıcılar ürün ve hizmetin başlangıcından dağıtıma kadar süreyi yavaşlatmaktadırlar.

“Akış” veya “değer akışı” perspektifi dikeyden yatay düşünceye kadar değişmektedir. Yatay düşünce tedarikçilerden organizasyon boyunca müşterilere kadar değer akışının akıntısında faaliyetlere bağlanmak için fonksiyonlar ve bölümlerin geleneksel dikey yapısı boyunca görülmesi manasına gelmektedir. Diğer anlamda, organizasyonda bireysel unsurların verimliliği noktasına konsantre

olmaktansa sistem verimliliği üzerine odaklanmaktadır. Karmaşıklığı azaltmak için malzemeler ve süreçler tedarik zinciri boyunca standartlaşma yapıldığı zaman akış mümkün olmaktadır. Tedarik zincirini içeren süreçlerinin eksiksiz anlama zincirde ortaklara standartlaşma önemli süreçleri yönünde çalışmaya ve çalışmayı daha çok verimli noktaya değiştirmeye yardımcı olacaktır. Planlama ve üretim İşletmelerin en önemli geçiş süreçlerindendir (Abbott, Manrodt, & Vitasek, 2005: 15).

3.1.4.ENDÜSTRİ STANDARTLARINA ADAPTASYON

Endüstri alanında standartlaştırma sadece müşteriler yararlanmamakta aynı zamanda üretim varyasyonları karmaşıklığını azaltma noktasında işletmeler de faydalanmaktadır.

Endüstri standartları mümkün olduğu yerde kullanılmalı ve tedarik zinciri üyeleri bu gövdeye katılmalıdır. Ürünlerin standartlaştırılması ürünleri kullanan müşteriler için yararlı olacaktır ve kullanışlılığını artıracaktır. Bununla birlikte ürünün çeşit özelliğini azaltarak verimli tedarik zinciri gibi rekabetçi faktörleri daha önemli yapacaktır (Abbott, Manrodt, & Vitasek, 2005:16).

Tedarik zincirinde süreç standardizasyonu ile ilgili Amerikan Verimlilik ve Kalite Merkezi (APQC: American Productivity & Quality Center) ve Tedarik Zinciri Konseyi'nin (SCC: Supply-Chain Council) bir sıra çalışmaları vardır. APQC insan kaynaklarından tedarik zincirine kadar Süreç Sınıflandırma Yapısı (Process Classification Framework) geliştirmiş (American Productivity and Quality Center, 2008), SCC ise planlama, dağıtım, üretim, dağıtım ve iade gibi tedarik zinciri yönetimi süreçlerini tanımlamıştır (Supply-Chain Council, 2008). Model işletmelere kendi süreçlerini etkili biçimde değerlendirmeyi, performanslarını diğer işletmelerle karşılaştırmayı, benchmark yapmayı ve en iyi uygulama bilgisini kullanmayı, özel rekabet avantajı izlemeyi, uygulanan değişikliklerin hesaplanmasını, özel süreç ihtiyaçlarına uygun en iyi yazılım araçlarını tanımlamayı sağlamaktadır (Stewart, 1997: 63).

3.1.5.KÜLTÜREL DEĞİŞİM

Yalın düşüncenin tedarik zincirinde gelişimi için çalışan işçilerin yalın düşünceni benimsemesi ve uzun yıllar uyguladığı eski alışkanlıklarından vazgeçerek yeni bir kültüre ayak uydurması gerekmektedir. Bundan dolayı kültürel değişim organizasyonda karşılaşılabilecek en önemli problemlerdendir. İyi bir kültürel değişim için çalışanın belirsizlik durumunda neler olacağını, geleceğin nasıl gerçekleşeceğini veya neyi farklı yapacağı zaman başarı getireceğini gösteren açık bir yol haritasına ihtiyaç vardır (Vitasek, Manrodt, & Abbott, 2005: 44).

Yalın tedarik zincirinin gelişimi için organizasyonda veya tedarik zincirinde (a)kıdemli yönetim, (b)yalın tedarik şampiyonları ve (c)yönetim ile operasyonsal memurlar gibi üç gruba tedarik zinciri prosesinde sorumluluk yüklenmesi gerekmektedir. Kıdemli yöneticiler gerekli desteği vere bilmeleri için yalın tedarik zincirinin geliştirmenin yararlarını iyice anlaması gerekir. Her bir işletmede aynı zamanda tecrübeli çalışanlardan oluşan ve toplam tedarik zincirinin gelişiminden sorumlu “yalın tedarik zinciri şampiyonları” grubuna ihtiyaç var. Üçüncü grup ise proseslerin içinde olup direkt gelişiminden sorumludurlar. Bu grubun insanları çalışma alanında israfları görmekte ve gelişme fırsatlarının farkına varmaktadırlar (Taylor, 1999: 315).

3.1.6.ÇAPRAZ-ŞİRKET İŞBİRLİĞİ

Çapraz-şirket grupları tedarik zinciri işbirliğinin en önemli uyarlayıcısıdır. Yalın tedarik zincirinde bu gruplar şirket içine odaklanmadan çok bütün tedarik zinciri için çalışmakta ve bütün üyelerin faydası için çaba göstermektedirler (Vitasek, Manrodt, & Abbott, 2005:44-45).

3.2. YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİNİN BİLEŞENLERİ

Yalın tedarik zincirinin başarılı ola bilmesi için tedarik zincirinin tüm bileşenlerin (tedarik zincirindeki işletmeler) yalınlığı benimsemesi gerekmektedir.

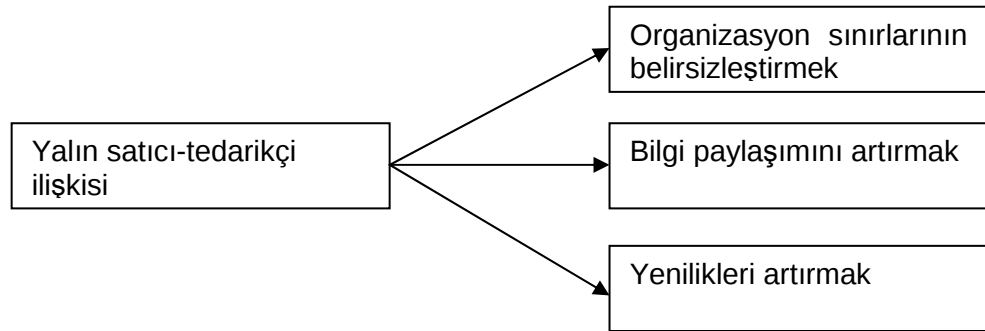
Aşağıda tedarik zincirini meydana getiren perakendeci-bayi, depo, işletme, tedarikçi ve dağıtım yalın tedarik zinciri içindeki rolü açısından değerlendirilmiştir.

3.2.1.YALIN TEDARİKÇİLER

Genellikle yalın yaklaşım ana işletmeler tarafından tedarikçilere doğru ilerlemektedir. Bu yaklaşım farklı satıcı-tedarikçi ilişkisi, satın alma sistemi ve tedarikçi geliştirme gibi birçok yeni yaklaşımı ortaya koymaktadır.

3.2.1.1. Satıcı ve Tedarikçi İlişkileri

Yalın imalatçılar seri üretimin aksine her bir parça için genellikle bir yalın tedarikçi ile çalışırlar. Bu şekilde tedarikçilerin mükemmel yakın ürünü zamanında dağıta bileceğine inanılmaktadır (Cooper & Slagmulder, 1999:85). Mevcut sanayici sayısı üç yol ile azaltılabilmektedir;(a) Japonya'da olduğu gibi ana parçaların tamamını birinci kademe yan sanayicilere sipariş edilerek yan sanayiciler kademelendirilir, (b) ana parça içindeki parça sayısı azaltılarak parça sayısı azaltılır veya (c) önceden iki veya üç yan sanayiciden alınan parçalar tek kaynaktan alınır (Womack, Jones, & Roos, 1990:162).



Şekil 3. 1 Yalın Satıcı-Tedarikçi İlişkileri Genel Karakteristiği

Kaynak:(Cooper & Slagmulder, 1999:103)

Yalın işletmeler organizasyon sınırlarının kaldırarak, bilgi paylaşımını ve buluşları artırarak ilişkilerden fayda sağlamaktadırlar (Şekil 3. 1). Sınırların

kaldırılması işçi paylaşımı, araştırma/geliştirme paylaşımı ve yapılan yatırımlarla sağlanmaktadır (Cooper & Slagmulder, 1999:102).

3.2.1.2. Tedarikçi Geliştirme

Alıcı işletme tedarikçilerinin sağladığı ürün kalitesi, maliyet ve zamanında dağıtım gibi özelliklerini yeteri bulmadığında üç durumla karşı karşıya kalmaktadır; (a)ürünü kendisi üretecek, (b)tedarikçisini değiştirecek veya (c) tedarikçisini geliştirecek. Bu durumda en iyi yol tedarikçilerin performansını geliştirerek rekabet avantajı sağlamaktır(Handfield, Krause, Scannell, & Monczka, 2000: 37). Yalın üretimde alıcılar tedarikçilerin yalın duruma gelmesi için çaba harcamaktadırlar.

Toyota firması ve tedarikçileri arasında TPS bilgisinin yayılımı ve gelişimi ile ilgili Toyota üretim kontrolü bünyesinde 1970 yılında Operasyon Yönetimi Danışmanlığı Birimi (OYDB: The Operations Management Consulting Division) kuruldu. Bu birim dahilinde yalın düşüncenin tedarikçilere empoze edilmesi için daha önce fabrika çapında eğitimlerde yer almış ve tecrübe toplamış 50 tedarikçi geliştirme mühendisi yer alarak Jishuken grupları altında faaliyet göstermekteydiler. Toyota'nın eğittiği tedarikçilerin bazılarının da ikinci katman tedarikçileri için OYDB'leri mevcuttu. Ayrıca tedarikçiler Kyohokai tedarikçi birliği gibi ağlar kurarak kendi aralarında gelişmekteydiler. Nissan'da ise tedarikçiler birliği daha sonra birleşen Takarakai ve Shohokai adı altında birleşmiştiler. (Sako, 2003:1-44).

Honda'nın Amerika'daki merkezi yalın üretim prensiplerini tedarikçilerine aktarmak için BP ismiyle geniş bir program geliştirmiştir. BP İngilizcede iyi süreç (best process), iyi performans(best performance) ve iyi uygulama(best practice) kelimelerinin ilk harfine denk gelmektedir. Honda'nın çapraz fonksiyonlu işçi grubu tedarikçi işçileri ile tedarikçilerin fabrikasında belirli proje hedefi üzerinde haftalık ve aylık olmak üzere çalışmaktadırlar. Bu şekilde BP tedarikçilerin performansını büyük ölçüde artırmaktadır (MacDuffie & Helper, 1997).

3.2.1.3. Satın alma Sistemi

TZÜ satın alma kavramı tedarikçileri fabrikaya yakın tutarak ve küçük miktarlarda sipariş vererek tedarik sürelerini azaltmayı ve sonuç olarak tedarikçinin bir periyottaki iş yükünü azaltmaya çalışmaktadır. Yalın tedarikin en önemli özelliklerinden bir tanesi tedarikçilerle iş birliğine gitmesi ve şirket stratejisi geliştirirken uygun satın alma rolünün açık bir şekilde tanınmasıdır. Tedarikçi dıştaki rakip olarak gözükmektense şirketin dışındaki ortağı olarak görülmektedir(Gunasekaran, 1999:77-84).

Küçük hacimli, en az hatalı, sık sevkiyat, daraltılmış ve parça bazında tek satıcı, uzun dönemli satın alma sözleşmeleri, taraflar arası işlemsel mali şeffaflık, işbirliği ağırlıklı ilişkiler yalın satın alma'nın temel niteliklerindendir. Satın alma sisteminin tasarımı aşağıdaki çerçevede ele alınmaktadır (Acar, 1997: 28-35).

- Teslimat çizelgesinin doldurulması
- Satıcı şebekesinin kurulması
- Birleşik ürün tasarımı
- Birleşik değer analizi programları
- Sözleşme yükümlülükleri
- Teslimat süreci
- Sözleşmeli nakliyeciler

3.2.1.4. Yalın Tedarikçi Ağı

Alıcı ve satıcılar arasında oluşturulan şebekenin mümkün olduğunca basit düzeyde tutabilmek, iletişimi kolaylaştırıp, sorumluluğu artıracağı için çok önemlidir. Oluşturulan şebekedeki zayıf noktalar ise diğerlerinin satışları ve karlılığı açısından bir engel oluşturacağından hatanı devamı durumunda şebekeden çıkarılacaktır. Bundan dolayı şebeke çerçevesinde teslim tarihleri ve miktarlarına kesinlikle uyulması gerekmektedir (Acar,1997:30).

Yalın tedarikçi ağının oluşturulması için sırasıyla vizyon tanımlanmalı, tedarikçi ağı stratejik planı oluşturulmalı, yalın kültür kurulmalı, yalın uygulama planı

geliştirilmeli, yalın uygulamaya başlanmalı ve sürekli gelişme sağlanmalıdır. Özellikle yalın uygulama planı geliştirilmesi için aşağıdaki uygulama adımları izlenmektedir (Bozdoğan, 2004:1-70).

- Tedarikçi ağı değer akışını analizi ve haritalanması tanımlanır,
- Kendi kimliğini değerlendirirken kimlik saptamasında boşlukları göre bilmesi için taktiksel ölçü sistemleri ve uygulama planları oluşturulur,
- Yalın uygulama için eğitim malzemeleri hazırlanır,
- Yalın uygulama için kaynaklar çalıştırılır.

Yalın tedarik ağı genel olarak üç avantaj sağlamaktadır; ürün bağlantısı(product linkage), bilgi bağlantısı(knowledge linkage) ve proses bağlantısı(process linkage). Ürün bağlantısı esas işletmelerin tecrübe, yetenek ve potansiyelini kullanarak yeni teknolojileri ve gelişmeleri paylaşmasına ve hızlı bir şekilde ürününe katmayı sağlamaktadır. Bilgi bağlantısı ağ yolu ile iyice yerleştirilmiş bilginin artırılmasına yönelik paylaşımdır. Bu tip bilgilerin dışarıyla paylaşılması zordur ondan dolayı verimli anlatma yolunun bulunması işletmeye rekabet avantajı sağlayacaktır. Proses bağlantısı ise maliyetleri düşürmek için bazı yollara işbirliği ile odaklanarak şebekenin verimli hale gelebilme yolunun paylaşımıdır (Cooper & Slagmulder, 1999:116).

3.2.2.YALIN İŞLETME

Yalın tedarik zincirinin en önemli lideri ve aktörü yalın işletme olarak düşünülmektedir. Bu işletmenin mekanizması dönemsel bazda hızlı analizler yapmak, çabuk sonuç veren iyileştirme çalışmalarını başlatmak amacıyla toplanan ve katılan firmaların *yalın fonksiyonlarındaki* teknik çalışanların hazır bulunduğu, değer akımı üzerindeki tüm firmaların katıldığı bir konferans yapmak gibi tedarikten müşteriye kadar yer alan bileşenlerin yalınlaşmasında liderlik etmektir.

Yalın işletmenin amaçları aşağıdaki gibidir (Womack & Jones, 1998:374).

- Akım üzerindeki firmanın, değerin yaratılmasında kendi rolünü öne çıkararak farklı tanımlamalar yapma eğilimini önleyerek değeri müşteri açısından doğru tanımlamak.
- Ürünü kavramdan piyasaya, sipariştten teslimata ve hammaddeden müşteriye ulaştıran ve kullanım süresi boyunca devam edecek faaliyetleri tanımlamak.
- Değer yaratmayan faaliyetleri kaldırıp, değer yaratan faaliyetlerin müşteri tarafından çekildikçe sürekli akmalarını sağlamak.
- Sonuçları analiz edip değerlendirme sürecini yeniden başlatmak.

Bu çevrimi ürün ya da ürün grubunun ömrü boyunca yönetimin temel faaliyeti olarak sürekli devam ettirmelidir.

3.2.3.YALIN DEPO

Birçok pratisyen ambar ve yalın kavramlarını ayrı olarak dikkate almaktadır. Stok devir hızı ne kadar yüksek olursa olsun talep belirsizliğini ortadan kaldırmak için her zaman ambara ihtiyaç vardır. Önemli olan değer eklemeyen adımları eleyerek hızlı hareket ve akışı geliştirmektir. Yalın ambar uygulaması değer akış haritası ile başlamaktadır. Gerçek durum değer akış haritası hazırlandıktan sonra fazla elde tutulan fazla materyaller, ürün bulmak için harcanan fazla hareketler için geliştirmeler daha kolay yapılabilmektedir. Malzeme akış analizleri, kalite geliştirmeleri ve 5S uygulamaları gibi yalın geliştirme teknikleri kullanılabilmektedir (Garcia, 2004).

Fabrika içindeki materyaller hammadde, parça, WIP ve birmiş ürünlerden oluşmaktadır. Bazı özel parçalar stoklanmadan ve ambara uğramadan direkt üretim hattına gitmektedirler. Diğer parçalar ise işi istasyonlarına gönderilmek üzere üretim hattının yanındaki süpermarketlere veya merkezi depolara gönderilmektedir. Yalın fabrika WIP'leri atölye bölümünde görünür tutulmaktadır ve bu şekilde işçinin üretim hattı arasındaki taşımaları sınırlı tutulmaktadır (Baudin, 2004:109).

Yalın depo yönetimi gereksiz faaliyetlerin üzerine yoğunlaşarak değer ekleyen işlemler üzerine yoğunlaşmaktadır. Materyalleri en az sürede elde tutmayı

amaçlayan bu sistemde genellikle “cross docking” yöntemi kullanılmaktadır (Napolitano, 2007).

Yalın düşüncenin üretim alanına uygulanması ile depo alanına uygulanması aynı değildir. Depo uygulamasında yalın prensipler değişmemektedir fakat depoda yalın dönüşüm süreci aynı değildir. Yalın ambar genel görünüm olarak geleneksel ambara benzer yönetilmekle beraber işlerin yapılış yöntemi farklı yapılmaktadır (Bartholomew, 2008:2). Ambarda israflar depolama süreçleri dahil aşağıdaki gibi tespit edilmektedir. (Tompkins, 2009).

- Geri dönen defolu ürünler
- Gereksiz taşımalar
- Depo verimliliğini düşüren ve gereksiz alan ihtiyacı gerektiren fazla stok
- Aşırı hareketler
- Gereksiz süreç adımları
- Nakliye adımları ve uzaklıkları
- Malzeme, parça ve bilgi için gereksiz beklemler
- Bilgi süreçleri

Yalın düşüncede boş alanın kullanılmaması israf olarak görülmektedir. Boş alan her ay gereksiz olarak para ödenmesi ve dolayısıyla israfın meydana gelmesi anlamına gelmektedir.

3.2.4.YALIN DAĞITIM

Yalınlık genel dağıtım modeline farklı bakış açısı ile bakarak ayrıntıdan çok bütüne bakmaya yaklaşımını benimsemektedir. Tipik bir dağıtım yaklaşımı her bir işlem için maliyeti tasarrufunu hedeflemektedir ve organizasyon toplam maliyeti ve müşteri hizmeti için uğraşmaktadır. Yalın dağıtım yaklaşımı ise bütün ile başlayarak daha sonra geriye doğru çalışarak bireysel işlemlerden daha titiz görüş açısı ile ilerlemektedir. Yalın dağıtım dönüşüm yaklaşımı genel olarak beş unsurdan oluşmaktadır. Talep engelini aşarak müşteriye ulaşma bilmek için yalın dağıtımı çerçevesini meydana getiren beş unsur olanaklı kılan birkaç alt uyarlayıcılardan oluşmaktadır(Zylstra, 2006: 17-21).

1. Müşteri hizmet politikası
 - Formel hizmet politikaları
 - Çekme için destek
2. Tampon stratejisi
 - Değişkenliği izole etmek
3. İkmal çevrimi
 - Maliyet pazarlığı (cost trade-of)
4. Çekme Yaklaşımı
 - Çekme için bağlantı
5. İşlem&Satın alma yeteneği
 - Tedarik süresi
 - Değişkenlik
 - Parti büyüklüğü

Yalın üretimde tedarik zinciri arasında malzeme taşıyan nakliye şirketleri de sistemin bir parçası olarak düşünülmelidir. Özellikle globalleşen dünyada tedarik zincirinin dünyaya yayıldığı ve işletmeler arasındaki uzaklığın arttığı durumda tam zamanında teslimatı sağlaya bilmek ve genel nakliyecilerden sözleşmeli nakliyeciler geçmek önem arz etmektedir (Acar,1997:34).

Dağıtım, işletme maliyetini %10-15 ve üzerine denk gelmektedir. İşletmeler taşıma maliyetlerini düşürmeye çalışmaktadırlar ve yalın üretim bu konuda bu hedefi gerçekleştirmeye yardımcı olmaktadır (Christensen, 1996:9). Bunun için aşağıdaki bazı teknikler mevcuttur.

- Taşıt kullanımı: Perakendeciler ürünün mağazalara dağıtımında tedarikçilerin aracını kullanmakla beraber depoya geri dağıtımlarda da aynı aracı kullanarak taşıt kullanım oranını artırmaktadır. Bu ancak TZÜ sisteminde mümkündür çünkü mağazalara yapılan dağıtım ile depoya yapılan dağıtım frekansı bir-birine eşittir.
- Paylaşılan kullanma: Perakendeciler tarafından geliştirilen bu kavram “beyaz kamyon” (white truck) olarak bilinmektedir. Değişik işletmelerin kamyonları

çekilerek (pooled) araç kullanım oranını artırarak toplam kamyon hareketini azaltmaktadır.

- Teknoloji: Yalın üretim teknoloji ve gelişmiş bilgi sistemlerini kullanarak dağıtım maliyetlerini düşürmektedir.

Tedarik zinciri gittikçe daha da karmaşık hale gelmektedir. Genişleyen tedarik zinciri ile beraber maliyetlerin de aşağıya doğru çekilmesi için çalışılmaktadır. Dağıtım optimizasyonunda müşteriye cevap verebilirlik süresi, stok seviyesi ve nakliye gibi etkenler zıtlık oluşturarak çözümü daha zor hale getirmektedir (Zylstra, 2006:40).

3.2.5.YALIN BAYİ VE PERAKENDECİ

Yalın üretim çekme sistemi üzerine kurulduğu için bayilerin ve perakendecilerin tedarik zinciri içinde rolü büyüktür. Üretimin harekete geçmesi gerçek müşteri talebinin bayilerce tespit edilerek sırasıyla fabrika satış bölümü, üretim bölümü ve tedarikçilere iletilmesi ile başlamaktadır (Monden, 1983:55-67).

Tedarikçileri üretimden yukarı doğru geliştirmek yalın tedarik zinciri adına yapılan çalışmanın sade bir kısmını oluşturmaktadır. Başlangıçtaki müşteri ara yüzünde meydana gelen mura (düzensizlik) birçok murinin (aşırı yük) meydana gelmesine sebebiyet vererek tedarik zinciri boyunca mudaların (israf) meydana gelmesine sebebiyet vermektedirler. Bundan dolayı değer akışı yöneticileri çalışmalarını müşteriden başlayıp muranın kök nedenlerine anlayarak müşterileri, distribütörleri, bayileri, perakendecileri ve hizmet sağlayıcıları ile beraber çalışarak kazan-kazan fırsatları üzerinde çalışmalıdırlar (Jones, 2007).

Yalın bayilik talep yönetiminde proaktif müşteri yönetimini içermektedir. Bunun satış sonrası yitirilen pazara yeniden girme dahil birçok yararları bulunmaktadır (Kiff, 2000:112-126). ICDP(International Car Distribution Program: Uluslararası Otomobil Dağıtım Programı) 2002 benchmarking araştırmaları tedarik sistemi sipariş üzerine yapılan üretim sistemi yaklaşımında düşük stok maliyeti oluşmakta ve daha az iskonto indirimleri yapılmaktadır (Whiteman, 2004:5).

Yalın üretimin başlangıcı olarak kabul edilen Japonya’da bayilerin ana ilkesi müşteriye *ailesinin* bir parçası olduğunun hissini vermektir. Bayiler, müşterilerin kendilerine yakın ilgi gösterildiğini ve adil bir fiyat ödediklerini düşünmelerini istemektedirler. Satış temsilcisi aracı şahsen yeni sahibinin evine teslim etmekte ve yeni otomobil alıcının asla bir bayiliğinin yanına gitmesine gerek yoktur. Yalın satış sistemi alıcıya model sadakatini yavaş yavaş aşılama ve yeni rakiplerin pay kazanmasını olağanüstü zorlaştırmaktadır (Womack, Jones, & Roos, 1990:188-194).

Tablo 3. 1 Yalın Olmak İçin Beş Adım: Araba Bayisi Örneği

Adım	“Satın alma” Örneği	“Bakım” Örneği
Müşteri bakış açısından değeri belirle	“Doğru araba doğru yerde, doğru zaman ve doğru fiyata.” Bu eski ve yeni arabaların her ikisi için uygulanmalı	“İlk defadan ve zamanında doğru fiyata değişmez haklar”. “Zaman”ında sözünün manası, araba dönüşünü belirtilen tarihte geri vermektir.
Değer akışını belirle	Yeni araba için müşteri ihtiyaç ve istekleri belirlenir ve sipariş verilir. Sipariş stok durumu da dikkate alınarak değer akışına karşı imalatçı ve tedarikçilere gönderilir. Araba üretildikten sonra değer akışı arabanın dağıtımı ve müşteriye teslimi ile ilgilidir.	Müşteri servis ve tamir ihtiyaçlarını tanımlayarak hangi tedarikçiye daha etkili sipariş verebileceğini belirler. Tedarikçi yenilenecek parçanı belirlerse kendi stokundan alır veya diğer tedarikçiye sipariş vererek elde eder. Tedarikçinin müşteriye tatmin etme gücü müşterinin beklemeye hazır olduğu zaman dilimindeki talebi karşılayabilecek değer akışı gücüne bağlıdır.
Değer oluşturacak adım akışlarını hazırla	Akış müşteri sipariş verirse başlar ve bu sipariş hemen fabrikaya gönderilir, bunun üzerine gereken parça bilgileri tedarikçilere gönderilir. Sistem en erken üretim zamanını belirleyerek lojistik işletmesi veya bayi aracılığı ile müşteriye bildirilir. Daha sonra süreç başlar ve ürün müşteriye vaat edile teslim edilir.	Parça tedarik akış bayi sipariş verdiğinde başlayarak bir sonraki stok noktasından zincir boyunca yukarıya doğru dağıtılacak. Tam zamanında kavramı müşteriye vaat edilen tarihte geri verilmesi ile gerçekleşecektir. İdeal olarak söz konusu parça tek üretilmelidir ama reel olarak küçük ekonomik parti büyüklüğünde üretilmektedir.
“Çekme” kültürünü geliştir	Stokun fazlalığı çekme sisteminin olmamasının belirtileridir. “Çekme” kültüründe belirli bir müşteri talebi olmadan üretim yapılmamaktadır.	Geleneksel sistemde her bir bayi elinde fazla stok tutmaktadır. Talep oluştuğunda sipariş verilirse çekme kültürü oluşturula bilir.

Tablo 3.1Devamı

Mükemmelliği takip et	Geleneksel sistemlerde bayiler stoka sipariş yapmaktadırlar. Gelişmiş sistem ise bayilerin arabayı ucuz maliyete çekerek elde etmesini sağlamaktadır. İdeal sistemde sadece müşteri siparişlerine göre araba üretilmektedir.	Stok değer akışı boyunca stok noktasından satış noktasına müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak durumda olmalıdır. Stok miktarı bir sonraki dağıtım yerleşkesinden yapılan dağıtımdan önce tahmin edilen kabul edilebilir miktardır.
-----------------------	--	---

Kaynak: (Kiff, 2000:118)

TPS'de Kanban, TZÜ ve Otomasyon gibi temel yalın kavramları olmasına rağmen perakendecilik sektöründe bu yalın kavramlar yoktur. Fakat buna benzer TZY, Talep Zinciri Yönetimi (kanbanın karşılığı), franchise gibi kavramlar mevcuttur. Bu kavramlar perakende sektöründe yalın kavramlar olarak düzenlenmemiştir (Naruo & Toma, 2007:391). Naruo ve Toma (2007) yalın yönetimi üretim ve perakendecilik açısından ele alarak Japonya'nın Seven-Eleven mağaza zinciri ile TPS'yi aşağıdaki tabloda karşılaştırmıştır.

Tablo 3. 2 Yalın Üretim ve Perakendecilik

	Üretim	Perakendecilik	
	Toyota Üretim Sistemi	Genel olarak Model ve Kavram	Seven-Eleven Önemli Genel Kavramları
	TZÜ	TZY	Bileşik Dağıtım Merkezi
	Kanban Sistemi	Talep Zinciri Yönetimi	Mağaza başlangıçlı sipariş
	Üretim Dengeleme	TZY	Takım merchandising
	Düşük Hazırlama Faaliyeti	TZY	Müşteri odaklılık
	Düşük Tedarik Süresi	Sipariş-dağıtım	Egemen strateji
	İşlemlerin Standardizasyonu	Franchise sistemi	Mağaza başlangıçlı sipariş
	Otomasyon	Mağazada merchandising	Bireysel mağaza yönetimi
	Kaizen	Mağazada takım görüşmesi	Parça-parça kontrol (Tanpinkanri)

Kaynak: (Naruo & Toma, 2007:391)

Sonuç olarak yalın üretim adımları ve araçları tedarik zincirinin başlangıç noktası olan ve müşteriler ile direkt temasta olan bayiler ve perakendeciler kendine has yöntemlerle uygulayarak israftan ve fazla stoktan kurtulmakla beraber müşteri hizmet seviyesini de yükseltmektedirler(Jones, Hines, & Rich, Lean Logistics, 1997:160).

3.3. YALIN TEDARİK ZİNCİRİNDE MALİYET YÖNETİMİ

Tarihsel olarak tedarik zincirinin her bir bileşeni bir birinden bağımsız olarak yönetilerek lokal amaçlara yönelerek diğer bileşen üzerindeki etkisi dikkate alınmamıştır. Bu yaklaşım işletmelerin fonksiyonel alanlarda analaşmazlığa sürüklemiş, işletmenin geniş amacı gerçekleşmemiş ve müşteri hizmet seviyesi azalmıştır. Sonuç olarak işletme müşteriyi tatmin etmeyerek pazar payını kaybetmiştir. Bunun temel nedeni işletmelerin geleneksek tedarik zincirinde müşteri memnuniyetini maksimize etmeye karşı lokal olarak maliyetleri aşağıya çekme çabasıdır (Lockamy & Smith, 2000:210).

Tedarik zincirinde organizasyonlar arası maliyet yönetimi tedarik ağında toplam maliyeti aşağıya çekmek için işletme faaliyetlerini koordine eden yapısal yaklaşımdır. Organizasyonlar arası maliyet yönetimi programının amacı işletmelerin tek olarak maliyetleri düşürme yerine işletmelerin alıcı ve tedarikçileri ile beraber koordineli işlemler doğrultusunda düşük maliyetinin çözüm yollarının bulmasıdır. Organizasyonlar arası maliyet yönteminin işletmeler arası bağlılık, inam ve geniş bilgi paylaşımı gibi yüksek derecede güvene dayalı olarak çalışması onun sadece yalın tedarikçiler ağında uygulanabilirliğini gerektirmektedir. Geleneksel olarak bu şekilde tedarik zinciri maliyetleri üç şekilde indire bilmektedir. İlk olarak, işletme ve onun alıcıları ve tedarikçilerine ürünü dizaynında onu daha düşük yolla üretilmesini olanaklı kıla bilmektedir. İkinci olarak işletmeye ve onun tedarikçilerine üretim süresince ürünün maliyetini düşürmeye olanak vere bilmektedir. Son olarak, işletmeler arasında bağlantı arabirimlerini yapılması için yolların teşhis edilmesine yardımcı ola bilmektedir. (Cooper & Slagmulder, 1999:145).

3.3.1.ORGANİZASYONLAR ARASI HEDEF MALİYET

Hedef Maliyetin önemli özelliklerinden biri olan ürün maliyetini belirleme yaklaşımı ilk defa yirminci asrın başlangıcında Amerika'da Ford işletmesinde ve Almanya'da Wolkswagen Beatle'in geliştirilmesinde ortaya atılmıştır. Hedef maliyetin şimdiki haliyle bilinen başlangıç tarihi ise 1963 yılında Toyota'da "genka kikaku" (Başlangıç fiyat planı) ismi ile geliştirilmiş ve 1978 yılına kadar Japon literatüründe

bu konuya dokunulmamıştır (Feil, Yook, & Kim, 2004: 10). Japon montaj üreticilerinin %80'i, araba üreticilerinin ise %100'ü hedef maliyet yöntemini kullanmaktadır (Helms, Ettkin, Baxter, & Gordon, 2005: 49).

Hedef Maliyet ürün tasarımı süresince proaktif maliyet yönetimi tekniğidir. Ürünü içeren bileşenler ve dışarıdan sağlanan parçalar için hedef maliyet kurulumu sürersince işletmeler arası maliyet yönetimi tekniği ile uygulanmaktadır. Esasen alıcının parça hedef maliyet seviyesi tedarikçinin satış fiyatı ile oluşmaktadır böylece rekabet tazyiki alıcı ve satıcıyı karşı-karşıya getirmektedir. Bu basınç parça-parça devam ederek tedarikçinin nerde yoğunlaşarak maliyet indirimine gitmesi gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Sonuç maliyet yönetimi programında alıcı ve satıcı koordinasyonudur. Bu koordinasyon hedef maliyetin etkinliği açısından işletmeler arası maliyet yönetimi tekniği kadar kritiktir (Cooper & Slagmulder, 1999:181).

3.3.1.1. Hedef Maliyet

Stratejik maliyet yönetiminin bir aracı olan ve temel fikri tüm işletme fonksiyonlarının pazara dayalı olarak yerine getirilmesi ile maliyet planlama ve maliyet düşürme düşüncesine dayanan bir sistem olan hedef maliyet yöntemi, yönetim muhasebesi ve işletmenin diğer birimleri arasındaki etkileşimi dikkate almaktadır. Bu çerçevede uzun vadeli kar planlaması amaçları doğrultusunda sürekli olarak maliyet düşürülmesi hedeflenmektedir. Maliyetlerin düşürülmesi ise işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır. Hedef maliyet yöntemi her şeyden önce bir kar yönetim tekniği olduğu ifade edilirken, uygulanmasındaki amaç, gelecekte üretilcek ürünler ile işletmenin uzun dönemde kar planlamasında tanımlanmış kar'ın elde edilmesini sağlamaktır (Alagöz & Ceran, 2006: 61).

Hedef maliyet süreci daha çok yeni çıkarılacak ürünün maliyet ve işlevselliğine (kalite dahil) kararlı bir özen göstererek şimdiki ve istenilen maliyete ulaşmak için aradaki boşluğu kapatmaya yönelik yöntemlerin kurulması olarak bilinmektedir. Bu hedef maliyet kritik ürün ve hizmet işlevselliği ile başlamaktadır. Ürün için satış fiyatı pazardaki fiyat kabul edilir. Ürün veya hizmet için toplam hedef maliyeti aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Ellram, 2006).

$$\text{Hedef Maliyet} = \text{Tahmin Edilen Satış Fiyatı} - \text{Arzu Edilen Kar}$$

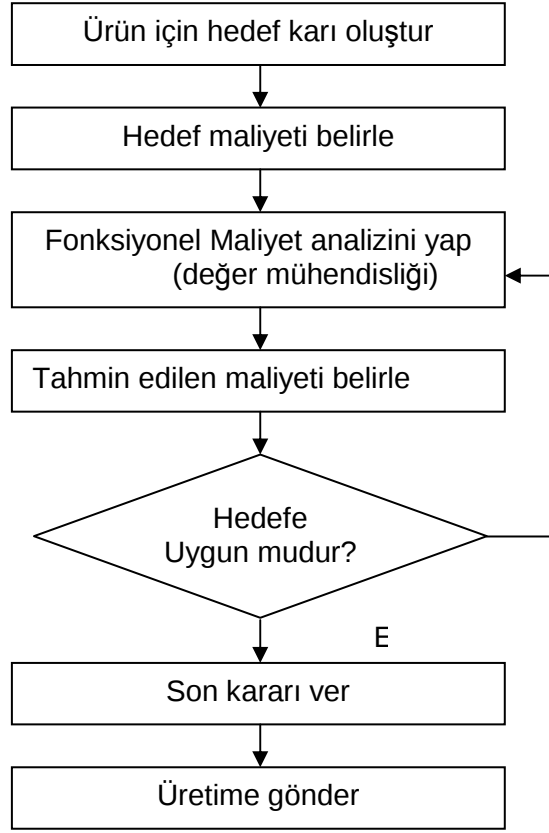
Tahmin edilen satış fiyatından arzu edilen kar payı çıkarılarak hedef maliyet elde edilir (Gagne & Discenza, 1995: 16). Geleneksel sistemde bunun tam tersi maliyet hesaplanarak üzerine kar payı eklenerek fiyat elde edilir (Okur, 1997:128). Daha sonra hedef maliyeti ürünün kritik malzeme listelerini paylaştırılarak toplam maliyet kısıtlandırılır.

Hedef maliyet yönteminin temel amaçları aşağıdaki gibidir (Coşkun, 2003).

- Pazara yönelik olmayı pekiştirmek; faaliyet alanı planlama çerçevesinde ürün planlamada müşterilere, rekabete ve satıcılara yönelik olma,
- Değer mühendisliği ile bağlantılı olarak müşterilere ve rekabete dayalı maliyet düşürmede tasarım düzeltme ve iyileştirmeye zorlama,
- Bütün üretim kademelerinde özel ve/veya dış geliştirme ve özel ve/veya dış üretimin tam zamanlı olarak denetimine zorlama,
- Kapasite kullanımı planlama ve kapasite planlamayla bağlantılı olarak Eş Zamanlı Mühendisliğe (Simultaneous Engineering) zorlama,
- Ürün hazırlama, ürün pazarlama ve ürün etkisizleştirme için gerekli olan bütün süreç zincirleri ve buradan sonuç olarak çıkarılan parasal etkilerle gereksinim duyulduğunda onun yerine geçen değer analiziyle ilgili araştırmalar ve sonuçları üzerine analizler yapmaya zorlama

3.3.1.2. Hedef Maliyet Süreci

Hedef maliyet süreci pazar durumu göz önüne alınarak satış fiyatının oluşturulması ile başlamaktadır. Bu satış fiyatından istenilen kar düzeyi çıkartılarak maliyet elde edilir. Daha sonra birçok departmandan gruplar hedef maliyeti tutturmak için fonksiyonel hedef maliyet analizi uygularlar. Eşer tahmin edilen maliyet hedef maliyet uygunsa yeni ürüne geçmek için karar verilir. Aksi durumda yeniden fonksiyonel maliyet analizi yapılmaya devam edilir (Gagne & Discenza, 1995: 17). Şekil 3. 2'de hedef maliyet süreci genel olarak özetlenmiştir.



Şekil 3. 2 Genel Hedef Maliyet Süreci Özeti

Kaynak: (Gagne & Discenza, 1995: 17)

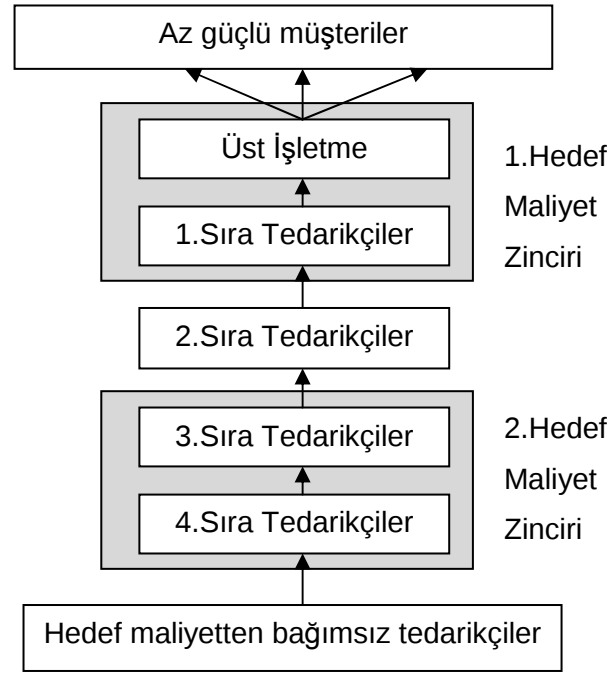
Cooper ve Slagmulder'e göre hedef maliyet süreci pazar yönlü maliyetleşme, ürün düzeyinde maliyetleşme ve parça düzeyinde maliyetleşme olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Cooper & Slagmulder, 1999:165).

3.3.1.3. Hedef Maliyet ve Tedarikçiler

Hedef maliyeti sadece maliyet düşürücü bir teknik veya kontrol çerçevesi değil aynı zamanda değer analizi ve değer mühendisliği içeren geniş stratejik kar yönetim sistemidir. Hedef maliyetini tüm tedarik zincirinde uygulamak standart maliyet kullanımından çok daha zordur. Bütün tedarik zinciri tasarladıkları, ürettikleri ve dağıttıkları bileşenlerin maliyetlerini düşürme yollarını bulması gerekmektedir. (Helms, Etkin, Baxter, & Gordon, 2005: 49).

Hedef maliyeti düzenlemek zaman alıcı bir iştir ve talep bilgi paylaşımını ve takım çalışmasını gerektirir. Başlangıç süreci olarak tedarikçileri acele maliyet indirimine zorlamak kredibilitiyi ve uzun vadede maliyet indirimini kaybettirir (Helms, Etkin, Baxter, & Gordon, 50).

Bazen tedarik zincirinin belli bir zincirinde tedarikçi alıcısından daha güçlüdür ve bu durumda fiyatları hedef maliyeti kullanarak fiyatları ayarlama zincirin sonundaki müşteriye ulaşılamamaktadır. Bu durumlarda tedarik zincirinde hedef maliyet yönetimi belli bir yerde başlayarak güçlü tedarikçi atlanarak yeniden başlanabilmekte ve sonuç olarak zincirde birden fazla hedef maliyet zinciri oluşabilmektedir. Uygulamada birçok hedef maliyet zinciri iki ile dört arası işletme içermektedir. (Cooper & Slagmulder, 1999: 205-207)



Şekil 3. 3 Tedarik Zincirinde Çoklu Hedef Maliyet Zinciri

Kaynak: (Cooper & Slagmulder, 1999:206)

Chrysler gibi organizasyonlarda tasarım aşamasında tedarikçiler de temsil edilmektedir. Chrysler tedarikçilerini Tedarikçiler Maliyet Azaltma Çabaları (Supplier Cost Reduction Effort) programına katmaktadır. Bu program tedarikçileri ürün tasarım gruplarına aktif katılmasını sağlayan bilirkişi raporlarını içermektedir. Bu

yaklaşım karşılıklı güveni, bilgi paylaşımını gerektirmektedir (Kaplan & Atkinson, 1998:225).

3.3.2.ORGANİZASYONLAR ARASI KAİZEN MALİYET

Hedef maliyetleme maliyet indirme amacını her bir bileşen için ayrı-ayrı ele almakta iken kaizen maliyet aynı oranı tüm bileşenler için amaçlanmaktadır (Yüksek fiyatlı bileşenler bundan istisnadır). Ana işletme tarafından hedeflenen maliyet indirimi oranı tedarikçiler tarafından ulaşılabilir bir hedef olması gerekir. Bunun için ana işletme hedefin gerçek ve tedarikçi kapasitesine uygun olması için çaba göstermelidir.

3.3.2.1. Kaizen Maliyetleme

Kaizen maliyetleme ürünün yaşamı boyunca üretim aşamasında maliyet indirimini uygulayan sürekli gelişmedir. Kaizen maliyetleme ürün maliyetini indirme ile beraber ürün kalitesi ve üretim güvenliğini yükseltmektedir Kaizen maliyet üretim sürecini değişiminden kaynaklanan durdurma ve bozulma maliyeti tasarrufundan daha fazla olduğunda uygun bulunmamaktadır. Bundan dolayı toplam tasarruf değişimden kaynaklanan durdurma ve bozulma maliyetinden daha fazla olduğu kanıtlandığında altı aya veya bir yıl gibi belirli aralıklarda uygulamaya konmaktadır.

Kaizen maliyetleme hedef maliyetten farklı olarak ürün tasarımına değil üretim süreçlerine yoğunlaşmaktadır. Kaizen maliyetin hedefi gerek duyulmayan verimsizlikleri üretim sürecinden kaldırmaktır. Hedef maliyette ürün tasarımı sona ermemekte ve fonksiyonel olarak devam etmemektedir. Kaizen maliyette ise değişimler ancak üretim sürecinde baş vermektedir. Yapılan araştırmalara göre mamul maliyetinin %90 tasarımdan kaynaklanan maliyetlerden oluşmaktadır. O zaman kaizen maliyet sadece %10 maliyet üzerine etki edebilmektedir(Cooper, When Lean Enterprises Collide: Competing through Confrontation , 1995: 239-240).

3.3.2.2. Kaizen Maliyetleme Süreci

Kaizen maliyetleme programı dönem, parça ve genel masraf özellikli olmak üzere üç çeşittir. Belirli-dönem kaizen maliyetleme programının amacı üretim maliyetlerini belirli aralık itibarıyla bitirmektir. Birçok işletme bu maliyet azaltma yöntemini karlılığını artırmak için kullanmaktadır. Belirli-parça kaizen maliyetleme ise uzun dönemli kar amacını gerçekleştirmek için belirli ürüne yönelik maliyet azaltma yöntemidir. Her iki yöntem yeni ürün için kullanıldığı gibi, olgun yaşam sürecine girmiş ve fiyatı düşen ürünler için de kullanılmaktadır. Sonuncu belirli-genel masraf kaizen maliyetleme ise ürün karışımı karmaşıklığı azaltmayı hedefleyen programda genel masrafları azaltmayı amaçlamaktadır.

Tablo 3. 3 Kaizen Maliyetleme Programı Çeşitleri

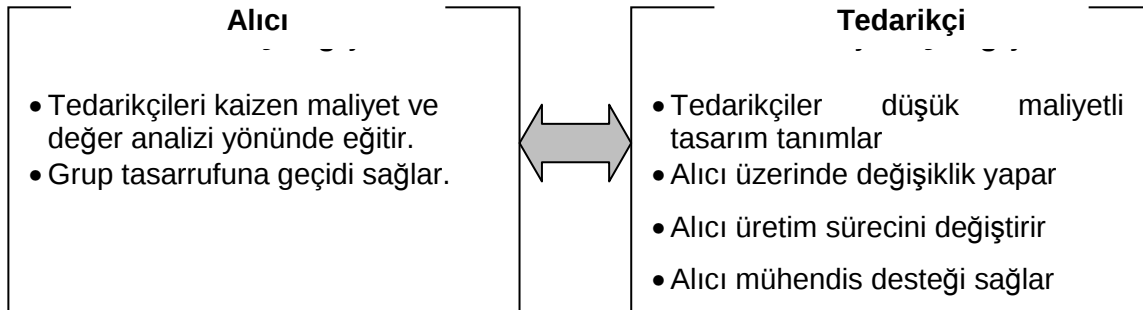
Kaizen Maliyetleme Programı	Amaç	Odak noktası
Belirli-parça	Üretim sürecinin maliyetini azaltmaktadır.	Direkt maliyet
Belirli-dönem	Belirli ürünün maliyetini düşürür	Direkt maliyet
Belirli-genel masraf	Genel masraf ve destek maliyetlerini düşürür	Endirekt maliyet

Kaynak: (Cooper & Slagmulder, Supply Chain Development for the Lean Enterprise, 1999: 273)

Belirli parça ve dönem kaizen maliyetleme programı direkt maliyetler üzerinde etkisi olduğu halde belirli-genel masraf programı ise endirekt maliyetler üzerinde etkisi vardır. İşletmeler arası perspektiften bakıldığında her üç çeşit kaizen maliyet alıcı ve tedarikçi ilişkisi yönünden maliyeti karşı tarafa geçirme açısından farklılık göstermektedir. Belirli-dönem kaizen maliyetinde bütün parçaların satış fiyatı düştüğü halde belirli-parça kaizen maliyetlemede ise belirli hedeflenen bileşenlerin maliyeti düşmektedir. Belirli-genel masraf kaizen maliyetleme ise tedarikçilere her hangi bir baskı yapmayarak sipariş karmaşıklığını azaltarak maliyeti düşürme yoluna gitmektedir (Cooper & Slagmulder, Supply Chain Development for the Lean Enterprise, 1999:274).

3.3.2.3. Kaizen Maliyetleme ve Tedarikçiler

Kaizen maliyeti işletmenin sınırları içinde kısıtlamak tedarik zincirinde aşağı ve yukarı akışta maliyet potansiyelini göz ardı etmek anlamına gelmektedir. Ana işletme maliyetin bir tarafını ele alarak başarıya ulaşabilir fakat maliyetin diğer yönü için satıcı tedarikçi koordinasyonuna ihtiyacı vardır. İşte tedarikçilere maliyetleri düşürme yeteneğini kazandırmak için uzman mühendislerin ana işletme tarafından sağlanması gibi faaliyetlerin iki işletme arasında koordine edilmesi işletmeler arası kaizen maliyetlemede dikkate alınmaktadır. Hedef maliyette olduğu gibi kaizen maliyetlemede de taraflar kaizen maliyeti azaltma ayarları süreçlerine katılarak amacın gerçekleştirilebilir olduğunu görmesi önemlidir. Eğer amacın gerçekleştirilmesi çok zor ise o zaman kaizen maliyetleme kontrolden çıkacaktır. Amaç ve hedef gerekenden az tutulursa o zaman fırsatlar kaçmış olacaktır (Cooper & Slagmulder, Supply Chain Development for the Lean Enterprise, 1999:287-288).



Şekil 3. 4 Kaizen maliyetlemeni Tedarikçilere Uygulama

Kaynak: (Cooper & Slagmulder, Supply Chain Development for the Lean Enterprise, 1999: 290)

3.4. TEDARİK ZİNCİRİNDE DEĞER AKIŞI YÖNETİMİ

Ürünün tedarik zinciri içinde akışı boyunca müşteri için değer ifade eden hareketlerin tespiti israfın ortaya çıkması tedarik zincirinde değer akışı yönetimi ile saptanmaktadır. Değer akışı bakış açısı sadece parçalar üzerinde değil bütünü görerek iyileşme üzerinde durmaktadır. Bütüne bakıldığında o zaman ürünün

hammaddeden tüketime kadar değer kazandığı görülür. Bundan dolayı bütünü işletmelerin takip etmesi ve bunun harita üzerinde gösterilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır

3.4.1. DEĞER

Yalın düşüncede değer sürekli müşteri görüş açısından tanımlanmaktadır. Ürün üzerindeki değeri belirleyen tek etken müşteridir. Her hangi bir aktivitenin ürüne değer ekleye bilmesi için aşağıdaki üç ölçütün karşılanması gerekmektedir (Sayer & Williams, 2007:51).

- Müşteri bu aktivite için ödemeye istekli olması gerekmektedir.
- Aktivite ürün veya hizmeti belli bir dönüşüm sürecinden geçirmelidir.
- Aktivite ilk defadan doğru yapılmalıdır.

Ürün için değer eylemlerinin birleşimi sayesinde üretici tarafından meydana getirilir. Bunların bir kısmı müşteri açısından değer olarak algılanmakla beraber diğer kısmı ise sadece tasarım ve üretim sürecinin mevcut yapısıyla ilgilidir. Yalın düşüncenin amacı birinci kısmı koruyup artırırken ikinci kısımdakileri mümkün kadar yok etmektir (Marchvinski & Shook, 2007: 22).

3.4.2. DEĞER AKIŞI

Değer akışı bilgi ve malzeme akışını kapsamakla birlikte müşteriye götürülen ürün için gereken tüm aktivitelerin kümesidir. Değer akışı değer ekleyen ve eklemeyen aktiviteleri içermektedir(Dolcemascolo, 2006:15). Rother ve Shook Görmeyi Öğrenme adlı kitaplarında değer akışını, *“her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünü...”* olarak tanımlamışlardır (Rother & Shook, 1999: 15)..

Değerin müşteriye ne kazandırdığını anlamak gerekir. İşletmeler müşteri portföyünün yaşam süresini daha uzun tuta bilmeleri için pazar ve ürün stratejisi

oluştururken gerçekten müşteri odaklı davranması için işletmeye veya sunulanlara müşteri gözüyle bakarak müşteri için değeri artırmalıdır (Ross, The Intimate Supply Chain, 2008: 12)

3.4.3. TEDARİK ZİNCİRİNDE DEĞER AKIŞI

Tedarik zincirinde değer “Değer Akışı Haritası” aracı ile yapılmaktadır. Değer akışı haritalama ve unsurları aşağıda incelenmiştir.

3.4.3.1. DEĞER AKIŞI HARITALAMA

Değer Akışı Haritası (Value Stream Mapping) ürün ailesinin bilgi ve malzeme akışını görsel olarak canlandırdığı için görsel olarak süreç geliştirilmesi yönetiminin vazgeçilmezidir. Yalın üretimde süreçlerin geliştirilebilmesi için ilk önce tüm tedarik zincirini baştan sona doğru açık fotoğrafını görmek gerekmektedir. Ancak bundan sonra israfları tespit edilip süreçleri geliştirmek mümkündür. Malzeme ve bilgi akışının haritalaması işletmelere aşağıdakileri sağlamaktadır. (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002:78-81)

- Tek ve izole edilmiş işlemlerin yerine bütünsel malzeme ve bilgi akışını görsel olarak sağlamaktadır.
- İşlemlerin üretim kontrol ve kendi aralarında nasıl iletişim kurduğunu görsel olarak sağlamaktadır.
- İsrafların problem sahalarını ve kaynaklarını göstermektedir.
- Dar boğazların ve süreç içi işlemlerin yerini öğrenmektedir.
- Güvenlik ve ekipman ile ilgili potansiyeli bulmaktadır.
- Her kes için ortak bir dil sağlamaktadır.

3.4.3.2. DEĞER AKIŞI HARITALAMANIN UNSURLARI

- DAH değer akışı gelişiminin fotoğrafıdır. Bütün süreçlerin grafik üzerinde adım-adım izlenimidir. Buna ek olarak bu haritanın üzerinde

birçok süreçle ilgili açıklayıcı bilgiler mevcuttur. Genellikle DAH aşağıdakileri içermektedir(Sayer & Williams, 2007:75-76).

- Süreç adımları: DAH değer oluşturan ve oluşturmayan bütün süreçleri göstermektedir. DAH çevrim süresi, değer eklemeyen zamanları, hazırlama süreleri, operatör sayısı, parça sayısı, stok miktarı ve defolu ürün yüzdesi gibi çeşitli istatistiği bilgileri ortaya çıkarmaktadır.
- Stok: DAH deponun durumunu ve süreç içi hareket eden stoku açık şekilde ortaya koymaktadır.
- Bilgi akışı: Süreç için ihtiyaç duyulan tüm destekleyici bilgiler bu haritada gösterilmektedir. Bunlara sipariş, çizelgeler, özellikler, kanban bilgileri ve taşıma bilgileri dahildir.
- Bilgi Kutusu: DAH süreçlerin işlemlerle ilgi özet ölçümlemlerini içermektedir. Minimum olarak DAH süreçlerin tedarikçiden müşteriye kadar geçen sürelerini göstermektedir. Gittiği mesafe, her vardiyada parçalar, yukarı ve aşağı doğru zamanlar, stok devri ve bunun gibi birçok özet bilgi özette yer almaktadır.
- Tedarik süreri: DAH aşağısında değer akının tedarik süreri performansı gösterilmektedir. Burada tedarik süresi parçanın bütün süreçler boyunca gittiği sürerleri kapsamaktadır. Bu süre değer ekleyen ve eklemeyen sürelerden oluşmaktadır. Bu şekilde değer eklemeyen işlemleri açık şekilde görmek mümkündür.
- Takt zamanı: Kullanılabilir üretim süresinin müşteri talebine bölünmesidir (Marchvinski & Shook, 2007: 92). Örneğin fabrika günde 600 dakika çalışır ve müşteri talebi 200 birimse takt zamanı üç dakikadır.

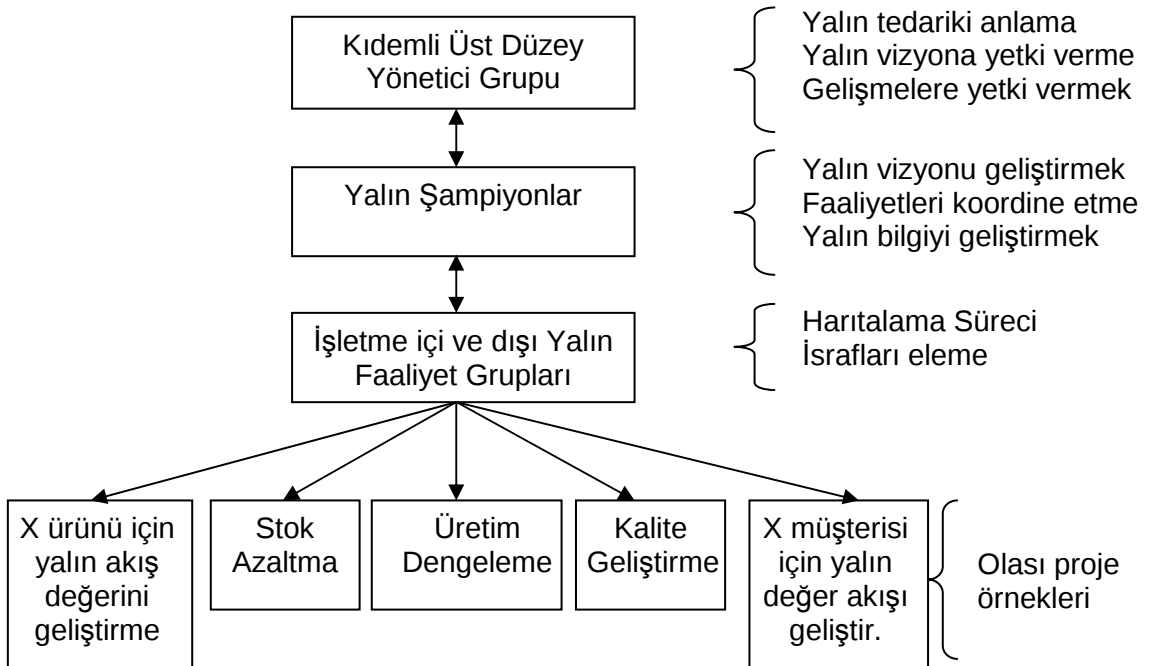
3.4.4. DEĞER AKIŞI YÖNETİMİ SÜRECİ

Değer akışı yönetiminde yalınlığı üstlenme, değer akışını belirleme, yalınla ilgili bilgilendirme, mevcut durumu haritalama, yalın ölçüleri belirleme ve gelecek durum haritalaması süreci izlenmektedir.

3.4.4.1. Yalınlığı Üstlenme

Yalın düşüncenin bir organizasyonda başarılı ola bilmesi için tüm işçilerin yalın dönüşümün içinde olması gerekir. Organizasyon çapında verilen desteği göstermek için üst yönetim ile işletmenin diğer tüm kademeleri arasında bu konuda yapılacak iletişim ile başlanılır. Yalın dönüşüme başlamadan veya dönüşüm sürecinde yalın olmaya neden ihtiyaç duyulduğunu açık bir biçimde anlatmak gerekir. Yönetici bu konuya aşağıdaki şekilde yaklaşabilir (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002:15).

- Aylık, iki aylık veya üç aylık periyotlarda yeni müşteri ihtiyaçları, hammadde fiyatlarının artışı ve sermaye harcamaları ihtiyaçları ve diğer bilgileri işçilerle toplantılarda paylaşmak.
- Ürünün şimdiki fiyatlandırmasını ve mümkünse kar payını paylaşmak.
- Olumlu ve olumsuz müşteri mektuplarını üretim veya üretim dışı alanlarda paylaşmak.
- Yalın yönetim takımlar kurarak ilgili her kesi gelişme ile ilgili bilgilendirmek ve kabul ettirmek.



Şekil 3. 5 Yalın Dönüşüm İçin Üç Katmanlı Yapı

Kaynak: (Taylor, 1999: 315)

Taylor'a göre yalın düşünce işletmede uygulanabilmesi için üç katmanlı dönüşümle gerçekleşmelidir (Şekil 3. 5). Bu dönüşümde üst düzey yöneticilerden başlanarak işletme içi ve dışında faaliyet gösteren yani tedarikçileri de kapsayan gruplara kadar belirli sorumluluk ve görevleri mevcuttur.

3.4.4.2. Değer Akışını Belirleme

Çok defa müşteri değer akışını belirleye bilmektedir. Özellikle büyük işletme müşterileri için ürettiği benzer ama farklı özellikleri olan ürünler mevcut ise her biri için ayrı değer akışı oluşturulur (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002: 27). Eğer müşteri değer akışını belirlememiş ise o zaman işletme kendi değer akışını belirlemektedir. Değer akışı belirlerken üç genel adım takip edilmektedir (Dolcemascolo, 2006: 17-19).

- Ürün ailesi gruplara ayır.
- Analiz için bir ürün veya ürün grupları seç.
- Müşteriden malzemenin elde edilmesine doğru değer akışı boyunca git.

Ürün ailesi gruplara ayrılmadan önce eğer belirli çeşit ürün toplam ürün miktarının büyük kısmını oluşturduğunda sadece o çeşit üzerinde durulur. Bunun için ürün miktar analizi yapılır ve Pareto prensibindeki gibi 20:80 kuralı uygulanır (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002). Eğer toplam miktar içindeki çeşit yüzdesi çoksa o zaman değer akışı belirlemede aynı süreçlerden geçen ürün grupları incelenir.

3.4.4.3. Yalınla İlgili Bilgilendirme

Yalın dönüşümde işçilerin eğitim ve bilgilendirilme çok büyük önem arz etmektedir. Eğitimsiz, bilgisiz ve yeni becerilerden yoksun insanlardan oluşan organizasyon stratejik gelişmede yeteneklerini geliştiremezler. Onlar stratejik değişimi ve onların bu süreçteki yerini anlamak isterler. Yalın organizasyona geçen işletmenin kaizen, yalın düşünce ve diğer problem çözme araçları ile ilgili bilgilendirilmelerine ihtiyaç vardır. Organizasyonu bilgilendirme için iki metodoloji seçeneği mevcuttur (Burton & Boeder, 2003: 233-234).

- I. Genel, Standart felsefe, kavram ve araçları anlatmak.
- II. Geliştirilmiş strateji ve kritik fırsatlar misyonuna odaklanmış entegre uyarlanmış eğitim.

Organizasyonda verilen yalın eğitim akademisyenlik düzeyinde verilmemelidir. Amaç katılımcıların bu eğitimdeki kavramları organizasyon düzeyinde uygulama sürecine koyabilmeleridir (Taylor, 1999:309).

3.4.4.4. Mevcut Durumu Haritalama

Gerçek durum haritası ortaya çıkarmak için aşağıdaki adımları uygulamak gerekmektedir. (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002: 84-89)

1. Müşteri, tedarikçi ve üretim kontrol için simgeler çizilir.
2. Müşteri simgesinin altına bilgi kutusu çizilir ve müşteri ihtiyaçları buraya yazılır.
3. Taşıma ve alma bilgileri yazılır.
4. Üretim işlemleri haritanın üst kısmına çizilir. Akıntıya karşı (upstream) olanlar sol tarafa, akıntıya doğru (downstream) olanlar sağ tarafa çizilir.
5. İşlem simgelerinin altında oluşturulan bilgi kutularına süreç nitelikleri yazılır.
6. Elektronik ve manüel yapılan bilgi akışı gösterilir. Birçok durumda müşteri ve tedarikçi arasındaki bilgi akışı elektrondur.
7. Süreçler arasında stok yapılan yerlere stok simgesi çizilir. Süreç içi işlem miktarları simgenin altına çizilir. Eldeki stok miktarı hesaplanır ve süreç kutusunun aşağısına olan zaman çizgisine yazılır.
8. Çekme, itme ve ilk giren ilk çıkar(FIFO) durumu çizilir.

3.4.4.5. Yalın Ölçüleri Belirleme

Çalışanların yaptığı çabanın faaliyetlerin gelişmesinde ne kadar etkili olduğunu görmesi, onları kontrol etmesi ve uygun bir ayar yapması yalın başlangıç için iyi bir yoldur. Yalın ölçümler sürekli gelişmenin yürütülebilmesi ve israf

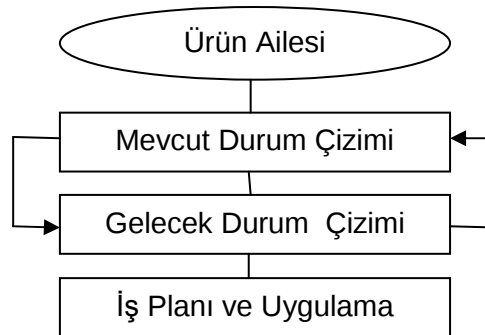
eliminasyonu için yararlı araçtır. Ölçümlerde kullanılacak ölçümler aşağıda bazı örnekler verilmektedir (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002: 95-96).

- Stok devri
- Eldeki günlük stok miktarı
- Bir milyon parça başına defolu miktarı
- Toplam akış içindeki süreç içi stok miktarı
- Toplam değer eklenen sürer, toplam çevrim süresi.
- Toplam tedarik süresi
- Zamanında dağıtım
- Toplam Ekipmanın etkinliği

Ölçümler toplaması ve anlaşılması kolay olmalıdır.

3.4.4.6. Gelecek Durumu Haritalama

Mevcut durum haritası oluşturulduktan sonra gelecek durum haritası oluşturulur. Gelecek durum haritasında yalın ölçümler belirlenir ve bu harita yardımı ile nerede uygulanacağı tespit edilir. Değer akışı haritalama(DAH) şeklindeki adımları takip eder ve gelecek durum haritası olmadan mevcut durum haritası fazla işe yaramaz. Mevcut durum haritası ve gelecek durum haritası arasında iki yönlü oklar gelişmelerin bir birini etkileyen durum olduğunu orta koymaktadır (Rother & Shook, 1999:21).



Şekil 3. 6 Değer Akışı Haritalandırma Adımları

Kaynak: (Rother & Shook, 1999:21)

Gelecek durum haritası süreçleri üç aşamada yer almaktadır. (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002:107)

- Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi aşaması - Müşteri talebini kalite karakteristikleri, tedarik süresi ve fiyat dahil ihtiyaçlarını anlamak.
- Akış aşaması - Sürekli akış üretimi uygulayarak iç ve dış müşterilerin malzemeleri zamanında getirmesi sağlamak.
- Seviyelendirme aşaması - Müşteri ihtiyaçlarını küçük hacim ve çeşitlilikte sağlayarak işleri düzgün dağıtarak stokun azalmasına neden olmak.

3.4.4.7. Kaizen Planları Oluşturma ve Uygulama

Kaizen yalın projelerde “Planla-Yap-Kontrol et-Uygula” döngüsünü kullanarak değer akışını geliştirmektedir. Değer akışı boyunca fırsatları değerlendire bilmek için müşteri değerine etki edebilecek projeleri seçmeye üstünlük verilmektedir. Amaç sabit ve düzenli veya bunun tersi büyük değişimlerdir.

Kaizende büyük projeler genel bir problemdir. Buradaki büyüklükten kasıt büyük proje seçimi veya proje amacının büyüklüğüdür. Büyük projeden kaçınmak ve zaman içinde birçok israfın üzerinde durmaktansa tek israf üzerine yoğunlaşmak gerekir. Kaizen projeleri üç ayrı seviyede uygulanmaktadır: bireysel seviye, takım seviyesi ve yönetim seviyesi (Sayer & Williams, 2007:122).

Kaizen planlama süreci ilerledikçe aşağıdaki adımları izlemekte yardımcı olacaktır (Tapping, Luyster, & Shuker, 2002:138).

- Gelecek durum haritası ve aylık kaizen planını yeniden gözden geçirme.
- Her bir temel kaizen faaliyeti için hedeflerin belirlenmesi ve kaizen hedef grafiği oluşturmak.
- Değer akışı yönetimi çizimini tamamlamak

- Kaizen planlama boyunca “catchball”⁸ için yönetici onayını elde etmek.

Kaizen olayları biçim ve görünüşüne göre değişmektedir. Kaizen takımı 4 saatlik ve 5 günlük ve ya herhangi bir aralık için bir araya getirilebilir. Alan ve amacı ne olursa olsun (a) başlama olayı (event kickoff), (b)mevcut durum analizi, (c)gelecek durum tasarımı,(d) gelişme testi , (e) gelişme uygulaması ve (f) sonuçlandırma aşamaları tüm kaizen olayları için ortaktır (Martin & Osterling, 2007:101).

Süreç kaizenin değer akışı haritalamadan farklı olarak süreç seviyesinde israfların elenmesini amaçlamaktadır. Süreç kaizen araçları direkt uygulamla ilgili araçlarıdır. Bu araçlar beraber çalıştırılarak daha önce belirtilen yedi israf azaltılmaya çalışılmaktadır (Dolcemascolo, 2006:133).

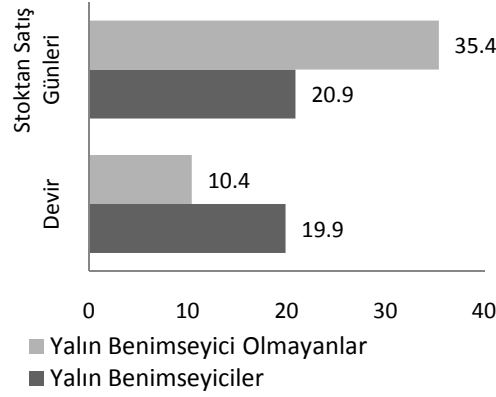
3.5. YALIN TEDARİK ZİNCİRİNİN İŞLETMELER İÇİN ÖNEMİ

Sanayi sektörünün gelişimi işletmelerin yeni pazar arayışına itmiş, rekabette üstünlük elde etmek için daha ucuz kaynakları elde etmeye yöneltmiş ve bunun sonucu olarak küreselleşme süreci daha da hızlanmıştır. Global alanda rekabet etmeye başlayan işletmeler stratejilerini yeniden gözden geçirmeye ve daha global düşünmeye başlamışlardır. İsratlardan arındırılan, tedarik süresinin kısaldığı, maliyetlerin indiği, stokların azladığı, müşteri talebine göre üretim yapan ve bu talebe hızlı cevap vere bilen yalın tedarik zinciri mali krizlerin yaşandığı son dönemlerde çok daha önemli hale gelmiştir.

Yalın tedarik zinciri üzerine 608 şirket üzerinde yapılan APICS'in araştırmasında (Abbott, Manrodt, & Vitasek, 2005:9) yalın düşünceni uygulayan ve uygulamayan işletmeler arasında en önemli iki fark (Şekil 3. 7) ortaya konmuştur. Ankete katılan işletmelerin %15' yalın uygulayıcısı(YU), %25'i yarı yalın uygulayıcı, %60'ı ise yalın uygulayıcısı olmayanlardır(YO). Yalın uygulayıcıların stok devir hızı

⁸ Yukarıdan aşağı, aşağıdan yukarı iletişim ve görüşme sürecidir (DiVanna & Austin, 2004:106)

yalın uygulayıcı olmayanlara göre yaklaşık iki kat iyidir. Bu yalın işletmelerin daha az stokla çalışmasından kaynaklanmaktadır ve bunun sonucu ürün maliyeti rakiplerine oranla daha aşağı olmakla beraber tedarik zincirinde meydana gelebilecek değişikliklere daha iyi ayak uydurmaktadırlar.

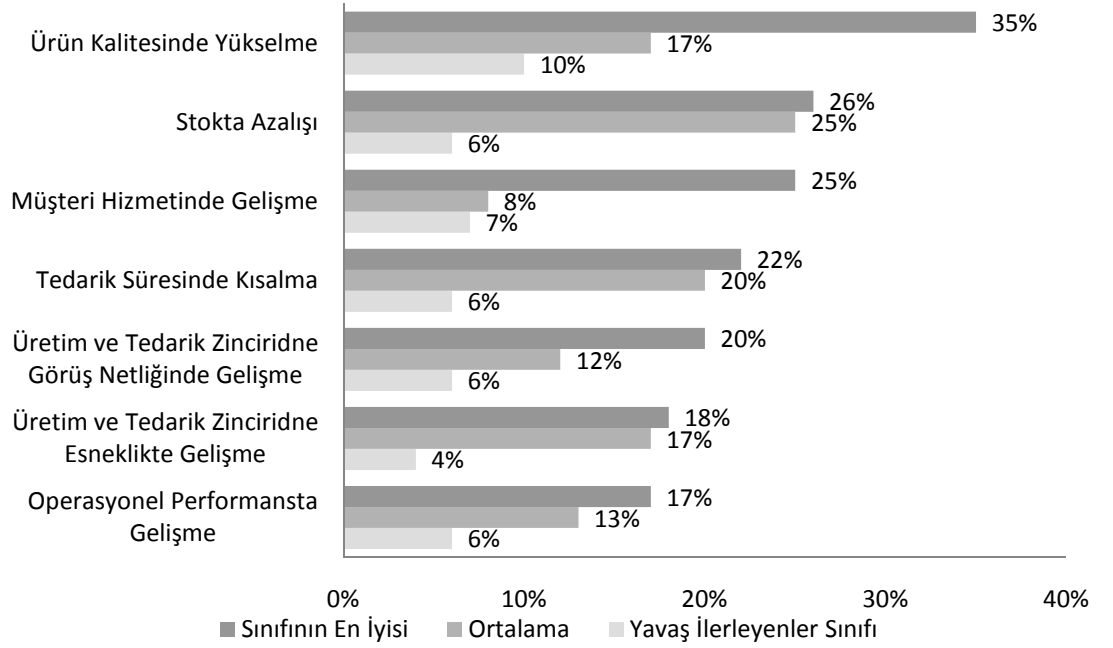


Şekil 3. 7 Yalın Tedarik Zincirinin Yararları

Yalın uygulayıcı ile olmayanlar arasındaki diğer önemli farklar aşağıdaki gibidir(Vitasek, Manrodt, & Abbott, 2005:41).

- Yalın uygulayıcılar tedarik zincirinde veri değişiminde daha istekli gözükmemektedir ve bunu taktiksel avantaj olarak görmektedirler(%40-YU, %11-YO).
- Yalın uygulayıcılar çalışanları değerli varlık olarak görmekte ve onların gelişiminde isteklidirler(%77-YU, %47-YO).
- Sürekli gelişimde yalın uygulayıcılar daha isteklidir(%80-YU, %43 YO).
- Yalın uygulayıcıları tedarik zinciri partnerleri ile süreç standartizasyonunda işbirliği içinde olmakta daha isteklidir. Yalın uygulayıcılar ise önemli derecede bu konuda isteksizdirler.
- Yalın uygulayıcılar işletme ürün standartlarını yürütmekte istekli olmasına rağmen(%63-YU) yalın olmayan işletmelerin %50 standartları yürütmekte daha az isteklidir veya belli bir standartı yoktur.
- Yalın uygulayıcılar standartlarla ilgili kurulu katılarak partnerleri ile beraber çalışmaktadırlar(%47-YU). Yalın olmayan işletmelerin %34'ü endüstri standartlarını kullanmamakta veya kendi standartlarını üretmektedirler.

- Yalın olmayan uygulayıcıların dörtte üçü ana işletmeler ile bilgilerini paylaşmamakta ve bilginin sahibi olduğunu düşünmektedirler. Eğer bilgiyi paylaşma açsalar bile hiç bir değıştirme yardımına gitmemektedirler.



Şekil 3. 8 Elde Edilen Faydalar- Aşılan Beklentiler

Kaynak: Lean Supply Chain Report-Lean Concepts Transcend Manufacturing through the Supply Chain-Aberdeen Group, 2006

Aberdeen Group'un Yalın Tedarik Zinciri Raporunda yalın tedarik zinciri, yarı yalın tedarik zinciri ve yalın olmayan tedarik zinciri arasındaki farklar açık biçimde ortaya konmuştur (Lean Supply Chain Report,2006). Aberdeen Group'un yaptığı araştırmaya 308 işletme katılmış ve bunların %90 yalın uygulayıcı olduğunu belirtmiş fakat araştırmalar sonucu katılımcıların sadece %10 sınıfının en iyisi kategorisinde değerlendirilmiştir. Yalın uygulayıcılayıcılardan sınıfının en iyileri ürün kalitesinde, stokta, müşteri hizmetinde, tedarik süresinde üretim ve tedarik zincirinde görüş netliğinde, üretim ve tedarik zincirinde esneklikte, operasyonel performans gibi özelliklerde büyük gelişmeler elde etmişlerdir.

Tablo 3. 4 Yalın Araç ve Tekniklerden Beklenen Gelişmeler

Araçlar ve Teknikler	Beklenen Gelişme
Grup teknolojisi	Bekleme süresi
Hücreyel üretim	Bekleme süresi
Odaklanmış fabrikalar	Bekleme süresi
5S	Bekleme süresi, faaliyet süresi
Görsel kontrol sistemleri	Bekleme süresi, faaliyet süresi, faaliyet maliyeti
Standart İşler	Faaliyet süresi, faaliyet maliyeti
SMED	Faaliyet süresi, faaliyet maliyeti
Jidoka	Faaliyet süresi, faaliyet maliyeti, malzeme azalması
Toplam Üretken Bakım	Faaliyet maliyeti, malzeme azalması
Kanbanlar	Bekleme süresi
Hızlı yerleştirme	Bekleme süresi
TZÜ tedarik	Bekleme süresi, tam zamanında malzeme
TZÜ nakliye	Bekleme süresi, tam zamanında malzeme

Kaynak: (Rivera & Chen, 2007,s.689)

Genel olarak ele alındığında yalın araçların ve tekniklerin etkileri aşağıdaki Tablo 3.4’de verilmiştir. Bu gibi yalın araçların ve metotların bütün tedarik zinciri üzerinde olumlu etkileri kaçınılmazdır.

BÖLÜM 4. TAM ZAMANINDA ÜRETİM ORTAMINDA TEDARİK ZİNCİRİ KOORDİNASYONU VE YALIN TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU

Bu bölümde TZÜ'nü de içinde kapsayan TZM'ni veren model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modelde bir işletme verileri kullanılarak tedarik zinciri üyelerinin TZM'yi minimum yapmak için ne şekilde karar vermesi gerektiği ortaya konmuştur. Koordinasyona gidildiğinde tedarik zincirinin kazanç oranının göstergesi olan Maliyet Düşürücü Faktör'e etki eden değişkenler ayrıntılı incelenmiştir.

4.1. ÇALIŞMANIN AMACI

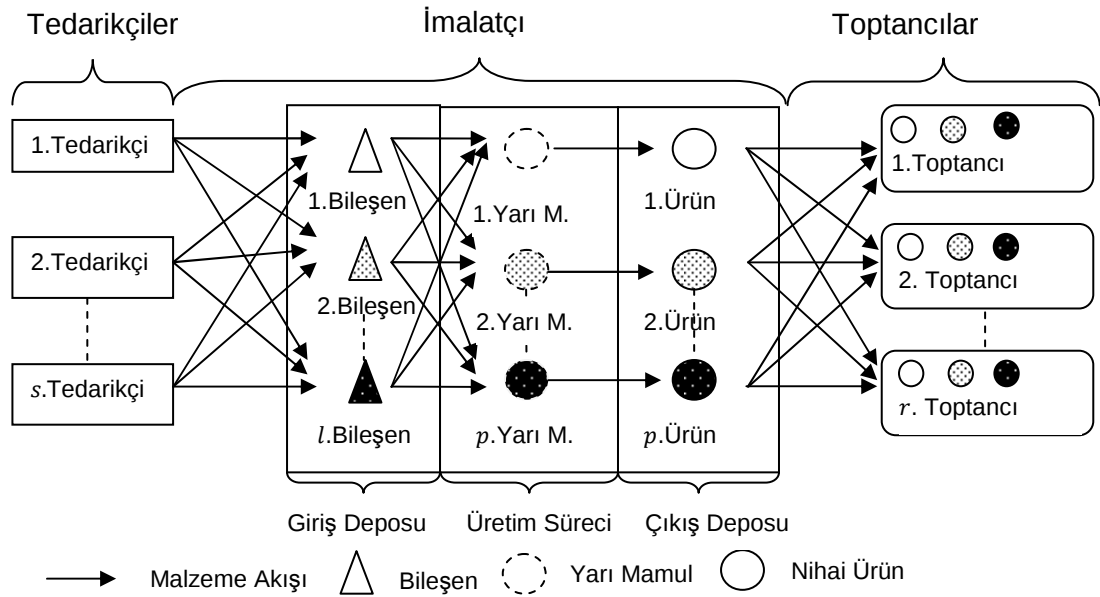
Küreselleşen dünyada İşletmelerin rekabet ortamına devam getire bilmeleri için daha düşük maliyetle ve müşteri ihtiyaçlarına uygun ürün üretmesi gerekmektedir. İşletmenin tek başına maliyet minimizasyonuna gitmesi ve rekabete devam getirmesi çok zordur. Bundan dolayı günümüzde işletmeler var oldukları tedarik zincirinde koordinasyon halinde çalışmaya üstünlük vermektedirler. Tedarik zincirinde işletmeler için bir maliyet unsuru olan stok planlaması en büyük problemlerden biridir. Stokun israf olarak görüldüğü yalın tedarik zincirinde bu konu önemli unsurlardandır.

Çalışmada birden fazla tedarikçi, toptancı ve tek imalatçının(imalat ve satınalma) birden fazla ürünü TZÜ ortamında TZM'ni aşağı indirmek için stok yönetiminde ne şekilde karar vermesi gerektiği ile ilgili model geliştirilip maliyet optimizasyonuna gidilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda tedarik zincirine etki eden maliyet unsurlarının neler olduğu, TZM'ye ve MDF'ye ne şekilde etki ettiği, koordinasyon veya bağımsız halde çalıştığında elde edilen üstünlükler incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca tedarik zincirinde koordinasyon sonucunda zararlı çıkan tarafların zararlarının ne şekilde telafi edilmesi ile ilgili yöntem önerilmiştir.

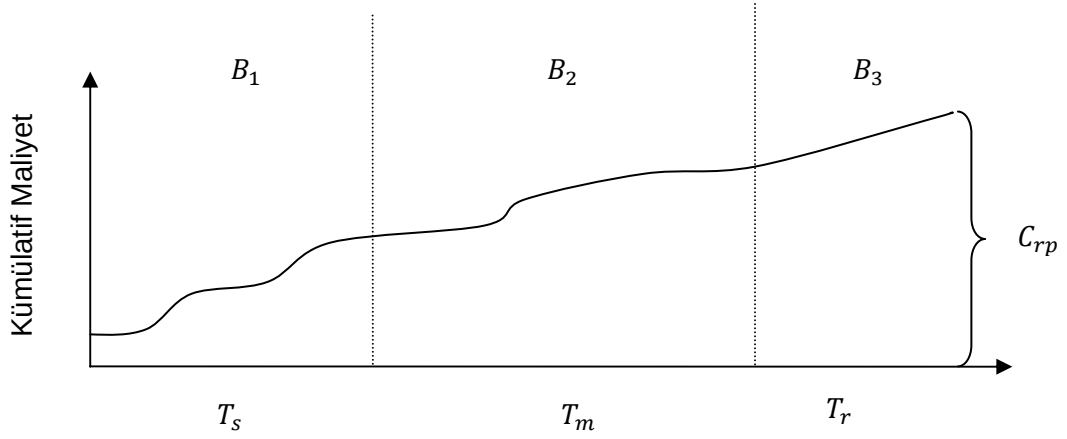
4.2. TEDARİK ZİNCİRİNİN YAPISI

Tedarik zinciri içinde bir imalatçı, birden fazla tedarikçi ve toptancı olduğu varsayılmıştır. İmalatçıda ürün iki ayrı kısımda değerlendirilmektedir: Hammaddenin bulunduğu giriş deposu (satınalma) ve imalat sonrası nihai ürünün bulunduğu çıkış deposu.

Ürün birden çok bileşenin bir araya gelmesi ile üretilmektedir ve Şekil 4. 1 genel hatları ile gösterilmektedir. Bu bileşenler birden çok tedarikçiden imalatçının giriş deposuna geldikten sonra bir araya gelerek ürünü meydana getirmekte ve nihai ürün olarak çıkış deposunda bekledikten sonra perakendecide toptancılarda beklemektedir.



Birden fazla ürün kullanıldığı ve ayrı ürünlerin toplanması imkansız olduğu için ürünlerin toplam talepleri, üretim kapasitesi ve siparişler para birimi olarak dikkate alınmıştır. Ürünlere tedarik zinciri hareketi boyunca maliyet eklenmekte ve bir sonraki aşamaya $B_{1,2,3}$ maliyet yüzdesi olarak yansımaktadır.



Şekil 4. 2 Ürüne Tedarik Zinciri Boyunca Eklenen Maliyet⁹

Şekil 4. 1'de ürünün tedarik zinciri içindeki akışı ve bu akış süresi içinde üzerine eklenen maliyet yüzdelerin ($B_{1,2,3}$) toplamından oluşan kümülatif maliyet gösterilmiştir.

4.3. MATEMATİKSEL MODELLEME

Modelde üç aşamalı tedarik zincirinde birden fazla ürünün tedarik zincirindeki maliyeti için matematiksel ölçek modeli hazırlanmıştır. Modelde optimizasyon sonuçlarına Maple 12.0 yazılım programı kullanılarak ulaşılmıştır.

4.3.1. KULLANILAN SEMBOLLER

İndeksler

s = Tedarikçi indeksi

r = Toptancı indeksi

p = Ürün indeksi

⁹ (T_s =(tedarikçide geçirdiği süre)+ T_m (imalatçıda geçirdiği süre)+ T_r (toptancıda geçirdiği süre)) ve bu sürede her bir ürünün tedarik zincirindeki kümülatif maliyetleri (C_{rp}).

Modelde kullanılan semboller aşağıdaki gibidir.

D = Toptancıların para birim olarak yıllık talebi

D_r = r toptancısının yıllık talebi

Q = Toptancıların para birimi olarak toplam sipariş miktarı

Q_r = Toptancıların para birimi olarak sipariş miktarı

K_1 = İmalatçının üretim için sipariş miktarı katsayısı

K_2 = Tedarikçinin sipariş miktarı katsayısı

L = İmalatçı üretim siparişinin fabrikaya getirilme sayısı

K_{1r} = İmalatçının r perakendecisi üretimi için sipariş miktarı katsayısı

K_2 = Tedarikçilerin sipariş miktarı katsayısı

K_{2rs} = r toptancısı ile başlayan siparişin tedarikçi için sipariş miktarı katsayısı

L_r = İmalatçı r perakendecisi üretim siparişinin fabrikaya getirilme sayısı

O_R = Toptancıların toplam sipariş maliyeti (ordering cost)

O_r = r toptancısının sipariş maliyeti (ordering cost)

O_w = Tedarikçilere toplam sipariş maliyeti

O_s = Tedarikçilerin toplam sipariş maliyeti

S_{sp} = s tedarikçisinin p ürünü için sipariş/hazırlama maliyeti

h_R = Toptancıların ortak elde bulundurma maliyet yüzdesi

h_m = İmalatçının elde bulundurma maliyet yüzdesi

h_s = Tedarikçilerin elde bulundurma maliyet yüzdesi

S = İmalatçının toplam hazırlama maliyeti katsayısı

S_m = İmalatçının sabit hazırlama maliyeti (setup cost)

S_p = İmalatçının p ürününe özel hazırlama maliyeti

P = İmalatçının para birimi olarak yıllık üretim miktarı

B_1 = İmalatçıdan toptancıya giderken ürüne eklenen maliyet yüzdesi

B_2 = İmalatta ürüne eklenen maliyet yüzdesi

B_3 = Tedarikçiden İmalatçıya giderken ürüne eklenen maliyet yüzdesi

P_s = Tedarikçinin para birimi olarak yıllık üretim miktarı

p_s = Tedarikçilerin toplam hammaddeyi karşılama oranı

C_{rp} = r toptancısındaki p ürününün maliyeti

Q_{rp} = r toptancısındaki p ürününün sipariş miktarı maliyeti

D_{rp} = r toptancısındaki p ürününe olan yıllık talep miktarı

δ_r = Toptancılara yapılması gereken indirim yüzdesi

δ_s = Tedarikçilere yapılması gereken indirim yüzdesi

D_s = s Tedarikçisinin yıllık talebi

$Q, K_1, K_2, L, Q_r, K_{1r}, K_{2rs}, L_r > 0$

4.3.2. MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

Tedarik zincirinde stok koordinasyonu prosedürleri ve genel varsayımlar aşağıdaki gibidir.

- a) Çalışmada birden fazla ürün ele alınmıştır ve deterministik durum olduğu varsayılmıştır.
- b) Üretim parti üretim halinde yapılmakta ve toptancılara dağıtılmaktadır.
- c) Toptancılara ürünler belirli zaman aralığında dağıtılmaktadır ve toptancıların bu aralıktaki toplam siparişleri Q para birimidir.
- d) İmalatçının sabit sipariş maliyeti ürünün sabit dağıtım maliyetinden yüksek olduğundan imalatçıda parti üretimi ($K_1 Q/B_1$) toplam toptancı siparişlerinin(Q) K_1 katıdır(K_1 pozitif tam sayıdır). Q para birimi olarak ifade edildiğinden ürünlerin imalatçı maliyet değerine indirgenmesi için B_1 maliyet yüzdesi kullanılmaktadır. Toptancı maliyet değeri imalatçı maliyet değerinden %20 daha fazla ise $B_1 = 1 + 0.2 = 1.2$ 'dir. Örneğin: Ürünün imalatçı maliyeti 100 para birimi, toptancıların maliyeti ise ondan %20 daha fazla ise bu 120 para birimine denk gelmektedir. Toptancıların siparişi 120 para birimi olduğunda bunun imalatçı bazında değeri $120/B_1=120/1.2=100$ para birimi edecektir(Şekil 4. 3).
- e) Hammadde, parça ve bileşenler birden fazla tedarikçiden elde edilerek üretim hattına gönderilmektedir. Tedarikçilerden alınan hammaddeler tam zamanında üretim halinde tedarik edilmektedirler. İmalat tarafından verilen sipariş hacmi tedarikçilerden L eşit sayıda ve aralıkta getirilmesi

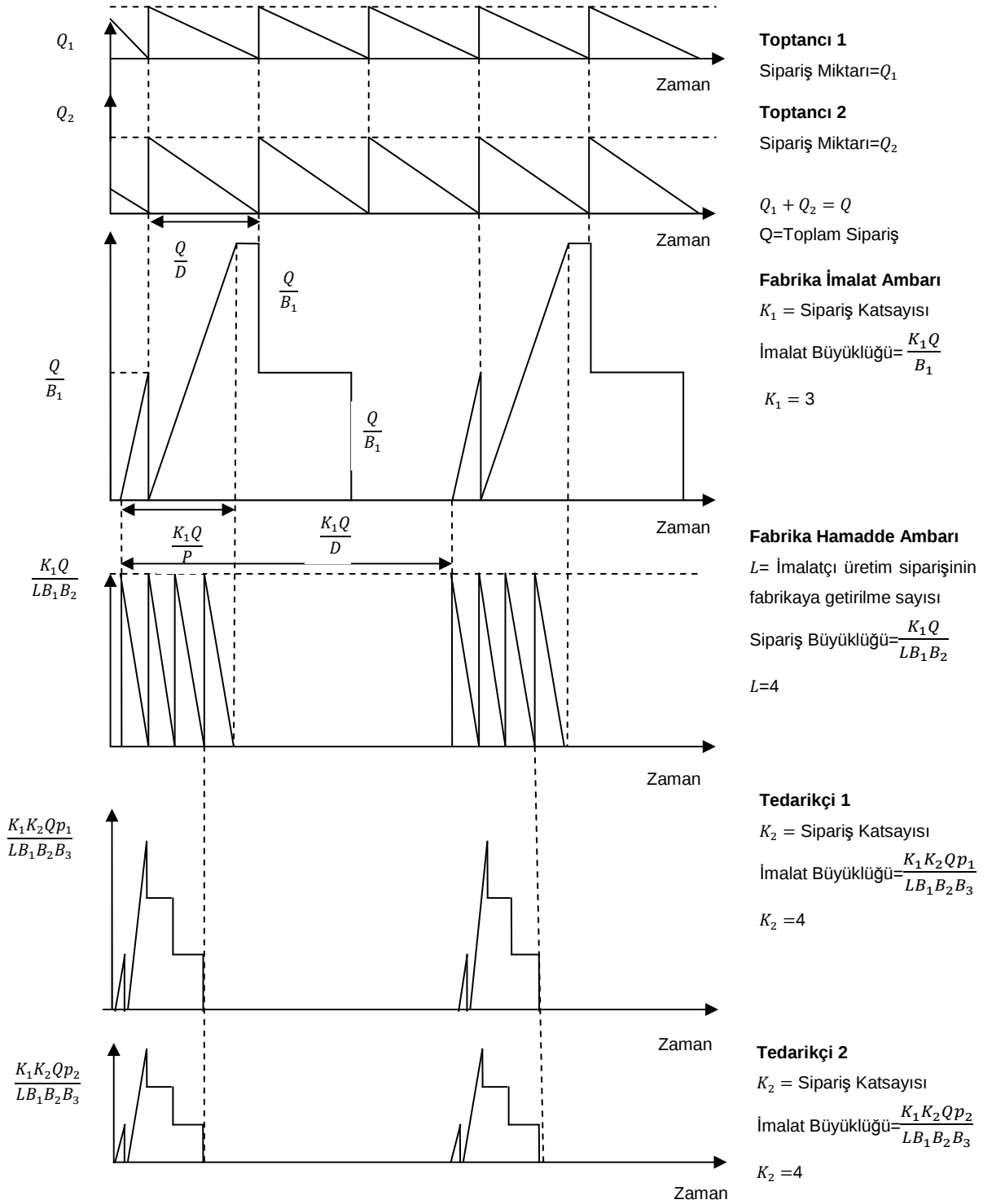
istenmektedir (L pozitif tam sayıdır). Tedarik edilen hammadde ve parçalar birçok üründe kullanıla bilmektedir. Kısacası üretimden gelen sipariş K_1Q/LB_1B_2 şeklinde tedrikçilere sipariş edilmektedir. B_2 ürünün imalata gitmeden hammadde veya parça halindeyken olan değerine indirgenmesi için kullanılan maliyet yüzdesidir.

- f) Tedarikçiler imalatçıdan gelen $K_1Q/B_1B_2B_3$ siparişinin L sayıda imalaçıya getirilme siparişini yani $K_1Q/LB_1B_2B_3$ miktarının K_2 katı kadar ($K_1K_2Q/LB_1B_2B_3$) üretim yapmaktadır (K_2 pozitif tam sayıdır). B_3 imalat maliyet değerinin tedarikçi maliyet değerine indirgenmesi için kullanılan maliyet yüzdesidir. Tedarikçi söz konusu imalatçı için özel hammadde ve parça imalatı yaptığı ve imalatçı siparişine uygun üretim yaptığı varsayılmıştır(Şekil 4. 3).
- g) Tedarik zinciri imalatın üretim ve tedarik aşaması da dikkate alındığında dört aşamadan oluşmaktadır. Bu işletmeler her biri ayrı organizasyonlar tarafından idare olunduğunda imalatçı stok ayarlamasından sorumlu olmaktadır. Bu gibi anlaşmalar yalın üretim için nadir uygulamadır. Bununla birlikte birçok teorisyen ve uygulamacılar stratejik tedarik zinciri işbirliği içinde birçok şirketin tedarik zincirinde avantaj elde etmek için maliyet, talep ve birçok bilgiyi tedarik zinciri boyunca paylaşmayı kabul edeceklerini savunmaktadırlar (Banerjee, Kim, & Burton, 2007,272-274). Bu şekilde tedarik zincirinde sadece bir aşamanın değil tüm tedarik zincirinin performansının yükseltilmesi amaçlanmaktadır. İnternet yalın tedarik zincirinde her kese açık, ucuz ve hızlı ulaşımı ile bilgi paylaşımında iyi bir araçtır (Bruun & Mefford, 2004:247-260).

Yukarıda b-d maddelerine dayanarak r toptancısına imalatçı tarafından K_1 defa belirli aralıklarda Q kadar dağıtım yapılmaktadır. Bu durumda imalatçının toptancı fiyatları ile bir defada üretim büyüklüğü K_1Q kadardır. Alıcı satıcı arasında koordinasyon ve işbirliği modellerini geliştirmek zor olmamakla beraber birçok araştırmacı tarafından da incelenmiştir (Pourakbar, Farahani, & Asgari: 583-596, 2007, Joglekar, 1988:1391-1398).

İmalata hammadde ve parça dağıtımının özellikle tam zamanında üretim ortamında belirli yığın halinde ve eşit aralıkta gelmesi daha etkili olduğu görülmüştür (Banerjee, Kim, & Burton 274, 2007, Kim & Ha, 2003:1-10). Daha önce ifade edildiği gibi imalata hammadde ve parçalar üretim siparişinin L eşit sayıda getirilerek tam zamanında üretim mantığına uygun sipariş verilmekteydi.

Tedarik zinciri toptancı siparişi ile başlamaktadır. Toptancıların satacağı ürünler için imalata toplam 858 TL sipariş verdiğini varsayıldığında ($B_1 = 1.1$) imalat için verilen bu siparişin maliyeti 780TL'dir ($858/1.1$). İmalatçı bu siparişin 3 katını($K_1 = 3$) üretime sipariş verdiğinde siparişe verilen imalat büyüklüğü 2340 TL olacaktır. Tedarikçilerden hammadde ve parça temin eden imalat ambarı için üretim maliyeti düşüldüğünde bunun maliyet değeri ($B_2 = 1.3$) 1800 TL olacaktır. Eğer bunun 4 eşit sayıda($L = 4$) imalata getirilmesi istenmekteyse o zaman tedarikçiye sipariş 4 eşit aralıkta olmak üzere her defasında 450 TL ($1800/4$) sipariş verilecektir. Tedarikçi için alınan 450 TL lik siparişin değeri ($B_3 = 1.2$) 375 TL'dir. Eğer tedarikçi alınan siparişin 4 katını ($K_2 = 4$) üretmeye karar vermişse o zaman üretime 1500TL lik sipariş verilecektir.



Şekil 4. 3 Tedarik Zincirinde Stok Durumu ($K_1 = 3, L=4, K_2 = 4$)

4.3.3. TOPLAM TOPTANCI MALİYETİ

Toplam toptancı maliyeti toplam sipariş maliyeti ve toplam stok elde bulundurma maliyeti toplamından oluşmaktadır. Tedarik zincirinde birden çok ürün bulunmaktadır ve her toptancıda bir önceki imalat sürecinden gelen bütün nihai ürün çeşidinin satışı gerçekleşmektedir(Şekil 4. 1).

Toplam Toptancı Maliyeti (TZM_r)

= Toplam toptancı Sipariş Maliyeti

+ Toplam Toptancı Stok EldeBulundurma Maliyeti

$$TZM_r(Q_{rp}) = \sum_r O_r \frac{\sum_p C_{rp} D_{rp}}{\sum_p C_{rp} Q_{rp}} + \sum_p \sum_r h_R C_{rp} \frac{Q_{rp}}{2}$$

4. 1

Toptancıların p ürünü için yıllık talep miktarı D_{rp} , maliyeti C_{rp} , sipariş maliyeti ise O_r , elde bulundurma yüzdesi ise h_r dir. Toptancılar tarafından bütün ürünler için siparişler imalatçıya aynı aralıkta ve zamanda verilmektedir. Toptancının toplam sipariş maliyeti ürünlerin toplam talep maliyetinin ($\sum_r C_{rp} D_{rp}$) ürünler için verilmiş toplam sipariş maliyetine ($\sum_r C_{rp} Q_{rp}$) oranının sipariş maliyetine çarpımıdır. Bunların toplamı ise toptancıların toplam sipariş maliyetini oluşturmaktadır (4. 1).

Toptancı elde tutma maliyeti ürünler için verilmiş toplam sipariş miktarı yarısının ($\sum_r (C_{rp} Q_{rp})/2$) elde bulundurma yüzdesi ile çarpımıdır. Bunların toplamı ise toptancıların toplam elde bulundurma maliyetidir. Birden fazla ürün satışı gerçekleştiği için sipariş miktarının para birimi olarak gösterilmektedir.

Toptancılar koordinasyon halinde karar verdiklerinde imalatçıya aynı aralıkta ve zamanda toplam sipariş vereceklerinden toptancıların talep toplamı $\sum_r \sum_p C_{rp} D_{rp} = D$, sipariş toplamı $\sum_r \sum_p C_{rp} Q_{rp} = Q$, sipariş maliyeti toplamı $\sum_r O_r = O_R$ alınacaktır (4. 2). Toptancıların toplam sipariş miktarı toplam toptancı maliyetini etkileyen değişkendir.

$$TzM_r^*(Q) = \frac{D}{Q} O_R + \frac{Q}{2} h_R$$

4. 2

Toptancılar ayrı olarak çalıştığında yani koordinasyon halinde çalışmadığında toptancılar maliyeti eşitlik 4. 1 kullanılarak hesaplanmaktadır. $\sum_p C_{rp} D_{rp} = D_r$ ve $\sum_p C_{rp} Q_{rp} = Q_r$ olarak yazılmıştır. Bu durumda her toptancı kendi maliyetini minimize etmeyi amaçlamaktadır(4. 3).

$$TzM(Q_r) = \sum_r O_r \frac{D_r}{Q_r} + \sum_r \frac{Q_r}{2} h_R$$

4. 3

4.3.4. TOPLAM İMALATÇI MALİYETİ

Toptancılardan gelen siparişler toplamının K_1 katı kadar üretime sipariş verilmektedir. imalatçıda Toplam imalatçı maliyeti toplam hazırlama maliyeti ve toplam stok elde bulundurma maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Toplam İmalat Maliyeti}(TzM_w) \\ &= \text{Toplam İmalat Sipariş Maliyeti} \\ &+ \text{Toplam İmalat Stok EldeBulundurma Maliyeti} \end{aligned}$$

Ürüne eklenen maliyet yüzdesi B_1 dikkate alındığında imalatçı için talep tutarı D/B_1 , sipariş tutarı ise $K_1 Q/B_1$ 'dir. Ürünler için verilen toplam hazırlama maliyetleri $S_m + \sum_p S_p$ 'dir. Joglekar'ın çalışmasından yararlanılarak (Joglekar, 1988:1391-1398) üretilen miktar toptancılar tarafından Q tutarı kadar çekilmesi dikkate alındığında elde bulundurma maliyeti aşağıdaki eşitliğe(4. 4) eşit olacaktır.

$$TzM_m^*(Q, K_1) = \frac{\frac{D}{B_1}}{K_1 \frac{Q}{B_1}} \left(S_m + \sum_p S_p \right) + \frac{\frac{Q}{B_1} \left((2 - K_1) \frac{D}{P} + K_1 - 1 \right)}{2} h_m$$

4. 4

Hazırlama maliyetlerinin toplamı $S_m + \sum_p S_p = S$ yazılarak eşitlik 4. 4 sadeleştirildiğinde imalatçı maliyeti eşitlik 4. 5'deki gibi yazılabilir. İmalatçının karar vermesi gereken değişken K_1 'dir.

$$T Z M_m^*(Q, K_1) = \frac{D}{K_1 Q} S + \frac{Q \left((2 - K_1) \frac{D}{P B_1} + K_1 - 1 \right)}{2 B_1} h_m$$

4. 5

İmalatçıya siparişler ayrı ayrı geldiğinde ve gelen toptancı siparişleri ayrı değerlendirildiğinde toplam imalatçı maliyeti eşitlik 4. 5 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T Z M_m(Q_r, K_{1r}) = \sum_r \frac{D_r}{K_{1r} Q_r} S + \sum_r \frac{Q_r \left((2 - K_{1r}) \frac{D_r}{P B_1} + K_{1r} - 1 \right)}{2 B_1} h_m$$

4. 6

4.3.5. TOPLAM SATIN ALMA MALİYETİ

İmalat tarafından gelen $K_1 Q/B_1$ sipariş tutarı L 'e bölünerek bir çok defada sipariş verilmektedir. Ürüne eklenen maliyet yüzdesi B_2 dikkate alındığında satınalma için talep tutarı $D/B_1 B_2$, sipariş tutarı ise $K_1 Q/L B_1 B_2$ 'dir. Ürünler için tedarikçilere verilen toplam sipariş maliyetleri $\sum_s O_s$ 'dir. Banerjee ve arakadaşlarının çalışmasından yararlanılarak (Banerjee, Kim, & Burton, 2007) satınalma maliyeti aşağıdaki eşitliğe (4. 7) eşit olacaktır.

$$T Z M_w^*(Q, K_1, L) = \frac{\frac{D}{B_1 B_2}}{K_1 \frac{Q}{L B_1 B_2}} \sum_s O_s + \frac{K_1 \frac{Q}{B_1 B_2} \frac{D}{B_1 B_2}}{2 L \frac{P}{B_2}} h_m$$

4. 7

Koordinasyon halinde tedarikçi sipariş maliyetlerinin toplamı $\sum_s O_s = O_w$ yazılarak eşitlik 4. 7 sadeleştirildiğinde tedarikçi maliyeti eşitlik 4. 8'deki gibi yazılabilir. Satınalmanın karar vermesi gereken değişken L 'dir.

$$T Z M_w^*(Q, K_1, L) = \frac{D L}{K_1 Q} O_w + \frac{K_1 Q D}{2 L P B_1^2 B_2} h_m$$

4. 8

Satın alma imalat sipariş büyüklüğünün alımının her birini ayrı değerlendirerek sipariş verdiğinde fabrika satın alma maliyeti eşitlik 4. 8 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$TSM_w(Q_r, K_{1r}, L_r) = \sum_r \frac{D_r L_r}{K_{1r} Q_r} O_w + \sum_r \frac{K_{1r} Q_r D_r}{2 L_r P B_1^2 B_2} h_m$$

4. 9

4.3.6. TOPLAM TEDARİKÇİLER MALİYETİ

Tedarikçilere gelen siparişler koordinasyon halinde karar verildiğinde imalatçıda gelen siparişin K_2 katı, ayrı olarak karar verildiğinde ise her bir s tedarikçisinin gelen sipariş katsayısı K_{2s} olacaktır.

$$TSM_s^*(Q, K_1, L, K_2)$$

$$= \frac{\frac{D}{B_1 B_2 B_3}}{K_2 \frac{Q K_1}{L B_1 B_2 B_3}} \sum_s \sum_p S_{sp} + \frac{\frac{Q K_1}{L B_1 B_2 B_3} \left((2 - K_2) \frac{\frac{D}{B_1 B_2 B_3}}{P_s} + K_2 - 1 \right)}{2} h_s$$

4. 10

Fabrikanın satınalma kısmı tarafından verilen $Q K_1 / L B_1 B_2 B_3$ siparişi tedarikçiler tarafından K_2 ile çarpılarak üretime sipariş verilir. Tedarikçiler hazırlama maliyeti toplamı $\sum_s \sum_p S_{sp} = O_s$ yazılarak eşitlik 4. 10 sadeleştirilirse eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir (4. 11).

$$TSM_s^*(Q, K_1, L, K_2) = \frac{DL}{Q K_1 K_2} O_s + \frac{Q K_1 \left((2 - K_2) \frac{D}{P_s B_1 B_2 B_3} + K_2 - 1 \right)}{2 L B_1 B_2 B_3} h_s$$

4. 11

Tedarik zinciri tamamen bağımsız çalıştığında eşitlik 4. 11 kullanılarak tedarikçilerin toplam maliyeti aşağıdaki (4. 12) gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}
& TZM_s(Q_r, K_{1r}, L_r, K_{2rs}) \\
&= \sum_s \sum_r \frac{D_r L_r}{Q_r K_{1r} K_{2rs}} O_s \\
&+ \sum_s \sum_r \frac{Q_r K_{1r} \left((2 - K_{2rs}) \frac{D_r}{P_{ss} B_1 B_2 B_3} + K_{2rs} - 1 \right)}{2 L_r B_1 B_2 B_3} h_s
\end{aligned}$$

4. 12

4.3.7. TOPLAM TEDARİK ZİNCİRİ MALİYETİ

Tedarik zinciri bir birinden bağımsız çalıştığında toplam tedarik zinciri maliyeti eşitlik 4. 13'deki gibi hesaplanır (Eşitlik 4. 13 = 4. 3 + 4. 6 + 4. 9 + 4. 12).

$$\begin{aligned}
& TZM(Q_r, K_{1r}, L_r, K_{2rs}) \\
&= \sum_r O_r \frac{D_r}{Q_r} + \sum_r \frac{Q_r}{2} h_R + \sum_r \frac{D_r}{K_{1r} Q_r} S \\
&+ \sum_r \frac{Q_r \left((2 - K_{1r}) \frac{D_r}{P B_1} + K_{1r} - 1 \right)}{2 B_1} h_m + \sum_r \frac{D_r L_r}{K_{1r} Q_r} O_w \\
&+ \sum_r \frac{K_{1r} Q_r D_r}{2 L_r P B_1^2 B_2} h_m + \sum_s \sum_r \frac{D_r L_r}{Q_r K_{1r} K_{2rs}} O_s \\
&+ \sum_s \sum_r \frac{Q_r K_{1r} \left((2 - K_{2rs}) \frac{D_r}{P_{ss} B_1 B_2 B_3} + K_{2rs} - 1 \right)}{2 L_r B_1 B_2 B_3} h_s
\end{aligned}$$

4. 13

Tedarik zinciri koordinasyon halinde çalıştığında toplam tedarik zinciri maliyeti eşitlik 4. 13'deki gibi hesaplanmaktadır (Eşitlik 4. 14 = 4. 2 + 4. 5 + 4. 8 + 4. 11).

$$TZM^*(Q, K_1, L, K_2)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{D}{Q} O_R + \frac{Q}{2} h_R + \frac{D}{K_1 Q} S + \frac{Q \left((2 - K_1) \frac{D}{P B_1} + K_1 - 1 \right)}{2 B_1} h_m + \frac{D L}{K_1 Q} O_w \\
&+ \frac{K_1 Q D}{2 L P B_1^2 B_2} h_m + \frac{D L}{Q K_1 K_2} O_s + \frac{Q K_1 \left((2 - K_2) \frac{D}{P_s B_1 B_2 B_3} + K_2 - 1 \right)}{2 L B_1 B_2 B_3} h_s
\end{aligned}$$

4. 14

Toplam tedarik zinciri maliyetinin Q 'ye göre türevi alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(TZM^*)}{\partial Q} = & -\frac{DS}{K_1 Q^2} - \frac{O_S DL}{K_1 K_2 Q^2} - \frac{O_w DL}{K_1 Q^2} - \frac{O_R D}{Q^2} + \frac{h_m \left(\frac{D(2-K_1)}{B_1 P} + K_1 - 1 \right)}{2B_1} + \frac{h_m D K_1}{2B_1^2 B_2 LP} \\ & + \frac{h_s K_1 \left(K_2 + \frac{D(2-K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1 \right)}{2LP B_1 B_2 B_3} + \frac{h_R}{2} \end{aligned}$$

Bu durumda eşitlik 0'a eşitlenirse Q aşağıdaki eşitliğe برابر olacaktır.

$$Q = \sqrt{\frac{2D(S + O_w L + O_s \frac{L}{K_2} + O_R K_1) B_1^2 B_2 L}{K_1 \left(h_m \left(\frac{D(2-K_1)}{B_1 P} + K_1 - 1 \right) L B_1 B_2 B_3 + h_m \frac{D K_1 B_3}{P} + h_s K_1 \left(K_2 + \frac{D(2-K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1 \right) B_1 + H_R B_1^2 B_2 L \right)}}$$

4. 15

Toplam tedarik zinciri maliyetinin K_1 'e göre türevi alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(TZM^*)}{\partial K_1} = & -\frac{DS}{K_1^2 Q} + \frac{h_m \left(1 - \frac{D}{B_1 P} \right) Q}{2B_1} + \frac{h_m D Q}{2B_1^2 B_2 LP} + \frac{h_s \left(K_2 + \frac{D(2-K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1 \right) Q}{2L B_1 B_2 B_3} \\ & - \frac{O_S DL}{K_1^2 K_2 Q} - \frac{O_w DL}{K_1^2 Q} \end{aligned}$$

Bu durumda eşitlik 0'a eşitlenirse K_1 aşağıdaki eşitliğe برابر olacaktır.

$$K_1 = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{2D(SK_2 + O_S L + O_w K_2 L) B_1^2 B_2 B_3 L}{K_2 \left(h_m \left(1 - \frac{D}{B_1 P} \right) L B_1 B_2 B_3 + h_m \frac{D B_3}{P} + h_s \left(K_2 + \frac{D(2-K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1 \right) \right)}}$$

4. 16

Toplam tedarik zinciri maliyetinin K_2 'ye göre türevi alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir.

$$\frac{\partial(TZM^*)}{\partial K_2} = \frac{H_s \left(1 - \frac{D}{P_s B_1 B_2 B_3}\right) K_1 Q}{2L B_1 B_2 B_3} - \frac{O_s D L}{K_1 K_2^2 Q}$$

Bu durumda eşitlik 0'a eşitlenirse K_2 aşağıdaki eşitliğe beraber olacaktır.

$$K_2 = \frac{L}{Q K_1} \sqrt{\frac{2D O_s B_1 B_2 B_3}{H_s \left(1 - \frac{D}{P_s B_1 B_2 B_3}\right)}}$$

4. 17

Toplam tedarik zinciri maliyetinin L 'e göre türevi alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir.

$$\frac{\partial(TZM^*)}{\partial L} = -\frac{h_m D K_1 Q}{2P L^2 B_1^2 B_2} - \frac{H_s K_1 \left(K_2 + \frac{D(2 - K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1\right) Q}{2L^2 B_1 B_2 B_3} + \frac{O_s D}{K_1 K_2 Q} + \frac{O_w D}{K_1 Q}$$

Bu durumda eşitlik 0'a eşitlenirse L eşitlik 4. 18'e beraber olacaktır.

$$L = \frac{Q K_1}{B_1} \sqrt{\frac{K_2 \left(h_m \frac{D B_3}{P} + h_s B_1 \left(K_2 + \frac{D(2 - K_2)}{P_s B_1 B_2 B_3} - 1\right)\right)}{2D(O_s + O_w K_2) B_2 B_3}}$$

4. 18

Birinci aşama

Adım 1: Toptancılar aşamasında Q 'nü ilk önce bilinen klasik yöntemle yani Ekonomik Sipariş Miktarını göre hesapla ($Q = \sqrt{2D O_R / h_R}$). K_2 , L bu aşamda 1 eşittir.

Adım 2: Q , K_2 , L 'i kullanarak K_1 'i bul.

Adım 3: Bulunan K_1 , ve Q 'nü ve $K_2=1$ durumunda L 'ni hesaplayın.

Adım 4: Bulunan K_1 , L ve Q 'nü kullanarak K_2 'ni hesaplayın.

Adım 5: Bulunan K_1 , L ve K_2 'ni kullanarak Q 'nü yeniden hesaplayınız.

Adım 5: 2 ve 5'ci adımları tekrarlanarak Q^* , K_1^* , L^* , K_2^* değişkenleri bir noktada dengeye gelene kadar devam ettir. Son olarak elde edilen verileri TZM eşitliğinde yerine koyarak toplam maliyeti hesapla.

İkinci Aşama

Elde edilen veriler tam sayı olması gerektiğinden elde edilen optimum çözümdeki değişken değerlerini en yakın bir alt ve bir üst tam sayı değerlerini (Q^* , K_1^* , L^* , K_2^*) vererek karşılıklı kombinasyondan en düşük TZM 'yi veren pozitif tam sayı değerleri optimum çözüm olarak alınacaktır.

4.4. TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMASI

Bu kısımda geliştirilen model üzerinde işletme verileri kullanılarak TZM optimizasyonuna gidilerek inceleme yapılmıştır.

4.4.1. ŞİRKET TANIMI

Elde edilen model Azerbaycan'da bir montaj fabrikasının tedarik zincirinde uygulamaya konulmuştur. Tedarik zinciri toptancı, fabrika ve tedarikçiler olmak üzere üç kademededen oluşmaktadır. Tedarik zinciri modelinde Azerbaycan'da üretimi bulunan bir fabrikanın ürettiği iki ürün birden dikkate alınmıştır. Bu ürünler Azerbaycan'da üç toptancı tarafından satışa sunulmaktadır. Fabrika montajda kullandığı bileşenleri Azerbaycan'dan bir, yurt dışından ise iki fabrikadan tedarik etmektedir. Aynı zamanda modele uygun olarak fabrika giriş deposu(bileşenler-satınalma) ve çıkış deposu (nihai ürün-üretim) olmak üzere iki aşamada incelenmektedir. Şirketin ismi çalışmada gizlilik prensibi açısından ABC işletmesi olarak verilmiştir.

4.4.2. TEDARİK ZİNCİRİ VERİLERİ

Toptancı, imalatçı ve tedarikçi verileri sırasıyla Tablo 4. 1, Tablo 4. 2 , Tablo 4. 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir. ABC işletmesi üç toptancı aracılığı ile Azerbaycan geneline ürünlerinin satışını gerçekleştirmektedir. Bunlar Lökbatan, Binegedi ve diğer İlçelere dağıtımı yapan toptancılardır. Her bir toptancıda fabrikanın iki ürünü de bulunmaktadır. Bu ürünler CRT14 ve LCD32 nihai ürünleridir.

Tablo 4. 1 Toptancı Verileri

	Lökbatan		Binegedi		İlçeler	
	CRT14	LCD32	CRT14	LCD32	CRT14	LCD32
Yıllık Talep (adet)	6000	3000	2400	1200	3600	600
Maliyet(\$)	90	562.5	90	562.5	90	562.5
Sipariş Maliyeti	45		45		45	
Elde Tutma Maliyeti	%20		%20		%20	
Maliyet Yüzdesi(B_1)	1.25(%25)		1.25(%25)		1.25(%25)	

CRT14 ürünü için yıllık talep 12.000 adet LCD32 ürünü için ise yıllık talep 4.800 adettir. Lökbatan, Binegedi ve İlçelerin siparişleri aylık olmak üzere sırasıyla CRT14 ürününden 500, 200, 300 adet ve LCD32 ürününden ise 250, 100 ve 50 adettir. CRT14 ve LCD32 ürünlerinin toptancı maliyeti sırasıyla 90\$ ve 562.5\$'dir(Tablo 4. 1).

Tablo 4. 2 İmalatçı Verileri

	CRT14	LCD32	
Hazırlık Maliyeti (\$)	132	132	
Elde Tutma Maliyeti	%18		
Üretim Oranı(adet/yıl)	18.000	7.200	
Maliyet Yüzdesi(B_2)	1.2(%20)	1.2(%20)	
Sipariş Maliyeti	Azerbaycan	Ön Kabin	20
		Arka Kabin	
	X ülke	Strafor	60
		Koli	
	Y ülke	Ekran	120
		Main board	

Azerbaycandan ön kabin ve arka kabin, X ülkesinden strafor ve koli, Y ülkesinde ise ekran ve main board tedarik edilmektedir. İmalatçı bileşenleri almak için belirli sipariş maliyetine katlanmaktadır. Daha sonra bileşenleri imalat sürecinden geçirerek ürün haline getirmektedir(Tablo 4. 2).

Tablo 4. 3 Tedarikçi Verileri

Tedarikçiler	Azerbaycan				X ülke				Y ülke			
Alınan Bileşenler	Ön Kabin		Arka Kabin		Strafor		Koli		Ekran		Main Board	
	CR T	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD
Üretim Oranı (adet/yıl)	19154	7662	19154	7662	76616	30648	19154	7662	19154	7662	19154	7662
Bileşen Maliyeti(\$) (İmalatçıda)	3	25	5	27	0.25	3	1.5	5	35	270	15	36
Hazırlama Maliyetleri	30		40		30		40		200		80	
Elde Tutma Maliyeti	%20				%20				%20			
Maliyet Yüzdesi(B_3)	1.3(%30)				1.3(%30)				1.3(%30)			

4.4.3.TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU

Mapl12.0 kullanılarak elde edilen verilerle tam zamanında üretim ortamında tedarik zinciri koordinasyonu modelinde optimum çözüme ulaşılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda modelin girdileri aşağıdakilerdir.

$$D = 12.000 \cdot 90\$ + 4.800 \cdot 562,5\$ = 3.780.000\$$$

$$O_R = 45\$ + 45\$ + 45\$ = 135\$$$

$$O_w = 20\$ + 60\$ + 120\$ = 200\$$$

$$O_S = 70\$ + 70\$ + 280\$ = 420\$$$

$$\begin{aligned}
h_R &= \%20 \\
h_m &= \%18 \\
h_s &= \%20 \\
S &= 330\$ \\
P &= 4.032.000\$ \\
B_1 &= 1,25 \\
B_2 &= 1,2 \\
B_3 &= 1,3 \\
P_s &= P/B_3 \cong 3101539
\end{aligned}$$

Yukarıdaki bilgiler modele yerleştirilerek aşağıdaki değişkenler elde edilecektir.

Q = Toptancıların para birimi olarak sipariş miktarı
 K_1 = İmalatçının üretim için sipariş miktarı katsayısı
 L = İmalatçı üretim siparişinin fabrikaya getirilme sayısı
 K_2 = Tedarikçinin sipariş miktarı katsayısı

MAPL 12.0 programına elde edilen Q^*, K_1^*, L^*, K_2^* eşitlikleri ve optimizasyona gidilmesi için izlenen adımlar aşağıdaki şekilde girişi yapılmıştır.

```

proc (D, Or, Ow, Os, Hr, Hm, Hs, S, P, B1, B2, B3, Ps, n)
  local i, Q, K1, K2, L, TZM;
  Q[1] := sqrt(2*D*Or/Hr);
  K1[1] := 1;
  K2[1] := 1;
  L[1] := 1;
  print(evalf(Q[1]), K1[1], L[1], K2[1]);
  for i from 2 to n do
    K1[i] := sqrt(2*K2[i-1]*(-Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*D+Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3)*D*P*L[i-1]*Ps*(S*K2[i-1]+L[i-1]*Ow*K2[i-1]+L[i-1]*Os))*B3*B2*B1/(K2[i-1]*(-Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*D+Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3)*Q[i-1]); L[i] := (1/2)*sqrt(2*D*P*Ps*(Ow*K2[i-1]+Os)*K2[i-1]*(D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3))*Q[i-1]*K1[i]/(D*P*Ps*(Ow*K2[i-1]+Os)*B3*B2*B1); K2[i] := sqrt(2*Hs*(-D+Ps*B1*B2*B3)*D*Os*Ps)*B3*B2*B1*L[i]/(Hs*(-D+Ps*B1*B2*B3)*Q[i-1]*K1[i]); Q[i]
  
```

```

:= sqrt(2*K1[i]*K2[i]*(-
K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*D+K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+K1[i]*D*Hm*B2*
Ps*B3^2+2*K1[i]*Hs*P*D-K1[i]*Hs*P*K2[i]*D+K1[i]*Hs*P*K2[i]*Ps*B1*B2*B3-
K1[i]*Hs*P*Ps*B1*B2*B3+Hr*P*B1^2*L[i]*B2^2*Ps*B3^2+2*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*
D-
Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1)*D*P*L[i]*Ps*(Or*K1[i]*K2[i]+S*K2[i]+L[i]*Ow*K2[i]+L[i]*
Os))*B3*B2*B1/(K1[i]*K2[i]*(-
K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*D+K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+K1[i]*D*Hm*B2*
Ps*B3^2+2*K1[i]*Hs*P*D-K1[i]*Hs*P*K2[i]*D+K1[i]*Hs*P*K2[i]*Ps*B1*B2*B3-
K1[i]*Hs*P*Ps*B1*B2*B3+Hr*P*B1^2*L[i]*B2^2*Ps*B3^2+2*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*
D-Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1)); TZM :=
D*Or/Q[i]+(1/2)*Q[i]*Hr+D*S/(K1[i]*Q[i])+(1/2)*Q[i]*((2-K1[i])*D/(P*B1)+K1[i]-
1)*Hm/B1+D*L[i]*Ow/(K1[i]*Q[i])+(1/2)*K1[i]*Q[i]*D*Hm/(L[i]*P*B1*B2*B1)+D*L[i]*Os/
(K1[i]*Q[i]*K2[i])+(1/2)*K1[i]*Q[i]*((2-K2[i])*D/(Ps*B1*B2*B3)+K2[i]-
1)*Hs/(L[i]*B1*B2*B3)); print(Q[i], K1[i], L[i], K2[i], TZM)
end do
end proc

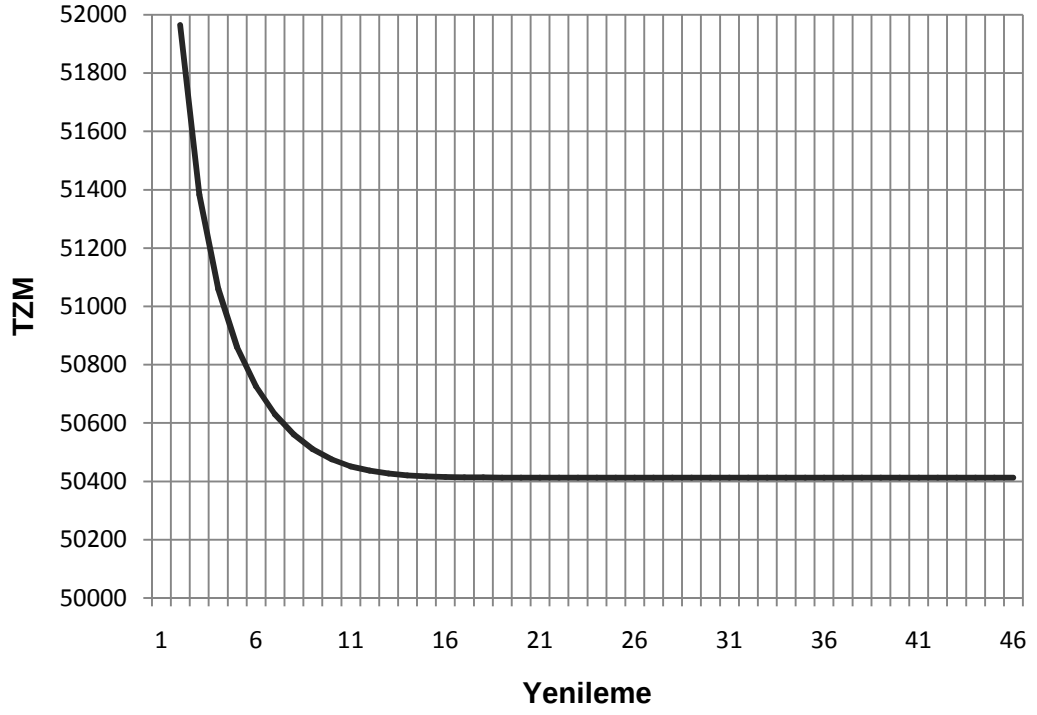
```

Tablo 4. 4 Q^* , K_1^* , L^* , K_2^* ve Tedarik Zinciri Maliyeti Maple 12.0 Çıktıları

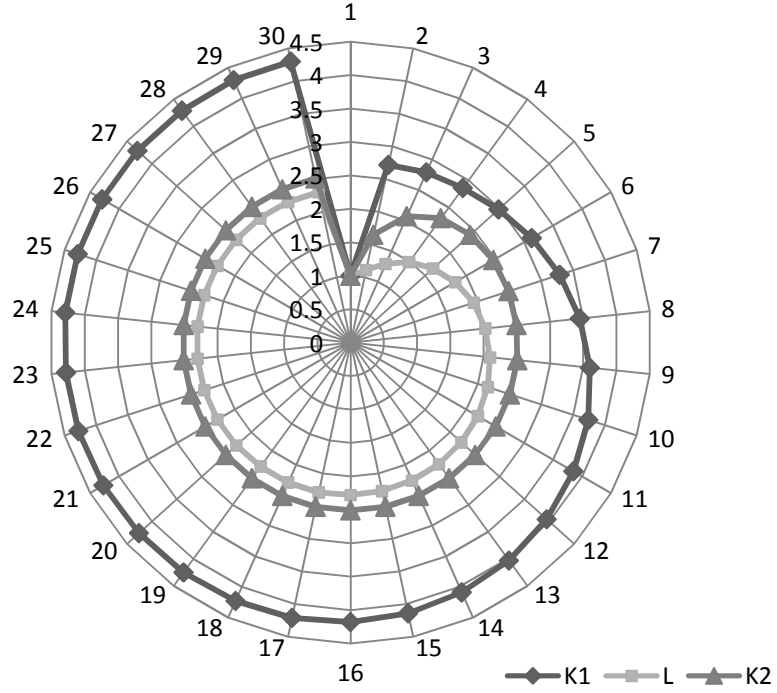
	Q^*	K_1^*	L^*	K_2^*	TZM
1	71435.29	1.00	1.00	1.00	-----
2	64394.34	2.72	1.11	1.65	51964.79
3	64809.80	2.79	1.29	2.07	51383.21
4	66459.86	2.86	1.49	2.30	51059.81
5	67581.77	2.98	1.66	2.41	50859.20
6	67881.48	3.13	1.81	2.47	50725.56
7	67548.35	3.29	1.94	2.49	50630.11
8	66855.20	3.45	2.03	2.50	50560.28
9	66020.22	3.60	2.10	2.51	50510.00
10	65182.74	3.74	2.16	2.51	50474.99
11	64417.77	3.85	2.20	2.51	50451.50
12	63757.30	3.95	2.23	2.51	50436.26
13	63207.89	4.03	2.25	2.51	50426.68
14	62762.66	4.09	2.26	2.51	50420.79
15	62408.74	4.14	2.27	2.51	50417.26
16	62131.52	4.18	2.28	2.51	50415.17
17	61916.86	4.21	2.29	2.51	50413.96
18	61752.20	4.23	2.29	2.51	50413.27
19	61626.86	4.25	2.29	2.51	50412.87
20	61532.05	4.26	2.30	2.51	50412.65
21	61460.74	4.27	2.30	2.51	50412.53
22	61407.34	4.28	2.30	2.51	50412.46

Tablo 4. 4 (Devamı)

23	61367.52	4.28	2.30	2.51	50412.42
24	61337.94	4.29	2.30	2.51	50412.40
25	61316.02	4.29	2.30	2.51	50412.39
26	61299.83	4.29	2.30	2.51	50412.39
27	61287.89	4.29	2.30	2.51	50412.38
28	61279.12	4.29	2.30	2.51	50412.38
29	61272.68	4.30	2.30	2.51	50412.38
30	61267.96	4.30	2.30	2.51	50412.38
31	61264.51	4.30	2.30	2.51	50412.38
32	61261.99	4.30	2.30	2.51	50412.38
33	61260.15	4.30	2.30	2.51	50412.38
34	61258.81	4.30	2.30	2.51	50412.38
35	61257.83	4.30	2.30	2.51	50412.38
36	61257.13	4.30	2.30	2.51	50412.38
37	61256.61	4.30	2.30	2.51	50412.38
38	61256.24	4.30	2.30	2.51	50412.38
39	61255.96	4.30	2.30	2.51	50412.38
40	61255.77	4.30	2.30	2.51	50412.38
41	61255.62	4.30	2.30	2.51	50412.38
42	61255.52	4.30	2.30	2.51	50412.38
43	61255.45	4.30	2.30	2.51	50412.38
44	61255.39	4.30	2.30	2.51	50412.38
45	61255.35	4.30	2.30	2.51	50412.38
46	61255.33	4.30	2.30	2.51	50412.38
47	61255.30	4.30	2.30	2.51	50412.38
48	61255.29	4.30	2.30	2.51	50412.38
49	61255.28	4.30	2.30	2.51	50412.38
50	61255.27	4.30	2.30	2.51	50412.38
51	61255.27	4.30	2.30	2.51	50412.38
52	61255.26	4.30	2.30	2.51	50412.38
53	61255.26	4.30	2.30	2.51	50412.38
54	61255.26	4.30	2.30	2.51	50412.38
55	61255.26	4.30	2.3	2.51	50412.38
56	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38
57	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38
58	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38
59	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38
60	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38
61	61255.25	4.30	2.30	2.51	50412.38



Şekil 4. 4 Tedarik Zinciri Maliyeti Maple 12.0 Çıktıları



Şekil 4. 5 K_1^* , L^* , K_2^* için Maple 12.0 Çıktıları

Model Maple 12.0 programı Intel(R) Core(TM) 2CPU T5200 1.60 Ghz, 798Mhz ve 0.99GB RAM özellikli bilgisayar kullanılarak optimal çözüme 4.43 saniyede ulaşılmıştır. Optimal çözüm $Q^* = 61255.25$, $K_1^* = 4.30$, $L^* = 2.30$, $K_2^* = 2.51$, $TZM = 50412.38$ elde edilmektedir. Toptancılar toplam olarak 61255.25 \$'lık sipariş verecekler. Lökbatan, Binegedi ve İlçeler toptancıları sırasıyla bu miktarın 0.589286, 0.235714, 0.175 yüzdesini oluşturmaktadır. Her bir toptancı kendi sipariş tutarının içinde CRT14 ve LCD32 ürünlerinin talep içindeki yüzdesini de dikkate alarak sipariş vermektedir. Örneğin Lökbatan toptancısı periyodik olarak toplam 36096.84\$'lık sipariş vermelidir ki bundan 8750.75\$ CRT14 ve 27346.09\$ LCD32 ürününe pay düşmektedir. Bu durumda Lökbatan'ın periyodik siparişi CRT14 ürünü 90\$ LCD32 ürünü 562.5\$ olduğundan 97.22 adet CRT14 ve 48.6 adet LCD32 ürünüdür.

K_1^* , L^* , K_2^* tam sayı olması gerektiğinden kendi aralarında en yakın tam sayı kombinasyonuna göre TZM maliyetleri hesaplanacak ve en düşük maliyet tercih edilecektir. Örneğin $L^* = 2.3$ olduğundan tedarikçilerden talep edilen bileşenlerin üretim sipariş miktarından 2 veya 3 katı kadar az olması durumu incelenecektir. Elde edilen değişkenlere yakın alt ve üst tam sayılar kombinasyonu incelenerek en düşük TZM maliyetini veren tam sayı kombinasyonu tercih edilir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 4. 5) bu durum incelenerek en uygun kombinasyonun $K_1^{**} = 4$, $L^{**} = 2$, $K_2^{**} = 2$ olduğu görülmektedir. Bu durumda optimum sipariş miktarı 63142.71, TZM ise 50585.41 olarak tespit edilmektedir.

Tablo 4. 5 K_1^{} , L^{**} , K_2^{**} tam sayı olduğunda Tedarik Zinciri Maliyeti**

K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
4	2	2	63142.71	50585.41
4	2	3	57761.28	50717.37
4	3	2	76809.16	51673.53
4	3	3	70239.64	50855.90
5	2	2	54371.47	50750.88
5	2	3	49744.97	51215.63
5	3	2	66121.35	51107.85
5	3	3	60480.39	50624.67

$K_1^{**}=4$ olduğundan toptancılardan gelen toplu sipariş maliyetinin 4 katı kadar fabrikada üretime sipariş verilir. Sipariş tutarı 63142.71\$ ve $B_1=1.25$ olduğundan fabrika için bu siparişin ürün bazında maliyeti 50514.17\$'dır bunun 4 katı üretime sipariş verilir, yani periyodik sipariş 202056.67\$ eder. Miktar olarak ele alındığında 801.81 adet CRT14 ve 320.72 adet LCD32 ürününden üretime sipariş verilir.

Tablo 4. 6 Toptancılara ve Ürünlere Göre Yıllık Talepler ve Sipariş Tutarları

	Lökbatan		Binegedi		İlçeler		
	CRT14	LCD32	CRT14	LCD32	CRT14	LCD32	
Yıllık Talep (adet)	6000	3000	2400	1200	3600	600	
Maliyet(\$)	90	562.5	90	562.5	90	562.5	
Yıllık Talep (\$)	540000	1687500	216000	675000	324000	337500	
	2227500		891000		661500		
	3780000						
	CRT14		1080000		LCD32		2700000
Yıllık Talep (adet)	CRT14		12000		LCD32		4800
Talep tutarı içindeki yüzde	CRT14		0.285714		LCD32		0.714286
Talep İçindeki Yüzde	0.142857	0.446429	0.057143	0.178571	0.085714	0.089286	
	0.589286		0.235714		0.175		
	CRT14		0.285714		LCD32		0.714286
Periyodik Sipariş tutarı(\$)	9020.38	28188.74	3608.16	11275.46	5412.21	5637.76	
	37209.12		14883.62		11049.97		
Sipariş Tutarı(\$)	63142.71						

$L^{**} = 2$ olduğundan fabrikada üretime verilen siparişlerin parça, hammadde ve bileşenleri depoya 2 parti olmak üzere getirilecektir. Bunun anlamı üretim devam ederken tedarikçilerden bir üretim siparişinde ihtiyaç duyulan bileşenlerin daha sık aralıklarla gelmesidir. Fabrikada üretime verilen siparişin ürün bazında maliyeti 202056.67\$ ve $B_2 = 1.2$ olduğundan bileşenlerin fabrika için maliyeti 168380.56\$'dır. Fabrika bu ürünleri elde etmek için tedarikçilere bileşenler için toplam 84190.28\$'lık siparişi verir. Üretime sipariş verilen CRT14 ve LCD32 sırasıyla 801.81 ve 320.72 adet olduğundan tedarikçilere bunların yarısını yani 400.91 adet CRT14 ve 160.36 adet LCD32 ürün üretmeye yetecek kadar tedarikçilere sipariş verilmelidir.

Tablo 4. 7 Fabrikanın Tedarikçiler ve Bileşenlere Göre Siparişleri

		Azerbaycan		X ülke		Y ülke		
	Miktar	Ön Kabin	Arka Kabin	Strafor	Koli	Ekran	Main Board	Toplam Maliyet
CRT14	400.91	3	5	1	1.5	35	14.5	60
		1202.73	2004.55	400.91	601.365	14031.85	5813.195	24054.60
LCD32	160.36	25	27	12	5	270	36	375
		4009	4329.72	1924.32	801.8	43297.2	5772.96	60135.00
		11546		3728.395		68915.21		84189.60

$K_2^{**} = 2$ olduğundan fabrikadan gelen siparişler tedarikçilerde sipariş maliyetinin 2. katı kadar üretime sipariş verir. Fabrikadan verilen her sipariş 84190.28\$ ve $B_3 = 1.3$ olduğundan tedarikçiler için bunun maliyeti 64761.75\$'dır. Tedarikçiler toplam olarak her siparişte üretime bu siparişin 2 katı kadar yani 129523.51\$ tutarında sipariş verirler. Tedarikçiler üretime sipariş verirken söz konusu bileşenlerin üretimi için Azerbaycan'daki tedarikçi toplam 8882\$'lık, X ülkesindeki tedarikçi 2868\$'lık, Y ülkesindeki tedarikçi ise 53012\$'lık sipariş vermelidirler.

Optimizasyon sonucu Tedarik Zinciri Maliyetinin (TZM) dağılımı Tablo 4. 8'da verilmiştir. Tedarik zincirinde en fazla stok maliyet imalatçıda imalat ve depo olmak üzere toplam 23427.50828\$'dır. Toptancılar stok maliyetleri 14395.96404\$, tedarikçiler stok maliyeti ise 12761.93664\$'dır.

Tablo 4. 8 Optimizasyon Sonucu Tedarik Zinciri Maliyetinin Dağılımı

Q^{**}	Toptancılar Stok Maliyetleri	K_1^{**}	İmalat Stok Maliyetleri	L^{**}	İmalatçı Depo(satınalma) stok Maliyetleri	K_2^{**}	Tedarikçi Stok Maliyetleri	$TZM(Q^{**}, K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**})$
63142.71	14395.96404	4	11758.22509	2	11669.28319	2	12761.93664	50585.40896

4.4.4. MALİYET DÜŞÜRÜCÜ FAKTÖR VE ETKİNLİLİK

Elde edilen optimum çözümün etkinliğini ölçmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Banerjee, Kim, & Burton, 2007,276).

$$E = \frac{TZM(Q^{**}, K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**})}{TZM(Q^*, K_1^*, L^*, K_2^*)}$$

4. 19

Eşitliğin alt kısmı tedarik zincirinde optimum çözüm sonucu elde edilen maliyet ($TZM(Q^*, K_1^*, L^*, K_2^*)$), üst kısım ise elde edilen optimum çözümün tam sayıya dönüştürüldükten sonra elde edilen tedarik zinciri maliyetini ($TZM(Q^{**}, K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**})$) göstermektedir.

$$E = 50585.41/50412.38 = 1.0034$$

Etkinlik derecesi 1'e yakın olduğunda çözümün etkinliği daha yüksek, 1'den uzak olduğunda ise çözümün etkinliği daha düşüktür. Elde edilen optimum sonuç bu eşitliğe yerleştirildiğinde sonuç 1.0034 çıkmakta ve bu sonuç etkinliğin yüksek olduğunu göstermektedir.

Tedarik zincirinde işletmeler bir birinden bağımsız hareket ettiğinde yani tüm tedarik zincirinin değil kendi yerel optimumunu dikkate aldığı anda bütün tedarik zincirinin optimumuna göre nasıl değiştiğini görmek için Maliyet Düşürücü Faktör(MDF) kullanılacaktır. MDF 4. 20 eşitliğindeki gibi hesaplanmaktadır.

$$MDF = \frac{TZM(Q^*, K_1^*, L^*, K_2^*)}{TZM(Q_r^*, K_m^*, L_m^*, K_s^*)}$$

4. 20

Eşitliğin payında optimizasyon sonucu elde edilen tedarik zinciri maliyeti paydasında ise koordinasyonsuzluk veya bağımsızlık sonucu tedarik zinciri maliyeti yer almaktadır.

İşletmelerin biri birinden bağımsız hareket etmesi iki açıdan incelenmiştir.

- a) Tedarik zinciri kademeleri bir birinden bağımsız fakat her bir kademenin kendi içinde koordinasyonu mevcuttur.
- b) Hem tedarik zinciri kademeleri hem kademe içinde işletmeler bir birinden bağımsız hareket etmektedirler.

İki açıdan da MDF 'ler aşağıdaki gibi incelenmiştir.

- a) Toptancılar ESM kullanarak yerel optimumunu elde ederek fabrikaya sipariş (Q_r^*) verecektir. Bu siparişi aldıktan sonra fabrika gelen siparişin üretime kaç katı kadar siparişini vereceğini gösteren katsayıyı (K_m^*) bulacaktır. Daha sonra elde edilen sonuçlara göre sırasıyla L_m^* ve K_s^* hesaplanacaktır.

Karar süreci toptancılardan başlamaktadır. Toptancılar için klasik ESM formülü (4. 2) kullanılarak Q_r^* sipariş para birimi hesaplanacaktır. Bu şekilde $Q_r^* = 71435.29$ elde edilmektedir. Elde edilen bu rakam doğal olarak Tablo 4. 4'deki ilk sipariş miktarına denk gelmektedir. Eğer $Q_r^* = 71435.29$ şeklinde olursa toptancıların toplam maliyeti 31660.30\$'dır.

K_m^* hesaplanırken aşağıdaki formülde $TZM_m(K_1)$ maliyeti en düşük olan K_1 alınacaktır. Yerel optimumlar hesaplandığından sonraki aşamadaki diğer değişkenler dikkate alınmamaktadır. Önceki aşamadan sipariş olarak gelen Q rakamı ise sabit rakam olarak alınmakta ve onun üzerinde imalatçının hiç bir değişiklik yapma hakkı yoktur.

$$TQM_m(K_1) = \frac{D}{K_1 Q} S + \frac{Q \left((2 - K_1) \frac{D}{PB_1} + K_1 - 1 \right)}{2B_1} h_m$$

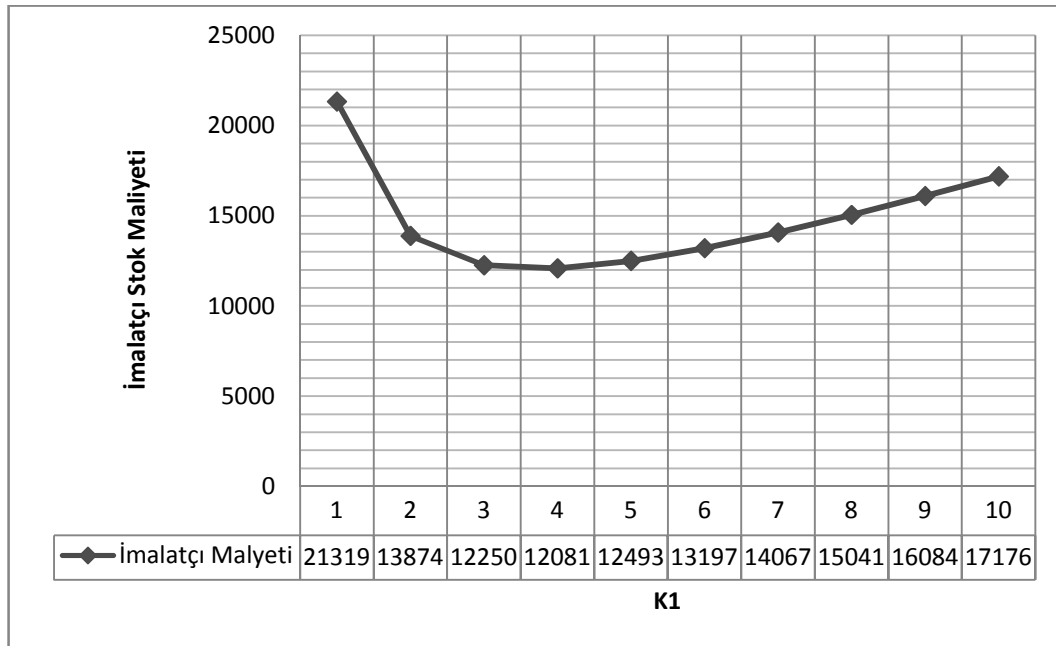
4. 21

Yerel optimum K_m^* rakamını imalatçı maliyetinin türevi alınarak elde edilmektedir. Aşağıdaki formül K_1 'e göre alınan türev sıfıra eşitlendikten sonra elde edilmektedir.

$$K_m^* = \frac{B_1 \sqrt{2(h_m(-D + B_1 P)DSP)}}{h_m(-D + B_1 P)Q}$$

4. 22

Yukarıdaki formüle göre $K_m^* = 3.685$ 'dir. K_m^* değişkeni tam sayı olması gerektiğinden en yakın tam sayılar 3 ve 4 olduğundan imalatçı maliyeti eşitliğine yerleştirildiğinde maliyetler sırasıyla 12249.82861 ve 12080.50070 elde edilmektedir. İmalatçı en düşük maliyeti tercih edeceğinden $K_m^* = 4$ olacaktır. Aşağıdaki şekilde K_m^* 'in değişmesiyle imalat maliyetinin ne şekilde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4. 6 Yerel Optimumda K_1 değişikçe imalatçı Maliyetleri

L hesaplanırken aşağıdaki formülde $TZM_w(L)$ maliyeti en düşük olan L alınacaktır. Yerel optimumlar hesaplandığından sonraki aşamadaki değişken dikkate alınmamaktadır. Önceki aşamadan sipariş olarak gelen Q ve K_1 rakamı ise sabit rakam olarak alınmakta ve onun üzerinde satınalmanın hiç bir değişiklik yapma hakkı yoktur.

$$TZM_w(L) = \frac{DL}{K_1Q} O_w + \frac{K_1QD}{2LPB_1^2B_2} h_m$$

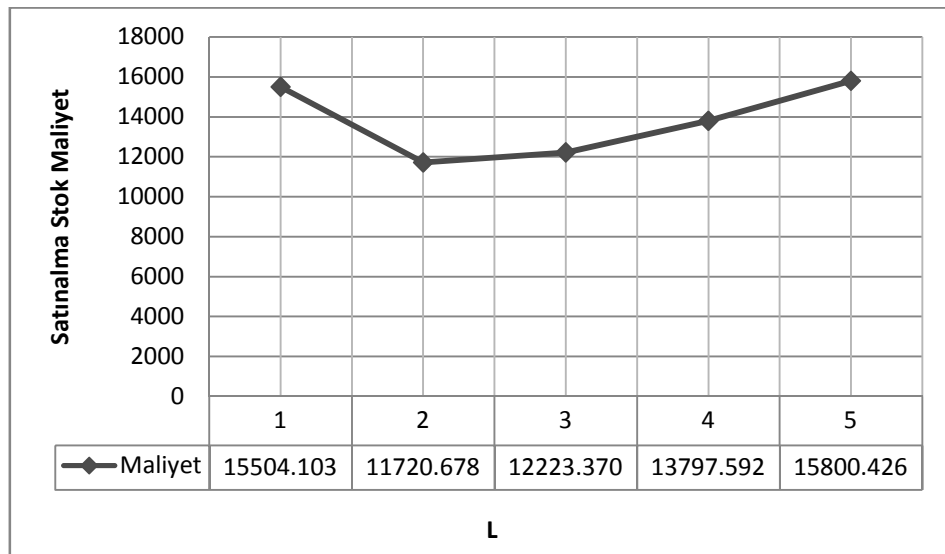
4. 23

Yerel optimum L_m^* rakamını imalatçı ambarı(satınalma) maliyetinin türevi alınarak elde edilmektedir. Aşağıdaki formül L 'e göre alınan türev sıfıra eşitlendikten sonra elde edilmektedir.

$$L_m^* = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2} \sqrt{O_wPB_2h_mK_1Q}}{O_wPB_2B_1}$$

4. 24

Yukarıdaki formüle göre $L_m^* = 2.205$ 'dir. L_m^* değişkeni tam sayı olması gerektiğinden en yakın tam sayılar 2 ve 3 olduğundan imalatçı maliyeti eşitliğine yerleştirildiğinde maliyetler sırasıyla 11720.67838 ve 12223.37082 elde edilmektedir. Satın alma en düşük maliyeti tercih edeceğinden $L_m^* = 2$ olacaktır. Aşağıdaki şekilde L_m^* 'in değişmesiyle imalat maliyetinin ne şekilde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4. 7 Yerel Optimumda L değişikçe İmalatçı Depo(Satınalma) Maliyetleri

K_s^* hesaplanırken aşağıdaki formülde $TZM_s(K_2)$ maliyeti en düşük olan K_2 alınacaktır. Önceki aşamadan sipariş olarak gelen Q , K_1 ve L sayısı ise sabit rakam olarak alınmakta ve onun üzerinde tedarikçilerin hiç bir değişiklik yapma yetkisi ve hakkı yoktur.

$$TZM_s(K_2) = \frac{DL}{QK_1K_2}O_s + \frac{QK_1 \left((2 - K_2) \frac{D}{P_s B_1 B_2 B_3} + K_2 - 1 \right)}{2LB_1 B_2 B_3} h_s$$

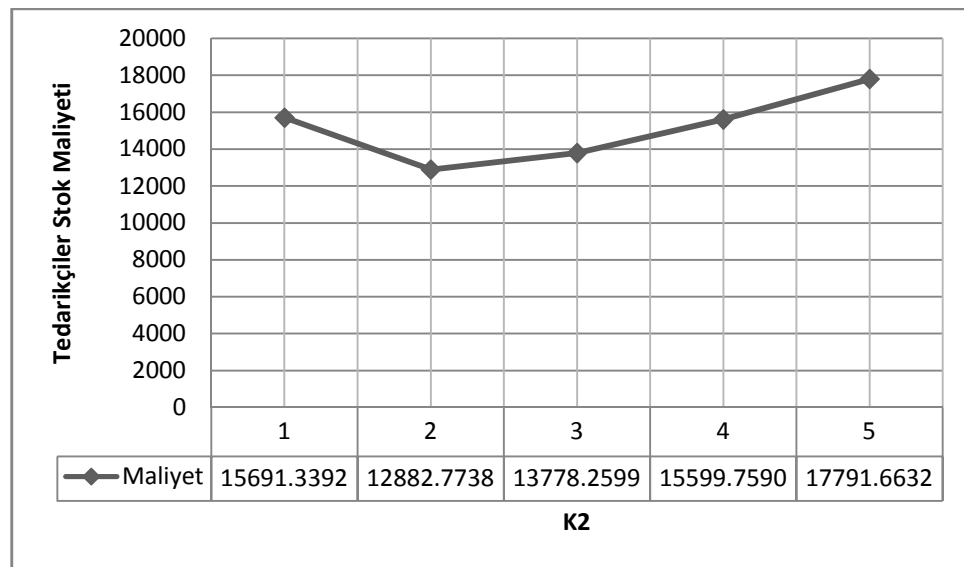
4. 25

Yerel optimum K_s^* tedarikçiler stok maliyetinin türevi alınarak elde edilmektedir. Aşağıdaki formül K_2 'e göre alınan türev sıfıra eşitlendikten sonra elde edilmektedir.

$$K_s^* = \frac{\sqrt{2} \sqrt{h_s (-D + P_s B_1 B_2 B_3) D O_s P_s B_1 B_2 B_3 L}}{h_s (-D + P_s B_1 B_2 B_3) Q K_1}$$

4. 26

Yukarıdaki formüle göre $K_s^* = 2.011$ 'dir. K_s^* değişkeni tam sayı olması gerektiğinden en yakın tam sayılar 2 ve 3 olduğundan imalatçı maliyeti eşitliğine yerleştirildiğinde maliyetler sırasıyla 12882.77380 ve 13778.25996 elde edilmektedir. Tedarikçiler en düşük maliyeti tercih edeceğinden $K_s^* = 2$ olacaktır. Aşağıdaki şekilde K_s^* 'in değişmesiyle imalat maliyetinin ne şekilde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4. 8 Yerel Optimumda K_2 değişikçe Tedarikçiler Maliyetleri

Bu şekilde yerel optimumlar $Q_r^* = 71435.29$, $K_m^* = 4$, $L_m^* = 2$, $K_s^* = 2$ 'dir. Yerel optimumlarla tedarik zinciri maliyeti 50971.00997\$'dir.

$$MDF = 50585.40896 / 50971.00996 = 0.992434896$$

MDF hesaplandığında (4. 20) koordinasyon sonucu maliyetin yaklaşık %1 düşürüldüğü görülmektedir. Bununla birlikte tedarikçilerin ve toptancıların daha fazla olduğu ortamlarda daha fazla maliyet düşüklüğü elde edilmesi olasıdır.

Tablo 4. 9 Tedarik Zincirinde Kademeler Arası Koordinasyon Olmadığında Maliyetinin Dağılımı

Q_r^*	Toptancı Stok Maliyetleri	K_m^*	İmalat Stok Maliyetleri	L_m^*	İmalatçı Depo Maliyetleri	K_s^*	Tedarikçi Maliyetleri	$TZM(Q_r^*, K_m^*, L_m^*, K_s^*)$
71435.29	14287.05708	4	12080.50070	2	11720.67838	2	12882.77380	50971.00996

b) Tedarik zincirinin tamamen bir birinden bağımsız çalıştığı yani toptancılardan gelen siparişlerin farklı dilim aralıklarında gelmesi ve fabrikada her gelen siparişe uygun olarak üretim yapılması, bununla birlikte her sipariş için tedarikin ayrı yapılması durumunda ise toplam tedarik zincirinin maliyeti sonucu MDF aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

İlk önce toptancılar bir birinden bağımsız şekilde yerel optimumlarını verecek sipariş para birimi miktarını hesaplamaktadırlar. Sipariş miktarı klasik ESM kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu durumda Tablo 4. 1'deki veriler kullanıldığında her bir toptancının ESM'si sırasıyla $Q_1^* = 31660.31$, $Q_2^* = 20023.74$, $Q_3^* = 17253.26$ para birimi miktarıdır.

Toptancıların siparişleri farklı miktar ve zamanlarda olduğu için fabrika verilen siparişlerin her biri için ayrı üretim emri verdiği varsayılmıştır. Örneğin Lökbatan toptancısının sipariş tutarı $Q_1^* = 31660.31$ 'dir ve fabrika diğer toptancı siparişlerini beklemeden Lökbatan toptancısının ihtiyacını karşılamaktadır. Yani

fabrikanın her bir toptancını diğer toptancılardan bağımsız şekilde yürüttüğü varsayılmıştır.

Her bir toptancı siparişi için ayrı bir K_{1r} katsayısının hesaplanmalıdır. K_{1r} katsayısı hesaplandığı zaman önceki hesaplamalardan farklı olarak toplam değil toptancının kendi verileri kullanılmaktadır. Bu veriler Tablo 4. 1'den elde edilmektedir.

4. 21 eşitliği kullanıldığında $K_{11} = 4.272$ 'dir. Değişken tam sayı olması gerektiğinden en yakın tam sayılar 4 ve 5 olduğundan imalatçı maliyeti eşitliğine yerleştirildiğinde maliyetler sırasıyla 10628.06321 ve 10739.25147 olarak elde edilmektedir. En düşük maliyet tercih edileceğinden $K_{11}^* = 4$ 'dür. Aynı şekilde hesaplandığında K_{12}^* ve K_{13}^* 4'e eşittir.

K_1 'e göre $K_m^* = 3.685$ 'dir. K_m^* değişkeni tam sayı olması gerektiğinden en yakın tam sayılar 3 ve 4 olduğundan imalatçı maliyeti eşitliğine yerleştirildiğinde maliyetler sırasıyla 12249.82861 ve 12080.50070 elde edilmektedir. İmalatçı en düşük maliyeti tercih edeceğinden $K_m^* = 4$ olacaktır. Aşağıdaki şekilde K_m^* 'in değişmesiyle imalat maliyetinin ne şekilde değiştiği görülmektedir.

4. 24 eşitliği kullanıldığında L_1 , L_2 ve L_3 sırasıyla 0.9770583790, 0.6179460320 ve 0.5324471630'dir. L_r tam sayı olmakla beraber ve sıfır olmamalıdır. Bundan dolayı en yakın tam sayı sadece 1'dir. Bunun anlamı imalat çıkış yani nihai ürün deposundan gelen siparişler hiç bir değişiklik yapılmadan aynı miktarda tedarikçiye verilmelidir. L_1 , L_2 ve L_3 1'e eşit olduğunda maliyetler sırasıyla 6876.065728, 3074.437774, 2460.506704'dir (Tablo 4. 14).

Tedarik en son tedarikçilerin maliyeti hesaplanmaktadır. Tedarikçiler bağımsız hareket ettiğinden ve bir önceki aşamadan siparişler toptancının siparişine göre ayrıca verildiğinden maliyetler her bir tedarikçide 3 olmak üzere 9 ayrı aşamda hesaplanacaktır. Bunun anlamı gelen sipariş miktarını üretime verirken her biri için ayrı K_2 hesaplanması gereğidir.

4. 26 eşitliği kullanılarak K_{2rs} (r toptancısı ile başlayan siparişin s tedarikçisindeki maliyeti) hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte önemli olan r toptancısından gelen sipariş tutarının ne kadarının ilgili tedarikçiye ait olduğunu hesaplamaktır. Tablo 4. 1, Tablo 4. 3'deki bileşen maliyeti ve toptancı yıllık talep verileri kullanılarak tedarikçi ve ürünlere göre toptancının talep tutarlarının dağılımı Tablo 4. 10'da özetlenmiştir.

Tablo 4. 10 Toptancı Talep Tutarlarının Tedarikçilere ve Ürünlere Göre Dağılımı

	Azerbaycan Tedarikçisi		X Ülke Tedarikçisi		Y Ülke Tedarikçisi	
	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD
Lökbatan	48000	156000	15000	51000	300000	918000
Binegedi	19200	62400	6000	20400	120000	367200
İlçeler	28800	31200	9000	10200	180000	183600

Tablo 4. 11'da toptancının talebinde tedarikçinin payına düşen miktar ve yüzdeleri Tablo 4. 10 kullanılarak hesaplanmıştır. 4. 26 eşitliği kullanılarak hesaplanan K_{2rs} katsayısında talep ve sipariş miktarı bu yüzdelere kullanılarak hesaplanmaktadır. Örneğin Lökbatan toptancısının yıllık talebi 2227500\$'dır. Maliyet yüzdeleri dikkate aldığımızda tedarikçiler için bunun tutarı D/B_1B_2 olarak hesaplandığından $2227500\$/1.25*1.2=1485000\%$ edecektir. Bu tutar içinden Lökbatan toptancısının Azerbaycan tedarikçisini ilgilendiren yüzdelik kısmı sadece %0.137374'dür (Tablo 4. 11). Yani Lökbatan toptancısının Azerbaycan tedarikçisi için yıllık $1485000*0.137374=204000$ dolar talep oluşturmaktadır. MAPLE12.0 programına veriler girildiği zaman modelde B_1 ve B_2 tanımlı olduğundan sadece toptancının ilk başta oluşturduğu talebinin %0.137374 ile çarpılarak girilmesi yeterlidir.

Tablo 4. 11 Toptancı Talep Tutarlarının Tedarikçilere Göre Dağılımı ve Yüzdesi

	Azerbaycan Tedarikçisi		X Ülke Tedarikçisi		Y Ülke Tedarikçisi		Toplam
	Tutar	Yüzde	Tutar	Yüzde	Tutar	Yüzde	
Lökb.	204000	0.137374	66000	0.044444	1215000	0.818182	1485000
Bine.	81600	0.137374	26400	0.044444	486000	0.818182	594000
İlçe.	60000	0.136054	19200	0.043537	361800	0.820408	441000
Top.	345600	0.137	111600	0.044	2062800	0.819	2520000

Aynı şekilde modelde girilecek sipariş miktarı (Tablo 4. 14) yani Lökbatan toptancısının sipariş tutarı da bu yüzde ile çarpılarak ($31660.31 \times 0.137374 = 4349.2951$) girilmelidir. Modelde girilecek talep ve sipariş tutarları Tablo 4. 12'de verilmiştir. Ayrıca tedarikçilerin parasal olarak üretim kapasiteleri Tablo 4. 3 kullanıldığında Azerbaycan tedarikçisi için 424351, X ülke tedarikçisi için 137030, Y ülke tedarikçisi için 2540209 para birimidir.

Tablo 4. 12 Tedarikçi K_2 katsayıları Hesaplandığında Modele Girilecek Talep ve Sipariş Tutarları

	Talep	Aze. Ted.	X Ted.	Y Ted.	Sipariş	Aze. Ted.	X Ted.	Y Ted.
Lökb.	2227500	306000	99000	1822500	31660.3	4349.3	1407.12	25903.89
Bine.	891000	122400	39600	729000	20023.7	2750.74	889.944	16383.06
İlçe.	661500	90000	28800	542700	17253.3	2347.38	751.162	14154.715

4. 26 Eşitliği MAPLE 12.0 kullanılarak K_{2rs} tedarikçilerin gelen siparişlere verecekleri üretim katsayıları Tablo 4. 13'deki gibi elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar tam sayı olması gerektiğinden en düşük maliyeti veren tam sayılar Tablo 4. 14'deki gibi elde edilmektedir.

Tablo 4. 13 Yerel Optimum Sonucu Tedarikçi Üretim Katsayıları(K_{2rs})

		s(tedarikçi)		
		1	2	3
r (toptancı)	1	1.479814949	2.603116785	1.210938281
	2	1.272643761	2.237804507	1.042495514
	3	1.250396289	2.209190849	1.018856471

Sonuç olarak tedarik zinciri tamamen bağımsız hareket ettiğinde tedarik zinciri maliyeti yaklaşık 72974\$'dır (Tablo 4. 14). Tedarik zincirinde her hangi bir koordinasyon olmadığından gelen talepler ayrı değerlendirilmekte, bunun sonucu olarak karar değişkenlerinin de sayısı artmakta ve toplam tedarik zinciri maliyeti bundan etkilenmektedir.

Tablo 4. 14 Tedarik Zinciri Tamamen Bağımsız Hareket Ettiğinde Karar Değişkeni ve Maliyet Durumu

Q_r	Toptancı Stok Maliyetleri	K_{1r}	İmalat Stok Maliyetleri	L_{mr}	İmalatçı Depo Maliyetleri	K_{2rs}	Tedarikçi Maliyetleri	TZM_r
$Q_1^* = 31660.31$	6332.061276	$K_{11}^* = 4$	10628.06321	$L_{m1}^* = 1$	6876.065728	$K_{211}^* = 2$ $K_{212}^* = 3$ $K_{213}^* = 1$	1507.780097 880.7524474 6879.967682	$TZM_1 = 33104.69044$
$Q_2^* = 20023.74$	4004.747183	$K_{12}^* = 4$	7486.398131	$L_{m2}^* = 1$	3074.437774	$K_{221}^* = 2$ $K_{222}^* = 2$ $K_{223}^* = 1$	862.1630320 571.9029565 3609.391018	$TZM_2 = 23204.62917$
$Q_3^* = 17253.26$	3450.652112	$K_{13}^* = 4$	6538.889962	$L_{m3}^* = 1$	2460.506704	$K_{231}^* = 1$ $K_{232}^* = 2$ $K_{233}^* = 1$	723.3308319 489.5647421 3001.954278	$TZM_3 = 16664.89863$
	13787.46		24653.35		12411.01		18526.80708	69378.62916

MDF için Eşitlik 4. 20 kullanıldığında tedarik zincirinin tamamen bağımsız hareket etmesi durumunda payda kısmı değişerek aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir.

$$MDF = \frac{TZM(Q^*, K_1^*, L^*, K_2^*)}{\sum_{rs} TZM(Q_r^*, K_{1r}^*, L_r^*, K_{2rs}^*)}$$

4. 27

Eşitlik 4. 27 kullanılarak Tablo 4. 14'deki TZM'ler kullanıldığında $MDF = 0.729120921 \approx 0.73$ olarak elde edilmektedir. Bunun anlamı tedarik zincirinin tümü bir işletme olarak hareket ederse tamamen bağımsız hareket etme durumuna göre toplam tedarik zinciri maliyetini %27 düşürür.

$$MDF = 50585.41 / 69378.62916 = 0.729120921$$

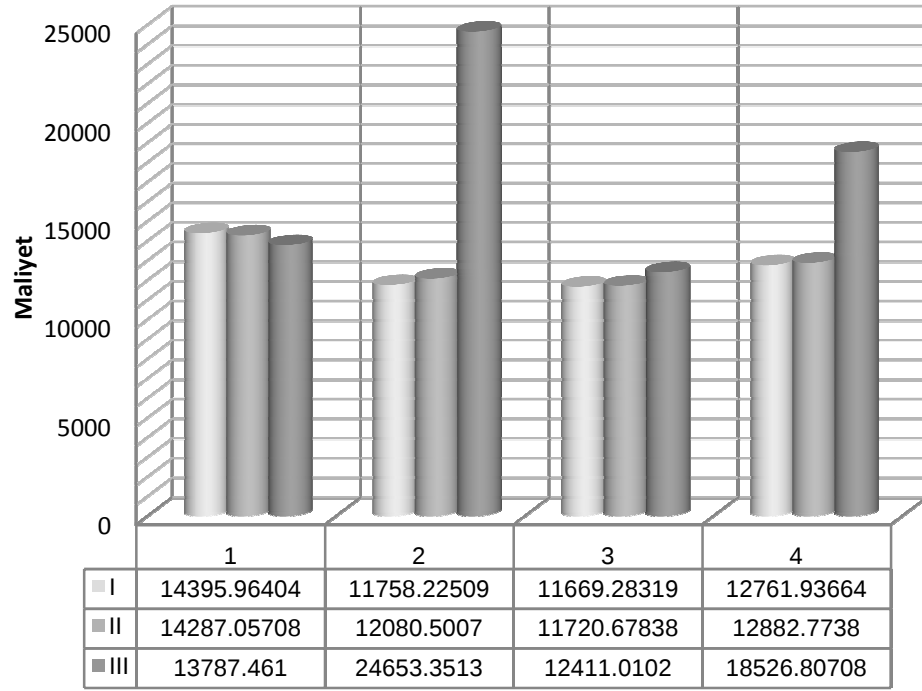
Farklı TZY yaklaşımları izlendiğinde maliyetlerin tedarik zinciri içindeki değişimleri farklılık göstermektedir. En maliyetli TZY yaklaşımı III tedarik zinciri (Tablo 4. 15) olmasına rağmen toptancı stok maliyeti ise en düşük maliyetlisidir. Aynı şekilde en düşük maliyetli TZY yaklaşımı I tedarik zinciri olmasına rağmen en maliyetli toptancı stok maliyeti yine I TZY yaklaşımındadır.

Tablo 4. 15 Farklı Tedarik Zinciri Yönetimi Yaklaşımlarında TZM

TZY Yaklaşımları	Toptancı Stok Maliyetleri(1)	İmalat Stok Maliyetleri (2)	İmalatçı Depo Stok Maliyetleri (3)	Tedarikçi Maliyetleri (4)	TZM
Tam Koordinasyonlu TZY (I)	14395.96404	11758.22509	11669.28319	12761.93664	50585.40896
Yarı Koordinasyonlu TZY(II)	14287.05708	12080.50070	11720.67838	12882.77380	50971.00996
Bağımsız TZY(III)	13787.46100	24653.3513	12411.01020	18526.80708	69378.62916

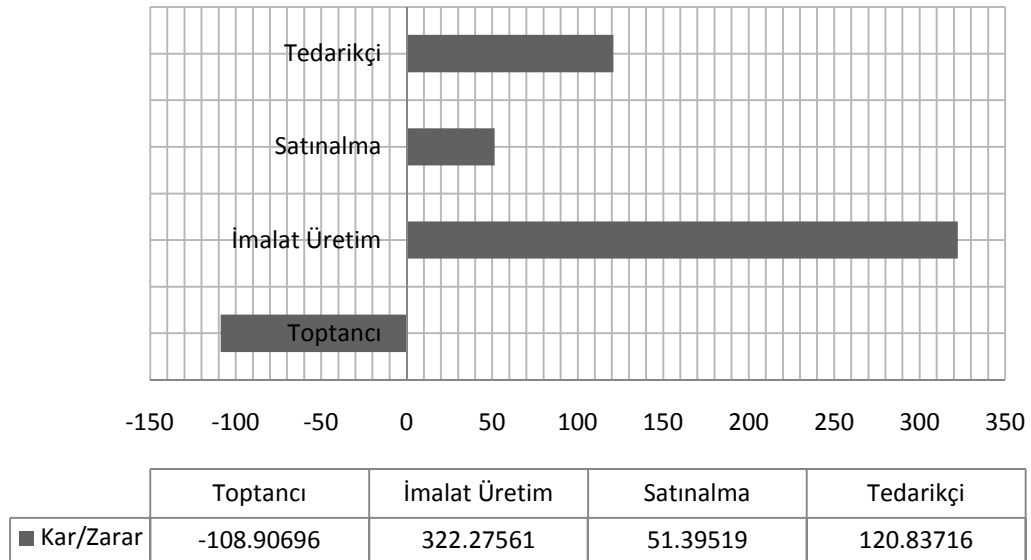
TZY yaklaşımları içinde en maliyetli ve dikkati çeken kademe (Şekil 4. 9) III yaklaşımda imalat stok maliyetidir. En maliyetli olmasının nedeni toptancılardan gelen siparişlerin imalatçıda bütünleşik değil ayrı olarak uyarlanmasıdır. Aynı zamanda imalatın bütünleşik olmaması ve tedarik boyutuna da bunun taşınması III TZY yaklaşımında tedarikçi maliyetlerinin en maliyetli olmasına neden olmuştur.

Diğer dikkat çekici taraf toptancılar bütünleşik çalışmadığı zaman maliyetlerinin bütünleşikçe göre daha avantajlı olmalarındadır ($13787.46100 < 14287.05708 < 14395.96404$ Tablo 4. 15). Şekil 4. 10 ve Şekil 4. 11’de görüldüğü gibi toptancılar her iki durumda da zararlı durumdalar. Bu durumda toptancılar tedarik zincirinde bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmaktansa bağımsız çalışmayı tercih edeceklerdir. Bununla birlikte toptancıların TZY’ ye bütünleşik olarak katılması TZM maliyetini %31 azalmasına neden olmaktadır.

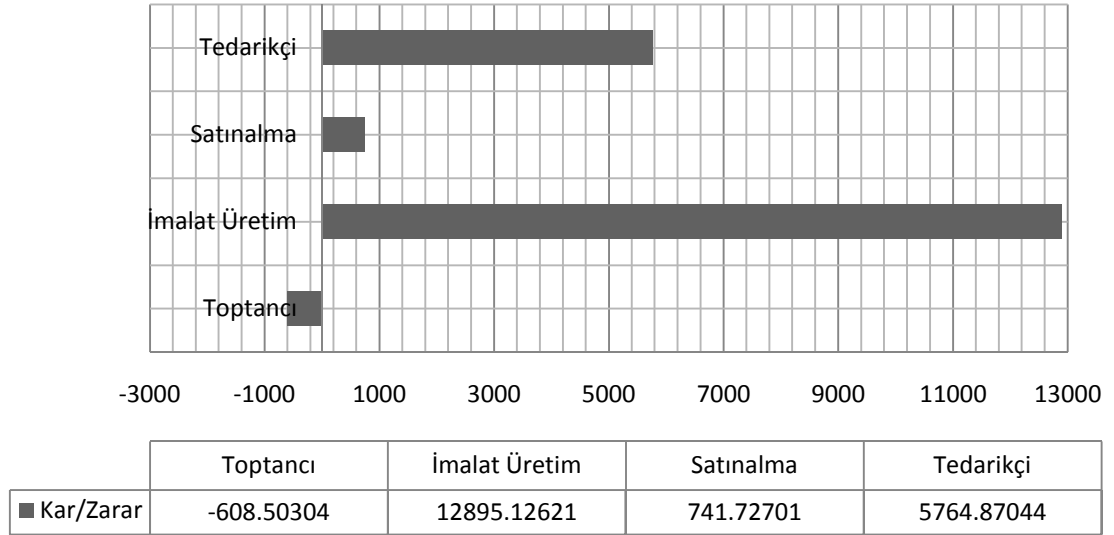


Şekil 4. 9 Farklı TZY Yaklaşımlarında TZM

Bunun için tedarik zincirinde beraber çalışmaktan elde edilecek maliyet avantajı tedarik zinciri üyeleri arasında denk bir şekilde paylaşıla bilir veya bütünleşik çalışmaktan dolayı zararlar karşılanabilir (Jaber & Goyal, 2008,95-103).



Şekil 4. 10 Koordinasyon Sonucu (TZY(I) ve TZY(II) farkı) Tedarik Zincirinde Kar/Zarar Durumu



Şekil 4. 11 Koordinasyon Sonucu (TZY(I) ve TZY(III) farkı) Tedarik Zincirinde Kar/Zarar Durumu

Bütünleşik çalışmaktan en fazla yararı imalatçı, daha sonra ise tedarikçiler görmektedir. Bütünleşik durumda İmalatçı imalat ve depo stok maliyeti olmak üzere toplam (11758.22509\$ ve 11669.28319\$) 23427.5083\$, bağımsız olduğunda ise (24653.3513 ve 12411.01020) 37064.36150\$'dır. İmalatçının bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmaktan yararı yaklaşık %37'dir. Tedarikçiler tarafında bütünleşik çalışmaktan dolayı maliyet 12761.93664\$ bağımsız çalışmaktan dolayı ise maliyet 22122.39616\$'dır. Tedarikçilerin bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmasından yararı yaklaşık %42'dir.

Tablo 4. 16 Tedarik Zincirinde Farklı Sipariş ve Hazırlama Maliyetleri Durumunda MDF ve TZM

O_R	S	O_w	O_s	K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	E	MDF_{II}	MDF_{III}	TZM_I	TZM_{II}	TZM_{III}
135	330	200	420	4	2	2	1.0034	0.9924	0.7291	50585.41	50971.01	69378.63
45	330	200	420	7	2	2	1.0038	0.9970	0.6625	43370.45	43667.13	65718.45
135	660	200	420	6	3	2	1.0030	0.9954	0.6887	54337.86	54753.01	79134.91
135	330	100	420	4	3	3	1.0023	0.9947	0.6322	46539.44	46894.52	73778.79
135	330	200	840	4	2	3	1.0022	0.9917	0.6184	54989.82	55570.55	89114.49
$DB_1 = 3024000, P = 4.032.000, D/P = 0.75, h_R = 0.2, h_m = 0.18, h_s = 0.2$												

Tedarik zincirinde farklı sipariş ve hazırlama maliyetleri durumunda tedarik zinciri değişkenleri, etkinliliği MDF ve maliyetlerin ne şekilde değiştiği Tablo 4. 16'de

özetlenmiştir. Tablo 4. 16'deki veriler Ek 1,Ek 2,Ek 3'den alınmıştır. Ekteki tablo verileri ise Maple 12.0 matematik programı yardımı ile elde edilmiştir.

Tablo 4. 16'de sipariş maliyetleri düştüğünde (45\$) toptancılar doğal olarak daha sık sipariş vermekte ve bunun karşılığında imalat üretim katsayısını TZM_I için 4'den 7'ye yükselmiştir. Ek 2 ve Ek 3'den TZM_{II} ve TZM_{III} için de K_1^{**} yükselme eğilimi göstermektedir. Sipariş maliyetleri düştüğünde MDF_{III} 'ün 1'den daha da uzaklaştığı görülmektedir bu ise bağımsız çalışıldığında TZM'nin artması demektir. Diğer bir anlatımla MDF_{III} 'ün azalması bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmanın TZM'ni düşüreceği anlamına gelmektedir. Bu durumda TZM yaklaşık %34 azalarak 65718.45'den 43370.45'e düşmektedir.

Hazırlama maliyeti iki katına çıktığında Tablo 4. 16'den üretim sipariş katsayısı 4'den 6'ya yükselmekte bunun sonucu olarak tedarikçilere verilen siparişler 2 değil 3 parti halinde verilmektedir. Bu yükseliş Ek 2 ve Ek 3'den görüldüğü gibi TZM_{II} ve TZM_{III} için de geçerlidir. Tablo 4. 16'den fabrikada hazırlama maliyetleri yükseldiğinde MDF_{III} 'ün 1'den daha da uzaklaştığı görülmektedir. Bunun anlamı üretimde hazırlama maliyetleri arttığında tedarik zincirinde bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmaya daha fazla ihtiyaç bulunduğuudur. Bütünleşik çalışıldığı durumda yaklaşık %31'lik bir maliyet düşüşü elde edilerek TZM 79134.9'den 54337.86'ya inmektedir.

Tedarikçilere bileşenler için verilen sipariş maliyeti iki kat düştüğünde (100\$) TZM_I için hazırlama maliyetinin artması durumunda olduğu gibi siparişler 2 parti değil 3 parti halinde verilmektedir. Bunun sonucu olarak tedarikçilerin üretim için sipariş katsayısı da artarak 2'den 3'e çıkmaktadır. Fakat TZM_{III} için her hangi bir değişiklik meydana gelmektedir. Bunun sebebi toptancılardan gelen siparişlerin ayrı gelmesi ve sonuç itibari ile küçük partilerin tedariki aynı miktarda sipariş edilmektedir. Tedarikçilere verilen sipariş maliyeti düştüğünde $MDF_{III} = 0.6322$ 'e kadar düşmektedir ki bu durumda bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmanın önemi daha da artarak yaklaşık %34'lük düşüşle 73778.79'den 46539.44'e kadar inmektedir.

Tablo 4. 16 ve Ek 3'de tedarikçilerde hazırlama/sipariş maliyeti arttığında tedarikçilerin üretime sipariş katsayısı (K_2^{**}) artma eğilimi göstermektedir. MDF_{II} (0.9917) ve MDF_{III} (0.6184)'ün maliyet düşürücü faktörler içinde en düşük sayılar olması tedarikçilerin tedarik zincirine bütünleşik çalışmasının önemini göstermektedir.

Tablo 4. 16'de TZM hesaplanırken $K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**}$ tamsayı olarak alındığından MAPLE programı ile çözüme ulaşmak uzun zaman almaktadır. Daha kısa sürede daha fazla veri elde ederek daha karmaşık sonuçları elde etmek için değişkenlerin tam sayı dışındaki rakamları da kapsayacağı varsayılarak problem analiz edilmiştir. $K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**}$ tam sayı olarak alındığında hesaplanan MDF_{III} ile tam sayı olma şartı olmadığında hesaplanan MDF_{III} arasında pozitif %68 korelasyon (Ek 4) ilişkisi vardır.

4.4.5. TEDARİK ZİNCİRİNDE MDF'YE ETKİ EDEN DEĞİŞKENLERİN ANALİZİ

TZM'yi etkileyen etkenleri ele alarak MDF 'nin bundan ne şekilde etkilendiğini araştırmak için çoklu regresyon yöntemi geliştirilmiştir. Uygulamada 102 (Ek 5) ayrı örnek kullanılarak MDF_{III} bağımlı değişken üzerinde altı bağımsız değişkenin etkisi araştırılmıştır. Bağımsız değişkenler toptancı sipariş maliyeti (β_1), üretim hazırlama maliyeti (β_2), üretim satın alma sipariş maliyeti (β_3), tedarikçiler hazırlama maliyeti (β_4), elde bulundurma maliyeti (β_5) ve talep/üretim oranı (β_6)'dır (Eşitlik 4. 28). D toptancının talebi olduğundan talep B_1 ile üretiminin talep tutarına indirildikten sonra üretiminin talep/üretim oranı D/PB_1 olarak ele alınmaktadır.

$$MDF_{III} = \beta_0 + \beta_1 O_R + \beta_2 S + \beta_3 O_w + \beta_4 O_s + \beta_5 h_{R,m,s} + \beta_6 (D/PB_1)$$

4. 28

Kullanılan verilerin Ek 5'de verilerin ortalama, minimum, maksimum ve standart sapmaları ise Tablo 4. 17'de gösterilmektedir.

Tablo 4. 17 Çoklu Regresyon Verilerinin Ortalama, Minimum, Maksimum ve Standart Sapmaları

	O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1
Ortalama	123.53	734.41	303.922	761.765	0.26	0.583
Minimum	45	330	50	420	0.1	0.05
Maksimum	315	2310	800	2940	0.7	0.95
Standart Sapma	63.224	562.85	258.105	544.03	0.091	0.214

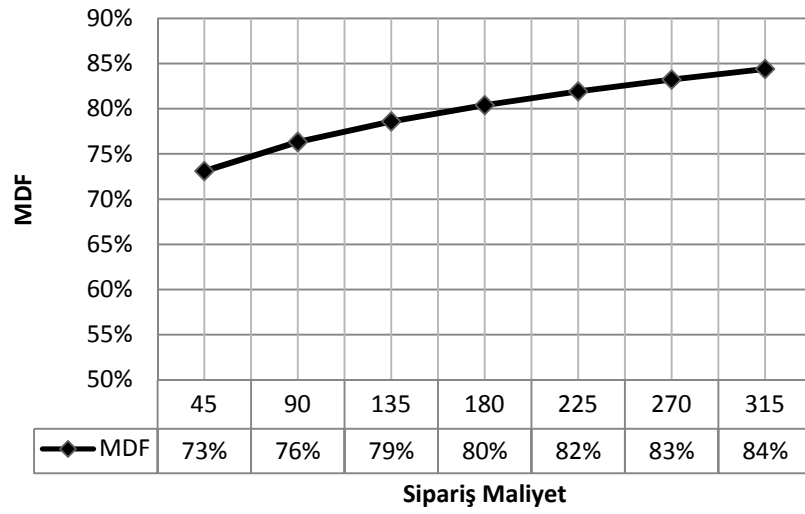
Çoklu regresyon sonucu bağımsız değişkenlere ilişkin istatistiksel çıktılar E-Views 5.1 bilgisayar programı aracılığı ile elde edilmiştir (Tablo 4. 18). Tablodaki β_5 hariç p değerlerinin (prob.) %5'den az olması ve t değerinin mutlak değeri (t-Statistic) 2 den büyük olması bağımsız değişkenlerin MDF üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir (Gujarati, 2004:134,136). $\beta_2, \beta_4, \beta_6$ katsayıları eksi olduğu için MDF'yi azaltıcı etkiye, β_1, β_3 katsayıları artı olduğu için ise artırıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4. 18 Çoklu Regresyon Sonucu Elde Edilen Çıktılar (E-Views 5.1)

Dependent Variable: MDF				
Method: Least Squares				
Sample: 1 102				
Included observations: 102				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
β_1	0.029312	0.013930	2.104140	0.0380
β_2	-0.010528	0.001511	-6.968325	0.0000
β_3	0.023076	0.003065	7.528049	0.0000
β_4	-0.006461	0.001568	-4.120253	0.0001
β_5	-5.172678	8.554664	-0.604662	0.5468
β_6	-30.88827	3.678077	-8.397939	0.0000
β_0	98.72615	3.737175	26.41732	0.0000
R-squared	0.688527	Mean dependent var		77.34484
Adjusted R-squared	0.668855	S.D. dependent var		13.45512
S.E. of regression	7.742780	Akaike info criterion		6.997558
Sum squared resid	5695.311	Schwarz criterion		7.177703
Log likelihood	-349.8754	F-statistic		35.00035
Durbin-Watson stat	1.674822	Prob(F-statistic)		0.000000

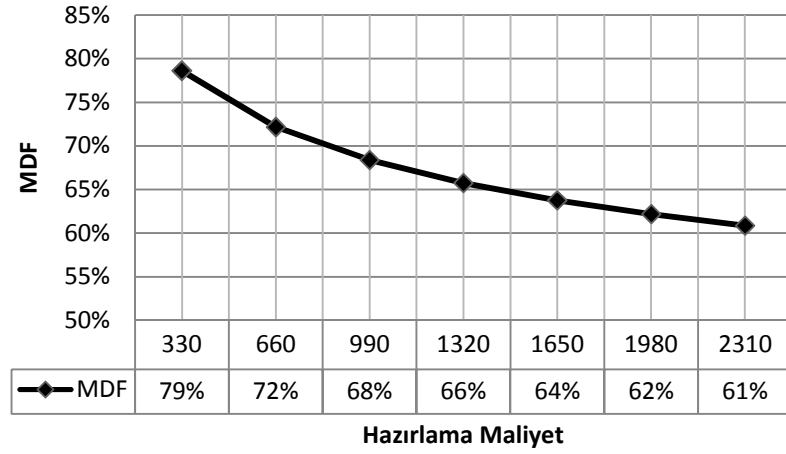
Şekil 4. 12'de tedarik zincirini kapsayan işletmelerde diğer veriler sabit kalmak şartıyla sadece toptancı sipariş maliyeti değiştiğinde MDF'nin de arttığı görülmektedir (Ek 6). Toptancı sipariş maliyetindeki bir birim artış MDF'yi 0.0292 (β_1) artırmaktadır (Tablo 4. 18). Bu sipariş maliyetinin 100 para birimi arttığı durumlarda

MDF'nin yaklaşık %3 artması anlamına gelmektedir (Gujarati, 2004:8). Bu ise sipariş maliyetinin arttığı durumlarda tedarik zincirinde beraber çalışmaya daha az ihtiyaç duyulacağı anlamına gelmektedir. Diğer bir anlatımla eğer toptancı sipariş maliyeti yüksek ise tedarik zincirinde beraber çalışmaktan sağlanacak yarar sipariş maliyeti düşük olduğu durumdan daha azdır. Toptancı sipariş maliyetinin gittikçe arttığı durumlarda koordinasyon halinde çalışmaktan sağlanacak maliyet düşüşü gittikçe azaldığından işletmeler ayrı çalışmaya yeğleneceklerdir.



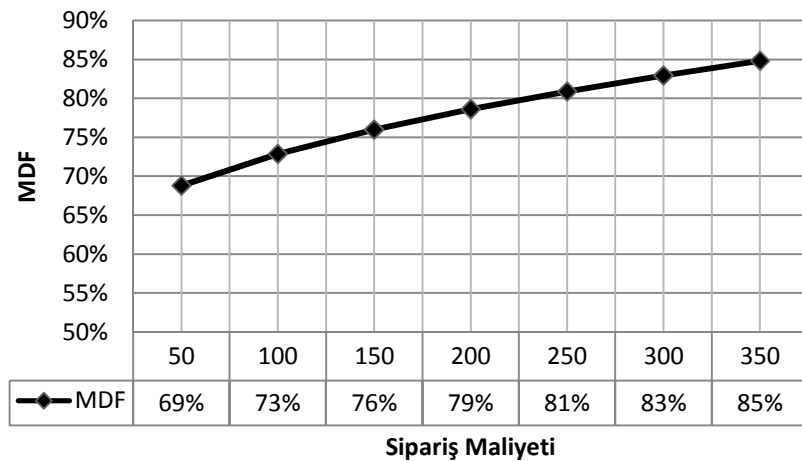
Şekil 4. 12 Toptancıda Sipariş Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF

Şekil 4. 13'de tedarik zincirini kapsayan işletmelerde diğer veriler sabit kalmak şartıyla sadece imalatçı hazırlama maliyeti değiştiğinde MDF'nin azaldığı görülmektedir (Ek 6). İmalat hazırlama maliyetindeki bir birim artış MDF'yi -0.0106 (β_2) azaltmaktadır. Bu İmalat hazırlama maliyetinde 1000 para birimi artış olduğu durumlarda MDF'yi yaklaşık %10.6 azaltacağı anlamına gelmektedir. Bu ise imalatçıda hazırlama maliyetinin yüksek olduğu durumlarda tedarik zincirinde koordinasyon halinde çalışmaktan sağlanacak maliyet düşüşünün daha fazla olacağı anlamına gelmektedir ve işletmeleri koordinasyon halinde çalışmayı cazip hale getirmektedir.



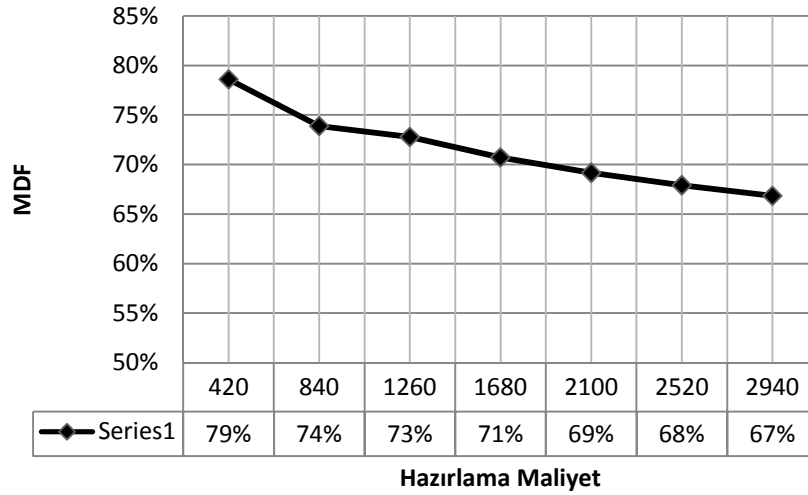
Şekil 4. 13 İmalatçıda Hazırlama Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF

Şekil 4. 14'de imalatçı satın alma sipariş maliyetinin yükselmesi MDF'nin artmasına neden olmaktadır. Sipariş maliyetindeki bir birim artış MDF'yi 0.023 (β_3) azaltmaktadır. Bu İmalat hazırlama maliyetinde 100 para birimi artış olduğu durumlarda MDF'yi yaklaşık %2.3 artıracığı anlamına gelmektedir. Daha sık aralıklarla sipariş verme yalın üretim özelliklerindendir ve toplam stok elde bulundurma maliyetini düşürmektedir(Şekil 1. 2). Bu özellik tedarik zinciri boyutuna taşınmaktadır ve sipariş maliyetinin küçüklüğü koordinasyon halinde çalışmaktan sağlanacak yararın önemini artırdığı görülmektedir.



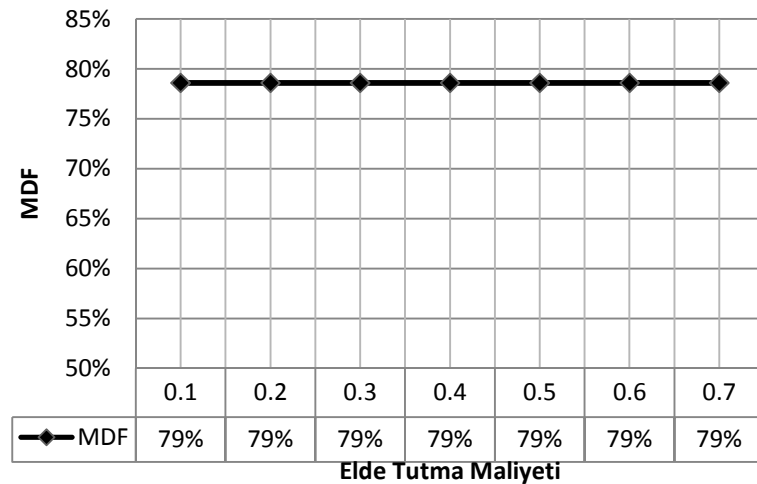
Şekil 4. 14 İmalatçıda Sipariş Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF

Tedarikçilerde hazırlama maliyeti arttıkça imalatçılarda olduğu gibi MDF'yi azaltmaktadır (Şekil 4. 15). Tedarikçi hazırlama maliyetinin MDF üzerindeki etki katsayısı ise -0.0065 (β_4)'dir (Tablo 4. 18).



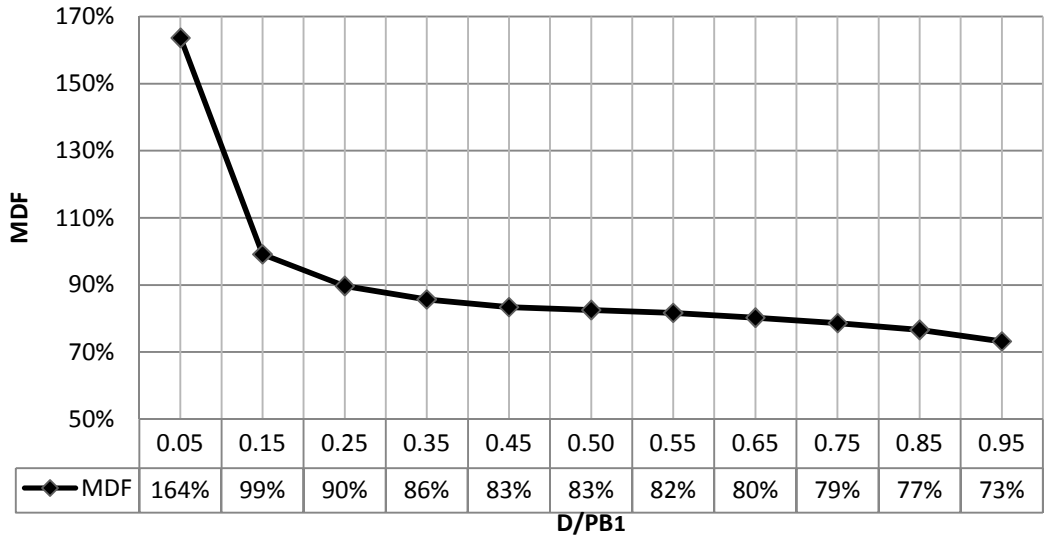
Şekil 4. 15 Tedarikçilerde Hazırlama Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF

Tedarik zincirindeki maliyet unsurlarından biri de elde tutma maliyetidir. Şekil 4. 16'da elde tutma maliyeti ile MDF arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Söz konusu örnekte (Ek 6) elde tutma maliyetinin MDF üzerinde sıfıra yakın etkisi görülmektedir. β_5 katsayısının p değerinin %5'den büyük çıkması da bu tezi desteklemektedir. Bu elde tutma maliyetinin azlığı veya çokluğunun TZM maliyeti üzerinde etkisinin olmadığı anlamını taşımamaktadır. Elde tutma maliyetinin yüzdesi tedarik zinciri üyelerini koordinasyon halinde çalışmaya teşvik etmemektedir.

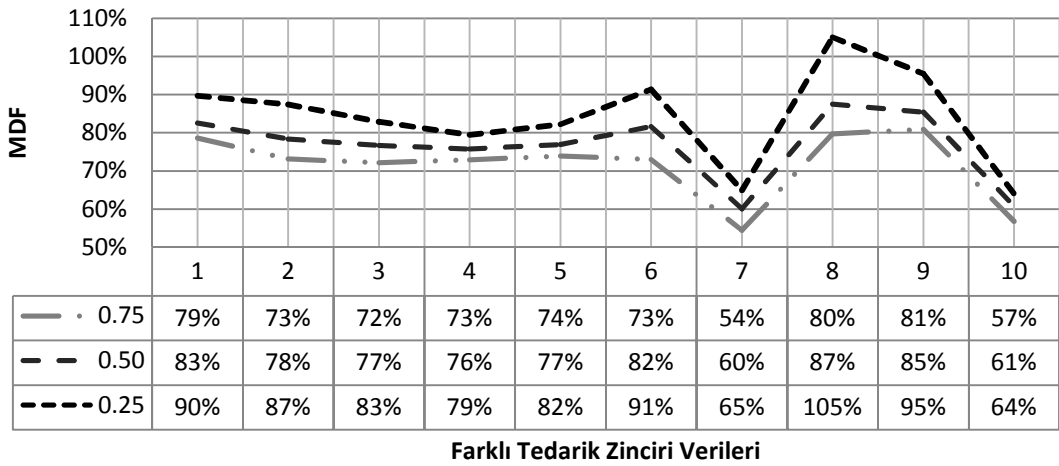


Şekil 4. 16 Elde Tutma Maliyeti Değiştiği Durumlarda MDF

MDF üzerinde araştırılan altıncı bağımsız değişken talep / üretim oranıdır. Şekil 4. 17'de 0.05-0.95 arası D/PB_1 oranı bir örnek (Ek 6) üzerinde gösterilmiştir. D/PB_1 oranı arttıkça MDF azalmaktadır. Elde edilen çoklu regresyon sonucuna göre $B_5 = -30.7004$ olduğundan talep/üretim oranı 0.1 arttığında MDF'nin yaklaşık %3.07 düşmektedir. Dikkati çeken diğer bir taraf talep sabit kalmak şartıyla üretim tutarı arttığında belli bir noktadan sonra koordinasyon yapmanın maliyeti artırmasıdır.



Şekil 4. 17 Talep/Üretim (D/PB_1) Tutarı Durumlarında MDF



Şekil 4. 18 Farklı Tedarik Zinciri Verilerinde Talep/Üretim (D/PB_1)tutarı Durumlarında MDF

Tedarik zincirinde diğer bağımsız değişkenler değiştiğinde 10 örnek üzerinde talep/üretim oranı ne şekilde değiştiği Şekil 4. 18 gösterilmektedir. D/PB_1 oranı 0.25

olan bütün örneklerde MDF en yüksek, 0.75 olan örneklerde MDF en aşağı, 0.50 olan örneklerde ise MDF diğer oranlara göre orta yüzdeyi elde etmiştir.

Değişkenler arasında MDF ile daha yakın ilişkide olan değişkeni elde etmek için standartlaştırılmış değişkenleri (Standardized Variables) incelemek gerekir. Bunun için aşağıdaki formül kullanılarak beta katsayısı (beta coefficients) elde edilmesi gerekmektedir(Gujarati, 2004:173-175).

$$MDF_{III}^* = \beta_0^* + \beta_1^* O_R^* + \beta_2^* S^* + \beta_3^* O_w^* + \beta_4^* O_s^* + \beta_5^* h_{R,m,s}^* + \beta_6^* (D/PB_1)^*$$

$$MDF_{III}^* = \frac{MDF_{III} - \overline{MDF}}{\sigma_{MDF}}$$

$$X_i^* = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X}$$

$\sigma_{MDF,X}$ = Standart Sapma

Ek 5 ve Tablo 4. 17'deki veriler kullanılarak MDF_{III}^* ve X_i^* hesaplanır (sonuçlar Ek 8'de verilmiştir). Ek 8'deki veriler kullanılarak çoklu regresyon yöntemine göre yeniden çözümü yapıldığında elde edilen beta katsayıları Tablo 4. 19'da gösterilmiştir.

Tablo 4. 19 Beta Katsayıları

		$\beta_1^* O_R^*$	$\beta_2^* S^*$	$\beta_3^* O_w^*$	$\beta_4^* O_s^*$	$\beta_5^* h_{R,m,s}^*$	$\beta_6^* (D/PB_1)^*$
	β_0^*	β_1^*	β_2^*	β_3^*	β_4^*	β_5^*	β_6^*
Beta katsayısı	0	0.1377	-0.4404	0.4427	-0.2612	-0.0352	-0.4908

Tablo 4. 19'dan MDF'ye en fazla etki eden değişken talep/üretim oranıdır (B_6^*). İkinci en çok etki eden değişken ise satın alma sipariş maliyetidir(B_3^*). En az etki eden değişken ise elde bulundurma yüzdesidir(B_5^*).

4.4.6. TEDARİK ZİNCİRİNDE ZARARIN TELAFİ EDİLMESİ

Tedarik zincirinde işletmeler beraber hareket ederek MDF'ni aşağı hareket ettirerek maliyet avantajı elde etmektedirler. Fakat koordinasyon sonucu MDF'nin aşağı indirilmesi bazı işletmeler için maliyet artışına neden olabilmektedir. Bundan dolayı elde edilen maliyet indirimi bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışma sonucu zarar eden işletmeleri de kapsayarak kayıplarının telafi etmelidir.

Toptancılar bu koordinasyondan zararlı çıkarlarsa ana işletme toptancılara 4. 29 numaralı eşitliği kullanarak δ_r kadar indirim yaparak toptancıların zararını telafi eder (Jaber & Goyal, 2008,95-103). δ_r toptancıların koordinasyon sonucu elde edilen maliyet artışının talep tutarına bölünmesi ile elde edilmektedir.

δ_r = Toptancılara yapılması gereken indirim yüzdesi

$$\delta_r = \left(\frac{D_r}{Q_r^{**}} O_r + \frac{Q_r^{**}}{2} h_r - \frac{D_r}{Q_r} O_r - \frac{Q_r}{2} h_r \right) \frac{1}{D_r}$$

4. 29

Fabrikadan indirim (δ_r) elde edildikten sonra toptancı stok maliyeti aşağıdaki gibi uyarlanmaktadır. Söz konusu indirim yüzdesi (4. 30) talep tutarı ile çarpılarak toptancının maliyetinden düşürülmektedir.

$$TZM_r(Q_r^{**}) = \frac{D_r}{Q_r^{**}} O_r + \frac{Q_r^{**}}{2} h_r - D_r \delta_r$$

4. 30

Eğer koordinasyon sonucu tedarikçilerin stok maliyeti artarsa o takdirde ana işletme tedarikçilere yıllık alış maliyeti üzerinden δ_s yüzdesi kadar zararlarını telafi eder.

δ_s = Tedarikçilere yapılması gereken indirim yüzdesi

$$\delta_s = \left(\frac{D_s L^{**}}{Q_s^{**} K_1^{**} K_2^{**}} O_s + \frac{Q_s^{**} K_1^{**} \left((2 - K_2^{**}) \frac{D_s}{P_{ss} B_1 B_2 B_3} + K_2^{**} - 1 \right)}{2 L^{**} B_1 B_2 B_3} h_s \right. \\ \left. - \sum_r \frac{D_r L_r}{Q_r K_{1r} K_{2rs}} O_s + \sum_r \frac{Q_r K_{1r} \left((2 - K_{2rs}) \frac{D_r}{P_{ss} B_1 B_2 B_3} + K_{2rs} - 1 \right)}{2 L_r B_1 B_2 B_3} h_s \right) \frac{B_1 B_2}{D_s}$$

4. 31

$\delta_s < 0$ ise $\delta_s = 0$ alınarak tedarikçilerin koordinasyondan dolayı zarara uğramadığı anlaşılmaktadır ve bundan dolayı tedarikçilere hiç bir telafi yüzdesi uygulanmamaktadır. Ana işletmeden telafi yüzdesi (δ_s) elde edildikten sonra tedarikçi stok maliyeti aşağıdaki gibi uyarlanmaktadır.

$$TZM_s(Q_s^{**}, K_1^{**}, L^{**}, K_2^{**}) \\ = \frac{D_s L^{**}}{Q_s^{**} K_1^{**} K_2^{**}} O_s + \frac{Q_s^{**} K_1^{**} \left((2 - K_2^{**}) \frac{D_s}{P_{ss} B_1 B_2 B_3} + K_2^{**} - 1 \right)}{2 L^{**} B_1 B_2 B_3} h_s \\ - \frac{D_s}{B_1 B_2} \delta_s$$

4. 32

Toptancı ve tedarikçilere uygulanan telafi ve indirimlerden sonra fabrikanın üretim ve satın alma stok maliyetini aşağıdaki şekilde uyarlanmaktadır.

$$TZM_M(Q^{**}, K_1^{**}, L^{**}) \\ = \frac{D}{K_1^{**} Q^{**}} S + \frac{Q^{**} \left((2 - K_1^{**}) \frac{D}{P B_1} + K_1^{**} - 1 \right)}{2 B_1} h_m + \sum_r D_r \delta_r \\ + \frac{D L^{**}}{K_1^{**} Q^{**}} O_w + \frac{K_1^{**} Q^{**} D}{2 L^{**} P B_1^2 B_2} h_m + \sum_s \frac{D_s}{B_1 B_2} \delta_s$$

4. 33

Modelde kullanılan ABC işletmesinin verileri sonucu tedarik zinciri koordinasyonu sonucunda sadece toptancılar zararlı çıkmaktadırlar. Tablo 4. 15'dan

TZY(I)'nin toplam maliyeti 50585.40896\$, TZY(II)'nin toplam maliyeti 50971.00996\$, ve TZY(III)'ün toplam maliyeti 69378.62916\$'dır. TZY(III)'den TZY(I)'ye geçişte TZM 18793.22\$ maliyet avantajı elde etmektedir. Fakat toptancıların maliyeti 13787.46100\$'dan 14395.96404\$'a yükselmektedir. Sonuç olarak sadece toptancılar bu koordinasyondan zarar görmektedir.

Eşitlik 4. 29 kullanılarak her bir toptancının indirim yüzdesi hesaplanır. Toptancıların toplam sipariş tutarı $Q_r^{**} = 63142.71$ \$'dır (Tablo 4. 5). Her bir toptancının sipariş tutarı ise Tablo 4. 6'den Q_r^{**} ve Tablo 4. 14'den Q_r elde edilerek indirim yüzdesi hesaplanarak

Tablo 4. 20'de özetlenmiştir.

Tablo 4. 20 Toptancı Zararları Telafisi indirim Yüzdeleri

	D_r	Q_r^{**}	Q_r	$\frac{D_r}{Q_r^{**}} O_r + \frac{Q_r^{**}}{2} h_r$	$\frac{D_r}{Q_r} O_r - \frac{Q_r}{2} h_r$	Zarar	δ_r
1 (Lökbatan)	2227500	37209.1	31660.31	6414.81	6332.06	82.75	0.0037%
2 (Binegedi)	891000	14883.6	20023.74	4182.26	4004.75	177.52	0.0199%
3 (İlçeler)	661500	11050	17253.26	3798.90	3450.65	348.24	0.0526%

Eşitlik 4. 29 kullanıldığında imalatçı toptancılarla birlikte çalışmaktan dolayı uğradığı zarar için indirim yüzdesi sırasıyla $\delta_1 = 0.0037\%$, $\delta_2 = 0.0199\%$, $\delta_3 = 0.0199\%$ olacaktır. Söz konusu indirim kullanıldığında (4. 30) toptancıların maliyeti azalarak sırasıyla $TZM_1 = 6332.06$, $TZM_2 = 4004.75$, $TZM_3 = 3450.65$ olacaktır.

Tedarikçiler koordinasyon sonucu her hangi bir zarara uğramadığından (Tablo 4. 15) δ_s sıfırdan küçüktür ($\delta_s < 0$) ve $\delta_s = 0$ alınarak tedarikçiler toplam maliyeti 12761.93664\$ olarak kalacaktır.

İmalatçılar sadece toptancıların zararını telafi ettikten sonra maliyetleri artarak $TZM_M(Q_r^{**} = 63142.71, K_1^* = 4, L^{**} = 2) = 12761.94 + 608.51 = 13370.45$ \$ olacaktır (4. 33).

SONUÇ

Çalışmada birden fazla tedarikçi, bir imalat aşaması, satın alma ve birden fazla tedarikçini dikkate alan ve birden fazla ürünü içinde barındıra bilen tedarik zinciri modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model Azerbaycan'da bir işletme verileri kullanılarak test edilmiş ve optimum sonuçlara ulaşılmıştır. Optimal çözüm $Q^* = 61255.25\$$, $K_1^* = 4.30$, $L^* = 2.30$, $K_2^* = 2.51$, $TZM = 50412.38\$$ elde edilmiştir. K_1^* , L^* , K_2^* tam sayı olarak alındığında kendi aralarında en düşük TZM 'yi veren tam sayı kombinasyonu $K_1^{**} = 4$, $L^{**} = 2$, $K_2^{**} = 2$ 'dir. Bu durumda optimum sipariş miktarı $63142.71\$$, TZM ise $50585.41\$$ olarak tespit edilmektedir. Bunun anlamı optimum TZM için toptancıların toplam siparişi $63142.71\$$ olması gerekir. İmalatçı bu durum karşılığında imalata gelen siparişin 4 katını (63142.71×4) vermeli bileşenlerin alınması için ise imalata verdiği sipariş tutarını yarı bölerek tedarikçilere bu tutarın yarısını ($63142.71 \times 4 / 2$) sipariş vermelidir. Tedarikçiler ise bu durum karşısında gelen siparişi 2 ile çarparak $((63142.71 \times 4 / 2) \times 2)$ kendi üretim hatlarına sipariş vermelidirler. Bu sonuçlara göre ortaya çıkan maliyet dağılımında tedarik zincirinde en fazla stok maliyet imalatçıda imalat ve depo(satınalma) olmak üzere toplam $23427.50828\$$ 'dır. Toptancılar stok maliyetleri $14395.96404\$$, tedarikçiler stok maliyeti ise $12761.93664\$$ 'dır.

Elde edilen çözümün etkinliği 1.0034 olarak elde edilmiştir. Etkinlik derecesi 1'e yakın olduğu için çözümün etkinliği yüksektir. MDF iki açıdan incelenmiştir. Birinci durumda tedarik zinciri kademeleri bir birinden bağımsız fakat her bir kademenin kendi içinde koordinasyonunun mevcuttur. İkincisi durumda ise hem tedarik zinciri kademeleri hem kademe içinde işletmeler bir birinden bağımsız hareket etmektedirler. Birinci durumda $MDF = 0.992434896$, ikinci durumda ise $MDF = 0.729120921$ olarak elde edilmiştir. Tedarik zinciri kademeleri bir birinden bağımsız fakat her bir kademenin kendi içinde koordinasyonunu mevcut olduğunda yaklaşık %1(1.durum) düşürdüğü halde, tedarik zincirinin tümü bir işletme olarak hareket ederse tamamen bağımsız hareket etme durumuna göre toplam tedarik zinciri maliyetini %27(2.durum) düşürmektedir. İşletmenin birinci durumdaki TZM 'si $50971.00996\$$ iken ikinci durumdaki maliyeti $69378.62916\$$ 'dır. İkinci durumun maliyetli olmasının nedeni toptancılardan gelen siparişlerin imalatçıda bütünleşik değil ayrı olarak uyarlanmasıdır. Aynı zamanda imalatın bütünleşik olmaması ve

tedarik boyutuna da bunun taşınması ikinci durumun (TZY III) yaklaşımında tedarikçi maliyetlerinin (18526.80708\$) en maliyetli olmasına neden olmuştur.

Bütünleşik çalışmaktan en fazla yararı imalatçı, daha sonra ise tedarikçiler görmektedir. Bütünleşik durumda İmalatçı imalat ve depo stok maliyeti olmak üzere toplam (11758.22509\$ ve 11669.28319\$) 23427.5083\$, bağımsız olduğunda ise (24653.3513 ve 12411.01020) 37064.36150\$'dır. İmalatçının bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmaktan yararı yaklaşık %37'dir. Tedarikçiler tarafında bütünleşik çalışmaktan dolayı maliyet 12761.93664\$ bağımsız çalışmaktan dolayı ise maliyet 22122.39616\$'dır. Tedarikçilerin bütünleşik ve koordinasyon halinde çalışmasından yararı yaklaşık %42'dir..

Çoklu regresyon sonucu bağımsız değişkenlere ilişkin istatistiksel çıktılar E-Views 5.1 bilgisayar programı aracılığı ile elde edilmiştir (Tablo 4. 18). Elde tutma maliyeti (β_5) hariç p değerlerinin (prob.) %5'den az olması ve t değerinin (t-Statistic) mutlak değeri 2 den büyük olması bağımsız değişkenlerin MDF üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. İmalat hazırlama maliyetleri(β_2), tedarikçileri hazırlama maliyetleri(β_4) ve talep/üretim oranı (β_6) katsayıları eksi olduğu için MDF'yi azaltıcı etkiye, β_1 , β_3 katsayıları artı olduğu için ise artırıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Toptancı sipariş maliyetindeki bir birim artış MDF'yi 0.0292 (β_1) artırmaktadır(Tablo 4. 18). Bu sipariş maliyetinin 100 para birimi arttığı durumlarda MDF'nin yaklaşık %3 artması anlamına gelmektedir. Bu ise toptancıda sipariş maliyetinin arttığı durumlarda tedarik zincirinde beraber çalışmaya daha az ihtiyaç duyulacağı anlamına gelmektedir.

İmalat hazırlama maliyetindeki bir birim artış MDF'yi -0.0106 (β_2) azaltmaktadır. Bu İmalat hazırlama maliyetinde 1000 para birimi artış olduğu durumlarda MDF'yi yaklaşık %10.6 azaltacağı anlamına gelmektedir. Bu ise imalatçıda hazırlama maliyetinin yüksek olduğu durumlarda tedarik zincirinde koordinasyon halinde çalışmaktan sağlanacak maliyet düşüşünün daha fazla olacağı anlamına gelmektedir ve işletmeleri koordinasyon halinde çalışmayı cazip

hale getirmektedir. Tedarikçilerde hazırlama maliyeti arttıkça imalatçılarda olduğu gibi MDF'yi azaltmaktadır

Sipariş maliyetindeki bir birim artış MDF'yi 0.023 (β_3) azaltmaktadır. Bu İmalat hazırlama maliyetinde 100 para birimi artış olduğu durumlarda MDF'yi yaklaşık %2.3 artıracağı anlamına gelmektedir. Sipariş maliyetinin küçüklüğü koordinasyon halinde çalışmaktan sağlanacak yararın önemini artırdığı görülmektedir.

Elde tutma maliyet yüzdesi MDF üzerinde sıfıra yakın etkisi görülmektedir. β_5 katsayısının p değerinin %5'den büyük çıkması da bu tezi desteklemektedir. Bunun anlamı elde tutma maliyet yüzdesinin azlığı veya çokluğunun MDF maliyeti üzerinde etkisinin sıfıra yakın olması ile beraber elde tutma maliyet yüzdesinin TZM üzerinde etkisi olmadığı anlamına taşımamaktadır. Sonuç olarak elde tutma maliyetinin yüzdesi tedarik zinciri üyelerini koordinasyon halinde çalışmaya teşvik etmemektedir.

. D/PB_1 oranı arttıkça MDF azalmaktadır. Elde edilen çoklu regresyon sonucuna göre $B_5 = -30.7004$ olduğundan talep/üretim oranı 0.1 arttığında MDF'nin yaklaşık %3.07 düşmektedir. Dikkati çeken diğer bir taraf talep sabit kalmak şartıyla üretim tutarı arttığında belli bir noktadan sonra koordinasyon yapmanın maliyeti artırmasıdır.

Tedarik zincirinde diğer bağımsız değişkenler değiştiğinde 10 örnek üzerinde talep/üretim oranı ne şekilde değiştiği incelenmiştir. D/PB_1 oranı 0.25 olan bütün örneklerde MDF en yüksek, 0.75 olan örneklerde MDF en aşağı, 0.50 olan örneklerde ise MDF diğer oranlara göre orta yüzdeyi elde etmiştir. Bunun anlamı yalın üretim sistemi özelliklerini taşıyan üretimin talebe yakın olduğu işletmelerde tedarik zincirinde koordinasyondan elde edilen avantajın üretimin talepten uzak olduğu işletmelerden çok daha fazla olacağıdır.

MDF'ye en fazla etki eden değişken talep/üretim oranıdır (B_6^*). İkinci en çok etki eden değişken ise satın alma sipariş maliyetidir(B_3^*). En az etki eden değişken ise elde bulundurma yüzdesidir(B_5^*).

MDF'yi etkileyen değişkenlerin incelenerek hangi durumda koordinasyona gitmenin daha fazla olacağı incelenerek koordinasyon sonucu tedarik zincirinde zarara uğrayan tarafın zararının telafi edilmesi ile ilgili hesaplama yöntemi geliştirilmiştir.

Tedarik zincirinde koordinasyon sonucu zarar uğrayan tarafın zararlarının telafi edilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem ABC işletmesinin verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak İmalatçının toptancılarla birlikte çalışmaktan dolayı uğradığı zarar için indirim yüzdesi sırasıyla $\delta_1 = 0.0037\%$, $\delta_2 = 0.0199\%$, $\delta_3 = 0.0199\%$ elde edilmektedir. Söz konusu indirim kullanıldığında toptancıların maliyeti azalarak sırasıyla $TZM_1 = 6332.06$, $TZM_2 = 4004.75$, $TZM_3 = 3450.65$ olmaktadır. Tedarikçiler koordinasyon sonucu her hangi bir zarara uğramadığından δ_s sıfırdan küçüktür ($\delta_s < 0$) ve $\delta_s = 0$ alınarak tedarikçiler toplam maliyeti 12761.93664\$ olarak kalacaktır. İmalatçılar sadece toptancıların zararını telafi ettikten sonra maliyetleri artarak $TZM_M(Q_r^{**} = 63142.71, K_1^* = 4, L^{**} = 2) = 12761.94 + 608.51 = 13370.45$ \$ olmaktadır.

Elde edilen telafi yüzdesi sadece söz konusu işletmelerin zararlarını karşılamaya yönelik geliştirilmiştir. Tedarik zincirindeki işletmeleri birlikte çalışmaya teşvik etmek için daha fazla indirim yüzdesi uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- Abbott, Jeff : "Understanding the Lean Supply Chain: Beginning the Journey", **Report on Lean Practices in the Supply Chain**, APICS, 2005, (Çevrimiçi)http://coba.georgiasouthern.edu/centers/lit/oracle_WP_supply_chain_r6.pdf, 15 Nisan 2008.
- Manrodt, Karl B., Kate Vitasek.
- Acar, Nesime. : **Tam Zamanında Üretim**, Ankara, MPM Yayınları, No:542, 1997.
- Acar, Nesime, Çapçı, Semra. : **Tam Zamanında Üretim Uygulamalarında Kritik Başarı Faktörleri**, Ankara, MPM Yayınları, No: 578, 1996.
- Alagöz, Ali, Ceran, Yunus. : "Stratejik Maliyet ve Kar Planlama Aracı Olarak Hedef Maliyet Yönetimi (Target Cost Management)", **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi** , 15, 2006, 61-84.
- Allen, John, Rabinson, Charless, Steward, David. : **Lean Manufacturing**, Society of Manufacturing Engineers, USA, 2001.
- Allison, Paul D.. : **Multiple Regression: A Primer**, Pine Forge Press, USA, 1999
- American National Standarts Institute : **Industrial Engineering Terminology** (Revision b.), McGraw-Hill, USA, 1991.
- American Productivity and Quality Center : **Process Classification Framework**, 2008, (Çevrimiçi) http://www.apqc.org/portal/apqc/ksn/PCF_5x.pdf?paf_gear_id=contentgearhome&paf_dm=full&pageselect=contentitem&docid=152203, 26 Ocak 2009.

- APICS : **APICS Dictionary** (11 b.). Alexandria, APICS The Association for Operations Management, USA , 2005.
- Ayers, James B. : **Handbook of Supply Chain Management**, CRC Press LLC, USA 2001.
- Banerjee, Avijit, Kim, Seung-Lae, Burton, Jonathan. : “Supply chain coordination through effective multi-stage inventory linkages in a JIT environment”, **Production Economics** , 271–280, 2007.
- Bartholomew, Doug. : **Putting Lean Principles in the Warehouse**, Lean Enterprise Enstitute, 2008.
<http://www.lean.org/Community/Registered/ArticleDocuments/MenloSuccessStoryFinal.pdf>, 15 ocak 2009.
- Barut, Mehmet, Faisst, Wolfgang, Kanet, John J.. : “Measuring supply chain coupling: an information system perspective”, **European Journal of Purchasing & Supply Management** , 8, 2002,161-171.
- Baudin, Michel. : **Lean Logistics:the Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods**, Productivity Press, New York ,2004
- Bernard, Paul. : **Integrated Inventory Management**, John Wiley & Sons, Canada ,1999
- Black J.T, Hunter Steve L.. : **Lean Manufacturing Systems and Cell Design**, Society of Manufacturing Engineers, Michigan, 2003
- Bodek, Norman. : **Kaikaku: The Power and Magic of Lean, A study in Knowledge Transfer**, PCS Inc. , USA, 2004
- Bowerman Bruce L., O'Connell, Ricard T.. : **Forecasting and Time Series** (3 b.). DuxburyThomson Learning, , USA, 1993
- Bowerman, B. L., : **Forecasting, Time Series, and Regrerssion: An Applied**

- Chase ,Richard B.,
Jacobs, F.Robert,
Aquilano, Nicholas J. : **Operations Managemnet**, McGraw-Hill/Irwin, New-York, 2004.
- Chopra, Sunil, : "Designing The Distribution Network in a Supply Chain", **Transportation Research**, 2003, s. 123–140.
- Chopra, Sunil,
Meindel Peter. : **Supply Chain Management**, Pearson Education, New Jersey , 2004.
- Christensen,
Lawrence. : "JIT Sensitive Distribution-Cutting Waste and Serving the Customer" , **Logistics Information Management**. - 1996. - 2 : Vol: 9. - s. 7-9.
- Cimorelli, Stephen. : **Kanban for the Supply Chain**, New York : Productivity, 2006.
- Clark, Andrew J.,
Scarf, Herbert. : "Optimal Policies for Multi Echelon Inventory Ptoblem", **Management Science** 1960. - s. 475-490.
- Clark, Andrrew J.,
Scarf, Herbert. : "Approximate Solutions to a Simpple Multi Echelon Inventory", **Studies in Applied Probability anad Management Science**, Stanford University , 1962, s. 88-110.
- Cohen, Shoshanah.,
Roussel, Joseph. : **Strategic Supply Chain**, McGraw-Hill, 2005.
- Cooper, Robin,
Slagmulder, Regine. : **Supply Chain Development for the Lean Enterprise**, The IMA Foundation for Applied Reseach,Productivity, Portland,1999.
- Cooper, Robin. : **When Lean Enterprises Collide: Competing through Confrontation**, Harvard Business School Press,

Boston,1995.

- Coşkun, Ali. : “Stratejik Maliyet Yönetimi Aracı Olarak Hedef Maliyetleme”,
Akademik Araştırmalar Dergisi, 15 : Cilt 4., 2003,s. 25-34.
- Council of Supply Chain Management Professionals : (Çevrimiçi) <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>, 9 Kasım 2008.
- Cusumano, Michael A. : **Japanese Technology Management: Innovations, Transferability, and the Limitations**, ,International Motor Vehicle Programe. 15 October 1992,
(Çevrimiçi) <http://imvp.mit.edu/papers/93/lmvp016a.pdf>, 15 Mayıs 2008
- Dahlgaard Jens J., Kristensen Kai, Kanji Gopal K. : “Total Quality Management and education”,**Total Quality Management**. – 1995, Vol: 6., s. 445-455.
- Demir, Hulusi. : **Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)**, Beta Basım Yayın, Gümüşoğlu, Şevkinaz. 6. Baskı., İstanbul, 2003.
- DiVanna, Joseph, Austin, François. : **Strategic Thinking in Tactical Times**, Palgrave Macmillan, New York, 2004.
- Dolcemascolo, Darren. : **Improving The Extendend Value Stream:Lean for the Entire Supply Chain**, Productivity Press, New York, 2006
- Donath, Bob. : **The IOMA Handbook of Logistics and Inventory Management**, John Wiley & Sons, New York, 2002.
Mazel, Joe,
Dubin, Cindy,
Patterson, Perry.

- Duc Truong, Ton Hien, : "A Measure Of The Bullwhip Effect In Supply Chains with
Luong, Huynh Trung, Stochastic Lead Time", **The International Journal of
Kim, Yeong-Dae. Advanced Manufacturing Technology** ,11-12, Vol: 38. –
2008,s. 1201-1212.
- Ellram, Lisa M. : "The Implementation of Target Costing in the United States:
Theory Versus Practice", **Journal of Supply Chain
Management**, 1 : Vol: 42., s. 2006,13-25.
- Feil, Patrick, : "Japanese Target Costing: A Historical Perspective",
Yook, Keun-Hyo, **International Journal of Strategic Cost Management**,
Kim, Il-Woon Vol: Spring, s. 2004,10-19.
- Fogarty, Donald W., : **Production&Inventory Management**, South-Western
Blackstone John H., Publishing Co., Ohio,1991.
Hoffmann, Thomas R.
- Forrester, Jay W. : **Industrial Dynamics**, MIT, 1961.
- Frazelle, Edward H. : **Supply Chain Strategy** , McGraw-Hill, 2002.
- Gagne, Margaret L. : "Target Costing", **Journal of Business & Industrial
Discenza, Richard. Marketing**, MCB University Press, 1 : Vol: 10, 1995, s. 16-
22.
- Garcia, Frank C. : "Applying Lean Concepts in a Warehouse Operation",
Advent Design Corporation, 2004,
(Çevrimiçi) [http://www.leanautomation.com/pdf/Applying%20
Lean%20Concepts-wp.pdf](http://www.leanautomation.com/pdf/Applying%20Lean%20Concepts-wp.pdf) ,15 Ocak 2009.
- Gattorna, J. L. : **Managing The Supply Chain**, Palgrave, New-York,1996.
Walters, David W.
- Gentile, Chiara, : "How to Sustain the Customer Experience:: An Overview of
Spiller, Nicola. Experience Components that Co-create Value With the

- Noci, Giuliano. Customer", **European Management Journal**. - October 2007. - 5 : Vol: 25. - s. 395-410.
- Ghiani Gianpaola, Laporte Gilbert ve Musmanno Roberto : **Introduction to Logistics Systems Planning and Control**, Jhon Wiley&Sons, 2004.
- Giannakis, Mihalıs, Croom, Simon, Nigel, Slack. : **Supply Chain Paradigms**, Understanding Supply Chains: Concepts, Critique and Futures, New Steve ve Westbrook Roy , New Steve ve Westbrook Roy. - Oxford University Press, Oxford, 2004.
- Gitlow Howard, Oppenheim Alan, Oppenheim Rosa : **Quality Management:Tools and Methods for Improvement** ,Richard D. Irwin, 1995.
- Görener, Ali, Yenen, Vedat Zeki. : "İşletmelerde Toplam Verimli Bakım Çalışmaları Kapsamında Yapılan Faaliyetler ve Verimliliğe Katkıları", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 2007, s. 47-63.
- Govindarajan, Vijay, Lang, Julie B. : Wal-Mart Stores, 2002, <http://www.scribd.com/doc/352138/Walmart-Stores>, 13 Kasım 2008
- Greasley, Andrew : **Operations Managemet**, john Wiley & Sons, 2006.
- Gross, John : "Implementing Successfull Kanbans",**Industrial Engineer**, April 2005, s. 36-39.
- Gunasekaran A. : "Just-In-Time Purchasing: An Investigation for Research and Applications", **International Journal of Production Economics**, 1999. - 1-3 : Vol: 59. - s. 77-84.

- Gujarati, Damodar N. : **Basic Econometrics**, Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies, 2004
- Handfield Robert B. : "Avoid the Pitfalls in Supplier Development", **Sloan Management Review**, Winter 2000. – Vol: 41. - s. 37-49.
- Krause, Daniel R.
- Scannell, Thomas V.
- Monczka, Robert M.
- Harrison, Alan, : **Logistics Management and Strategy**, Prentice Hall, London, 2002.
- Hoek, Romke Van.
- Harrison Terry P. : "Global Supply Chain", **Information Systems Frontiers**, 2001. - s. 413-416.
- Hay Edward J. : **The Just-In-time Breakthrough** (Tam Zamanında Yönetim), Türkmen Kitapevi, İstanbul, 2000.
- Heizer, Jay, : **Operations Management**, Prentice Hall, New Jersey, 8th ed, 2006.
- Render, Barry.
- Helms Marilyn M., : "Managerial Implications of Target Costing", **Competitiveness Review: An International Business Journal incorporating Journal of Global Competitiveness**. - 2005. - 1 : 15. - s. 49 - 56.
- Ettkin, Lawrence P.,
- Baxter, Joe T.,
- Gordon, Matthew W..
- Hobbs, Dennis P. : **Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer**, J.Ross, 2004.
- Hong, Liu, : "Bullwhip Effect Analysis in Supply Chain for Demand Forecasting Technology", **Systems Engineering - Theory & Practice**, July 2007. - 7 : Vol: 27. - s. 26-33.
- Ping, Wang.
- Hovelaque V., : Supply chain organization and e-commerce: a model to analyze store-picking, warehouse-picking and drop-
- Soler L. G.,

- Hafsa S.. shipping, **Journal of Operations Research**, Vol: 5. - July 2007, s. 143-155.
- Huang George Q., Zhang X. Y., Liang, L.. : "Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing processes, and supply chain", **Journal of Operations Management**, 2005. - Vol: 23. - s. 267-290.
- Hutchins, David, : **Just In Time**, Gower Technical Press LTd., Aldershot, 1990.
- Imai, Masaaki. : **Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management**, Mc-Graw Hill, 1997.
- Imai, Masaaki. : **Kaizen**, BRISA, İstanbul 1994.
- Ireland, Ron, Bruce, Robert. : "CPFR: Only the Beginning of Collaboration", **Supply Chain Management Review**, 9. 1. 2000, (Çevrimiçi) <http://www.scmr.com/article/CA629926.html?q=only+the+beginning+of+collaboration>, 18 Kasım 2008
- Ireland Ronald K. Crum, Collen. : **Supply Chain Collaboration: How to implement CPFR and Other Best Collaborative Practices**, J.Ross, 2005.
- Jaber, M.Y. : "Coordinating A Three-Level Supply Chain With Multiple Suppliers", **Int. J. Production Economics**, 2008, s.95-103
- Goyal, S.K.
- Jang Yang-Ja, : "A Combined Model of Network Design and Production/Distribution Planning for a Supply Network", **Computer&Industrial Engineering**, 2002, s. 263-281.
- Jang, Seang-Young, Chang, Byung-Mann Park, Jinwoo
- Joglekar, Prafulla, N. : "Comments on 'a quantity discount pricing model to increase vendor profits'", **Management Sciences**, 1988. - 11 : Vol: 34, s. 1391–1398.

- Jones, Daniel, T. : "Thinking Back from the Customer", **Lean Enterprise Academy**. - 30 10 2007,
(Çevrimiçi) http://www.leanuk.org/downloads/dan/dan_elette_r_200711.pdf, 06 Ocak 2009
- Jones, Daniel T.,
Hines, Peter,
Rich, Nick. : **Lean Logistics, International Journal of Physical Distribution & Logistics**, 1997, s. 153-173.
- Juran Joseph M.,
Godfrey, A.Blanton. : **Juran's Quality Handbook**, McGraw-Hill, 1999.
- Kaplan, Robert S.,
Atkinson, Anthony, A. : **Advanced Management Accounting**, Prentice Hall, New Jersey 1998.
- Keskin, Hakan, M. : **Lojistik: Tedarik Zinciri Yönetimi**, Nobel Yayın Dağıtım LTD, Ankara, 2008.
- Keyte, Beau,
Locher, Drew. : **The Complete Lean Enterprise: Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes**, Productivity Press, New York, 2004.
- Kiff, John S. : "The Lean Dealership- A Vision for the Future: "From Hunting to Farming"" **Marketing Intelligence & Planning**, MCB University Press, 2000. - 3 : Vol: 18. - s. 112-126.
- Kim, Seung-Lae,
Ha, Daesung. : A JIT lot-splitting model for supply chain management:Enhancing buyer–supplier linkag, **Production Economics**, 2003. - 86. - s. 1-10.
- Kincaid, Judith W. : **Customer Relationship Management: Getting It Right!**, Prentice Hall, 2002.

- Kobu, Bülent. : **Üretim Yönetimi**, Avcıol Basım Yayın, 11 Baskı, İstanbul,2003.
- Köksal, Mustafa. : **Bakım Planlaması**, Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara, 2007.
- Krajewski, Lee.J, Ritzman, Larry P. : **Operations Management** Pearson Prentice Hall, New Jersey,2007.
- Malhotra, Manoj K.
- Kumar C. Sendil, Panneerselvam, R. : Literature review of JIT-KANBAN system, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology** , Springer London, 22 March 2006, 3-4 : Vol: 32, - s. 393-408.
- Lambert, Douglas M., Stock, James R., Ellram, Lisa M. : **Fundamentals of logistics Managemet**, Mc-Graw Hill, 1998.
- Lamming, Richard. : "Squaring Lean Supply with supply chain management", **International Journal of Operations&Production Management**, MCB University Press, 1996. - 2 : Vol: 16.,s. 183-196.
- Landvater, Darry V. : **MRP II Standart System-A Handbook for Manufacturing Software Survial**, Oliver Wight, 1989.
- Lean Enterprise Institute : "What is Lean:A Brief History of Lean", **Lean Enterprise Institute**, (Çevrimiçi) <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>, 19 August 2007.
- Lean Supply Chain Report : "Lean Concepts Transcend Manufacturing through the Supply Chain", **Aberdeen Group**, 2006
- Lee, Hau L., : "The Bullwhip Effect in Supply Chains",**Slaon Management**

- Padmanabhan, V. : **Review**, 1997. - 3 : Vol: 38. - s. 93-102.
- Whang, Seungjin.
- Leflar, James. : **A. Practical TPM: Successful Equipment Management at Agilant Technologies**, Productivity Press, Portland, 2001.
- Levinson, William A., : **A. Lean Enterprise: A synergistic Approach to Minimizing Waste**, ASQ Quality Press, 2002.
- Rerick, Raymond.
- Levy, Michel, : **Retailing Management**, 3. Edition, McGraw-Hill Companies, 1998.
- Weitz, Barton A.
- Li, Ling. : **Supply Chain Management**, World Scientific Publishing, Singapore , 2007.
- Lieberman, Marvin B., : "Inventory Reduction in the Japanese Automotive Sector, 1965-1991", **International Motor Vehicle Program**, 9 May 1995,
- Demeester, Lieven, 1995,
- Rivas, Ronald. (Çevrimiçi) <http://imvp.mit.edu/papers/95/Lieberman/lieb-2.pdf>., 09 Haziran 2008.
- Liker, Jeffery K. : **Toyota Tarzı: 14 Yönetim İlkesi**, Acar Matbaacılık A.Ş, İstanbul, 2005.
- Liker, Jeffrey K. : **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**, McGraw-Hill, New York, 2004.
- Lockamy, Archie : "Target Costing for Supply Chain Management:Criteria and Selection", **Industrial Management&Data System**. -
- Smith, Wilbur I. 2000. - 5 : Vol: 100. - s. 210-218.
- Lowe, David : **Dictionary of Transport and Logistics**, Kogan Page, London, 2002.

- MacDuffie, John, Paul : "Creating Lean Suppliers: Diffusing Lean Production
Helper, Susan Through the Supply Chain", **International Motor Vehicle Program**, July 1997,
(Çevrimiçi) <http://imvp.mit.edu/papers/98/165a.pdf>, 08 Ocak 2009.
- Magee ,JohnF., : **Modern Logistics Management: Integrating Marketing,**
Copacino, William C. **Manufacturing, and Physical Distribution**, John
Rosenfield, Donald. B. Wiley&Sons, 1985.
- Makridakis, Spyros, : **Forecasting Methods for Management**, Jhon Wiley
Wheelwright, Steven &Sons, 1989.
C.
- Marchvinski Chet, : **Yalın Kavramlar Sözlüğü: Yalın Düşünürler İçin Şekilli**
Shook, John. **Sözlük**, çev. Soydan Ayşe, Baran Regaip., Acar Basım ve
Cilt San.Tic.A.Ş, İstanbul, 2007.
- Martin, Karen, : **The Kaizen Event Planner: Achieving, Rapid**
Osterling, Mike, **Improvement in Office, Service and Technical**
Enviroments, Productivity Press, New York, 2007.
- Mason-Jones R., : "Time compression in the supply chain: information
Towill D.R. management is the vital ingredient", **Logistics**, 1998, - Vol:
11 (2), - s. 93-106.
- McCarthy, Dennis, : **Lean TPM**, Elsevier Ltd., 2004, (Çevrimiçi)
Rich, Nick. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750658577>
, 07 Şubat 2007
- Mears, Peter. : **Quality Improvement Tools & Techniques**, McGraw Hill,
1995.
- Metters, Richard. : "Quantifying The Bullwhip Effect in Supply Chains", **Journal**

of Operations Management, 1996, s. 89-100.

- Monden, Yasuhiro. : **Toyota Management System**, Talbot Bruce.,Productivity Press, New York, 2004.
- Monden, Yasuhiro. : **Toyota Production System: Practical Approach to Production Management**, Industrial Engineering and Management Press, Georgia,1983.
- Monden, Yasuhiro. : **Toyota Production System:An Integrated Approach to Just-In-Time**, Engineering&Management Press, Second Edition, Georgia, 1993.
- Napolitano, Maida. : “Warehouse Management: How to be a lean, mean cross-docking machine”, **Logistics Management**. 01 01 2007, (Çevrimiçi)
<http://www.logisticsmgmt.com/article/ca6405824.html>. 07 Ocak 2009
- Naruo, Shinji,
Toma, George. : “From Toyota Production System to Lean Retailing: Lessons from Seven-Eleven Japan”, **Advances in Production Management Systems** , Olhager J. ve Persson F., Vol: 246. Springer, Boston, 2007.
- Narasimhan,
Seetharama L.,
McLeavey, Dennis W.,
Billington, Peter J. : **Production Planning and Inventory Control**, Prentice-Hall Internatioanal Editions, New Jersey, 1995
- Ohno, Taichi. : **Toyota Ruhü: Toyota Üretim Sisteminin Doğuşu ve Evrimi**, çev. Feyyat Canan, 3.Baskı, Skala Yayıncılık, 2008.
- Okur, Ayperi S. : **Yalın Üretim: 2000'li yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli**, Mart Matbaacılık Sanatları Tic. ve

San.Ltd.Şti, İstanbul, 1997.

- Orhunbilge, Neyran : **Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat İndeksleri**, Avcıol Basım, İstanbul,1999.
- Ortiz, Chris A. : **Kaizen Assembly:Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line**, Taylor&Francis Group, 2006.
- Öztürk, Ahmet. : **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2005.
- Page, Julian. : **Implementing Lean Manufacturing Techniques**, Gardner Publications, Cincinnati, 2004.
- Poirier, Charles, Ferrara, Lynette, Hayden, Francis, Neal, Douglas. : **The Network Supply chain: Applying Breakthrough BPM Technology to Meet Relentless**, J.Ross, 2004.
- Pourakbar, Morteza, Farahani, Reza Zanjirani , Asgari ,Nasrin. : "A joint economic lot-size model for an integrated", **Applied Mathematics and Computation**, 2007, Vol: 189, s. 583-596.
- Prado, Carlos J. : "Increasing competitiveness with Continuous Improvement" **Industrial Management**, Jul/Aug 1997, 4 : Vol: 39, s. 25-26.
- Productivity Press : **Visual Tools:Collected Practices and Cases**, Productivity Press, New York, 2006.
- Puvanasvaran A.P., Megat, M.H.M.A, Tang, S.H, Muhamad, M.R, : "A Review of Problem Solving Capabilities in Lean Process Management", **American Journal of Applied Sciences**, Science Publications, 2008. - 5 : Vol: 5. - s. 504-511.

Hamouda, A.M.S.

Rabbani M.,
Layegh J.,
Ebrahim R. : "Mohammad Determination of number of kanbans in a supply chain system via Memetic algorithm", **Advances in Engineering Software**, 2008, s. 1-7.

Render, Barry.
Stair Ralph, M. : **Introduction to Management Science**, Allyn Becon, Massachusetts, 1992.

Ross, David, Frederick : **Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships**, Chapman&Hall, 1998.

Ross, David,Frederick. : **The Intimate Supply Chain:Leveraging The Supply Chain to Manage The Customer Experience**, Taylor&Francis group, USA, 2008.

Rother, Mike,
Harris, Rick. : **Sürekli Akış Yaratmak**, çev. Kulaç Ülki., Yalın Enstitü Derneği, The Lean Enterprise Institute, İstanbul, 2001.

Rother, Mike,
Shook, Jhon. : **Görmeyi Öğrenmek**, çev. Soydan Ayşe. - Yalın Enstitü Derneği (The Lean Enterprise Institute), İstanbul, 1999.

Rowe, Gene,
Wright, George. : "Expert Opinions in Forecasting: The Role of the Delfi Technique" , **Principlesof Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners**, Armstrong Scott J., Kluwer Academic, Hingham, 2001.

Rivera, Leonardo,
Chen, F. Frank, : "Measuring the Impact of Lean Tools on the Cost–Time Investment " **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**., 2007, Vol: 23. s. 684-689.

Rushton, Alan,
Croucher Phil : **The Handbook of Logistics and Distribution Management**, 3th, Kogan Page, London, 2006.

Baker, Peter.

Russel, Roberta S., : **Operations Management**, Prentice Hall, Second Edition,
Taylor, Bernard W. New Jersey, 1998.

Ryzin, Garrett J. Van : "Analyzing Inventory Cost and Service in Supply Chains",
Columbia Business School. 2001. s. 1-13.

Sako, Mari. : "Supplier Development at Honda, Nissan and
Toyota: Comparative Case Studies of Organizational
Capability Enhancement" **International Motor Vehicle
Program**, November 2003.
(Çevrimiçi) [http://imvp.mit.edu/papers/0304/sako_supplierde
velopment.pdf](http://imvp.mit.edu/papers/0304/sako_supplierdevelopment.pdf) , 08.01. 2009.

Santoso, Tjendera, : "A stochastic programming approach for supply chain
Ahmet, Shabbir, network design under uncertainty", **European Journal of
Goetschalckx, Marc, Operational Research**, 2005, s. 96-115.
Shapiro, Alexander.

Sayer Natalie J., : **Lean for Dummies**, Wiley Publishing, 2007.
Williams, Bruce.

Schemenner, Roger W. : **Production/operations Management**, Prentice-Hall Fifth
Ed., New Jersey, 1993.

Schniederjans, Marc J. : **Just-In-Time** , Allyn&Bacon, 1993.

Scott B.R : "Standard Deviation for Sum, Product, and Quotient",
Lovelace Respiratory research Institute, Albuquerque,
07.08.2005, (Çevrimiçi) [www.radiation-
scott.org/Standard%20Deviation%20for%20SumBOLD.doc](http://www.radiation-scott.org/Standard%20Deviation%20for%20SumBOLD.doc),
20 Nisan, 2010

- Sekine, Kenich. : **One-Piece Flow: Cell Design for Transforming the Production Process**, Productivity Press, New York, 1992.
- Shingo, Shigeo. : **A Revaluation in Manufacturing: the SMED System**, Productivity Press, Cambridge, 1985.
- Shingo, Shigeo. : **A study of Toyota Production System**, çev. Dillon Andrew. - Japan Management Association, Tokyo, 1989.
- Shingo, Shigeo. : **Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo system**, Robinson Alan, Productivity Press, New York, 1990.
- Shingo, Shigeo. : **The Saying of Shigeo Shingo: Key Strategies for Plant Improvement**, çev. Dillon Andrew P., Productivity Press, New York, 1987.
- Silver, Edward A.,
Pyke, David F.
Peterson, Rein : **Rein Inventory Management and Production Planning and Scheduling** , John Willey&Sons, Third.Ed.,1998.
- Silver, Edward A.,
Bischoff, Diane P. : "The Exact Fill Rate in a Periodic Review Base Stock System under Normally Distributed Demand", **University of Calgary**, 2010 (Çevrimiçi)
<http://haskayne.ucalgary.ca/haskaynefaculty/files/haskaynefaculty/10-01.pdf> , 15.Nisan 2010
- Simchi-Levi, David
Kaminsky, Philip. : **Managing The Supply Chain: The Definitive Guide for The Business Professional**, McGraw-Hill, 2004.
- Sipper, Daniel,
Bulfin, Robert L. : **Production: Planning, Control and Integration**, McGraw-Hill, 1997.
- Slack, Nigel. : **Blackwell Encyclopedic Dictionary of Operations Management** , Blackwell Publishers, Massachusetts, 1999.

- Slack, Nigel, : **Operations Management**, Prentice Hall, Fourth Ed.,
Chambers, Stuart. Totenham, 2004.
Jhonston, Robert.
- Smith, David, Eugene. : **Quantitative Business Analysis**, Jhon Wiley&Sons, 1977.
- Smith, Ricky, : **Lean Maintenance**, Elsevier B.V., 2004.
Hawkins, Bruce,
Stadtler, Hartmut. : **Supply Chain Managemet and Advenced Planning**,
Springer, Second Ed., Berlin, 2002.
- Sterman, John D. : "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of
Feedback In a Dynamic Decision Making Experiment",
Management Science, 1989, s. 321-339
- Stevenson, William J. : **Production/Operatiins Management**, IRWIN, 1993.
- Stewart, Gordon. : Supply-Chain Operations Reference Model (SCOR): The
First Cross-Industry Framework for Integrated Supply Chain
Management, **Logistics Information Management.**, 1997,
2 : Vol: 10, s. 62-67.
- Stock, James R., : **Strategic Logistics Managemnet**, McGraw-Hill
Lambert, Douglas M. Companies, New-York, 2001.
- Supply-Chain Council : Supply-Chain Operations Reference-Model, 2008,
(Çevrimiçi) [http://www.supplychain.org/galleries/publicgaller
y/SCOR%209.0%20Overview%20Booklet.pdf](http://www.supplychain.org/galleries/publicgallery/SCOR%209.0%20Overview%20Booklet.pdf), 26 Ocak
2009.
- Suzaki, Kiyoshi. : **The New Shop Floor Management**, The Free Press New
York, 1993.
- Tapping, Don, : **Value Stream Management**, Productivity, New York , 2002.
Luyster, Tom,

- Shuker, Tom.
- Taylor, David. : “Parallel Incremental Transformation Strategy: An Approach to the Development of Lean Supply Chains”, **International Journal of Logistics: Research and Applications**, 1999, 3 : Vol: 2. - s. 305-314.
- Taylor, David. A. : **Supply Chains: A Manager’s Guide** Addison Wesley, USA, 2003
- Tekin, Mahmut. : **Üretim Yönetimi**, Arı Ofset Matbaacılık, Cilt 2, Konya, 1999.
- Tersine, Richard J. : **Principles of Inventory and Materials Management**, Elsevier Science Publishing Co., Third. Ed., New York, 1988.
- Tersine, Rrichard J. : **Production/Operations Management : Concepts, Structure and Analysis**, North-Holland, New York, 1985.
- The Productivity Press : **Team Pull Production for The Shopfloor**, Productivity, Development New York, 2002.
- Tompkins Bruce : **Lean Thinking for the Supply Chain**, 2009,
Tompkins Associates (Çevrimiçi) http://www.tompkinsinc.com/publications/competitive_edge/articles/06-04-Lean_Supply_Chain.asp, 15 Mayıs 2009
- Top, Aykut. : **Üretim Sistmleri**, ALFA Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2001.
- Viale, David J. : **Basics of Inventory Management: From Warerhouse to Distribution Center**, Von Hhoffman Graphics, 1996.
- Vitasek, Kate, : “What Makes a Lean Supply Chain?”, **Supply chain**
Manrodt, Karl B., **Management Review**, October 2005, s. 39-45.
Abbott, Jeff.

- Voluntary Interindustry Commerce Solutions (VICS) : Association Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment (CPFR), D'Souza Brian, 3 05 2008, (Çevrimiçi) http://www.vics.org/docs/committees/CPFR_Whitepaper_Spring_2008-VICS.pdf, 27 Kasım 2008
- Waller, Derek L. : **Operations Management:A Supply Chain Approach**, Thompson, London, 2003.
- Waters, Donald. : **Global Logistics and Distribution Planning**, Kogan Page, 4th. Ed., London, 2003.
- Waters, Donald. : **Inventory Control and Management**, Jhon Wiley & Sons Ltd., England, 2003.
- Whiteman, John. : How Cut the Cost of Distribution, **European Commission, Enterprise and Industry:Automotive**. - 13 10 2004, (Çevrimiçi) http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/pages/background/competitiveness/stakeholder_consultation/icdp.pdf 21 Ocak 2009.
- Wieser, Philippe. : "Forecast Analysis and Forecasting Models", **Essentials of Logistics and Management** , Perret Francis-Luc, EPFL Press, 2007.
- Wild, Tony. : **Best Practice in Inventory Management**, Elsevier Science, Second Ed., London , 2002.
- Wiliam, J.Christensen, Richard, German, Laura, Biroa. : "Build to order and just-in-time as predictors of applied supply chain knowledge and market performance", **Journal of Operations Management**, Elsevier, 2004, Vol: 23, s. 470-481.
- Wincel, Jeffery. : **Lean Supply Chain Management**, Productivity Press, New

York, 2004.

- Wisner, Joel D., : **Principles of supply chain Management**, Thomson, 2005.
Leong, G.Keong,
Tan, Keah-Choon.
- Womack, James P., : **Yalın Düşünce**, çev. Aras Nesime, Sistem Yayıncılık ve
Jones, Daniel T. MAT.San.Tic.A.Ş, İstanbul, 1998.
- Womack, James.P, : **The Machine That Channged the World: The Story of**
Jones, Daniel.T, **Lean Production**, Rawson Associates, New york , 1990.
Roos, Daniel.
- Womack, Jim : Nice Car, Long Journey, 6 6 2008,
(Çevrimiçi) <http://www.lean.org/Community/Registered/Sho>
[wEmail.cfm?JimsEmailId=81](http://www.lean.org/Community/Registered/Sho), 10 Haziran 2008.
- Yalın Enstitü Derneği : (Çevrimiçi) www.yalinenstitu.org.tr. 04 Aralık 2007
- Yamak, Oygur. : **Üretim Yönetimi**, Alfa Basım,Yayım,Dağıtım, İstanbul,
1999.
- Yue, Xiaohang, : “Demand Forecast Sharing in a Dual-Channel Supply
Liu, John. Chain”, **European Journal of Operational Research**, April
2005, 1 : Vol: 174, s. 646-667.
- Zylstra, Kirk D. : **Lean Distribution: Applying Lean Manufacturing to**
Distribution, Logistics and Supply Chain, Jhon
Wiley&Sons, New Jersey, 2006.

EKLER

Ek 1 Tablo 4. 16'nin Farklı Sipariş ve Hazırlama Maliyetleri Durumunda TZM_I 'lerin Hesaplanmasından Elde Edilen Çıktılar

	Q^*	K_1^* ,	L^* ,	K_2^* ,	TZM
$O_R=45$	35425.02343,	7.427127242,	2.302010674,	2.512766793,	43370.44732
$S=660$	61255.25207,	6.077686335,	3.255829436,	2.512766794,	54337.86418
$O_w=100$	61255.25181,	4.297573252,	3.255829436,	3.553588878,	46539.43490
$O_s=840$	61255.25189,	4.297573242,	2.302219070,	3.553588879,	54989.82436

$O_R=45$				
K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
7	2	2	36341.8414	43536.59416
7	2	3	32769.63298	43668.47808
7	3	2	45612.67357	44395.55593
7	3	3	41128.24116	43721.78213
8	2	2	32751.91496	43568.44482
8	2	3	29535.49296	43833.70212
8	3	2	41111.62373	44133.50376
8	3	3	37067.87313	43594.35446

$S=660$				
K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
6	3	2	62420.62976	54501.2124
6	3	3	57466.05931	54595.7046
6	4	2	71022.82732	54956.0631
6	4	3	65366.51141	54550.869
7	3	2	56086.89848	54590.2891
7	3	3	51641.36018	54897.8569
7	4	2	63800.03043	54931.0083
7	4	3	58732.8731	54521.4261

$O_w=100$				
K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
4	3	4	60166.49057	46648.059
4	3	3	64424.33184	46645.4198
4	4	4	68261.30377	46792.2501

4	4	3	73113.18399	47306.1056
5	3	4	52135.79295	46981.9267
5	3	3	55820.8731	46724.4573
5	4	4	59143.58379	46655.9485
5	4	3	63330.358	46913.9934

$o_s = 840$				
K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
4	3	4	71548.59353	55472.7886
4	3	3	77652.84126	56223.313
4	2	4	57833.35521	55229.3739
4	2	3	62761.96043	55108.2212
5	3	4	61237.47	55183.8605
5	3	3	66457.1185	55627.4495
5	2	4	49509.9541	55734.2467
5	2	3	53719.31558	55307.4805

Ek 2 Tablo 4. 16'nin Farklı Sipariş ve Hazırlama Maliyetleri Durumunda TZM_{II} 'lerin Hesaplanmasından Elde Edilen Çıktılar

$O_R = 45$					
	K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
Opt. Sayı	6.38284739	1.90918831	2.32219531	41243.18125	
Tam Sayı	6	2	2		
Maliyet	10979.85137	11677.93039	12760.71078	8248.636251	43667.12879
$S = 660$					
	K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
Opt. Sayı	5.21157307	2.75567596	2.41329615	71435.2854	
Tam Sayı	5	3	2		
Maliyet	15985.629410	11707.449550	12772.873260	14287.057080	54753.009300
$O_w = 100$					
	K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
Opt. Sayı	3.68513866	3.11769145	3.01662019	71435.2854	
Tam Sayı	4	3	3		
Maliyet	12080.500490	8254.744090	12272.216230	14287.057080	46894.517890
$O_s = 840$					
	K_1^{**}	L^{**}	K_2^{**}	Q^{**}	TZM
Opt. Sayı	3.68513866	2.20454076	2.84409679	71435.2854	
Tam Sayı	4	2	3		
Maliyet	12080.500490	11720.678310	17482.311300	14287.057080	55570.547180

**Ek 3 Tablo 4. 16'nin Farklı Sipariş ve Hazırlama Maliyetleri Durumunda
'lerin Hesaplanmasından Elde Edilen Çıktılar**

45								
	Toptancı Stok Maliyetleri		İmalat Stok Maliyetleri		İmalatçı Depo Maliyetleri		Tedarikçi Maliyetleri	
18279.086 41	3655.817283	7	10733.08784	1	6874.786158	2	1510.711338	30505.53439
						3	881.4173229	
						1	6849.71445	
11560.709 32	2312.141864	6	7812.176849	1	3304.803088	3	938.2409392	18984.8367
						3	592.4829071	
						1	4024.991057	
9961.1746 3	1992.234926	6	6861.921163	1	2684.259863	2	804.382661	16228.07778
						3	510.7525874	
						1	3374.526576	
	7960.194073		25407.18585		12863.84911		19487.21984	65718.44887

660								
	Toptancı Stok Maliyetleri		İmalat Stok Maliyetleri		İmalatçı Depo Maliyetleri		Tedarikçi Maliyetleri	
31660.31	6332.061276	6	15106.99154	2	7209.105957	2	1489.944819	38306.05066
						4	899.4425652	
						2	7268.504503	
20023.74	4004.747183	5	10875.84431	1	2841.860628	1	644.3288297	22016.52954
						2	539.6710422	
						1	3110.077546	
17253.26	3450.652112	5	9540.765555	1	2212.970324	1	602.2320258	18812.3243
						2	460.9897901	
						1	2544.714496	
	13787.46057		35523.60141		12263.93691		17559.90562	79134.9045

100								
	Toptancı Stok Maliyetleri		İmalat Stok Maliyetleri		İmalatçı Depo Maliyetleri		Tedarikçi Maliyetleri	
31660.31	6332.061276	4	10628.06321	1	5117.160019	2	1507.780097	31345.78494
						3	880.7526554	
						1	6879.967682	
20023.74	4004.747183	4	7486.398131	1	1962.008228	1	862.1640431	18496.61156
						2	571.9029565	
						1	3609.391018	

17253.26	3450.652112	4	14768.90326	1	1501.992197	1	723.3312764	23936.39772
						2	489.5646599	
						1	3001.954219	
	13787.46057		32883.3646		8581.160444		18526.80861	73778.79422

$O_s = 840$								
31660.31	6332.061276	4	10628.06321	1	6876.065728	2	2123.397095	37465.80039
						4	1267.658642	
						2	10238.55444	
20023.74	4004.747183	4	7486.398131	1	3074.437774	2	1342.95422	23489.91598
						3	857.1849262	
						1	6724.193747	
17253.26	3450.652112	4	14768.90326	1	2460.506704	2	1152.474475	28158.77707
						3	738.8685443	
						2	5587.371972	
	13787.46057		32883.3646		12411.01021		30032.65806	89114.49344

Ek 4 Tam Sayı Olma Şartı Aranmadığında ve Arandığında Hesaplanan MDF_{III} 'ler arasında Korelasyon Katsayısı

O_R	S	O_w	O_s	MDF_{III} (Değişkenler Tam Sayı)	MDF_{III}
135	330	200	420	0.7291	0.795434
45	330	200	420	0.6625	0.7421
135	660	200	420	0.6887	0.730359
135	330	100	420	0.6322	0.734437
135	330	200	840	0.6184	0.745548
$DB_1 = 3024000, P = 4.032.000, D/P = 0.75, h_R = 0.2, h_m = 0.18, h_s = 0.2$					
Excel'de "correl" komutu kullanılarak hesaplanmıştır. $r = 0.680109$					

Ek 5 Farklı Tedarik Zinciri Durumlarında MDF_{III}

$\mathcal{N}$	O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
1	135	330	200	420	0.3	0.75	3024000	4032000	63353.8	80600.09	79%
2	45	330	200	420	0.3	0.75	3024000	4032000	54603.3	74678.3	73%
3	135	660	200	420	0.3	0.75	3024000	4032000	68421.5	94829.03	72%
4	135	330	100	420	0.3	0.75	3024000	4032000	58409.6	80147.72	73%

5	135	330	200	840	0.3	0.75	3024000	4032000	68960	93313.46	74%
6	45	1650	800	420	0.3	0.75	3024000	4032007	86606.8	118683.8	73%
7	45	1650	100	840	0.3	0.75	3024000	4032022	70388.2	129400.3	54%
8	45	660	800	840	0.3	0.75	3024000	4032026	82157.8	103165.1	80%
9	270	660	800	1680	0.3	0.75	3024000	4032028	107413	132869.9	81%
10	135	1650	100	1680	0.3	0.75	3024000	4032039	87067.1	153301.6	57%
11	135	330	200	420	0.3	0.50	3024000	6048000	62804.1	76125.49	83%
12	45	330	200	420	0.3	0.50	3024000	6048000	55408.6	70750.25	78%
13	135	660	200	420	0.3	0.50	3024000	6048000	69971	91332.09	77%
14	135	330	100	420	0.3	0.50	3024000	6048000	58566.2	77372.22	76%
15	135	330	200	840	0.3	0.50	3024000	6048000	68410.3	88946.29	77%
16	45	1650	800	420	0.3	0.50	3024000	6048000	91264.7	111872.2	82%
17	45	1650	100	840	0.3	0.50	3024000	6048000	78164	130196.3	60%
18	45	660	800	840	0.3	0.50	3024000	6048000	82650.8	94521.07	87%
19	270	660	800	1680	0.3	0.50	3024000	6048000	105223	123295.6	85%
20	135	1650	100	1680	0.3	0.50	3024000	6048000	93487.9	153702.8	61%
21	135	330	200	420	0.3	0.25	3024000	12096000	59844.8	66753.19	90%
22	45	330	200	420	0.3	0.25	3024000	12096000	54116.2	61924.49	87%
23	135	660	200	420	0.3	0.25	3024000	12096000	68622.4	82857.69	83%
24	135	330	100	420	0.3	0.25	3024000	12096000	56457.4	71062.97	79%
25	135	330	200	840	0.3	0.25	3024000	12096000	65451	79661.41	82%
26	45	1650	800	420	0.3	0.25	3024000	12096000	91875.1	100562.3	91%
27	45	1650	100	840	0.3	0.25	3024000	12096000	82528.8	127200.5	65%
28	45	660	800	840	0.3	0.25	3024000	12096000	80065.3	76222.68	105%
29	270	660	800	1680	0.3	0.25	3024000	12096000	99336.4	104038.7	95%
30	135	1650	100	1680	0.3	0.25	3024000	12096000	96185.7	150284.1	64%
31	135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.1	65809.7	79%
32	45	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	44583.4	60974.58	73%
33	135	660	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	55866	77427.58	72%
34	135	330	100	420	0.2	0.75	3024000	4032000	47691.2	65440.34	73%
35	135	330	200	840	0.2	0.75	3024000	4032000	56305.6	76190.12	74%
36	45	1650	800	420	0.2	0.75	3024000	4032000	70714.1	96904.94	77%
37	45	1650	100	840	0.2	0.75	3024000	4032000	57471.7	105654.9	54%
38	45	660	800	840	0.2	0.75	3024000	4032000	67081.6	84233.95	80%
39	270	660	800	1680	0.2	0.75	3024000	4032000	87702	108487.8	81%
40	135	1650	100	1680	0.2	0.75	3024000	4032000	71090	125170.2	57%
41	135	330	200	420	0.2	0.50	3024000	6048000	51279.4	62156.21	83%
42	45	330	200	420	0.2	0.50	3024000	6048000	45240.9	57767.34	78%
43	135	660	200	420	0.2	0.50	3024000	6048000	57131.1	74572.34	77%
44	135	330	100	420	0.2	0.50	3024000	6048000	47819.1	63174.15	76%
45	135	330	200	840	0.2	0.50	3024000	6048000	55856.8	72624.34	77%
46	45	1650	800	420	0.2	0.50	3024000	6048000	74517.3	91343.25	82%

47	45	1650	100	840	0.2	0.50	3024000	6048000	63820.6	106304.8	60%
48	45	660	800	840	0.2	0.50	3024000	6048000	67484.1	77176.13	80%
49	270	660	800	1680	0.2	0.50	3024000	6048000	85913.9	100670.4	85%
50	135	1650	100	1680	0.2	0.50	3024000	6048000	76332.5	125497.8	61%
51	135	330	200	420	0.2	0.25	3024000	12096000	48863.1	54503.75	90%
52	45	330	200	420	0.2	0.25	3024000	12096000	44185.7	50561.14	87%
53	135	660	200	420	0.2	0.25	3024000	12096000	56030	67653.02	83%
54	135	330	100	420	0.2	0.25	3024000	12096000	46097.3	58022.68	79%
55	135	330	200	840	0.2	0.25	3024000	12096000	53440.5	65043.27	82%
56	45	1650	800	420	0.2	0.25	3024000	12096000	75015.7	77785.93	96%
57	45	1650	100	840	0.2	0.25	3024000	12096000	67384.4	103858.7	65%
58	45	660	800	840	0.2	0.25	3024000	12096000	65373	62235.56	105%
59	270	660	800	1680	0.2	0.25	3024000	12096000	81107.9	84947.22	95%
60	135	1650	100	1680	0.2	0.25	3024000	12096000	78535.3	122706.5	64%
61	135	330	200	420	0.4	0.75	3024000	4032000	73154.6	93068.97	79%
62	45	330	200	420	0.4	0.75	3024000	4032000	63050.4	86231.07	73%
63	135	660	200	420	0.4	0.75	3024000	4032000	79006.4	109499.1	72%
64	135	330	100	420	0.4	0.75	3024000	4032000	67445.5	92546.62	73%
65	135	330	200	840	0.4	0.75	3024000	4032000	79628.1	107749.1	74%
66	45	1650	800	420	0.4	0.75	3024000	4032000	100005	137044.3	73%
67	45	1650	100	840	0.4	0.75	3024000	4032000	81277.3	149418.7	54%
68	45	660	800	840	0.4	0.75	3024000	4032000	94867.7	119124.8	80%
69	270	660	800	1680	0.4	0.75	3024000	4032000	124029	153424.9	81%
70	135	1650	100	1680	0.4	0.75	3024000	4032000	100536	177017.4	57%
71	135	330	50	420	0.2	0.75	3024000	4032000	44836.7	65179.16	69%
72	135	330	150	420	0.2	0.75	3024000	4032000	49881.6	65640.75	76%
73	135	330	250	420	0.2	0.75	3024000	4032000	53355	65958.54	81%
74	135	330	300	420	0.2	0.75	3024000	4032000	54825.8	66093.11	83%
75	135	330	350	420	0.2	0.75	3024000	4032001	56178.3	66216.86	85%
76	135	990	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	59041	86342.29	68%
77	135	1320	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	61717.7	93857.75	66%
78	135	1650	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	64076	100479	64%
79	135	1980	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	66207.9	106465.1	62%
80	135	2310	200	420	0.2	0.75	3024000	4032001	68168.5	111969.8	61%
81	90	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	48626.1	63710.41	76%
82	180	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	54343.3	67579.47	80%
83	225	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	56647.3	69138.68	82%
84	270	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	58730.3	70548.31	83%
85	315	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032001	60645.8	71844.59	84%
86	135	330	200	1260	0.2	0.75	3024000	4032000	61258.4	84155.3	73%
87	135	330	200	1680	0.2	0.75	3024000	4032000	64278.1	90870.26	71%
88	135	330	200	2100	0.2	0.75	3024000	4032000	66938.5	96786.26	69%

89	135	330	200	2520	0.2	0.75	3024000	4032000	69343.8	102134.7	68%
90	135	330	200	2940	0.2	0.75	3024000	4032001	71555.6	107053.2	67%
91	135	330	200	420	0.1	0.75	3024000	4032000	36577.3	46534.48	79%
92	135	330	200	420	0.5	0.75	3024000	4032000	81789.4	104054.3	79%
93	135	330	200	420	0.6	0.75	3024000	4032000	89595.8	113985.7	79%
94	135	330	200	420	0.7	0.75	3024000	4032001	96774.5	123118.7	79%
95	135	330	200	420	0.2	0.05	3024000	60480000	45073.5	27553.96	164%
96	135	330	200	420	0.2	0.15	3024000	20160000	47255	47652.49	99%
97	135	330	200	420	0.2	0.35	3024000	8640000	50069.9	58429.59	86%
98	135	330	200	420	0.2	0.45	3024000	6720000	50950.9	61101.06	83%
99	135	330	200	420	0.2	0.55	3024000	5498181.82	51534	63076.3	82%
100	135	330	200	420	0.2	0.65	3024000	4652307.69	51811.3	64603.08	80%
101	135	330	200	420	0.2	0.85	3024000	3557647.06	51129.20	66768.54	77%
102	135	330	200	420	0.2	0.95	3024000	3183157.89	49431.00	67521.72	73%

Ek 6 Farklı Bağımsız Değişken Verilerinde MDF_{III}

Değişken Veri= O_w										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
135	330	50	420	0.2	0.75	3024000	4032000	44836.667	65179.16	69%
135	330	100	420	0.2	0.75	3024000	4032000	47691.205	65440.34	73%
135	330	150	420	0.2	0.75	3024000	4032000	49881.57	65640.75	76%
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
135	330	250	420	0.2	0.75	3024000	4032000	53354.987	65958.54	81%
135	330	300	420	0.2	0.75	3024000	4032000	54825.776	66093.11	83%
135	330	350	420	0.2	0.75	3024000	4032001	56178.306	66216.86	85%
Değişken Veri = S										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
135	660	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	55865.958	77427.58	72%
135	990	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	59041.023	86342.29	68%
135	1320	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	61717.727	93857.75	66%
135	1650	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	64075.95	100479	64%
135	1980	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	66207.947	106465.1	62%
135	2310	200	420	0.2	0.75	3024000	4032001	68168.521	111969.8	61%
Değişken Veri = O_R										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
45	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	44583.377	60974.58	73%
90	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	48626.067	63710.41	76%
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
180	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	54343.295	67579.47	80%
225	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	56647.299	69138.68	82%

270	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	58730.278	70548.31	83%
315	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032001	60645.775	71844.59	84%
Değişken Veri = O_s										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
135	330	200	840	0.2	0.75	3024000	4032000	56305.579	76190.12	74%
135	330	200	1260	0.2	0.75	3024000	4032000	61258.374	84155.3	73%
135	330	200	1680	0.2	0.75	3024000	4032000	64278.103	90870.26	71%
135	330	200	2100	0.2	0.75	3024000	4032000	66938.538	96786.26	69%
135	330	200	2520	0.2	0.75	3024000	4032000	69343.755	102134.7	68%
135	330	200	2940	0.2	0.75	3024000	4032001	71555.58	107053.2	67%
Değişken Veri = $h_{R,m,s}$										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
135	330	200	420	0.1	0.75	3024000	4032000	36577.313	46534.48	79%
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
135	330	200	420	0.3	0.75	3024000	4032000	63353.765	80600.09	79%
135	330	200	420	0.4	0.75	3024000	4032000	73154.627	93068.97	79%
135	330	200	420	0.5	0.75	3024000	4032000	81789.359	104054.3	79%
135	330	200	420	0.6	0.75	3024000	4032000	89595.754	113985.7	79%
135	330	200	420	0.7	0.75	3024000	4032001	96774.475	123118.7	79%
Değişken Veri = D/PB_1										
O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	D/B_1	P	TZM_I	TZM_{III}	MDF_{III}
135	330	200	420	0.2	0.05	3024000	60480000	45073.458	27553.96	164%
135	330	200	420	0.2	0.15	3024000	20160000	47254.974	47652.49	99%
135	330	200	420	0.2	0.25	3024000	12096000	48863.069	54503.75	90%
135	330	200	420	0.2	0.35	3024000	8640000	50069.898	58429.59	86%
135	330	200	420	0.2	0.45	3024000	6720000	50950.892	61101.06	83%
135	330	200	420	0.2	0.50	3024000	6048000	51279.351	62156.21	83%
135	330	200	420	0.2	0.55	3024000	5498181.82	51534.044	63076.3	82%
135	330	200	420	0.2	0.65	3024000	4652307.69	51811.26	64603.08	80%
135	330	200	420	0.2	0.75	3024000	4032000	51728.133	65809.7	79%
135	330	200	420	0.2	0.85	3024000	3557647.06	51129.20	66768.54	77%
135	330	200	420	0.2	0.95	3024000	3183157.89	49431.00	67521.72	73%

Ek 7 Maple 12.0 Matematik Programında Formül Girişleri

Tedarik Zinciri Maliyeti (TZM_I)-Koordinasyon Halinde, Q, K_1, L, K_2

```

proc (D, Or, Ow, Os, Hr, Hm, Hs, S, P, B1, B2, B3, Ps, n) local i, Q, K1, K2, L, TZM;
Q[1] := sqrt(2*D*Or/Hr); K1[1] := 1; K2[1] := 1; L[1] := 1; print(evalf(Q[1]), K1[1], L[1],
K2[1]); for i from 2 to n do K2[i] <= L[i]; K1[i] := sqrt(2*K2[i-1]*(-Hm*L[i-1]
*B2^2*Ps*B3^2*D+Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-

```

```

Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3)*D*P*L[i-
1]*Ps*(S*K2[i-1] +L[i-1]*Ow*K2[i-1]+L[i-1]*Os))*B3*B2*B1/(K2[i-1]*(-Hm*L[i-1]
*B2^2*Ps*B3^2*D+Hm*L[i-1]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-
Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3)*Q[i-1]); L[i] :=
(1/2)*sqrt(2*D*P*Ps*(Ow*K2[i-1]+Os)*K2[i-1]*(D*Hm*B2*Ps*B3^2+2*Hs*P*D-
Hs*P*K2[i-1]*D+Hs*P*K2[i-1]*Ps*B1*B2*B3-Hs*P*Ps*B1*B2*B3))*Q[i-
1]*K1[i]/(D*P*Ps*(Ow*K2[i-1]+Os)*B3*B2*B1); K2[i] := sqrt(2*Hs*(-
D+Ps*B1*B2*B3)*D*Os*Ps)*B3*B2*B1*L[i]/(Hs*(-D+Ps*B1*B2*B3)*Q[i-1]*K1[i]); Q[i]
:= sqrt(2*K1[i]*K2[i]*(-
K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*D+K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+K1[i]*D*Hm*B2*
Ps*B3^2+2*K1[i]*Hs*P*D-K1[i]*Hs*P*K2[i]*D+K1[i]*Hs*P*K2[i]*Ps*B1*B2*B3-
K1[i]*Hs*P*Ps*B1*B2*B3+Hr*P*B1^2*L[i]*B2^2*Ps*B3^2+2*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*
D-
Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1)*D*P*L[i]*Ps*(Or*K1[i]*K2[i]+S*K2[i]+L[i]*Ow*K2[i]+L[i]*
Os))*B3*B2*B1/(K1[i]*K2[i]*(-
K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*D+K1[i]*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1+K1[i]*D*Hm*B2*
Ps*B3^2+2*K1[i]*Hs*P*D-K1[i]*Hs*P*K2[i]*D+K1[i]*Hs*P*K2[i]*Ps*B1*B2*B3-
K1[i]*Hs*P*Ps*B1*B2*B3+Hr*P*B1^2*L[i]*B2^2*Ps*B3^2+2*Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*
D-Hm*L[i]*B2^2*Ps*B3^2*P*B1)); TZM :=
D*Or/Q[i]+(1/2)*Q[i]*Hr+D*S/(K1[i]*Q[i])+(1/2)*Q[i]*((2-K1[i])*D/(P*B1)+K1[i]-
1)*Hm/B1+D*L[i]*Ow/(K1[i]*Q[i])+(1/2)*K1[i]*Q[i]*D*Hm/(L[i]*P*B1*B2*B1)+D*L[i]*Os/
(K1[i]*Q[i]*K2[i])+(1/2)*K1[i]*Q[i]*((2-K2[i])*D/(Ps*B1*B2*B3)+K2[i]-
1)*Hs/(L[i]*B1*B2*B3); print(Q[i], K1[i], L[i], K2[i], TZM) end do end proc

```

Tedarik Zinciri Maliyeti (TZM_{III})-Bağımsız ,Q1, Q2, Q3, K11, K12, K13, K211, K212, K213, K221, K222, K223, K231, K232, K233, L1, L2, L3.

```

proc (D1, D2, D3, D11, D12, D13, D21, D22, D23, D31, D32, D33, Or1, Or2, Or3,
Ow, Os1, Os2, Os3, Hr, Hm, Hs, S, P, B1, B2, B3, Ps1, Ps2, Ps3, n) local i, Q1, Q2,
Q3, K11, K12, K13, K211, K212, K213, K221, K222, K223, K231, K232, K233, L1,
L2, L3, TZM, TZMt, TZMm, TZMw, TZMs; Q1[1] := sqrt(2*D1*Or1/Hr); Q2[1] :=
sqrt(2*D2*Or2/Hr); Q3[1] := sqrt(2*D3*Or3/Hr); K11[1] := sqrt(2*Hm*(-
D1+B1*P)*D1*S*P)*B1/(Hm*(-D1+B1*P)*Q1[1]); K12[1] := sqrt(2*Hm*(-
D2+B1*P)*D2*S*P)*B1/(Hm*(-D2+B1*P)*Q2[1]); K13[1] := sqrt(2*Hm*(-
D3+B1*P)*D3*S*P)*B1/(Hm*(-D3+B1*P)*Q3[1]); L1[1] :=
(1/2)*sqrt(2*Ow*P*B2*Hm)*K11[1]*Q1[1]/(Ow*P*B2*B1); L2[1] :=
(1/2)*sqrt(2*Ow*P*B2*Hm)*K12[1]*Q2[1]/(Ow*P*B2*B1); L3[1] :=

```

```

(1/2)*sqrt(2*Ow*P*B2*Hm)*K13[1]*Q3[1]/(Ow*P*B2*B1); K211[1] := sqrt(2*Hs*(-
D11+Ps1*B1*B2*B3)*D11*Os1*Ps1)*B3*B2*B1*L1[1]/(Hs*(-
D11+Ps1*B1*B2*B3)*Q1[1]*K11[1]*.137374); K212[1] := sqrt(2*Hs*(-
D12+Ps2*B1*B2*B3)*D12*Os2*Ps2)*B3*B2*B1*L1[1]/(Hs*(-
D12+Ps2*B1*B2*B3)*Q1[1]*K11[1]*0.44444e-1); K213[1] := sqrt(2*Hs*(-
D13+Ps3*B1*B2*B3)*D13*Os3*Ps3)*B3*B2*B1*L1[1]/(Hs*(-
D13+Ps3*B1*B2*B3)*.818182*Q1[1]*K11[1]); K221[1] := sqrt(2*Hs*(-
D21+Ps1*B1*B2*B3)*D21*Os1*Ps1)*B3*B2*B1*L2[1]/(Hs*(-
D21+Ps1*B1*B2*B3)*.137374*Q2[1]*K12[1]); K222[1] := sqrt(2*Hs*(-
D22+Ps2*B1*B2*B3)*D22*Os2*Ps2)*B3*B2*B1*L2[1]/(Hs*(-
D22+Ps2*B1*B2*B3)*0.44444e-1*Q2[1]*K12[1]); K223[1] := sqrt(2*Hs*(-
D23+Ps3*B1*B2*B3)*D23*Os3*Ps3)*B3*B2*B1*L2[1]/(Hs*(-
D23+Ps3*B1*B2*B3)*.818182*Q2[1]*K12[1]); K231[1] := sqrt(2*Hs*(-
D31+Ps1*B1*B2*B3)*D31*Os1*Ps1)*B3*B2*B1*L3[1]/(Hs*(-
D31+Ps1*B1*B2*B3)*.137*Q3[1]*K13[1]); K232[1] := sqrt(2*Hs*(-
D32+Ps2*B1*B2*B3)*D32*Os2*Ps2)*B3*B2*B1*L3[1]/(Hs*(-
D32+Ps2*B1*B2*B3)*0.44e-1*Q3[1]*K13[1]); K233[1] := sqrt(2*Hs*(-
D33+Ps3*B1*B2*B3)*D33*Os3*Ps3)*B3*B2*B1*L3[1]/(Hs*(-
D33+Ps3*B1*B2*B3)*.819*Q3[1]*K13[1]); print(Q1 = Q1[1], Q2 = Q2[1], Q3 = Q3[1],
K11 = K11[1], K12 = K12[1], K13 = K13[1], K211 = K211[1], K212 = K212[1], K213 =
K213[1], K221 = K221[1], K222 = K222[1], K223 = K223[1], K231 = K231[1], K232 =
K232[1], K233 = K233[1], L1 = L1[1], L2 = L2[1], L3 = L3[1]); for i from 2 to n do
TZMt := D1*Or1/Q1[i-1]+(1/2)*Q1[i-1]*Hr+D2*Or2/Q2[i-1]+(1/2)*Q2[i-
1]*Hr+D3*Or3/Q3[i-1]+(1/2)*Q3[i-1]*Hr; TZMm := D1*S/(K11[i-1]*Q1[i-1])+(1/2)*Q1[i-
1]*((2-K11[i-1])*D1/(B1*P)+K11[i-1]-1)*Hm/B1+D2*S/(K12[i-1]*Q2[i-1])+(1/2)*Q2[i-
1]*((2-K12[i-1])*D2/(B1*P)+K12[i-1]-1)*Hm/B1+D3*S/(K13[i-1]*Q3[i-1])+(1/2)*Q3[i-
1]*((2-K13[i-1])*D3/(B1*P)+K13[i-1]-1)*Hm/B1; TZMw := D1*L1[i-1]*Ow/(K11[i-
1]*Q1[i-1])+(1/2)*K11[i-1]*Q1[i-1]*D1*Hm/(L1[i-1]*P*B1*B2*B1)+D2*L2[i-
1]*Ow/(K12[i-1]*Q2[i-1])+(1/2)*K12[i-1]*Q2[i-1]*D2*Hm/(L2[i-
1]*P*B1*B2*B1)+D3*L3[i-1]*Ow/(K13[i-1]*Q3[i-1])+(1/2)*K13[i-1]*Q3[i-
1]*D3*Hm/(L3[i-1]*P*B1*B2*B1); TZMs := D11*L1[i-1]*Os1/(.137374*Q1[i-1]*K11[i-
1]*K211[i-1])+.137374*Q1[i-1]*K11[i-1]*((2-K211[i-1])*D11/(Ps1*B1*B2*B3)+K211[i-
1]-1)*Hs/(2*L1[i-1]*B1*B2*B3)+D12*L1[i-1]*Os2/(0.44444e-1*Q1[i-1]*K11[i-
1]*K212[i-1])+0.44444e-1*Q1[i-1]*K11[i-1]*((2-K212[i-

```

```

1)) *D12/(Ps2*B1*B2*B3)+K212[i-1]-1)*Hs/(2*L1[i-1]*B1*B2*B3)+D13*L1[i-
1]*Os3/(.818182*Q1[i-1]*K11[i-1]*K213[i-1])+.818182*Q1[i-1]*K11[i-1]*((2-K213[i-
1))*D13/(Ps3*B1*B2*B3)+K213[i-1]-1)*Hs/(2*L1[i-1]*B1*B2*B3)+D21*L2[i-
1]*Os1/(.137374*Q2[i-1]*K12[i-1]*K221[i-1])+.137374*Q2[i-1]*K12[i-1]*((2-K221[i-
1))*D21/(Ps1*B1*B2*B3)+K221[i-1]-1)*Hs/(2*L2[i-1]*B1*B2*B3)+D22*L2[i-
1]*Os2/(0.44444e-1*Q2[i-1]*K12[i-1]*K222[i-1])+0.44444e-1*Q2[i-1]*K12[i-1]*((2-
K222[i-1))*D22/(Ps2*B1*B2*B3)+K222[i-1]-1)*Hs/(2*L2[i-1]*B1*B2*B3)+D23*L2[i-
1]*Os3/(.818182*Q2[i-1]*K11[i-1]*K223[i-1])+.818182*Q2[i-1]*K12[i-1]*((2-K223[i-
1))*D23/(Ps3*B1*B2*B3)+K223[i-1]-1)*Hs/(2*L2[i-1]*B1*B2*B3)+D31*L3[i-
1]*Os1/(.137*Q3[i-1]*K13[i-1]*K231[i-1])+.137*Q3[i-1]*K13[i-1]*((2-K231[i-
1))*D31/(Ps1*B1*B2*B3)+K231[i-1]-1)*Hs/(2*L3[i-1]*B1*B2*B3)+D32*L3[i-
1]*Os2/(0.44e-1*Q3[i-1]*K13[i-1]*K232[i-1])+0.44e-1*Q3[i-1]*K13[i-1]*((2-K232[i-
1))*D32/(Ps2*B1*B2*B3)+K232[i-1]-1)*Hs/(2*L3[i-1]*B1*B2*B3)+D33*L3[i-
1]*Os3/(.819*Q3[i-1]*K13[i-1]*K233[i-1])+.819*Q3[i-1]*K13[i-1]*((2-K233[i-
1))*D33/(Ps3*B1*B2*B3)+K233[i-1]-1)*Hs/(2*L3[i-1]*B1*B2*B3); TZM :=
TZMt+TZMm+TZMw+TZMs; print(Typesetting:-delayDotProduct(Typesetting:-
delayDotProduct(T, Z), M) = TZM) end do end proc

```

Tedarik Zinciri Maliyeti

```

proc (D, Or, Ow, Os, Hr, Hm, Hs, S, P, B1, B2, B3, Ps, K1, K2, L, Q) options
operator, arrow; D*Or/Q+(1/2)*Q*Hr+D*S/(K1*Q)+(1/2)*Q*((2-K1)*D/(P*B1)+K1-
1)*Hm/B1+D*L*Ow/(K1*Q)+(1/2)*K1*Q*D*Hm/(L*P*B1*B2*B1)+D*L*Os/(K1*Q*K2)+
(1/2)*K1*Q*((2-K2)*D/(Ps*B1*B2*B3)+K2-1)*Hs/(L*B1*B2*B3) end proc

```

Q = Sipariş tutarı(Bağımsız)

```

proc (D, Or, Hr) options operator, arrow; sqrt(2*D*Or/Hr) end proc

```

K₁ = Üretim Sipariş Katsayısı(Bağımsız)

```

proc (D, Hm, S, P, B1, Q) options operator, arrow; sqrt(2*Hm*(-
D+B1*P)*D*S*P)*B1/(Hm*(-D+B1*P)*Q) end proc

```

L = İmalatçı Siparişinin Satınalma tarafından fabrikaya getirilme Sayısı(Bağımsız)

```

proc (D, Ow, Hm, P, B1, B2, K1, L, Q) options operator, arrow;
(1/2)*sqrt(2)*sqrt(Ow*P*B2*Hm)*K1*Q/(Ow*P*B2*B1) end proc

```

K₂ = Tedarikçi Üretim Sipariş Katsayısı(Bağımsız)

```

proc (D, Ow, Hm, P, B1, B2, K1, L, Q) options operator, arrow;
(1/2)*sqrt(2)*sqrt(Ow*P*B2*Hm)*K1*Q/(Ow*P*B2*B1) end proc

```

Ek 8 Standartlaştırılmış Katsayı Hesap Verileri

$\mathcal{N}$	O_R	S	O_w	O_s	$h_{R,m,s}$	D/PB_1	MDF_{III}
	X_1^*	X_2^*	X_3^*	X_4^*	X_5^*	X_6^*	X^*
1	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	0.779554	0.093478
2	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	0.779554	-0.31415
3	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	0.439405648	0.779554	-0.3859
4	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	0.439405648	0.779554	-0.33203
5	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	0.439405648	0.779554	-0.25592
6	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	0.439405648	0.779548	-0.32494
7	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	0.439405648	0.779535	-1.70561
8	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	0.439405648	0.779531	0.170372
9	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	0.439405648	0.77953	0.259792
10	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	0.439405648	0.77952	-1.52731
11	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-0.38978	0.383195
12	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-0.38978	0.07216
13	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-0.38978	-0.05449
14	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	0.439405648	-0.38978	-0.12268
15	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	0.439405648	-0.38978	-0.03217
16	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	0.439405648	-0.38978	0.314721
17	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	0.439405648	-0.38978	-1.28645
18	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	0.439405648	-0.38978	0.750407
19	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	0.439405648	-0.38978	0.594337
20	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	0.439405648	-0.38978	-1.22787
21	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-1.5591	0.914596
22	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-1.5591	0.746619
23	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	0.439405648	-1.5591	0.406894
24	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	0.439405648	-1.5591	0.156237
25	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	0.439405648	-1.5591	0.357979
26	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	0.439405648	-1.5591	1.041728
27	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	0.439405648	-1.5591	-0.92634
28	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	0.439405648	-1.5591	2.058432
29	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	0.439405648	-1.5591	1.347847
30	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	0.439405648	-1.5591	-0.99161
31	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.093478
32	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.31415
33	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.3859
34	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.33203
35	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	-0.65374987	0.779554	-0.25592
36	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.004966
37	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	-0.65374987	0.779554	-1.70561

38	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	-0.65374987	0.779554	0.170372
39	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	-0.65374987	0.779554	0.259792
40	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	-0.65374987	0.779554	-1.52731
41	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-0.38978	0.383195
42	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-0.38978	0.07216
43	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-0.38978	-0.05449
44	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	-0.65374987	-0.38978	-0.12268
45	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	-0.65374987	-0.38978	-0.03217
46	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	-0.65374987	-0.38978	0.314721
47	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	-0.65374987	-0.38978	-1.28645
48	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	-0.65374987	-0.38978	0.205886
49	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	-0.65374987	-0.38978	0.594337
50	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	-0.65374987	-0.38978	-1.22787
51	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-1.5591	0.914596
52	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-1.5591	0.746619
53	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-1.5591	0.406894
54	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	-0.65374987	-1.5591	0.156237
55	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	-0.65374987	-1.5591	0.357979
56	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	-0.65374987	-1.5591	1.419075
57	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	-0.65374987	-1.5591	-0.92634
58	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	-0.65374987	-1.5591	2.058432
59	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	-0.65374987	-1.5591	1.347847
60	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	-0.65374987	-1.5591	-0.99161
61	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	1.532561163	0.779554	0.093478
62	-1.24208	-0.71851	-0.40263	-0.62821	1.532561163	0.779554	-0.31415
63	0.181427	-0.13221	-0.40263	-0.62821	1.532561163	0.779554	-0.3859
64	0.181427	-0.71851	-0.79007	-0.62821	1.532561163	0.779554	-0.33203
65	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.143807	1.532561163	0.779554	-0.25592
66	-1.24208	1.626713	1.922003	-0.62821	1.532561163	0.779554	-0.32494
67	-1.24208	1.626713	-0.79007	0.143807	1.532561163	0.779554	-1.70561
68	-1.24208	-0.13221	1.922003	0.143807	1.532561163	0.779554	0.170372
69	2.316679	-0.13221	1.922003	1.687838	1.532561163	0.779554	0.259792
70	0.181427	1.626713	-0.79007	1.687838	1.532561163	0.779554	-1.52731
71	0.181427	-0.71851	-0.98379	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.63581
72	0.181427	-0.71851	-0.59635	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.10056
73	0.181427	-0.71851	-0.20891	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.263606
74	0.181427	-0.71851	-0.01519	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.416755
75	0.181427	-0.71851	0.178526	-0.62821	-0.65374987	0.779553	0.557039
76	0.181427	0.4541	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.66626
77	0.181427	1.040406	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.86125
78	0.181427	1.626713	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-1.00886
79	0.181427	2.213019	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-1.12651

80	0.181427	2.799326	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779553	-1.2236
81	-0.53032	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	-0.0759
82	0.893178	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.228096
83	1.604928	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.340987
84	2.316679	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779554	0.438753
85	3.02843	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.779553	0.525272
86	0.181427	-0.71851	-0.40263	0.915822	-0.65374987	0.779554	-0.33837
87	0.181427	-0.71851	-0.40263	1.687838	-0.65374987	0.779554	-0.49117
88	0.181427	-0.71851	-0.40263	2.459854	-0.65374987	0.779554	-0.60822
89	0.181427	-0.71851	-0.40263	3.231869	-0.65374987	0.779554	-0.70237
90	0.181427	-0.71851	-0.40263	4.003885	-0.65374987	0.779553	-0.78064
91	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-1.74690538	0.779554	0.093478
92	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	2.625716679	0.779554	0.093478
93	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	3.718872194	0.779554	0.093478
94	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	4.812027709	0.779553	0.093478
95	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-2.49457	6.409282
96	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-2.02684	1.621759
97	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-1.09137	0.620423
98	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-0.62364	0.449127
99	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	-0.15591	0.323764
100	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	0.311822	0.212151
101	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	1.247286	-0.05708
102	0.181427	-0.71851	-0.40263	-0.62821	-0.65374987	1.715017	-0.30749

ÖZGEÇMİŞ

1979'da Bakü/Azerbaycan'da doğdu. İlkokulu ve Ortaokulu Hüseyin Cavid adına 132 numaralı okulda, lise öğrenimini Bakü Ekonomi Lisesi'nde tamamladı. 1997'de girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler fakültesi İşletme bölümünden 2001 yılında mezun oldu. 2001'de girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim dalı Üretim Yönetimi ve Endüstri İşletmeciliği Bilim dalını 2004 yılında tamamladı. 2004'de İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim dalı Üretim Yönetimi Bilim dalında doktora eğitime başladı. Doktora çalışmaları döneminde University of North Texas'da (Amerika Bileşik Devletleri) yoğunlaştırılmış İngilizce kurs eğitimine katıldı.