

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÜTÜNLEŞİK TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA
ÜRETİM KONTROL MEKANİZMALARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

End. Yük. Müh. Alper GÖKSU

Enstitü Ana Bilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜH.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan TORKUL

Eylül 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜTÜNLEŞİK TEDARİK ZİNCİRİ AĞINDA
ÜRETİM KONTROL MEKANİZMALARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

End.Yük. Müh. Alper GÖKSU

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez ~~2005~~ 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Güneş GENÇYILMAZ
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Ümit KOCABIÇAK
Jüri Üyesi



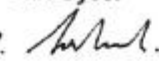
Prof. Dr. Harun TAŞKIN
Jüri Üyesi



Doç. Dr. Şakir ESNAF
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Orhan TORKUL
Jüri Üyesi



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam boyunca, öğütlerini ve kıymetli bilgilerini sabırla sunan danışmanım Sayın Prof. Dr. Orhan TORKUL' a, önerileriyle çalışmamın şekillenmesini sağlayan tez izleme hocalarım, Sayın Prof. Dr. Güneş GENÇYILMAZ, Prof. Dr. Harun TAŞKIN, Sayın Doç. Dr. Şakir ESNAF ve Yrd. Doç. Dr. Ömer Kadir MORGÜL 'e en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarından dolayı Uğur Erkin KOCAMAZ, , İhsan Hakan SELVİ, Hüseyin GÜLER, Halil İbrahim CEBECİ, Tuğba TUNACAN, Tijen ÖVER ve Uzaktan Eğitim Merkezinde çalışan tüm arkadaşlarıma, maddi ve manevi desteklerini hiç eksik etmeyen aileme de en içten duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ÖZET	xix
SUMMARY.....	xx
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Temel Kavramlar.....	2
1.1.1. Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi.....	2
1.1.2. Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları ve görevleri.....	5
1.1.3. Tedarik zincirlerinde kamçı etkisi.....	7
1.1.4. Tedarik zinciri modelleme yaklaşımları.....	8
1.1.5. Tedarik zinciri yönetimi kararları.....	9
1.1.6. Üretim kontrol mekanizmaları.....	10
1.1.7. Tedarik zincirlerinde kapasite kararları.....	12
1.2. Tezin Amacı.....	13
1.3. Tezin Organizasyonu.....	14
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	15
2.1. Giriş	15

2.2. Bütünleşik Üretim-Envanter-Dağıtım Sistemleri.....	15
2.2.1 Deterministik modeller.....	18
2.2.2 Stokastik modeller.....	19
2.2.3 Melez modeller.....	21
2.3. Parti Büyüklüğü Analizi.....	23
2.4. Üretim Kontrol Mekanizmaları.....	27
2.5. Tedarik Zinciri Yönetiminde Kapasite Analizi.....	31
2.6. Sonuç	33
BÖLÜM 3.	
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE ÜRETİM KONTROL MEKANİZMALARI KARŞILAŞTIRMA MODELİ.....	35
3.1. Giriş.....	35
3.2. Modelin Tanımlanması.....	36
3.3. Tedarik Zinciri Ağı Oluşturulması.....	39
3.3.1. Ürün Ağacının Tanımlanması.....	40
3.3.2. Dağıtım Ağının Tanımlanması.....	45
3.4. Sabit Parametrelerin Belirlenmesi.....	48
3.4.1. Başlangıç Envanter Kayıtlarının Belirlenmesi.....	49
3.4.2. Başlangıç Talebinin Oluşturulması.....	50
3.4.3. Başlangıç Taşıma Miktarlarının Oluşturulması.....	51
3.4.4. Üretim ve Taşıma Zamanlarının Belirlenmesi.....	52
3.5. Envanter Seviyelerinin Belirlenmesi.....	53
3.6.1. İtme kontrol mekanizması.....	67
3.6.1.1. Sipariş Büyüklüğünün Belirlenmesi.....	72
3.6.1.2. Kapasite Planlama.....	74
3.6.2. Çekme kontrol mekanizması.....	76
3.6.2.1. Kapasite Planlama.....	81
3.6.3. Melez kontrol mekanizması.....	83
3.6.3.1. Kapasite Planlama.....	89
3.6.4. Melez2 kontrol mekanizması.....	90
3.6.4.1. Sipariş Büyüklüğünün Belirlenmesi.....	96
3.6.4.2. Kapasite Planlama.....	97

BÖLÜM 4.	
BENZETİM MODELİ TASARIMI.....	100
4.1. Çalışmanın Amacı.....	100
4.2. Sistemin Tanımlanması.....	100
4.3. Modelin Girdileri.....	101
4.4. İndisler.....	102
4.5. Değişkenler.....	102
4.6. Parametreler.....	104
4.7. Varsayımlar.....	105
4.8. Benzetim Modelinin Çalışması.....	107
4.9. Deneysel Tasarım.....	110
4.10. Başarı Ölçütleri.....	111
4.11 Benzetim Modeli Başlangıç Değerleri.....	112
4.12. Senaryolar.....	120
4.12.1 Senaryo 1.....	120
4.12.2 Senaryo 2.....	123
4.12.3 Senaryo 3.....	126
4.12.4 Senaryo 4.....	129
BÖLÜM 5.	
DENEYSEL SONUÇLAR.....	134
5.1. Düşük talep durumu.....	135
5.2. Orta talep durumu.....	146
5.3. Yüksek talep durumu.....	156
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	169
6.1. Başarı Ölçütlerinin Analizi.....	169
6.1.1. Ağ bileşenleri birikimli miktarı1.....	169
6.1.2. Ağ bileşenleri birikimli miktarı2.....	172
6.2. Sonuçlar.....	174
6.3. Gelecek Çalışması.....	176

KAYNAKLAR	177
EKLER.....	193
ÖZGEÇMİŞ.....	260

SİMGELER LİSTESİ

- x : alt montaj endeksi, $x= 1,2,\dots,a_{y,1}$
- x,y : parça endeksi, $y =1,2,\dots,a_2$ alt montaj x 'de kullanılan parça sayısı
- z : periyot endeksi
- q : $1,2,\dots,a_3$ alt depo sayısı
- q,w : dağıtım endeksi, $l = 1,2,\dots,a_{q,4}$ dağıtım k 'da depo sayısı
- a_2 : alt montajların sayısı
- $a_{y,1}$: alt montaj x için parçaların sayısı
- UZ_1 : imalat parçası (x,y) için üretim tedarik zamanı
- UZ_2 : Alt montaj grubu x 'in montajı için üretim tedarik zamanı
- UZ_3 : Alt montaj gruplarının birleştirilmesiyle nihai ürün için üretim tedarik zamanı
- TZ_1 : İmalat aşaması taşıma tedarik zamanı
- TZ_2 : Montaj aşaması taşıma tedarik zamanı
- TZ_3 : Depo aşaması taşıma tedarik zamanı
- TZ_4 : Perakendeci aşaması taşıma tedarik zamanı
- $IE_z^{x,y}$: z periyodu sonunda imalat aşamasındaki alt montaj grubu x için imalat parçası y nin envanteri
- ME_z^y : z periyodu sonunda montaj aşamasındaki alt montaj grubu y 'nin envanter miktarı
- E_z : z periyodu sonunda montaj aşamasındaki nihai ürün envanter miktarı
- $ISE_z^{x,y}$: z periyodu sonunda imalat aşamasındaki alt montaj grubu x için imalat parçası y taşıma sonrası envanter miktarı

- MSE_z^y : z periyodu sonunda montaj aşamasındaki alt montaj grubu x' nin taşıma sonrası envanter miktarı
- DSE_z^q : z periyodu sonunda depo aşamasındaki nihai ürün taşıma sonrası envanter miktarı
- $PSE_z^{q,w}$: z periyodu sonunda perakendeci aşamasındaki (q,w) 'de taşıma sonrası envanter miktarı
- $\dot{I}TA_z^{x,y}$: z periyodu sonunda imalat aşamasındaki alt montaj grubu x için imalat parçası y nin taşınan miktarı
- MTA_z^y : z periyodu sonunda montaj aşamasındaki alt montaj grubu y 'nin taşınan miktarı
- DTA_z^q : z periyodu sonunda depo aşamasındaki taşınan miktarı
- $PTA_z^{q,w}$: z periyodu sonunda perakendeci aşamasındaki (q,w) 'de taşınan miktarı
- $\dot{I}U_z^{x,y}$: z periyodu başında başlatılan alt montaj grubu x için üretilen imalat parçası y için imalat aşamasındaki üretim miktarı
- MU_z^y : z periyodu başında başlatılan alt montaj grubu x için montaj aşamasındaki üretim miktarı
- U_z : z periyodu başında nihai ürün üretim miktarı
- $T_z^{q,w}$: z periyodu boyunca gerçekleşen nihai ürün talep miktarı
- $T_{z-1}^{q,w}$: z-1 periyodunda tahmin edilen talep miktarı

KISALTMALAR LİSTESİ

TZ	: Tedarik zinciri
TZY	: Tedarik zinciri yönetimi
LY	: Lojistik yönetimi
TZA	: Tedarik zinciri ağı
BTZA	: Bütünleşik tedarik zinciri ağı
MY	: Malzeme yönetimi
FD	: Fiziksel dağıtım
MİP	: Malzeme ihtiyaç planlaması
TZÜ	: Tam zamanında üretim
TKK	: Toplam kalite kontrol
EİS	: Esnek imalat sistemi
İKM	: İtme kontrol mekanizması
ÇKM	: Çekme kontrol mekanizması
MKM	: Melez kontrol mekanizması
MK2M	: Melez2 kontrol mekanizması
SSM	: Sabit sipariş miktarı yöntemi
ESM	: Ekonomik sipariş miktarı yöntemi
LFL	: İhtiyaç kadar sipariş yöntemi
PSM	: Periyodik sipariş miktarı yöntemi
TA	: Talep akışı
ÜA	: Ürün akışı
NA	: Nakit akışı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tedarik zinciri şematik görünüşü.....	3
Şekil 1.2. Tedarik zinciri yönetimi şematik görünüşü.....	4
Şekil 3.1. Tedarik zinciri ağı şematik görünüşü.....	37
Şekil 3.2. Modelin genel yapısının şematik gösterimi	38
Şekil 3.3. Ürün ağacı şematik gösterimi.....	41
Şekil 3.4. Bütünleşik tedarik zinciri ağı şematik gösterimi.....	42
Şekil 3.5. Alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları imalat aşaması	43
Şekil 3.6. n. Alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları imalat aşaması.....	44
Şekil 3.7. Ürün nihai montajı.....	45
Şekil 3.8. Ürünü oluşturan imalat parçaları ve alt montaj grupları ile imalat ve montaj aşamaları.....	45
Şekil 3.9. Bütünleşik tedarik zinciri ağı depo aşaması.....	46
Şekil 3.10. Depo ve perakendeci aşamaları 1. depo ait olan perakendeci noktaları	47
Şekil 3.11. Depo ve perakendeci aşamaları r. sayıda depoya ait olan perakendeci noktaları.....	47
Şekil 3.12. Bütünleşik tedarik zinciri ağı depo ve perakendeci aşamaları.....	48
Şekil 3.13. Bütünleşik tedarik zinciri ağına itme kontrol mekanizması şematik gösterimi.....	67
Şekil 3.14. Bütünleşik tedarik zinciri ağına çekme kontrol mekanizması şematik gösterimi.....	76
Şekil 3.15. Bütünleşik tedarik zinciri ağına melez kontrol mekanizması şematik gösterimi.....	83
Şekil 3.16. Bütünleşik tedarik zinciri ağına melez2 kontrol mekanizması şematik gösterimi.....	91
Şekil 6.1 Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarlı değerleri....	169

Şekil 6.2	Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri.....	170
Şekil 6.3	Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri...	171
Şekil 6.4	Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 değerleri....	172
Şekil 6.5	Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 değerleri.....	173
Şekil 6.6	Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri...	173

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Tedarik zinciri sistemi imalat ve montaj indisleri.....	39
Tablo 3.2.	Tedarik zinciri sistemi depo ve perakendeci indisleri.....	40
Tablo 3.3.	Ürün ağacı tablosu.....	41
Tablo 3.4.	Envanter başlangıç değerleri tablosu.....	49
Tablo 3.5.	Sonraki envanter başlangıç değerleri.....	49
Tablo 3.6.	Sipariş büyüklüğü belirleme değerlendirme tablosu.....	51
Tablo 3.7.	Örnek çalışma başlangıç talep tahmini değerleri	51
Tablo 3.8.	Örnek çalışma başlangıç taşıma değerleri.....	52
Tablo 3.9.	Üretim ve taşıma tedarik zamanları.....	53
Tablo 3.10.	İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları.....	54
Tablo 3.11.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları.....	54
Tablo 3.12.	Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları.....	55
Tablo 3.13.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları.....	55
Tablo 3.14.	İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait sonraki envanter miktarları	56
Tablo 3.15.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait sonraki envanter miktarları.....	56
Tablo 3.16.	Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait sonraki envanter miktarları.....	56
Tablo 3.17.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait sonraki envanter miktarları.....	57

Tablo 3.18.	İtme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları.....	58
Tablo 3.19.	Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları	58
Tablo 3.20.	Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları.....	58
Tablo 3.21.	Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları.....	59
Tablo 3.22.	İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	59
Tablo 3.23.	Çekme kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	60
Tablo 3.24.	Melez kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	60
Tablo 3.25.	Melez2 kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları	60
Tablo 3.26.	İtme kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları.....	61
Tablo 3.27.	Çekme kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları.....	61
Tablo 3.28.	Melez kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları.....	62
Tablo 3.29.	Melez2 kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları.....	62
Tablo 3.30.	İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	63
Tablo 3.31.	Çekme kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	63
Tablo 3.32.	Melez kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	64
Tablo 3.33.	Melez2 kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları.....	64

Tablo 3.34.	İtme kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları.....	65
Tablo 3.35.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları.....	65
Tablo 3.36.	Melez kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları.....	65
Tablo 3.37.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları.....	66
Tablo 3.38.	İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları.....	68
Tablo 3.39.	İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma miktarları	69
Tablo 3.40.	İtme kontrol mekanizması son ürüne ait üretim miktarları	69
Tablo 3.41.	İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma miktarları	70
Tablo 3.42.	İtme kontrol mekanizması 1 alt montaj grubuna ait üretim miktarları	71
Tablo 3.43.	İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları.....	71
Tablo 3.44.	İtme kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait üretim miktarları	72
Tablo 3.45.	İtme kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait son envanter miktarları tablosu.....	73
Tablo 3.46.	İtme kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait taşıma miktarları tablosu.....	73
Tablo 3.47.	İtme kontrol mekanizması son ürüne ait kapasite değerleri.....	75
Tablo 3.48.	İtme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait kapasite değerleri.....	75
Tablo 3.49.	İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait kapasite değerleri.....	75
Tablo 3.50.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları.....	77
Tablo 3.51.	Çekme kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları..	78
Tablo 3.52.	Çekme kontrol mekanizması son ürüne ait üretim miktarları.....	78
Tablo 3.53.	Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları.....	79
Tablo 3.54.	Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait üretim miktarları.....	80

Tablo 3.55.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları.....	80
Tablo 3.56.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları.....	81
Tablo 3.57.	Çekme kontrol mekanizması nihai ürüne ait kapasite değerleri.....	82
Tablo 3.58.	Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri.....	82
Tablo 3.59.	Çekme kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait kapasite değerleri.....	83
Tablo 3.60.	Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları.....	84
Tablo 3.61.	Melez kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları....	85
Tablo 3.62.	Melez kontrol mekanizması nihai ürüne ait üretim miktarları.....	85
Tablo 3.63.	Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları.....	86
Tablo 3.64.	Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait üretim miktarları.....	87
Tablo 3.65.	Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları.....	88
Tablo 3.66.	Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları.....	88
Tablo 3.67.	Melez kontrol mekanizması nihai ürüne ait kapasite değerleri.....	89
Tablo 3.68.	Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri.....	90
Tablo 3.69.	Melez kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait kapasite değerleri.....	90
Tablo 3.70.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları.....	92
Tablo 3.71.	Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları..	92
Tablo 3.72.	Melez2 kontrol mekanizması nihai ürüne ait üretim miktarları.....	93
Tablo 3.73.	Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları.....	94
Tablo 3.74.	Melez2 kontrol mekanizması 1 alt montaj grubuna ait üretim miktarları.....	95

Tablo 3.75.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları.....	96
Tablo 3.76.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları.....	97
Tablo 3.77.	Melez2 kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme ait son envanter miktarları tablosu.....	97
Tablo 3.78	Melez2 kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme ait taşıma miktarları tablosu.....	97
Tablo 3.79.	Melez2 kontrol mekanizması nihai ürüne ait kapasite değerleri.....	98
Tablo 3.80.	Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri.....	98
Tablo 3.81.	Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçası ait kapasite değerleri.....	99
Tablo 4.1.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı talep ve talep tahmini başlangıç değerleri.....	113
Tablo 4.2.	Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı talep ve talep tahmini başlangıç değerleri.....	113
Tablo 4.3.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı üretim maliyeti değerleri.....	114
Tablo 4.4.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik üretim maliyeti, envanter maliyeti ve taşıma maliyeti değerleri.....	115
Tablo 4.5.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı envanter maliyeti değerleri.....	115
Tablo 4.6.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı taşıma maliyeti değerleri.....	116
Tablo 4.7.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı hazırlık maliyeti değerleri.....	116
Tablo 4.8.	Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı hazırlık maliyeti, birim değişken maliyeti ve birim elde bulundurma maliyeti değerleri.....	117
Tablo 4.9.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı birim değişken maliyeti değerleri.....	117
Tablo 4.10.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı birim elde bulundurma maliyeti değerleri.....	118

Tablo 4.11.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı bekleyen sipariş maliyeti değerleri.....	118
Tablo 4.12.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı sipariş başlangıç değerleri.....	119
Tablo 4.13.	Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı sipariş başlangıç değerleri.....	119
Tablo 4.14.	Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri bekleyen sipariş maliyeti değerleri.....	120
Tablo 4.15.	Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri.....	120
Tablo 4.16.	Senaryo 1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda envanter başlangıç değerleri.....	121
Tablo 4.17.	Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri.....	121
Tablo 4.18.	Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda taşıma başlangıç değerleri.....	122
Tablo 4.19.	Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları.....	122
Tablo 4.20.	Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları.....	123
Tablo 4.21.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri.....	123
Tablo 4.22.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda envanter başlangıç değerleri.....	124
Tablo 4.23.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri.....	125
Tablo 4.24.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda taşıma başlangıç değerleri.....	125
Tablo 4.25.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları.....	126
Tablo 4.26.	Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları.....	126
Tablo 4.27.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri.....	127
Tablo 4.28.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda envanter başlangıç değerleri.....	127
Tablo 4.29.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağındaki bulunan aşamalarda taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri.....	128

Tablo 4.30.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri.....	128
Tablo 4.31.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları.....	129
Tablo 4.32.	Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları.....	129
Tablo 4.33.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri.....	130
Tablo 4.34.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki envanter başlangıç değerleri.....	130
Tablo 4.35.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri.....	131
Tablo 4.36.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri.....	131
Tablo 4.37.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları.....	132
Tablo 4.38.	Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları.....	132
Tablo 5.1.	Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	136
Tablo 5.2.	Düşük talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	138
Tablo 5.3.	Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	140
Tablo 5.4.	Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri.....	143
Tablo 5.5.	Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri.....	144
Tablo 5.6.	Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri.....	145
Tablo 5.7.	Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri.....	146
Tablo 5.8.	Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	147
Tablo 5.9.	Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	149

Tablo 5.10.	Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	151
Tablo 5.11.	Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri.....	153
Tablo 5.12.	Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2(P2) ortalama değerleri.....	154
Tablo 5.13.	Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri.....	155
Tablo 5.14.	Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri.....	156
Tablo 5.15.	Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	157
Tablo 5.16.	Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	159
Tablo 5.17.	Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri.....	161
Tablo 5.18.	Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri.....	164
Tablo 5.19.	Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2(P2) ortalama değerleri.....	165
Tablo 5.20.	Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri.....	166
Tablo 5.21.	Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri.....	167

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Bütünleşik Tedarik Zinciri Ağı, İtme, Çekme ve Melez Kontrol ve Stokastik Modelleme

Tedarik zinciri yönetimi bir yönetim felsefesi olup, uygulama alanı organizasyonel fonksiyonların bütünleşik bir çerçevede ele almaktır. Çünkü, imalat süreçlerindeki ham malzeme alımından, ürünlerin müşterilere dağıtımını ve teslimine kadar tüm organizasyonel süreçler tedarik zinciri yönetimine dahildir. Aynı zamanda tedarik zinciri yönetimi, imalat organizasyonlarına daha kaliteli ürünler, düşük envanter miktarları ve daha iyi müşteri hizmeti vermeye imkan tanımaktadır.

Herhangi bir imalat organizasyonu için, etkin üretim kontrol mekanizmaları son derece önemlidir. Üretim yönetimi literatüründe, imalat ortamında etkin bir üretim kontrolü sağlamak için çok sayıda üretim kontrol mekanizmaları önerilmiştir. İtme, çekme ve melez kontrol mekanizmaları imalat alanında en yaygın ve en önemli olanlar arasındadır. Bu tezde, ilk olarak, bütünleşik tedarik zinciri ağı modellenmiştir. Tasarlanan tedarik zinciri ağı dört kontrol mekanizmasına sahip olup, bu kontrol mekanizmaları stokastik modelleme araçları yardımıyla formüle edilmiştir. Böylece, üretim kontrol mekanizmaları analiz edilmiş ve geliştirilen bir benzetim modeli ile iki farklı performans ölçütüne göre karşılaştırılmıştır. İkinci olarak, bazı parti büyüklüğü metodları daha iyi performans sağlamak için uygun üretim kontrol mekanizmalarına uyarlanmıştır.

Son olarak, üretim ve taşıma zamanları, parti büyüklüğü etkileri, kapasite kısıtları altında ve çok aşamalı bir tedarik zinciri sistemi içerisinde sayısal olarak incelenmiştir. Benzetim sonuçları tedarik zinciri sistemleri için mevcut kontrol mekanizmaları içerisinde önerilen melez2 modelinin genellikle ele alınan iki performans ölçütüne göre en iyi sonuç verdiği istatistiksel olarak gözlemlenmiştir. Çalışmada geliştirilen çözüm yaklaşımlarına ek olarak, bütünleşik tedarik zinciri ağları konusuna yeni bir bakış açısı sağlanmıştır.

A COMPARISON OF PRODUCTION CONTROL MECHANISMS IN INTEGRATED SUPPLY CHAIN NETWORKS

SUMMARY

Key Words : Integrated Supply Chain Network, Push, Pull and Hybrid Control, Stochastic modelling

Supply chain management is a managerial philosophy and its application has been considered in an integrated framework to address to the organizational functions. Since, receipt of raw materials from the manufacturing processes to the distribution and delivery of products to customers includes organizational functions. Also, this idea enables manufacturing organizations to achieve higher quality products, lower inventory quantities, and better customer services.

Effective production control mechanisms are important for any manufacturing organisations. In operations management literature, several different production control mechanisms have been proposed in order to obtain effective production control in a manufacturing environment. Push, pull, and hybrid control are the most common and crucial ones in manufacturing area. In this thesis, an integrated supply chain network was modelled. The designed supply chain network has four control mechanisms that were formulated by making use of stochastic modelling tools. Thus, production control mechanisms were analysed and compared in respect of three performance criteria with a developed simulation model. Second, some lot sizing methods were adopted to the suitable production control mechanisms in order to enhance better system performance.

Finally, production lead times, transportation times, and lot sizing effects were numerically investigated in multi stage supply chain systems under capacity constraints. Simulation results have showed that the recommended hybrid control mechanism (hybrid2) is the best one in all of the control mechanisms for serial production systems. By the means of this study in addition to the developed solution approaches, new insights for integrated supply chain networks have been provided by achieving satisfactory results.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İşletmeler gittikçe artan ve küreselleşen rekabet ortamında üretimlerini arttırmak, sürdürebilmek, iyileştirmek, süreklilik kazandırmak, hammadde pazarından ürün pazarına gidilen yolu kısaltmak, ürün kalitesini arttırmak, birim maliyeti azaltmak suretiyle varlıklarını sürdürmektedirler. İşletmelerin bunu sağlayabilmeleri ancak yeni teknolojiler, üretim ve yönetim yaklaşımlarını kullanmaları ile mümkün olmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojisinde yaşanan değişim ve gelişimin hızlı olması; üretim yönetimi ve yöntemleri üzerinde değişikliklere neden olmaktadır.

1960 'lı yıllarda Malzeme İhtiyaç Planlama (Material Requirement Planning, MRP) ve 1970 'li yılların başında Tam Zamanında Üretim (Just in Time, JIT) gibi yeni üretim yaklaşımları geliştirilmiş ve işletmelerin malzeme yönetimleri kolaylaştırılarak stok maliyetleri azaltılmıştır.

1970'li yıllarda endüstride bilgisayarın kullanımıyla Malzeme İhtiyaç Planlanması (Material Requirement Planning, MRP) ve İmalat Kaynakları Planlama (Manufacturing Resources Planning, MRPII) yazılımlarının geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu gelişmeler dışında üretim-yönetim alanında birçok yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. En az stok ile müşteri taleplerini karşılamayı amaçlayan Tam Zamanında Üretim (Just in Time, JIT), kalite anlayışının işletme içerisindeki tüm birimlerde yaygınlaştırılmasını hedefleyen Toplam Kalite Kontrol (Total Quality Control, TQC), müşteri hızlı cevap veren ve düşük üretim maliyetli, üretim hücreleri ve otomasyon ile üretimi esnekleştirmeye çalışan Esnek İmalat Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems, FMS) ve Yalın Üretim (Lean Production, LP) en önemli yaklaşımlardandır.

Küresel rekabetin hızlandığı 1970 ve 1980 'lerde, ürünler pazara daha kaliteli ve rekabet edebilir fiyatla sunulmaya başlanmıştır. Lojistik kavramı, girdi lojistiği

(malzeme yönetimi) ve çıktı lojistiği (fiziksel dağıtım) olarak gündeme gelmiştir. Bu iki kavramın birleşmesiyle işletmeler, maliyet unsurlarında azalma olduğunu görmüşlerdir. Entegre lojistik yönetimi kavramının genişlemesi sonucunda, tedarikçiden müşteriye kadar tüm sürecin her bir alt bileşenini sistem içine alan tedarik zinciri yönetimi, bir felsefe olarak ortaya çıkmıştır. Lojistik yönetimi bu noktada; bu yönetim felsefesi için gerekli her türlü fonksiyon alt yapısına, tekniğe ve kaynağa sahip olan yönetim anlayışı olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu yaklaşım, en dar anlamda tedarikçilerin ve dağıtım kanallarının sürece dahil edilmesi olarak literatürde yerini almaya başlamıştır. Zamanla gelişen bu kavram sayesinde etkin bir satın alma ve dağıtım sistemi, ticari ortaklar arasında uzun işlemlere odaklanma ve işletmenin işlemsel olarak bütünleşmesi olarak tanımlanmaya başlanmıştır.

1990 'lı yıllarda, tedarikçi, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici ile ortaya çıkan tedarik zinciri zamanla alt sistemler, operasyonlar, etkinlikler ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren bir bütün olarak tanımlanmıştır. Bu karmaşık bütünün tasarımı, modelinin oluşturulması ve hayata geçirilmesi firmanın etkinliğinin artırılmasında ve verimliliğe sahip olmasında belirleyici bir rol üstlenmektedir.

1.1. Temel Kavramlar

Bu bölümde tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi tanımlanmıştır. Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları, görevleri, kamçı (bullwhip) etkisi, modelleme yaklaşımları, kararları ve kapasite kararları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

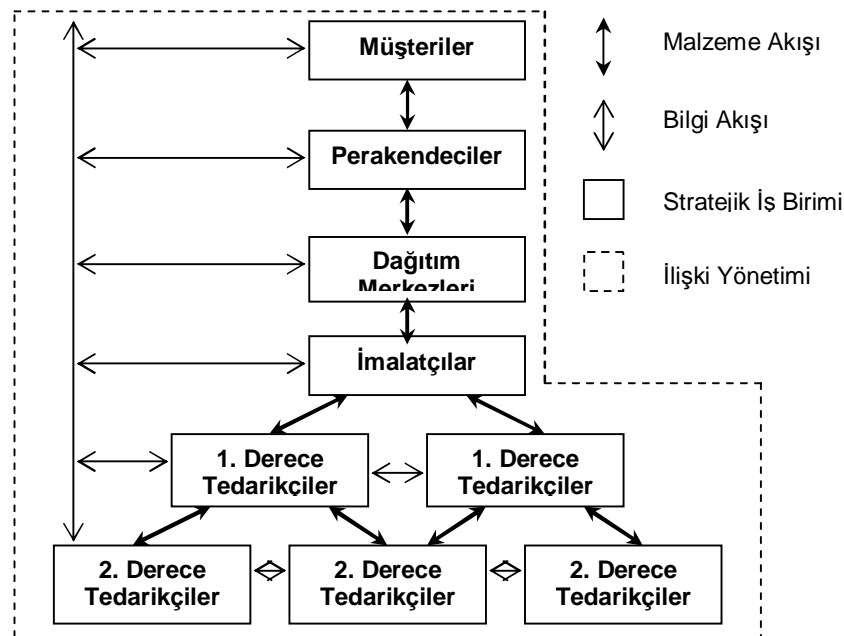
1.1.1. Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi

Üretim yönetimi çalışmalarında tedarik zinciri kavramı yeni bir kavram gibi görülmekle birlikte farklı araştırmacılar tarafından yirmi beş yıldan beri tanımlanmaya çalışılmıştır. İlk olarak, ham malzemelerin envanter yaklaşımı olarak lojistik literatüründe Oliver ve Weber (1992) tarafından tanımlanmıştır [1]. 1990 'lı yıllarda yapılan akademik çalışmalarda bilgi ve malzeme akışının geleneksel yönetim yaklaşımından farklılığının belirlenmesiyle tedarik zinciri yönetimi literatürde yer

almıştır [2, 3, 4]. Lojistik süreçlerine tedarikçiler ve dağıtım kanallarının eklenmesiyle tedarik zincirinin önemi anlaşılmıştır. On beş yıllık dönemde; farklı yazarlar tarafından aynı temada, birbirini tamamlayan, birbiri yerine geçebilen birçok noktada etkileşim ve kesişim halinde bulunan kavramlar olarak tanımlanmıştır [3, 4, 5]. Bu yapılan tanımlamalarla ortak bir tanıma ulaşılamadığı ve sıklıkla tanımların yanlış kullanıldığı görülmüştür. Bundan dolayı literatürde yoğun olarak kullanılan lojistik, tedarik zinciri ve yönetimi tanımları aşağıda verilmiştir.

Lojistik yönetimi konseyi tarafından lojistik; “müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için ilk noktadan son tüketim noktasına kadar her türlü hammadde, yarı ürün, bitmiş ürün, hizmet ile ilgili tüm bilgilerin (içsel, dışsal, içeriye ve dışarıya olan tüm hareketleri dahil olmak üzere) etkin ve verimli akışını ve depolanmasını sağlamak için gerçekleştiren planlama, uygulama ve kontrol süreçlerinin tümü” olarak tanımlanmıştır [6].

Swaminathan ve diğerlerine göre (1996) tedarik zinciri; “Bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili malzeme alımı, üretim, dağıtım faaliyetlerinden ortaklaşa biçimde sorumlu olan özerk ya da yarı özerk iş faaliyetlerinden oluşan bir ağ” olarak tanımlanmıştır [3].

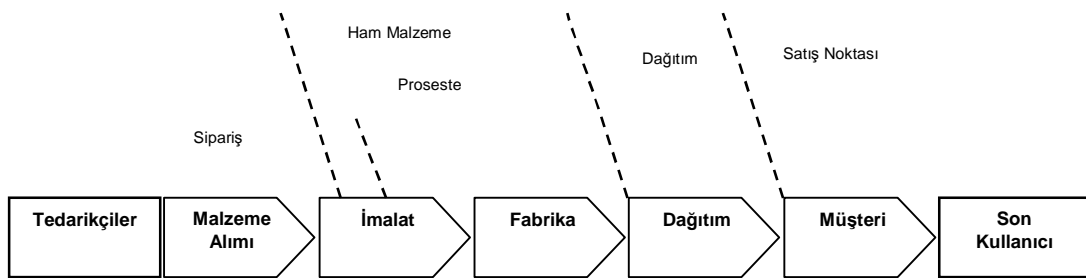


Şekil 1.1 Tedarik zinciri şematik görünüşü

Tan ve diğerlerine göre (1998) tedarik zinciri yönetimi; “Malzeme/ tedarik yönetiminin, temel hammaddeden son ürüne kadar teminini kapsamakta, firmaların tedarikçilerinin süreçlerini, teknolojilerini ve kabiliyetlerini rekabete dayanan avantaj elde etmek için nasıl kullanacağı üzerine odaklanmaktadır. Bu, ticari ortaklıkların optimizasyonu ve etkinlik hedefi ile bir araya getirerek, geleneksel kurumlar arası faaliyetleri genişleten bir yönetim felsefesi” olarak ifade edilmektedir [5].

Bu tanımlara bağlı olarak tedarik zinciri; “Müşterinin doğru ürünleri veya hizmetleri, doğru yerde, istediği zamanda elde edebilmesini sağlayan faaliyetler, sistemler ve varlıklar ağı” ve tedarik zinciri yönetimi; “Tedarikçilerden son müşteriye kadar lojistik, üretim ve hizmet faaliyetleri akışının bütünlük olarak yapılmasını sağlayan bir yönetim felsefesi” olarak tanımlanması ile genelleştirilebilir.

Tedarik zincirlerinin endüstriden endüstriye, firmadan firmaya oldukça karmaşık bir yapısı vardır. İmalat ve hizmet endüstrilerinin her ikisinde de bulunur. Farklı aşamaları, bileşenleri, çoklu ürünleri bulunur. Aynı zamanda, tedarik zincirleri genellikle ağaç yapısında gösterilir, fakat bunun tam tersinin olması da mümkündür. Ürünü oluşturan bileşen sayısının fazla olması nedeniyle ürün ağacı seviyesi sayısı artabilir. Bundan dolayı; tedarik zinciri karmaşıklığı artar ve bazı belirsizliklerin ortaya çıkmasına neden olabilir.



Şekil 1.2. Tedarik zinciri yönetimi şematik görünüşü

İmalat işletmeleri; pazarlama, imalat, dağıtım...vb. farklı fonksiyonlardan oluşur. Tedarik zinciri boyunca bu fonksiyonlar birbirlerinden bağımsız olarak çalışır. Her fonksiyonun kendi amaçları vardır. Farklı fonksiyonların amaçları diğer

fonksiyonlarla çatışabilir. Pazarlama fonksiyonu yüksek müşteri hizmeti sağlarken imalat ve dağıtım fonksiyonları ile çatışabilir. İmalat işletmeleri üretim miktarını arttırmak, birim ürün maliyetlerini düşürmek, envanter miktarlarını azaltmak amacıyla tasarlanmaktadır. Bu nedenle, bu fonksiyonları bütünleşik plan çerçevesinde değerlendirmek gereklidir. Bütünleşik yapının kurulabilmesi için tedarik zincirine ihtiyaç duyulur. Son on yılda, tedarik zinciri yönetimi kavramı bütünleşik yapıda değerlendirilmeye başlanmıştır [8].

Bütünleşik tedarik zinciri yönetimi kavramı MIT tarafından “Müşterilere ürün ve hizmet sağlayan üreten ve sunan süreç yönelimli bütünleşik bir yaklaşım” olarak tanımlanmıştır. Alt tedarikçileri, tedarikçileri, dahili işlemleri, müşterileri ve kullanıcıları içeren geniş bir kapsamı vardır. Ayrıca, bütünleşik yapıda malzeme, bilgi ve nakit akışlarını da içerir. Birçok fonksiyonun toplam süreç içerisinde bütünleştirme amacı ile bütünleşik olarak ifade edilmeye başlanmıştır [8].

Günümüzde, bütünleşik tedarik zinciri yönetimi kavramının gelişimine bağlı olarak imalat işletmeleri yeni ürün geliştirme sürecini hızlandırmış, teknoloji etkin kullanımı iyileştirilmiş, pazara yeni ürünlerin daha hızlı sunulmaya başlanmış, kaynaklara olan yatırımların en azlanmıştır. En az maliyetlerle müşteri yanıtı ve üretim çevrim zamanının azaltılması gibi amaçlara yoğunlaşmıştır.

1.1.2 Tedarik zinciri yönetiminin fonksiyonları ve görevleri

Tedarik zincirinin genel yapısı ve elemanları (yönetimsel fonksiyonları ve görevleri) Mabert ve Venkataramanan tarafından malzeme akışındaki önemli safhaları temsil eden beş temel aşamada gösterilmiştir. Aşağıda, bu temel aşamalar sırasıyla açıklanmıştır [10].

- Kaynak: Tedarik zinciri ağında bileşenlerin ve malzemelerin tedariki ve alt montaj gruplarının tasarımıyla ürün geliştirmeyi de içerir.
- Malzeme Yönetimi: Lojistik sisteminde yer alan malzeme akışının planlanması ve kontrolünü gerçekleştiren bir koordinasyon fonksiyonudur.

Bu fonksiyonun amaçları;

- Firma kaynaklarını optimum kullanmak,
- Hedeflenen hizmet seviyesini sağlamaktır.

Malzeme yönetimi, üretim çizelgelerini karşılamak için gerekli olan malzemelerin depolanması, etkin ve verimli taşınmasına odaklanır. Malzeme yönetiminin başlıca fonksiyonları, satın alma, ürün teslimi, kalite kontrol, depo yönetimi, üretim planlama ve kontrol, stok yönetimi ve malzeme taşımadır [11].

- İmalat : Ürünü fiyat rekabetine dayalı ve yüksek kalitede üretebilmeyi sağlayan girdileri kullanır.

- Fiziksel Dağıtım: Üreticiden tüketiciye kadar malzeme akışından ya da hareketinden sorumlu olan fonksiyondur. Son ürünlerin üretiminin son noktasından, tüketiciye ulaşmasına kadar geçen tüm alt fonksiyonlar fiziksel dağıtımın parçasıdır ve bu süreç içerisinde yer alan depolar, dağıtım merkezleri, toptancılar, perakendeciler dağıtım kanalı olarak adlandırılır. Tüketicinin kullanımı için küresel pazarlar için dağıtım ağı boyunca nihai malların taşınmasına yoğunlaşır [12].

Ürünlerin, üreticiden tüketiciye kadar ulaştırılması süreci aşağıdaki faktörlerden etkilenmektedir:

- Kullanılan dağıtım kanalının yapısı, (toptancı, perakendeci)
- Ürünün sunulduğu pazarlar ve karakteristiklikleri (müşteri hacmi, sipariş büyüklükleri)
- Ürünün karakteristiklikleri (ağırlığı, yoğunluğu, kırılabilirliği)
- Ürüne uygun nakliye tipi.

Fiziksel dağıtım sistemini oluşturan üreticiler, müşteriler, potansiyel müşteriler farklı coğrafi bölgelerde bulunmaktadır. Üreticiler, pazarlarını coğrafi olarak geniş tutarak üretim ölçeklerini büyütme, daha çok müşteriye hitap edebilme ve daha karlı olabilme şansı yakalayabilirler. Bunu gerçekleştirebilmek için iyi organize edilmiş bir dağıtım sistemine ihtiyaç vardır. Üretim bir hammaddeye değer katarak pazarda

talebi olan ürün haline getirmektedir. Dağıtım ise bitmiş ürün için yer ve zaman faydası sağlayarak pazarda müşterinin istediği zamanda ve yerde bulunmasını sağlamaktır [12].

Büyük perakendeciler, toptancılar ve nakliye şirketleri gibi dağıtım kanallarının üyeleri, üretici ve müşteri arasında kalan tedarik zincirinin yeniden şekillenmesinde önemli roller oynamaktadır. Dağıtım şirketleri, tedarik zincirlerinin giderek anahtar üyesi konumuna gelmektedir. Etki alanlarının genişliği ve bu etkinin öneminden dolayı tedarik zincirlerinin değişmesine yardım etmekle kalmayıp yapılarını değiştirirler. Fiziksel Dağıtım paketleme, taşıma ve dağıtım merkezleri yönetimi başlıca fonksiyonları olmaktadır.

- Satış sonrası hizmet: Firmalar, onarım hizmeti ya da ürün kullanım sorunlarını cevaplamak için müşteri hizmet temsilcileri ürünü destekleme ihtiyacının farkına varırlar. Günümüzde, son ürün müşteriye ulaştığında gerekli destek hizmetlerinin verilmesi zorunludur. Müşterinin ürün seçiminde maliyet, kalite, özelliklerinin yanında önemli kriterlerden birisidir. Firmalar üretimlerini gerçekleştirirken müşteri odaklı sistemlere yönelmişlerdir ve müşteri ilişkileri yönetimi önemli olmaya başlamıştır [10].

1.1.3. Tedarik zincirlerinde kamçı etkisi

Tedarik zinciri karmaşık doğası ve aşama sayısının fazla olmasından dolayı ağ boyunca çeşitli belirsizlikler bulunur. Bu durum zincirin etkinliğini de olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, belirsizliklerin kaynağını araştırmak ve belirlemek gerekir. Bu konuda ilk çalışmalar Forrester ve Burbidge tarafından yapılmıştır. [13, 14].

Lee ve diğerleri tarafından literatürde kamçı (bullwhip) etkisi olarak adlandırılan kavram yeni bir problem değildir ama yeni bir adla dikkati bu noktaya çekmişlerdir. Son müşteri talebinde küçük değişikliklerin genel eğilimi üretim-dağıtım sisteminde yükselmesi, kamçı (bullwhip) etkisi olarak tanımlanmıştır. Son müşteri talebinde küçük dalgalanmalar olmasına rağmen tedarik zincirinde sipariş ve stok

seviyelerinde büyük dalgalanmalar görülür [16, 17, 18, 19]. Daha açık biçimde ifade etmek gerekirse, müşterinin perakendeciye verdiği sipariş, toptancı ve perakendeci siparişlerinden daha düşük olmaktadır.

Tedarik zincirinde bulunan bu belirsizlikler envanter yatırımının fazla yapılmasına, müşteri hizmetinin zayıflamasına, gelir kayıplarının artmasına, kapasite planlarının hatalı olmasına ve taşıma etkinliği, üretim çizelgelerinin hatalı olması vb. neden olmaktadır. İmalat organizasyonları belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için kapasitelerini arttırmaya ve envanter bulundurmaya yönelmişlerdir. Bu, genellikle maliyetli olmakta, rekabet ortamında imalat organizasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle, tedarik zincirinde belirsizliklerin operasyonel etkinliği kısıtladığı görülmektedir. Lee ve diğerleri tarafından tedarik zamanlarını azaltılması, yeniden sipariş verme prosedürlerinin gözden geçirilmesi, fiyat dalgalanmalarını sınırlama ve planlama, performans ölçütünün bütünleştirilmesi kamçı etkisini azaltacak bazı gelişmeler olarak açıklanmıştır [18, 19].

1.1.4. Tedarik zinciri modelleme yaklaşımları

Tedarik zinciri geniş kapsamından dolayı, farklı araştırmacılar tarafından değişik şekillerde sınıflandırılmıştır. Beamon tarafından yapılan sınıflandırma; deterministik, stokastik, ekonomik ve benzetim modelleri olmak üzere dört kategori içerisinde incelenmiştir [20]. Dong doktora çalışmasında; tedarik zinciri ağ tasarım metodu, karışık tamsayı programlama, stokastik programlama ve optimizasyon metodları, sezgisel metodlar, benzetim temelli metodlar olarak beş geniş sınıfta kategorize etmiştir [8]. Min ve Zhou tarafından yapılan çalışmada; deterministik, stokastik, melez, bilişim temelli modeller olarak sınıflandırmışlardır [21].

Araştırmacılar, melez modelleri tedarik zinciri envanter teorisi uygulamaları benzetim temelinde deterministik ve stokastik elemanların her ikisini içermesinden dolayı melez olarak ilave edildiği belirtilmiştir. Deterministik modelleri; tek amaçlı ve çok amaçlı, stokastik modelleri optimal kontrol teorisi ve dinamik programlama, melez modelleri envanter teorisi ve benzetim, bilişim temelli modelleri DYS (depo yönetim sistemi), KKP (kurumsal kaynak planlama) ve CBS (coğrafi bilgi sistemleri)

olarak alt kategorilerde incelemiştir. Literatürde gerçekleştirilen bütün sınıflandırmalarda model kategorisi içerisine bilişim temelli modeller dahil edilmemiştir. Çünkü tedarik zincirinin firmalar tarafından uygulanmasında bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanımının arttığı, zincirin farklı aşamalarını koordine etmek ve bütünleştirmek için gerekli olduğu görülmüştür.

Deterministik modellerde tüm model parametreleri bilinmekte ve kesinlikle sabit olmaktadır. Stokastik modellerde ise belirsiz ve rassal parametreler hesaba katılmaktadır. Melez modeller hem deterministik modeller hem de stokastik modellerden meydana gelir. Melez modeller, deterministik ve stokastik parametreleri içermesinden dolayı kesinlik ve belirsizlikte daha yetenekli olmaktadır. Bilişim temelli modeller; taşıma yönetim sistemleri, bütünleşik taşıma ve izleme, ortaklaşa planlama ve tahmini ikmal, malzeme ihtiyaç planlama, kurumsal kaynak planlama ve coğrafi bilgi sistemlerinden oluşmaktadır. Tedarik zinciri modelleri problem kapsamı ve uygulama alanlarına göre değişik kategoriler içerisinde sınıflandırılabilir. Tedarik zinciri fonksiyonlarının bütünleştirme gerekliliği bütünleşik tedarik zinciri yönetimi literatüründe yerini almaya başlamıştır. Sınıflandırma bütünleşik tedarik zinciri modelleme kapsamında; tedarikçi seçimi/envanter kontrol, üretim/dağıtım, konum/envanter kontrol, konum/rota, envanter kontrol/taşıma olarak beş alt kategoride incelenmeye başlanmıştır.

1.1.5. Tedarik zinciri yönetimi kararları

Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları; stratejik, taktik ve operasyonel seviye olmak üzere üç seviyede ele alınabilir. Ballou gerçekleştirdiği lojistik ağında zaman ufkuna bağlı olarak karar vermeyi stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere üçe ayırmıştır. Stratejik seviye bir yıldan fazla olan zaman ufkunu dikkate alır, operasyonel seviye kısa dönem kararları, genellikle gün ve saattir. Taktiksel seviye bu iki zaman aralığındadır [20].

Stratejik kararlar daha uzun dönem kararların alındığı seviyedir. Firma stratejisine çok yakın olarak bağlıdır hatta bazen şirket stratejisinin kendisidir. Stratejik kararlar; konum (yer), üretim, stok ve taşıma olarak üç ana başlıkta incelenmektedir.

Taktik seviye kararları; orta dönem kararların verildiği haftalık talep değerlendirme, taşıma planları, üretim planlama, malzeme ihtiyacı vb. kararlar alınmaktadır. Planlama, temin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretim ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgeleme konularıyla ilgilenir.

Operasyonel kararlar kısa vadelidir ve günlük faaliyetlere odaklanmıştır. Envanter dağıtımı, detaylı çizelgeleme ve makine bozulmalarına karşın sipariş durumu ile ilgili örnekler verilebilir. Taktiksel ve operasyonel kararlar arasındaki sınır belirsizdir. Bu nedenle, verilecek kararın hangi seviyede olacağı net bir şekilde belirlenmeye çalışılmalıdır.[21]

1.1.6. Üretim Kontrol Mekanizmaları

Üretim planlama ve kontrol sistemleri, üretim aşamalarının planlama/kontrolü ile ilgilenecek, pazar ihtiyaçlarını karşılamak ve firma stratejilerini belirlemek üzere tasarlanır. Bu sayede, etkin bir üretim planlama ve kontrol sistemi, bir firmanın rekabetçi pazarda güçlü olmasını sağlamaktadır.

Üretim kontrol sistemleri genel olarak “itme” ve “çekme” sistemleri olarak iki sınıfa ayrılır. Firmaların çoğu talep tahminlerine dayanarak üretim çizelgelerini hazırlar. Bu üretim çizelgelerine göre iş emirleri atölyelere verilir. İşler önceliklerine göre iş merkezlerinde işlenir. Bu itme sistemidir. Parçalar imal edilir ve gerekli olduğu bir sonraki atölyeye veya stoğa gönderilir. Böylece, malzemeler çizelgeye göre üretim boyunca itilirler. Bu sistemde çizelge üzerinde gerçekleşen ve planlanan üretim miktarları kontrol edilir ve sapmalar ortaya çıkar. Bu sapmaları en aza indirmek veya ortadan kaldırmak için araştırmalar yapılmaktadır.

Çekme sistemi, sonraki sürecin deposundan sadece kullanıldığı hız, miktar ve zamanda parçaları talep eder ve çeker. Bu sistemde sadece sınırlı miktarda stok tutulur. Malzeme hareketleri programlanmış kullanım oranlarına göre değil, gerçek kullanım oranına göre ayarlanır. Ayrıca, çekme sisteminin bir özelliği, envanterin dinamik yapıda olması ve depolarda ve taşıma paletlerinde tutulmasıdır.

Çekme kavramı ardışık üretim süreçlerinde ve tedarikçilerle ilgili olarak kullanılır. Çekme sistemi üretim ve dağıtım talebini gerçekleştirmek için iş istasyonları arasında çeşitli sinyaller kullanır. Örneğin, bir ürün talebi geldiğinde, bu talep son istasyona iletilir ve kanban kartları ile istasyonlar arası malzeme çekimi sağlanır. Çekme sistemi sadece ihtiyaç olduğunda küçük partilerden oluşan malzemelerin üretilmesini sağlamaktadır. Bu sistem, malzeme akış problemlerini gizleyen stokların oluşumunu engeller ve dolayısı ile stoklara yapılan yatırımı azaltırken imalat çevrim zamanını da düşürür.

Her iki sistemin bilinen uygulamaları, itme sistemleri için malzeme ihtiyaç planlaması veya daha gelişmiş olan imalat kaynakları planlaması, çekme sistemleri için tam zamanında üretim sistemidir [23].

İtme sistemi tahminlere dayanan bir sistemdir. Gelecekteki talep için yapılan tahminlerden ve müşteri siparişlerinden yola çıkılarak genellikle haftalık bazda hazırlanan ana üretim çizelgesine, ürün ağacında yer alan bileşenlere göre iş emirleri veya satın alma emirleri üretilir. İş emirleri atölyeye verilirken, iş parçaları sonraki işlemin durumuna bakmadan atölye boyunca itilir.

Çekme sisteminde ise günlük olarak sabitleştirilmiş ana üretim çizelgesinden elde edilen son montaj çizelgesine göre üretim başlatılır. Son montaj çizelgesinde, günlük olarak üretilen ürünler karma olarak sıralanır ve son montaj istasyonuna tek bir iş emri verilir. Bu iş emrine göre gerekli malzemeler talep edilir veya çekilir. Tekrarlı üretime sahip firmalarda son montaj çizelgesi sürekli olarak her gün tekrarlanır. Böylece, her gün aynı ürünlerin aynı miktarlarda üretimi gerçekleştirilir. Bu nedenle, her istasyon kendinden çekilen malzemelerin aynı miktarını yeniden üretecektir. Bunun anlamı, üretim tahminlere göre değil şimdiki talebe göre başlatılmasıdır. Böylece, bir taraftan bilgi akışı sağlanırken, diğer taraftan üretim kontrolü yerine getirilmektedir.

Her iki üretim sisteminde de, üretimi tam zamanında gerçekleştirebilmek için üretim ortamında gerekli malzemelerin ya da iş parçalarının gerektiği yer ve zamanda

istenilen miktar ve kalitede bulunması amaçlanmaktadır. İtme sistemi sipariş veya stok için çalışılan ve kesikli parti üretimi yapan atölye sistemleri için uygunken, çekme uygulamaları ise çoğunlukla tekrarlı üretim yapan işletmeler için uygundur. Ancak, itme ve çekme kontrol mekanizmalarının birlikte kullanılmasıyla hem kesikli hem de tekrarlı işlemler aynı çatı altında bulunabilmektedir.

1.1.7. Tedarik zincirlerinde kapasite kararları

Firmalar genellikle ürünü satmadan önce üretim kapasitesinde yatırım yapmalıdır, fakat yatırım zamanında üretim belirsizdir ve kapasite ürün satışlarının tahmini ile yapılabilir. Ürün talebindeki bu belirsizlik kapasite kararını karmaşılaştırır ve belirsizliğin ortadan kaldırılması veya azaltılması istenir. Bazı şartlar ve durumlarda firma periyotlar boyunca kapasite yatırımı yapabilir. Bu nedenle, önceki periyotlarda ki satış bilgileri oldukça değerlidir. Satış periyotları için talep tahmini güncellenebilir ve analiz edilebilir. Firmalar ürün yaşam döngüsünde kapasite kurma seçeneğine daima sahip olmamaktadır.

Ürün üretimi bir operasyondan daha çoğunu gerektirir. Böylece, çok bileşenli ürünlerde bileşenler ve montaj için kapasite seviyesi seçilebilir, genellikle kapasite son ürün birimlerinde açıklanır [24].

Birçok bileşene sahip olan ürünler tamamen bütünleşik firma tarafından üretilebilir veya bağımsız firmaların tedarik zinciri tarafından bileşenlerin üretiminde tedarikçilerden dış kaynak kullanılmaktadır. İmalatçılar, firmanın pazarda son ürünü sattığı zaman bileşenlerin bazısını üretecektir veya son ürün içerisinde tedarikçi bileşenleri basit olarak birleştirilecektir. Bütünleşik yapıda kapasite yatırım kararı, imalatçı ve bileşen tedarikçilerinin bağımsız aşamalarda kapasite yatırım kararı almaktadır [24].

Bütünleşik firmada imalatçı, bütün bileşenler için kapasite kararlarının kontrolüne sahiptir ve imalatçı bileşen için dış kaynak kullanırken bu uzun sürmemektedir. Tedarikçi, imalatçıya benzer olarak daha az kapasite yatırımı yapacak ve kapasite dışarıdan sağlanan malzemelerden dolayı artacaktır.

Çoklu ürün, çoklu aşama tedarik zincirleri kararları değişen darboğazlardan dolayı zorlaşmaktadır. Kapasite yetersizse, sadece bir aşamanın kapasitesine odaklanılmakta, değişik aşamaların kapasite gereksinimi dikkate alınabilmektedir. Talep belirsizliği durumu, kapasite kararlarında sadece bir faktörü değildir. Bundan dolayı, tedarik zinciri ağının imalat ve montaj aşamalarında kapasitesinin belirlenmesi gereklidir. İmalat ve montaj aşamalarındaki üretim süreci kapasiteleri belirlendiğinde talepte meydana gelen değişimlerle üretim miktarı arasındaki ilişki çözümlenebilir. Tedarik zinciri yönetiminde literatürde yer alan kapasite analizine ilişkin çalışmalar sonraki bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir.

1.2. Tezin Amacı

Bu tezin amacı; bütünleşik tedarik zincir ağında mevcut üretim kontrol mekanizmalarının eksiklerini gidermek için yeni düzenlemeler yapmak ve alternatif bir üretim kontrol mekanizması geliştirmek, uyarılama yapılan mevcut üretim kontrol mekanizmalarıyla yeni geliştirilen üretim kontrol mekanizmalarının performanslarını karşılaştırmak için bir benzetim modeli geliştirmektir.

Bu amaca ulaşmak için;

- Mevcut itme sistemlerine miktar belirleme kurallarının uyarlanması,
- İmalat ve montaj aşamalarında kapasite kısıtlarının uyarlanması,
- Melez bir üretim kontrol mekanizması tasarlanması,
- Yeni tasarlanan üretim kontrol mekanizmasıyla uyarılama yapılan mevcut üretim kontrol mekanizmalarının benzetim modelinin geliştirilmesi,
- İmalat işletmelerinde hangi kontrol mekanizmasının hangi imalat karakteristilerine göre daha başarılı olabileceğine karar verecek benzetim modeli deneylerinin tasarlanması,
- Deneylerin gerçekleştirilmesi ve
- Deneysel sonuçlarının analizidir.

Önerilen modelin gerçek imalat ortamında uygulanabilirliğinin tartışılması ve literatürde endüstriyel uygulamalarda karşılaşılan sorunların azaltılabilmesi amaçlanmıştır.

1.3. Tezin Organizasyonu

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tedarik zinciri yönetimi ile ilgili temel kavramlar, tezin amacı ve tezin organizasyonu açıklanmıştır. İkinci bölümde bütünlük tedarik zinciri ağına ilişkin ayrıntılı ve kapsamlı literatür araştırması ve sonuçları verilmiştir. Üçüncü bölümde, bütünlük tedarik zinciri ağına farklı üretim politikalarının karşılaştırılmasına yönelik modeller önerilmiş ve modellerin gerçek imalat ortamına uygulanması ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, önerilen modeller için benzetim modeli geliştirilmiş ve tasarlanan benzetim modelinde deney tasarımları, başarı ölçütleri sunulmuştur. Beşinci bölümde, benzetim modeli ile yapılan deneyler ve deney sonuçları verilmiştir. Altıncı ve son bölümde, test sonuçları tartışılmış ve önerilen modellerin imalat ortamında uygulanabilmesi için öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tedarik zinciri sistemi modellerine ait modeller, teknikler ve bunların gerçek imalat ortamlarına uygulanmasında karşılaşılan problemler incelenmiştir.

2.1. Giriş

Tedarik zinciri sistemlerinin gerçek imalat ortamlarına uygulanmasına yönelik birçok bütünlük modeller geliştirilmiştir. Farklı aşamalardan oluşan bu tedarik zinciri sistemleri; üretim, dağıtım ve envanterle uyumlu olarak çalışması gerekmektedir. Tedarik zinciri tasarım aşamasında karşılaşılan problemlerin başında, zinciri oluşturan elemanlar ve ilişkilerin tanımlanması gerekmektedir. Araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan tüm bu modeller genel olarak deterministik, stokastik ve melez sınıflarına ayrılmıştır [21].

İmalat organizasyonları rekabet ortamında düşük envanter seviyeleri ve düşük maliyetlerle müşteri ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlarlar. Bu amaca ulaşmak için optimizasyon modelleri ve algoritmalar, karar destek sistemleri, bilgisayar destekli analiz araçları işlevsel seviyede kabul edilen yaklaşımlardır. Bu tez kapsamında tedarik zincir yönetimi ve ağ tasarımıyla ilgili literatür araştırması aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

2.2. Bütünlük Üretim-Envanter-Dağıtım Sistemleri

Tedarik zinciri modelleri matematiksel temele dayalı sınıflandırmayla birlikte problem alanı veya uygulama alanlarına göre de sınıflandırılmaktadır. Tedarik zinciri problemlerinin karmaşıklığı nedeniyle fonksiyonel sınırlar değerlendirilir ve tedarik zinciri süreçleri içerisinde bir iş sürecinden (fonksiyonundan) daha çok süreçler arasındaki değişimler incelenir. Bu nedenle, tedarik zincirinin farklı fonksiyonlarını

bütünleştiren modeller araştırılmıştır. Bu modeller, yer/rota, üretim/dağıtım, yer /envanter kontrol, envanter kontrol/taşıma ve tedarikçi seçimi/envanter kontrolü ile ilgilenir [21, 25].

Bhatnagar ve arkadaşları, imalat organizasyonlarında Genel Koordinasyon problemi olarak adlandırılan tedarik zinciri ağının farklı kademelerindeki fonksiyonlarının koordinasyon konusuna yönelmişlerdir. Bu çalışmada;

- tedarik ve üretim planlama,
- üretim ve dağıtım planlama ve
- envanter literatürünü incelemişlerdir [26].

Thomas ve Griffin, bu üç alandaki fonksiyonların koordinasyonunu araştırmışlar, gelecek çalışmalar içinde bazı konuları listelemişlerdir [27].

Bütünleşik analiz için önerilen modellerin birçok varsayımlar ve düşünceler nedeniyle sınıflandırılmasının zor olması nedeniyle, Sarmiento ve Nagi üretim, envanter, dağıtım, envanter yönetimi vb. karar ve modellerinde kademe sayılarına bağlı olarak bir sınıflandırma yapmışlardır [28].

Üretim-dağıtım-envanter sistemlerini gösteren problemler oldukça karmaşıktır. Bu nedenle, optimal çözümleri elde etmek zordur. Cohen ve Lee (1997) tarafından tedarik zinciri ağı fonksiyonları arasında etkileşimleri analiz etmek için stratejik model yapısı ve hiyerarşik ayrıştırma yaklaşımı kullanılmıştır [38]. Tedarik zincirinin bütününde;

- Malzeme kontrol,
- Üretim kontrol,
- Nihai ürün stok noktası ve
- Dağıtım ağı kontrolü olarak dört alt model ele alınmıştır. Alt modüllerde stokastik düşünceler birleştirilmiş ve hazırlık, envanter tutma vb. ilgili maliyetler dikkate alınmıştır. Hiyerarşik olarak gerçekleştirilen ayrıştırmada her alt modül verilen sıraya göre optimize edilmiştir [28].

Mak ve Wong (1997); envanter-üretim-dağıtım problemini çözmek için genetik algoritma kullanımını önermişlerdir. Modeller; çeşitli tedarikçiler, bir imalat fabrikası ve çeşitli perakendeciler olmak üzere üç kademedeyen meydana gelmektedir. Toplam maliyetleri en azlamak için optimal stok seviyeleri, üretim miktarları ve taşıma miktarlarını belirlemişlerdir. Toplam maliyetler; imalat, taşıma, envanter bulundurma ve bulundurmama maliyetlerinden oluşmaktadır [29].

Cohen ve Lee (1998); küresel imalat ve dağıtım ağında kaynak genişletme kararlarını destekleyen model geliştirmişlerdir. Ağ, coğrafik olarak ayrı noktalardaki ham malzeme tedarikçileri, imalat fabrikaları, dağıtım kanalları, depolama yerleri ve müşterilerden oluşmaktadır. Problem, tüm ülkelerde vergi sonrası karı en büyükmek amacıyla karışık tamsayı, doğrusal olmayan problem şeklinde formüle edilmiştir. Küresel tedarik zinciri ortamında stratejik üretim-dağıtım modelleri için Vidal ve arkadaşlarının çalışmaları örnek verilebilir [28].

Blumenfeld ve arkadaşları, King ve Love, Martin ve arkadaşları diğerleri bütünleşik sistemler için karar destek sistemlerini geliştirmişlerdir. Blumenfeld ve arkadaşları, General Motors 'da lojistik işlemlerin analizi için karar destek sistemleri geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, toplam ağ maliyetinin en azlanmasında optimal rotalar ve taşıma miktarlarının aynı anda belirlenmesini önermişlerdir. Envanter ve taşıma maliyetleri arasındaki ilişkileri araştırmışlardır [32]

King ve arkadaşları, Kelly Springfield isimli ana lastik üreticisinde uygulanan bir çalışmayı örnek olarak göstererek; satış tahmini, envanter kontrol, üretim planlama ve dağıtım planlamayı koordine etmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte, ilgili parametrelerin (yeniden sipariş verme noktası, parti büyüklükleri, nakliye büyüklükleri...vb.) optimizasyonu eş zamanlı yapmışlar, ancak farklı fonksiyonları sıralı olarak gerçekleştirmişlerdir. Bu sistemin uygulanmasıyla müşteri hizmet seviyesi artmış ve envanter seviyeleri azalarak şirket için önemli kazançlar sağlanmıştır [33].

Martin ve arkadaşları, Libbey Owens Ford Cam şirketinin Flat Glass Products Grubu için FLAGPOL olarak adlandırılan sistemi geliştirmişlerdir. FLAGPOL üretim

(üretim seviyeleri), envanter ve dağıtım (müşteriye kadar ve fabrika içi nakliyeleri) karar değişkenlerini içeren doğrusal programlama modelidir. Modelin hedeflerinden biri on iki aylık planlama ufkunda çoklu fabrika üretim, envanter ve dağıtımını optimize etmektir. Model taktiksel ve operasyonel kapsamda tasarlanmış, ayrıca modelin uygulanmasında stratejik kararlarda da iyi sonuçlar ürettiği kanıtlanmıştır [34].

2.2.1. Deterministik modeller

Bütünleşik tedarik zinciri modeli oluşturmak için yapılan çalışmalardan biri de Glover ve arkadaşları (1979)'un araştırmalarıdır. Bilgisayara dayalı üretim, dağıtım ve envanter sistemini geliştirmişlerdir. Çalışmalarındaki bütünleşik tedarik zinciri; tedarik, depolama/yer ve müşteri talep planlama olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Sistemin çekirdeği ağ modeli ve şeması olarak gösterilmiştir. Tedarik zincirinde karar verici bakış açıları arttırılmış, bununla birlikte model tek periyot ve tek amaç problemi olarak sınırlandırılmıştır [34].

Cohen ve Lee (1989) karışık tamsayı, doğrusal olmayan değer katan zincir modeli geliştirmişlerdir. Tedarik zinciri koordinasyonu kaynak, merkezi üretim planlama, fabrika içi taşımadan meydana gelmektedir. Model; kapasite, talep ve üretim kısıtlarını birleştirmekte ama küresel düzenlemede risk faktörlerinin yakalanmasında başarısız kalmaktadır [28].

Arntzen, Brown, Harrison ve Trafton (1995); karışık tamsayı programlama modelini sunmuşlardır. Küresel tedarik zinciri modelinde (GSCM) çoklu ürün ve çoklu aşamalar (kademeleri) içeren modelde küresel tedarik zinciri alternatifleri değerlendirilmiştir. Daha belirgin biçimde GSCM üretim, envanter, malzeme taşıma ve taşıma ile ilgili maliyetleri, faaliyet günlerini en azlamak için teslim süreçleri ve envanter, üretimin karşılıklı ilişkilerini hesaba katmıştır [36].

Ashayeri ve Rongen (1997); çok ölçütlü çözüm yöntemi ELECTRE ile malzeme akışları analizine dayalı dağıtım merkezi yeniden yerleştirme stratejisini formüle

etmişlerdir. Dağıtım merkezi yerleri ve üretim zamanlarını kullanmak oldukça basittir. Model, kapasiteyi dikkate almayan problemler için kurulmuştur [37].

Diğer çok amaçlı yaklaşım için Min ve Melachrinoudis (1999) müşteriler ve tampon terminaller, imalatçılar, tedarikçiler arasında malzeme akışlarını çoklu kademe ağlarını yapılandırmak için önermişlerdir. Model analitik hiyerarşi sürecine dayalı tedarik zincirinin yeniden yapılandırılması ile birlikte planlamayı da içermektedir. Bununla birlikte, çoklu periyot, kapasite kısıtları ve risk faktörleri ele alınmamıştır [38].

Çok amaçlı, çok periyotlu tamsayı programlama modelini geliştirmişlerdir. Bu modelde tedarik zinciri açısından imalat ve dağıtım birleştiren safhanın dışındaki çizelge ve optimal yeni yerlerin belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır [38].

2.2.2. Stokastik modeller

Küresel rekabet ortamında tedarik zincirlerinde müşteri talepleri, tedarik zamanları ve üretim dalgalanması gibi rasgele veya belirsizlik elemanları bulunmaktadır. Stokastik modeller bu belirsizlik ve rassal elemanları hesaba katar. Bütünleşik tedarik zincirinin stokastik doğası ile ilgilenen önemli çalışmalardan biri Midler (1989) tarafından yapılan çalışmadır. Çoklu planlama periyodunda tedarikçilerden müşterilere taşıyıcıların yeri, rotası ve mal akışları, taşıma biçimlerinin optimal birleşimlerin (kombinasyonları) seçimi için optimal kontrol teorisi temelinde dinamik programlama modeli geliştirilmiştir [39].

Tapiero ve Saliman (1972); belirsiz talebi dikkate alarak zamanında envanter planlama problemleri ve çoklu bölge üretim, çoklu mal taşıma problemini çözmek için optimal kontrol teorisini kullanmışlardır [40].

Lee ve Billington (1993); stokastik programlama ile geliştirilen pazarlama, imalat ve dağıtım süreçlerinde malzeme akışları konusunda çalışmıştır. Model, malzeme sipariş verme politikası, her ürün için müşteri hizmet seviyesi, erteleme stratejilerini belirlemek için tasarlanmıştır [41]. Benzer olarak Lee ve Feitzinger (1995) ve

Swaminathan ve Tayur (1999), erteleme (geciken ürün farklılığı) stratejileri formüle etmek için stokastik modelleri önermişlerdir [42, 43]. Özellikle, Swaminathan ve Tayur (1999) depolama ve tedarik zincirinde gerçek siparişleri son ürünlerle birleştirmişlerdir. Model rasgele müşteri siparişlerini ele alarak, tedarik zincirinde çeşitli talep ve tedarik arasında ki dengesizliğin etkilerini belirlemek için geliştirilmiştir. Fisher ve arkadaşları (1997) bir stokastik model geliştirmişlerdir. Bu modelde tedarik zincirinde belirsiz talep ve tedarik arasında ki dengesizlik sonucu fazla üretim ve üretim içeriğinin en azlanması amaçlanmışlardır [44]. Benzer olarak, Lee ve diğerleri kamçı etkisini araştırmıştır [14]. Metters (1997), Lee ve arkadaşları tarafından geliştirilen modelde üretimle ilgili kapasite kısıtlarına bağlı aşırı talep cezası, envanter elde bulundurma ve beklenen üretim maliyetlerinin en azlanması hedeflenmiştir [41].

Lee ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen stokastik çoklu kademe envanter modeli, müşteri teslim zamanı kısıtlarına nazaran taşıma maliyetleri ve elde bulundurma maliyetleri arasında optimal değişimleri başarmaya dayalı yedek parça stoklamada optimal stoklama sistemini belirlemek için kullanılmıştır. Bu hizmet sistemi düşük talep oranları, karışık kademe yapısında fark edilmeyen talebi karşılamak için acil taşımaların bulunması gibi tek karakteristiğe sahiptir. Bu karmaşık modelin çözümü dal ve sınır prosedürü kullanımıyla elde edilebilmiştir [41].

Stokastik optimizasyon tedarik zinciri modelinde ham malzeme, üretim, envanter ve dağıtım alt modellerinden meydana gelmiştir. Bütün aşamalarda (s,S) veya (Q,R) kontrol politikası kullanılmıştır. Ayrıştırma yaklaşımı ile her alt model tek olarak optimize etmek için kullanılmıştır ve hedeflenen doluluk oranları ile birlikte bağlantıları, alt modelleri benzer olarak optimize edilememiştir. Bu çalışmadaki ağ, tek imalat bölgesiyle sınırlandırılmıştır [49].

Forrester 'ın geliştirdiği üretim-dağıtım sistemini bu yaklaşımla karşılaştırmak için bir benzetim modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bilgi ağında talebin artması ve azalmasında bunun çok etkin strateji olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada tarafından

dağıtım aşaması çıkartılarak tedarik zincirinin performansının iyileştirilmesinde bunun en iyi strateji olduğu gözlenmiştir [43].

Model, farklı üretim/envanter yeri stratejilerin değerlendirilmesi için iki aşamada gösterilmiştir. İlk aşama, matematiksel programlama ve ürün tipleri sayısını en azlamak için sezgisel teknikleri kullanır. İkinci aşama; hizmet seviyesi, talep seviyesi, tedarik zamanı, talep değişkenliği, tedarik zamanı değişkenliği ve ürün büyüklüğü esnekliği temelinde minimum güvenlik stoğu tahmin etmek için envanter modelini kullanır. [43].

Modelin amacı; tedarik zincirinde tüm ürünler için hizmet seviyelerinde kısıtlara nazaran toplam maliyeti en azlamaktır. Malzeme ikmali yığın büyüklüğü, stok noktasındaki envanteri ve perakendeci envanteri değişimleri karar değişkenlerini kullanır. [43].

2.2.3. Melez modeller

Lancioni (2000); tarafından tedarik zincirinin en yüksek maliyeti, envanter maliyetleri olarak belirtilmiştir. Tedarik zinciri maliyetinde envanterin yüksek etkisinden dolayı envanter teorik modelleri literatürde sıklıkla yer almıştır [46].

Das (1974), Baumol ve Vinod (1970) tarafından önerilen envanter teorik modeli biraz değiştirilerek,. talep değişkenliğinin daha genel tahmini ele alınmıştır [47]. Karmarkar ve Patel (1997) farklı yerler arasında taşıma ve stokastik talepler ile çoklu yer envanter problemi, tek yer, tek ürünü çözmek için ayrıştırma yaklaşımı kullanılmıştır [48]. Envanter yönetimi ve taşıma modeli seçimi arasında etkileşimleri ele almak için Constable ve Whybark (1978) envanter modelini genişletmiştir [49]. Baumol ve Vinod (1970) tarafından önerilen gerçek envanter modelinde bekleyen sipariş maliyetini eklenmiştir [50].

Herron (1978) envanter teorik modelini çalışılmış, hem envanter seviyesine kadar müşteri hizmet seviyesine ilişki kurmuş hem de frekansı belirlemiştir [51]. Blumenfeld, Hall ve Jordan (1985) taşıma seferi ve güvenlik stoğu elde bulundurma

maliyeti arasında değiş tokuş yapmak için Herron 'un (1983) benzeri bir modeli geliştirmişlerdir. Schwarz (1981) benzer biçimde envanter stoklama noktalarının yerini belirlemek için Clark ve Scarf 'ın çalışması (1960) temelinde envanter teorik modeli geliştirmiştir. Bununla birlikte, model tek mal problemi için sınırlıdır. Modelin diğer eksikliği hesaplama karmaşıklığı nedeniyle gerçek ortama uygulama zorluğudur [32].

Tedarik zinciri modelleme literatüründe, envanter teorik modellerinin yoğun olarak kullanılmasına rağmen bazı alternatif modeller önerilmiştir. Detaylandırmak için Bookbinder ve diğerleri (1989) envanter/üretim alternatiflerini değerlendirmede doğrusal programlama modelleri ve tablo temelli benzetimi çalışmıştır [53]. En iyi alternatif seçilerek, taşıma maliyeti ve envanter yatırımı arasındaki değişimler izlenmiştir. Newhart ve diğerleri (1993) tablo temelli envanter ve matematiksel programlama modelleme seçenekleri birleştirme ile üretim ve envanterin çoğu maliyetinin etkin olduğu yöntemleri belirlemek için envanter teorik modellerini ve doğrusal programlama modellerinin her ikisinde kullanılmıştır [54].

Cachon ve Zipkin (1999), bir tedarikçi ve bir perakendeci arasında stokastik talep envanter problemi için sonsuz periyodun hesaba katılması ile oyun teorisini kullanmıştır. Çalışmasında, çift marjinal olasılığı satın alma sözleşmeleri ve optimal olarak envanter politikasını geliştirmek için miktar indirimlerini ele almıştır [55].

Petrovic ve arkadaşları (1998), ham malzemelerin harici tedariki ve belirsiz talep altında tedarik zinciri ile birlikte envanterlerin hedef envanter seviyelerini belirlemek için bulanık hale getirilmiş tedarik zinciri modeli geliştirmiştir, bulanık modelin sonuçları, benzetim modelini değerlendirmek için girdi verisi olarak kullanmıştır. Sonlu planlama periyodu boyunca tedarik miktarlarını hesaplamak amaçlanmıştır. Benzetim modelinin, tedarik zincirinin performansını değerlendirmede uygun olduğu sağlanmıştır (son ürün teslim performansı vb.). Bu bulanık benzetim modelleri, bulanık model çatısı içerisinde tedarik süreci boyunca belirsiz tedarik elemanlarının birleştirilmesiyle genişletilmiştir. Benzetim çalışmalarının her ikisi belirsizlik altında tedarik zinciri dinamiklerinin anlaşılmasında kullanılmış ama periyodik gözden geçirme envanter sistemleri için sınırlı olduğu gözlemlenmiştir[56].

2.3. Parti Büyüklüğü Analizi

Gupta ve diğerleri (1992) değişik parti büyüklüğü tekniklerinin performansını değerlendirmek için tedarik zinciri benzetim modelini uygulamış, özellikle, Wagner Whitin, En az Birim Maliyet, Silver Meal, Değiştirilmiş Silver Meal, Basitleştirilmiş Parça Parti Algoritması, Değiştirilmiş Ekonomik Sipariş Miktarı, Marjinal Maliyet Yaklaşımı, Artan Yaklaşım ve Gaither Kuralı parti büyüklüğü tekniklerini kullanılmışlardır. Analiz (1) parti büyüklüğü teknikleri, (2) tahmin periyodunun uzunluğu, (3) talep değişkenliği, (4) ürün karmaşıklığı (ölçülen yapı içerisinde bağımlı ilişkilerin seviyelerin maksimum sayısı) ve (5) maliyet yapısı (elde bulundurma ve hazırlık) beş faktörü içermektedir. Çoklu aşama, TZ montaj tipi olduğu varsayılmış, bir ana düğüme sahip her bileşen, her aşamada önceki seviyelerden gelen talepten oluştuğu düşünülmüştür. Araştırmalarında, Wagner Whitin kısa planlama periyotları ve küçük tahmin hataları ile tek aşama problemlerine çok uygun olduğunu belirlemişlerdir. Ekonomik sipariş miktarı ve en az birim maliyet teknikleri daha kötü performans göstermiştir [57].

Çoklu seviye, tedarik zincirinde parti büyüklüğü alanında sonraki Gupta ve Brennan (1994) rassal tedarik zamanları ile çoklu seviye tedarik zincirinde değişik bekleyen sipariş parti büyüklüğü algoritmalarını uygulamışlardır. Çalışmada, on farklı parti büyüklüğü algoritması ele alınmış, üç durum (deterministik, tüm seviyelerde belirsizliği ve zamanında seviyedeki belirsizlik) ve altı faktör (tedarik zamanı belirsizliği, temel ürün yapısı, belirsizlikte uygulanan parti büyüklüğü kuralları, maliyetler ve ürün değişikliğinin seviyesi) için deney tanımlamışlardır. Temel ürün yapısı, parti büyüklüğü kuralı, elde bulundurma maliyet oranının çok önemli olduğu ama belirsizlikte uygulanan ürün yapısı seviyesinin üçüncü durumda (zamandaki belirsizlik bir seviyesinde) maliyetin belirleyici olduğunu görmüşlerdir. Bundan başka, bütün parti büyüklüğü kurallarını dikkatte alarak, en düşük birim maliyet algoritmasının sürekli olarak düşük maliyetli olduğunu gösterilmişlerdir [59].

Çoklu fabrika yapısı, karmaşık çoklu aşama imalat sistemidir. Her fabrika kendi ürün akışına göre seri, paralel veya montaja göre üretim gerçekleştirir. Parti büyüklüğü, fabrika operasyonları, kapasite kısıtları ele alındığında önemlidir. Problem, farklı

fabrikaların birbirine bağılı olması ile karmaşıklaşır. Bu durumda iki farklı gereksinim ortaya çıkmaktadır. İlk olarak, her fabrikanın daha basit gösterilmesi gereksinimi ve özellikle kapasite kullanımının dikkate alınması ikinci olarak, uygun parti büyüklüğüdür. Bu konular parti büyüklüğü için ele alınması gerekenleri göstermektedir. Bu bölümde, tek aşama ve çoklu aşama parti büyüklükleri için literatür incelenerek, problem tiplerinin sınıflandırılması verilmiştir [58].

Kapasiteyi dikkate almayan dinamik programlama temelli çözüm prosedürü, tek malzeme dinamik talep durumu Wagner Whitin tarafından önerilmiş ve parti büyüklüğü analizleri için önemli hizmet sağlamıştır [60]. Kapasiteyi dikkate almayan yaklaşık çözümler, tek malzeme, tek aşama model De Mattis ve arkadaşları tarafından önerilmiştir [60]. Bu yaklaşımların asıl avantajı, kesin çözümlerden çok daha etkin olanı hesaplamasıdır. Zangwill, talebin kalanını içeren temel modeli genişletmiş, bununla birlikte, modellerin hiçbiri imalat tesisinin sonlu işlem kapasitesi düşüncesini hesaba katmamıştır. Bu kısıt kapsamlı analizi güçleştirmektedir [61].

Florian ve Klein, kanban üretim ve eksiklik maliyetleri ile her periyotta sabit kapasite durumunda dinamik programlama modeli geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, envanter seviyesinin sıfır olmaması durumunda bağımsız alt planlardan oluşan üst problem için optimal çözüm göstermişlerdir [62]. Love, her periyotta üretim ve envanter kısıtları ile konkav maliyet modeli için optimal çizelge geliştirmiş, kullanılan ağ akış kavramları üretim ve envanter keyfi sınırları için gösterilmiştir [63].

Swoveland, parça-parça içbükey üretim ve elde bulundurma maliyetleri için en kısa yol prosedürünü geliştirmiştir [40]. Jagannathan ve Rao, backlog, envanter ve üretim kapasitesindeki sınırlar ile genelleştirilen maliyetleri, Baker ve arkadaşları ise kapasite ile kısıtlanmış dinamik talep problemi dal-sınır araştırmasını sunmuşlardır [64].

Lambrecht ve Vander Eecken, Baker ve diğerleri tarafından kullanılan farklı üretim elde bulundurma maliyeti, maliyet fonksiyonları ile kısıtlanan parti büyüklüğü modeli kapasite planlama modelini geliştirilmiştir [66]. Berany ve diğerleri eklenen

güçlü yetersizliklerle optimallik için çoklu malzeme kapasite kısıtlı parti büyüklüğü problemini çözmüşlerdir [67].

Kapasiteyi dikkate alan tek aşama parti büyüklüğü modelleri için üstteki modellerin çoğu küçük problemleri test etmiştir. Üstteki problemin iki alternatif biçimi için sezgiseller önerilmiştir. Çoklu malzeme durumu, kapasiteyi dikkate alan parti büyüklüğü problemi (CLSP) Lambrecht ve Vander Veken tarafından önerilmiştir [66]. Bu algoritmalar içerisine hazırlık zamanı almaz. Hazırlık zamanları düşüncesi ile CLSP çalışması tanımlanmıştır. Malzemelerin sayıları planlama periyodu sayısına kadar geniş ölçülü problemler için doğrusal programlama çözümünün daha uygun olduğunu göstermiştir.

Araştırmacılar, hazırlık zamanları ile CLSP çözmek için primal-dual sezgisel yaklaşım temelinde Lagrangian ayrıştırılmayı önermişlerdir. Tek malzeme, çoklu periyot çizelgeleme problemi) Wagner ve Whitin algoritması ile çözülmüştür. Düzenleştirme prosedürü fazla mesainin ihmal edilmesi için gerektiğinde çizelgelenen parti büyüklüklerini düzenleme ve ayrıştırma uygulanmıştır. Dual prosedürde kapasite kısıtının Lagrange çarpanları alt eğim optimizasyonu kullanımıyla güncellenmiştir. Her iterasyonda oluşturulan prosedüründen elde edilen çözümler üst sınırlar iken optimal çözüm için düşük sınırlarda bulunmaktadır.

Çoklu aşama sistemleri için modeller malzeme ihtiyaç planlama çatısı içerisinde genel üretim modellerinin her ikisinde de önerilmiştir. Zangwill tarafından kapasiteyi dikkate almayan seri sistemler için etkin dinamik programlama temelli algoritmalar geliştirmişlerdir [68]. Love, depolama maliyetleri tesis ve üretim maliyetlerinin zamanla artmaması durumunda, optimal politika iç bükey üretim ve depolama maliyetleri için yuvarlandığını göstermiştir [63] Crowston ve diğerleri çoklu aşama montaj sistemlerinde parti büyüklüğü konusunu ele almış, sabit, sürekli, son ürün talebi ve sonsuz planlama ufku için dinamik programlama algoritması önermişlerdir [69].

Steinberg ve Napier, sabit yük yayları ve kenar kısıtları ile kısıtlanmış genel ağ probleminde modellenen sistemle çoklu periyot, çoklu ürün, çoklu seviye parti

büyüküğü problemi için optimal prosedürü geliştirmişlerdir [70]. Blackburn ve Millen, çoklu aşama montaj yapılarında parti büyüklükleri planlanana kadar sezgisel prosedürü önermişlerdir [71]. Bağımsız talebin sadece son ürün için mevcut ve dinamik ama deterministik olduğu varsayılmıştır. Bütün tedarik zamanlarının sabit olduğu varsayılmış ve talep birikimi düşünölmüştür. Bundan başka, kapasiteyi dikkate almayan herhangi bir aşama ele alınmıştır.

Trigerio, McClain ve Thomas'ın açıklandığı gibi hazırlık zamanları ile ilgili düşünce imalat parçaları kesikli üretim sistemlerinde önemli kriterdir [72]. Bu durum optimalliğe ulaşana kadar çok zaman alan ve oldukça zor bir problemdir. Bununla birlikte, iyi sezgisel algoritmaların kurulması, fabrika amacını optimize edebildiği gibi mevcut pratik için kıyaslandığında koordinasyon faydalarını belirlemeye yardım edebilmektedir. Genellikle firmalar karar vermenin yüksek stratejik seviyesinde operasyonel performans ölçütlerini kurarak, bu ölçütleri düşünce içerisinde hesaba katar. Firmanın öncelikleri, rekabet çevresi ve endüstri normlarıdır. İki seviyedeki prosedür böylece tahmin edilecek, operasyonel performans ölçütlerinin hedefleri tanımlanmış olacaktır. İlk olarak optimizasyon temelli sezgisel parti büyüklüklerini belirlemek için kullanılmış ve hedeflerin başarılp başarılmadığının kontrolü için detaylı benzetim modeli içerisinde tıkanıklıklara neden olmuştur [72].

İmalat sistemlerinde güvenlik stoğunu düzenleme varsayım modelleri iki kategoriye ayrılmıştır. İlk kategori parti büyüklüklerini ele almaz, ihtiyaç kadar sipariş her periyotta her aşama ile izlenir. Bu parti büyüklüğü politikası için Simpson, “planlama maksimum olası talebi önceden tamamlamalı” görüşünü savunmuştur [73]. Her aşamada, böyle talep durumları altında ağın aşağı doğru aşamalarındaki isteğini daima yerine getirmesi gerektiği ve güvenlik stoğunun aynı şekilde planlanması savunulmuştur. Yönetici sadece maksimum olası talebi karşılamak için güvenlik stoğu planına gereksinim duyacaktır.

Miller, son malzeme talebinde belirsizliği yansıtan üretim çizelgesi artmasından oluşan kapsamı ele almıştır [73]. Clark ve Scarf her aşamada sabit sipariş verme maliyetini inceleyen çalışmayı genişletmiştir [52]. Modelde, stokta olmayan ceza maliyeti ile bağlanan ardıl aşamalarla her aşama için (s,S) politikasını hesaplamıştır.

Stokastik talep durumunda ürün yapısında her malzeme için belirlenen maliyet sistemi etkin güvenlik stoğu seviyeleri konusuna yönelmiş,. tek ürünü ele alan çoklu seviye montaj yapısına sahip olduğu varsaymıştır. Bu problemin amacı; ihtiyacın karşılanmasında eviyesi başarılmasına nazaran periyotta ortalama toplam hazırlık ve elde bulundurma maliyetleri en azlanmıştır.. Bununla birlikte, çalışmada kapasite kısıtlarını ihmal edilmiştir [59].

Gerçekleştirilen inceleme çoklu fabrika koordinasyon problemini analizi üzerinedir. Buradaki amaç, çeşitli imalat fabrikalarının üretim planlarını koordine etmek, performans ve firmanın rekabet pozisyonunu geliştirmektir.

2.4. Üretim Kontrol Mekanizmaları

İmalat organizasyonunu ele alan geleneksel imalat planlama ve kontrol sistemleri tedarik ağı planlama ve kontrol faaliyetlerini desteklemek için genişletilmiştir. Bu durum, tedarik zinciri ağında operasyonel planlama olarak adlandırılmıştır. Tedarik zinciri ağı operasyonlarını koordine eden planlama ve kontrol ile ağ performansı artıracak, fakat hangi üretim kontrol mekanizmasının iyi olduğu sorusu cevaplanamayacaktır.

Operasyonel planlama kontrol sistemleri, tedarik zinciri ağı operasyonları planlama ve kontrolü için üretim kontrol mekanizmalarını incelememiş, onun yerine ağ kapasitesini kullanan algoritmalar ve koordinasyon mekanizmalarını önermişlerdir.

Mabert ve Venkataramanan (1998) beş safhada tedarik zinciri ağı kararlarını beş safhada sınıflandırmıştır. Bunlar, tedarik ağı tasarımı, bütünleşik tedarik planlama, malzeme akış planlama, siparişi yerine getirme ve çizelgeleme/sevketmedir [10].

Malzeme yönetimi; tedarikçilerden malzeme ve dağıtım çizelgeleri oluşturulmadır [10]. Bu safhada planlama haftalık ve gündüktür. Operasyonel planlama ve kontrol sisteminde malzeme akışları operasyonel planları oluşturulur. Tedarik zinciri ağı

planlama ve kontrol faaliyetleri birleştirilerek çeşitli çalışmalar tasarlanmış ve operasyonel planlama ve kontrol sistemleri odaklanmışlardır.

Rupp ve Ristic (2000) çalışmalarında, ağ kapasitesini planlamak için kullanılan algoritmalar ve koordinasyon mekanizmalarını içermektedir. Ayrıca, çalışmaların hiçbiri stoğa göre üretim çevresinde değerlendirilmemiştir. Siparişe göre üretim çevresinde operasyonel planlama ve kontrol sistemlerine odaklanmışlardır [74].

Tedarik zinciri ağı itme kontrol mekanizmasında üretim kararları ve müşteri siparişleri uzun dönem tahmin temeline dayanmaktadır. Diğer taraftan, çekme kontrol mekanizması temelli tedarik ağı üretim kararları tahminlerden daha çok gerçek müşteri siparişlerini temel almaktadır.

Rupp ve Ristic (2000), itme ve çekme kontrol mekanizmaları temelli tedarik ağları arasında performans farklılıklarının ele alındığı fakat farklı kontrol mekanizmaları arasında performans farklılıkları hakkında açıklamaları doğrulamak için herhangi bir sistematik araştırma yürütmediğini ve bu nedenle operasyonel planlama ve kontrol stratejilerini araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu savunmaktadır [74].

Bazı araştırmacılar fabrika içi çoklu aşama üretim sistemi planlama ve kontrolünü kullanmak için stratejilere yönelmiş fakat fabrika seviyesinde kullanılan bu stratejilerin tedarik zinciri ağına uyarlanabileceğini savunmuşlardır [70, 71, 72]. Tedarik zinciri ağına bulunan her bir varlığı fabrikadaki iş merkezi olarak ele alarak, fabrikanın ürün bileşenlerini ürettiğini işletmede son ürünleri ürettiğini kabul etmişlerdir.

Fabrika seviyesinde operasyonel planlama ve kontrol stratejilerinin farklı tanımlamaları kullanılmış bunları da itme ve çekme olarak sınıflandırmıştır. İtme ihtiyacın bekleneni veya tahmin temelinde harekete geçeni, çekme ise istenen veya gerçek müşteri siparişi ile çalışmaktadır. Diğer tanımlar sistem durumu [73], envanter ikmali [40], tedarik zamanı veya yalın üretim [74, 75] temelindedir.

Literatürde itme ve çekme stratejileri tanımlanmış olmasına rağmen tutarlı değildir, çoğu tanımlar bu stratejileri ayırt etmek için aynı kapsamaları kullanmış, birçok çalışma, itme ve çekme stratejileri arasındaki farklılıkları tanımlamak için malzeme akışından yola çıkmıştır [23]. Bu çalışmaların çoğunda itme (malzeme ihtiyaç planlama) ve çekme (kanban) olarak sınıflandırılmıştır.

Talep yük durumları [76], talep değişkenliği [79, 81], çizelgeleme kuralları [76, 79, 80, 81], ürün esnekliği [80, 82], işlem zamanı [80, 82], parti büyüklüğü / yığın büyüklüğü [79, 80, 83], hazırlık zamanı [79, 83], işlem zamanı değişkenliği [23, 80, 84], fabrika yerleşimi [85], süreç içi envanter maliyetleri [81, 85], tahmin hatası [64], envanter tampon seviyesi [23, 79, 80, 81, 84] ve aşama sayıları [23] çalışmaları bulunmaktadır.

Üretim kontrol stratejileri karşılaştırma çalışmaları; üretim miktarı [23, 79, 80, 82, 84, 85], WIP / toplam envanter [23, 79, 80, 82, 84, 85, 88], akış zamanı / tedarik zamanı / kuyruk zamanı [76, 79, 88], sistem kullanımı [76, 84], kar [88], müşteri hizmet seviyesi [80], çizelge değişkenliği [86] ve operasyonlar (işlemler) masrafı [87] çalışmaları incelenmiştir. Bu çalışmada toplam envanter, üretim ve müşteri hizmet seviyesi seçilmiştir. Çünkü literatürde çoğunlukla bu ölçütler çalışılmıştır ve çoğu araştırmacılar tarafından araştırılmıştır.

Sakakibara ve arkadaşları (1993) çekme sisteminde kanban hazırlık zamanının azaltılması, tedarikçi kalite seviyesi, küçük parti büyüklükleri, teçhizat yerleşimi ve tam zamanında üretim bileşenleri konularını incelemiştir [86]. Krajewski ve diğerleri (1987) imalat planlama ve kontrol stratejisi parti büyüklükleri ve hazırlık zamanı gibi üretim faktörlerinin imalat performansında daha az etkiye sahip olduğunu belirlemiş [80], bundan dolayı daha çok üretim çevresinde diğer önemli faktörlerin kontrol edilmesi ile sistem performansında kontrol stratejisinin gerçek etkisini araştırmaya için gereksinim duymuşlardır.

Tedarik ağına yönelik incelemelerinde operasyonel üretim kontrol stratejilerinin tedarik ağı performansını etkilediği belirlenmiş, çizelge durağanlığı ve envanter seviyesi açısından tedarik zinciri performansında her bir işletme varlığında

kullanılan kontrol stratejisinin etkisi değerlendirmiştir. Sonuç, malzeme ihtiyaç planlama talep tahminlerini kullanmanın daha iyi olduğunu göstermiş, aynı zamanda tedarik zamanları sabit ve bilinen olduğunda envanter kontrolü için çekmenin daha iyi sonuç verdiğini savunmuştur [80].

Fabrika seviyesinde çoklu aşama üretim sistemlerini kontrol etme ve planlamaya ilişkin literatürde sistem performansında planlama ve kontrol stratejilerinin etkileri incelenmiş, çalışan sistemlerde üretim çevrelerine ilişkin farklı varsayımlar yapılmıştır. Grosfeld-Nir, Magazin ve Venberkel (2000) tarafından literatürde itme ve çekmenin karşılaştırılmalı analizini yapmıştır [23].

Hopp ve diğerleri tarafından çekme sisteminin itme sisteminden daha üstün olduğunu, çekme sisteminin ana faydasının sistemde sınırlı envanterin maksimum miktarında kaynaklandığını savunmuştur. Proses içi envanterin önceden belirlenen sınırı aşmamasının imalat maliyeti değişkenliği azalttığını kaliteyi geliştirdiğini, esnekliği sağladığını savunmuşlardır [88].

Eğer, proses içi envanter istenen seviyeden aşağıya düşerse ve makine bozulmaları, personel alımı problemleri, malzeme eksiklikleri...vb. mevcut olmayacaktır ve beklenenden daha iyi üretim gerçekleşecektir [88].

Spearman, Woodruff ve Hopp (1990), Spearman ve Zazanis (1992), itme ve çekme sistemleri arasındaki temel farkı,

- İtme sistemleri; üretim miktarını kontrol etme ve proses içi envanter gözlemlene.
- Çekme sistemleri ise, proses içi envanteri kontrol etme ve üretim miktarını gözlemlene şeklinde tanımlanmıştır [31, 66]

Spearman ve Zazanis (1998), Spearman, Woodruff ve Hopp (1990) yukarıda bahsedildiği gibi iki denk sistem geliştirmiştir [88].

Bilgisayar benzetim modelinin kullanımıyla Cohen ve Lee (1989), değişik yük (talep) durumları altında MRP itme sistemleri ve JIT çekme sistemleri davranışlarını karşılaştırılmış, çalışmada çekme sistemi itme sisteminden daha iyi üretim miktarı sağladığını savunmuştur [76].

Sarker ve Fitzsimmons (1989), itme ve çekme sistemleri performansında üretim süreci değişkenliğinin etkileri incelenmiş, çekme sistemlerinin daima itme sistemlerinden daha az proses içi envantere sahip olduğunu, bununla birlikte, üretim sürecinde daima yüksek değişkenliğin olması durumunda itmeden daha az etkin olduğunu söylemiştir [84].

Bazı çalışmalarda genel itme sistemleri çekme sistemlerinden üstün olduğu savunulmuştur [23, 79]. Booney ve arkadaşları (1999), benzetim modeli kullanımıyla farklı durumlar altında itme ve çekme sistemleri performans farklılıkları araştırılmış, sonuçta parti büyüklükleri aynı siparişleri serbest bırakırsa itme sistemlerinin çekme sistemlerinden daha üstün olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada itme sistemlerinin aynı performans seviyesini elde etmek için çekme sistemlerinden daha az stoğa sahip olduğunu kabul etmiştir [79].

Grosfeld-Nir, Magazine ve Vanberkel (2000) rassal işlem zamanlarıyla itme ve çekme stratejileri karşılaştırmalı analizi yürütmüş, benzetim modeli sonuçları, itme sistemlerinin sıklıkla proses içi envanter ve üretim miktarı açısından çekme sistemlerinden üstün olduğunu göstermiştir [23].

2.5. Tedarik Zinciri Yönetiminde Kapasite Analizi

Kapasite genişleme problemleri, 1950 'lerden sonra üretim yönetimi literatüründe yerini almıştır. Zamanla odaklanılan çalışmaların çoğunda yatırım miktarları, tek ürün için deterministik talep olarak verilmiştir. Önceki çalışmalarda tek ürün problemlerine odaklanılmıştır.

Eppen, Martin ve Schrage (1998) tarafından General Motor için çoklu ürün tek aşama çoklu fabrika modeli tanımlanmıştır. Tek aşama, çoklu fabrika ile ürünler

bir aşama işlemi için gerekli olan bileşenleri açıklamışlardır. Aşamalarda birçok fabrika bulunmaktadır. Model, beş yıllık planlama periyodunu dikkate alarak ve her fabrika için beş yıllık kapasite konfigürasyonu tanımlamışlardır. Belirsizlik, her bir ürün için beş yılın her birinde üç olası talep senaryosuna sahip olacak şekilde modellenmiştir. Model, tamsayı stokastik program ile ele alınırken formüle edilmiştir. Göreceli olarak üç talep senaryolarından daha çoğunun atanması hesaplama zamanını etkileyerek, yirmi ürün, yedi fabrika ve yedi fabrikanın karşısında otuz olası kapasite konfigürasyonlarını temel alınmıştır [89].

Son zamanlarda, çoklu aşama çalışmaları önemli hale gelmiş, belirsizlik altında tek faktör (veya tek aşama) yatırımında operasyonları, Eberly ve Van Mieghem tarafından belirsizlik altında çoklu faktör yatırımının oldukça genel modeli geliştirmiştir [90]. Modelin bütününde atamalar ve faktörlerde yatırım azalması, iç bükey işletim karları ve belirsizliğin genel biçimi, kapasite yatırımı ve yatırım azalması maliyetleri dışbükey varsayım altında optimal çoklu periyot yatırım politikasını belirlenmiştir. Kapasite maliyetleri, ekonomik ölçekte sıkça sunulurken daha çok uygun içbükey olarak gösterilmektedir. Optimal politika, değişik bölgeler içerisinde mümkün yatırım alanıdır. Değişik faktörlerin ayarlanması için optimalde “sürekli bölgesi” vardır. Bu bölgenin dışında olduğunda, sürekli bölgenin sınıra kadar taşımak optimaldir. Genel durumlar altında optimal yapı kurulurken, daha özel problemler için gerçek optimal yatırım seviyelerinin belirlemeyi hala tehdit ettiği tespit edilmiştir [90].

Harrison ve Van Mieghem, Eberly ve Van Mieghem ‘in çalışmasını geliştirerek, çoklu aşama çok sayıda ürün için kapasite probleminde optimal kapasite yatırımını belirlemişlerdir. Fakat müşteri taleplerinin bilindiği durumda kapasite yatırımının optimal olmadığını gözlemlemişlerdir [91]. Çünkü, kapasite planlama taleplerin belirsiz olduğunda yapılmaktadır. Eppen, Martin ve Schrage (1998), iki ürün üç aşamayı ele alan belirsizlik altında çoklu aşamalarda kapasite planlama bakış açısı sağlamışlardır [91].

Literatürde çoklu ürün, çoklu aşama kapasite planlama, envanter planlama ve kapasite planlama arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Li ve Tirupati (1994), çoklu fabrika modelinde bu ilişkiden bahsetmişlerdir [82].

Belirsizlik durumunda kapasite problemi için tedarik zinciri ağının tek aşama veya tek ürüne yönelik modeller geliştirilmiştir. Fakat, tedarik zinciri ağı aşamalarının tümünü dikkate almak gerekmektedir. Bu amaçla, Van Mieghem ve arkadaşları, çok aşamalı çok ürün durumunda optimal kapasiteyi belirleyebilmek amacıyla bir model geliştirmişlerdir [91].

2.6 Sonuç

Bütünleşik tedarik zinciri ağına yönelik geliştirilen modellerin hangisinin daha iyi olduğuna karar vermek oldukça güçtür. Günümüze kadar önerilen modellerin performanslarının kullanılan model kısıtlarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ayrıca, bütünleşik yapıda üretim-envanter ve üretim-dağıtım ele alan modellerin yanı sıra üretim-envanter ve dağıtım birlikte dikkate alan model sayısı azdır. Bu nedenle, çok sayıda aşamadan meydana gelen tedarik zinciri ağında üretim – envanter ve dağıtım birlikte ele alan modellere gereksinim vardır.

Literatürde mevcut olan modeller deterministik ve stokastik modelleme yaklaşımları üzerine odaklanılmış ve deterministik modellerde amaç fonksiyonu en iyilenmeye çalışılmıştır. Fakat stokastik modelleme ve benzetim modelinin birlikte kullanıldığı çalışma yok denecek kadar azdır. Bu nedenle melez modellere gereksinim duyulmaktadır.

Gerçekte bütünleşik tedarik zinciri ağı birçok elemandan meydana gelerek oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Literatürde geliştirilen modellerin tümü, tedarik zinciri ağının temel elemanları ele alınarak tasarlanmıştır. Bu şekilde geliştirilen modellerin ağ yapısını basitleştirdiği görülmüştür. Ayrıca, geliştirilen modellerin çoğunda kapasite kısıtının ihmal edilmesi nedeniyle bütünleşik tedarik zinciri ağ etkinliğinin ve verimliliğinin ölçümü göz ardı edilmektedir. Bu ölçüme olanak sağlayacak bir ağ

tasarım modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu başarmak için ise ağ tasarımı modelinin süreç temelli olarak ele alınması ve tasarlanması uygun olacaktır.

Bugüne kadar tedarik zinciri modellemesi ile ilgili yapılan çalışmalarda sınırlı sayıda ağ elemanı üzerine yoğunlaşıldığı, bütünlük tedarik zinciri ağının etkinliği ve verimliliğinin ihmal edildiği görülmüştür. Bu amaçla etkinliği ve verimliliği artırabilecek üretim kontrol mekanizmalarının da göz önüne alınması gerekir. Ağda meydana gelen belirsizliklerin tespiti amacıyla üretim kontrol mekanizmaları, kapasite kısıtları, sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerini ele alan bir bütünlük tedarik zinciri ağ modeline gereksinim vardır.

Varolan modeller genellikle tedarik zinciri ağının genel modelleri üzerine odaklanarak gerçek imalat ortamlarına yönelik olarak bütünlük şekilde ele alınarak tasarlanmamıştır. Literatürde bütünlük bir tasarım gerçekleştirebilmek için tedarik zinciri ağının süreç temelli olarak düşünülmesi gerektiği önerilmektedir. Pratikte bu modelleme yaklaşımının uygulanması zor görünse de, araştırmacılar tarafından mümkün olduğu savunulmaktadır. Örneğin, bütünlük tedarik zinciri ağının imalat aşamasındaki süreçlerinin tanımlanmasıyla bu bakış açısının kolaylaşabileceği savunulmaktadır.

Geliştirilmiş olan bu modellerin uygulanabilirlikleri ve pratikliklerine göre değerlendirilmesi ve karşılaştırılması gerekir. Ayrıca, bu modellerin başarılarını ölçmek için gerçek problemleri içeren endüstri ortamlarında test edilmeleri gerekmektedir. Çünkü; modelleme yaklaşımlarında kullanılan verilerin çoğu endüstri ortamındaki veriler olmayıp rasgele üretilmiş verilerdir. Bu verilere bağlı olarak geliştirilen modellerin, gerçek ve pratik problemleri göz önüne almadıkları düşünülmektedir.

Tüm bu tespitler neticesinde, üçüncü bölümde bütünlük tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılmasına, ağ etkinliği ve verimliliğinin ölçülmesine olanak sağlayan bir model geliştirilmiş ve önerilmiştir.

BÖLÜM 3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE ÜRETİM KONTROL MEKANİZMALARI KARŞILAŞTIRMA MODELİ

Bu bölümde, tedarik zinciri yönetiminde üretim kontrolü mekanizmalarının karşılaştırılabilmesi için bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin tanımı yapılmış ve çalışması bir örnekle açıklanmıştır.

3.1. Giriş

Tedarik zinciri yönetimi, müşteri ihtiyaçlarını zamanında ve doğru miktarlarda karşılamayı amaçlar. İşletmelerin rekabet edebilmesi için etkin bir tedarik zinciri ağ yapısına ihtiyaçları vardır. Sağlam bir tedarik zinciri yönetimi kurmak için üretim, dağıtım ve envanter aşamalarının bütünleşik olarak göz önüne alınması gerekir. Ayrıca, üretim kontrol mekanizmalarının kullanılması ile bir tedarik zinciri yönetiminin daha etkin bir hale geldiği savunulmaktadır. Tedarik zincirindeki belirsizliklerin ana kaynağı; ürün talebinin stokastik olması, üretim, taşıma ve tedarik zamanlarıdır. Tedarik zinciri yönetimi sayesinde bu belirsizliklerin kaynakları tespit edilerek azaltılabilir [17, 94, 95, 96].

Tedarik zinciri yönetiminde deterministik ve stokastik yöntemler kullanılarak gerçek imalat ortamları modellenabilir. Bu amaçla geliştirilmiş çok sayıda model vardır [97, 98, 99, 100]. Bu modellerin çoğu amaç fonksiyonunu en iyileyen deterministik yöntemlere dayanmaktadır. Birçok belirsiz etmene sahip olan tedarik zinciri yönetimini deterministik yöntemlerle modellemek oldukça zordur. Bu sebeple kontrol mekanizmalarının da göz önüne alındığı daha melez sistemlere ihtiyaç vardır. Bu çalışmada düşük tedarik zamanlı ve düşük envanter seviyeli, çok periyotlu, çok aşamalı bir bütünleşik üretim-dağıtım-envanter modeli tasarlanmıştır [101, 102]. Model, eldeki envanteri en azlayan stokastik modelleme araçları kullanılarak formüle edilmiştir [103].

Tedarik zinciri modelleri çalışmaları daha çok bütünleşik üretim-envanter ve üretim-dağıtım konularında yapılmıştır [21, 25, 104]. Aynı yazarlar bütünleşik üretim-envanter-dağıtım konularında çalışmaların ise az olduğunu belirtmişlerdir.

Tedarik zinciri sisteminde süreç ve envanter istasyonu sayısı arttıkça belirsiz elemanların sayısı da artmaktadır [101, 105]. Bu belirsiz elemanları azaltmak için üretim süreci, envanter istasyonu ve taşıma süreçlerinden oluşan bütünleşik bir model tasarlanmıştır.

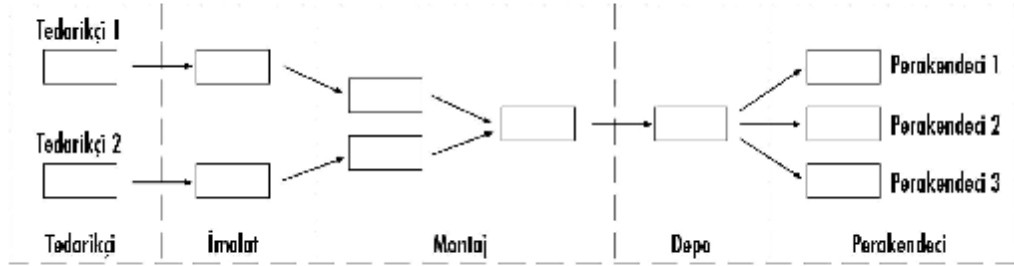
İtme ve çekme kontrolü birlikte göz önüne alan farklı çalışmalar yapılmıştır [29, 75, 106, 107, 110]. Bu çalışmaların çoğu seri üretim sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Takahashi ve Nakamura, itme ve çekme kontrol mekanizmalarının tedarik zinciri yönetiminde birlikte kullanılabileceğini göstermişlerdir. Çalışmalarında itme, çekme ve melez kontrol mekanizmalarını matematiksel olarak formüle etmişlerdir. Ayrıca bu kontrol mekanizmalarının performans analizini yaparak birbirleriyle karşılaştırmışlardır [101].

Gerçekleştirilen çalışmada, bütünleşik tedarik zinciri ağı modellenmiştir. Tasarlanan tedarik zinciri ağı dört kontrol mekanizmasına sahip olup, bu kontrol mekanizmaları stokastik modelleme araçları yardımıyla formüle edilmiştir. Bu sayede, üretim kontrol mekanizmaları analiz edilerek ve iki farklı performans kriterine göre karşılaştırılmıştır. Daha iyi performans sağlamak için uygun üretim kontrol mekanizmalarına parti büyüklüğü yöntemleri uyarlanmıştır. Çok aşamalı bir tedarik zinciri sisteminde üretim ve taşıma zamanları, parti büyüklüğü etkileri, kapasite kısıtları sayısal olarak incelenmiştir.

3.2. Modelin Tanımlanması

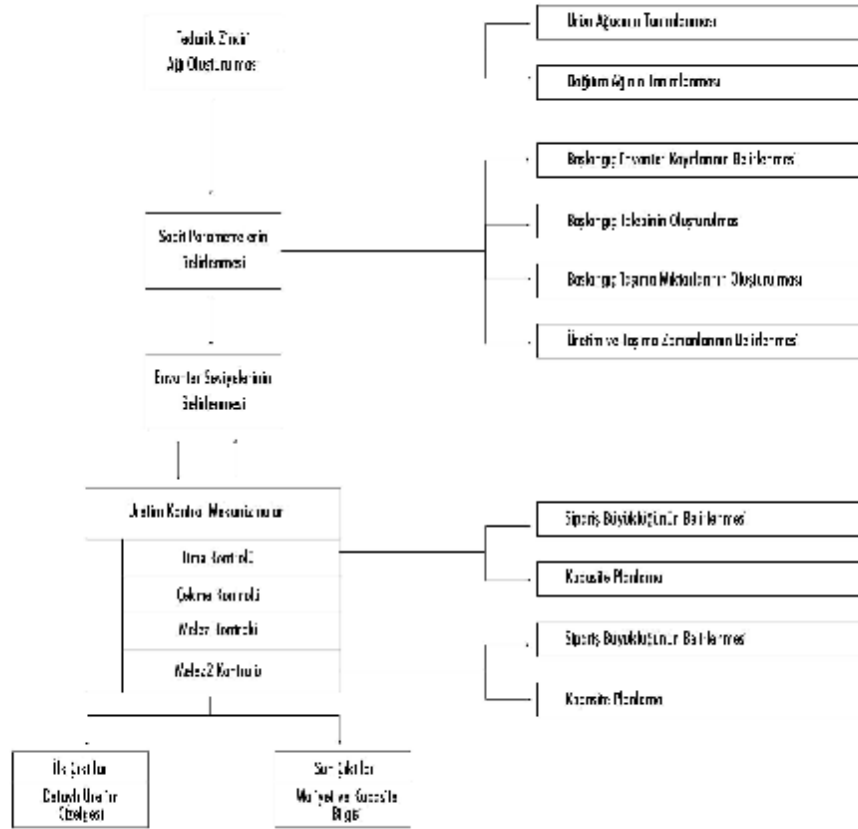
Tedarik zinciri, müşterinin doğru ürünleri veya hizmetleri, doğru yerde, istediği zamanda elde edebilmesini sağlayan faaliyetler, sistemler ve varlıklar ağıdır [2]. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden son müşteriye kadar lojistik, üretim ve hizmet faaliyetleri akışının bütünleşik olarak yapılmasını sağlayan bir yönetim felsefesidir [3, 4]. Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçilerden ham malzeme

alımından, ürünlerin veya hizmetlerin müşterilere dağıtımını ve teslimine kadar tüm aşamalar yer alır. Genel tedarik zinciri ağı; tedarikçiler, imalat, depo, dağıtım ve perakendeciler olmak üzere beş aşamadan oluşur. Şekil 3.1 'de tedarik zinciri ağı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Tedarik zinciri ağı şematik gösterimi

Tedarik zincirinin başlangıcı tedarikçi aşamasıdır. Bu aşamada, ürünü oluşturan bileşenlerin ham malzemeleri tedarik edilir. İmalat ve montaj aşamaları üretim birimleridir. Ürünü meydana getiren imalat parçaları ve alt montajları bu aşamada gerçekleştirilir. İmalat aşamasında alt montaj gruplarını meydana getiren imalat parçaları imal edilir. Montaj aşamasında imal edilen bu bileşenler birleştirilerek ürün meydana gelir. Depo ve perakendeci aşamaları dağıtım birimleridir. Depo aşamasında ürünün farklı coğrafik bölgelerde bulunan ana depolara dağıtımını gerçekleştirilir. Bu ana depolar aracılığıyla farklı perakendeci noktalarına ürün ulaştırılır. Tedarik zincirinin başlangıcını tedarikçi aşaması, son aşamasını da müşteri oluşturur. Ağ boyunca malzeme akışları ileri doğru, bilgi akışları ise geriye doğru gerçekleşir.



Şekil 3.2. Modelin genel yapısının şematik gösterimi

Tedarik zinciri yönetiminde üretim kontrol mekanizmalarının bir karşılaştırma modeli geliştirilmiş, stokastik modeli kurulmuş ve matematiksel formülasyonları verilmiştir. Matematiksel formülasyonlar, çalışma adımlarında sırasıyla açıklanmış, Şekil 3.2 'de karşılaştırma modelinin çalışma adımları gösterilmiştir.

Model, tedarik zinciri ağ tasarımının oluşturulması ile başlar. Tedarik zinciri ağı; imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarından oluşur. Bu aşamalar üretim süreçleri, taşıma süreçleri, envanter istasyonları elemanlarından meydana gelir. Çalışmanın ikinci adımında sabit parametreler belirlenerek oluşturuldu. Bu süreçte, başlangıç envanter kayıtlarının oluşturulması, başlangıç talebinin, başlangıç taşıma miktarlarının oluşturulması, üretim ve taşıma zamanları sabit parametreler olarak belirlenmesi gerçekleştirilir. Üretim planlama ve kontrolde üçüncü adım oldukça önemlidir. Bu adımda, tedarik zinciri ağının her aşamasındaki envanter seviyeleri

belirlenir. Çalışmanın dördüncü adımında üretim kontrol mekanizmaları tanımlanarak, tedarik zinciri yönetiminde bilinen itme, çekme ve melez kontrol mekanizmalarının yanı sıra melez2 kontrol mekanizması önerilmiştir. Tedarik zincir yönetiminde mevcut üretim kontrol mekanizmalarında sınırlı kapasite durumu ele alınmış, ayrıca farklı perakendeci noktalarına ulaşan ani müşteri talepleri modele dahil edilmiştir. Çalışmanın son aşamasında belirlenen performans ölçütlerine göre üretim kontrol mekanizmalarının birbirlerine göre üstünlükleri belirlenmiştir.

3.3. Tedarik Zinciri Ağı Oluşturulması

Tedarik zinciri ağı tasarımı çalışmanın birinci adımındır. Bu adımda tedarik zinciri ağı tasarlanarak elemanları tanımlanır. Genel olarak tedarik zinciri ağı tedarikçi, imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarından meydana gelir. Bu çalışmada üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılması için imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamaları ele alınmış, aşağıda Tablo 3.1’de tedarik zinciri sisteminin oluşturulma aşaması bir örnekle açıklanmıştır.

Tablo 3.1. Tedarik zinciri sistemi imalat ve montaj indisleri

İndisler		
x	1,2,3	1,1 2,1 2,2 3,1 3,2 3,3
y	3	1 2 3

Matematiksel formülasyonlarda gösterilen (x,y) indisleri ürünü meydana getiren imalat parçaları veya alt montajları ürün ağacı yapısında göstermek amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.1.2 ‘de gösterilen tedarik zinciri sistemi imalat ve montaj aşamalarında bulunan imalat parçaları veya alt montaj grupları matematiksel olarak gösterilmiştir. Ayrıca, imalat ve montaj aşamalarında bulunan üretim süreçleri, taşıma süreçleri, envanter istasyonu elemanları imalat ve montaj aşaması eleman sayısı ele alınarak belirlenmiş, Tablo 3.1 ‘de x indisi ile alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları sayısı, y indisi ile ürünü meydana getiren alt montaj grupları sayısı gösterilmiştir.

Bu tablodan hareketle ürün üç alt montaj grubunun birleştirilmesiyle meydana geldiği görülmektedir. Bu alt montaj grupları 1, 2, 3 sayıda imalat parçalarının birleştirilmesiyle meydana gelmiştir. Örneğin, 2 nolu alt montaj grubu 2 imalat parçasının birleştirilmesiyle oluşmaktadır.

Tablo 3.2. Tedarik zinciri sistemi depo ve perakendeci indisleri

İndisler		
q	2	1 2
w	2,4	1,1 1,2 2,1 2,2 2,3 2,4

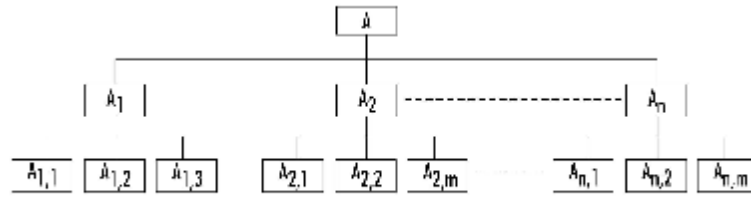
Dağıtım aşamasında depoları ve perakendecileri göstermek için (q,w) indisleri kullanılmıştır. Şekil 3.2 'de gösterilen tedarik zinciri sistemi depo ve perakendeci aşamaları matematiksel olarak gösterilmektedir. Ayrıca, depo ve perakendeci aşamalarında bulunan taşıma süreçleri ve envanter istasyonlarının sayısı belirlenmiş, Tablo 3.2 'de q indisi ile depo sayısı, w indisi ile bu depolara ait olan perakendeci noktaları gösterilmiştir. Bu tablodan hareketle ürün iki depoya dağıtımı gerçekleştirilmiştir. Ürün bu depolardan sırasıyla 2,4 sayıda perakendeci noktalarına ulaştırılmıştır. Örneğin, 2 nolu depo 4 adet perakendeci noktasından meydana gelmektedir.

Tedarik zinciri ağı tasarımı gerçekleştirilirken her aşamada üretim süreci, envanter istasyonu, taşıma süreci ve sonraki envanter istasyonu elemanları ele alınarak, bu elemanlar sırasıyla gösterilmiştir. Bütünleşik tedarik zincir ağında bulunan elemanlar ürün ağacı yapısı göz önünde bulundurularak dallandırılmıştır. Ağın her aşamasında bulunan elemanlar, imalat aşamasından son aşama olan perakendeci aşamasına kadar birbirleriyle ilişki içindedir.

3.3.1. Ürün Ağacının Tanımlanması

Ürün ağacı, herhangi bir ürünün alt bileşenlerini, montaj seviyelerini ve o üründe bu bileşenlerden ne kadar kullanıldığını gösteren bir çeşit ürün reçetesidir. Ayrıca, ürün ağacı montaj seviyeleri, temin süresi ve kullanım miktarı bilgilerini içerir. Tablo 3.3 'de bu bilgilere bağlı olarak ürün ağacı yapısı gösterilmiştir.

Bir ürün n sayıda alt montaj grubunun birleştirilmesiyle meydana gelmektedir. Ayrıca, alt montaj grubu m sayıda imalat parçasının birleştirilmesinden oluşmaktadır. Ürün ağacının ilk seviyesinde ürünü meydana getiren alt montaj grupları, ikinci seviyesi imalat parçaları gösterilmektedir. Ürün A_1, A_2, \dots, A_n alt montaj grupları, $A_{n,1}, A_{n,2}, \dots, A_{n,m}$ imalat parçalarından meydana gelmektedir. Şekil 3.3 'de ürün ağacı yapısı gösterilmiştir.



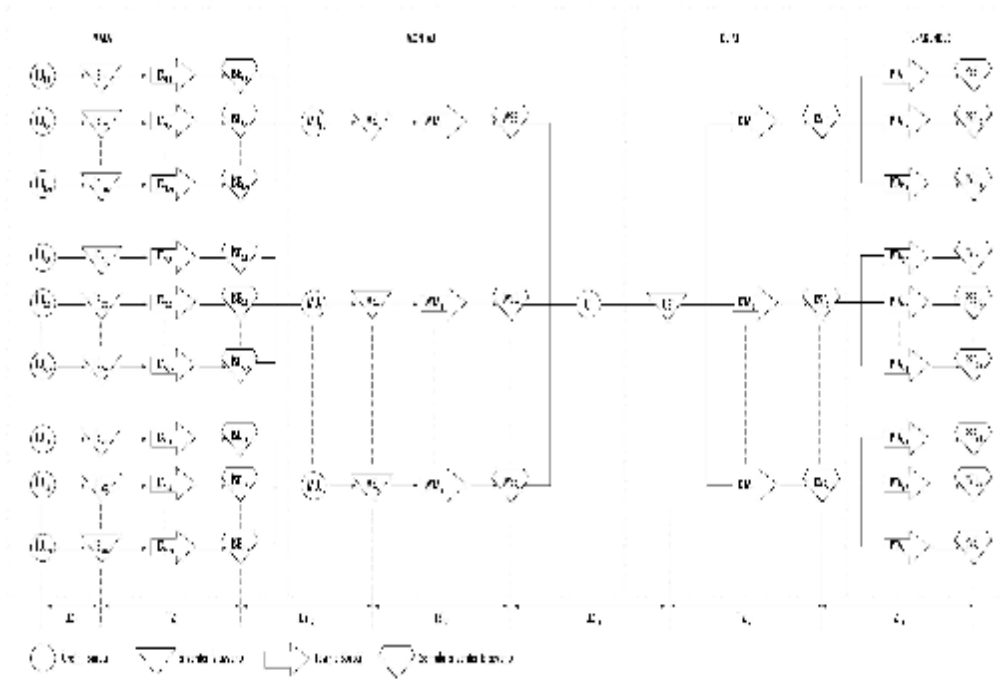
Şekil 3.3. Ürün ağacı şematik gösterimi

Örneğin, ürün üç alt montaj grubundan oluştuğunda A_1, A_2, A_3, A_2 alt montaj grubu, üç imalat parçasından oluştuğunda $A_{2,1}, A_{2,2}, A_{2,3}$ ile gösterilir. Tedarik zinciri ağ tasarımı ürün ağacı yapısı göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Tedarik zinciri sistemi, üründe bulunan imalat parçaları ve alt montaj grup sayılarına bağlı olarak dallara ayrılır. Ürün dağıtım ağı da aynı şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmada Tablo 3.3 'de gösterilen x, y indisleri kullanımıyla ürün ağacı yapısı tanımlanmıştır.

Tablo 3.3. Ürün ağacı tablosu

Malzeme	Bileşen (Kullanım Miktarı)			
	$A_1(1)$	$A_2(2)$	$A_3(5)$	
A1	$A_{11}(2)$	$A_{12}(3)$		
A2	$A_{21}(1)$	$A_{22}(2)$	$A_{23}(4)$	
A3	$A_{31}(2)$	$A_{32}(4)$	$A_{33}(1)$	$A_{34}(1)$

İmalat aşamasında imalat parçaları üretilerek, montaj aşamasında alt montaj grupları ve nihai montaj gerçekleştirilir. Depo aşamasında ürün dağıtımını farklı depolara gerçekleştirilerek, depolara bağlı farklı perakendeci noktalara ürün ulaştırılır. Bu aşamalar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.



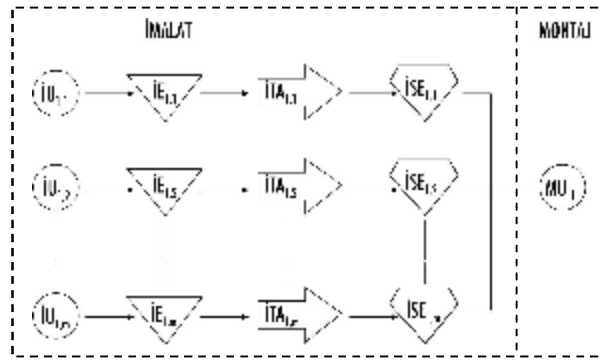
Şekil 3.4. Bütünleşik tedarik zinciri ağı şematik gösterimi

Tedarik zinciri ağının, üretim süreci, envanter istasyonu, taşıma süreci ve sonraki envanter istasyonu elemanlarından oluştuğu varsayılmıştır. Bu elemanlar buldukları aşamaya göre tanımlanır. Örneğin, imalat aşamasında İU, İE, İTA ve İSE veya montaj aşamasında MU, MTA, ME ve MSE olarak gösterilmektedir. Ürün dağıtımının gerçekleştiği depo ve perakendeci aşama elemanları da aynı şekilde tanımlanır. Örneğin, depo aşamasında DTA, DSE veya perakendeci aşamasında PTA, PSE olarak gösterilir. Bu gösterim ağın hangi aşamasında bulunduğunun belirlenmesinde kolaylık sağlar. Kısaca, İU imalat üretim süreci veya PSE perakendeci sonraki envanter istasyonu olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, ağda bulunan eleman sayıları imalat parçası ve alt montaj grubu, depo ve perakendeci sayısına bağlıdır. Ağın her aşamasındaki üretim süreci, envanter istasyonu, taşıma süreci ve sonraki envanter istasyonu sayıları tanımlanan ürün ağacı ve dağıtım ağı eleman sayısına bağlı olarak belirlenir.

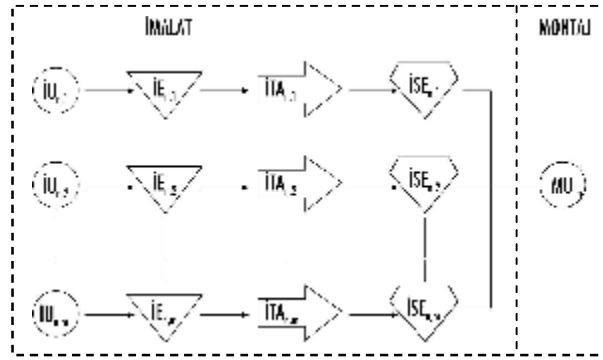
İmalat aşaması; yukarıda bahsedildiği gibi ürünü meydana getiren imalat parçaları bu aşamada üretilir. Ürün ağacının ikinci seviyesi olmasına karşın ağın ilk aşamasını

oluşturur. Ürün “n” sayıda alt montaj grubundan meydana gelir. Alt montaj grupları ise “m” sayıda imalat parçasının birleştirilmesiyle oluşur. Her bir alt montaj grubunu oluşturan “m” sayıdaki imalat parçası bu aşamada üretilir. Bu aşamada ürünü oluşturan her bir alt montaj parçası için gerekli olan tüm imalat parçaları elde edilmiş olur. 1. alt montaj grubu için “m” sayıda imalat parçası birleştirilir. Aynı şekilde, n. alt montaj grubu için m sayıda imalat parçasından meydana gelir.

İmalat aşamasında üretilen imalat parçaları envanter istasyonunda depolanır. Depolanan imalat parçaları sonraki envanter istasyonuna taşınır. Montajı gerçekleştirilecek imalat parçaları sonraki envanter istasyonunda tutulur. m sayıda imalat parçası için aynı şekilde üretilir. Alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları sonraki envanter istasyonlarında tutulur. Böylece, alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları hazırlanmış olur. Özetle, alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları bu rotayı izler. Şekil 3.6 ve 3.7 ‘de tedarik zinciri ağının imalat aşaması gösterilmiştir. Şekil 3.6 ‘de 1. alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları ve Şekil 3.7 ‘de n. alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçalarının ağın imalat aşamasında izlediği rotayı göstermektedir.

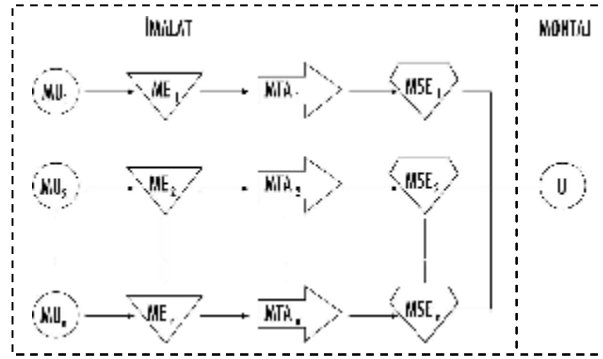


Şekil 3.5. Alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları imalat aşaması

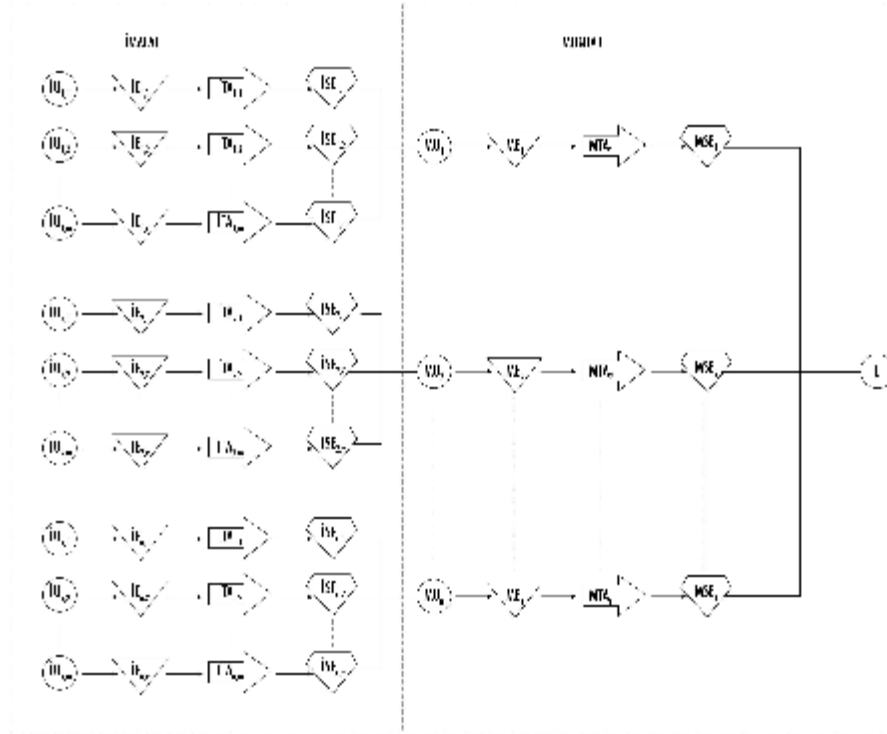


Şekil 3.6. n. alt montaj grubunu meydana getiren imalat parçaları imalat aşaması

Montaj aşamasında, ürünü meydana getiren alt montaj gruplarının birleştirilmesi ve ürünün nihai montaj gerçekleştirilir. Bu aşamada ilk olarak, imalat aşamasının sonraki envanter istasyonunda tutulan her bir alt montaj grubuna ait olan imalat parçaları birleştirilir. Böylece, alt montaj grupları meydana gelir. Ürünü meydana getiren n sayıda alt montaj grubu için işlem tekrarlanır. İmalat aşamasında izlenen rotada olduğu gibi montajı tamamlanan alt montaj grupları envanter istasyonlarında depolanır. Depolanan alt montaj grupları sonraki envanter istasyonlarına taşınır. Ürünü meydana getirecek olan alt montaj grupları sonraki envanter istasyonunda tutularak, alt montaj gruplarının birleştirilmesi ile ürünün nihai montajı gerçekleştirilir. Nihai montajda da alt montaj gruplarının birleştirilmesiyle oluşan ürün envanter istasyonunda depolanır. Aynı zamanda bu depo, ürün dağıtımını gerçekleştirmek için son depodur. Tedarik zinciri ağında imalat ve montaj aşamaları üretim safhası olarak değerlendirilmektedir. Şekil 3.8 'de ürünü meydana getiren alt montaj grupları ağın montaj aşaması, Şekil 3.9 'da ürün nihai montajı ile imalat ve montaj aşamaları temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ürün nihai montajı

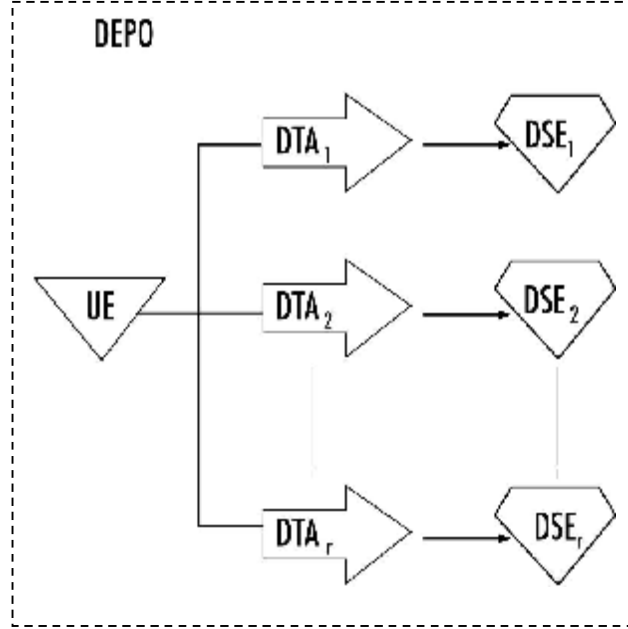


Şekil 3.8. Ürünü oluşturan imalat parçaları ve alt montaj grupları ile imalat ve montaj aşamaları

3.3.2. Dağıtım Ağının Tanımlanması

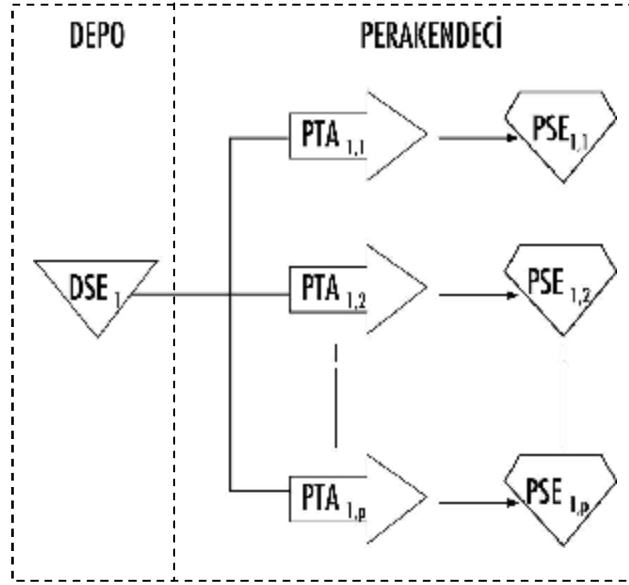
Depo aşamasında; ürünün coğrafik olarak farklı depolara dağıtımını gerçekleştirilmiş, tedarik ağının r sayıda alt depodan meydana geldiği varsayılmıştır. Nihai montajı gerçekleştirilen ürün, farklı sonraki envanter istasyonlarına taşınır. Taşınan ürünler sonraki envanter istasyonunda tutularak, ürünlerin perakendeci noktalarına dağıtımını gerçekleştirilir. Ürün ağacı yapısı dikkate alınarak, " r " sayıda alt depodan meydana

geldiği varsayılmıştır. Aynı şekilde, “r” sayıda depo taşıma süreçlerine sahip olmaktadır. Şekil 3.10’da depo aşaması gösterilmiştir.

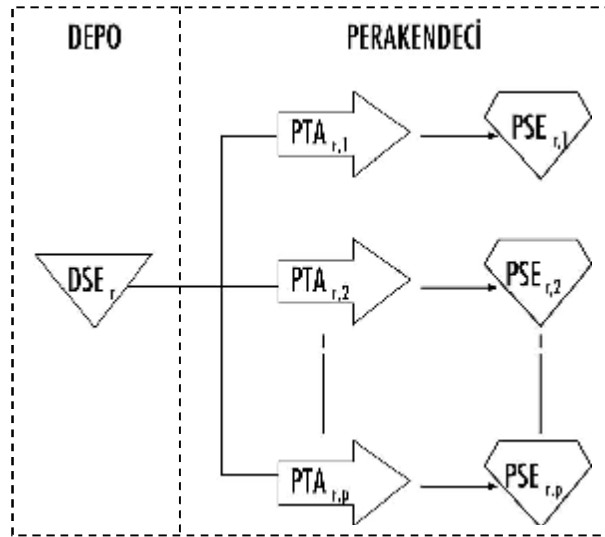


Şekil 3.9. Bütünleşik tedarik zinciri ağı depo aşaması

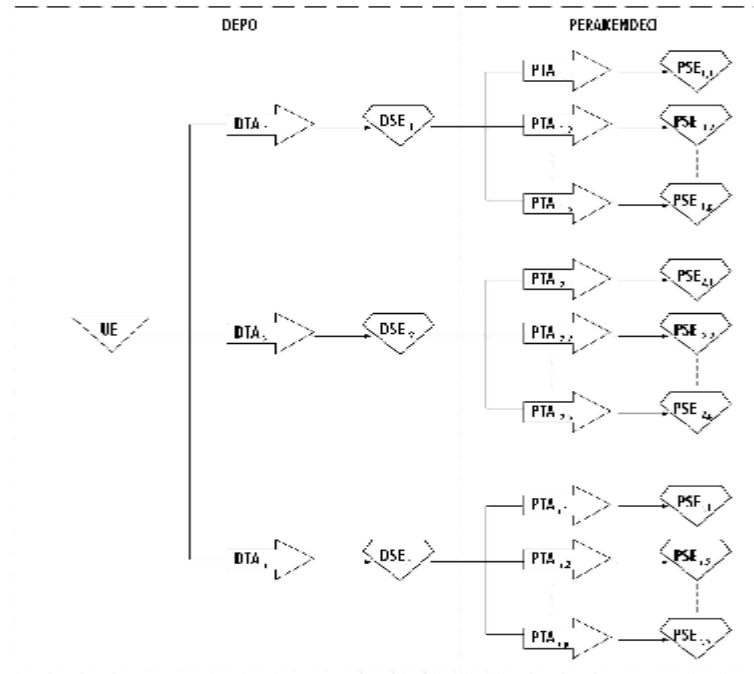
Perakendeci aşamasında; ürün bu alt depolara ait olan farklı perakendeci noktalarına ulaştırılır. Depo aşamasında ise sonraki envanter istasyonlarında depolanan ürünler taşınır. Perakendeci sonraki envanter istasyonlarında ürün depolanarak, perakendeci noktalara ulaşan müşteri talepleri perakendeci aşamasındaki sonraki envanter istasyonlarından karşılanır. Perakendeci aşamasındaki sonraki envanter istasyonunda müşteri talebi karşılanmazsa, bekleyen siparişler karşılanmayan talebi yerine getirir. Perakendeci noktalara ulaşan taleplerin birbirlerinden bağımsız olarak geldiği varsayılmıştır. Şekil 3.11 ‘de tedarik zinciri sistemini perakendeci aşaması gösterilmiştir. Şekil 3.11 ‘de 1. deponun p. perakendeci noktaları ve Şekil 3.12 ‘de r sayıda deponun p sayıda perakendeci noktasından oluştuğu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Depo ve perakendeci aşamaları 1. ana depoya ait olan perakendeci noktaları



Şekil 3.11. Depo ve perakendeci aşamaları r . sayıda depoya ait olan perakendeci noktaları



Şekil 3.12. Bütünleşik tedarik zinciri ağı depo ve perakendeci aşamaları

Yukarıda sırasıyla açıklanan imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarının birleştirilmesiyle tedarik zinciri sistemi meydana gelmiş olur. Tedarik zinciri sisteminde her bir üretim süreci (imalat parçası üretimi veya alt montaj grubu montaj) için üretim zamanları ve envanter istasyonları arasında taşıma zamanları dikkate alınır. İmalat parçasının üretimi, alt montaj grubunun birleştirilmesi ve ürün nihai montajı için üretim zamanları sırasıyla UZ_1 , UZ_2 ve UZ_3 periyotlarında, imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarında bulunan envanter istasyonları arasında taşıma için TZ_1 , TZ_2 , TZ_3 ve TZ_4 taşıma zamanı periyotlarında gerçekleşmiştir. Tedarik zinciri ağı yukarıdaki bilgilere bağlı olarak tasarlanmıştır.

3.4. Sabit Parametrelerin Belirlenmesi

Sabit parametrelerin belirlenmesi işlemi, genel modelin ikinci adımını oluşturmaktadır. Bu adımda; başlangıç envanteri, başlangıç talebi, başlangıç taşıma miktarı bilgileri, üretim ve tedarik zamanlarına ait sabit değerler belirlenmiştir. Bu aşamada kabul edilen başlangıç değerlerine bağlı olarak sonraki periyotlardaki

değerler elde edilmiş, bu değerlerin kullanımıyla her bir aşamanın sipariş miktarları ve sipariş zamanları elde edilmiştir.

3.4.1. Başlangıç Envanter Kayıtlarının Belirlenmesi

Modelde, bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.4 'de verilmiştir. Tablo 3.4 'de İE imalat aşamasında imalat parçaları envanterini, ME montaj aşamasında alt montaj grubu envanterini, M ise montaj aşamasındaki ürün envanterini göstermektedir.

Tablo 3.4. Envanter başlangıç değerleri tablosu

İE [x,y,0]	ME [y,0]	E [0]
1	1	2
	2	
1	3	
2		
3		
4		
5		

Modelde, bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.5 'de verilmiştir. Tablo 3.5 'de İSE imalat aşamasında imalat parçaları taşıma sonrası envanterini, MSE montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma sonrası envanterini, DSE depo aşamasında taşıma sonrası envanterini, PSE ise perakendeci aşaması taşıma sonrası envanter değerini göstermektedir.

Tablo 3.5. Sonraki envanter başlangıç değerleri

İSE [x,y,0]	MSE[y,0]	DSE [q,0]	PSE [q,w,0]
2	3	4	6
	2	6	8
4	5		
5			
8			
6			
7			

Tedarik zinciri ağı, imalat ve montaj aşamalarında, imalat parçasının üretilmesi, alt montaj grubunun birleştirilmesi veya nihai montajın gerçekleştirilmeden önceki ve sonraki envanter istasyonlarındaki başlangıç miktarları Tablo 3.5 'de gösterilmiştir.

Başlangıç envanter kayıtları, üretim planlama ve kontrol sistemlerinden elde edilerek, imalat veritabanında geçmiş döneme ait veriler bulunabilir. Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin önemli girdilerinden biri envanter kayıtlarıdır. Bu nedenle işletmenin sahip olduğu envanter kayıtlarından bu değerleri kolaylıkla elde edilebilir.

3.4.2. Başlangıç Talebinin Oluşturulması

Perakendeci noktalarında $z=0$ periyodundaki talep değeri, imalat veritabanı talep dosyalarından alınır. Sonraki periyotlardaki talep ve talep tahmin değerleri 3.1 ve 3.2 formülleri yardımıyla hesaplanır. Takahashi ve arkadaşları tarafından hazırlanan talep formülü kullanılmıştır [63].

$$T_z^{q,w} = \lambda T_{z-1}^{q,w} + X_z^{q,w} \quad (3.1)$$

$T_z^{q,w}$: z. periyodunda q. ana depoda w. perakendeci deposundaki talep

$T_{z-1}^{q,w}$: z-1 periyodunda q. ana depoda w. perakendeci deposundaki talep

Bu formülde; $T_z^{q,w}$, z. periyotta, perakendeci aşamasındaki müşteri talebini gösterir.

$X_z^{q,w}$ rassal faktördür ve λ korelasyon katsayısıdır. Önceki periyottaki talebe lambda korelasyonu ile bağımlıdır ve X rassal faktörün ilave edilmesiyle hesaplanır.

$$T_z^{q,w} = \alpha T_z^{q,w} + (1 - \alpha) T_{z-1}^{q,w} \quad (3.2)$$

Talep tahmininde birçok yöntem bulunmaktadır. Kullanılan yöntemler, talep tahminini belirli hata sınırları içerisinde gerçekleştirir. Tahmin yönteminin seçiminde hata oranını en azlamak amaçlanır. Bunun için 3.2 'deki basit üstel düzeltme formülü kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı tesadüfi etmenlerin sebep olduğu, gerçek tahmini

değerlere uygun ağırlıklar verilerek tartılı ortalamaları almak ve daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında, farklı perakendeci noktalarındaki müşteri taleplerinin başlangıç değerleri Tablo 3.6 'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Örnek çalışma başlangıç talep değerleri

T[q,w,0]
20
10
18
16
5
24

Tablo 3.7. Örnek çalışma başlangıç talep tahmini değerleri

T'[q,w,0]
10
8
6
5
4
2

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında, farklı perakendeci noktalarına ait müşteri talep tahmini başlangıç değerleri Tablo 3.7 'de gösterilmiştir.

3.4.3. Başlangıç Taşıma Miktarlarının Oluşturulması

Modelde, bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.8 'de verilmiştir. Tablo 3.8 'de İTA imalat aşamasında imalat parçaları taşıma miktarını, MTA montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma miktarını, DTA depo aşamasında taşıma miktarını, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma miktarını göstermektedir.

Tedarik zinciri ağında ürünün imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarında envanter istasyonları arasındaki taşıma miktarları, imalat veritabanı geçmiş iş emirlerine bağlı olarak geliştirilen benzetim modeli ile tahmini değerlere ulaşılabilir.

Tedarik zinciri ağında bulunan imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamaları başlangıç değerleri Tablo 3.8 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. rnek alışma başlangıç taşıma değerleri

$\dot{I}TA[x,y,0]$	$MTA[y,0]$	$DTA[q,0]$	$DTA[q,w,0]$
2	3	9	1
	8	4	2
4	7		
8			2
			3
10			4
9			5
1			

3.4.4. Üretim ve Taşıma Zamanlarının Belirlenmesi

Malzeme ihtiyaç planlama sisteminin üretim tedarik zamanları önemli bileşenlerindedir. İmalat parçaları, alt montaj grupları ve ürüne ait olan üretim zamanları imalat veritabanından elde edilebilir [117]. Bu sayede üretim zamanları elde edilebilmekte veya her süreç için hesaplanabilmesi mümkün olabilmektedir.

Bu adımdaki veriler hem imalat veritabanı kullanımıyla hem de hesaplama yöntemleri ile kolaylıkla elde edilebilmektedir. Tedarik zinciri ağında envanter istasyonları arasındaki taşıma zamanları da aynı yöntemlerle elde edilebilmektedir.

Modelde, bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim tedarik zamanı ve taşıma tedarik zamanı değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.9 'da verilmiştir. Tablo 3.9 'da İUZ imalat aşamasında imalat parçaları üretim tedarik zamanı, MUZ montaj aşamasında alt montaj grubu montaj tedarik zamanı, UZ ise montaj aşamasında nihai ürün üretim tedarik zamanını, İTZ imalat aşamasında imalat parçaları taşıma tedarik zamanı, MTZ montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma tedarik zamanı, DTZ depo aşamasındaki taşıma tedarik zamanı, PTZ perakendeci aşaması taşıma tedarik zamanını göstermektedir.

Tedarik zinciri ağı aşamaları üretim ve taşıma zamanları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu tabloda yer alan değerler haftalık zaman periyodunu göstermektedir.

Tablo 3.9. Üretim tedarik zamanları

İUZ	MUZ	UZ	
1 hafta	1 hafta	1 hafta	
İTZ	MTZ	DTZ	PTZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta	1 hafta

3.5. Envanter Seviyelerinin Belirlenmesi

Genel modelin, üçüncü adımı üretim planlama ve kontrolü için oldukça önemlidir ve bu adımda envanter seviyeleri belirlenmiştir. Bu amaçla tedarik ağının her bir aşaması için matematiksel formülasyonları hazırlanmış ve aşama aşama açıklanmıştır. Envanter seviyelerinin belirlenmesi adımı, modelin sonraki adımı olan üretim kontrol mekanizmaları ile her iki yönde ilişkilidir. Üretim kontrol mekanizmalarına ait taşıma miktarı ve envanter miktarı hesaplanırken aşağıdaki formülasyonlar dikkate alınmıştır.

Matematiksel formülasyonda her aşamada yer alan üretim süreci (U), envanter istasyonu (E), taşıma sonrası envanter istasyonu (SE) ve taşıma süreci (TA) değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenler buldukları aşamaya göre İ, M, D, P ön ekleri olarak gösterilmiştir. Örneğin, İU imalat parçası üretim miktarı değişkeni ve PSE perakendeci noktası sonraki envanter miktarı değişkenidir. Üretim tedarik zamanları için (UZ), taşıma tedarik zamanları (TZ) parametreleri kullanılmıştır.

İmalat aşamasındaki envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$\dot{I}E_z^{x,y} = \dot{I}E_{z-1}^{x,y} + \dot{I}U_{z-UZ_1}^{x,y} - \dot{I}TA_{z-1}^{x,y} \quad (3.3)$$

Aşama (1) için z periyodu sonundaki envanter seviyesi = z-1 periyodu sonunda envanter seviyesi + $_{z-UZ_1}$ periyodu başlangıcında imal edilen parçaların miktarı - z periyodunda taşınan imalat parçalarının miktarı olarak hesaplanmaktadır.

$\dot{I}E_z^{x,y}$ formülü, imalat aşamasının z. periyodundaki (x,y). parçasının envanter seviyesini gösterir.

$\dot{I}U_{z-UZ_1}^{x,y}$, imalat aşama ($z - UZ_1$) periyodundaki (x,y) parçasının üretim miktarıdır.

$\dot{I}TA_{z-1}^{x,y}$, imalat aşama (z-1) periyodundaki (x,y) parçasının taşıma miktarıdır.

Tablo 3.10. İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	208	52	280	130	330	482	354	113

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.10 'da gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1.1 nolu imalat parçasının itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 330 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.11. Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	2	5	13	26	39	85	106	176

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.11 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1.1 nolu imalat parçasının çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 39 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.12. Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	839	109	1156	838	1468	2482	2128	3691

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.12 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.3 yardımıyla hesaplanarak, 1.1 nolu imalat parçasının melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 1468 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.13. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	2	5	13	26	39	85	106	176

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.13 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.3 yardımıyla hesaplanmış. 1.1 nolu imalat parçasının melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 39 olarak elde edilmiştir.

İmalat aşamasındaki taşıma sonrası envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$\dot{I}SE_z^{x,y} = \dot{I}SE_{z-1}^{x,y} + \dot{I}TA_{z-TZ_1}^{x,y} - MU_{z-1}^y \quad (3.4)$$

$SE_z^{x,y}$ formülü, birinci aşama z. periyodundaki (x,y). parçasının sonraki envanter seviyesi gösterir.

$\dot{I}TA_{z-TZ_1}^{x,y}$, birinci aşamadaki (z-TZ₁) periyodundaki (x,y) parçasının taşıma miktarıdır.

MU_{z-1}^y ; ikinci aşamadaki (z-1) periyodundaki y parçasının üretim miktarıdır.

Tablo 3.14. İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma sonrası envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	120	163	22	209	217	245	234	351

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.14 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki sonraki envanter değerleri formül 3.4 yardımıyla hesaplanmış. 1.1 nolu imalat parçasının itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki sonraki envanter değeri 217 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.15. Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma sonrası envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	1	12	13	47	78	126	124	229

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.15 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki sonraki sonraki envanter değerleri formül 3.4 yardımıyla hesaplanmış. 1.1 nolu imalat parçasının çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki sonraki envanter değeri 78 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.16. Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma sonrası envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	422	623	409	864	1122	1815	1601	2940

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.16 'da gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki taşıma sonrası envanter değerleri formül 3.4 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1.1 nolu imalat parçasının melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki sonraki envanter değeri 1122 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.17. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma sonrası envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	1	12	13	47	78	126	124	229

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.17 'de gösterilmiş, 1 nolu alt montaj grubunu meydana getiren 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki sonraki sonraki envanter değerleri formül 3.4 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1.1 nolu imalat parçasının melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki sonraki envanter değeri 78 olarak elde edilmiştir.

Diğer aşamalarla ilgili envanter seviyeleri ve üretim miktarını belirten formüller sırasıyla aşağıda verilmiş ve açıklanmıştır.

Alt montaj grubu montaj aşamasındaki envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$ME_z^y = ME_{z-1}^y + MU_{z-UZ_2}^y - MTA_{z-1}^y \quad (3.5)$$

ME_z^y formülü, ikinci aşama z. periyodundaki y parçasının envanter seviyesi gösterir.

$MU_{z-UZ_2}^y$, ikinci aşama ($z - UZ_2$) periyodundaki y parçasının üretim miktarıdır.

MTA_{z-1}^y , ikinci aşama (z-1) periyodundaki y parçasının taşıma miktarıdır.

Tablo 3.18. İtme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	122	32	155	119	82	152	128	155

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.18 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.5 yardımıyla hesaplanmış. 1 nolu alt montaj grubunun itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 82 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.19. Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	16	27	42	85	104	168	154	314

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.19 'da gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.5 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 104 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.20. Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	424	11	525	596	779	1304	1075	2084

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.20 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.5 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 779 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.21. Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Envanter Miktarı (adet/hafta)	16	27	42	85	104	168	154	314

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.21 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.5 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 104 olarak elde edilmiştir.

Alt montaj grubu montaj aşamasındaki taşıma sonrası envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$MSE_z^y = MSE_{z-1}^y + MTA_{z-TZ_2}^y - MU_{z-1} \quad (3.6)$$

MSE_z^y formülü, ikinci aşama z. periyodundaki y parçasının sonraki envanter seviyesi gösterir.

$MTA_{z-TZ_2}^y$, ikinci aşamadaki (z-TZ₂) periyodundaki y parçasının taşıma miktarıdır.

MU_{z-1} , üçüncü aşamadaki (z-1) periyodundaki üretim miktarıdır.

Tablo 3.22. İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma sonrası envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	70	87	72	25	11	20	53	2

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.22 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.6 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 11 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.23. Çekme kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	4	38	72	93	137	231	166	425

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.23 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.6 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 137 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.24. Melez kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	155	232	343	399	501	738	709	1395

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.24 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.6 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 501 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.25. Melez2 kontrol mekanizması 1 deposuna ait sonraki envanter miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	4	38	72	93	137	231	166	425

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.25 'de gösterilmiş ve 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.6 yardımıyla hesaplanmıştır.

Örneğin, 1 nolu alt montaj grubunun melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 137 olarak elde edilmiştir.

Nihai ürün montaj aşamasındaki envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$ME_z = ME_{z-1} + U_{z-UZ_3} - \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{t-1}^q \quad (3.7)$$

ME_z formülü, üçüncü aşama z. periyodundaki ürün envanter seviyesi gösterir.

U_{z-UZ_3} , üçüncü aşama ($z - UZ_3$) periyodundaki üretim miktarıdır.

$\sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z-1}^q$ üçüncü aşamadaki (z-1) periyodundaki q. depodaki taşıma miktarı toplamını gösterir.

Tablo 3.26. İtme kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	65	22	25	32	58	29	55	237

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.26 'da gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, ürünün itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 58 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.27. Çekme kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	36	53	90	116	169	222	225	595

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.27 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, ürünün çekme

kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 169 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.28. Melez kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	93	124	169	178	257	389	357	668

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.28 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, ürünün melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 257 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.29. Melez2 kontrol mekanizması nihai ürüne ait envanter miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı	93	124	169	178	257	389	357	668

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan envanter değerleri Tablo 3.29 'da gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, ürünün melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 257 olarak elde edilmiştir.

Depo aşamasındaki taşıma sonrası envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$DSE_z^q = DSE_{z-1}^q + DTA_{z-IZ_3}^q - \sum_{q=1}^{aq_{k,4}} PTA_{z-1}^{q,w} \quad (3.8)$$

DSE_z^q formülü, üçüncü aşama z. periyodundaki q. depodaki ürünün taşıma sonrası envanter seviyesi gösterir.

$DTA_{z-TZ_3}^q$: üçüncü aşamadaki (z-TZ₃) periyodundaki q. depodaki ürün taşıma miktarıdır.

$\sum_{q=1}^{aq_{k,4}} PTA_{z-1}^{q,w}$: dördüncü aşamadaki (z-1) periyodundaki q. ana depodaki w. perakendeci deposundaki taşıma miktarı toplamını gösterir.

Tablo 3.30. İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma sonrası envanter miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	70	87	72	25	11	20	53	2

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.30 'da gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu dağıtım deposundaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 11 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.31. Çekme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma sonrası envanter miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	4	38	72	93	137	231	166	425

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.31 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu dağıtım deposundaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 137 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.32. Melez kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma sonrası envanter miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	155	232	343	399	501	738	709	1395

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.32 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu dağıtım deposundaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 501 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.33. Melez2 kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma sonrası envanter miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	4	38	72	93	137	231	166	425

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.33 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu dağıtım deposundaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 137 olarak elde edilmiştir.

Perakendeci aşamasındaki taşıma sonrası envanter seviyeleri belirleme formülü:

$$PSE_z^{q,w} = PSE_{z-1}^{q,w} + PTA_{z-TZ_4}^{q,w} - T_z^{q,w} \quad (3.9)$$

$PSE_z^{q,w}$ formülü, dördüncü aşama z. periyodundaki q. ana deposundaki w. perakendeci deposundaki ürünün taşıma sonrası envanter seviyesi gösterir.

$PTA_{z-TZ_4}^{q,w}$: dördüncü aşamadaki (z-TZ₄) periyodundaki q. ana depodaki w. perakendeci deposundaki ürün taşıma miktarıdır.

Tablo 3.34. İtme kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları

1.1 nolu perakendeci,								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	120	163	22	209	217	245	234	351

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.34 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.9 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 217 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.35. Çekme kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter	1	12	13	47	78	126	124	229

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında çekme kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.35 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.9 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 78 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.36. Melez kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	422	623	409	864	1122	1815	1601	2940

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında melez kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.36 'da gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.9

yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 1122 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.37. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 perakendecisine ait sonraki envanter miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Sonraki Envanter Miktarı (adet/hafta)	1	12	13	47	78	126	124	229

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında melez2 kontrol mekanizmasına göre hesaplanan sonraki envanter değerleri Tablo 3.37 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki envanter değerleri formül 3.9 yardımıyla hesaplanmış ve melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 78 olarak elde edilmiştir.

Dördüncü adımda sürekli değişen rekabet ortamında önemli rol oynayan üretim kontrol mekanizmaları tanımlanmıştır. Üretim kontrolü ile envanter seviyeleri düşük tutulurken müşteri taleplerini karşılamak için ne zaman ve ne miktarda üretim yapılacağı sorusu yanıtlanmıştır. Üretim kontrolünün etkinliğinin artırılması için çeşitli üretim kontrol mekanizmaları önerilmiştir. Bu kontrol mekanizmaları arasında malzeme ihtiyaç planlama (itme), tam zamanında üretim (çekme), melez (itme-çekme kontrol mekanizmalarının birlikte kullanımı) ve CONWIP en bilinenleridir[23, 109, 110, 111, 112, 113].

İtme ve çekme kontrol mekanizmalarının farklı avantajları veya dezavantajları vardır. Üretim kontrol mekanizmalarının kusurlarının dikkate alınması ile itme ve çekme sistemlerinin nasıl birleştirileceği araştırma konusu olmuştur [114, 115, 116].

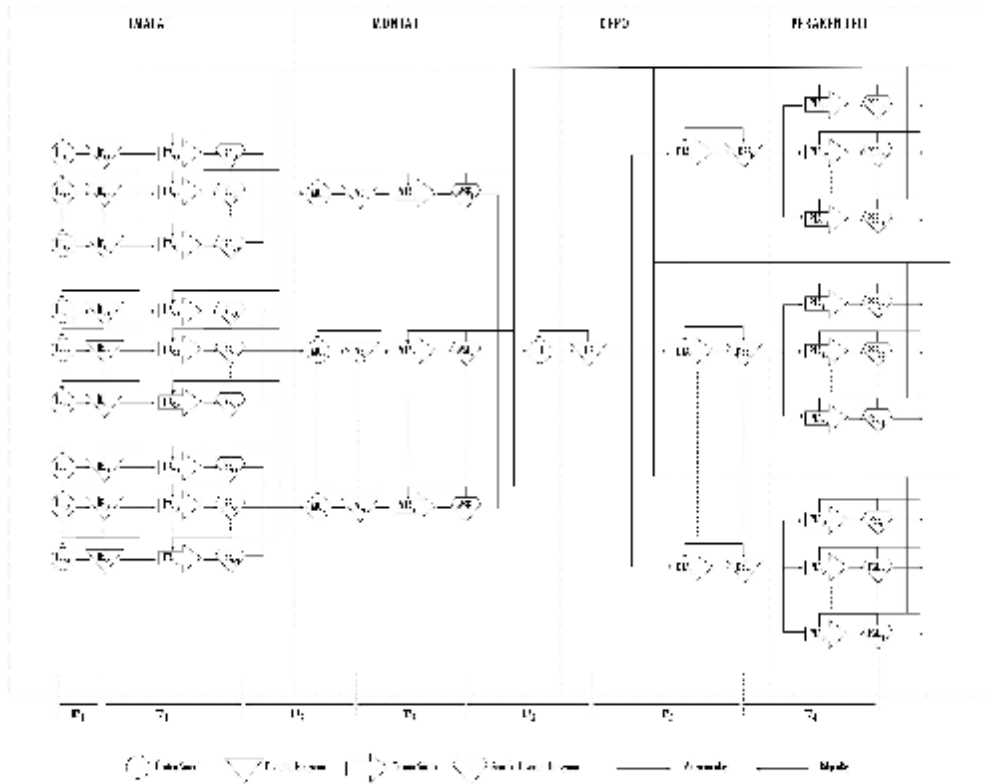
Farklı araştırmacılar tarafından tedarik zinciri yönetiminde üretim kontrolü için itme, çekme ve melez kontrol mekanizmaları alanında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada depo ve perakendeci aşamalarında itme kontrol mekanizması, imalat ve montaj aşamalarında çekme kontrol mekanizmaları kullanılarak melez2 kontrol mekanizması önerilmiştir. Önerilen karşılaştırma modelinde sınırlı kapasite durumu

ele alınmış, ayrıca farklı perakendeci noktalarına ulaşan ani müşteri taleplerinin etkisi araştırılmıştır.

Aşağıda sırasıyla kontrol mekanizmalarının çalışma adımları ve matematiksel formülasyonları açıklanmıştır. Üretim kontrol mekanizmaları yedi farklı adımın kullanımıyla her bir aşamadaki üretim miktarları ve taşıma miktarları hesaplanmıştır.

3.6.1. İtme kontrol mekanizması

İtme kontrol mekanizması, her üretim siparişi ve her aşamadaki taşıma miktarları talep tahmini temelinde hesaplanır. Tedarik zinciri ağının tüm aşamalarında talep tahmini değerine bağlı olarak hesaplama gerçekleştirilir. Aşağıda sırasıyla itme kontrol mekanizmasının çalışma adımları açıklanmıştır. Şekil 3.13 'de tedarik zinciri ağında itme kontrol mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Bütünleşik tedarik zinciri ağında itme kontrol mekanizması şematik gösterimi

Adım 1 Perakendeci aşamasında taşıma miktarlarının belirlenmesi

TZ_4 , parametresi taşıma işleminin gerçekleştiği periyodu ifade eder. Taşıma işleminin ($z+TZ_4$) periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, perakendeci aşaması envanter istasyonundaki seviyesi formül 3.9 ile elde edilir. Daha sonra, perakendeci aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$PTA_z^{q,w} = T_{z,z+TZ_1}^{q,w} + \sum_{h=1}^{TZ_4-1} (T_{z,z+h}^{q,w} - PTA_{z-TZ_4+h}^{q,w}) - PSE_z^{q,w} \quad (3.12)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.38. İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	330	100	359	233	337	634	556	477

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizması birinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.38 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.12 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 337 olarak elde edilmiştir.

Adım 2 Ana depo taşıma miktarlarının belirlenmesi

Ürün, depolama aşaması taşıma işlemi, TZS_3 periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, ürün depolama aşaması envanter seviyesinin formül 3.8 ile elde edilir. Daha sonra, ürün depolama aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$DTA_z^q = \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z,z+TZS_3}^{q,w} + \sum_{h=1}^{TZ_3-1} \left(\sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z,z+TZ_4+h}^{q,w} - DTA_{z-TZ_3+h}^q \right) - DSE_z^q \quad (3.13)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.39. İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	195	67	162	238	321	542	433	820

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında itme kontrol mekanizması ikinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.39 'da gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu deposunda sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.13 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 321 olarak elde edilmiştir.

Adım 3 Üretim miktarlarının hesaplanması

Üretim aşamasında, (TZS_3+UZ_3) periyodu sonrasında talep tahmini gerçekleştirilir. Sipariş verme işlemi, üretim aşaması envanter seviyesinin formül 3.7 ile elde edilir. Daha sonra, ürün depolama aşamasında z. periyottaki üretim miktarı

$$MU_z = \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZS_3+UZ_3}{}^{q,w} - ME_z \quad (3.14)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.40. İtme kontrol mekanizması nihai ürüne ait üretim miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	37	94	204	237	323	472	434	924

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizması üçüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan nihai ürün üretim değerleri Tablo 3.40 'da gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.14 yardımıyla

hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 323 olarak elde edilmiştir.

Adım 4. Montaj taşıma miktarlarının belirlenmesi

Ürün montaj aşamasında taşıma işlemi, (TZS_2+UZ_3) periyodu sonrasında talep tahmini gerçekleştirilir. Sipariş verme işlemi, ürün montaj aşaması envanter seviyesi formül 3.6 ile elde edilir. Ürün, montaj aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$MTA_z^y = \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z,z+TZS_2+UZ_3}^{q,w} + \sum_{h=1}^{TZ_2-1} \left(\sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z,z+TZS_3+UZ_3+h}^{q,w} - MTA_{z-TZ_2+h}^y \right) - MSE_z^y \quad (3.15)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.41. İtme kontrol mekanizması 1 deposuna ait taşıma miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	195	67	162	238	321	542	433	820

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizması dördüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.41 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.15 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 321 olarak elde edilmiştir.

Adım 5 Montaj miktarlarının belirlenmesi

Montaj aşamasında, $((TZS_2+ UZ_2)$ periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, montaj aşaması envanter seviyesi formül 3.5 ile gerçekleştirilir. Ürün montaj aşamasında z. periyottaki montaj miktarı

$$MU_z^y = \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z,z+TZS_2+UZ_2}^{q,w} - ME_z^y \quad (3.16)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.42. İtme kontrol mekanizması 1 alt montaj grubuna ait üretim miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	55	393	229	436	433	678	303	577

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizması beşinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan 1 nolu alt montaj grubu üretim değerleri Tablo 3.42 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.16 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 433 olarak elde edilmiştir.

Adım 6 İmalat parçası taşıma miktarlarının belirlenmesi

İmalat aşamasında taşıma işlemi, ((TZS₁+UZ₃) periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, imalat aşaması envanter seviyesi formül 3.4 ile ayarlanmasından sonra gerçekleştirilir. Ürün imalat aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$ITA_z^{x,y} = \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZS_1+UZ_2+UZ_3}{}^{q,w} + \sum_{h=1}^{TZ_1-1} \left(\sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZS_2+UZ_2+UZ_3+h}{}^{q,w} - ITA_{z-TZ_1+h}^{x,y} \right) - ISE_z^{x,y}$$

(3.17)

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.43. İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	195	67	162	238	321	542	433	820

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında itme kontrol mekanizması altıncı adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.43 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.17 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 321 olarak elde edilmiştir.

Adım 7 İmalat parçası üretim miktarlarının belirlenmesi

İmalat parçası üretim aşamasında, (TZS_1+UZS_1) periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, imalat aşaması envanter seviyesi formül 3.3 ile ayarlanmasından sonra gerçekleştirilir. Ürün depolama aşamasında z. periyottaki üretim miktarı

$$IU_z^{x,y} = \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZS_1+UZ_1+UZ_2+UZ_3}{}^{q,w} - IE_z^{x,y} \quad (3.18)$$

formülü ile elde edilir.

Tablo 3.44. İtme kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait üretim miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	56	399	225	442	433	678	303	577

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında itme kontrol mekanizması yedinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1.1 nolu imalat parçası üretim değerleri Tablo 3.44 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.18 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 433 olarak elde edilmiştir.

3.6.1.1. Sipariş Büyüklüğünün Belirlenmesi

Modelde, perakendeci noktasında LFL (ihtiyaç kadar sipariş), ESM (ekonomik sipariş miktarı), PSM (periyodik sipariş miktarı), SSM (sabit sipariş miktarı) yöntemleri kullanılarak elde edilen sipariş miktarları tedarik zinciri sistemine ilave

edilmiş ve. aniden gelen sipariş olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde sonraki periyotlardaki sipariş miktarı değerleri elde edilmiştir. Müşteriden gelen siparişlerle tedarik zinciri sisteminin performansındaki değişim gözlemlenmiştir. Çekme ve melez kontrol mekanizmaları daha küçük sipariş büyüklükleri çalışmasından dolayı itme ve melez2 üretim kontrol mekanizmalarında kullanılması daha uygundur. Bu mekanizmalarda müşteriden gelen ani talebin artması durumunda envantere bulunmama riski artacaktır. Üretim kontrol mekanizmaları Formül 3.9 kullanımıyla elde edilen taşıma ve envanter miktarları hesaplanmış ve tablolar halinde gösterilmiştir.

$$SE_z^{q,w(4)} = SE_{z-1}^{q,w(4)} + TA_{z-TZ_4}^{q,w(4)} - T_z^{q,w} + O_t^{q,w} \quad (3.19)$$

Tablo 3.45. İtme kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait son envanter miktarları tablosu

	PSE[1,1,1]	PSE[1,1,2]	PSE[1,1,3]
Mevcut	14	17	31
LFL	7	17	44
ESM	77	-23	69
PSM	7	17	44
SSM	82	-14	25

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizmasında sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri kullanılarak elde edilen siparişlerin eklenmesiyle, üç periyotta hesaplanan 1.1 nolu perakendeciye ait sonraki envanter değerleri Tablo 3.45 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu perakendeci noktasındaki üç periyottaki sonraki envanter değerleri formül 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 3.46. İtme kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait taşıma miktarları tablosu

	PTA[1,1,1]	PTA[1,1,2]	PTA[1,1,3]
Mevcut	31	34	62
LFL	10	27	17
ESM	60	46	67
PSM	10	27	17
SSM	65	9	2

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizmasında sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri kullanılarak elde edilen siparişlerin eklenmesiyle, üç periyotta hesaplanan 1.1 nolu perakendeciye ait taşıma değerleri Tablo 3.46 'da

gösterilmiştir. 1.1 nolu perakendeci noktasındaki üç periyottaki sonraki taşıma değerleri formül 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

3.6.1.2. Kapasite Planlama

Bütünleşik tedarik zinciri ağında ürünlerin üretimi genellikle yüksek miktarlar ve hacimlerde bir çizelgeye göre planlanır ve uygulanır. Üretim sırasında malzemeler devamlı bir akış halindedir. Bu akış içinde farklı ürünleri belirlenen sıraya bağlı olarak üretilmektedir.

Sabit rotaların kullanılmasıyla mevcut kapasite yüksek hacimdeki birimleri kesikli olarak üretilir. Genellikle, iş emirleri (siparişleri) kullanılmaz, fakat gerektiğinde kullanılması mümkündür. Ürünler genellikle standart bileşenlerden meydana geldiği düşünülmektedir.

Bütünleşik tedarik zinciri ağı, montaj aşamasındaki nihai ürün üretim miktarı formül 3.20 yardımıyla sınırlandırılmıştır.

$$U_z \leq KAP_z \quad (3.20)$$

Bütünleşik tedarik zinciri ağı, montaj aşamasındaki alt montaj grupları üretim miktarı formül 3.21 yardımıyla sınırlandırılmıştır.

$$MU_z^y \leq KAP_z^y \quad (3.21)$$

Bütünleşik tedarik zinciri ağı, imalat aşamasındaki imalat parçaları üretim miktarı formül 3.21 yardımıyla sınırlandırılmıştır.

$$\dot{I}U_z^{x,y} \leq KAP_z^{x,y} \quad (3.22)$$

Model, imalat ve montaj aşamalarında kapasite kısıtı ele alınmıştır. Bütünleşik tedarik zincir ağı, imalat ve montaj aşamalarında kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyotta bekleyen iş emirleri olarak düşünülmüştür. İmalat

ve montaj aşamalarındaki kapasite başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.47, Tablo 3.48 ve Tablo 3.49 'da verilmiştir. Bu kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyota üretim gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Örneğin, alt montaj grubu birinci hafta üretimi 55 adet / hafta iken mevcut kapasitesinin %30 kullanılmaktadır. İtme kontrol mekanizmasında ikinci haftada mevcut kapasitesini aşmaktadır. Bu durumunda sonraki periyotlara üretim miktarı dağıtılması ile üretim gerçekleştirilir.

Tablo 3.47. İtme kontrol mekanizması son ürüne ait kapasite değerleri

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı	37	94	204	237	323	472	434	924
Mevcut Kapasite	180	180	180	180	180	240	240	240

Tablo 3.48. İtme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj bileşenine ait kapasite değerleri

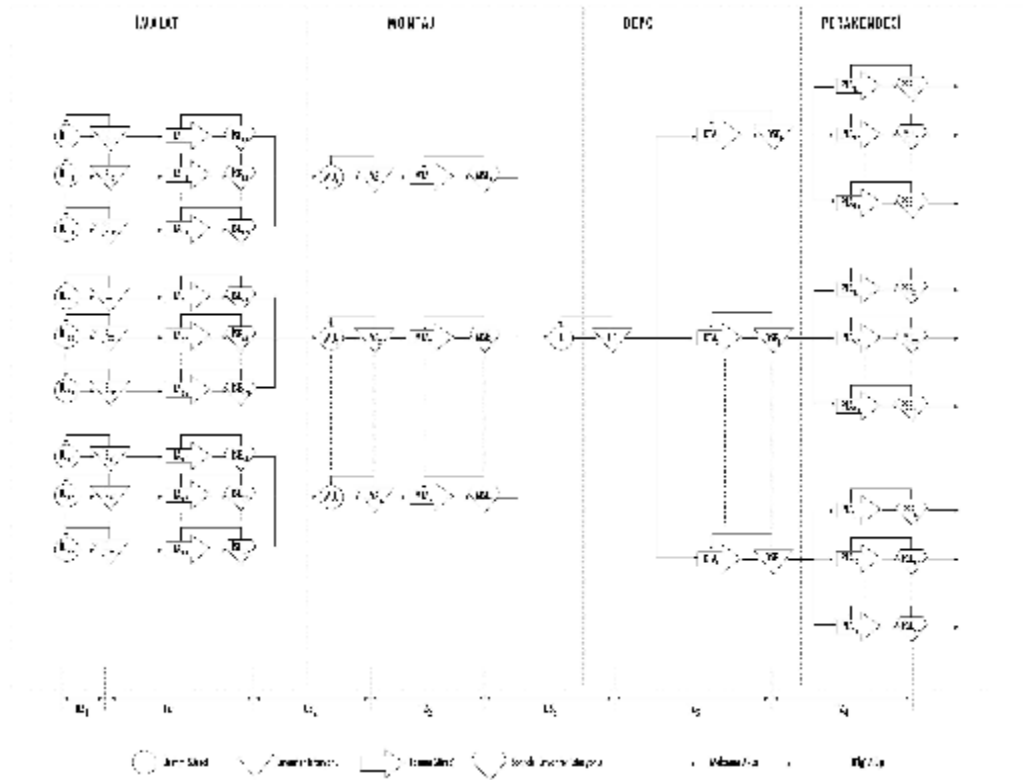
1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı	55	393	229	436	433	678	303	577
Mevcut Kapasite	180	240	240	360	360	360	360	360

Tablo 3.49. İtme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait kapasite değerleri

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı	55	393	229	436	433	678	303	577
Mevcut Kapasite	180	180	240	240	360	360	360	240

3.6.2. Çekme kontrol mekanizması

Çekme kontrol mekanizması, her üretim siparişi ve her aşamadaki taşıma miktarları için müşteriden gelen talep temel alınarak hesaplanır. Tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki sipariş miktarları müşteri talep değerine bağlı olarak değerlendirilir. Aşağıda sırasıyla çekme kontrol mekanizmasının çalışma adımları açıklanmış, Şekil 3.14 'de tedarik zinciri ağında çekme kontrol mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Bütünleşik tedarik zinciri ağında çekme kontrol mekanizması şematik gösterimi

Adım 1 Perakendeci aşamasında taşıma miktarlarının belirlenmesi

Perakendeci aşamasında z periyodundaki taşıma miktarı gerçek talebe eşittir. Perakendeci aşaması envanter istasyonundaki seviyeleri formül 3.9 'dan hareketle değerlendirilir. Perakendeci aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$PTA_z^{q,w} = T_z^{q,w} \quad (3.23)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.50. Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	8	21	31	54	93	140	137	241

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında çekme kontrol mekanizması birinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.50 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.23 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 93 olarak elde edilmiştir.

Adım 2 Ana depo taşıma miktarlarının belirlenmesi

Dördüncü aşamada taşınan miktarlarda olduğu gibi üçüncü taşıma aşamasının siparişleri aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi taleple ilgili olarak değerlendirilir. Ana depo aşaması taşıma miktarı ($z-TZ_4$) periyodundaki perakendeci aşamasındaki gerçek taleplerin toplamına denktir. Ana depo aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.8 ile elde edilerek ana depo aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$DTA_z^q = \sum_{w=1}^{a_{q,4}} PTA_{z-TZ_4}^{q,w} (= \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-TZ_4}^{q,w}) \quad (3.24)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.51. Çekme kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	32	62	93	112	166	263	207	450

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında çekme kontrol mekanizması ikinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.51 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu deposunda sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.24 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 166 olarak elde edilmiştir.

Adım 3 Üretim miktarlarının hesaplanması

Montaj aşamasındaki nihai ürün üretim miktarı, (z-UZ₃) periyodundaki taşıma süreçlerinin tümünde taşınan miktarların toplamı ile hesaplanır. Üçüncü aşama envanter seviyeleri formül 3.7 ile değerlendirilir. Üçüncü aşamadaki üretim miktarı aşağıdaki formül kullanılarak ifade edilir.

$$MU_z = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z-UZ_3}^q (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(TZS_3)}^{q,w}) \quad (3.25)$$

Tablo 3.52. Çekme kontrol mekanizması son ürüne ait üretim miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı	70	93	123	147	208	280	269	632

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizması üçüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan nihai ürün üretim değerleri Tablo 3.52 'de gösterilmiş, nihai ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.25 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 208 olarak elde edilmiştir.

Adım 4. Montaj taşıma miktarlarının belirlenmesi

Montaj aşaması taşıma miktarı ($z-UZ_3$) periyodundaki üretim miktarına eşittir. Aynı zamanda, ($z-UZ_3+TZS_3$) periyodundaki taleplerin toplamına eşittir. Montaj aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.6 ile gözlemlenir. Montaj aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$MTA_z^y = MU_{z-UZ_3}^{(3)} (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(UZ_3+TZS_3)}^{q,w}) \quad (3.26)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.53. Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı	32	62	93	112	166	263	207	450

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizması dördüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.53 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.26 yardımıyla hesaplanmış, örneğin, itme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 166 olarak elde edilmiştir.

Adım 5 Montaj miktarlarının belirlenmesi

Montaj aşamasındaki alt montaj miktarı, ($z-TZ_2$) periyodundaki ikinci aşama taşıma süreçleri miktarıdır. Aynı zamanda, ($z-(UZ_3+TZS_2)$) periyodundaki taleplerin toplamına da eşittir. Montaj aşaması envanter seviyeleri formül 3.5 ile değerlendirilerek, montaj aşamasındaki z . periyottaki alt montaj grubu üretim miktarı

$$MU_z^y = MTA_{z-TZ_2}^y (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(UZ_3+TZS_2)}^{q,w}) \quad (3.27)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.54. Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait üretim miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	26	38	59	93	120	193	173	333

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizması beşinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1 nolu alt montaj grubu üretim değerleri Tablo 3.54 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.27 yardımıyla hesaplanmıştır, örneğin, çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 433 olarak elde edilmiştir.

Adım 6 İmalat parçası taşıma miktarlarının belirlenmesi

İmalat parçası taşıma miktarı ($z-UZ_2$) periyodundaki üretim miktarına eşittir. Aynı zamanda, ($z-(UZS_2+TZS_2)$) periyodundaki taleplerin toplamına eşittir. İmalat aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.4 ile gözlemlenir. İmalat aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$\dot{ITA}_z^{x,y} = MU_{z-UZ_2}^y \left(= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(UZS_2+TZS_2)}^{q,w} \right) \quad (3.28)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.55. Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	32	62	93	112	166	263	207	450

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında çekme kontrol mekanizması altıncı adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.55 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.28 yardımıyla

hesaplanmış, örneğin çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 166 olarak elde edilmiştir.

Adım 7. İmalat parçası üretim miktarlarının belirlenmesi

Birinci aşamadaki imalat parçası üretim miktarları, $(z-TZ_1)$ periyodundaki birinci aşama taşıma süreçleri miktarıdır. Aynı zamanda, $(z-(UZS_2+TZS_1))$ periyodundaki taleplerin toplamında eşittir. İmalat aşaması envanter seviyeleri formül 3.3 ile değerlendirilerek, montaj aşamasındaki z . periyottaki imalat parçası üretim miktarı

$$IU_z^{x,y} = ITA_{z-TZ_1}^{x,y} (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(TZ_1+UZS_2+TZS_2)}^{q,w}) \quad (3.29)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.56. Çekme kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	5	11	18	29	50	93	112	185

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında çekme kontrol mekanizması yedinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1.1 nolu imalat parçası üretim değerleri Tablo 3.56 'da gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.29 yardımıyla hesaplanmış, örneğin çekme kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 50 olarak elde edilmiştir.

3.6.2.1. Kapasite Planlama

Modelde, imalat ve montaj aşamasında kapasite kısıtı ele alınmıştır. Bütünleşik tedarik zincir ağı, imalat ve montaj aşamalarında kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyotta bekleyen iş emirleri olarak düşünülmüştür. İmalat ve montaj aşamalarındaki kapasite başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.57, Tablo 3.58 ve Tablo 3.59 'da verilmiştir. Bu kapasite değerlerinin

aşıldığı durumlarda bir sonraki periyota üretim gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Örneğin, alt montaj grubu birinci hafta üretimi 26 adet / hafta iken mevcut kapasitesinin %30 kullanılmaktadır. Çekme kontrol mekanizmasında altıncı haftada mevcut kapasitesini aşmaktadır. Bu durumda sonraki periyotlara üretim miktarı dağıtılması ile üretim gerçekleştirilir.

Tablo 3.57. Çekme kontrol mekanizması son ürüne ait kapasite değerleri

Nihai ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	70	93	123	147	208	280	269	632
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	180	180	180	240	240	240

Tablo 3.58. Çekme kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri

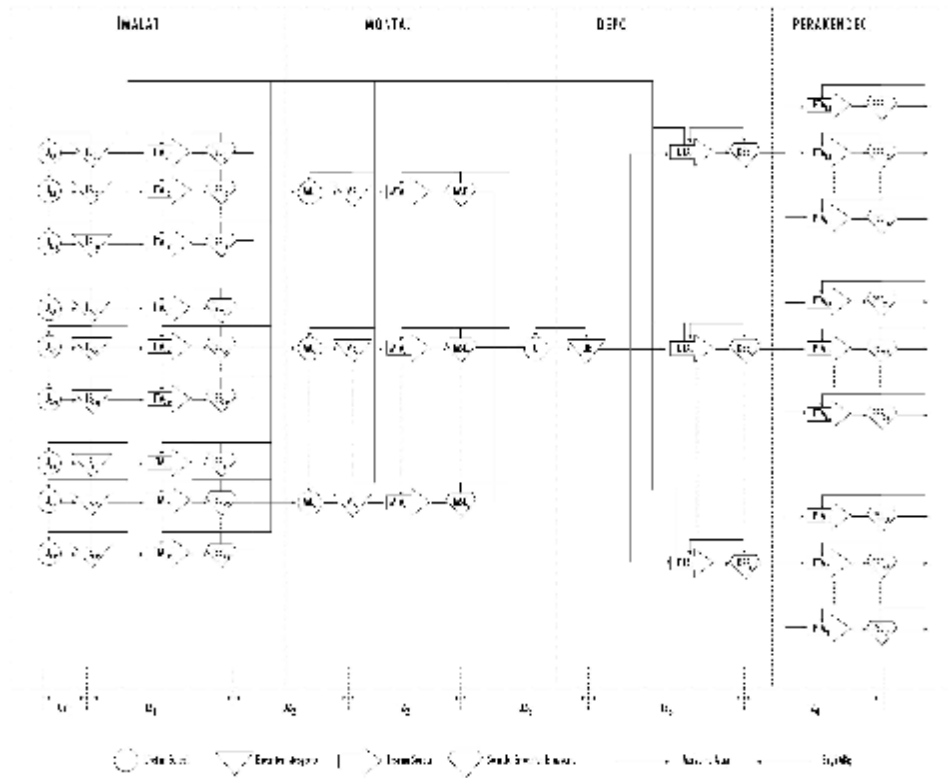
1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	26	38	59	93	120	193	173	333
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	240	240	360	360	360	360	360

Tablo 3.59. Çekme kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait kapasite değerleri

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	5	11	18	29	50	93	112	185
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	240	240	360	360	360	240

3.6.3. Melez kontrol mekanizması

Melez kontrol mekanizmasının imalat ve montaj aşamasında itme, depo ve perakendeci aşamasında çekme kontrol mekanizması kabul edilmiştir. Her üretim siparişi ve her aşamadaki taşıma miktarları depo ve perakendeci aşamalarında gerçek talep, imalat ve montaj aşamalarında tahmin temeline dayanmaktadır. Aşağıda sırasıyla melez kontrol mekanizmasının çalışma adımları açıklanmış, Şekil 3.15’de tedarik zinciri ağında çekme kontrol mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Bütünleşik tedarik zinciri ağında melez kontrol mekanizması şematik gösterimi

Adım 1 Perakendeci aşamasında taşıma miktarlarının belirlenmesi

Perakendeci aşamasındaki taşıma miktarı gerçek talebe eşittir. Perakendeci aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.9 ile değerlendirilmektedir. Perakendeci aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$PTA_z^{q,w} = T_z^{q,w} \quad (3.30)$$

formülü ile gösterilir.

Tablo 3.60. Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	1192	310	1028	736	882	1606	1343	2035

Tedarik zinciri ağının, perakendeci aşamasında melez kontrol mekanizmasının birinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.60 'da gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.30 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 882 olarak elde edilmiştir.

Adım 2 Ana depo taşıma miktarlarının belirlenmesi

Ana depo aşaması taşıma miktarı (z-TZ₄) periyodundaki taşıma miktarlarının toplamına denktir. Aynı zamanda, (z-TZ₄) periyodundaki üçüncü aşama taleplerin toplamıdır. Depo aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.8 ile değerlendirilmektedir. Ana depo aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$DTA_z^q = \sum_{q=1}^{a_{q,4}} PTA_{z-TZ_4}^{q,w} (= \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-TZ_4}^{q,w}) \quad (3.31)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.61. Melez kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	512	189	308	337	405	761	599	1002

Tedarik zinciri ağının depo aşamasında melez kontrol mekanizması ikinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.61 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu depoda sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.31 yardımıyla

hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 405 olarak elde edilmiştir.

Adım 3 Üretim miktarlarının hesaplanması

Üçüncü aşamadaki üretim miktarı, $(z+UZ_3)$ periyodundaki üçüncü aşama taşıma süreçlerinin tümünde taşınan miktarların toplamının tahmini ile elde edilmektedir. Bu aşamadaki z periyodunda envanter seviyesinin çıkarılmasıyla üretim miktarı hesaplanır. Üçüncü aşamadaki envanter seviyeleri formül 3.7 ile gözlemlenir. Üçüncü aşamadaki üretim miktarı aşağıdaki formül kullanılarak değerlendirilir.

$$MU_z = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+TZ_3}^q - ME_t \quad (3.32)$$

Tablo 3.62. Melez kontrol mekanizması nihai ürüne ait üretim miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	112	139	219	252	294	458	440	763

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizmasının üçüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan nihai ürün üretim değerleri Tablo 3.62 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.32 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 294 olarak elde edilmiştir.

Adım 4 Montaj taşıma miktarlarının belirlenmesi

Ürün montaj aşamasında taşıma işlemi, $((TZS_2+UZ_3)$ taşıma tedarik zamanı periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, ürün montaj aşaması envanter seviyesi formül 3.6 ile elde edilir. Daha sonra ürün montaj aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$MTA_z^y = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+TZ_2+UZ_3}^q + \sum_{h=1}^{TZ_3-1} \left(\sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+TZ_3+h}^{q(3)} - MTA_{z-TZ_2+h}^y \right) - MSE_z^y \quad (3.33)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.63. Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	512	189	308	337	405	761	599	1002

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizması dördüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.63 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.33 yardımıyla hesaplanmış, örneğin melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 405 olarak elde edilmiştir.

Adım 5 Montaj miktarlarının belirlenmesi

Montaj aşamasında, $((TZS_2+UZS_2) < \text{taşıma tedarik zamanı}(\text{taşıma zamanı})$ periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, montaj aşaması envanter seviyesi formül 3.5 ile ayarlanmasından sonra gerçekleştirilir. Ürün montaj aşamasında z. periyottaki montaj miktarı

$$MU_z^y = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+TZ_2+UZS_2}^q - ME_z^y \quad (3.34)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.64. Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait üretim miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	129	618	460	512	629	1080	952	1525

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizmasının beşinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1 nolu alt montaj grubu üretim değerleri Tablo 3.64 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.34 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 629 olarak elde edilmiştir.

Adım 6 İmalat parçası taşıma miktarlarının belirlenmesi

İmalat aşamasında taşıma işlemi, $((TZS_1+UZ_3) < \text{taşıma tedarik zamanı}(\text{taşıma zamanı})$ periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, imalat aşaması envanter seviyesi formül 3.4 ile elde edilir. Daha sonra, imalat aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$\dot{ITA}_z^{x,y} = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+UZ_2+UZ_3+TZ_1+TZ_2}^q + \sum_{h=1}^{TZ_1-1} \left(\sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+UZS_2+TZ_2+h}^q - \dot{ITA}_{z-TZ_1+h}^{x,y} \right) - \dot{ISE}_z^{x,y} \quad (3.35)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.65. Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları

1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	1192	310	1028	736	882	1606	1343	2035

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez kontrol mekanizmasının altıncı adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.65 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.35 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 882 olarak elde edilmiştir.

Adım 7 İmalat parçası üretim miktarlarının belirlenmesi

İmalat parçası üretim aşamasında, (TZS_1+UZS_1) <taşıma tedarik zamanı(taşıma zamanı) periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, imalat aşaması envanter seviyesi formül 3.3 ile elde edilir. Daha sonra, imalat aşamasında z. periyottaki üretim miktarı

$$\dot{I}U_z^{x,y} = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z,z+UZS_1+TZ_1+TZ_2}^q - \dot{I}E_z^{x,y} \quad (3.36)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.66. Melez kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları

1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	258	1444	807	1388	1345	2103	1936	2959

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez kontrol mekanizması yedinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1.1 nolu imalat parçası üretim değerleri Tablo 3.66 'da gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.36 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 134 olarak elde edilmiştir.

3.6.3.1. Kapasite Planlama

Modelde, imalat ve montaj aşamasında kapasite kısıtı ele alınmıştır. Bütünleşik tedarik zincir ağı, imalat ve montaj aşamalarında kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyotta bekleyen iş emirleri olarak düşünülmüştür. İmalat ve montaj aşamalarındaki kapasite başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 3.67, Tablo 3.68 ve Tablo 3.69 'da verilmiştir. Bu kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyota üretim gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Örneğin, alt montaj grubu birinci hafta üretimi 129 adet / hafta iken mevcut kapasitesinin %71 kullanılmaktadır. Melez kontrol mekanizması montaj aşamasında

ikinci haftada mevcut kapasitesini aşmaktadır. Bu durumunda sonraki periyotlara üretim miktarı dağıtılması ile üretim gerçekleştirilir.

Tablo 3.67. Melez kontrol mekanizması son ürüne ait kapasite değerleri

Nihai ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	112	139	219	252	294	458	440	763
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	180	180	180	240	240	240

Tablo 3.68. Melez kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri

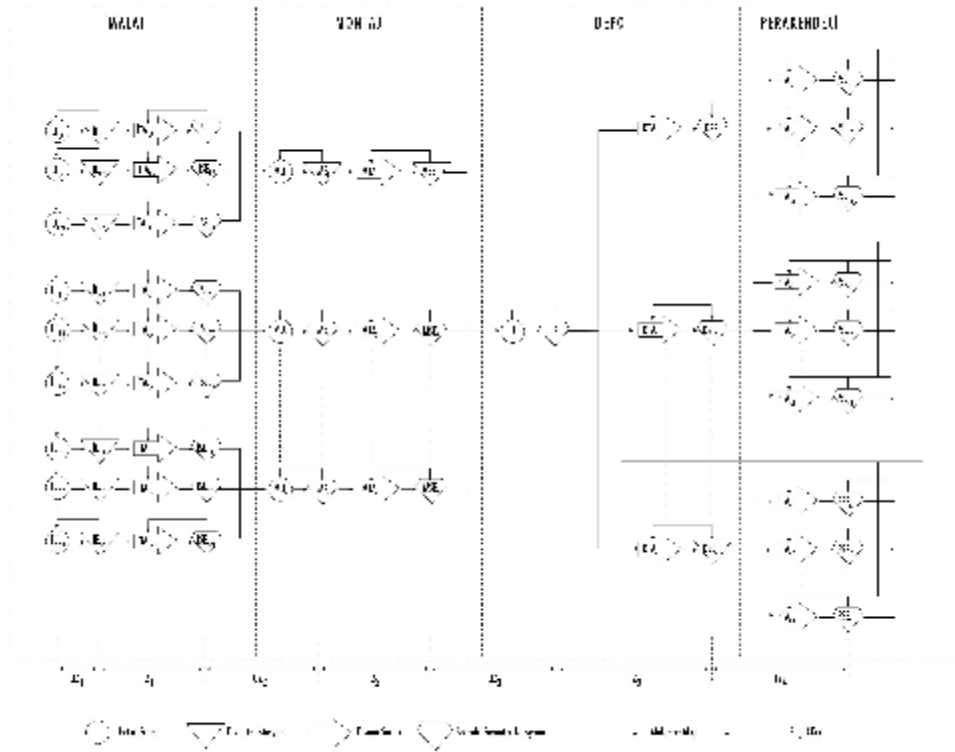
1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	129	618	460	512	629	1080	952	1525
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	240	240	360	360	360	360	360

Tablo 3.69. Melez kontrol mekanizması 1.1 imalat parçasına ait kapasite değerleri

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	258	1444	807	1388	1345	2103	1936	2959
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	240	240	360	360	360	240

3.6.4. Melez2 kontrol mekanizması

Melez2 kontrol mekanizmasının imalat ve montaj aşamasında çekme, depo ve perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizması kabul edilmiştir. Her üretim siparişi ve her aşamadaki taşıma miktarları depo ve perakendeci aşamalarında talep tahmini, imalat ve montaj aşamalarında gerçek talep temelinde hesaplanmaktadır. Aşağıda sırasıyla melez2 kontrol mekanizmasının çalışma adımları açıklanmıştır. Şekil 3.16 'da tedarik zinciri ağında melez2 kontrol mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Bütünleşik tedarik zinciri ağında melez2 kontrol mekanizması şematik gösterimi

Adım 1 Perakendeci aşamasında taşıma miktarlarının belirlenmesi

TZ_4 , parametresi taşıma tedarik zamanı taşıma işleminin gerçekleştiği periyodu ifade eder. Taşıma işleminin ($z+TZ_4$) periyodu sonrasında talep tahmini gerçekleştirilir. Sipariş verme işlemi, perakendeci aşaması envanter istasyonundaki seviyenin formül 3.9 ile elde edilir. Daha sonra, perakendeci aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$PTA_z^{q,w} = T_{z,z+TZ_4}^{q,w} + \sum_{q=1}^{TZ_4-1} (T_{z,z+h}^{q,w} - PTA_{z-TZ_4+h}^{q,w}) - PSE_z^{q,w} \quad (3.37)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.70. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu perakendecisine ait taşıma miktarları

1.1 nolu perakendeci								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	8	21	31	53	93	140	137	240

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının birinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.70 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1.1 nolu perakendeci noktasındaki sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.37 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 93 olarak elde edilmiştir.

Adım 2 Ana depo taşıma miktarlarının belirlenmesi

Ürün depolama aşamasında taşıma işlemi, $(TZS_3) < \text{taşıma tedarik zamanı}(\text{taşıma zamanı})$ periyodu sonrasında talep tahmini yapılır. Sipariş verme işlemi, ürün depolama aşaması envanter seviyesinin formül 3.8 ile elde edilir. Daha sonra, ürün depolama aşamasında z. periyottaki taşıma miktarı

$$DTA_z^q = \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZS_3}{}^{q,w} + \sum_{h=1}^{TZ_3-1} \left(\sum_{w=1}^{a_{q,4}} T'_{z,z+TZ_4+h}{}^{q,w} - DTA_{z-TZ_3+h}^q \right) - DSE_z^q \quad (3.38)$$

formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.71. Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu deposuna ait taşıma miktarları

1 nolu depo								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	32	62	93	112	166	263	207	450

Tedarik zinciri ağı, depo aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının ikinci adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.71 'de gösterilmiştir. Son ürünün 1 nolu deposunda sekiz periyottaki taşıma değerleri

formül 3.38 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 166 olarak elde edilmiştir.

Adım 3 Üretim miktarlarının hesaplanması

Üçüncü aşamadaki üretim miktarı, $(z-UZ_3)$ periyodundaki üçüncü aşama taşıma süreçlerinin tümünde taşınan miktarların toplamı ile hesaplanır. Üçüncü aşama envanter seviyeleri formül 3.7 ile gözlemlenir. Üçüncü aşamadaki üretim miktarı aşağıdaki formül kullanılarak ifade edilir.

$$MU_z = \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z-TZ_3}^q \quad (3.39)$$

Tablo 3.72. Melez2 kontrol mekanizması son ürüne ait üretim miktarları

Nihai Ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	70	93	123	147	208	280	269	632

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizması üçüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan nihai ürün üretim değerleri Tablo 3.72 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.39 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 208 olarak elde edilmiştir.

Adım 4 Montaj taşıma miktarlarının belirlenmesi

Montaj aşaması taşıma miktarı $(z-UZ_3)$ periyodundaki üretim miktarına eşittir. Aynı zamanda, $(z-UZ_3+TZS_3)$ periyodundaki taleplerin toplamına eşittir. Montaj aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.6 ile elde edilir. Montaj aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$MTA_z^y = MU_{z-UZ_3} (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} T_{z-(UZ_3)}^{q,w}) \quad (3.40)$$

formülü ile ifade edilir.

Tablo 3.73. Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait taşıma miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	32	62	93	112	166	263	207	450

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının dördüncü adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.73 'de gösterilmiştir. 1 nolu alt montaj grubunun sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.40 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 166 olarak elde edilmiştir.

Adım 5 Montaj miktarlarının belirlenmesi

Üçüncü aşamadaki montaj miktarı, (z-TZ₂) periyodundaki ikinci aşama taşıma süreçleri miktarıdır. Aynı zamanda, (z- (UZ₃+TZS₂)) periyodundaki taleplerin toplamına da eşittir. Montaj aşaması envanter seviyeleri formül 3.5 ile elde edilir. Montaj aşamasındaki z. periyottaki üretim miktarı

$$MU_z^y = MTA_{z-TZ_2}^y (= \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z-(UZ_3+TZ_3)}^q) \quad (3.41)$$

formülü ile ifade edilir.

Tablo 3.74. Melez2 kontrol mekanizması 1 alt montaj grubuna ait üretim miktarları

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	26	38	59	93	120	193	173	333

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının beşinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1 nolu alt montaj grubu üretim değerleri Tablo 3.74 'de gösterilmiştir. Son ürünün sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.41 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 120 olarak elde edilmiştir.

Adım 6 İmalat parçası taşıma miktarlarının belirlenmesi

İmalat parçası taşıma miktarı ($z-UZ_2$) periyodundaki üretim miktarına eşittir. Aynı zamanda, ($z-(UZS_2+TZS_2)$) periyodundaki taleplerin toplamına eşittir. İmalat aşaması, envanter istasyonu seviyeleri formül 3.4 ile gözlemlenir. İmalat aşamasında z . periyottaki taşıma miktarı

$$\dot{ITA}_z^{x,y} = MU_{z-UZ_2}^y \left(= \sum_{q=1}^{a_3} DTA_{z-(UZ_2+TZ_2+TZ_3)}^q \right) \quad (3.42)$$

formülü ile ifade edilir.

Tablo 3.75. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait taşıma miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Taşıma Miktarı (adet/hafta)	8	21	31	54	93	140	137	241

Tedarik zinciri ağı, imalat aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının altıncı adımında farklı periyotlarda hesaplanan taşıma değerleri Tablo 3.75 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki taşıma değerleri formül 3.42 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki taşıma değeri 93 olarak elde edilmiştir.

Adım 7 İmalat parçası üretim miktarlarının belirlenmesi

Birinci aşamadaki imalat parçası üretim miktarları, ($z-TZ_1$) periyodundaki birinci aşama taşıma süreçleri miktarıdır. Aynı zamanda, ($z-(UZS_2+TZS_1)$) periyodundaki

taleplerin toplamında eşittir. İmalat aşaması envanter seviyeleri formül 3.3 ile gerçekleştirilir. Montaj aşamasındaki z. periyottaki üretim miktarı

$$\dot{I}U_z^{x,y} = \dot{I}TA_{z-TZ_1}^{x,y} (= \sum_{q=1}^{a_3} \sum_{w=1}^{a_{q,4}} PTA_{z-(TZ_1+TZ_2+UZ_1+UZ_2)}^{q,w}) \quad (3.43)$$

formülü ile ifade edilir.

Tablo 3.76. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait üretim miktarları

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	5	11	18	29	50	93	112	185

Tedarik zinciri ağı, montaj aşamasında melez2 kontrol mekanizmasının yedinci adımı, farklı periyotlarda hesaplanan 1.1 nolu imalat parçası üretim değerleri Tablo 3.76'da gösterilmiştir. 1.1 nolu imalat parçasının sekiz periyottaki üretim değerleri formül 3.43 yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin, melez2 kontrol mekanizmasına göre beşinci periyottaki envanter değeri 50 olarak elde edilmiştir.

3.6.4.1 Sipariş Büyüklüğünün Belirlenmesi

Modelde, perakendeci noktasında LFL (ihtiyaç kadar sipariş), ESM (ekonomik sipariş miktarı), PSM (periyodik sipariş miktarı), SSM (sabit sipariş miktarı) yöntemleri kullanılarak elde edilen sipariş miktarları tedarik zinciri sistemine ilave edilmiş ve aniden gelen sipariş olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde, sonraki periyotlardaki sipariş miktarı değerleri elde edilmiştir. Müşteriden gelen siparişlerle tedarik zinciri sisteminin performansındaki değişim gözlemlenmiştir. Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri, çekme ve melez kontrol mekanizmaları daha küçük sipariş büyüklüklerinin dikkate alınmasından dolayı itme ve melez2 üretim kontrol mekanizmalarında kullanılması daha uygundur. Bu mekanizmalarda müşteriden gelen ani talebin artması durumunda envanterde bulunmama riski artacaktır. Üretim

kontrol mekanizmaları Formül 3.9 kullanımıyla elde edilen taşıma ve envanter miktarları hesaplanmış ve tablolar halinde gösterilmiştir.

Tablo 3.77. Melez2 kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait perakendeci aşaması envanter miktarları tablosu

	PSE[1,1,1]	PSE4[1,1,2]	PSE4[1,1,3]
Mevcut	14	17	31
LFL	7	17	44
ESM	77	23	69
PSM	7	17	44
SSM	82	14	25

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizmasında sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri kullanılarak elde edilen siparişlerin eklenmesiyle, üç periyotta hesaplanan 1.1 nolu perakendeciye ait sonraki envanter değerleri Tablo 3.77 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu perakendeci noktasındaki üç periyottaki sonraki envanter değerleri formül 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 3.78 Melez2 kontrol mekanizması sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine ait perakendeci aşaması taşıma miktarları tablosu

	PTA4[[1,1,1]	PTA4[1,1,2]	PTA4[1,1,3]
Mevcut	31	34	62
LFL	10	27	17
ESM	60	46	67
PSM	10	27	17
SSM	65	9	2

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında itme kontrol mekanizmasında sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri kullanılarak elde edilen siparişlerin eklenmesiyle, üç periyotta hesaplanan 1.1 nolu perakendeciye ait sonraki envanter değerleri Tablo 3.78 'de gösterilmiştir. 1.1 nolu perakendeci noktasındaki üç periyottaki sonraki envanter değerleri formül 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

3.6.4.2. Kapasite Planlama

Modelde, imalat ve montaj aşamasında kapasite kısıtı ele alınmıştır. Bütünleşik tedarik zincir ağı, imalat ve montaj aşamalarında kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyotta bekleyen iş emirleri olarak düşünülmüştür. İmalat ve montaj aşamalarındaki kapasite başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve

Tablo 3.79, Tablo 3.80 ve Tablo 3.81 'de verilmiştir. Bu kapasite değerlerinin aşıldığı durumlarda bir sonraki periyotta üretim gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Örneğin, alt montaj grubu birinci hafta üretimi 26 adet / hafta iken mevcut kapasitesinin %14 'ü kullanılmaktadır. Geliştirilen melez2 kontrol mekanizmasının altıncı haftasında mevcut kapasitesini aşmaktadır. Bu durum sonraki periyotlara üretim miktarı dağıtılması ile üretim gerçekleştirilir.

Tablo 3.79. Melez2 kontrol mekanizması nihai ürüne ait kapasite değerleri

Nihai ürün								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	70	93	123	147	208	280	269	632
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	180	180	180	240	240	240

Tablo 3.80. Melez2 kontrol mekanizması 1 nolu alt montaj grubuna ait kapasite değerleri

1 nolu alt montaj grubu								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	26	38	59	93	120	193	173	333
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	240	240	360	360	360	360	360

Tablo 3.81. Melez2 kontrol mekanizması 1.1 nolu imalat parçasına ait kapasite değerleri

1.1 nolu imalat parçası								
Zaman Periyodu (hafta)	1	2	3	4	5	6	7	8
Üretim Miktarı (adet/hafta)	5	11	18	29	50	93	112	185
Mevcut Kapasite (adet/hafta)	180	180	240	240	360	360	360	240

Bir sonraki bölümde, önerilen modelin benzetim modeli tasarlanmıştır. Benzetim modeli, gerçek ortam verileri kullanılarak test edilmiş ve pratikteki problemlere çözüm sağlayıp sağlayamadığı araştırılmıştır. Farklı talep durumları, kapasite kısıtı ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerine bağlı olarak farklı senaryolar

oluşturulmuştur. Bu ilave kısıtların eklenmesiyle bütünlüşik tedarik zinciri ağında meydana gelen değişimler araştırılmıştır.

BÖLÜM 4. BENZETİM MODELİ TASARIMI

Bu bölümde, önerilen modellerle oluşturulan dört farklı senaryoya ait üretim kontrol mekanizmalarının, başarı analizleri yapılmıştır. Bu amaçla benzetim modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan benzetim modelinin çalışması adım adım açıklanmıştır.

4.1. Çalışmanın Amacı

Bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılması için benzetim modeli geliştirilmiştir. Bu modelde üretim kontrol mekanizmalarının birbirlerine göre üstünlükleri belirlenmiştir. Benzetim modeli, farklı perakendeci taleplerine göre her aşamadaki (imala, montaj, depo ve perakendeci) sipariş miktarının belirlenmesine olanak sağlayacak şekilde ve stokastik modelleme yaklaşımı kullanılarak, her bir planlama periyodundaki üretim, taşıma miktarı, envanter değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Modelin çalışmasının ilk adımında, başlangıç periyodundaki talep değerlerine bağlı olarak üretim miktarı belirlenebilir. Bu durum, tedarik zinciri ağının yapısal boyutları ve talep ilişkisinin değiştiği durumlarda modelin gözlemlenmesine olanak sağlayacaktır. Tedarik zinciri sistemi modelinde imalat, montaj, depo ve perakendeci olarak dört aşama tasarlanmıştır. Benzetim modelinde belirlenen başarı ölçütlerine göre analiz edilmiştir.

4.2. Sistemin Tanımlanması

Benzetim modeli, çalışmanın amacını karşılamak için geliştirilmiştir. Model, Bölüm 3 'de detaylı olarak açıklanmıştır. Benzetim modeli yedi temel fonksiyondan oluşmuş ve aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Bütünleşik tedarik zinciri ağını oluşturma,
- Son ürün müşteri taleplerini oluşturma,

- Son ürün tahmini talepleri oluşturma,
- Her aşamadaki envanter seviyelerini belirleme,
- Üretim kontrol mekanizmalarına göre her aşamadaki taşıma miktarını belirleme,
- Üretim kontrol mekanizmalarına göre imalat ve montaj aşamalarındaki üretim miktarlarını belirleme,
- Performans analizi için benzetim sonuçlarını elde etmektir.

Benzetim modeli, tedarik zinciri sisteminde tekrarlı üretim tipine bağlı ürün ağacı yapısı kullanılarak tasarlanmıştır. Bu aşamalarda ürünün montajının gerçekleştirildiği ve ürün dağıtımının farklı coğrafik bölgelerde bulunan müşterilere ulaştığı düşünülmüştür. Çok aşamalı tedarik zinciri ağı, birçok ürünün üretilmesine olanak sağlayarak, bilgi akışlarının kullanılmasıyla ağ tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelde çeşitli üretim ve taşıma tedarik zamanlarına göre oluşturulan senaryolarla farklı talep durumlarında üretim kontrol mekanizmaları değerlendirilmiştir.

Benzetim çalışması, kişisel bilgisayarda gerçekleştirilmiş ve birçok alternatif değerlendirilmiştir. Program modülleri C++ 'da yazılmış ve 1GB 'lık RAM 'e sahip kişisel bilgisayarda çalıştırılmıştır.

4.3. Modelin Girdileri

Tedarik zinciri sisteminde çok sayıda bileşen vardır. Bu sistemin benzetim modeli aşağıdaki bileşenlerin kullanılmasıyla tasarlanmıştır.

- Üretim süreci
- Taşıma süreci
- Envanter İstasyonu
- Üretim ve taşıma tedarik zamanları

Bu bileşenler buldukları aşamaya göre tanımlanmıştır. Örneğin, imalat aşamasında İU, İE, İTA ve İSE veya montaj aşamasında MU, MTA, ME ve MSE olarak gösterilmiştir.

4.4. İndisler

Benzetim modelini oluşturan değişkenlerde bulunan indisler aşağıda sırasıyla tanımlanmıştır.

x : alt montaj grubu endeksi $x = 1, 2, \dots, a_{y,1}$

x, y : imalat parçası endeksi, $y = 1, 2, \dots, a_2$ alt montaj grubu x 'de kullanılan imalat parçası sayısı

z : zaman periyodu endeksi

q : ana depo sayısı

$w = 1, 2, \dots, a_{q,4}$ dağıtım ağında k 'da ana deposuna bağlı perakendeci depo sayısı

4.5. Değişkenler

Benzetim modeli için aşağıdaki değişkenler tanımlanmıştır.

Farklı perakendecilerin ürün talep miktarı : $T_z^{q,w}$

z periyodunda perakendeci aşamasında (q, w) 'de talep miktarı

- İmalat aşaması envanter miktarı: $IE_z^{x,y}$

z periyodu sonundaki imalat aşamasında alt montaj grubu x için imalat parçası y nin mevcut envanteri

- Montaj aşaması envanter miktarı: ME_z^y

z periyodu sonundaki montaj aşamasında alt montaj grubu y nin mevcut envanter miktarı

- Depo aşaması envanter miktarı: ME_z

z periyodu sonundaki montaj aşamasında nihai ürün mevcut envanter miktarı

- İmalat aşama sonraki envanter miktarı: $\dot{I}SE_z^{x,y}$

z periyodu sonundaki imalat aşamasında alt montaj grubu x için imalat parçası y' nin taşıma sonrası envanter miktarı

- Montaj aşama sonraki envanter miktarı: MSE_z^y

z periyodu sonundaki montaj aşamasında alt montaj grubu x 'in taşıma sonrası envanter miktarı

- Depo aşama sonraki envanter miktarı: DSE_z^q

z periyodu sonundaki depo aşamasında nihai ürün taşıma sonrası envanter miktarı

- Perakendeci aşama sonraki envanter miktarı: $PSE_z^{q,w}$

z periyodu sonundaki perakendeci aşamasında (q,w) 'de taşıma sonrası envanter miktarı

- İmalat aşama taşıma miktarı: $\dot{I}TA_z^{x,y}$

z periyodu sonundaki imalat aşamasında alt montaj grubu x için taşınan miktarı

- Montaj aşama taşıma miktarı: MTA_z^y

z periyodu sonundaki montaj aşamasında alt montaj grubu y 'nin taşınan miktarı

- Depo aşama taşıma miktarı: DTA_z^q

z periyodu sonundaki depo aşamasında taşınan miktarı

- Perakendeci aşama taşıma miktarı: $PTA_z^{q,w}$

z periyodu sonundaki perakendeci aşamasında (q,w) 'de taşınan miktarı

- İmalat aşama üretim miktarı: $IU_z^{x,y}$

z periyodunda alt montaj grubu x için üretilen imalat parçası y için imalat aşamasındaki üretim miktarı

- Montaj aşama üretim miktarı: MU_z^y

z periyodunda alt montaj grubu x için montaj aşamasındaki üretim miktarı

- Depo aşama üretim miktarı: U_z

z periyodunda nihai ürün üretim miktarı

- Önceki periyotta tahmin edilen talep miktarı: $T_z^{q,w}$

z periyodunda perakendeci aşamasında (q,w) 'de tahmini talep miktarı

4.6. Parametreler

Benzetim modeli için aşağıdaki parametreler tanımlanmıştır:

- Alt montajların sayısı : a_2
- Alt montaj için gerekli olan imalat parçası sayısı: $a_{y,1}$
- İmalat aşaması üretim tedarik zamanları : UZ_1
- Montaj aşaması üretim tedarik zamanı : UZ_2
- Ürün üretim zamanı : UZ_3
- İmalat aşaması taşıma zamanı: TZ_1
- Montaj aşaması üretim zamanı: TZ_2

- Depo aşaması üretim zamanı: TZ_3
- Perakendeci aşaması üretim zamanı: TZ_4

Modelde gerekli olan başlangıç periyodundaki her aşamadaki (imalat, montaj, depo ve perakendeci) envanter, taşıma miktarları ve üretim-taşıma tedarik zamanları değerleri imalat veri tabanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu veriler, işletmede yapılmış olan proje çalışması sürecinde elde edilmiştir [117].

4.7. Varsayımlar

Modelin gerçekleşmesinde aşağıdaki varsayımlar benimsenmiştir.

- Benzetim modelinde, stoğa göre üretim yapılarak standart ürün üretildiği varsayılmıştır. Ürün, a_2 alt montaj grubunun birleştirilmesi ve y . alt montaj grubu $a_{y,1}$ imalat parçasından meydana gelmektedir. Ürün, her alt montaj grubunun bir biriminde birleştirilerek ve alt montaj grupları, her imalat parçasından bir birim kullanılarak imal edildiği varsayılmıştır.
- Ürün, üç aşamaya sahip olan montaj tipi üretim sistemi boyunca üretilmektedir. İmalat parçaları imalat aşamasında imal edilerek, alt montaj grupları ve nihai ürün montaj aşamasında birleştirilmektedir. İlk aşamada y . alt montaj grubu için $a_{y,1}$ imalat parçalarının birleştirilmesi ve montaj aşamada a_2 alt montaj grubunu imal etmek için üretim süreçleri bulunmaktadır. Sonuçta, nihai ürün montajı için de üretim süreci vardır. Bu nedenle, bütünleşik tedarik zincir ağında ileri doğru her alt montaj grubunu imal etmek için a_2 sayıda ürün dallarının birleştirilmesi ve her imalat parçasını imal etmek için $a_{y,1}$ sayıda alt montaj grubu içerisinde y . süreç dalları bulunmaktadır. Bu çalışmada, bütünleşik tedarik zincir ağının oluşturulmasında ağ bileşenlerinin tanımlanması oldukça önemlidir.
- Taşıma; depo ve perakendeci aşamasında, üretim süreçleri ve envanter istasyonları, üretim süreçleri arasında nihai ürünün, imalat parçalarının, alt montaj gruplarının taşınması için gereklidir. Perakendeci aşamasında, depo aşamasında stoklanan ürünlere talep olduğunda envanter istasyonlarına taşınmakta ve depolanmaktadır. Depo aşamasının taşıma süreçleri ile envanter

istasyonlarında stoklanması için a_3 sayıda dağıtım deposu vardır ve perakendeci aşamasının taşıma süreci ile envanter istasyonlarının tümünde envanteri stoklamak için $a_{1,4}$, $a_{2,4}$, $a_{3,4}, \dots$ $a_{q,4}$ sayıda perakendeci depoları vardır. Depo aşaması taşıma süreçleri ile envanter istasyonlarında stoklanan ürünler depo aşamasının üretim süreci ile envanter istasyonunda stoklanan ürünler envanter istasyonlarından taşınmaktadır.

Depo aşaması q . taşıma süreci ile envanter istasyonunda stoklanan ürünleri perakendeci aşamasının taşıma süreçleri ile envanter istasyonlarından $a_{q,4}$ sayıda perakendeciye taşınmaktadır. Depo ve perakendeci aşamasının taşıma süreçleri ile envanter istasyonlarının her biri ürünleri taşımak için taşıma süreçleri bulunmaktadır. Perakendeci aşamasından depo aşamasına doğru gidildiğinde üretim süreci her envanter istasyonu için ürünü taşınarak envanter istasyonlarına kadar ürünün taşınması için $a_{q,4}$ sayıda süreç depo aşaması dallanmaktadır. Bütünleşik tedarik zinciri ağının depo ve dağıtım aşamasının tanımlanması oldukça önemlidir.

-Her aşamada üretim ve taşıma planlanarak ve kontrol edilmektedir. Üretim sürecinin kapasite kısıtı dikkate alınarak imalat parçaları, alt montaj grupları ve nihai ürün için farklı imalat ön süreleri dikkate alınmıştır. Taşıma kapasitesi kısıtı ele alınmamıştır ve imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamaları taşıma süreçleri TZ_1, TZ_2, TZ_3, TZ_4 zaman periyotlarında gerçekleşmektedir. Bütünleşik tedarik zinciri ağında taşıma tedarik zamanları önemli parametreler olmaktadır.

- Her üretim ve taşıma süreçleri, imalat parçaları, alt montaj grupları, nihai ürün envanter istasyonlarına sahiptir ve burada depolanmaktadır. Her envanter istasyonunda stoğun eksikliği elde bulunan stoklardan karşılanmaktadır. Taleple ilgili bilgi dördüncü aşama taşıma süreçlerinin tamamlanması üzerine envanter istasyonlarına ulaşmakta ve talep envanter istasyonlarında bulunan daha önceki periyotlarda stoklanan ürünlerden karşılanmaktadır. Bu mümkün değilse, bekleyen siparişler karşılanmayan talebi yerine getirmektedir. Toplam talep, her biri diğerinden bağımsız olduğu varsayılan perakendeci son envanter istasyonuna ulaşmaktadır.

- Farklı coğrafi bölgelerdeki perakendecilerin ürün talep değerleri benzetim modeli çalıştırılmadan önce belirli olduğu kabul edilmiştir.
- Bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter seviyeleri başlangıç değerleri benzetim modeli çalıştırılmadan önce belirli olduğu kabul edilmiştir.
- Bütünleşik tedarik zincir ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerleri benzetim modeli çalıştırılmadan önce belirli olduğu kabul edilmiştir.
- Bütünleşik tedarik zincir ağının tüm aşamalarındaki üretim maliyeti, envanter maliyeti ve taşıma maliyeti değerlerinin belirli olduğu kabul edilmiştir.
- Bütünleşik tedarik zincir ağı perakendeci aşamasındaki nihai ürüne ait hazırlık maliyeti, birim değişken maliyeti, birim elde bulundurma maliyeti, bekleyen sipariş maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiştir.

4.8. Benzetim Modelinin Çalıştırılması

Benzetim modelinin prosedürleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

Adım 1 Başlangıç Durumları

Tedarik zinciri ağının imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarındaki envanter seviyeleri, taşıma başlangıç değerleri imalat veritabanından alınmıştır [117] Envanter seviyeleri minimum tampon büyüklüğüne eşittir ve maksimum tampon büyüklüğü minimum tampon büyüklüğünün iki katıdır. Minimum tampon büyüklüğü, sistemin denge durumuna geldiği durumdaki değerlerden elde edilmiştir. Aynı zamanda, zaman periyodunun başlangıcında girilen envanter, taşıma, talep, tahmini talep bilgilerine göre model çalıştırılmıştır. Bu çalışmada, envanter ve sonraki envanter seviyeleri, taşıma başlangıç değerleri sonraki periyotlardaki değerleri elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca, imalat ve montaj aşamalarında üretim tedarik

zamanları, depolar arasında taşımada taşıma zamanları her bileşen için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Adım 2 Tedarik zinciri ağının oluşturulması

Tedarik zinciri ağı; ürün ağacı ve dağıtım ağı bilgilerine bağlı olarak tasarlanmıştır. Ürün ağacında nihai ürünü meydana getiren imalat parçaları ve alt montaj grupları tanımlanmıştır. Bu şekilde, tedarik zinciri ağının imalat ve montaj aşamaları oluşturulmuştur. Dağıtım ağıda depo sayılarına bağlı olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde, tedarik zinciri ağı aşamalarında bulunan üretim, taşıma süreçleri ve envanter istasyonları sayıları belirlenmiştir. Bu adımda tedarik zinciri ağı indisler ve notasyolar kullanarak tanımlanmıştır. Böylece tedarik zinciri ağını oluşturan bileşenler gösterilmiştir.

Adım 3 Son ürün müşteri talebinin oluşturulması

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında farklı coğrafi bölgelerdeki müşteri talepleri TLP prosedürü kullanılarak hesaplanır. Talebin hesaplanmasında korelasyon katsayısı ve rassal değişkene bağlı olarak geliştirilmiştir. Bu prosedürün kullanımıyla korelasyon katsayısının üretim kontrol mekanizmalarına etkisinin araştırılmasına olanak sağlamıştır. Bu prosedürde zaman periyodunun başındaki talep değeri ve rassal değişkenin değeri tanımlanmıştır.

Adım 4 Son ürün tahmini talebin oluşturulması

Tedarik zinciri ağı, perakendeci aşamasında farklı coğrafi bölgelerdeki müşteri talep tahminleri TLPTHM prosedürü kullanılarak hesaplanır. Talep tahmin yönteminde basit üstel düzeltme seçilmiştir. Bu prosedürün kullanımıyla sonraki periyotlarda tahmin değerleri elde edilmektedir. Bu adımda, Adım 2 'deki TLP prosedürünün kullanımıyla elde edilen talep değerleri TLPTHM prosedürünün kullanılmasıyla talep tahmin değerleri şeklinde elde edilmiştir. Bu prosedürde talep tahmini, zaman periyodunun başındaki talep miktarına bağlıdır.

Adım 5 Envanter seviyelerinin belirlenmesi

Tedarik zinciri ağının imalat, montaj, depo ve perakendeci aşamalarındaki envanter seviyeleri üretim kontrol mekanizmalarından bağımsız olarak ENVI, ENVM, ENVD ve ENVP prosedürleri kullanılarak hesaplanır. Bu prosedürlerde yer alan ağın tüm aşamalarındaki üretim ve taşıma miktarları üretim kontrol mekanizmaları prosedürleri kullanılarak elde edilir. Bu prosedürler imalat ve montaj aşamalarında zaman periyodunun başlangıcındaki envanter seviyeleri, taşıma miktarları ve üretim miktarı bilgileri, depo ve perakendeci aşamasında zaman periyodunun başlangıcındaki envanter seviyeleri ve taşıma miktarları bilgilerinden meydana gelir. Bu dört prosedürün kullanımıyla her aşamadaki envanter seviyesi belirlenir. Aynı zamanda üretim miktarı bilgileri üretim kontrol mekanizmaları prosedürleri kullanılarak elde edilir.

Adım 6 Taşıma miktarlarının belirlenmesi

Tedarik zinciri ağının, tüm aşamalarındaki taşıma miktarları üretim kontrol mekanizmaları prosedürleri ITM, CKM, MLZ ve MLZ2 kullanılarak hesaplanır. Bu prosedürlerin 1, 2, 4 ve 6. adımlarında taşıma miktarları elde edilir. Bu adım, seçilen üretim kontrol mekanizmasına göre Adım 4 'de bulunan prosedürlerle birlikte kullanılır. Perakendeci aşamasındaki taşıma miktarları üretim kontrol mekanizmasına göre TLP veya TLPTHM prosedürleri, envanter seviyelerinin belirlenmesinde ENVI, ENVM, ENVD ve ENVP prosedürleri kullanılır. Burada üretim kontrol mekanizmaları ITM, CKM, MLZ veya MLZ2 kullanılarak her aşamadaki taşıma miktarları elde edilir. Ayrıca bu adımda sipariş büyüklüğü belirleme prosedürleri SİPBYK kullanılarak tedarik zinciri ağında ani sipariş gelmesi durumundaki ağın performansı değerlendirilmiştir.

Adım 7 İmalat ve montaj aşamalarındaki üretim miktarlarının belirlenmesi

Tedarik zinciri ağı, imalat ve montaj aşamalarındaki imalat parçaları, alt montaj grupları ve nihai ürün üretim miktarları ITM, CKM, MLZ ve MLZ2 prosedürleri kullanılarak hesaplanır. Bu prosedürlerin 3, 5 ve 7. adımlarında nihai ürün, alt montaj

grubu ve imalat parçaları üretim miktarları elde edilir. Bu adım, seçilen üretim kontrol mekanizmasına göre Adım 5 'de bulunan ENVI, ENVM, ENVD ve ENVP prosedürleri ile birlikte kullanılır. Böylece, her aşamadaki envanter ve taşıma miktarları hesaplanır. Ayrıca imalat parçaları, alt montaj grupları veya nihai ürün üretimi yüksek hacimlerde üretilir. Tedarik zinciri ağı boyunca imalat parçaları, alt montaj grupları ve nihai ürünler sürekli olarak bir akış halindedir. Kapasitenin aşıldığı durumlarda daha fazla üretim yapma imkanı yoktur. Bundan dolayı, imalat ve montaj aşamaları KAP prosedürü kullanılarak dengeye getirilmiştir.

Benzetim modeli, senaryolara ait farklı üretim ve taşıma zamanları, üç farklı talep (düşük, orta ve yüksek) durumu ve talep korelasyonuna bağlı olarak çalıştırılmıştır.

Benzetimin çalışma süresi, zaman periyotları ele alınmış ve stokastik verilere bağlı olarak sonraki dönemlerde her aşamadaki (imalat, montaj, depo ve perakendeci) envanter ve taşıma miktarları, sipariş miktarları elde edilmiştir. İlk dört periyottaki çalışma süresi, benzetimin dengeye gelme zamanı olarak kabul edilmiştir.

4.9. Deneysel Tasarım

Benzetim modeli, farklı üretim ve taşıma zamanları, üç farklı talep durumu, talep korelasyonuna göre oluşturulan senaryolara ait üretim kontrol mekanizmalarının değerlendirilmesi için uygulanmıştır. Bu amaçla geliştirilen senaryolar düşük, orta ve yüksek talep durumlarında uygulayarak 4 (senaryo) x 3 (talep durumu) x 4 (üretim kontrol mekanizması) x 3 (talep korelasyonları) için = 144 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Her deney olay bağımlılıktan kurtarmak amacıyla 10 kez çalıştırılmış olup, toplam benzetim programının çalıştırılma sayısı $10 \times 144 = 1440$ 'tır.

4.10. Başarı (Performans) Ölçütleri

Bu çalışmada, üretim kontrol mekanizmalarını analiz etmek için üç başarı ölçütü seçilmiştir. Birinci başarı ölçütü olarak, her aşamadaki miktarların standart sapmasının toplamı kullanılmıştır. Toplam birikimli miktarlar, tedarik ağının tüm aşamalarındaki miktarların elde edilmesi ile hesaplanır. Bu çalışmada ağ bileşenleri birikimli miktarlı (ABBM1) aşağıdaki formül kullanımıyla hesaplanmıştır.

$$ABBM1 = w \left(\sum_{n=1}^3 U(n) + \sum_{n=1}^4 TA(n) \right) + (1-w) \left(\sum_{n=1}^3 E(n) + \sum_{n=1}^4 SE(n) \right) \quad (5.1)$$

Bu formülde;

$U(n)$: n. aşamada üretim miktarının standart sapması,

$TA(n)$: n. aşamada taşıma miktarının standart sapması,

$E(n)$: n aşamada envanter istasyonundaki miktarının standart sapması,

$SE(n)$: n aşamada taşıma sonrası envanter miktarının standart sapması ,

w : ağırlık faktörünü

ifade edilmektedir.

Çalışmada, üretim kontrol mekanizmalarını analiz etmek için üç başarı ölçütü seçilmiş, ikinci başarı ölçütü olarak her aşamadaki miktarların ortalamasının toplamı kullanılmıştır. Ağ bileşenleri birikimli miktarlı2, bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki elde edilen miktarların ortalamasının alınması ile hesaplanmıştır. Ağ bileşenleri birikimli miktarları2 (ABBM2) aşağıdaki formül kullanımıyla hesaplanmıştır.

$$ABBM2 = w \left(\sum_{n=1}^3 U(n) + \sum_{n=1}^4 TA(n) \right) + (1-w) \left(\sum_{n=1}^3 E(n) + \sum_{n=1}^4 SE(n) \right) \quad (5.2)$$

Bu formülde;

$U(n)$: n. aşamada üretim miktarının ortalaması,

$TA(n)$: n. aşamada taşıma miktarının ortalaması,

$E(n)$: n aşamada envanter istasyonundaki miktarının ortalaması,

$SE(n)$: n aşamada taşıma sonrası envanter miktarının ortalaması,
 w : ağırlık faktörünü
 ifade edilmektedir.

Üçüncü başarı ölçütü olarak üretim, envanter ve taşıma miktarlarının ortalama maliyetleri seçilmiş, tedarik zinciri sisteminde üretim kontrol mekanizmalarının maliyetleri dikkate alınarak değerlendirilmesi olarak ifade edilmiştir. Başarı ölçütü, ağ toplam maliyeti aşağıdaki formül kullanımıyla hesaplanmıştır:

$$ATM = \sum_{n=1}^3 U(n) \sum_{n=1}^3 UM(n) * + \sum_{n=1}^3 E(n) \sum_{n=1}^3 EM(n) + \sum_{n=1}^4 TA(n) * \sum_{n=1}^4 TAM(n) \quad (5.3)$$

Bu formülde ;

$U(n)$: n. aşamada üretim miktarlarının ortalaması,

$E(n)$: n aşamada envanter istasyonundaki miktarlarının ortalaması,

$SE(n)$: n aşamada taşıma sonrası envanter miktarlarının ortalaması,

$UM(n)$: n. aşamada üretim maliyetlerinin ortalaması,

$EM(n)$: n aşamada envanter istasyonundaki maliyetlerinin ortalaması,

$SEM(n)$: n aşamada taşıma sonrası envanter maliyetlerinin ortalaması,

ifade edilmektedir.

4.11. Benzetim Modeli Başlangıç Değerleri

Bütünleşik tedarik zinciri ağında x ve y indisleriyle ürünü meydana getiren imalat parçaları veya alt montajları, q ve w indisleri ise ürün dağıtımın gerçekleştirildiği depolar ve perakendeciler tanımlanmıştır. Bu kabullere bağlı olarak bütünleşik tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Bütünleşik tedarik zincir ağının ani müşteri talebinin gelmesi durumunda başlangıç girdi maliyeti verileri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Benzetim modelinde senaryo1, senaryo2 ve senaryo3 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zincir ağının perakendeci aşamasındaki talep ve talep tahmini başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.1 'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı talep ve talep tahmini başlangıç değerleri

Senaryo 1 – Senaryo 2 – Senaryo 3					
Düşük Talep		Orta Talep		Yüksek Talep	
T[q,w,0]	T'[q,w,0]	T[q,w,0]	T'[q,w,0]	T[q,w,z]	T'[q,w,0]
20	10	100	50	200	100
10	8	50	40	100	80
18	6	90	30	180	60
16	5	80	25	160	50
5	4	25	20	50	40
24	2	120	10	240	20

Benzetim modelinde, senaryo4'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki talep ve talep tahmini başlangıç değerlerinin bulunduğu kabul edilmiş ve Tablo 4.2 'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı talep ve talep tahmini başlangıç değerleri

Senaryo 4					
Düşük Talep		Orta Talep		Yüksek Talep	
T[q,w,0]	T'[q,w,0]	T[q,w,0]	T'[q,w,0]	T[q,w,z]	T'[q,w,0]
20	10	100	50	200	100
10	5	50	25	100	50
15	8	60	30	120	60
15	8	90	45	180	90
10	5	70	35	140	70
12	6	60	30	120	60
20	10	25	12	50	25
10	5	40	20	80	40

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının üretim maliyeti değerlerinin bulunduğu kabul edilmiş ve Tablo 4.3 'de verilmiştir. Tablo 4.3 'de İUM imalat aşamasında imalat parçaları üretim maliyetini, MUM montaj aşamasında alt montaj grubu üretim maliyetini, UM ise montaj aşamasındaki ürün maliyetini göstermektedir.

Tablo 4.3. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı üretim maliyeti değerleri

Senaryo 1			Senaryo 2			Senaryo 3		
İUM [x,y]	MUM [y]	UM	İUM [x,y]	MUM [y]	UM [0]	İUM [x,y]	MUM [y]	UM
2	1	4	2	1	4	2	1	4
	3			3			3	
1	2		1	2		1	2	
1			1			1		
2			2			2		
1			1			1		
2			2			2		

Benzetim modelinde, senaryo4'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının üretim maliyeti, envanter maliyeti ve taşıma maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.4 'de verilmiştir. Tablo 4.3 'de İUM imalat aşamasında imalat parçaları üretim maliyetini, MUM montaj aşamasında alt montaj grubu üretim maliyetini, UM ise montaj aşamasındaki ürün maliyetini göstermektedir. Ayrıca, İTM imalat aşamasında imalat parçaları taşıma maliyetini, MTM montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma maliyetini, DTM depo aşamasındaki taşıma maliyetini, PTM perakendeci aşamasında taşıma maliyetini göstermektedir

Tablo 4.4. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik üretim maliyeti, envanter maliyeti ve taşıma maliyeti değerleri

Senaryo 4						
Üretim Maliyeti			Taşıma Maliyeti			
İUM [x,y]	MUM [y]	UM	İTM [x,y]	MTM [y]	DTM [q]	PTM [q,w,0]
1	2	4	1	2	1	3
2	3		2	2	2	1
	1			1	1	2
2			3			
1			4			1
2			2			2
						2
1			1			3
3			2			1
2			1			
1			1			

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki envanter maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.5 'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı envanter maliyeti değerleri

Senaryo 1			Senaryo 2			Senaryo 3		
EM [0]	DEM [q,0]	PEM [q,w,0]	EM [0]	DEM [q,0]	PEM [q,w,0]	EM [0]	DEM [q,0]	PEM [q,w,0]
1	2	2	1	2	2	1	2	2
	3	1		3	1		3	1
1	3		1	3		1	3	
2			2			2		
2			2			2		
3			3			3		
1			1			1		

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının taşıma maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.6 'da verilmiştir. Tablo 4.6 'da İTM imalat aşamasında imalat parçaları taşıma

maliyetini, MTM montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma maliyetini, DTM depo aşamasında taşıma maliyetini, PTM ise perakendeci aşamasındaki taşıma maliyetini göstermektedir.

Tablo 4.6. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı taşıma maliyeti değerleri

Senaryo 1				Senaryo 2				Senaryo 3			
İTM [x,y]	MTM [y]	DTM [q]	PTM [q,w]	İTM [x,y]	MTM [y]	DTM [q]	PTM [q,w]	İTM [x,y]	MTM [y]	DTM [q]	PTM [q,w]
1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
2	1			2	1			2	1		
2				2	2		2	2			2
				2			2				2
2				3	2		3	2			3
3				1	3		1	3			1
1				1				1			

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki hazırlık maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.7 'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı hazırlık maliyeti değerleri

Hazırlık Maliyeti		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
10	10	10
20	20	20
20	20	20
30	30	30
40	40	40
50	50	50

Benzetim modelinde, senaryo4'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki hazırlık maliyeti, birim değişken maliyeti ve birim elde bulundurma maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.8 'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı hazırlık maliyeti, birim değişken maliyeti ve birim elde bulundurma maliyeti değerleri

Senaryo 4			
Hazırlık Maliyeti	Birim Değişken Maliyet	Birim Elde Bulundurma Maliyeti	Bekleyen Sipariş Maliyeti
10	1	1	1
20	2	2	2
20	1	1	1
20	2	2	2
30	3	3	3
40	4	4	4
50	5	5	5
10	1	1	1

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki birim değişken maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.9 'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı birim değişken maliyeti değerleri

Birim Değişken Maliyet		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
1	1	1
2	2	2
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki birim elde bulundurma maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.10 'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı birim elde bulundurma maliyeti değerleri

Birim Elde Bulundurma Maliyeti		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
1	1	1
2	2	2
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki bekleyen sipariş maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.11 'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı bekleyen sipariş maliyeti değerleri

Bekleyen Sipariş Maliyeti		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
1	1	1
2	2	2
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki ani sipariş başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.12 'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı sipariş başlangıç değerleri

Sipariş		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
10	10	10
20	20	20
20	20	20
30	30	30
40	40	40
50	50	50

Benzetim modelinde, senaryo4'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki ani sipariş başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.13 'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Senaryo4'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı sipariş başlangıç değerleri

Sipariş
10
20
20
20
30
40
50
10

Benzetim modelinde, senaryo1, senaryo2 ve senaryo3'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının perakendeci aşamasındaki bekleyen sipariş maliyeti değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.14 'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Senaryo1, Senaryo2 ve Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri bekleyen sipariş maliyeti değerleri

Bekleyen Sipariş Maliyeti		
Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
PSE [q,w,0]	PSE [q,w,0]	PSE [q,w,0]
1	1	1
2	2	2
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

4.12. Senaryolar

Bu bölümde bütünleşik tedarik zinciri ağında geliştirilen senaryolar sırasıyla açıklanmıştır.

4.12.1. Senaryo1

Bütünleşik tedarik zinciri ağında x ve y indisleri ürünü meydana getiren imalat parçalarını veya alt montajları, q ve w indisleri ise ürün dağıtımın gerçekleştirildiği depoları ve perakendecileri göstermek için tanımlanmıştır. Bu kabullere bağlı olarak bütünleşik tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Tablo 4.15 'de Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zincir ağını tanımlayan indisler verilmiştir.

Tablo 4.15. Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri

İndisler	Ağ Bileşenleri	
İmalat Ağı		
x	1	1,1
	2	2,1 2,2
	3	3,1 3,2 3,3
y	3	1 2 3
Dağıtım Ağı		
q	2	1 2
w	2, 4	1,1 1,2 2,1 2,2 2,3 2,4

Modelde, senaryo1 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.16 'da verilmiştir. Tablo 4.16 'da İE imalat aşamasında imalat parçaları envanterini, ME montaj aşamasında alt montaj grubu envanterini, E ise montaj aşamasındaki ürün envanterini göstermektedir.

Tablo 4.16. Senaryo 1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki envanter başlangıç değerleri

İE [x,y,0]	ME [y,0]	E [0]
1	1	2
	2	
1	3	
2		
3		
4		
5		

Benzetim modelinde, senaryo1 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.17 'de verilmiştir. Tablo 4.17 'de İSE imalat aşamasında imalat parçaları taşıma sonrası envanterini, MSE montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma sonrası envanterini, DSE depo aşamasında taşıma sonrası envanterini, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma sonrası envanter değerini göstermektedir.

Tablo 4.17. Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri

İSE [x,y,0]	MSE[y,0]	DSE [q,0]	PSE [q,w,0]
2	3	4	6
	2	6	8
4	5		
5			7
			4
8			3
6			2
7			

Benzetim modelinde, senaryo1 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.18 'de verilmiştir. Tablo 4.18 'de İTA imalat aşamasında imalat parçaları taşıma miktarını, MTA montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma miktarını, DTA depo aşamasında taşıma miktarını, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma miktarını göstermektedir.

Tablo 4.18. Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri

İTA[x,y,0]	MTA[y,0]	DTA[q,0]	DTA[q,w,0]
2	3	9	1
	8	4	2
4	7		
8			2
			3
10			4
9			5
1			

Benzetim modelinde, senaryo1 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim tedarik zamanı değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.19 'da verilmiştir. Tablo 4.19 'da İUZ imalat aşamasında imalat parçaları üretim tedarik zamanı, MUZ montaj aşamasında alt montaj grubu üretim tedarik zamanı, UZ ise montaj aşamasında nihai ürün üretim tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.19. Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları

İUZ [x,y]	MUZ [y]	UZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta
	1 hafta	
1 hafta	1 hafta	
1 hafta		
1 hafta		
1 hafta		
1 hafta		

Benzetim modelinde, senaryo1 ile tanımlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim ve tedarik zamanları Tablo 4.20 'de verilmiştir. Tablo 4.20 'de İTZ imalat aşamasında imalat parçaları taşıma tedarik zamanı, MTZ montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma tedarik zamanı, DTZ depo aşamasındaki taşıma tedarik zamanı, PTZ ise perakendeci aşamasındaki taşıma tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.20. Senaryo1 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları

İTZ	MTZ	DTZ	PTZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta	1 hafta

Tüm yukarıdaki kabullerden hareketle senaryo1' in tanımlanması gerekirse; bütünleşik tedarik zinciri ağı bileşen sayısının az olduğu, üretim ve taşıma tedarik zamanlarının da her aşamasının eşit zaman periyotlarına sahip olduğu kabul edilmiştir.

4.12.2. Senaryo2

Bütünleşik tedarik zinciri ağında x ve y indisleri ürünü meydana getiren imalat parçalarını veya alt montajları, q ve w indisleri ise ürün dağıtımın gerçekleştirildiği depoları ve perakendecileri göstermek için tanımlanmıştır. Bu kabullere bağlı olarak bütünleşik tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Tablo 4.21 'de Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zincir ağını tanımlayan indisler verilmiştir.

Tablo 4.21. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri

İndisler	Ağ Bileşenleri	
İmalat Ağı		
x	1	1,1
	2	2,1 2,2
	3	3,1 3,2 3,3
y	3	1 2 3
Dağıtım Ağı		
q	2	1 2
w	2, 4	1,1 1,2 2,1 2,2 2,3 2,4

Benzetim modelinde, senaryo2 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.22 'de verilmiştir. Tablo 4.22 'de İE imalat aşamasında imalat parçaları envanterini, E montaj aşamasında alt montaj grubu envanterini, M ise montaj aşamasındaki ürün envanterini göstermektedir.

Tablo 4.22. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki envanter başlangıç değerleri

İE [x,y,0]	ME [y,0]	E [0]
1	1	2
	2	
1	3	
2		
3		
4		
5		

Benzetim modelinde, senaryo2 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.23 'de verilmiştir. Tablo 4.23 'de İSE imalat aşamasında imalat parçaları taşıma sonrası envanterini, MSE montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma sonrası envanterini, DSE depo aşamasında taşıma sonrası envanterini, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma sonrası envanter değerini göstermektedir.

Tablo 4.23. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri

İSE [x,y,0]	MSE[y,0]	DSE [q,0]	PSE [q,w,0]
2	3	4	6
	2	6	8
4	5		
5			7
			4
8			3
6			2
7			

Benzetim modelinde, senaryo2 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.24 'de verilmiştir. Tablo 4.24 'de İTA imalat aşamasında imalat parçaları taşıma miktarını, MTA montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma miktarını, DTA depo aşamasında taşıma miktarını, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma miktarını göstermektedir.

Tablo 4.24. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri

İTA[x,y,0]	MTA[y,0]	DTA[q,0]	DTA[q,w,0]
2	3	1	1
	8	1	1
4	7		
8			1
			1
10			1
9			1
1			

Benzetim modelinde, senaryo2 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim tedarik zamanı değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.25 'de verilmiştir. Tablo 4.25 'de İUZ imalat aşamasında imalat parçaları üretim tedarik zamanı, MUZ montaj aşamasında alt montaj grubu üretim tedarik zamanı, UZ ise montaj aşamasında nihai ürün üretim tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.25. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları

İUZ [x,y]	MUZ [y]	UZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta
	2 hafta	
1 hafta	1 hafta	
2 hafta		
1 hafta		
2 hafta		
1 hafta		

Benzetim modelinde, senaryo2 ile tanımlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma tedarik zamanları Tablo 4.26 'da verilmiştir. Tablo 4.26 'da İTZ imalat aşamasında imalat parçaları taşıma tedarik zamanı, MTZ montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma tedarik zamanı, DTZ depo aşamasındaki taşıma tedarik zamanı, PTZ ise perakendeci aşamasındaki taşıma tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.26. Senaryo2 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları

İTZ	MTZ	DTZ	PTZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta	1 hafta

Tüm yukarıdaki kabullerden hareketle senaryo2' nin tanımlanması gerekirse; bütünleşik tedarik zinciri ağı bileşen sayısının az olduğu, farklı üretim tedarik zamanları ve taşıma tedarik zamanlarının da her aşamasının eşit zaman periyotlarına sahip olduğu kabul edilmiştir.

4.12.3. Senaryo3

Bütünleşik tedarik zinciri ağında x ve y indisleri ürünü meydana getiren imalat parçalarını veya alt montajları, q ve w indisleri ise ürün dağıtımın gerçekleştirildiği depoları ve perakendecileri göstermek için tanımlanmıştır. Bu kabullere bağlı olarak bütünleşik tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Tablo 4.27 'de Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zincir ağını tanımlayan indisler verilmiştir.

Tablo 4.27. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri

İndisler		Ağ Bileşenleri
İmalat Ağı		
x	1	1,1
	2	2,1 2,2
	3	3,1 3,2 3,3
y	3	1 2 3
Dağıtım Ağı		
q	2	1 2
w	2, 4	1,1 1,2 2,1 2,2 2,3 2,4

Benzetim modelinde, senaryo3 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.28 'de verilmiştir. Tablo 4.28 'de İE imalat aşamasında imalat parçaları envanterini, ME montaj aşamasında alt montaj grubu envanterini, M ise montaj aşamasındaki ürün envanterini göstermektedir.

Tablo 4.28. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki envanter başlangıç değerleri

İE [x,y,0]	ME [y,0]	E [0]
1	1	2
	2	
1	3	
2		
3		
4		
5		

Benzetim modelinde, senaryo3 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.29 'da verilmiştir. Tablo 4.29 'da İSE imalat aşamasında imalat parçaları taşıma sonrası envanterini, MSE montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma sonrası envanterini, DSE depo aşamasında taşıma sonrası envanterini, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma sonrası envanter değerini göstermektedir.

Tablo 4.29. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri

İSE [x,y,0]	MSE[y,0]	DSE [q,0]	PSE [q,w,0]
2	3	4	6
	2	6	8
4	5		
5			7
			4
8			3
6			2
7			

Benzetim modelinde, senaryo3 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.30 'da verilmiştir. Tablo 4.30 'da İTA imalat aşamasında imalat parçaları taşıma miktarını, MTA montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma miktarını, DTA depo aşamasında taşıma miktarını, PTA ise perakendeci aşamasında taşıma miktarını göstermektedir.

Tablo 4.30. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri

İTA[x,y,0]	MTA[y,0]	DTA[q,0]	PTA[q,w,0]
2	3	1	1
	8	1	1
4	7		
8			1
			1
10			1
9			1
1			

Benzetim modelinde, senaryo3 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim tedarik zamanı değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.31 'de verilmiştir. Tablo 4.31 'da İUZ imalat aşamasında imalat parçaları üretim tedarik zamanı, MUZ montaj aşamasında alt montaj grubu üretim tedarik zamanı, UZ ise montaj aşamasında nihai ürün üretim tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.31. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları

İUZ [x,y]	MUZ [y]	UZ
1 hafta	1 hafta	1 hafta
	2 hafta	
1 hafta	1 hafta	
2 hafta		
1 hafta		
2 hafta		
1 hafta		

Benzetim modelinde, senaryo3 ile tanımlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma tedarik zamanları Tablo 4.32 'de verilmiştir.. Tablo 4.32 'de İTZ imalat aşamasında imalat parçaları taşıma tedarik zamanı, MTZ montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma tedarik zamanı, DTZ depo aşamasındaki taşıma tedarik zamanı, PTZ ise perakendeci aşamasındaki taşıma tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.32. Senaryo3 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları

İTZ	MTZ	DTZ	PTZ
1 hafta	2 hafta	1 hafta	2 hafta

Tüm yukarıdaki kabullerden hareketle senaryo3' ün tanımlanması gerekirse; bütünleşik tedarik zinciri ağı bileşen sayısının az olduğu, üretim tedarik zamanlarının eşit zaman periyotlarına sahip olduğu ve taşıma farklı taşıma tedarik zamanları kabul edilmiştir.

4.12.4. Senaryo4

Bütünleşik tedarik zinciri ağında x ve y indisleri ürünü meydana getiren imalat parçalarını veya alt montajları, q ve w indisleri ise ürün dağıtımın gerçekleştirildiği depoları ve perakendecileri göstermek için tanımlanmıştır. Bu kabullere bağlı olarak bütünleşik tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Tablo 4.33 'de Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zincir ağını tanımlayan indisler verilmiştir.

Tablo 4.33. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı indisleri

İndisler		Ağ Bileşenleri
İmalat Ağı		
x	2	1,1 1,2
	3	2,1 2,2 2,3
	4	3,1 3,2 3,3 3,4
y	3	1 2 3
Dağıtım Ağı		
q	2	1 2
w	3, 5	1,1 1,2 1,3 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5

Benzetim modelinde, senaryo4 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.34 'de verilmiştir. Tablo 4.34 'de İE imalat aşamasında imalat parçaları envanterini, ME montaj aşamasında alt montaj grubu envanterini, M ise montaj aşamasındaki ürün envanterini göstermektedir.

Tablo 4.34. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki envanter başlangıç değerleri

İE [x,y,0]	ME [y,0]	E [0]
1	5	6
3	2	
	7	
2		
4		
5		
1		
2		
4		
6		

Benzetim modelinde, senaryo4 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.35 'de verilmiştir. Tablo 4.35 'de İSE imalat aşamasında imalat parçaları taşıma sonrası envanterini, MSE montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma sonrası envanterini, DSE depo aşamasında taşıma sonrası envanterini, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma sonrası envanter değerini göstermektedir.

Tablo 4.35. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma sonrası envanter başlangıç değerleri

İSE [x,y,0]	MSE[y,0]	DSE [q,0]	PSE [q,w,0]
2	6	4	6
5	8	5	2
	10	2	3
4			
6			4
7			7
			9
3			3
5			1
7			
9			

Benzetim modelinde, senaryo4 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma başlangıç değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo 4.36 'da verilmiştir. Tablo 4.36 'de İTA imalat aşamasında imalat parçaları taşıma miktarını, MTA montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma miktarını, DTA depo aşamasında taşıma miktarını, PSE ise perakendeci aşamasında taşıma miktarını göstermektedir.

Tablo 4.36. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağında bulunan aşamalardaki taşıma başlangıç değerleri

İTA[x,y,0]	MTA[y,0]	DTA[q,0]	PTA[q,w,0]
2	4	3	4
4	3	2	2
	6	5	1
6			
5			3
3			5
			8
8			2
6			2
4			
1			

Benzetim modelinde, senaryo2 'de tasarlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki üretim tedarik zamanı değerlerinin bilindiği kabul edilmiş ve Tablo

4.37 'de verilmiştir. Tablo 4.37 'de İUZ imalat aşamasında imalat parçaları üretim tedarik zamanı, MUZ montaj aşamasında alt montaj grubu üretim tedarik zamanı, UZ ise montaj aşamasında nihai ürün üretim tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.37. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının üretim zamanları

İUZ [x,y]	MUZ [y]	UZ
1 hafta	2 hafta	1 hafta
2 hafta	2 hafta	
	1 hafta	
2 hafta		
1 hafta		
2 hafta		
2 hafta		
2 hafta		
2 hafta		
1 hafta		

Benzetim modelinde, senaryo4 ile tanımlanan bütünleşik tedarik zinciri ağının tüm aşamalarındaki taşıma tedarik zamanları Tablo 4.38 'de verilmiştir. Tablo 4.38 'de İTZ imalat aşamasında imalat parçaları taşıma tedarik zamanı, MTZ montaj aşamasında alt montaj grubu taşıma tedarik zamanı, DTZ depo aşamasındaki taşıma tedarik zamanı, PTZ ise perakendeci aşamasındaki taşıma tedarik zamanını göstermektedir.

Tablo 4.38. Senaryo4 'e ait bütünleşik tedarik zinciri ağı aşamalarının taşıma zamanları

İTZ	MTZ	DTZ	PTZ
1 hafta	2 hafta	1 hafta	2 hafta

Tüm yukarıdaki kabullerden hareketle senaryo4' ün tanımlanması gerekirse; bütünleşik tedarik zinciri ağı bileşen sayısının çok sayıda olduğu, üretim ve taşıma tedarik zamanlarının da her aşamasının farklı zaman periyotlarına sahip olduğu kabul edilmiştir.

Farklı üretim ve tedarik zamanları ve talep durumları, talep korelasyonu için oluşturulan deneysel tasarımların (senaryolar) başarı ölçütlerinin hesaplanabilmesi

amacıyla tasarlanan benzetim modeli ve bu benzetim modeli için geliştirilen benzetim yazılımı çalıştırılmıştır. Benzetim modelinin çalıştırılması sonucunda elde edilen deney sonuçları bölüm 5’ de gösterilmiştir. Ayrıca, başarı ölçütlerine göre ortalama değerleri arasındaki farklar ve bu farkların tek yönlü varyans analizine göre anlamlı olup olmadığının testleri de tablolar halinde sunulmuştur. Bölüm 5 ‘de, bu deneysel sonuçların istatistiksel analizleri ile daha detaylı tartışması gerçekleştirilmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Benzetim modeli bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılmasını etkileyen karakteristikliklerin belirlenmesi ve bu karakteristiklerin başarı ölçütlerini etkileme derecelerini belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Farklı tedarik zamanları ve tedarik zinciri ağının yapısal boyutu ele alınmıştır. Deneysel tasarımların (senaryoların) uygulanabilmesi için geliştirilen benzetim modelinin çalıştırılmasından sonra elde edilen sonuçlar Ek-A, Ek-B, Ek-C, Ek-D, Ek-E, Ek-F, Ek-G, Ek-H ve Ek-I'da verilmiştir. İstatistiksel olarak elde edilen test sonuçları ise, Ek-K, Ek-L, Ek-M, Ek-N, Ek-O, Ek-P, Ek-R, Ek-S, Ek-T, Ek-U'da sunulmuştur.

Benzetim modelinden elde edilen sonuçlar üç bakış açısından değerlendirilmiştir. İlk bakış açısında ağ bileşenleri birikimli miktarı¹ (P1) için en yüksek ortalamaya sahip değerler, ağ bileşenleri birikimli miktarı² (P2) için en yüksek ortalamaya sahip değerler seçilmiştir. Bu şekilde uygun kontrol mekanizması ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. İkinci bakış açısında senaryolar için uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri istatistiksel olarak belirlenmiştir. Son bakış açısında ise, üretim kontrol mekanizmaları ve senaryolar birlikte değerlendirilmiştir. Farklı talep ve farklı talep korelasyonları durumlarında uygun senaryo ve üretim kontrol mekanizmaları seçilmiştir. Son iki bakış açısında istatistiksel değerlendirme sonucunda anlamlı farkların olup olmadığı incelenmiştir. Bu bakış açıları, farklı talep durumlarında sırasıyla açıklanmıştır.

Deneysel tasarımlar arasındaki farkın anlamlılığını test etmek amacıyla, deney sayılarının çok sayıda olması nedeniyle tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Senaryolar karşılaştırılıp başarı ölçütlerine göre aralarındaki farkların anlamlılığı F testine göre test edilmiştir. Senaryolar arasındaki farkların hangi düzeyde anlamlı olduğunun yorumu ise Scheffe testi ile gerçekleştirilmiştir. Tüm senaryoları aynı anda karşılaştırabilmek için ise tek yönlü varyans analizinden faydalanılmıştır. Ek-K,

Ek-L, Ek-M, Ek-N, Ek-O Ek-P, Ek-R, Ek-S,ve Ek-T’ de istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir. Bu bölümde üç farklı talep durumunda (düşük, orta ve yüksek) ve üç farklı talep korelasyonunda (düşük, orta ve yüksek) deneysel tasarımları (senaryolar) ait başarı ölçütleri (ağ bileşenleri birikimli miktarı₁, ağ bileşenleri birikimli toplamı₂) test sonuçlarına göre değerlendirilerek verilmiştir. İstatistiki analizin detayları Ek-O, Ek-P, Ek-R, Ek-S, Ek-T, Ek-U ‘ da görülmektedir.

5.1. Düşük Talep Durumu

Bu bölümde, düşük talep durumunda benzetim modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı₂ (P2) ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Düşük talep durumunda elde edilen benzetim sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri Ek-G’ de sunulmuştur. Üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına göre ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı₂ (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan değerler Ek6’ da bulunan tablolardan seçilmiş ve Tablo 5.1, Tablo 5.2 ve Tablo 5.3 hazırlanmıştır.

Tablo 5.1 ‘de düşük talep ve düşük korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesiyle elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı₂ (P2) ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1. Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Düşük Talep, $\lambda = 0.3$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo4	Senaryo3
İTME		PSM	ESM
	ort	706	264
	stdspm	203,8	58,5
		Senaryo4	Senaryo3
		PSM	ESM
MELEZ2	ort	1047,9	236,8
	stdspm	247,3	118
		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo3
ÇEKME	ort	105,2	161,6
	stdspm	18,6	61,7
		Senaryo3	Senaryo3
MELEZ	ort	2057,7	165,2
	stdspm	120,7	165,2

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin bu duruma en uygun yöntem olduğu gözlemlenmiştir.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo4 'ün en uygun sonucu verdiği görülmektedir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olanın senaryo3 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için de en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi uygun yöntem olarak görülmektedir.

Ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için ve melez kontrol mekanizması için de senaryo3' ün uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi tercih edilebilir.

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez kontrol mekanizması için senaryo3, melez2 ve itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için ise senaryo4' ün uygun olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmalarının üstünlüklerine göre sıralandığında ilk sırayı melez, ikinciye melez2, üçüncüyü itme ve son sırayı ise çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en düşük ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizmasında senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, melez2 kontrol mekanizmasında senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizmasında senaryo3 ve çekme kontrol mekanizmasında ise senaryo3' ün uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı itme, ikinciye melez2, üçüncüyü melez ve son sırayı ise çekme kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.2 'de düşük talep ve orta korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) ait ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Düşük Talep, $\lambda = 0.5$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo3	Senaryo3
İTME		PSM	ESM
	ort	1164,7	283,2
	stdspm	701,81	116,1
		Senaryo3	Senaryo3
		PSM	ESM
MELEZ2	ort	2989,4	300,1
	stdspm	1302,7	140,2
		P1	P2
		Senaryo3	Senaryo1
ÇEKME	ort	245,1	636,4
	stdspm	63,1	265
		Senaryo3	Senaryo1
MELEZ	ort	2185,4	657
	stdspm	197	226,5

Düşük talep ve orta korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo3 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntem olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo3 'ün en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için en uygun olanın senaryo3 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo3 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntemler olduğu gözlenmiştir.

Ağ bileşenleri birikimli miktarlı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo1, melez kontrol mekanizması için senaryo1 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarlı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin uygun yöntemler olduğu gözlenmiştir.

Düşük talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez2 kontrol mekanizması için senaryo3 ve periyodik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizması için senaryo3, itme kontrol mekanizması için senaryo3 ve periyodik sipariş miktarı, çekme kontrol mekanizması için senaryo3' ün uygun yöntemler olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında ilk sırayı melez2, ikinciyi melez, üçüncüyü itme ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmektedir.

Düşük talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez kontrol mekanizmasında senaryo1, çekme kontrol mekanizmasında senaryo1, melez2 kontrol mekanizmasında senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı, itme kontrol mekanizmasında ise senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarının uygun yöntemler olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında ilk sırayı melez, ikinciyi çekme, üçüncüyü melez2 ve son sırayı ise itme kontrol mekanizmasını aldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.3 'de düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) başarı ölçütü ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.3. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Düşük Talep, $\lambda = 0.8$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo2	Senaryo3
İTME		ESM	ESM
	ort	2509,2	2379,4
	stdspm	537,7	989,7
		Senaryo2	Senaryo3
		PSM	SSM
MELEZ2	ort	3318	2135,3
	stdspm	728,8	892,2
		P1	P2
		Senaryo2	Senaryo2
ÇEKME	ort	575,9	3768,7
	stdspm	277,2	1012,5
		Senaryo3	Senaryo2
MELEZ	ort	2624	3669,9
	stdspm	253,6	1632,9

Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin bu duruma uygun olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo2 'nin en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo3 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntem olduğu görülmüştür.

Ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo2, melez kontrol mekanizması için senaryo2 'nin uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri

birikimli miktarı₂ (P₂) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo₃ ve sabit sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntem olduğu görülmüştür.

Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ (P₁) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez₂ kontrol mekanizması için senaryo₂ ve periyodik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizması için senaryo₃, itme kontrol mekanizması için senaryo₂ ve ekonomik sipariş miktarı, çekme kontrol mekanizması için senaryo₂ en uygun senaryolar olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında ilk sırayı melez₂, ikinciyi melez, üçüncüyü itme ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmektedir.

Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı₂ (P₂) için, en yüksek ortalamaya sahip olan çekme kontrol mekanizmasında senaryo₂, melez kontrol mekanizmasında senaryo₂, itme kontrol mekanizmasında senaryo₃ ve periyodik sipariş miktarı, melez₂ kontrol mekanizmasında ise senaryo₃ ve sabit sipariş miktarı yöntemi uygun yöntem olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında ilk sırayı çekme, ikinciyi melez, üçüncüyü itme ve son sırayı ise melez₂ kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ için en uygun üretim kontrol mekanizmasının senaryo₃ olduğu görülmektedir. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ için en uygun mekanizmanın melez₂ kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi olduğu belirlenmiştir. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ için ise en uygun olan mekanizmanın melez₂ kontrol mekanizması olduğu görülmektedir. Çünkü senaryo₂ ve periyodik sipariş miktarı yöntemi en yüksek ortalamaya sahiptir.

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı₂ için en uygun üretim kontrol mekanizmasının itme kontrol mekanizması olduğu senaryo₃ 'ün en yüksek ortalamayı alması nedeniyle görülmektedir. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı₁ için en uygun

mekanizmanın melez kontrol mekanizması olduğu senaryo1 yardımıyla belirlenmiştir. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için ise en uygun mekanizmanın çekme kontrol mekanizması olduğu senaryo2 'nin aldığı ortalamadan görülmektedir.

Düşük talep durumu ve farklı korelasyonlarda ağ bileşenleri deneysel tasarımları (senaryolar) arasında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için istatistiksel açıdan farklılık elde edilmiştir. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için senaryo2 ve senaryo3 'de 0.05 güvenilirlik seviyesinde farklılık bulunamamıştır. Düşük talep durumu, tek yönlü varyans analizi ve 0.05 güvenilirlik seviyesinde F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-N 'de verilmiştir.

Düşük talep durumu ve farklı korelasyonlarda ağ bileşenleri deneysel tasarımları (senaryolar) arasında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için istatistiksel açıdan farklılık elde edilmiştir. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için senaryo2 ve senaryo3 'de 0.05 güvenilirlik seviyesinde farklılık bulunamamıştır. Düşük talep durumu, tek yönlü varyans analizi ve 0.05 güvenilirlik seviyesinde F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-N 'de verilmiştir.

Düşük talep durumunda senaryolar için üretim kontrol mekanizmaları belirlenmeye çalışılmış, benzetim sonuçlarının istatistiksel analizi Ek-K 'da verilmiştir. Bu tablolara göre başarı ölçütleri için Tablo 5.4, Tablo 5.5 ve Tablo 5.6 hazırlanmıştır.

Tablo 5.4 'de düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplam miktarı1' in ortalama değerleri görülmektedir.

Tablo 5.4. Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 1				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
D ü ş ü k	Düşük	melez2 psm	melez	melez	melez2 psm
		252,62	1084,55	2057,76	1047,99
	Orta	melez2 psm	melez	melez2 psm	melez2 psm
		792,56	1100,65	2989,46	1641,3
	Yüksek	melez2 psm	itme psm	melez2 psm	melez2 psm
		2906,64	5000,01	3237,01	3222,64

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo1' de melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu görülmektedir. Senaryo2 ve senaryo3'de melez kontrol mekanizması, senaryo4 'de melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin daha uygun olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde düşük talep, orta ve yüksek korelasyon durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda verilmiştir.

Sonuçta, düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo2' deki itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun sonucu olduğu görülmüştür.

Tablo 5.5 'de düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplamı2 ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 5.5. Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 2				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
D ü ş ü k	Düşük	çekme	melez	itme esm	itme esm
		141,5	158,91	264,06	49,75
	Orta	melez	çekme	melez	çekme
		657,07	412,2	509,45	92,57
	Yüksek	melez2 psm	itme psm	itme psm	çekme
		1679,34	9231,57	7100,83	552,05

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı2 için senaryo3 ve senaryo4' de itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin daha uygun olduğu belirlenmiştir. Senaryo2' de melez kontrol mekanizması, senaryo 1 'de ise çekme kontrol mekanizması daha uygun görülmektedir. Aynı şekilde, düşük talep, orta ve yüksek korelasyonda durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda verilmiştir. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı için senaryo1 ve senaryo2 'de uygun kontrol mekanizması ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi istatistiksel olarak kontrol mekanizmaları arasında fark olmadığından seçilememiştir.

Sonuç olarak, düşük talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı2 için senaryo3 'deki itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı en uygun yöntem olduğu görülmektedir.

Aynı şekilde, düşük talep, orta ve yüksek korelasyon durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda verilmiştir.

Düşük talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için üretim kontrol mekanizmaları ve senaryolar birlikte değerlendirilmiştir. Benzetim modeli, düşük talep ve farklı korelasyon durumlarında elde edilen sonuçları 0.05 güvenilirlik

seviyesinde anlamlı farklılık bulunmuştur. İstatistik analizi sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) farklılığı incelendiğinde tek yönlü varyans analizi sonucunda senaryo3 için melez kontrol mekanizmasının ortalama değeri diğer kontrol mekanizmaları göre farklı olduğu görülmüştür. İstatistik analizi sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Aynı şekilde, düşük talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında başarı ölçütlerine göre üretim kontrol mekanizmaları ve senaryolar birlikte değerlendirilmiştir. Bu şekilde, farklı talep korelasyonlarında en uygun senaryo ve kontrol mekanizması seçilmiştir. Düşük talep durumu ve farklı korelasyonlarda benzetim sonuçları Ek-J 'de verilmiş ve buradaki bilgiler ışığında Tablo 5.7, Tablo 5.8 ve Tablo 5.9 hazırlanmıştır.

Tablo 5.6 'da düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplamı1 verilmiştir.

Tablo 5.6. Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri

Düşük Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P1	s3 melez	s3 melez2 psm	s2 itme psm
	2057,76	2989,47	5000,01
		s3 melez	
	2185,48		

Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) için düşük korelasyon durumunda melez kontrol mekanizmasının en uygun üretim kontrol mekanizması olduğu senaryo3 'den hareketle görülmüştür. Orta korelasyon durumunda melez2 kontrol mekanizması senaryo3 ve periyodik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizması ve senaryo3 istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşmıştır. Yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi gözlemlenmiştir.

Tablo 5.7 'de düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplamı2 ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 5.7. Düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri

Düşük Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P2	s3 itme esm	s1 melez	s2 itme psm
	264,06	657,07	9231,56
	s3 melez2 esm	s1 çekme	s3 itme psm
	236,81	636,48	7100,82
			s2 çekme
		3768,73	

Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için düşük korelasyon için itme kontrol mekanizması senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı, melez2 kontrol mekanizması senaryo3 ve ekonomik sipariş miktarı uygun olduğu görülmüştür. Orta korelasyon durumunda melez kontrol mekanizması senaryo1 ve çekme kontrol mekanizması senaryo1 istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon durumunda istatistiksel olarak herhangi bir sonuca ulaşılammıştır.

5.2. Orta Talep Durumu

Bu bölümde, düşük talep durumunda benzetim modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Düşük talep durumunda elde edilen benzetim sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri Ek-H' da sunulmuştur. Üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına göre ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan değerleri için en düşük ortalamaya sahip olan değerleri seçilmiş ve Ek-H' da bulunan tablolardan Tablo 5.8, Tablo 5.9 ve Tablo 5.10 hazırlanmıştır.

Tablo 5.8 'de orta talep ve düşük korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesiyle elde edilen ağ

bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) başarı ölçütleri ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir..

Tablo 5.8. Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Orta Talep, $\lambda = 0.3$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo4	Senaryo4
İTME		PSM	ESM
	ort	6519,9	300,1
	stdspm	2355,9	96,1
		Senaryo2	Senaryo4
		PSM	ESM
MELEZ2	ort	3350,2	287,7
	stdspm	946,6	81,5
		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo2
ÇEKME	ort	500,9	855,2
	stdspm	141,2	326,4
		Senaryo3	Senaryo1
MELEZ	ort	2123,3	680,3
	stdspm	26,7	340,7

Orta talep ve düşük korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin bu duruma en uygun yöntem olduğu gözlemlenmiştir.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo4 'ün en uygun sonucu verdiği görülmektedir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo3 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için ise en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntem olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol

mekanizması için senaryo2, melez kontrol mekanizması için senaryo2 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu görülmektedir.

Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, melez2 kontrol mekanizması için senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizması için senaryo3 ve çekme kontrol mekanizması için senaryo4 için uygun olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmalarının üstünlüklerine göre ilk sırayı itme, ikinciye melez2, üçüncüyü melez ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan çekme kontrol mekanizmasında senaryo2, melez kontrol mekanizmasında senaryo2, itme kontrol mekanizmasında senaryo4 ve ekonomik sipariş miktarı, melez2 kontrol mekanizmasında ise senaryo4 ve ekonomik sipariş miktarı yönetiminin uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı çekme, ikinciye melez, üçüncüyü itme ve son sırayı ise melez2 kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.9 'da orta talep ve orta korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerleri görülmektedir.

Tablo 5.9. Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Orta Talep, $\lambda = 0.5$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo2	Senaryo1
İTME		PSM	PSM
	ort	5403,9	380,4
	stdspm	1668,9	330,4
		Senaryo4	Senaryo1
		PSM	PSM
MELEZ2	ort	24177,9	570,9
	stdspm	8286,7	453,1
		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo1
ÇEKME	ort	883,4	2227,7
	stdspm	214	917,1
		Senaryo3	Senaryo1
MELEZ	ort	2176,3	2190,3
	stdspm	195,5	622

Orta talep ve orta korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin bu duruma en uygunu olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo4 'ün en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo3 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarlı (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi seçilmiştir.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarlı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo1 ve sabit sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo1, melez kontrol mekanizması için senaryo1 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarlı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu görülmüştür.

Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez2 kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, itme kontrol mekanizması için senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı, melez kontrol mekanizması için senaryo3 ve çekme kontrol mekanizması için senaryo4' ün uygun olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı melez2, ikinciye itme, üçüncüyü melez ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan çekme kontrol mekanizmasında senaryo1, melez kontrol mekanizmasında senaryo1, melez2 kontrol mekanizmasında senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı, itme kontrol mekanizmasında ise senaryo2 ve sabit sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı çekme, ikinciye melez, üçüncüyü melez2 ve son sırayı ise itme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Tablo 5.10 'da orta talep ve yüksek korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerleri görülmektedir.

Tablo 5.10. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Orta Talep, $\lambda = 0.8$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo4	Senaryo1
İTME		PSM	PSM
	ort	40027,8	51073,7
	stdspm	31893	35492,2
		Senaryo4	Senaryo1
		PSM	ESM
MELEZ2	ort	49110	10234,6
	stdspm	13933,1	3612,9
		P1	P2
		Senaryo2	Senaryo1
ÇEKME	ort	3220	17766,9
	stdspm	1726	6799,8
		Senaryo1	Senaryo2
MELEZ	ort	2465,9	25534,6
	stdspm	675,1	8190

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin bu duruma uygun olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo2 'nin en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo1 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun olduğu görülmüştür.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo1, melez kontrol mekanizması için senaryo2' nin uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo1 ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin en uygun olduğu görülmüştür.

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez2 kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı, itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo2, melez kontrol mekanizması için senaryo1' in en uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı melez2, ikinciye itme, üçüncüyü çekme ve son sırayı melez kontrol mekanizmasının aldığı görülmektedir.

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizmasında senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, melez kontrol mekanizmasında senaryo2, çekme kontrol mekanizmasında senaryo1, melez2 kontrol mekanizmasında ise senaryo1 ve ekonomik sipariş miktarının uygun olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı itme, ikinciye melez, üçüncüyü çekme ve son sırayı ise melez2 kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanın itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4 olduğu görülmüştür. Orta talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanın melez2 kontrol mekanizmasının senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi olduğu belirlenmiştir. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanı melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en uygun olanın çekme kontrol mekanizmasının senaryo2 'de olduğu görülmüştür. Orta talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en uygun olanın çekme kontrol mekanizmasının senaryo1 'de olduğu belirlenmiştir. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en

uygun olanı itme kontrol mekanizması senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo1’ de uygun olduğu görülmüştür.

Orta talep durumu ve farklı korelasyonlarda ağ bileşenleri deneysel tasarımları (senaryolar) arasında birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için istatistiksel açıdan farklılık elde edilmiştir. Orta talep durumu, tek yönlü varyans analizi ve 0.05 güvenilirlik seviyesinde F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-O ‘da verilmiştir.

Orta talep durumunda senaryolar için üretim kontrol mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Benzetim sonuçlarının istatistiksel analizi (Ek-L) ‘de verilmiştir. Bu tablolara göre başarı ölçütleri için Tablo 5.13, Tablo 5.14 ve Tablo 5.15 hazırlanmıştır.

Tablo 5.11 ‘de orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplam miktarı1 ortalama değerleri görülmektedir.

Tablo 5.11. Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 1				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
Orta	Düşük	melez2 psm	melez2 psm	melez	melez2 psm
		2602,29	3350,21	2123,29	8345,64
	Orta	melez2 psm	melez2 psm	melez2 psm	melez2 psm
		8450,86	7950,2	2361,37	24177,97
	Yüksek	itme psm	itme psm	melez2 psm	melez2 psm
		23151,14	44563,82	2646,89	49110,96

Orta talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo1, senaryo 2 ve senaryo4’ de melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin daha uygun olduğu görülmektedir. Senaryo2’ de melez kontrol mekanizmasının uygun olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde orta talep, orta

ve yüksek korelasyon durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda verilmiştir.

Sonuçta, orta talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo 4’ deki melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı en uygun sonucu olduğu görülmüştür.

Tablo 5.12 ‘de orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplam miktarı1 ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 5.12. Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2(P2) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 2				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
Orta	Düşük	çekme	çekme	melez2 esm	itme esm
		834,27	855,18	283,39	300,13
	Orta	çekme	çekme	melez	çekme
		2227,8	2085,83	510,33	409,08
	Yüksek	itme psm	melez	çekme	melez
		51073,74	25534,63	2911,08	2133,59

Orta talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı2 için senaryo4’ de itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin daha uygun olduğu belirlenmiştir. Senaryo1 ve senaryo2’ de çekme kontrol mekanizması, senaryo 3 ‘de melez2 kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin olduğu görülmüştür. Aynı şekilde, düşük talep, orta ve yüksek korelasyonda durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda verilmiştir.

Orta talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için üretim kontrol mekanizmaları ve deneysel tasarımları (senaryolar) birlikte değerlendirilmiştir. Benzetim modeli, düşük talep ve farklı korelasyon durumlarında elde edilen

sonuçları 0.05 güvenilirlik seviyesinde anlamlı farklılık bulunmuştur. İstatistik analizi sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda in elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı2(P2) farklılığı incelendiğinde tek yönlü varyans analizi sonucunda senaryo1 için itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı, senaryo3 için melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı, senaryo2 için melez kontrol mekanizması ortalama değerlerinin farklı olmadığı görülmüştür. Analiz sonucunda senaryo2 için melez kontrol mekanizması ortalama değeri diğer tüm değerlerden istatistiksel olarak farklı olmadığından çözüm alternatifleri arasından çıkarılmıştır. İstatistik sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Orta talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında başarı ölçütlerine göre üretim kontrol mekanizmaları ve senaryoları birlikte değerlendirilmiştir. Bu şekilde, farklı talep korelasyonları ele alınmıştır. Bu şekilde, farklı talep korelasyonlarında en uygun senaryo ve kontrol mekanizması seçilmiştir. Orta talep durumu ve farklı korelasyonlarda benzetim sonuçları Ek-J 'de verilmiş ve bu bilgiler ışığında Tablo 5.13, Tablo 5.14 ve Tablo 5.15 hazırlanmıştır.

Tablo 5.13 'de orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli miktarı1 verilmiştir.

Tablo 5.13. Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri

Orta Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P1	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm
	8345,64	24177,97	49110,96
	s4 itme psm		
	6519,99		

Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için düşük korelasyon için melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de uygun olduğu görülmüştür. Orta korelasyon durumunda melez2 kontrol

mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ile senaryo4’de istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon durumunda melez2 kontrol mekanizması senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi gözlemlenmiştir.

Tablo 5.14 ‘de orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplamı2 verilmiştir.

Tablo 5.14. Orta talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri

Orta Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P2	s2 çekme	s1 çekme	s1 itme psm
	855,18	2227,79	51073,74
	s1 çekme	s1 melez	s1 melez2 psm
	834,27	2190,4	49584,61
	s2 melez	s2 çekme	
	773,49	2085,85	

Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için düşük korelasyon için çekme kontrol mekanizması senaryo2, çekme kontrol mekanizması senaryo1, melez kontrol mekanizması senaryo2 uygun olduğu görülmüştür. Orta korelasyon durumunda çekme kontrol mekanizması senaryo1, melez kontrol mekanizması senaryo1, çekme kontrol mekanizması senaryo2’ de istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı ve melez2 kontrol mekanizması senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yöntemine istatistiksel olarak gözlemlenmiştir.

5.3. Yüksek Talep Durumu

Bu bölümde, yüksek talep durumunda benzetim modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Düşük talep durumunda elde edilen benzetim sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri Ek-I’ da sunulmuştur. Üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına göre ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip

olan değerleri için en düşük ortalamaya sahip olan değerler seçilmiş ve Ek-I' da bulunan Tablo 5.19, Tablo 5.20 ve Tablo 5.21 tablolarından hazırlanmıştır.

Tablo 5.15 'de yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerleri başarı ölçütü ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.15. Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Yüksek Talep, $\lambda = 0.3$			
Üretim Kontrol Mekanizmaları		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo4
İTME		SSM	ESM
	ort	2973	575,4
	stdspm	154,7	138,4
		Senaryo4	Senaryo4
		PSM	ESM
MELEZ2	ort	23868,6	542,8
	stdspm	5081,1	101,6
		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo3
ÇEKME	ort	855,3	174,9
	stdspm	169	82
		Senaryo4	Senaryo2
MELEZ	ort	2385,5	1508,7
	stdspm	283,7	481,3

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve sabit sipariş miktarı yönteminin bu duruma en uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo4 'ün en uygun sonucu verdiği görülmektedir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo4 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması

melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun olduğu görülmektedir.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo3, melez kontrol mekanizması için senaryo2 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4' de itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi seçilmiştir.

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez2 kontrol mekanizması için senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı, itme kontrol mekanizması için senaryo4 ve sabit sipariş miktarı yöntemi, melez kontrol mekanizması için senaryo4, çekme kontrol mekanizması için senaryo4 uygun görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı melez2, ikinciye itme, üçüncüyü melez ve son sırayı ise çekme kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez kontrol mekanizmasında senaryo2, itme kontrol mekanizmasında ve ekonomik sipariş miktarı senaryo4' de, melez2 kontrol mekanizmasında ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de, çekme kontrol mekanizmasında ise senaryo3' ün uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı melez, ikinciye itme, üçüncüyü melez2 ve son sırayı ise çekme kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.16 'da yüksek talep ve orta korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.16. Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Yüksek Talep, $\lambda = 0,5$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo2	Senaryo1
İTME		PSM	PSM
	ort	17122,4	1495,8
	stdspm	5994,5	838,1
		Senaryo2	Senaryo1
		PSM	PSM
MELEZ2	ort	23882,3	2289,7
	stdspm	5661,6	959,8
		P1	P2
		Senaryo4	Senaryo2
ÇEKME	ort	1877,4	4639,4
	stdspm	412,5	1741,8
		Senaryo1	Senaryo2
MELEZ	ort	4290,6	4417,4
	stdspm	3046,5	1439,8

Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun yöntem olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo4 'ün en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo1 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin en uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo2, melez kontrol mekanizması için senaryo2 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu belirlenmiştir.

Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan melez2 kontrol mekanizması için senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı, itme kontrol mekanizması için senaryo2 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, melez kontrol mekanizması için senaryo1, çekme kontrol mekanizması için senaryo4' ün uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı melez2, ikinciye itme, üçüncüyü melez ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan çekme kontrol mekanizmasında senaryo2, melez kontrol mekanizmasında senaryo2, melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı senaryo1' de, itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı senaryo1'de elde edilmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı çekme, ikinciye melez, üçüncüyü melez2 ve son sırayı ise çekme kontrol mekanizmasının aldığı görülmüştür.

Tablo 5.17 'de yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda, üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolar için değerlendirilmesi durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) başarı ölçütü ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 5.17. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 değerleri

Yüksek Talep, $\lambda = 0.8$			
Üretim Kontrol		P1	P2
Mekanizmaları		Senaryo1	Senaryo1
İTME		PSM	PSM
	ort	29645,9	36833,9
	stdspm	17246	25685
		Senaryo4	Senaryo4
		PSM	PSM
MELEZ2	ort	24700,1	27703,5
	stdspm	4962,6	40264
		P1	P2
		Senaryo1	Senaryo2
ÇEKME	ort	7721,6	33811,8
	stdspm	3691,4	9876,8
		Senaryo4	Senaryo2
MELEZ	ort	23013,5	32547
	stdspm	1718,6	16045,2

Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, senaryolar arasında en yüksek ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminde senaryo1' in uygun olduğu görülmüştür.

Çekme kontrol mekanizması da benzer şekilde değerlendirildiğinde senaryo1 'nin en uygun sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde melez kontrol mekanizmasının değerlendirilmesi durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en uygun olan senaryonun senaryo4 olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için en yüksek ortalamaya sahip olan ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de uygun olduğu görülmüştür.

Aynı şekilde ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) değerlendirildiğinde, itme kontrol mekanizması için senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, çekme kontrol mekanizması için senaryo2, melez kontrol mekanizması için senaryo2 uygun olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol mekanizması melez 2 ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için en yüksek ortalamaya sahip olan senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu belirlenmiştir.

Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için, en yüksek ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizması için senaryo1 ve periyodik sipariş miktarı, melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de, melez kontrol mekanizması için senaryo4, çekme kontrol mekanizması için senaryo1' in uygun olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı itme, ikinciye melez2, üçüncüyü melez ve son sırayı çekme kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmaları ve ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için, en yüksek ortalamaya sahip olan itme kontrol mekanizmasında ve periyodik sipariş miktarı yönetiminde senaryo1, çekme kontrol mekanizmasında senaryo2, melez kontrol mekanizmasında senaryo2, melez2 kontrol mekanizmasında ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de uygun olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kontrol mekanizmaları üstünlüklerine göre sıralandığında; ilk sırayı itme, ikinciye çekme, üçüncüyü melez ve son sırayı ise melez2 kontrol mekanizmasının aldığı gözlemlenmiştir.

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanın melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de olduğu görülmüştür. Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanın çekme kontrol mekanizmasının senaryo2 'de olduğu belirlenmiştir. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en uygun olanı itme kontrol mekanizması ve ihtiyaç kadar sipariş yönteminin senaryo3' de uygun olduğu görülmüştür.

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en uygun olanın melez kontrol mekanizmasının senaryo2 'de olduğu görülmüştür. Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda da ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en uygun olanın çekme kontrol mekanizmasının senaryo2 'de olduğu belirlenmiştir. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için

en uygun olanı itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo2' de uygun olduğu görülmüştür.

Genel sonuçta, ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için orta talep yüksek korelasyon durumunda en uygun olanın melez2 kontrol mekanizmasının senaryo4 ve periyodik sipariş miktarı olduğu görülmüştür. Ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda en uygun olanın çekme kontrol mekanizmasının senaryo2 'nin uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Yüksek talep durumu ve farklı korelasyonlarda senaryoları arasında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için istatistiksel açıdan farklılık elde edilmiştir. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için senaryo3' de 0.05 güvenilirlik seviyesinde farklılık bulunamamıştır. Yüksek talep durumu, tek yönlü varyans analizi ve 0.05 güvenilirlik seviyesinde F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-P 'de verilmiştir.

Yüksek talep durumunda senaryolar için üretim kontrol mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Benzetim sonuçlarının istatistiksel analizi Ek-M 'de verilmiştir. Bu tablolara göre başarı ölçütleri için Tablo 5.22, Tablo 5.23 ve Tablo 5.24 hazırlanmıştır.

Tablo 5.18 'de düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplam miktarı1 'nın ortalama değerleri görülmektedir.

Tablo 5.18. Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 1				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
Y ü k s e k	Düşük	melez2 psm	melez2 psm	melez	melez2 psm
		7151,53	8045,57	2122,5	23868,69
	Orta	melez2 psm	melez2 psm	melez	itme psm
		21638,28	23882,35	2113,85	4151,61
	Yüksek	melez2 psm	itme esm	melez	melez2 psm
		41207,27	27364,32	2617,11	24700,05

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo1, 2 ve 4' de melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu görülmektedir. Senaryo2' de melez kontrol mekanizmasının uygun olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde yüksek talep durumu, orta ve yüksek korelasyon durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri ile birlikte tabloda verilmiştir.

Sonuçta, yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için senaryo1 'deki melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı en uygun yöntem olduğu görülmüştür.

Tablo 5.19 'da düşük talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplam miktarı2 ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 5.19. Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolara ait seçilen kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2(P2) ortalama değerleri

Talep	Ağ Bileşenleri Birikimli Miktarı 2				
	Talep Korelasyonu	Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3	Senaryo4
Y ü k s e k	Düşük	itme psm	melez	melez2 esm	itme esm
		518,4	1508,74	239,98	575,44
	Orta	melez2 psm	çekme	melez	melez2 psm
		2289,74	4639,43	485,19	1914,73
	Yüksek	itme psm	çekme	itme psm	itme psm
		36833,87	33811,77	5266,99	41466,68

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı2 için senaryo4’ de itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin uygun olduğu görülmüştür. Senaryo1 de itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi, senaryo 2 ‘de melez kontrol mekanizması ve senaryo3 ‘de melez2 kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yönteminin olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde, düşük talep, orta ve yüksek korelasyonda durumlarındaki senaryolara göre belirlenen uygun kontrol mekanizmaları ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri de tabloda sunulmuştur. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamın miktarı için senaryo3 ‘de kontrol mekanizması ve sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi arasında istatistiksel analiz sonucu farklılık bulunamadığından uygun sipariş büyüklüğü yöntemi seçilememiştir.

Sonuçta, yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda ağ bileşenleri birikimli toplamı2 için senaryo1 ‘deki itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı en uygun yöntem olduğu görülmektedir.

Yüksek talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında başarı ölçütlerine göre üretim kontrol mekanizmaları ve senaryoları birlikte ele alınmış ve bu şekilde, farklı talep korelasyonları birlikte değerlendirilmiştir. Bu şekilde, farklı talep korelasyonlarında en uygun senaryo ve kontrol mekanizması seçilmesine kolaylık sağlamıştır. Yüksek talep durumu ve farklı korelasyonlarda benzetim sonuçları Ek-J

'de verilmiş ve bu bilgiler ışığında Tablo 5.20, Tablo 5.21 ve Tablo 5.22 hazırlanmıştır.

Yüksek talep durumu ve farklı korelasyon durumlarında ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için üretim kontrol mekanizmaları ve deneysel tasarımları (senaryolar) birlikte değerlendirilmiştir. Benzetim modeli, düşük talep ve farklı korelasyon durumlarında elde edilen sonuçlarda, 0.05 güvenilirlik seviyesinde anlamlı farklılık bulunmuştur. İstatistik analizi sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda elde edilen ağ bileşenleri birikimli miktarı1(P1) farklılığı incelendiğinde tek yönlü varyans analizi sonucunda senaryo4 için melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ortalama değeri ile senaryo4 için itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı ortalama değeri arasında ortalama değeri daha yüksek olan seçilmiştir. İstatistik analizi sonucu elde edilen F değeri, anlamlılık sonuçları Ek-R 'de verilmiştir.

Tablo 5.20 'de yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli miktarı1 verilmiştir.

Tablo 5.20. Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı1 (P1) ortalama değerleri

Yüksek Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P1	s4 melez2 psm	s2 melez2 psm	s1 melez2 psm
	23868,6871	23882,35	41207,27
		s1 melez2 psm	s1 itme psm
		21639,28	29645,91
			s2 itme esm
			27364,32

Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1) için düşük korelasyon için melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de en uygun olduğu görülmüştür. Orta korelasyon durumunda melez2 kontrol

mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo2' de, melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo1'de istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo1' de, itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo1' de, itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yöntemi senaryo2' de istatistiksel olarak gözlemlenmiştir.

Tablo 5.21 'de yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında istatistiksel değerlendirme sonucu seçilen kontrol mekanizmalarının ağ bileşenleri birikimli toplamı2 verilmiştir.

Tablo 5.21. Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonları ve senaryolarında en uygun kontrol mekanizmaları ağ bileşenleri birikimli toplamı2 (P2) ortalama değerleri

Yüksek Talep	Talep Korelasyonu		
	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,8$
P2	s2 melez	s2 çekme	s4 itme psm
	1508,74	4639,43	41466,68
		s2 melez	
		4417,42	

Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2) için düşük korelasyon için melez kontrol mekanizması senaryo2' nin uygun olduğu görülmüştür. Orta korelasyon durumunda çekme kontrol mekanizması senaryo2 ve melez kontrol mekanizması senaryo2 istatistiksel olarak uygun sonuca ulaşılmıştır. Yüksek korelasyon durumunda itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4' de uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Farklı üretim ve tedarik zamanları için oluşturulan deneysel tasarımların (senaryolar) başarı ölçütlerinin hesaplanabilmesi amacıyla tasarlanan benzetim modeli ve bu benzetim modeli için geliştirilen benzetim yazılımının üç farklı talep ve üç farklı korelasyon durumunda çalıştırılmıştır. Bu bölümde, benzetim modelinin çalıştırılması sonucunda elde edilen sonuçları gösterilmiştir. Ayrıca, ağ bileşenleri birikimli miktarı1 (P1), ağ bileşenleri birikimli miktarı2 (P2 başarı ölçütlerine göre

benzetimin on çalışma sonrasında ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Deneysel sonuçların istatistiksel analizlerinin daha detaylı tartişması yapılmıştır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

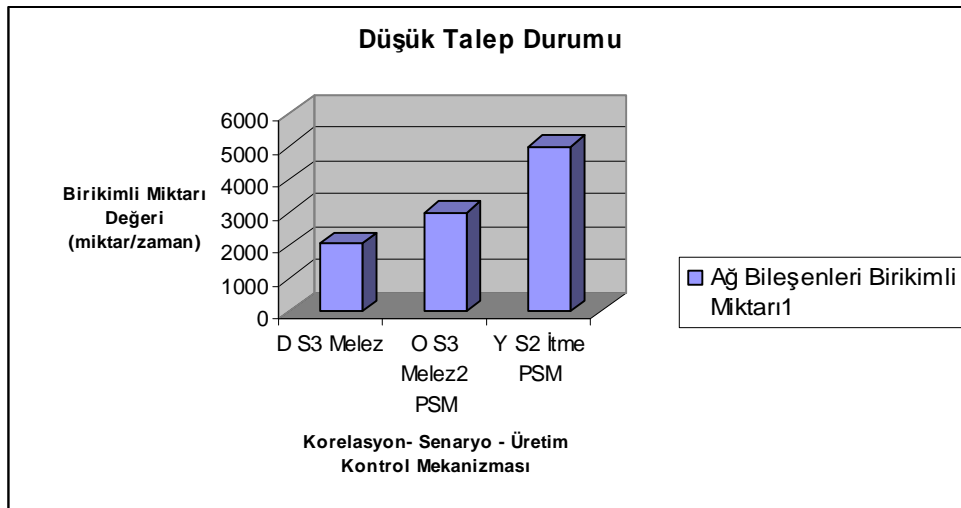
Bu bölümde, bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılabilmesi amacıyla, farklı talep durumları ve farklı talep korelasyonlarından hareketle başarı ölçütleri analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçların, pratikte ne anlam ifade ettiği açıklanmıştır. Tezin genel sonuçları verilerek gelecek çalışması olabilecek araştırma konuları önerilmiştir.

6.1 Başarı Ölçütlerinin Analizi

6.1.1. Ağ bileşenleri birikimli miktarı1

Farklı üretim ve taşıma tedarik zamanlarına göre tasarlanan dört farklı senaryo için talep durumları ve talep korelasyonları için ağ bileşenleri birikimli miktarı1 'e ait başarı ölçütünün analizi yapılarak seçilen uygun üretim kontrol mekanizmaları grafiksel olarak Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3 'de verilmiştir.

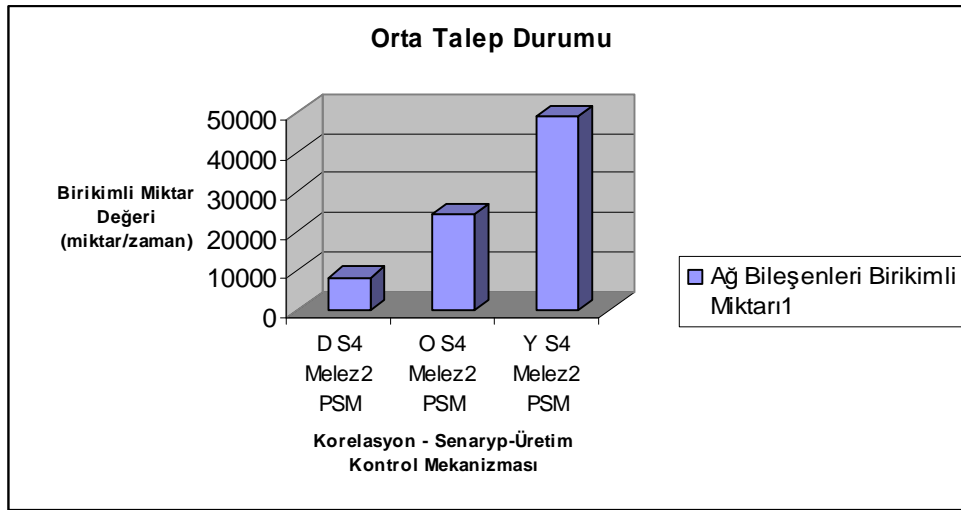
Düşük Talep Durumu



Şekil 6.1. Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri

Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en iyi sonucu itme kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ile senaryo2 'de sağlamıştır. Bu sonuç yüksek talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarımı, düşük talep ve orta talep korelasyonu durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo3 'de ulaşılmıştır. Son olarak, düşük talep ve düşük korelasyon durumunda melez kontrol mekanizmasının en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

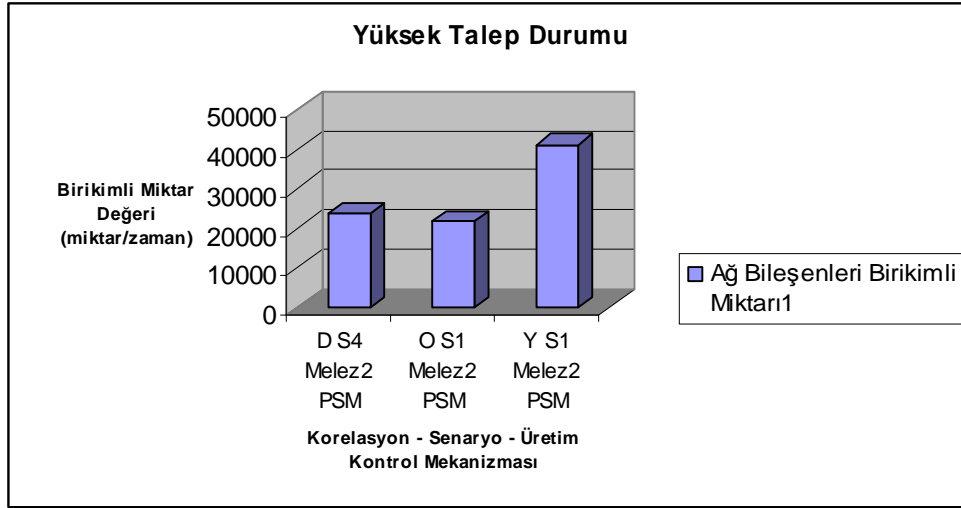
Orta Talep Durumu



Şekil 6.2. Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri

Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en iyi sonucu melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ile senaryo4 'de sağlamıştır. Bu sonuç yüksek talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarımı, orta talep ve orta talep korelasyonu durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo4 'de de ulaşılmıştır. Son olarak, orta talep ve düşük korelasyon durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4 'de en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

Yüksek Talep Durumu



Şekil 6.3. Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri

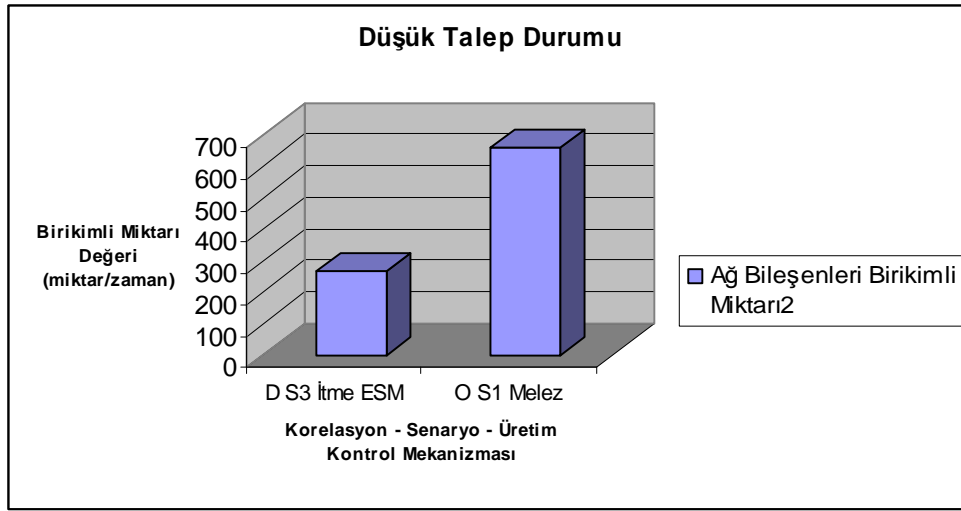
Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 için en iyi sonucu melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ile senaryo1 'de sağlamıştır. Bu sonuç yüksek talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarıyı, yüksek talep ve orta talep korelasyonu durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi senaryo1 'de de ulaşılmıştır. Son olarak, yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yönteminin senaryo4 'de en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

Birinci başarı ölçütü, ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerlendirildiğinde düşük ve yüksek talep durumlarında ağ bileşen sayısının az olan senaryoları ve yüksek talep korelasyonlarında iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Talebin orta ve yüksek durumlarında melez2 kontrol mekanizması ve periyodik sipariş yöntemi iyi olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, farklı talep durumlarında yüksek korelasyon ve ağ bileşen sayısının az olması ile müşteriden gelen ani talebi karşılamak için melez2 kontrol mekanizmasının diğer kontrol mekanizmalarından daha iyi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

6.1.2. Ağ bileşenleri birikimli miktarı2

Farklı üretim ve taşıma tedarik zamanlarına göre tasarlanan dört farklı senaryo için talep durumları ve talep korelasyonları için ağ bileşenleri birikimli miktarı2 'e ait başarı ölçütünün analizi yapılarak, seçilen uygun üretim kontrol mekanizmaları grafiksel olarak Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 'da verilmiştir.

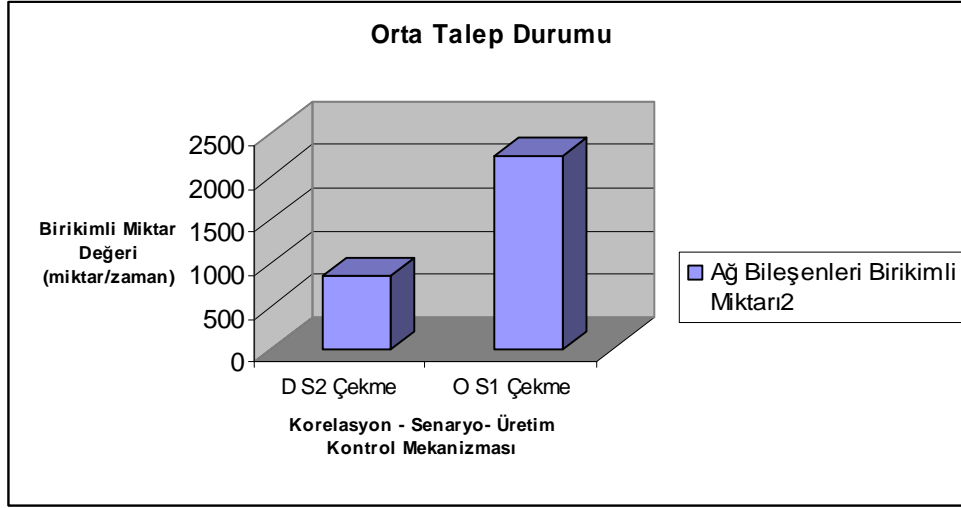
Düşük Talep Durumu



Şekil 6.4. Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 değerleri

Düşük talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en iyi sonucu melez kontrol mekanizması ile senaryo1 'de sağlamıştır. Bu sonuç orta talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarıyı, düşük talep ve düşük talep korelasyonu durumunda itme kontrol mekanizması ve ekonomik sipariş miktarı yöntemiyle senaryo3 'de ulaşmıştır.

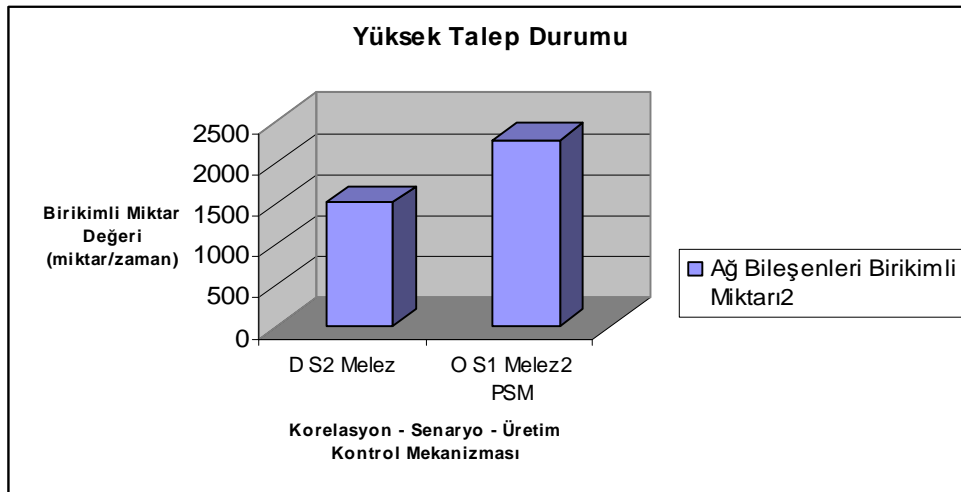
Orta Talep Durumu



Şekil 6.5. Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 değerleri

Orta talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı2 için en iyi sonucu çekme kontrol mekanizması ile senaryo1 'de sağlamıştır. Bu sonuç orta talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarımı, orta talep ve düşük talep korelasyonu durumunda çekme kontrol mekanizması ile senaryo2 'de ulaşılmıştır.

Yüksek Talep Durumu



Şekil 6.6. Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı1 değerleri

Yüksek talep durumunda ağ bileşenleri birikimli miktarı² için en iyi sonucu melez² kontrol mekanizması ve periyodik sipariş miktarı yöntemi ile senaryo1 'de sağlamıştır. Bu sonuç orta talep korelasyon durumunda elde edilmiştir. İkinci en iyi başarıyı, yüksek talep ve düşük talep korelasyonu durumunda melez kontrol mekanizması ile senaryo2 'de ulaşılmıştır.

İkinci başarı ölçütü, ağ bileşenleri birikimli miktarı² değerlendirildiğinde düşük talep durumunda ağ bileşen sayısının az olan senaryoları ve orta talep korelasyonlarında iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Talebin düşük ve orta durumlarında çekme ve melez kontrol mekanizmalarının iyi olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, farklı talep durumlarında orta korelasyon ve ağ bileşen sayısının az olması ile müşteriden gelen ani talebi karşılamak için melez² kontrol mekanizmasının diğer kontrol mekanizmalarından daha iyi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

6.2. Sonuçlar

Tedarik zinciri yönetimi sayesinde, müşteri ihtiyaçlarının zamanında ve doğru miktarlarda karşılanması amaçlanır. Firmaların rekabet edebilmesi için (imalatçılar) bütünlük tedarik zinciri ağı yapılarına ihtiyaçları vardır. Bütünlük tedarik zinciri ağını kurabilmek için üretim, dağıtım ve envanter aşamalarının birlikte ele alınması gerekir. Tasarlanan tedarik zinciri sisteminde üretim kontrol mekanizmalarının kullanılması ağın etkinliğini artıracaktır.

Literatürde, tedarik zinciri yönetiminde deterministik ve stokastik yöntemler kullanılarak gerçek imalat ortamları modellenmiştir. Bu amaçla geliştirilmiş çok sayıda model bulunmaktadır. Bu modellerin çoğu amaç fonksiyonunu en iyileyen deterministik yöntemlere dayanmaktadır. Birçok belirsiz etmene sahip olan tedarik zinciri yönetiminin deterministik yöntemlerle modellenmesi oldukça zordur. Bu sebeple, üretim kontrol mekanizmalarının da göz önüne alındığı melez sistemlere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek amacıyla; düşük tedarik zamanlı ve düşük envanter seviyeli, çok periyotlu, çoklu aşamalı bir bütünlük üretim-dağıtım-envanter modeli tasarlanmıştır. Geliştirilen modelde, eldeki envanteri en azlamak amacı ile stokastik modelleme araçları kullanılarak formüle edilmiştir.

Bütünleşik tedarik zinciri ağı bileşenlerinin tedarikçi aşaması dışında tüm aşamaları kapsayan bir model geliştirilmiş ve önerilmiştir. Ağın karakteristiklikleri (tedarik zamanları, ağ bileşen sayısı) ve müşteriden gelen ani taleplerin üretim kontrol mekanizmalarına etkisi gözlemlenmiştir. Ayrıca, hangi talep durumunda hangi talep korelasyonunda hangi üretim kontrol mekanizmasının uygun olduğu sorusuna yanıt aranmıştır.

Bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının analiz edilebilmesi için benzetim modeli tasarlanmış, farklı talep ve farklı talep korelasyon durumlarında çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, üç başarı ölçütüne (ağ bileşenleri birikimli miktarı¹, ağ bileşenleri birikimli miktarı²) göre istatistiksel olarak analiz edilmiş ve senaryolar arasındaki anlamlılığı belirlemek için tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır.

Senaryolar arasındaki fark değerleri verilerek, tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre bu farkların anlamlı olup olmadığı tablolarla sunulmuş ve deneysel sonuçların analizi yapılmıştır.

Bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarına ait üç başarı ölçütünün üç farklı talep ve üç farklı talep korelasyonu durumundaki benzetim sonuçlarının grafikleri verilmiş ve üretim kontrol mekanizmaları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, hangi durumda hangi senaryoya ait bütünleşik tedarik zinciri ağı karakteristiklerinin iyi sonuç ürettiği ve pratikte ne anlama geldiği açıklanmıştır.

Bütünleşik tedarik zinciri ağında tedarik zamanlarının kısa olması, talep korelasyonunun yüksek olması durumlarında önerilen melez² kontrol mekanizmasının en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Farklı talep durumları ve farklı talep korelasyonlarında uygun üretim kontrol mekanizmasının seçimi de mümkün olmuştur. Bu sonuç, önerilen üretim kontrol mekanizmasının müşteriden gelen ani taleplerin karşılanması durumlarında da en iyi başarının elde edilebileceği şeklinde yorumlanabilir.

6.3. Gelecek Çalışması

Bu tez çalışmasında bütünleşik tedarik zinciri ağında üretim kontrol mekanizmalarının karşılaştırılabilmesi amacıyla bir model geliştirilmiştir. Mevcut kontrol mekanizmalarının yanında yeni bir melez kontrol mekanizması önerilmiştir. Müşteriden gelen ani taleplerin ağ başarısını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Önerilen kontrol mekanizması, farklı tedarik zamanları ve kapasiteyi dikkate alan taşıma miktarlarının belirlenmesi ile imalat organizasyonlarında denenmesi ve test edilmesi gerekir. Bu modelde ele alınan bütünleşik tedarik zinciri ağı karakteristikliklerinin imalat organizasyonu için tasarlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Oliver, R. K. and Webber, M. D., "Supply Chain Management : Logistics Catches Up with Strategy", In Christopher, M. G., (ed) Logistics, The Strategic Issue (London : Chapman & Hall), 1992
- [2] Croom S., Romano P., Giannakis M., "Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review", European Journal of Purchasing & Supply Management, pp. 67-83, 2000
- [3] Chen, I. J. and Paulraj A., "Understanding Supply Chain Management Critical Research and a Theoretical Framework", Int J. Prod. Res. Vol.42, No.1, pp. 131-163, 2004
- [4] Cohen, M., and Huchzermeier A., "Global Supply Chain Management a Survey of Research and Applications" Chapter 21 in Quantitative Models for Supply Chain Management, Kluwer Academic Press, pp. 669-702, 1999
- [5] Tan K., C., " A Framework Of Supply Chain Management Literature", European Journal of Purchasing & Supply Management 7, pp. 39-48, 2001
- [6] Council of Logistics Management, elektronik adres: <http://www.cscmp.org/>
- [7] Swaminathan, J. M., Smith, S. F. and Sadeh, N. M., "Modeling Supply Chain Dynamics", Decision Sciences Volume 29, Number 3, pp. 1-26, 1998
- [8] Dong Ming, "Process Modeling, Performance Analysis and Configuration Simulation in Integrated Supply Chain Network Design", PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, July 2001
- [9] Metz, P. J., "Demystifying Supply Chain Management", elektronik adres: <http://manufacturing.net/magazine/logistics/archives/1998/scm/mys.htm>
- [10] Mabert, V. A. and Venkataramanan, M. A., "Special research focus on supply chain linkages: challenges for design and management in the 21st century", Decision Sciences, 29, 537-552, 1998
- [11] Johnson, D. A., Malucci, L., "Shift to supply chain reflects more strategic approach", APICS The Performance Advantage, October, pp. 28-31, 1999

- [12] Bowersox, D. J., & Closs, D. J., "Logistical Management: The integrated supply chain process", New York, NY: McGraw-Hill Book, 1996
- [13] Forester, "Industrial Dynamics", MIT Pres, Cmabridge MA, USA, 1961
- [14] Burbidge, J. L., "Automated production control with a simulation capability", IFIP Working Paper, WG5(7), Copenhagen, 1984
- [15] Sancar, A. Ü., "Quantification of the Bullwhip Effect", Department of Management Information Systems Working Paper, pp. 1-9, 2003
- [16] Disney, S.M., Towill, D.R., "The Effect of Vendor Managed Inventory Dynamics on the Bullwhip Effect in Supply Chains", Int. J. Production Economics 85, pp. 199-215, 2003
- [17] Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., "The Bullwhip Effect in Supply Chains", Sloan Management Review/ Spring 1997, pp. 1-10, 1997
- [18] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S., "Information Distortion in A Supply Chain: the Bullwhip Effect", Management Science, 43(4), 546-558, 1997
- [19] McCullen P., Towill D., "Diagnosis and Reduction Of Bullwhip In Supply Chains", Supply Chain Management: An International Journal Volume 7, No. 3, pp. 164-179, 2002
- [20] Beamon, B. M., "Measuring Supply Chain Performance", International Journal of Operations and Production Management, Vol. 19, No.3, pp. 275-292, 1999
- [21] Min, H., Zhou, G., "Supply Chain Modeling Past Present Future", Computers & Industrial Engineering 43, pp. 231-249, 2002
- [22] Ganeshan, R., Jack, E., Magazine, M.J., and Stephens, P., "A Taxonomic Review of Supply Chain", QAOM Department, The University of Cincinnati, pp. 1-43, 2000
- [23] Grosfeld-Nir, A., Magazine, M. and Vanberkel, A., "Push and Pull Strategies for Controlling Multistage Production Systems", Int. J. Prod. Res. Vol.38, No.11, pp. 2361-2375, 2000
- [24] Tomlin Brian T., "Supply Chain Design: Capacity, Flexibility and Wholesale Price Strategies" PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, February 2000.
- [25] Sarmiento, Ana Maria, Nagi, Rakesh, "A Review of Integrated Analysis of Production Distribution Systems", IIE Transactions 31, pp. 1061-1074, 1999
- [26] Bhatnagar, R., Chandra, P. and Goyal S. K., "Models for multi plant coordination", European Journal of Operational Research, 67, pp. 141-160, 1993.

- [27] Thomas, D. J. and Griffin, P. M., "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research*, 94, pp. 1-15, 1996.
- [28] Cohen, M. A., and Lee H. L., "Strategic analysis of integrated production-distribution systems: models and methods", *Operations Research*, 36 (2), pp. 216-228, 1988.
- [29] Mak, K. L. and Wong. Y. S., "Design of integrated production-inventory-distribution systems using genetic algorithm", *IEE Conference Publication no.414, UK.*, pp. 454-460, 1995.
- [30] Cohen. M. A. and Lee H. L., "Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, pp. 81-104, 1989
- [31] Goetschalckx, M., Vidal, Carlos J., Dogan, K., "Modeling and Design of Global Logistis System A review of Integrated Strategic and Tactical Models and Design Algorithms", *European Journal of Operational Research* 143, pp. 1-18, 2002
- [32] Blumenfeld D. E., Burns L. D., Daganzo C. F., Frick M. C. and Hall R. W., "Reducing logistics costs at General Motors, *Interfaces*, 17(1), pp.26-47, 1987
- [33] King R. and Love R., "Coordinating decisions for increased profits", *Interfaces*, 10(6), pp.4-19, 1980
- [34] Martin, C. H., Dent, D. C., and Eckhart, J. C., "Integrated Production, Distribution and Inventory Planning at Libbey Owens-Ford, *Interfaces* 23 / 3, 68-78, 1993
- [35] Glover F., Jones G., Karney D., Klingman D., & Mote J., " An integrated production, distribution and inventory planning system", *Interfaces*, 9 (5), 21-35, 1979
- [36] Arntzen B. C., Brown G. G., Harrison T. P. & Trafton L. L., " Global supply chain management at digital equipment corporation", *Interfaces*, 25, pp. 69-93, 1995
- [37] Ashayeri J. & Rongen J. M. J., "Central distribution in Europe: A multi criteria approach to location selection", *The International Journal of Logistics Management*, 9(1), pp. 97-106, 1997
- [38] Min H. & Melachhrinoudis E., "The relocation of a hybrid manufacturing/distribution facility from supply chain perspectives", *A case study, Omega*, 27(1), pp.75-85, 1999
- [39] Midler J. L., " A stochastic multiperiod multimode transportation model", *Transportation Science* 3, 8-29, 1969
- [40] Tapiero C. S., & Soliman M. A., "Multi commodities transportation schedules over time", *Networks*, 2, 311-327, 1972

- [41] Lee H. L. & Billington C., "Material management in decentralized supply chains", *Operations Research*, 41(5), pp.835-847
- [42] Lee H. L. & Feitzinger E., "Product configuration and postponement for supply chain efficiency", *Fourth Industrial Engineering Research Conference Proceedings*, pp. 43-48, 1995
- [43] Lee, L. C., A comparative study of the push and pull production systems. *International Journal of Operations and Production Management*, 9, 5–18, 1989.
- [44] Swaminathan J. M. & Tayur S. R., "Stochastic programming models for managing product variety", in Tayur R. Ganeshan & M. Magazine, *Quantitative models for supply chain management*, pp. 585-622, Kluwer Academic Publishers, 1999
- [45] Fisher M., Hammond J., Obermeyer W., & Raman A., "Configuring a supply chain to reduce the cost of demand uncertainty", *Production and Operations Management*, 6 (3), 211-225, 1997
- [46] Lancioni R. A., "New developments in supply chain management for the millennium", *Industrial Marketing Management*, 29, pp.1-6, 2000
- [47] Das, S. K., Abdel-Malek, L., "Modeling the Flexibility of Order Quantities and Lead Times in Supply Chains", *Int. J. Production Economics* 85, pp. 171-181, 2003
- [48] Karmarkar U. S., & Patel N. R., "The one period, n location distribution problem", *Naval Research Logistics Quarterly*, 24 (4), 559-575, 1977
- [49] Constable G. K. & Whybark D. C., "The interaction of transportation and inventory decisions", *Decision Sciences*, 9, 688-699, 1978
- [50] Baumol W. & J.Vinod H. D., , " An inventory theoretic model model of freight transport demand", *Management Science*, 16 (7), 413-421, 1970
- [51] Herron D. P., "Management science in industrial logistics", *Applications of Management Science*, 3, 49-85, 1983
- [52] Clark A. J. & Scarf H., "Optimal policies for a multi echelon inventory problem", *Management Science*, 6(4), pp. 475-490, 1960
- [53] Cachon G. P., "Competitive supply chain inventory management", in S. Tayur, R. Ganeshan & M. Magazine , *Quantitative models for supply chain management*, pp. 111-146, Kluwer Academic Publishers, 1998
- [54] Bookbinder J. H., McAuley P. T. & Schulte J., "Inventory and transportation planning in the distribution of fine papers", *Journal of Operational Research Society*, 40(2), pp.155-156, 1989

- [55] Cachon G. P. ve Zipkin P. H., “Competitive and Cooperative Inventory Policies in a Two Stage Supply Chain”, Working Paper, The Fuqua School of Business, Duke University, 1997
- [56] Newhart D. D., Stott K. L. & Vasko F. J., “Consolidating product sizes to minimize inventory levels for a multi stage production – distribution systems”, *Journal of the Operational Research*, 108 (1), pp. 1-15, 1993
- [57] Petrovic D., “Simulation of supply chain behavior and performance in an uncertain environment”, *International Journal of Production Economics*, 71, pp. 429-478, 2001
- [58] Gupta Y. P., Keung Y. K., Gupta M. C., “Comparative Analysis of Lot Sizing Models for Multi Stage Systems: A Simulation Study”, *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 30, No. 4, 695-716, 1992
- [59] Gupta, S.M. and L. Brennan, “Heuristic and Optimal Approaches to Lot-sizing Incorporating Backorders: An Empirical Evaluation”, *INT. J. PROD. RES.*, 30, 2813-2824, 1992
- [60] De Matteis J.J. and A.G. Mendozze, “An economic lot sizing technique”, *IBM System Journal*, 7, 30-46, 1968
- [61] Zangwill, W.I., “A Deterministic Multiproduct, Multifacility Production and Inventory Model”, *Ops. Res.*, 14, 486-507, 1966
- [62] Florian, M. and M. Klein, “Deterministic Production Planning with Concave Costs and Capacity Constraints”, *Management Science*, 18, 12-20, 1971
- [63] Love, S., “A Facilities in Series Model with Nested Schedules”, *Management Science*, 18, 327-338, 1972
- [64] Jagannathan, R. and M.R. Rao, “A Class of Deterministic Planning Problems”, *Management Science*, 19, 1295-1300, 1973
- [65] Baker K.R., P. Dixon, M.J. Magazine and E.A. Silver, “An Algorithm for the Dynamic Lotsize Problem with Time-varying Production Capacity Constraints”, *Management Science*, 24, 1710-1720, 1978
- [66] Lambrecht, M. and H. Vanderveken, “Heuristic Procedures for the Single Operation Multi Item Loading Problem”, *AIIE Transactions*, 11, 319-326, 1979
- [67] Berry W.L., “Lot sizing Procedures for Requirements Planning Systems: a Framework for Analysis”, *Production and Inventory Management*, 13, 19-34, 1972
- [68] Zangwill, W.I., “A Backlogging Model and a Multi-Echelon Model of a Dynamic Economic Lot Size Production System”, *Man. Sci.*, 15, 506-527, 1969

- [69] Crowston, W. B., M. Wagner and J.F Williams, "Economic Lot Size Determination in Multi-Stage Assembly Systems", *Management Science*, 19,517-527, 1973
- [70] Steinberg, E. and H.A. Napier, "Optimal Multi-level Lot Sizing for Requirements Planning Systems", *Management Science*, 26, 1258-1271, 1980
- [71] Blackburn, J.D. and R.A Millen, "Simultaneous Lot-sizing and Capacity Planning in Multi-stage Assembly Processes", *E.J.O.R.*, 16 ,84-93, 1984
- [72] Trigeiro, W.W., L.J. Thomas, and J.O. Mc Clain, "Capacitated Lot Sizing with Setup Times", *Management science*, 35, 353-366, 1989
- [73] Millar, H.H. and M. Yang, "An Application of Lagrangean Decomposition to the Capacitated Multi-item Lot Sizing Problem", *Computers Ops Res.*, 20, 409-420, 1993
- [74] Rupp, T. M. and Ristic, M., "Fine planning for supply chain in semiconductor manufacture", *Journal of Materials Processing Technology*, 107, 390–397, 2000
- [75] Deleersnyder, J. L., Hodgeson, T. L., King, R. E., O 'Grady, P. J., and Savva, A., "Integrating Kanban Type Pull Systems and MRP Type Push Systems: Insights from A Markovian Model", *IIE Transactions*, 24(3), 43-56, 1992
- [76] Cohen M. A. and Lee H. L., "Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, pp. 81-104, 1989
- [77] Takahashi, K., Hiraki, S., and Soshiroda, M., "Pull-Push Integration In Production Ordering Systems", *International Journal of Production Economics*,33 (1/3), 155-161, 1994
- [78] Spearman, M. L., Woodruff, D. L. and Hopp, W. J., "CONWIP: a pull alternative to Kanban", *International Journal of Production Research*, 28, 879–894, 1990
- [79] Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C. and Barson, R. J., "Are push and pull systems really so different?" *International Journal of Production Economics*, 59, 53–64, 1999
- [80] Krajewski, J. L., King, B. E., Ritzman, L. P., Wong, D. S., "Kanban, MRP, and Shaping the Manufacturing Environment", *Management Science*, Vol:33, No:1, January 1987
- [81] Rees, L. P., Huang, P. Y. and Taylor, B. W., "A comparative analysis of an MRP lot-for-lot system and a Kanban system for a multistage production operation", *International Journal of Production Research*, 27, 1427–1443, 1989

- [82] Persentili, E. and Alptekin, S. E., “Product flexibility in selecting manufacturing planning and control strategy”, *International Journal of Production Research*, 38, 2011–2021, 2000
- [83] Venkatesh, K., Zhou, M. C., Kaighobadi, M. and Caudill, R., “A Petri net approach, to investigating push and pull paradigms in flexible factory automated systems”, *International Journal of Production Research*, 34, 595–620, 1996
- [84] Sarker, B. R. and Fitzsimmons, J. A., “The performance of push and pull systems: a simulation and comparative study”, *International Journal of Production Research*, 27, 1715–1731, 1989.
- [85] Wainwright, C. E. R., Harrison, D. K. and Leonard, R., “Production control strategies within multi-product batch manufacturing companies”, *International Journal of Production Research*, 31, 365–380, 1993
- [86] Sakakibara, S., Flynn, B. B., Schroeder, R. G., Morris, W. T., “The Impact of Just-In-Time Manufacturing and Its Infrastructure on Manufacturing Performance”, *Management Science*, Vol:43, No:9, September 1997
- [87] Taylor, L. J., “A simulation study of work-in-process inventory drive systems and their effect on operational measurements”. *British Journal of Management*, 11, 47–59, 2000
- [88] Spearman, M. L. and Zazanis, M. A., “Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons”, Technical Report 88-24 (Evanston: Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University), 1988.
- [89] Eppen G. D., Martin R. K. ve Schrage L., “A Scenario Approach to Capacity Planning”, *Operations Research*, 37(4), 517-527, 1989
- [90] Van Mieghem J. A., “Investments Strategies for Flexible Resources”, *Management Science*, 44, 8, 1071-1078, 1998
- [91] Harrison J. M. ve Van Mieghem J. A., “Multi resource Investments Strategies : Operational Hedging under Demand Uncertainty”, *European Journal Operational Research*, 113, 17-29, 1999
- [92] Li S. ve Tirupati D., “Dynamic Capacity Expansion Problem with Multiple Products : Technology Selection and Timing of Capacity Additions”, *Operations Research*, 42, 5, 958-976, 1994
- [93] Li S. ve Tirupati D., “Technology Choice with Stochastic Demands and Dynamic Capacity Allocation : A Two Product Analysis”, *Journal of Operations Management*, 12, 239-258, 1995
- [94] Persson, G. , “Logistics Process Redesign: Some Useful Insights”, *International Journal of Logistics Management*, 6, 1, 13-25, 1995

- [95] Sheombar, H.S., "Understanding logistics co-ordination - A foundation for using EDI in operational (re)design of dyadical Value Adding Partnerships", Dissertation KUB, Tutein Bolthenius, 's Hertogenbosch, The Netherlands, 1995
- [96] Wu Y., Frizelle G., Ayrat L., Marsein J., Merwe V., Zhou D., "A Simulation Study on Supply Chain Complexity in Manufacturing Industry", Proceedings of the 2001 conference of the Manufacturing Complexity Network, 239-248, 2002
- [97] Erengüç, Ş. S., Simpson, N. C., Vakharia, Asoo, J., "Integrated Production Distribution Planning in Supply Chains", European Journal of Operational Research 115, pp. 219-236, 1999
- [98] Riddalls, C. E., Bennett, S. and Tipi, N. S., "Modeling the Dynamics of Supply Chains", International Journal of Systems Science, volume 31, number 8, pp. 969-976, 2000
- [99] Geunes, J., Pardalosh, P. M., Romeijn Edwin, "Supply Chain Management Models, Applications and Research Directions", Department of Industrial and Systems Engineering, University of Florida, pp. 1-41
- [100] O 'Brein W., London K. and Vrijhoel R., "Construction Supply Chain Modeling : A Research Review and Interdisciplinary" Research Agenda, ICFAI Journal of Operations Management, 3(3), p 64-84, 2002
- [101] Takahashi, K., and Nakamura, N., "Push, pull or hybrid control in supply chain management", Int J. Computer Integrated Manufacturing, Vol. 17, No.2, pp. 126-140, 2004
- [102] Ovalle O. R., Marquez A. C., "Exploring the Utilization of a CONWIP System for Supply Chain Management A Comparison With Fully Integrated Supply Chains", Int. J. Production Economics 83 (2003) 195-215, 2003
- [103] Karaesmen, F., Liberopoulos, G. and Dallery, Y., "Stochastic Modeling and Optimization of Manufacturing Systems and Supply Chains", International Series in Operations Research and Management Science, Vol. 63 , pp. 1-29, 2003
- [104] Beamon, Benita, M., "Supply Chain Design and Analysis Models and Methods", International Journal of Production Economics Vol. 55, No.3 , pp. 281-294, 1998
- [105] Kleijnen, J.P.C., "Supply Chain Simulation Survey", No.2003-103. Tilburg University, pp. 1-21, 2003
- [106] Takahashi, K., Hirotsu, M., D., "Comparing CONWIP synchronized CONWIP and KANBAN in complex supply chains", Int. J. Production Economics 93-94, pp. 25-40, 2005
- [107] Olhager, J., "Supply Chain Management a Just in Time Perspective", Production Planning & Control Vol.13, No.8, pp. 681-687, 2002

- [108] Wang W., Y. K. Richard, Fung Y. K., Chai Y., “Approach Of Just In Time Distribution Requirements Planning For Supply Chain Management”, *Int. J. Production Economics* 91, p 101-107, 2003
- [109] Beamon, B. M., Bermudo, J. M., “A Hybrid Push Pull control Algorithm for Multi Stage Multi Line Production System”, *Production Planning and Control* Vol. 11, No.4, pp. 1-13, 2000
- [110] Wang, D. and Xu, Chang-Go, “Hybrid Push Pull Production Control Strategy Simulation and its Applications”, *Production Planning & Control* Vol.8, No. 2, pp. 142-151, 1997
- [111] Olhager, J., and Ostlund, B., “An Integrated Push-Pull Manufacturing Strategy”, *European Journal of Operational Research*, 45(2-3), 135-142, 1990
- [112] Wang D., Xu C.-G., “Hybrid Push/Pull Production Control Strategy Simulation And Its Applications”, *Production Planning & Control*, 1997, VoL. 8, No. 2, 142-151, 1997
- [113] Kim, K., Chhajed, D. and Palekar, U. S., “A comparative study of the performance of push and pull systems in the presence of emergency orders”, *International Journal of Production Research*, 40, 1627–1646, 2002.
- [114] Kimura, O. and Terada, H., “Design And Analysis of Pull Systems: A Method Of Multi Stage Production Control”, *International Journal of Production Research*, 19(3), 241-253, 1981
- [115] Liberopoulos G. and Dallery Y., “A Unified Framework for Pull Control Mechanisms in Multi Stage Manufacturing Systems”, *Annals of Operations Research* 93, 325-355, 2000
- [116] Deleersnyder, J. L., Hodgson, T. J., Muller, H., O'grady, P. J., “Kanban Controlled Pull Systems: An Analytic Approach”, *Management Science*, Vol:35, No:9, September 1989.
- [117] Çallı, İ., Torkul, O., Morgül, Ö. K., Cedimoğlu İ. H., Över, T., Çelebi, N., Göksu, A., Türkiye Vagon Sanayi A. Ş. Yeniden Yapılandırma Projesi, Sakarya Üniversitesi, Adapazarı, 2002
- [118] Ganeshan, R., ve Harrison T. P., “An Introduction to Supply Chain Management”, Department of Management Science and Information Systems, Penn State University, elektronik adres: http://silmaril.smeal.psu.edu/misc/supply_chain_intro.html
- [119] Rizk, N., Marte, A. L., “Supply Chain Flow Planning Methods A Review of The Lot Sizing Literature”, Working Paper DT-2001-AM-1, pp.1-66, 2001

- [120] Liberopoulos, G. and Dallery, Y., "Comperative Modeling of Multi Stage Production Inventory Control Policies with Lot Sizing", *Int. J. Prod. Res.* Vol.41, No.6, pp. 1273-1298, 2003
- [121] Lee, H. L. and Billington, C., "Material management in decentralized supply chain", *Operations Research*, 41, 835–847, 1993
- [122] Towill D. R., Naim M. M. & Wikner J., "Industrial dynamic simulation models in the design of supply chains", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 22(5), pp. 3-13, 1992
- [123] Kouvelis, P., Rosenblatt, M. J., "A Mathematical Programming Model to Global Supply Chain Management Conceptual Approach and Managerial Insights", Working Paper, pp.1-42, 2001
- [124] Alptekinoglu, A., Tang, C. S., "A Model for Analyzing Multi Channel Distribution Systems", Forthcoming in *European Journal of Operational Research*, pp. 1-35, 2003
- [125] Geraghty, J., Heavey, C., "A Review and Analysis of Horizontally Integrated Hybrid Production Control Strategies", *Third International Conference on Design and Analysis of Manufacturing Systems*, pp. 1-12, 2001
- [126] Huang, M., Wang, D. and Ip, W. H., "A Simulation and Comperative Study of the CONWIP Kanban and MRP Production Control Systems in a Cold Rolling Plant", *Production Planning & Control* V.9, N. 8, pp. 803-812, 1998
- [127] Chan, Felix T.S., Tang, Nelson, K.H., Lau, H.C.W., Ip, R.W.L., "A Simulation Approach in Supply Chain Management", *Integrated Manufacturing Systems* 13/2, pp. 117-122, 2001
- [128] Wu, Y., Frizelle, G., Ayril, L., Marsein, J., Van de Merwe, E., Zhou, D., "A Simulation Study on Supply Chain Complexity in Manufacturing Industry", *Tacking Industrial Complexity: The Ideas That Make a Difference – Proceedings of the 2001 Conference of the Manufacturing Complexity Network*. Institute for Manufacturing, University of Cambridge , pp. 239-248, 2002
- [129] O'Brien, W. J., London, K. and Vrijhoef, R., "Construction Supply Chain Modeling: A Research Review and Interdisciplinary Research Agenda", *ICFAI Journal of Operations Management*, 3(3) , pp. 64-84, 2002
- [130] Nagurney, A. and Cruz, Ke Ke and Jose, Hancock, K., "Dynamics of Supply Chains : A Multilevel (Logistical/Informational/Financial) Network Perspective", *Environment & Planning*, pp. 795-818, 2002
- [131] Kleijnen, J. PC and Smits, M. T., "Performance Metrics in Supply Chain Management", *Journal of the Operational Research Society*, pp. 1-8, 2003

- [132] Smith, M. E., Bুদ্ধress, L., Raedels, A., “Pulling Your Way to an Integrated Supply Chain”, 2002 International Conference Proceedings, Supply Management: A Strategic Perspective, pp. 1-4, 2002
- [133] Takahashi, K., Morikawa, K., Nakamura, N., “Reactive JIT Ordering System for Changes in the Mean and Variance of Demand”, *Int J. Production Economics* 92, pp. 181-196, 2004
- [134] Bouhia, S., and Abernathy, F. H., “Scheduling and Ordering Production Policies in a Limited Capacity Manufacturing System : The Multiple Replenishment Product Case”, 2003
- [135] Kleijnen, Jack P.C., “Supply Chain Simulation Tools and Techniques A Survey”, pp. 1-24, 2004
- [136] Lee, Y. H., Cho, M. K., Kim, S. J., Kim, Y. B., “Supply Chain Simulation with Discrete Continuous Combined Modeling”, *Computers & Industrial Engineering* 43, pp. 375-392, 2002
- [137] Beamon, Benita M., “Measuring Supply Chain Performance”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19, No.3, pp. 275-292, 1999
- [138] Ramakrishnan, S., Lee, S., Wysk, R. A., “Implementation of a Simulation Based Control Architecture for Supply Chain Interactions”, *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, pp. 1-8, 2002
- [139] Cachon, G., “Competitive Supply Chain Inventory Management in Quantitative Models for Supply Chain Management”, S. Tayur, R. Ganeshan and M. Magazine, Boston Kluwer, pp. 1-4, 1998
- [140] Lee, H. L. and Billington, C., “Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities”, *Sloan Management Review*, No. 33, 65–73, 1992

Ek – A Düşük Talep Durumunda Benzetim Sonuçları

Tablo A.1. Düşük talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü1 değerleri

Düşük Talep				
T.K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0.8$
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	Melez S3	Melez2 psm-S3	Melez S3	İtme-psm S2
1	2114,754304	1217,609	2200,0068	16255,998
2	2114,527087	1486,021	2740,830891	13572,894
3	2114,984086	1743,574	2117,279727	3068,058
4	2115,709646	4752,425	2110,458659	2622,405
5	2114,803423	2278,483	2110,029138	2622,621
6	1828,748062	3435,015	2110,234369	2371,668
7	2114,912874	3624,785	2115,867976	2082,934
8	1828,405459	2657,947	2116,108821	2735,129
9	2115,477963	3963,796	2117,31175	1998,677
10	2115,274684	4734,975	2116,677483	2669,724
Ortalama	2057,7	2989,4	2185,4	5000,0
Std. Sapma	120,7	1302,7	197,0	5272,7

Tablo A.2. Düşük talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü2 değerleri

Düşük Talep				
T.K.	$\lambda = 0.3$		$\lambda = 0.5$	
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	İtme esm S3	Melez2 esm S3	Melez S1	Çekme S1
1	285,825	216,801	590,83	329,154
2	306,735	272,635	476,737	563,8
3	249,067	45,948	342,441	543,409
4	274,118	278,453	1004,662	701,16
5	282,331	284,741	901,529	880,421
6	222,785	236,776	904,874	592,739
7	359,423	441,678	763,196	430,116
8	146,421	340,932	437,607	1241,529
9	216,872	72,422	648,935	415,698
10	297,031	177,719	499,865	666,759
Ortalama	264,0	236,8	657,0	636,4
Std. Sapma	58,5	118,0	226,5	265,0

Ek - D Düşük Talep Durumunda Senaryolara göre Benzetim Sonuçları

Tablo D.1. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	80,1	62,1	43,2	150,9
	stdspm	28,1	13,1	16,0	13,6
S2	ort	100,5	93,8	125,5	177,5
	stdspm	17,4	20,9	38,1	27,9
S3	ort	75,3	49,7	692,5	243,1
	stdspm	26,2	45,0	266,5	29,6
S4	ort	51,5	19,1	706,0	309,5
	stdspm	24,6	19,5	203,8	26,9

Tablo D.2. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	3,8	8,8	14,7	6,5
	stdspm	3,5	7,2	13,9	2,8
S2	ort	3,5	5,5	16,3	8,2
	stdspm	2,8	5,1	11,2	2,8
S3	ort	264,0	132,1	87,7	13,4
	stdspm	58,5	33,1	57,1	7,6
S4	ort	49,7	33,5	6,8	3,2
	stdspm	21,2	5,3	4,5	1,7

Tablo D.3.Çekme kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1, 2, 3 değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	38,5	141,4
	stdspm	11,1	51,7
S2	ort	87,8	158,4
	stdspm	28,0	86,5
S3	ort	103,5	161,6
	stdspm	23,1	61,7
S4	ort	105,2	28,2
	stdspm	18,6	12,2

Tablo D.4.Melez kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1, 2, 3 değerleri

MELEZ	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	71,1	140,1
	stdspm	53,8	47,5
S2	ort	1089,5	158,9
	stdspm	42,8	43,9
S3	ort	2057,7	165,2
	stdspm	120,7	165,2
S4	ort	245,2	26,4
	stdspm	32,1	9,1

Tablo D.5. Melez2 kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	181,2	127,0	252,6	125,7
	stdspm	42,3	19,7	42,0	9,6
S2	ort	204,4	137,8	357,1	130,6
	stdspm	47,0	23,6	106,9	12,3
S3	ort	301,2	199,1	1148,5	178,8
	stdspm	45,7	37,7	305,0	18,0
S4	ort	314,3	228,9	1047,9	217,8
	stdspm	39,8	34,4	247,3	12,1

Tablo D.6. Melez2 kontrolünde düşük talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	4,7	3,3	16,7	11,1
	stdspm	4,8	2,9	11,3	7,3
S2	ort	2,2	10,1	19,5	10,5
	stdspm	0,0	8,1	25,8	4,3
S3	ort	236,8	149,2	49,3	16,6
	stdspm	118,0	34,7	88,0	8,3
S4	ort	49,2	33,1	18,5	3,7
	stdspm	13,1	3,7	14,1	3,1

Tablo D.7. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	188,7	105,1	190,3	73,4
	stdspm	59,6	23,0	73,4	33,2
S2	ort	254,8	175,3	612,2	267,5
	stdspm	69,4	47,0	235,5	45,8
S3	ort	151,1	66,3	1164,7	309,0
	stdspm	75,2	20,7	701,81	52,5
S4	ort	72,1	67,5	965,5	339,4
	stdspm	51,44	27,7	512,6	51,5

Tablo D.8. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	28,7	49,1	29,6	65,6
	stdspm	25,0	31,7	44,4	33,0
S2	ort	56,5	45,0	33,8	93,7
	stdspm	74,4	51,8	46,3	55,5
S3	ort	283,2	176,6	127,9	126,8
	stdspm	116,1	63,8	86,0	73,1
S4	ort	50,7	30,0	30,9	19,6
	stdspm	9,8	9,9	11,4	10,5

Tablo D.9. Çekme kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	70,6	636,4
	stdspm	65,5	265,0
S2	ort	180,8	412,2
	stdspm	43,3	137,8
S3	ort	245,1	459,2
	stdspm	63,1	150,9
S4	ort	219,6	92,5
	stdspm	50,2	38,9

Tablo D.10. Çekme kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	394,4	657,0
	stdspm	165,2	226,5
S2	ort	1100,6	362,9
	stdspm	73,7	132,7
S3	ort	2185,4	509,4
	stdspm	197,0	200,0
S4	ort	236,3	62,6
	stdspm	16,0	32,8

Tablo D.11. Melez2 kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	196,8	112,8	792,5	136,4
	stdspm	50,2	32,6	271,6	34,4
S2	ort	243,7	181,4	897,8	167,1
	stdspm	42,1	31,3	352,2	41,5
S3	ort	190,6	59,2	2989,4	201,5
	stdspm	59,2	44,4	1302,7	45,2
S4	ort	179,7	127,9	1641,2	204,3
	stdspm	33,0	44,0	642,2	33,9

Tablo D.12. Melez2 kontrolünde düşük talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	73,7	40,3	34,0	72,0
	stdspm	105,9	19,6	41,1	52,6
S2	ort	23,2	48,4	38,5	113,6
	stdspm	23,6	38,7	56,7	78,5
S3	ort	300,1	172,1	120,3	117,6
	stdspm	140,2	47,1	105,0	62,9
S4	ort	60,2	28,1	37,2	20,9
	stdspm	26,4	10,1	33,9	4,4

Tablo D.13. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2149,6	1260,6	1529,1	1891,9
	stdspm	437,0	411,5	366,7	457,9
S2	ort	2509,2	1509,5	5000,0	2222,5
	stdspm	537,7	379,6	5272,7	483,2
S3	ort	1192,4	125,1	2401,2	1311,6
	stdspm	326,5	219,8	3630,7	239,8
S4	ort	1450,1	125,7	1545,3	1357,3
	stdspm	255,8	86,0	416,6	244,2

Tablo D.14. İtme kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1081,6	1088,9	156,6	1439,1
	stdspm	506,6	966,7	96,6	818,6
S2	ort	1637,4	1060,4	9231,5	2159,6
	stdspm	951,2	613,7	19788,1	961,2
S3	ort	2379,4	1361,4	7100,8	1368,1
	stdspm	989,7	697,5	17723,8	425,6
S4	ort	353,4	204,9	332,2	359,3
	stdspm	114,0	130,8	227,4	125,8

Tablo D.15. Çekme kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	233,4	314,3
	stdspm	157,3	100,0
S2	ort	575,9	3768,7
	stdspm	277,2	1012,5
S3	ort	574,9	2662,8
	stdspm	386,5	931,8
S4	ort	462,0	552,0
	stdspm	565,7	154,9

Tablo D.16. Melez kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	280,6	400,8
	stdspm	222,9	245,2
S2	ort	1130,9	3669,9
	stdspm	115,8	1632,9
S3	ort	2624,0	3368,2
	stdspm	253,6	968,3
S4	ort	225,5	492,3
	stdspm	17,2	140,2

Tablo D.17. Melez kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1623,7	1005,2	2906,6	1375,3
	stdspm	460,9	303,2	1845,1	556,8
S2	ort	2388,3	1678,6	3318,0	1581,3
	stdspm	596,6	369,2	728,8	682,2
S3	ort	1557,6	476,6	3237,0	1603,9
	stdspm	634,5	176,6	1409,9	358,6
S4	ort	1517,4	598,5	3222,6	1364,3
	stdspm	558,2	155,2	830,3	300,6

Tablo D.18. Melez2 kontrolünde düşük talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1415,4	859,2	1679,3	1294,9
	stdspm	491,3	397,6	2189,6	598,9
S2	ort	2062,3	1481,3	669,1	1597,4
	stdspm	1659,3	716,1	1051,7	1326,8
S3	ort	1874,7	1521,8	1504,5	2135,3
	stdspm	805,5	664,5	698,0	892,2
S4	ort	387,2	189,7	316,8	328,0
	stdspm	229,4	68,1	194,5	226,3

Ek – C Yüksek Talep Durumunda Benzetim Sonuçları

Tablo C.1. Yüksek talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

Yüksek Talep						
T.K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$		$\lambda = 0.8$		
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	Melez2 psm S4	Melez2 psm S2	Melez2 psm S1	Melez2 psm S1	İtme psm S1	İtme esm S2
1	21410,357	26811,768	15302,587	11368,73525	48812,3483	22044,655
2	24651,921	27919,744	21224,038	34839,0489	27203,6073	43203,839
3	19906,466	23259,652	21184,405	19438,0271	36353,9814	28252,245
4	19852,735	27551,599	22564,896	36515,1098	11364,45239	27381,265
5	16787,769	19648,184	28489,367	95512,553	13693,57129	26347,576
6	29278,915	20269,355	16638,171	30195,901	34499,4208	23296,92
7	23248,717	17656,824	18335,107	89015,6864	13328,48871	20379,934
8	21423,08	23103,088	25881,224	55353,3737	60146,645	23078,441
9	29550,395	17144,753	23895,542	28811,0743	39946,8963	30414,121
10	32576,516	35458,519	22877,429	11023,14139	11109,69039	29244,165
Ortalama	23868,6	23882,3	21639,3	41207,3	29645,9	27364,3
Std. Sapma	5081,1	5661,6	4066,9	29902,9	17246,0	6476,8

Tablo C.2. Yüksek talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü2 değerleri

Yüksek Talep			
T.K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	Melez S2	Çekme S2	Melez S2
1	1099,499	4490,291	5028,09
2	1226,88	3568,471	4499,282
3	1412,508	4127,472	2631,721
4	1329,282	4515,215	5091,826
5	774,11	4266,823	2255,171
6	1679,503	3961,65	5607,086
7	1926,296	4482,643	3327,787
8	2243,976	3369,364	6945,554
9	1227,637	4138,491	3699,694
10	2167,702	9473,9	5087,968
Ortalama	1508,7	4639,4	4417,4
Std. Sapma	481,3	1741,8	1439,8

Ek – B Düşük Talep Durumunda Benzetim Sonuçları

Tablo B.1. Orta talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü1 değerleri

Orta Talep				
T.K.	$\lambda = 0.3$		$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0,8$
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	Melez2 psm S4	İtme psm S4	Melez2 psm S4	Melez2 psm S4
1	13421,853	2292,043	16987,913	36837,583
2	9614,188	10264,025	34880,264	50157,399
3	7579,375	6931,152	27693,184	80684,105
4	5654,126	3731,953	15754,16	54204,286
5	7978,369	8029,722	25359,147	56685,064
6	6339,867	7778,673	24939,91	52398,38
7	9173,785	4607,456	14915,752	45247,792
8	7647,045	7616,875	14386,234	47327,555
9	7927,035	7673,579	36037,497	36657,736
10	8120,742	6274,417	30825,568	30909,738
Ortalama	8345,6	6519,9	24177,9	49110,0
Std. Sapma	2128,3	2355,9	8286,7	13933,1

Tablo B.2. Orta talep durumu ve farklı senaryolara ait performans ölçütü2 değerleri

Orta Talep								
T.K.	$\lambda = 0.3$			$\lambda = 0.5$			$\lambda = 0.8$	
Ü. K. M.-S. / Ç.S.	Çekme S2	Çekme S1	Melez S2	Çekme S1	Melez S1	Çekme S2	İtme psm S1	Melez2 psm S1
1	1101,858	676,784	618,662	1290,222	1600,664	1937,805	51601,3362	89033,8923
2	1304,628	936,134	618,477	3728,414	1807,556	1961,491	76255,0899	65609,2296
3	985,816	1135,385	633,181	1029,729	1937,395	2100,508	25574,6401	50703,9675
4	549,683	773,268	415,504	1799,942	2469,31	1512,378	116334,4448	60485,8778
5	497,666	500,067	907,284	2703,267	3634,326	1460,106	25039,9015	49292,4478
6	746,452	1175,941	1386,052	2207,925	2518,487	1611,332	20365,0207	74327,076
7	927,691	383,957	852,545	3203,848	1492,685	2060,668	57603,8519	13431,70714
8	1342,211	549,513	1167,047	1565,34	1929,684	3691,425	97528,4437	9147,6754
9	462,999	1175,36	477,688	3136,334	2469,001	1836,451	26049,5788	1958,04
10	632,828	1036,231	658,41	1612,906	2044,865	2686,182	14385,04671	81856,214
Ortalama	855,2	834,3	773,5	2227,7	2190,3	2085,8	51073,7	49584,6
Std. Sapma	326,4	297,9	307,5	917,1	622,0	665,3	35492,2	31264,6

Ek - E Orta Talep Durumunda Senaryolara göre Benzetim Sonuçları

Tablo E.1. İtme kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	599,2	336,9	354,4	784,9
	stdspm	80,2	94,8	102,2	107,6
S2	ort	839,0	489,8	1752,4	892,2
	stdspm	131,8	53,3	468,4	149,4
S3	ort	86,1	50,9	672,6	240,2
	stdspm	25,9	55,7	185,4	21,6
S4	ort	371,6	395,5	6519,9	1501,9
	stdspm	140,7	171,7	2355,9	163,8

Tablo E.2. İtme kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2,3	15,3	221,9	33,8
	stdspm	0,0	30,6	159,5	21,8
S2	ort	2,3	7,1	223,3	28,7
	stdspm	0,0	15,2	98,5	14,0
S3	ort	211,7	129,5	38,8	23,7
	stdspm	131,9	25,2	42,1	20,2
S4	ort	300,1	114,4	26,4	9,4
	stdspm	96,1	17,6	27,6	5,6

Tablo E.3. Çekme kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	179,2	834,3
	stdspm	55,7	297,9
S2	ort	433,9	855,2
	stdspm	127,2	326,4
S3	ort	103,9	160,2
	stdspm	30,4	29,8
S4	ort	500,9	96,8
	stdspm	141,2	44,9

Tablo E.4. Melez kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	397,9	680,3
	stdspm	334,2	340,7
S2	ort	1166,6	773,5
	stdspm	128,0	307,5
S3	ort	2123,3	145,3
	stdspm	26,7	56,2
S4	ort	221,6	100,4
	stdspm	14,8	27,2

Tablo E.5. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1287,1	743,0	2602,3	551,3
	stdspm	150,2	182,8	885,9	45,6
S2	ort	1650,8	947,0	3350,2	581,5
	stdspm	181,7	237,2	946,6	79,2
S3	ort	304,5	212,1	979,2	171,1
	stdspm	48,0	54,9	212,6	13,3
S4	ort	1653,9	1478,8	8345,6	899,7
	stdspm	262,9	292,9	2128,3	96,0

Tablo E.6. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	3,1	5,7	197,7	43,0
	stdspm	2,7	6,3	168,4	36,2
S2	ort	3,0	2,7	196,3	40,4
	stdspm	2,5	1,5	159,7	29,8
S3	ort	283,4	151,3	72,9	15,8
	stdspm	111,9	42,9	44,7	13,7
S4	ort	287,7	109,7	33,8	10,7
	stdspm	81,5	25,0	32,8	3,9

Tablo E.7. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1293,7	561,7	1487,2	1035,9
	stdspm	425,2	164,2	662,3	257,9
S2	ort	1624,3	179,5	5403,9	1465,1
	stdspm	308,5	127,9	1668,9	192,5
S3	ort	122,0	48,7	1366,3	319,4
	stdspm	77,3	33,7	968,2	63,3
S4	ort	250,0	334,1	12488,9	1554,4
	stdspm	245,5	177,9	3673,4	211,2

Tablo E.8. İtme kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	168,9	193,5	380,4	372,1
	stdspm	165,3	259,5	330,4	425,5
S2	ort	353,9	179,5	278,1	402,4
	stdspm	374,9	127,9	230,7	254,4
S3	ort	258,3	192,2	96,1	131,4
	stdspm	127,6	74,3	147,0	89,8
S4	ort	327,4	128,9	35,8	53,4
	stdspm	72,5	76,1	37,4	21,4

Tablo E.9. Çekme kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	221,1	2227,7
	stdspm	201,0	917,1
S2	ort	850,5	2085,8
	stdspm	207,3	665,3
S3	ort	206,8	422,4
	stdspm	64,4	85,9
S4	ort	883,4	409,0
	stdspm	214,0	155,6

Tablo E.10. Melez kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	192,9	2190,3
	stdspm	62,14	622
S2	ort	1197	1975,3
	stdspm	120,2	732,1
S3	ort	2176,3	510,3
	stdspm	195,5	148,4
S4	ort	229,2	274
	stdspm	16,3	97,6

Tablo E.11. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1519,2	605,4	8450,8	645
	stdspm	195,8	106,5	2030,1	114,3
S2	ort	1771,2	141,3	7950,1	739,8
	stdspm	316,4	83,4	2497,1	192,7
S3	ort	216,9	79,6	2361,3	189,6
	stdspm	49,7	29,5	926,7	62,1
S4	ort	1218,9	709,2	24177,9	841,4
	stdspm	167,9	260,9	8286,7	237,3

Tablo E.12. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	157,5	270,2	570,9	355,7
	stdspm	154,6	316,9	453,1	209,7
S2	ort	137,4	141,3	469,8	503,2
	Stdspm	250,5	83,4	334,6	444
S3	ort	386,5	188,2	75,4	148,2
	stdspm	138,4	38,1	110,5	80,9
S4	ort	391,7	164,1	20,1	81,3
	stdspm	81	57,5	23,5	49,1

Tablo E.13. İtme kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	13452,5	6377,5	23151,1	9665,1
	stdspm	5136,3	1553,2	26395,2	4249,3
S2	ort	13458	7333	44563,8	10634,5
	stdspm	3696,1	2860,4	45259	4526,4
S3	ort	1314,4	97,8	1630,9	1451,8
	stdspm	405,6	115,1	683	582,9
S4	ort	6397,9	434,4	40027,8	6104,3
	stdspm	1506,6	319,5	31893	811,8

Tablo E.14. İtme kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	11577,9	5147,1	51073,7	9173,4
	stdspm	10478,2	2712	35492,2	6674,5
S2	ort	7661,6	5809,6	4437,3	8015,4
	stdspm	3621	2693	2676,4	5612,1
S3	ort	2385,5	1109,8	2567,6	2293,9
	stdspm	1333,9	529,7	1601,7	1153,4
S4	ort	1789,1	1036,3	1414,7	1710,5
	stdspm	740,2	291,5	1110,2	911,2

Tablo E.15. Çekme kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	1231	17766,9
	stdspm	1449	6799,8
S2	ort	3220	17766,9
	stdspm	1726	6799,8
S3	ort	882,2	2911
	stdspm	584,7	1309,3
S4	ort	1666,8	1959,2
	stdspm	1563,9	844,6

Tablo E.16. Melez kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	2465,9	2710,8
	stdspm	675,1	1491
S1	ort	1043,2	25534,6
	stdspm	6,8	8190
S2	ort	2399,8	2794,8
	stdspm	382	1383,3
S3	ort	2325,5	2133,5
	stdspm	190,5	1011

Tablo E.17. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	8660,6	6696,9	18772,3	6141,6
	stdspm	2011,3	1954,4	12577	2082,9
S2	ort	10932,3	8470,8	32459,9	7744,1
	stdspm	2702,8	1609,7	26363	3153,8
S3	ort	1458,5	538,5	2646,8	1245,2
	stdspm	484,9	204	653,7	412
S4	ort	5866	2474,1	49110	5971,6
	stdspm	2231	979,9	13933,1	1548,4

Tablo E.18. Melez2 kontrolünde orta talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	10234,6	7295,6	49584,6	5729,5
	stdspm	3612,9	4556	31264,6	3058,9
S2	ort	8654,5	4611,8	3371,9	6773,6
	stdspm	3520,1	1706,7	3066,5	3606,6
S3	ort	2140,1	1299	1583	1909,8
	stdspm	918,1	476,3	1125	1009,4
S4	ort	1384	851,6	2055,2	1308,5
	stdspm	607,9	329,7	1599,7	421,1

Ek - F Yüksek talep durumunda senaryolara göre benzetim sonuçları

Tablo F.1. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	1421,6	645,5	791,3	1627,5
	stdspm	228	96	485	170
S2	ort	1926,7	1027,4	4127,5	1778,8
	stdspm	255,1	116,6	1364,4	363,3
S3	ort	74,5	34,3	712,6	244,5
	stdspm	17,8	30,6	220,2	35,7
S4	ort	876,9	901,5	15801,7	2973
	stdspm	300,9	296,5	4679,8	154,7

Tablo F.2. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2,2	2,2	518,3	72,3
	stdspm	0	0	424,3	41,9
S2	ort	2,2	2,6	434	64,2
	stdspm	0	1,3	299,2	55,3
S3	ort	199,9	133,2	68,2	19,6
	stdspm	87,9	40,2	91	20,5
S4	ort	575,4	204,4	39,9	0,3
	stdspm	138,4	51,3	41,4	14,8

Tablo F.3. Çekme kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri 311-312-313

ÇEKME	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	27,7	18,3
	stdspm	19,9	25,6
S2	ort	87,8	158,4
	stdspm	28	86,5
S3	ort	112	174,9
	stdspm	32,5	82
S4	ort	855,3	153,8
	stdspm	169	47,4

Tablo F.4. Melez kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.3$	P1	P2
S1	ort	339,3	77,5
	stdspm	253,9	99,1
S2	ort	1222,4	1508,7
	stdspm	103,8	481,3
S3	ort	2122,5	171,3
	stdspm	24,1	54,1
S4	ort	2385,5	213,4
	stdspm	283,7	45,1

Tablo F.5. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2829,9	1696,8	7151,5	1225,7
	stdspm	423,6	359,8	2329,9	73,4
S2	ort	3099,8	2014,9	8045,5	1187,3
	stdspm	496,7	402,4	2455,6	82,5
S3	ort	287,6	193,6	1092,5	175,7
	stdspm	39,5	56,2	197,7	13,9
S4	ort	3397,2	3610,6	23868,6	1693,1
	stdspm	379,8	647,3	5081,1	128,9

Tablo F.6. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve düşük korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.3$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2,3	39,4	506,3	66,1
	stdspm	0,0	78,3	556,6	28,6
S2	ort	2,3	39,1	488,7	78,9
	stdspm	0,0	110,9	523,6	56,2
S3	ort	239,9	145,2	36,7	13,2
	stdspm	80,1	27,5	38,7	6,1
S4	ort	542,8	209,9	39,4	23,5
	stdspm	101,6	23,8	69,7	14,1

Tablo F.7. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	2787,9	1171,7	2875,1	2152,2
	stdspm	447,3	238,5	1481,9	428,4
S2	ort	3125,0	974,7	17122,4	2816,7
	stdspm	382,8	223,3	5994,5	565,1
S3	ort	101,3	66,1	1422,0	312,8
	stdspm	39,2	41,7	669,9	63,6
S4	ort	410,9	642,1	4151,6	3195,8
	stdspm	279,1	212,6	739,3	523,9

Tablo F.8. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	419,6	198,3	1495,8	734,0
	stdspm	370,9	301,9	838,1	385,8
S2	ort	235,7	121,4	1046,6	1024,8
	stdspm	288,5	109,3	612,5	531,7
S3	ort	304,9	174,2	75,4	122,5
	stdspm	119,8	53,1	72,1	55,6
S4	ort	673,4	324,1	38,9	182,7
	stdspm	214,0	144,8	64,4	116,9

Tablo F.9. Çekme kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	460,4	498,5
	stdspm	243,0	360,2
S2	ort	1709,3	4639,4
	stdspm	525,6	1741,8
S3	ort	194,5	388,6
	stdspm	61,0	103,0
S4	ort	1877,4	529,7
	stdspm	412,5	218,3

Tablo F.10. Melez kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.5$	P1	P2
S1	ort	4290,6	724,0
	stdspm	3046,5	877,0
S2	ort	1173,4	4417,4
	stdspm	107,0	1439,8
S3	ort	2113,8	485,2
	stdspm	3,4	221,1
S4	ort	1992,4	220,5
	stdspm	640,6	122,8

Tablo F.11. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	3357,9	1287,8	21639,3	1376,8
	stdspm	488,4	369,3	4066,9	283,2
S2	ort	3914,3	2215,8	23882,3	1341,2
	stdspm	657,9	313,1	5661,6	268,1
S3	ort	230,4	103,2	2019,2	196,5
	stdspm	43,6	25,9	885,4	47,0
S4	ort	3914,3	2215,8	2388,2	1341,2
	stdspm	657,9	313,1	566,2	268,1

Tablo F.12. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve orta korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.5$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	106,1	281,2	2289,7	919,2
	stdspm	86,3	332,9	959,8	586,0
S2	ort	456,2	250,7	1914,7	751,9
	stdspm	547,1	216,7	711,5	401,7
S3	ort	420,1	163,0	117,8	125,1
	stdspm	111,4	46,7	120,2	122,2
S4	ort	456,2	250,7	1914,7	751,9
	stdspm	547,1	216,7	711,5	401,7

Tablo F.13. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	26212,1	11388,8	29645,9	16600,5
	stdspm	8331,1	4128,3	17246,0	4202,4
S2	ort	27364,3	11789,0	3647,8	20255,4
	stdspm	6476,8	3454,2	2651,6	5610,3
S3	ort	1604,8	69,1	1763,2	1233,6
	stdspm	586,1	117,5	1558,4	358,9
S3	ort	11794,2	755,2	19463,0	12111,5
	stdspm	2281,5	917,3	7518,1	1779,3

Tablo F.14. İtme kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

İTME	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	17874,8	8469,4	36833,9	11339,8
	stdspm	9843,1	3636,4	25685,0	3683,3
S2	ort	17174,6	8266,1	4910,2	12207,9
	stdspm	12446,3	4269,4	3751,2	7191,2
S3	ort	2317,0	1158,4	5267,0	1841,5
	stdspm	1069,8	518,5	11188,7	588,3
S3	ort	4361,4	1758,7	41466,7	3102,3
	stdspm	2630,7	1280,5	78242,0	755,4

Tablo F.15. Çekme kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

ÇEKME	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	7721,6	18161,6
	stdspm	3691,4	10245,2
S2	ort	4863,3	33811,8
	stdspm	3614,0	9876,8
S3	ort	853,2	3314,6
	stdspm	646,4	1406,4
S4	ort	2620,9	4855,0
	stdspm	3088,3	2393,5

Tablo F.16. Melez kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü değerleri

MELEZ	$\lambda=0.8$	P1	P2
S1	ort	3755,0	11025,1
	stdspm	2583,5	5468,6
S2	ort	1042,8	32547,0
	stdspm	36,9	16045,2
S3	ort	2617,1	3325,7
	stdspm	269,7	2191,9
S4	ort	23013,5	3665,0
	stdspm	1718,6	1159,4

Tablo F.17. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 1 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P1			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	16194,9	14474,8	41207,3	15303,4
	stdspm	2831,6	4473,9	29902,9	4058,7
S2	ort	20957,7	15780,9	7846,8	20062,9
	stdspm	8555,3	5294,3	4444,4	4307,1
S3	ort	1510,8	443,3	2509,5	1556,0
	stdspm	525,6	113,3	637,0	437,3
S4	ort	13166,4	4819,2	24700,1	13731,3
	stdspm	4606,5	1355,5	4962,6	3969,9

Tablo F.18. Melez2 kontrolünde yüksek talep durumu ve yüksek korelasyon için farklı senaryolara ait performans ölçütü 2 değerleri

MELEZ2	$\lambda=0.8$	P2			
		ESM	LFL	PSM	SSM
S1	ort	16322,3	14702,2	33732,1	15242,3
	stdspm	4306,9	8076,5	22466,0	4701,7
S2	ort	15275,7	7711,6	4100,4	16058,8
	stdspm	6850,5	2508,2	3223,8	4668,4
S3	ort	2568,3	1265,5	1771,6	1733,8
	stdspm	1423,4	409,2	976,5	949,9
S4	ort	4469,6	2220,7	27703,5	3054,0
	stdspm	3108,6	903,5	40264,0	1149,3

Ek - G Düşük talep durumunda üretim kontrol mekanizmalarına göre benzetim sonuçları

Tablo G.1. Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları		Düşük Talep, $\lambda = 0.3$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		SSM	SSM	PSM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	150,9	177,5	692,5	706	14,7	16,3	264	49,7
	stdspm	13,6	27,9	266,5	203,8	13,9	11,2	58,5	21,2
MELEZ2		PSM	PSM	ESM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	252,6	357,1	301,2	1047,9	16,7	19,5	236,8	49,2
	stdspm	42	106,9	45,7	247,3	11,3	25,8	118	13,1
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	38,5	87,8	103,5	105,2	141,4	158,4	161,6	28,2
	stdspm	11,1	28	23,1	18,6	51,7	86,5	61,7	12,2
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	71,1	1089,5	2057,7	245,2	140,1	158,9	165,2	26,4
	stdspm	53,8	42,8	120,7	32,1	47,5	43,9	165,2	9,1

Tablo G.2. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol									
Mekanizmaları		Düşük Talep, $\lambda = 0.5$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		PSM	PSM	PSM	PSM	SSM	SSM	ESM	ESM
	ort	190,3	612,2	1164,7	965,5	65,6	93,7	283,2	50,7
	stdspm	73,4	235,5	701,81	512,6	33	55,5	116,1	9,8
		PSM	PSM	PSM	PSM	SSM	SSM	ESM	ESM
MELEZ2	ort	792,5	897,8	2989,4	1641,2	72	113,6	300,1	60,2
	stdspm	271,6	352,2	1302,7	642,2	52,6	78,5	140,2	26,4
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
ÇEKME	ort	70,6	180,8	245,1	219,6	636,4	412,2	459,2	92,5
	stdspm	65,5	43,3	63,1	50,2	265	137,8	150,9	38,9
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
MELEZ	ort	394,4	1100,6	2185,4	236,3	657	362,9	509,4	62,6
	stdspm	165,2	73,7	197	16	226,5	132,7	200	32,8

Tablo G.3. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları	Düşük Talep, $\lambda = 0.8$								
	P1				P2				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
İTME	SSM	ESM	PSM	PSM	SSM	PSM	ESM	SSM	
	ort	1892	2509	2401	1545	1439	9232	2379	359
	stdspm	457,9	537,7	3631	416,6	818,6	19788	989,7	126
MELEZ2	PSM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM	SSM	ESM	
	ort	2907	3318	3237	3222,6	1415	2062	2135	387
	stdspm	1845	728,8	1409,9	830,3	491,3	1659	892,2	229
ÇEKME	P1				P2				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
	ort	233,4	575,9	574,9	462	314,3	3769	2663	552
	stdspm	157,3	277,2	386,5	565,7	100	1013	931,8	155
MELEZ	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
	ort	280,6	1130,9	2624	225,5	400,8	3670	3368	492
	stdspm	222,9	115,8	253,6	17,2	245,2	1633	968,3	140

Ek - H Orta talep durumunda üretim kontrol mekanizmalarına göre benzetim sonuçları

Tablo H.1. Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları	Orta Talep, $\lambda = 0.3$								
	P1				P2				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
İTME		SSM	SSM	ESM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	784,9	892,2	86,1	6519,9	221,9	223,3	211,7	300,1
	stdspm	107,6	149,4	25,9	2355,9	159,5	98,5	131,9	96,1
MELEZ2		ESM	PSM	PSM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	1287,1	3350,2	979,2	8345,6	197,7	196,3	283,4	287,7
	stdspm	150,2	946,6	212,6	2128,3	168,4	159,7	111,9	81,5
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	179,2	433,9	103,9	500,9	834,3	855,2	160,2	96,8
	stdspm	55,7	127,2	30,4	141,2	297,9	326,4	29,8	44,9
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	397,9	1166,6	2123,3	221,6	680,3	773,5	145,3	100,4
	stdspm	334,2	128	26,7	14,8	340,7	307,5	56,2	27,2

Tablo H.2. Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol									
Mekanizmaları		Orta Talep, $\lambda = 0.5$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		ESM	PSM	PSM	SSM	PSM	SSM	ESM	ESM
	ort	1293,7	5403,9	1366,3	1554,4	380,4	402,4	258,3	327,4
	stdspm	425,2	1668,9	968,2	211,2	330,4	254,4	127,6	72,5
MELEZ2		PSM	PSM	PSM	PSM	PSM	SSM	ESM	ESM
	ort	8450,8	7950,1	2361,3	24178	570,9	503,2	386,5	391,7
	stdspm	2030,1	2497,1	926,7	8286,7	453,1	444	138,4	81
ÇEKME		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	221,1	850,5	206,8	883,4	2228	2086	422,4	409
	stdspm	201	207,3	64,4	214	917,1	665,3	85,9	155,6
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	192,9	1197	2176,3	229,2	2190	1975	510,3	274
	stdspm	62,14	120,2	195,5	16,3	622	732,1	148,4	97,6

Tablo H.3. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları		Orta Talep, $\lambda = 0.8$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		ESM	SSM	PSM	PSM	PSM	SSM	SSM	ESM
	ort	13453	10635	1630,9	40028	51074	8015	2294	1789
	stdspm	5136,3	4526,4	683	31893	35492	5612	1153	740,2
MELEZ2		PSM	ESM	PSM	PSM	ESM	ESM	ESM	PSM
	ort	18772	10932	2646,8	49110	10235	8655	2140	2055
	stdspm	12577	2702,8	653,7	13933	3613	3520	918,1	1600
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	1231	3220	882,2	1666,8	17767	17767	2911	1959
	stdspm	1449	1726	584,7	1563,9	6800	6800	1309	844,6
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	2465,9	1043,2	2399,8	2325,5	2711	25535	2795	2134
	stdspm	675,1	6,8	382	190,5	1491	8190	1383	1011

Ek - H Orta talep durumunda üretim kontrol mekanizmalarına göre benzetim sonuçları

Tablo H.1. Orta talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları	Orta Talep, $\lambda = 0.3$								
	P1				P2				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
İTME		SSM	SSM	ESM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	784,9	892,2	86,1	6519,9	221,9	223,3	211,7	300,1
	stdspm	107,6	149,4	25,9	2355,9	159,5	98,5	131,9	96,1
MELEZ2		ESM	PSM	PSM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	1287,1	3350,2	979,2	8345,6	197,7	196,3	283,4	287,7
	stdspm	150,2	946,6	212,6	2128,3	168,4	159,7	111,9	81,5
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	179,2	433,9	103,9	500,9	834,3	855,2	160,2	96,8
	stdspm	55,7	127,2	30,4	141,2	297,9	326,4	29,8	44,9
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	397,9	1166,6	2123,3	221,6	680,3	773,5	145,3	100,4
	stdspm	334,2	128	26,7	14,8	340,7	307,5	56,2	27,2

Tablo H.2. Orta talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol									
Mekanizmaları		Orta Talep, $\lambda = 0.5$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		ESM	PSM	PSM	SSM	PSM	SSM	ESM	ESM
	ort	1293,7	5403,9	1366,3	1554,4	380,4	402,4	258,3	327,4
	stdspm	425,2	1668,9	968,2	211,2	330,4	254,4	127,6	72,5
MELEZ2		PSM	PSM	PSM	PSM	PSM	SSM	ESM	ESM
	ort	8450,8	7950,1	2361,3	24178	570,9	503,2	386,5	391,7
	stdspm	2030,1	2497,1	926,7	8286,7	453,1	444	138,4	81
ÇEKME		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	221,1	850,5	206,8	883,4	2228	2086	422,4	409
	stdspm	201	207,3	64,4	214	917,1	665,3	85,9	155,6
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	192,9	1197	2176,3	229,2	2190	1975	510,3	274
	stdspm	62,14	120,2	195,5	16,3	622	732,1	148,4	97,6

Tablo H.3. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları		Orta Talep, $\lambda = 0.8$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		ESM	SSM	PSM	PSM	PSM	SSM	SSM	ESM
	ort	13453	10635	1630,9	40028	51074	8015	2294	1789
	stdspm	5136,3	4526,4	683	31893	35492	5612	1153	740,2
MELEZ2		PSM	ESM	PSM	PSM	ESM	ESM	ESM	PSM
	ort	18772	10932	2646,8	49110	10235	8655	2140	2055
	stdspm	12577	2702,8	653,7	13933	3613	3520	918,1	1600
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	1231	3220	882,2	1666,8	17767	17767	2911	1959
	stdspm	1449	1726	584,7	1563,9	6800	6800	1309	844,6
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	2465,9	1043,2	2399,8	2325,5	2711	25535	2795	2134
	stdspm	675,1	6,8	382	190,5	1491	8190	1383	1011

Ek - I Yüksek talep durumunda üretim kontrol mekanizmalarına göre benzetim sonuçları

Tablo I.1. Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol Mekanizmaları		Yüksek Talep, $\lambda = 0.3$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		SSM	PSM	PSM	SSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	1627,5	4127,5	712,6	2973	518,3	434	199,9	575,4
	stdspm	170	1364,4	220,2	154,7	424,3	299,2	87,9	138,4
MELEZ2		ESM	PSM	PSM	PSM	SSM	SSM	ESM	ESM
	ort	2829,9	8045,5	1092,5	23868,6	66,1	78,9	239,9	542,8
	stdspm	423,6	2455,6	197,7	5081,1	28,6	56,2	80,1	101,6
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	27,7	87,8	112	855,3	18,3	158,4	174,9	153,8
	stdspm	19,9	28	32,5	169	25,6	86,5	82	47,4
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	339,3	1222,4	2122,5	2385,5	77,5	1508,7	171,3	213,4
	stdspm	253,9	103,8	24,1	283,7	99,1	481,3	54,1	45,1

Tablo I.2 Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol		Yüksek Talep, $\lambda = 0.5$							
Mekanizmaları		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		ESM	PSM	PSM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM
	ort	2787,9	17122	1422	4151,6	1496	1046,6	304,9	673,4
	stdspm	447,3	5994,5	669,9	739,3	838,1	612,5	119,8	214
MELEZ2		PSM	PSM	PSM	ESM	PSM	PSM	ESM	SSM
	ort	21639	23882	2019,2	3914,3	2290	1914,7	420,1	751,9
	stdspm	4066,9	5661,6	885,4	657,9	959,8	711,5	111,4	401,7
ÇEKME		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	460,4	1709,3	194,5	1877,4	498,5	4639,4	388,6	529,7
	stdspm	243	525,6	61	412,5	360,2	1741,8	103	218,3
MELEZ		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	ort	4290,6	1173,4	2113,8	1992,4	724	4417,4	485,2	220,5
	stdspm	3046,5	107	3,4	640,6	877	1439,8	221,1	122,8

Tablo I.3 Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda üretim kontrol mekanizmalarının farklı senaryolarına ait P1, P2 ve P3 değerleri

Üretim Kontrol									
Mekanizmaları		Yüksek Talep, $\lambda = 0.8$							
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
İTME		PSM	ESM	PSM	PSM	PSM	ESM	ESM	PSM
	ort	29646	27364	1763,2	19463	36834	17175	2317	41467
	stdspm	17246	6476,8	1558,4	7518,1	25685	12446	1070	78242
		ESM	ESM	PSM	PSM	ESM	SSM	ESM	PSM
MELEZ2	ort	16195	20958	2509,5	24700,1	16322	16059	2568	27704
	stdspm	2831,6	8555,3	637	4962,6	4307	4668,4	1423	40264
		P1				P2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
ÇEKME	ort	7721,6	4863,3	853,2	2620,9	18162	33812	3315	4855
	stdspm	3691,4	3614	646,4	3088,3	10245	9876,8	1406	2394
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
MELEZ	ort	3755	1042,8	2617,1	23013,5	11025	32547	3326	3665
	stdspm	2583,5	36,9	269,7	1718,6	5469	16045	2192	1159

Ek - J Farklı talep durumları ve farklı talep korelasyonlarında senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Tablo J.1. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara ait P1, P2 ve P3 değerleri

Düşük Talep			
P / T. K	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s3 melez	s3 melez2 psm	s2 itme psm
	2057,76	2989,47	5000,01
	s3 melez2 psm	s3 melez	s2 melez2 psm
	1148,57	2185,48	3318,01
	s2 melez	s4 melez2 psm	s3 melez2 psm
	1089,55	1641,3	3237,01
P2	s3 itme esm	s1 melez	s2 itme psm
	264,06	657,07	9231,56
	s3 melez2 esm	s1 çekme	s3 itme psm
	236,81	636,48	7100,82
	s3 melez	s3 melez	s2 çekme
	165,28	509,45	3768,73

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo J.2. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara P1, P2 ve P3 değerleri

Orta Talep			
P / T. K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm
	8345,64	24177,97	49110,96
	s4 itme psm	s4 itme psm	s2 itme psm
	6519,99	12488,97	44563,82
	s2 melez2 psm	s1 itme psm	s4 itme psm
	3350,22	8450,86	40027,87
P2	s2 çekme	s1 çekme	s1 itme psm
	855,18	2227,79	51073,74
	s1 çekme	s1 melez	s1 melez2 psm
	834,27	2190,4	49584,61
	s2 melez	s2 çekme	s2 melez
	773,49	2085,85	25534,63

Tablo J.3. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara ait seçilen P1, P2 ve P3 değerleri

Yüksek Talep			
P / T. K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s2 melez2 psm	s1 melez2 psm
	23868,6871	23882,35	41207,27
	s4 itme psm	s1 melez2 psm	s1 itme psm
	15801,777	21639,28	29645,91
	s2 melez2 psm	s2 itme psm	s2 itme esm
	8045,57	17122,41	27364,32
P2	s2 melez	s2 çekme	s4 itme psm
	1508,74	4639,43	41466,68
	s4 itme esm	s2 melez	s1 itme psm
	575,44	4417,42	36833,87
	s4 melez2 esm	s1 melez2 psm	s2 çekme
	542,85	2289,74	33811,77

Tablo J.4. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen P1, P2 ve P3 değerleri

Düşük Talep			
P / T. K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s3 melez	s3 melez2 psm	s2 itme psm
	2057,76	2989,47	5000,01
		s3 melez	
		2185,48	
P2	s3 itme esm	s1 melez	
	264,06	657,07	
	s3 melez2 esm	s1 çekme	
	236,81	636,48	

Tablo J.5. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen P1, P2 ve P3 değerleri

Orta Talep			
P / T. K	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm
	8345,64	24177,97	49110,96
	s4 itme psm		
	6519,99		
P2	s2 çekme	s1 çekme	s1 itme psm
	855,18	2227,79	51073,74
	s1 çekme	s1 melez	s1 melez2 psm
	834,27	2190,4	49584,61
	s2 melez	s2 çekme	
	773,49	2085,85	

Tablo J.6. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen kontrol mekanizmaları ve senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen P1, P2 ve P3 değerleri

Yüksek Talep			
P / T. K	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s2 melez2 psm	s1 melez2 psm
	23868,6871	23882,35	41207,27
		s1 melez2 psm	s1 itme psm
		21639,28	29645,91
P2			s2 itme esm
			27364,32
	s2 melez	s2 çekme	
	1508,74	4639,43	
P2		s2 melez	
		4417,42	

Ek - K Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Tablo K.1. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 1			
	T K / P	P1	P2
D	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme
ü		252,62	141,5
ş			melez
ü	$\lambda = 0.5$		140,16
k		melez2 psm	melez
		792,56	657,07
	$\lambda = 0.8$		çekme
T			636,48
a	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	melez2 psm
l		2906,64	1679,34
e			itme ssm
p			1439,15

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo K.2. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'ye ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 2			
	T K / P	P1	P2
D	$\lambda = 0.3$	melez	melez
ü		1084,55	158,91
ş			çekme
ü	$\lambda = 0.5$		158,41
k		melez	çekme
		1100,65	412,2
	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	melez
T		897,83	362,93
a	$\lambda = 0.8$	itme psm	itme psm
l		5000,01	9231,57
e			çekme
p			3768,73

Tablo K.3. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 3			
	T K / P	P1	P2
D	$\lambda = 0.3$	melez	itmeesm
ü		2057,76	264,06
ş			
ü	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
k		2989,46	509,45
		melez	
T		2185,49	
a	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
l		3237,01	7100,83
e			melez
p			3368,22

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo K.4. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo4 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 4			
	T K / P	P1	P2
D	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
ü		1047,99	49,75
ş			melez2 esm
ü	$\lambda = 0.5$		49,23
k		melez2 psm	çekme
		1641,3	92,57
T			
a	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	çekme
l		3222,64	552,05
e			
p			

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - L Orta talep durumunda farklı talep korelasyonlarında senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Tablo L.1. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 1				
	T K / P	P1	P2	
O	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme	
		2602,29	834,27	
			melez	
r	$\lambda = 0.3$		680,34	
		a	melez2 psm	çekme
			8450,86	2227,8
T	$\lambda = 0.5$		melez	
		a	2190,4	
			l	itme psm
e	$\lambda = 0.8$	23151,14		51073,74
			melez2 psm	
			49584,61	
p	$\lambda = 0.8$			

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo L.2. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 2				
	T K / P	P1	P2	
O	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme	
		3350,21	855,18	
			melez	
r	$\lambda = 0.3$		773,48	
		a	melez2 psm	çekme
			7950,2	2085,83
T	$\lambda = 0.5$		melez	
		a	1975,35	
			l	itme psm
e	$\lambda = 0.8$	44563,82		25534,63
			çekme	
			17766,91	
p	$\lambda = 0.8$			

Tablo L.3. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 3			
	T K / P	P1	P2
O r t	$\lambda = 0.3$	melez	melez2 esm
		2123,29	283,39
a T a	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
		2361,37	510,33
l e p	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	çekme
		2646,89	2911,08
			melez
			2794,9

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo L.4. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 4			
	T K / P	P1	P2
O r t	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
		8345,64	300,13
		itme psm	melez2 esm
		6519,99	287,68
a T a	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
		24177,97	409,08
			melez2 esm
l e p	$\lambda = 0.8$		391,75
		melez2 psm	melez
		49110,96	2133,59
		13	melez2 psm
		40027,87	2055,21

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - L Orta talep durumunda farklı talep korelasyonlarında senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Tablo L.1. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 1				
	T K / P	P1	P2	
O	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme	
		2602,29	834,27	
			melez	
r	$\lambda = 0.3$		680,34	
		$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
			8450,86	2227,8
	melez			
t	$\lambda = 0.5$		2190,4	
		$\lambda = 0.8$	itme psm	itme psm
			23151,14	51073,74
	melez2 psm			
a	$\lambda = 0.8$		49584,61	

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo L.2. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 2				
	T K / P	P1	P2	
O	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme	
		3350,21	855,18	
			melez	
r	$\lambda = 0.3$		773,48	
		$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
			7950,2	2085,83
	melez			
t	$\lambda = 0.5$		1975,35	
		$\lambda = 0.8$	itme psm	melez
			44563,82	25534,63
	çekme			
a	$\lambda = 0.8$		17766,91	

Tablo L.3. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 3			
	T K / P	P1	P2
O r t	$\lambda = 0.3$	melez	melez2 esm
		2123,29	283,39
a T a	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
		2361,37	510,33
l e p	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	çekme
		2646,89	2911,08
			melez
			2794,9

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo L.4. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 4			
	T K / P	P1	P2
O r t	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
		8345,64	300,13
		itme psm	melez2 esm
		6519,99	287,68
a T a	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
		24177,97	409,08
			melez2 esm
l e p	$\lambda = 0.8$		391,75
		melez2 psm	melez
		49110,96	2133,59
		13	melez2 psm
		40027,87	2055,21

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - M Yüksek talep durumunda farklı talep korelasyonlarında senaryolara ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Tablo M.1. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo1			
	T K / P	P1	P2
Y	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme psm
ü		7151,53	518,4
k			melez2 psm
s			506,28
e	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez2 psm
k		21638,28	2289,74
T			
a	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
l		41207,27	36833,87
e			
p			

T. K. Talep Korelasyonu
P Performans Ölçütü

Tablo M.2. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 2			
	T K / P	P1	P2
Y	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	melez
ü		8045,57	1508,74
k			
s			
e	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
k		23882,35	4639,43
T			melez
a	$\lambda = 0.8$		4417,42
l		itme esm	çekme
e		27364,32	33811,77
p			

Tablo M.3. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 3			
	T K / P	P1	P2
Y	$\lambda = 0.3$	melez	melez2 esm
ü		2122,5	239,98
k			itme esm
s			199,98
e	$\lambda = 0.5$	melez	melez
k		2113,85	485,19
			melez2 esm
T			420,07
a	$\lambda = 0.8$	melez	itme psm
l		2617,11	5266,99
e		melez2 psm	melez
p		2509,53	3325,75

T. K. Talep Korelasyonu
P Performans Ölçütü

Tablo M.4. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo4 'e ait istatistiksel olarak seçilen üretim kontrol mekanizmaları P1, P2 ve P3 değerleri

Senaryo 4			
	T K / P	P1	P2
Y	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
ü		23868,69	575,44
k			melez2 esm
s			542,85
e	$\lambda = 0.5$	itme psm	melez2 psm
k		4151,61	1914,73
T			
a	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
l		24700,05	41466,68
e		melez	melez2 psm
p		23013,51	27703,54

T. K. Talep Korelasyonu
P Performans Ölçütü

Ek - N Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

Tablo N.1. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

D	Senaryo 1		
ü	T K / P	P1	P2
ş	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme
ü		54,78	57,54
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
T		37,78	44,80
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	melez2 psm
e		13,72	3,68
p		0,00	0,01

P Performans Ölçütü

T. K. Talep Korelasyonu

Tablo N.2. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'ye ait istatistiksel değerleri

D	Senaryo 2		
ü	T K / P	P1	P2
ş	$\lambda = 0.3$	melez	melez
ü		466,77	38,47
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez	çekme
T		57,99	33,09
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	itme psm	itme psm
e		5,22	1,54
p		0,00	0,14

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo N.3. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel değerleri

D	Senaryo 3		
ü	T K / P	P1	P2
ş	$\lambda = 0.3$	melez	itmeesm
ü		221,61	20,41
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
T		47,16	16,19
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
e		6,21	0,94
p		0,00	0,49

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo N.4. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo4 'e ait istatistiksel değerleri

D	Senaryo 4		
ü	T K / P	P1	P2
ş	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
ü		93,16	26,00
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
T		37,16	10,17
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	çekme
e		47,42	4,30
p		0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - O Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

Tablo O.1. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

O	Senaryo 1		
r	T K / P	P1	P2
t	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme
a		50,80	35,51
		0,00	0,00
T	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
a		121,93	33,09
l		0,00	0,00
e	$\lambda = 0.8$	itme psm	itme psm
p		5,27	14,08
		0,00	0,00

P Performans Ölçütü

T. K. Talep Korelasyonu

Tablo O.2. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'ye ait istatistiksel değerleri

O	Senaryo 2		
r	T K / P	P1	P2
t	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	çekme
a		59,57	45,17
		0,00	0,00
T	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
a		68,31	33,37
l		0,00	0,00
e	$\lambda = 0.8$	itme psm	melez
p		6,70	23,24
		0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo O.3. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel değerleri

O	Senaryo 3		
r	T K / P	P1	P2
t	$\lambda = 0.3$	melez	melez2 esm
a		454,50	18,31
		0,00	0,00
T	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez
a		44,33	18,57
l		0,00	0,00
e	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	çekme
p		25,29	2,92
		0,00	0,01

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo O.4. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo4 'e ait istatistiksel değerleri

O	Senaryo 4		
r	T K / P	P1	P2
t	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
a		78,26	52,16
		0,00	0,00
T	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
a		76,02	37,72
l		0,00	0,00
e	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	melez
p		24,74	2,47
		0,00	0,01

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - P Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

Tablo P.1 Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo1 'e ait istatistiksel değerleri

Y	Senaryo 1		
ü	T K / P	P1	P2
k	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme psm
e		68,54	8,13
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	melez2 psm
T		135,13	13,44
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
e		9,13	5,86
p		0,00	0,00

P Performans Ölçütü

T. K. Talep Korelasyonu

Tablo P.2. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo2 'ye ait istatistiksel değerleri

Y	Senaryo 2		
ü	T K / P	P1	P2
k	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	melez
e		60,14	35,19
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez2 psm	çekme
T		91,09	41,51
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	itme esm	çekme
e		31,90	16,26
p		0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo P.3. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo3 'e ait istatistiksel değerleri

Y	Senaryo 3		
ü	T K / P	P1	P2
k	$\lambda = 0.3$	melez	melez2 esm
e		446,57	17,79
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	melez	melez
T		55,62	17,07
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez	itme psm
e		15,37	1,12
p		0,00	0,36

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo P.4. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında senaryo4 'e ait istatistiksel değerleri

Y	Senaryo 4		
ü	T K / P	P1	P2
k	$\lambda = 0.3$	melez2 psm	itme esm
e		124,80	94,88
k		0,00	0,00
	$\lambda = 0.5$	itme psm	melez2 psm
T		64,84	24,60
a		0,00	0,00
l	$\lambda = 0.8$	melez2 psm	itme psm
e		47,44	2,37
p		0,00	0,02

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - R Farklı talep durumları ve farklı talep korelasyonlarında seçilen üretim kontrol mekanizmalarına ait istatistiksel değerleri

Tablo R.1. Düşük talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen üretim kontrol mekanizmalarına ait istatistiksel değerleri

Düşük Talep			
P / T. K	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s3 melez	s3 melez2 psm	s2 itme psm
	199,98	37,77	264,05
	0,00	0,00	0,00
P2	s3 itme esm	s1 melez	s2 itme psm
	46,43	34,94	238,58
	0,00	0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo R.2. Orta talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen üretim kontrol mekanizmalarına ait istatistiksel değerleri

Orta Talep			
P / T. K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm	s4 melez2 psm
	84,27	37,57	115,92
	0,00	0,00	0,00
P2	s2 çekme	s1 çekme	s1 itme psm
	78,20	35,97	103,99
	0,00	0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Tablo R.3. Yüksek talep durumu ve farklı talep korelasyonlarında seçilen üretim kontrol mekanizmalarına ait istatistiksel değerleri

Yüksek Talep			
P / T. K.	$\lambda = 0.3$	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.8$
P1	s4 melez2 psm	s2 melez2 psm	s1 melez2 psm
	121,75	24,87	4797,37
	0,00	0,00	0,00
P2	s2 melez	s2 çekme	s4 itme psm
	109,85	36,50	263,74
	0,00	0,00	0,00

T. K. Talep Korelasyonu

P Performans Ölçütü

Ek - S Düşük Talep Durumunda İstatistik Analizi

Tablo S.1. Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	63.153.773,459	39	1.619.327,525	199,979	0,000
Within Groups	2.915.101,359	360	8.097,504		
Total	66.068.874,818	399			

Deger						
Scheffe						
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
412,00	10	19,1772				
121,00	10	38,5879				
113,00	10	43,2642				
.	10					
.	10					
.	10					
231,00	10				1.089,5470	
343,00	10				1.148,5693	
331,00	10					2.057,7598
Sig.		0,071	0,072	1,000	1,000	1,000

Tablo S.2. Düşük talep ve düşük korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.011.254,257	39	51.570,622	38,772	0,000
Within Groups	478.830,492	360	1.330,085		
Total	2.490.084,749	399			

Deger

Scheffe									
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
241,00	10	2,2500							
414,00	10	3,2533							
142,00	10	3,3485							
.	10								
.	10								
.	10								
331,00	10						165,2787	165,2787	165,2787
341,00	10							236,8105	236,8105
311,00	10								264,0608
Sig.		0,909	0,053	0,052	0,050	0,057	0,116	0,383	0,137

Tablo S.3. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	147.515.315,052	39	3.782.443,976	46,433	0,000
Within Groups	29.325.552,044	360	81.459,867		
Total	176.840.867,095	399			

Deger							
Scheffe							
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
312,00	10	66,3061					
412,00	10	67,5436					
121,00	10	70,6075					
.	10						
.	10						
.	10						
443,00	10				1.641,2986	1.641,2986	
331,00	10					2.185,4806	2.185,4806
343,00	10						2.989,4630
Sig.		0,134	0,055	0,053	0,275	0,998	0,446

Tablo S.4. Düşük talep ve orta korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.544.889,332	39	296.022,803	34,938	0,000
Within Groups	3.050.250,661	360	8.472,919		
Total	14.595.139,993	399			

Deger							
Scheffe							
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
414,00	10	19,6317					
444,00	10	20,9903					
241,00	10	23,2211					
.	10						
.	10						
.	10						
331,00	10					509,4503	509,4503
121,00	10						636,4785
131,00	10						657,0676
Sig.		0,208	0,054	0,086	0,155	0,834	0,109

Tablo S.5. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	420.901.810,557	39	10.792.354,117	8,184	0,000
Within Groups	474.713.267,305	360	1.318.647,965		
Total	895.615.077,862	399			

Deger			
Scheffe			
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
312,00	10	125,1150	
412,00	10	125,7593	
431,00	10	225,5159	
.	10		
.	10		
.	10		
343,00	10	3.237,0027	3.237,0027
243,00	10	3.318,0114	3.318,0114
213,00	10		5.000,0108
Sig.		0,489	0,058

Tablo S.6. Düşük talep ve yüksek korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.265.607.510,334	39	32.451.474,624	1,775	0,004
Within Groups	6.582.073.681,795	360	18.283.538,005		
Total	7.847.681.192,129	399			

Deger		
Scheffe		
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05
		1
113,00	10	156,6922
442,00	10	189,7228
412,00	10	204,9230
.	10	
.	10	
.	10	
221,00	10	3.768,7295
313,00	10	7.100,8248
213,00	10	9.231,5644
Sig.		0,981

Ek - T OrtaTalep Durumunda İstatistik Analizi

Tablo T.1. Orta talep ve düşük korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.044.468.733,058	39	26.781.249,566	84,270	0,000
Within Groups	114.408.556,219	360	317.801,545		
Total	1.158.877.289,277	399			

Deger						
Scheffe						
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
312,00	10	50,8526				
311,00	10	86,0698				
321,00	10	103,9898				
.	10					
.	10					
.	10					
243,00	10				3.350,2179	
413,00	10					6.519,9895
443,00	10					8.345,6385
Sig.		0,233	0,051	0,064	0,057	0,088

Tablo T.2. Orta talep ve düşük korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.560.584,526	39	527.194,475	37,569	0,000
Within Groups	5.051.734,468	360	14.032,596		
Total	25.612.318,995	399			

Deger				
Scheffe				
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
111,00	10	2,2500		
211,00	10	2,2500		
242,00	10	2,7305		
.	10			
.	10			
.	10			
231,00	10			773,4850
121,00	10			834,2640
221,00	10			855,1832
Sig.		0,785	0,059	1,000

Tablo T.3. Orta talep ve orta korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.523.422.277,311	39	192.908.263,521	78,204	0,000
Within Groups	888.022.468,037	360	2.466.729,078		
Total	8.411.444.745,348	399			

Deger						
Scheffe						
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
312,00	10	48,7112				
342,00	10	79,6638				
311,00	10	122,0594				
.	10					
.	10					
.	10					
143,00	10			8.450,8552	8.450,8552	
413,00	10				12.488,9586	
443,00	10					24.177,9629
Sig.		1,000	0,055	0,997	0,362	1,000

Tablo T.4. Orta talep ve orta korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	133.210.108,965	39	3.415.643,820	35,960	0,000
Within Groups	34.194.195,629	360	94.983,877		
Total	167.404.304,594	399			

Deger			
Scheffe			
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
443,00	10	20,1697	
413,00	10	35,8693	
414,00	10	53,3984	
.	10		
.	10		
.	10		
221,00	10		2.085,8346
131,00	10		2.190,3973
121,00	10		2.227,7927
Sig.		0,999	1,000

Tablo T.5. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	57.876.216.439,814	39	1.484.005.549,739	11,986	0,000
Within Groups	44.572.910.068,163	360	123.813.639,078		
Total	102.449.126.507,976	399			

Deger					
Scheffe					
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
312,00	10	97,8983			
412,00	10	434,4589			
342,00	10	538,5962			
.	10				
.	10				
.	10				
413,00	10		40.027,8672	40.027,8672	40.027,8672
213,00	10			44.563,8208	44.563,8208
443,00	10				49.110,9638
Sig.		0,342	0,061	0,061	0,104

Tablo T.6. Orta talep ve yüksek korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48.625.769.138,293	39	1.246.814.593,290	18,622	0,000
Within Groups	24.103.974.673,436	360	66.955.485,204		
Total	72.729.743.811,730	399			

Deger			
Scheffe			
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
442,00	10	851,6604	
412,00	10	1.036,3191	
312,00	10	1.109,8552	
.	10		
.	10		
.	10		
231,00	10	25.534,6313	25.534,6313
143,00	10		49.584,6128
113,00	10		51.073,7354
Sig.		0,235	0,153

Ek - U OrtaTalep Durumunda İstatistik Analizi

Tablo U.1. Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.769.899.744,456	39	199.228.198,576	125,754	0,000
Within Groups	570.338.728,373	360	1.584.274,245		
Total	8.340.238.472,830	399			

Deger						
Scheffe						
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
121,00	10	27,7998				
312,00	10	34,3301				
311,00	10	74,5254				
.	10					
.	10					
.	10					
243,00	10			8.045,5740		
413,00	10				15.801,7770	
443,00	10					23.868,6871
Sig.		0,080	0,057	0,159	1,000	1,000

Tablo U.2. Yüksek talep ve düşük korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.351.196,970	39	752.594,794	24,860	0,000
Within Groups	10.898.412,541	360	30.273,368		
Total	40.249.609,511	399			

Deger			
Scheffe			
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
111,00	10	2,2500	
112,00	10	2,2500	
141,00	10	2,2500	
.	10		
.	10		
.	10		
441,00	10	542,8455	
411,00	10	575,4366	
231,00	10		1.508,7393
Sig.		0,066	1,000

Tablo U.3. Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.931.308.767,443	39	280.289.968,396	109,850	0,000
Within Groups	918.568.263,477	360	2.551.578,510		
Total	11.849.877.030,920	399			

Deger				
Scheffe				
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
312,00	10	66,1494		
311,00	10	101,3435		
342,00	10	103,2120		
.	10			
.	10			
.	10			
213,00	10		17.122,4073	
143,00	10		21.639,2766	21.639,2766
243,00	10			23.882,3486
Sig.		0,650	0,433	1,000

Tablo U.4. Yüksek talep ve orta korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	410.169.189,820	39	10.517.158,713	36,499	0,000
Within Groups	103.733.199,948	360	288.147,778		
Total	513.902.389,767	399			

Deger					
Scheffe					
Kont_Alg	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
413,00	10	38,9204			
313,00	10	75,3817			
141,00	10	106,0655			
.	10				
.	10				
.	10				
143,00	10			2.289,7431	
231,00	10				4.417,4179
221,00	10				4.639,4320
Sig.		0,569	0,051	0,052	1,000

Tablo U.5. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda p1 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39.516.301.015,642	39	1.013.238.487,581	23,140	0,000
Within Groups	15.763.144.800,745	360	43.786.513,335		
Total	55.279.445.816,387	399			

Deger							
Scheffe							
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
312,00	10	69,1077					
342,00	10	443,2928					
412,00	10	755,1500					
.	10						
.	10						
.	10						
211,00	10					27.364,3161	27.364,3161
113,00	10					29.645,9102	29.645,9102
143,00	10						41.207,2651
Sig.		0,131	0,057	0,052	0,090	0,059	0,069

Tablo U.6. Yüksek talep ve yüksek korelasyon durumunda p2 istatistik analizi

Oneway

ANOVA					
Deger					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	49.304.458.724,047	39	1.264.216.890,360	4,998	0,000
Within Groups	91.052.865.384,500	360	252.924.626,068		
Total	140.357.324.108,547	399			

Deger		
Scheffe		
Kont_Alğ	N	Subset for alpha = .05
		1
312,00	10	1.158,4041
342,00	10	1.265,5080
344,00	10	1.733,7673
.	10	
.	10	
.	10	
221,00	10	33.811,7705
113,00	10	36.833,8679
413,00	10	41.466,6842
Sig.		0,767

ÖZGEÇMİŞ

Alper GÖKSU, 1976 yılında Manisa’da doğdu. 1993 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği bölümünden 1997 yılında mezun oldu. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliğinde yüksek lisansını tamamladı. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliğinde doktora eğitimine başladı. 1997 yılından beri Sakarya Üniversitesi Enformatik Bölüm Başkanlığında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.