

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**BÜTÜNLEŞİK LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMLERİ: BİR MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMA**

**Hazırlayan
Mustafa DESTE**

**Danışman
Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN**

Doktora Tezi

**MAYIS 2013
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**BÜTÜNLEŞİK LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMLERİ: BİR MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMA
(Doktora Tezi)**

**Hazırlayan
Mustafa DESTE**

**Danışman
Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN**

**Mayıs 2013
KAYSERİ**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mustafa DESTE



“Bütünleşik Lojistik Ağ Tasarımı ve Araç Rotalama Problemleri: Bir Model Önerisi ve Uygulama” adlı doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

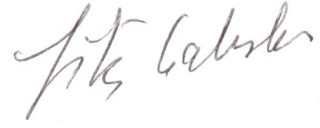
Tezi Hazırlayan

Mustafa DESTE



Danışman

Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN



İşletme Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Osman UNUTULMAZ

Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN danışmanlığında Mustafa DESTE tarafından hazırlanan “Bütünleşik Lojistik Ağ Tasarımı ve Araç Rotalama Problemleri: Bir Model Önerisi ve Uygulama” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalında **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

17./05./2013.

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN

Üye : Prof. Dr. Şule ÖZKAN

Üye : Doç. Dr. Lale ÖZBAKIR

Üye : Doç. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Banu BİTGEN SUNGUR

[Handwritten signatures of the jury members]

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 24./05./2013 tarih ve08..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

[Official stamp of the Social Sciences Institute, Erciyes University, dated 24/05/2013, signed by Prof. Dr. Lütfullah ÇEBECİ, Institute Director]

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca çalışmalarında yol gösterici olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN'a

Tez izleme jürimdeki değerli hocalarım Prof. Dr. Cemal ÖZGÜVEN, Doç. Dr. Lale ÖZBAKIR ve Yrd. Doç. Dr. Banu BİTGEN SUNGUR'a

Tez çalışmasının şekil açısından düzenlenmesi aşamasında vermiş olduğu katkıdan dolayı Yrd. Doç. Dr. Yasemin YAVUZ'a,

Çalışmanın uygulama kısmının gerçekleştirilmesinde önemli katkıları olan işletme yönetim kurulu üyesi Sayın Tuğba ERŞAN'a,

Yurtiçi Doktora Burs Programı kapsamında verilen maddi destekten dolayı TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na,

Doktora dönemi de dâhil olmak üzere bütün yaşamım boyunca gösterdikleri anlayış ve desteklerinden dolayı aileme

teşekkürlerimi sunarım.

BÜTÜNLEŞİK LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ: BİR MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMA

Mustafa DESTE

Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Doktora Tezi, Mayıs 2013

Danışman: Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN

ÖZET

İşletmelerin rekabet gücünü etkileyen en önemli unsurlardan biri lojistik faaliyetlerin getirmiş olduğu maliyetlerdir. Maliyetin yanı sıra doğru yer ve doğru zamanda tüketiciye ulaşmanın kazandırmış olduğu müşteri memnuniyeti de rekabet gücü açısından son derece önemli bir faktördür. İşletmelerin maliyet ve müşteri memnuniyeti dengesini koruma çabaları lojistiğin öneminin giderek artmasına neden olmuştur. Lojistiğe olan ilginin ve bu alanda oluşan ihtiyaçların artması, lojistik faaliyetlerin planlama sürecinde çözümü zor ve karmaşık problemleri de beraberinde getirmiştir.

Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri NP-zor problemler sınıfında yer alır. İki problemin birlikte değerlendirilmesi ve bütünlük olarak çözümü problemi daha da karmaşık hale getirmektedir.

Lojistikle ilgili gerçek hayat problemlerini dikkate alan ve üretici işletmelerin lojistik planlama ihtiyaçlarını karşılamak üzere oluşturulan bu çalışmada, lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin bütünlük olarak ele alındığı yeni bir model önerisi sunulması ve bu modelin tavukçuluk sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda tanımlanan problem için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, öncelikle küçük ölçekli bir örnek problem üzerinde test edilmiştir. Ardından modelin sektörel uyarlanması ve bir işletmede uygulaması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modeller GAMS programında kodlanarak CPLEX çözücüsü yardımı ile çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Ağ Tasarımı; Araç Rotalama; Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama

**INTEGRATED LOGISTICS NETWORK DESIGN AND VEHICLE
ROUTING PROBLEMS: A MODEL PROPOSAL AND
APPLICATION**

Mustafa DESTE

Erciyes University, Graduate School of Social Sciences

Ph.D. Dissertation, May 2013

Supervisor: Prof. Dr. Filiz ÇALIŞKAN

ABSTRACT

One of the most important factors affecting the competitiveness of such enterprises is the costs of logistics activities incurred. Besides the cost, an extremely important factor in terms of competitiveness is customer satisfaction to be obtained with reaching to consumers at the right place and at the right time. Efforts of businesses to protect the balance of cost and customer satisfaction have led to an increase in the importance of logistics. To increase the need in this area and the interest of logistics, has resulted in difficulties in solving and complex problems in the logistics planning process.

Logistics network design and vehicle routing problems are in the class of NP-hard problems. The solution of those problems in an integrated manner further complicates the problem.

This study to consider the real life problems related to logistics and to meet the needs of the manufacturer's logistical planning is intended to present a new model proposal and an application of this model in an enterprise which operates in the poultry sector. A mixed integer linear programming model is developed for the problem is defined for this purpose. The model is primarily tested on a small scale example problem. Then, the model has been adapted to the sector and applied to an enterprise. The models coded in GAMS program and solved with CPLEX solver.

Keywords: Logistics Network Design; Vehicle Routing; Mixed Integer Linear Programming

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY.....	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1.....	5
LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ	5
1.1. Lojistik Ağ Tasarımı	6
1.1.1. Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Tanımı ve Kapsamı	6
1.1.1.1. İleriye Doğru Lojistik.....	7
1.1.1.2. Tersine Lojistik.....	8
1.1.1.3. Bütünleşik Lojistik	10
1.1.2. Lojistik Ağ Tasarımı Aşamaları	12
1.1.2.1. Problemin Tanımlanması	12
1.1.2.2. Amaçların Belirlenmesi.....	12
1.1.2.3. Model Formülasyonu	12
1.1.3. Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Sınıflandırılması	13
1.2. Araç Rotalama Problemleri.....	15
1.2.1. Araç Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılması	18
1.2.1.1. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi	18
1.2.1.2. Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemi	19
1.2.1.3. Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemi	19
1.2.1.4. Dağıt-Topla Araç Rotalama Problemi.....	19
1.2.1.4.1. Önce Dağıt Sonra Topla	20
1.2.1.4.2. Eşzamanlı Dağıt-Topla.....	20

1.3.	Bütünleşik Lojistik Ağ Tasarımı ve Araç Rotalama Problemleri	21
1.3.1.	Problemin Tanımı	21
1.3.2.	Problemin Matematiksel Yapısı ve Sınıflandırılması	22
BÖLÜM 2	.....	26
LİTERATÜR TARAMASI	.....	26
2.1.	Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar	27
2.2.	Literatür Değerlendirmesi	37
BÖLÜM 3	.....	40
BÜTÜNLEŞİK LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ	.....	40
3.1.	Problemin Tanımlanması	41
3.1.1.	Önerilen Modelin Varsayımları ve Karar Süreçleri	43
3.1.2.	Modelin Matematiksel Formülasyonu	47
3.2.	Modelin Örnek Problem Üzerinde Test Edilmesi	54
3.2.1.	Sonuçların Değerlendirilmesi	57
BÖLÜM 4	.....	61
ÖNERİLEN MODELİN TAVUKÇULUK SEKTÖRÜNE UYARLANMASI VE BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI	.....	61
4.1.	Sektöre İlişkin Bilgiler	63
4.1.1.	Tavuk Yetiştiriciliği	64
4.1.2.	Sektörün Türkiye'deki Durumu	66
4.2.	Önerilen Modelin Tavukçuluk Sektörüne Uyarlanması	66
4.2.1.	Sektörün Lojistik Yapısının Tanımlanması	67
4.2.2.	Sektöre İlişkin Varsayımlar ve Modelin Matematiksel Formülasyonu	68
4.3.	Önerilen Modelin Bir İşletmede Uygulanması	71
4.3.1.	İşletmeye İlişkin Bilgiler	71
4.3.2.	Mevcut Durum Analizi	72
4.3.3.	Problemin Tanımlanması	73
4.3.4.	Çözüm İçin Gerekli Verilerin Oluşturulması	74
4.3.5.	Modelin Varsayımları ve Karar Süreçleri	77
4.3.6.	Modelin Matematiksel Formülasyonu	78
4.4.	Problemin Çözümü	82
4.4.1.	Modelin GAMS Programına Aktarılması	83

4.4.2. Sonuçların Değerlendirilmesi	85
SONUÇ	95
EKLER	98
EK I. rnek Problem GAMS Kodu	98
EK II. rnek Problem GAMS Sonuç ıktısı	103
EK III. Rendering Tesisleri	126
EK IV. İşletme Uygulaması GAMS Kodu	133
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ	147

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Ro	Maksimum Sağlamlık (Max Robustness)
Res	Maksimum Tepki (Max Responsiveness)
C	Minimum Maliyet/Maksimum Fayda (Min Cost/Max Profit)
I	Envanter (Inventory)
NV	Araç Sayısı (Number of Vehicles)
DS	Talep Memnuniyet Miktarı (Demand Satisfaction Quantity)
P	Ürün Fiyatı (Price of Products)
TA	Taşıma Miktarı (Transportation Amount)
SR	Hizmet Bölgesi (Service Region)
FC	Tesis Kapasitesi (Facility Capacity)
L	Yer Seçimi/Tahsisi (Location/Allocation)
CA	Sürekli Yaklaşım (Continuous Approximation)
SMIP	Stokastik Karma Tamsayı Programlama
MINLP	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama
MILP	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama
MPr	Çok Dönemli (Multi-Period)
SPr	Tek Dönemli (Single Period)
En	İçsel (Belirsiz)/Endogenous (Undetermined)
Ex	Dışsal (Belirli)/Exogenous (Determined)
SP	Tek Ürün (Single-Product)
MP	Çoklu Ürün (Multi-Product)
UCF	Kapasitesiz Akış (Uncapacitated Flow)
CF	Kapasiteli Akış (Capacitated Flow)
S	Stokastik (Stochastic)
D	Deterministik (Deterministic)
UC	Kapasitesiz (Uncapacitated)
Ca	Kapasiteli (Capacitated)
DisC	Dağıtım Merkezleri (Distribution Centers)
PC	Üretim Merkezleri (Production Centers)
SC	Tedarik Merkezleri (Supply Centers)
RDisC	Yeniden Dağıtım Merkezleri (Redistribution Centers)

DC	İmha Merkezleri (Disposal Centers)
RYC	Geri Dönüşüm Merkezleri (Recycling Centers)
RCC	Geri Kazanım Merkezleri (Recovery Centers)
CIC	Toplama/Denetim Merkezleri(Collection/Inspection Centers)

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Tersine lojistik tanımlamaları arasındaki karşılaştırma	9
Tablo 2: Lojistik ağ tasarımı problemlerinin sınıflandırılması	13
Tablo 3: Tedarik zinciri modelleri	27
Tablo 4: Tersine lojistik ağ tasarımı ve modellenmesi konusunu işleyen çalışmalar ...	30
Tablo 5: Lojistik ağ tasarımı ile ilgili çalışmaların sınıflandırılması	35
Tablo 6: Problemin içerdiği ağ tasarımı öğeleri.....	41
Tablo 7: Problemin genel yapısı	43
Tablo 8: Ürünlere olan talepler	55
Tablo 9: Örnek problem için mesafe matrisi.....	55
Tablo 10: Örnek problemin amaç fonksiyonu değeri ve x_{ijk} karar değişkenlerinin aldığı değerler.....	57
Tablo 11: Değişik parametre değerleriyle elde edilen sonuçlar	58
Tablo 12: 2000-2023 yılları arasında öngörülen kanatlı eti talep ve tüketim hedefleri .	64
Tablo 13: Sektöre özel kavramlar	68
Tablo 14: Problemin genel yapısı	68
Tablo 15: İşletmenin tarihsel gelişimi.....	71
Tablo 16: Problemin genel yapısı	73
Tablo 17: Bayilerin talepleri	74
Tablo 18: Araç kapasiteleri ve dolu-boş ortalama yakıt tüketim değerleri.....	75
Tablo 19: Uzaklık matrisi.....	76
Tablo 20: Amaç fonksiyonu değeri ve x_{ijk} karar değişkenlerinin aldığı değerler.....	86
Tablo 21: Değiştirilen ayarlar ve çözüme ilişkin bilgiler.....	87
Tablo 22: Hızlı çözüm ayarları ve çözüme ilişkin bilgiler.....	88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı genel karar süreçleri	11
Şekil 2: Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi örneği.....	18
Şekil 3: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama	22
Şekil 4: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri varyasyonları	23
Şekil 5: Problemin genel karar süreçleri.....	46
Şekil 6: Araç rotaları.....	56
Şekil 7: Dünya kanatlı eti üretim trendi.....	63
Şekil 8: Üretim ve kesimhane yoğunluğu.....	66
Şekil 9: Problemin genel karar süreçleri.....	70
Şekil 10: İşletmenin bayi ağı	72
Şekil 11: Ağ üyelerinin konumlarının belirlenmesi.....	77
Şekil 12: Modelin genel yapısı	82
Şekil 13: İşletme için belirlenen araç rotaları	89
Şekil 14: 2. kamyonun rotası	90
Şekil 15: 3. kamyonun rotası	90
Şekil 16: 4. kamyonun rotası	91
Şekil 17: 6. kamyonun rotası	91
Şekil 18: 7. kamyonun rotası	92
Şekil 19: 9. kamyonun rotası	92
Şekil 20: 11. kamyonun rotası	93
Şekil 21: 12. kamyonun rotası	93

GİRİŞ

Ürün (product), fiyat (price), yer (place) ve tutundurma (promotion) kısaca 4P olarak adlandırılan klasik pazarlama karmasının bileşenleridir. Değişen pazar koşulları ve artan tüketici beklentileri zaman içerisinde bileşenlerin değişmesine neden olmuştur. Bu bileşenler sırasıyla, müşteri değeri (customer value), müşteri maliyeti (customer cost), müşteriye kolaylık (customer convenience) ve müşteri iletişimi (customer communication) şeklinde ifade edilmiş ve kısaca 4C olarak adlandırılan yeni bir pazarlama karması modeli oluşturulmuştur (Kotler, 2000, 16).

İşletmelerin kendi alanlarındaki bilgiye ve teknolojiye kolaylıkla ulaşabildikleri, müşterilerin giderek bilinçlendiği ve tüketici davranışlarının değiştiği bir rekabet ortamında 4C içerisindeki müşteriye kolaylık bileşeni diğerlerine oranla çok daha önemli ve öncelikli bir konuma gelmiştir. Müşteriye kolaylık bileşeni, ürünlerin tercih edilebilmeleri için doğru yerde ve doğru zamanda müşteriye ulaşılması gerekliliğini ifade etmektedir. Bu bileşen, özellikle hızlı tüketim ürünlerinin bulunduğu sektörlerde işletmeler için son derece hayati bir önem arz eder. Öyle ki, istediği ürünü istediği yerde bulamayan tüketicinin, ihtiyacını karşılamak üzere muadil bir ürüne yönelmesi önünde herhangi bir engel yoktur. Bunun sebebi, tüketicilerin algısında ürünlerin eşdeğer görülmesi ve marka sadakati kavramının giderek ortadan kalkmasıdır.

Doğru yer ve doğru zaman demek iyi bir lojistik alt yapı ve son derece ciddi bir planlama demektir. Bundan dolayı, işletmeler açısından lojistiğin önemi hızlı bir şekilde artmaktadır.

Günümüz rekabet ortamında, hedef pazarlarını sürekli genişletmek zorunda olan işletmeler için ise lojistik faaliyetler çok daha hayati bir öneme sahiptir. Değişen pazar yapısına uygun lojistik ağların oluşturulması ve planlanması son derece zor ve karmaşık problemleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle son yıllarda önemi giderek artan tersine lojistik faaliyetlerinin de planlama sürecine dâhil edilmesi problemlerin zorluk seviyesini daha da artırmıştır.

İşletmeler açısından lojistik planlama sürecinde karşılaşılan en temel iki problem lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleridir. Ağ üyelerinin ve üyeler arasındaki ilişkilerin belirlendiği lojistik ağ tasarımı problemlerinde ileriye doğru ve tersine lojistik

faaliyetlerin planlanması süreci ele alınmaktadır. İleriye doğru ve tersine lojistik faaliyetler ayrı ayrı ele alınabileceği gibi bütünleşik olarak ta değerlendirilebilir.

Araç rotalama problemleri ise üzerinde çok uzun süreden beri çalışılmakta olan temel bir yöneylem araştırması problemidir. Taşıma sürecinin en düşük maliyetle gerçekleştirilmesi için araç rotalarının belirlendiği problemde dağıtım ve toplama süreçleri ayrı olarak ele alınabileceği gibi eşzamanlı modellerin oluşturulması da mümkündür.

Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin bütünleşik olarak ele alınması, karar sürecinde çok daha geniş bir perspektiften bakılmasına olanak tanımakta ve tek bir problem içerisinde bütün sürecin planlanmasını sağlamaktadır. Yer seçimi, atama ve rotalama fonksiyonlarını içerisinde bulunduran bütünleşik yapı zor bir modelleme ve çözüm sürecine sahiptir. Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri NP-zor problemler sınıfında yer alır. İki problemin birlikte değerlendirilerek eşzamanlı olarak çözümü ise problemi daha da karmaşık bir hale getirmektedir.

Bu çalışmada, bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerine yönelik bir model önerisi sunulmuştur. Lojistikle ilgili gerçek hayat problemlerini dikkate alan ve üretici işletmelerin lojistik planlama ihtiyaçlarını karşılamak üzere oluşturulan model karma tamsayılı doğrusal programlama ile formüle edilmiştir. Geliştirilen modellerin gerçek bir problem üzerinde uygulamaya dönüştürülmesi yapılan çalışmaların daha anlamlı hale gelmesini sağlamaktadır. Bu nedenle modelin sektörel bir uyarlaması ve bir işletmede uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma 4 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde konuyla ilgili temel bilgilere, 2. bölümde ise literatür taramasına yönelik incelemelere ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Temel bilgilerin verilmesinin ve literatür değerlendirmesinin ardından 3. bölümde model önerisi sunulmuştur. Önerilen model için yapılan uygulamaya ise son bölümde değinilmiştir.

Bölüm 1’de, çalışma kapsamında geliştirilen modelin ve yapılan uygulamaların daha iyi anlaşılabilmesi için, lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin genel hatlarını ortaya koymak ve önemli noktalarını belirtmek üzere, konunun teorik temellerine yönelik bilgiler verilmiştir.

Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin genel yapısı tanım, kapsam ve yapılan sınıflandırmalar şeklinde ele alınmıştır. Öncelikle her iki problem ayrı olarak değerlendirilerek bilgiler verilmiş ardından bütünleşik yapıdaki problemlerden bahsedilmiştir.

Bölüm 2’de, konuya ilişkin literatürün taranması ve değerlendirilmesi süreci anlatılmıştır. Araç rotalama problemlerinin çok temel bir çalışma alanı olması sebebiyle, bu bölümde ağırlıklı olarak lojistik ağ tasarımı ile bütünleşik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca, konuyla çok yakından ilişkili ve lojistik ağ tasarımı problemlerine benzer olan tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerini içeren çalışmalar da incelenmiştir.

Bölüm 3’de, lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin bütünleşik olarak çözümüne yönelik bir model önerisi sunulmuştur. İleriye doğru ve tersine lojistik faaliyetleri içeren lojistik ağların tasarlanması ve optimize edilmesi için geliştirilen modelde yer seçimi, tahsis ve rotalama problemlerinin eşzamanlı olarak çözümü amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle problem tanımlanmış ardından problemin genel yapısı dikkate alınarak belirlenen özellikler ve sınırlar çerçevesinde geliştirilen modele ilişkin varsayımlar ortaya konulmuştur. Model karma tamsayılı doğrusal programlama ile formüle edilerek hipotetik verilerle oluşturulmuş örnek bir problem üzerinde test edilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, geliştirilen modelin sektörel uyarlaması ve bir işletmede uygulanması süreci anlatılmıştır. Modelin uygulaması için, tavukçuluk sektörü seçilmiştir. Sektör yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde sektöre yönelik yeni bir üretim-dağıtım stratejisi geliştirilmiş ve bu stratejiler çerçevesinde genel bir model tanımlanmıştır. Bu model, 3. Bölümde verilen modelin sektöre özel kavramlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda revize edilmesi sonucu oluşturulmuştur. Sektöre yönelik modelin oluşturulmasının ardından sektörde faaliyet gösteren bir işletmede uygulama yapılması aşamasına geçilmiştir. İşletmenin hedef pazarı, ihtiyaçları ve sahip olduğu lojistik altyapısı göz önünde bulundurularak tanımlanan problem için gerekli veriler toplanmış ve en uygun çözüm elde edilmeye çalışılmıştır.

Geliştirilen modeller GAMS programında kodlanarak CPLEX çözücüsü yardımı ile çözülmüştür. İşletme uygulamasının çözüm sürecinde, problem boyutunun büyüklüğünden dolayı yaşanan sıkıntıların ortadan kaldırılması için çözücü ayarlarındaki yapılabilecek değişiklikler ve en uygun ayarlardan bahsedilerek çözümler değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 1

LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri, üzerlerinde 1950’li yıllardan günümüze kadar çalışılmakta olan, en temel yöneylem problemlerinin başında gelmektedirler. Günümüzde lojistiğin öneminin daha da artmasıyla birlikte, teorik ve pratik çalışmaların sayısında büyük bir artış olmuştur. Konuya ilişkin literatürün yoğunluğundan dolayı, teorik açıdan problemlerin her ayrıntısına ve yapılan bütün çalışmalara değinmek bu çalışma kapsamında mümkün değildir.

Birinci bölümde, çalışma kapsamında geliştirilen modelin ve yapılan uygulamaların daha iyi anlaşılması için, lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin genel hatlarını ortaya koymak ve önemli noktalarını belirtmek üzere, konunun teorik temellerine yönelik bilgi verilmiştir.

İlk olarak, lojistik ağ tasarımı problemine değinilmiştir. Problemin genel yapısı, lojistik ağ tasarımı probleminin tanımı, kapsamı, aşamaları ve sınıflandırılması başlıkları altında ortaya konulmuştur.

Bunun ardından, ikinci ana problem grubu olan araç rotalama problemi ele alınmıştır. Araç rotalama probleminin tanımı ve kapsamına ilişkin bilgiler verildikten sonra araç rotalama probleminin sınıflandırılmasından ve genel türlerinden bahsedilmiştir.

Geliştirilen modelin temelini oluşturan lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinden sonra, iki konunun birlikte ele alınması sonucu ortaya çıkmış olan bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri incelenmiştir.

1.1. Lojistik Ağ Tasarımı

En önemli işletme fonksiyonlarından birisi olan lojistik faaliyetler, üretim merkezleri, dağıtım merkezleri, talep noktaları, toplama -denetleme merkezleri, geri dönüşüm, imha ve yeniden işleme merkezleri ile ortaya çıkan sistemler, alt sistemler, operasyonlar ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren karmaşık bir bütündür. Bundan dolayı, lojistik ağların tasarımı, tedarik zinciri yönetimi içerisindeki en önemli problemlerden ve en stratejik karar süreçlerinden birisidir (Paksoy, 2005, 439).

Yukarıda tanımlanan bu karmaşık yapının tasarımı, modelinin oluşturulması ve hayata geçirilmesi, işletmenin maksimum etkinlik ve verimliliğe sahip olmasında oldukça belirleyici bir role sahiptir. Hızlı bir şekilde, çok çeşitli ürünün, arzulanan fiyat ve kalitede sunumunun sağlanabilmesi için ağ elemanlarının mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir. Böylelikle, daha yalın bir hale gelecek olan lojistik ağın optimizasyonu kolay bir şekilde gerçekleştirilebilecektir (Paksoy, 2005, 439).

1.1.1. Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Tanımı ve Kapsamı

“Lojistik ağ tasarımı, etkin ve verimli bir tedarik zinciri için çalışma kapsamı içindeki ilgili tedarikçi, üretici, depo ve dağıtım merkezi, satış noktaları ile müşteriler gibi çeşitli şirketlerin ve tesislerin, üretim, depolama ve taşımacılık sistemlerinin bir ağ yapısı bütünlüğü içinde yüksek yanıt hızı, yüksek kalite, düşük maliyet vd. amaçlarla analizi ve yeniden tasarlanması şeklinde tanımlanmaktadır” (<http://www.lojistiksozluk.com/ag-tasarimi.html>).

Temel bir yöneylem araştırması problemi olarak ele alınan lojistik ağ tasarımı, esas olarak bir yer seçimi ve atama (tahsis) problemidir. Bu problemde, maliyet ve müşteri memnuniyeti arasındaki dengeyi en iyi şekilde sağlayacak, mevcut veya yeni ağ üyelerinin seçimi ve seçilen üyelerin diğer üyelerle olan ilişkisinin belirlenmesi amaçlanır.

Yukarıdaki tanımlama içerisinde belirtilen ağ üyeleri kavramı, önceleri sadece fiziksel dağıtım çerçevesinde ele alınarak dağıtım kanalını oluşturan yapılar olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, yakın bir geçmişe kadar yapılan ağ tasarımı tanımlamalarında tersine lojistik operasyonlarına fazla yer verilmemiştir. Tersine lojistik faaliyetleri bağımsız olarak düşünülmüştür. Ancak son dönemde yapılan

çalışmalara bakıldığında tersine lojistiğin, ileriye doğru lojistikle birlikte bütunleşik olarak ta ele alındığı görülmektedir.

Bu kapsamda, oluşturulabilecek lojistik ağları ileriye doğru, tersine ve bütunleşik olmak üzere üç şekilde ifade etmek mümkündür.

1.1.1.1. İleriye Doğru Lojistik

İleriye doğru lojistik, tedarik zinciri yönetimi içerisinde yer alan en temel lojistik faaliyetlerden biridir. Bu faaliyetlerin gerçekteştirilmesinde ki ana amaç, üretilen ürünlerin talep noktalarına ulaştırılmasıdır.

İleriye doğru lojistik kavramı, pazarlama literatüründe yer alan fiziksel dağıtımla genelde aynı anlamda kullanılmaktadır. Bu çerçevede, en genel şekliyle ileriye doğru lojistik; üretilen ürünlerin talep noktalarına, maksimum müşteri memnuniyeti - minimum maliyet dengesini gözeterek dağıtım kanalları aracılığıyla veya aracısız olarak ulaştırılması olarak tanımlanabilir (İslamoğlu, 2002, 257).

Aracısız olarak ürünlerin talep noktalarına, başka bir deyişle tüketicilere ulaştırılması genellikle işletmenin büyüklüğü ile alakalı bir durumdur. İşletme büyüdükçe ve büyümeye bağlı olarak hedef pazarını genişlettikçe doğrudan tüketiciye ulaşması teknik ve mali açıdan imkânsızlaşmaktadır. İşletmeler, belirli bir aşamadan sonra farklı içsel veya dışsal yapılanmalara ihtiyaç duyarlar.

Bu yapılanmaların oluşturulması ile birlikte üretim ve tüketim noktaları arasında bir kanal meydana gelmektedir. Literatürde dağıtım kanalları olarak ele alınan bu kanal, ürünlerin tüketicilere ulaştırılmasını sağlayan kurumlar dizisi şeklinde tanımlanmaktadır (İslamoğlu, 2002, 256). Dağıtım kanalının kurumlar dizisi olarak tanımlanması, dağıtım kanalında aynı amaç için faaliyet gösteren yapı ve işlev bakımından farklı pek çok işletmenin bulunmasındandır (İslamoğlu, 2002, 256).

Dağıtım kanalları, her işletmenin bulunduğu sektöre, hedeflerine ve kurumsal yapısına göre değişebilecek özel bir yapılanmadır. Hatta aynı işletme için bile farklı alternatifler söz konusu olabilmekte ve konjonktürel olarak farklı dağıtım kanalları kullanılabilmektedir.

İleri doğru bir lojistik planlamanın veya bir başka deyişle fiziksel dağıtımın genel olarak işletmeye sağladığı faydaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Mucuk, 2009, 279):

- **Satışları artırması:** Lojistiğin bu yararı çeşitli şekillerde meydana gelir. İyi bir stoklama programı ve denetimi ile stokların tükenmesi ihtimali ve dolayısıyla satış kaybı azalır. Malın alıcılarının stok ihtiyacını azaltır, alıcı ve satıcı arasında iyi ilişkiler kurulması sonucu ek satış olanakları sağlar.
- **Dağıtım maliyetlerini azaltması:** Etkin bir lojistik, çeşitli maliyet unsurlarında tasarruf sağlar. Faaliyetlerin sistemli hale getirilmesi; depo sayısının azaltılması, depoda daha az stok bulundurulması, etkin yöntem ve tekniklerle yükleme, boşaltma, taşıma ve depolama işlemlerinin yapılması vb. sayesinde dağıtım giderleri azaltılabilir.
- **Üretim ile tüketicinin uyumunu sağlaması:** Lojistik, üretim ile tüketim arasındaki uyumu sağlayarak yer ve zaman faydaları yaratır. Bazı mallar mevsimlik olarak üretilir, ama bütün yıl tüketilirler. Uygun bir depolama ile üretimin fazla olan kısmı saklanarak yıl boyunca tüketim sağlanır. Böylece zaman faydasından ve taşıma ile de yer faydasından yararlanılır.
- **Fiyat istikrarına olumlu etki etmesi:** İşletmenin taşıma ve depolama fonksiyonlarını etkin bir şekilde yerine getirmesi ile bazı yerlerde arz fazlası bazı yerlerde de arz noksanı giderileceğinden fiyatlarda olumlu yönde bir etki oluşturulur.

1.1.1.2. Tersine Lojistik

İşletmelerin sahip olduğu lojistik ağ yapısı içerisinde, son yıllarda giderek önemi artan tersine lojistik fonksiyonu, işletmelerin müşteri memnuniyetini sağlama arayışları sürecinde önemli bir yer tutmaktadırlar.

Lojistik faaliyetlere üçüncü bir boyut ekleyen tersine lojistik, üretim sektöründe son müşteriden satıcıya veya hizmet sağlayıcıya geri gelen ürünlerin hareketi, depolanması ve elleçlenmesi sürecini ifade etmektedir (Keskin, 2008, 39). Tersine lojistik, tüketici pazarında işe yaramayan ürünlerin geri dönüşümü için parçalara ayrılması ile yeniden üretim ortamına sokularak işlem görmesini de kapsamaktadır (Keskin, 2008, 39).

Uslu ve Akçadağ (2012), Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Derneğinin yapmış olduğu tersine lojistik tanımlamasını “planlama, uygulama, kontrol, hammaddenin maliyet etkisi, envanter süreçleri, nihai ürünler ve ilgili bilgilerin, tekrar değer kazanma ve uygun bir şekilde elden çıkarma amacıyla, tüketim noktasından başlangıç noktasına akış sürecidir” şeklinde aktarmışlardır.

Tersine lojistiğin öneminin artmasıyla birlikte yapılan tanımlamaların da kapsamı genişlemiş ve karmaşıklaşmıştır. Zuluaga (2005) tarafından yapılan tasnif ve tersine lojistik sürecinin parçalarına ayrılarak gösterimi tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Tersine lojistik tanımlamaları arasındaki karşılaştırma (Zuluaga, 2005, 20)

Nedir?	Girdiler	Aktiviteler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
<ul style="list-style-type: none"> • Süreç • Görev • Yetenek ve aktivite 	<ul style="list-style-type: none"> • İskarta ürünler • Kullanılmış ürünler • Önceden sevk edilmiş ürünler yada parçalar • Tehlikeli ve tehlikesiz atıklardan paketler ve ürünler • Bilgi • Hammadde • Süreçteki stok • Mamul • İlişkili bilgi 	<ul style="list-style-type: none"> • Planlama, uygulama, verimli ve maliyet etkin akışın kontrolü • Toplama • Taşıma • Depolama • İşleme • Kabul • Kurtarma • Paketleme • Sevk etme • Azaltma • Yönetme • İmha etme • Sökme • Envanterler • Üretim 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekrar kullanılabilir ürünler • Geri dönüşüm • Yeniden üretim • İmha • Azaltma • Yönetim • Yeniden kazanılan değer 	<ul style="list-style-type: none"> • Tüketim noktasından 	<ul style="list-style-type: none"> • Üreticiye • Merkezi toplama noktasına • Başlangıç noktasına

Yapılan bu tasnif çerçevesinde, genel olarak tersine lojistik problemlerini, müşteri bölgelerinden ürünlerin hangi toplama merkezine getirileceği, yapılan denetleme sonrasında hangi faaliyetle (geri dönüşüm, imha vb.) devam edileceği ve bu faaliyetin hangi merkezde gerçekleşeceği kararlarının yer aldığı bir süreç olarak ifade etmek mümkündür (Zuluaga, 2005, 20).

İşletmelerin tersine lojistik faaliyetlerine yönelmesinde dört temel belirleyiciden söz edilebilir (Ravi; Shankar; Tiwari, 2005, 331). Bunlar:

1. Ekonomik belirleyiciler
2. Yasal zorunluluklar-Mevzuatlar
3. Kurumsal sosyal sorumluluk
4. Yeşil çevre sorunları

Ekonomik belirleyiciler, sektörel olarak farklı boyutlara ve önem derecesine sahiptirler. Geri dönüşüme uygun ürünlerin yer aldığı bir sektörde tersine lojistik faaliyetler çok daha büyük öneme sahiptir. Ancak geri dönüşüme uygun olamayan, çabuk bozulmayan ve teknolojik anlamda değerli parçalardan oluşmayan ürünlerin yer aldığı bir sektör için tersine lojistik daha az önem verilmesi gereken bir konudur.

1.1.1.3. Bütünleşik Lojistik

Bütünleşik lojistik, ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetlerinin eş zamanlı olarak ele alındığı ve tüm sistemlerin bir bütün içerisinde incelendiği bir lojistik ağ yapılanmasıdır.

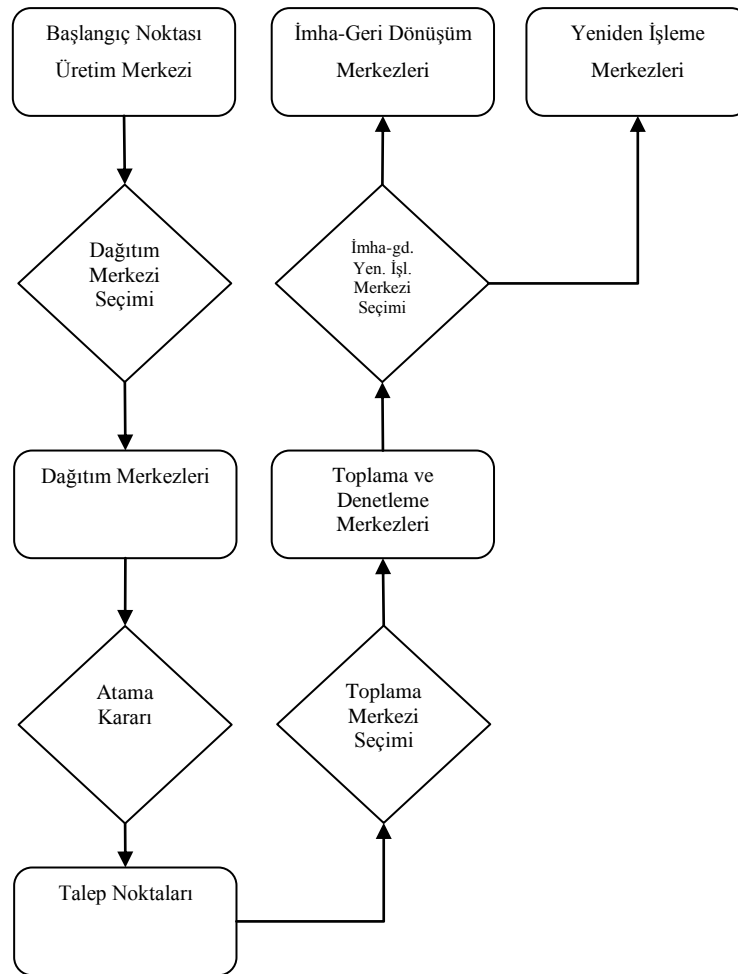
Daha genel bir tanımlama ile bütünleşik lojistiğin, işletmenin gelen ve giden tüm lojistik faaliyetlerinin; toplam maliyetin en aza indirilmesi, eşgüdümün artırılması, verimliliğin yükseltilmesi vb. amaçlar çerçevesinde bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirilmesi; tedarik zincirini oluşturan tüm fonksiyonların tek bir süreç olarak yönetilmesi olduğu söylenebilir (<http://www.lojistiksozluk.com/etiket/butunlesik-lojistik>).

Eş zamanlı olarak değerlendirilen yapının karmaşıklığı dolayısıyla, model kurmanın ve uygun çözüm yöntemleri geliştirmenin zor olması kaçınılmazdır. Bu zorluğa karşılık, iki yönlü yapının eşzamanlı olarak ele alınması ile, alt sistemler arası etkileşim çok daha iyi bir şekilde analiz edilerek alınacak stratejik kararların etkinliğinin artmasını sağlar. Bu nedenle, lojistik alanında son dönemde yapılan çalışmalarda, sıklıkla lojistik faaliyetlerin bütünleşik olarak ele alındığı ve bu kapsamda yeni modeller ve çözüm yaklaşımlarının geliştirildiği görülmektedir.

Bütünleşik lojistik ağ tasarımı, içerisinde birçok dinamik karar sürecini barındıran karmaşık bir problemdir. Özellikle lojistik ağ büyüdükçe problem çok daha karmaşık

bir hal alır. Bütünleşik bir lojistik ağın karar katmanlarını üretim merkezleri, dağıtım merkezleri, müşteri bölgeleri, toplama-denetleme merkezleri, yeniden işleme merkezleri, geri dönüşüm merkezleri ve imha merkezleri şeklinde bir sınıflandırma yaparak ifade edebiliriz. Problem içerisinde, yer seçimi ve atama yapılacak ağ katmanlarının sayısının artması problemi daha da zorlaştıracaktır. Örneğin, bir problemde yeni bir üretim merkezi kurulması kararının modele eklenmesi problemin zorluk seviyesini çok daha yukarılara çeker.

Problem boyutunun büyüklüğüne veya problemin karmaşıklığına göre kullanılması mümkün olan iki temel çözüm yöntemi mevcuttur. Bunlar, kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel / meta sezgisel yöntemlerdir. Bu yöntemlerin, birbirinden ayrı olarak problemlerin çözümünde kullanılabileceği gibi birlikte kullanılmaları da mümkündür.



Şekil 1: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı genel karar süreçleri

1.1.2. Lojistik Ağ Tasarımı Aşamaları

Lojistik ağ tasarımı problemlerinde çözümden daha önemli olan, durum analizinin yapılması, ihtiyaçların doğru bir şekilde belirlenmesi, problemin çok iyi bir şekilde tanımlanması ve modellenmesidir. Bu bağlamda, Lee ve Kim (2002) tarafından ortaya konmuş olan lojistik ağ tasarımı aşamalarını Paksoy (2005), problemin tanımlanması, hedeflerin belirlenmesi ve model formülasyonu şeklinde üç adımda ifade etmiştir (Paksoy, 2005, 438).

1.1.2.1. Problemin Tanımlanması

Bir çalışma, ihtiyaçları giderecek şekilde hazırlanmamışsa, kurulacak olan modelin detaylı ve eksiksiz olması bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışma yapabilmek için, ilgili sistemin detaylı bir şekilde incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alabilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır. Ancak, içinde gereksiz ve fazla bilgilerin bulunduğu bir model bilgisayar üzerinde diğer modellere göre daha yavaş çalışabilir ve maliyeti yükseltebilir. Bu nedenle, ihtiyaçların doğru belirlenmesine dikkat edilmelidir (Paksoy, 2005, 438).

1.1.2.2. Amaçların Belirlenmesi

Tedarik zinciri modelinin amaçları, üzerinde çalışılacak problemin durumuna göre belirlenir. Geliştirmede kullanılan yöntemlerin, çalışmanın amacının belirlenmesindeki rolü büyüktür. Amaçlar, değişen koşullara uyum sağlayacak şekilde belirlenmeli ve gelişimi engelleyecek şekilde dar planlanmamalıdır (Paksoy, 2005, 438).

1.1.2.3. Model Formülasyonu

Amaçların ve problemin belirlenmesinden sonra, modeli kuracak olan kişi modelin temel çatısını geliştirir. Bu çatı genellikle, problemlerin varsayımlarını ve kullanılan elemanları içerir. Toplanan verilerin doğruluğunun, elde edilen sonuç üzerindeki etkisi büyüktür. Yapılan ilk plan içerisinde; gerekli olan verilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edilebileceği belirtilmelidir. Öncelikle çalışmanın hedefleri ile ilgili olan bu bilgilerin çıkartılması gerekir. Tecrübeli bir model kurucu, çalışmada yer alan diğer kişilere hangi verilerin gerekli hangilerinin gereksiz olduğu konusunda yardım

etmelidir. Sistemin taklidini yapmak veya sistemin bir kopyasını çıkarmak için harcanan çaba genellikle gereksizdir. Detayların gerekli olduğu zaman eklenmesi, çalışmanın hedefine ulaşması açısından takip edilmesi gereken en iyi yoldur. Teknik karışıklıklar modelle, modelin kurulma amacı arasındaki ilişkiden daha az öneme sahiptir (Paksoy, 2005, 438).

1.1.3. Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Sınıflandırılması

İleriye doğru, tersine ve bütünleşik olarak ifade edilen lojistik ağ türleri ile ilgili genel bilgilerin verilmesinin ardından, bu başlık altında lojistik ağ tasarımının bir yöneylem araştırması problemi olarak ele alınması sonucunda oluşan sınıflandırmaya değinilecektir.

Pishvae, Farahani ve Dullaert (2010), lojistik ağ problemlerini tablo 2'deki gibi sınıflandırmışlardır.

Tablo 2: Lojistik ağ tasarımı problemlerinin sınıflandırılması
(Pishvae; Farahani; Dullaert, 2010, 1101)

<u>Hedefleri (Objectives)</u>	
Maksimum Sağlamlık (Max Robustness)	Ro
Maksimum Tepki (Max Responsiveness)	Res
Minimum Maliyet/Maksimum Fayda (Min Cost/Max Profit)	C
<u>Çıktıları (Outputs)</u>	
Envanter (Inventory)	I
Araç Sayısı (Number of Vehicles)	NV
Talep Memnuniyet Miktarı (Demand Satisfaction Quantity)	DS
Ürün Fiyatı (Price of Products)	P
Taşıma Miktarı (Transportation Amount)	TA
Hizmet Bölgesi (Service Region)	SR
Tesis Kapasitesi (Facility Capacity)	FC
Yer Seçimi/Tahsisi (Location/Allocation)	L
<u>Modelleme (Modeling)</u>	
Sürekli (Continuous)	
Sürekli Yaklaşım (Continuous Approximation)	CA

Kesikli (Discrete)	
Stokastik Karma Tamsayı Programlama (Stochastic Mixed Integer Programming)	SMIP
Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama (Mixed Integer Non-Linear Programming)	MINLP
Karma Tamsayı Doğrusal Programlama (Mixed Integer Linear Programming)	MILP
<u>Problem Tanımı (Problem Definition)</u>	
Dönemler (Periods)	
Çok Dönemli (Multi-Period)	MPr
Tek Dönemli (Single Period)	SPr
Açılacak Tesis Sayısı (Number of Facilities to Be Opened)	
İçsel (Belirsiz)/Endogenous (Undetermined)	En
Dışsal (Belirli)/Exogenous (Determined)	Ex
Ürün (Product)	
Tek Ürün (Single-Product)	SP
Çoklu Ürün (Multi-Product)	MP
Akış Kapasitesi (Flow Capacity)	
Kapasitesiz Akış (Uncapacitated Flow)	UCF
Kapasiteli Akış (Capacitated Flow)	CF
Talep (Demand)	
Stokastik (Stochastic)	S
Deterministik (Deterministic)	D
Tesis Kapasitesi (Facility Capacity)	
Kapasitesiz (Uncapacitated)	UC
Kapasiteli (Capacitated)	Ca
<u>Lojistik Ağ Aşamaları (Logistics Network Stages)</u>	
İleri Lojistik Aşamaları (Forward Logistics Stages)	
Dağıtım Merkezleri (Distribution Centers)	DisC
Üretim Merkezleri (Production Centers)	PC
Tedarik Merkezleri (Supply Centers)	SC
Geri(Tersine) Lojistik Aşamaları (Reverse Logistics Stages)	
Yeniden Dağıtım Merkezleri (Redistribution Centers)	RDisC

İmha Merkezleri (Disposal Centers)	DC
Geri Dönüşüm Merkezleri (Recycling Centers)	RYC
Geri Kazanım Merkezleri (Recovery Centers)	RCC
Toplama/Denetim Merkezleri(Collection/Inspection Centers)	CIC

Yapılan bu sınıflandırma, lojistik ağ tasarımı problemlerinin genel öğelerini bize göstermektedir. Parçaların ne şekilde bir araya getirileceği ise tamamen işletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmektedir. Bu nedenle, yapılan çalışmalarda, bu parçaların çok farklı kombinasyonlarda bir araya getirilerek modellerin oluşturulduğu görülmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara yönelik bilgiler ikinci bölümde verilecektir.

1.2. Araç Rotalama Problemleri

Araç rotalama problemi, “bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araç filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan müşteriler kümesine, toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli rotaların belirlenmesi problemidir” (Çetin ve Gencer, 2010, 579).

Bu tanımlama çerçevesinde, bir araç rotalama probleminin ana amacının maliyeti minimize ederken modelin yapısındaki kısıtları da dikkate alarak müşteri memnuniyetini sağlamak olduğu söylenebilir.

Araç rotalama problemini oluşturan ana kavramları müşteriler, işletme birimi/birimleri, yol şebekesi, araçlar ve sürücüler olarak ifade etmek mümkündür. Bu kavramlar aşağıda kısaca açıklanmaktadır (Göksal, 2010, 4).

Yol Şebekesi: Müşteri ve işletme birimlerinin düğümlerle, bunlar arasındaki yolun ise ayrıtlarla temsil edildiği bir graftır. Şebekedeki her ayrıt bir maliyet ya da uzunlukla birlikte tanımlanır. Eğer yollar simetrikse, i noktasından j noktasına giden yol ile j 'den i 'ye giden yolun uzunluğu/maliyeti birbirine eşittir. Ancak yolların asimetrik olduğu şebekeler de söz konusudur.

Şebekedeki noktalar arası uzaklıkların belirlenmesi ile ilgili iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlardan ilki, noktalar arası uzaklığın öklit uzaklık yani doğrusal bir uzaklık olarak belirlenmesidir. Özellikle araç rotalama problemleri için geliştirilmiş olan paket programların çoğunda, gerek şebekenin oluşturulmasında gerekse problemin çözümünde büyük kolaylık sağlamasından dolayı tercih edilmektedir.

Uzaklıklarla ilgili ikinci yaklaşım ise gerçek uzaklık değerlerinin kullanılmasıdır. Bu yaklaşım, modelin gerçek hayattaki karşılığı açısından daha anlamlı olmakla birlikte uzaklıkların belirlenmesi ve modele aktarılması bir hayli zordur.

Müşteriler: Müşteriler, şebekede düğümlerde yer almaktadırlar. İhtiyacını karşılamak için her müşteriye araçlar tarafından en az bir kere uğranılır. Müşterinin talebi dağıtım, toplama ya da her ikisi birden olabilir. Taleplerine göre müşteriler dağıtım, toplama ya da hem dağıtım hem toplama müşterisi olmak üzere sınıflandırılır. Araç rotalama probleminin çözümünün uygun bir çözüm olarak kabul edilmesi için tüm müşterilerin ihtiyaçlarının karşılanması zorunludur. Ayrıca özelliklerine göre, her müşterinin yalnızca belirli bir zaman aralığında ziyaret edilmesi veya müşteriler arası önceliklerin sağlanması gibi başka kısıtlar da probleme eklenebilir.

İşletme Birimi: Hizmetin götürüldüğü işletmeye ait noktalardır ve şebekenin başlangıç düğüm/düğümüleri olarak gösterilebildikleri gibi ara düğümleri de oluşturabilirler. Araçlar işletme birimlerinden hareket ederek müşterilere uğrarlar. Depolar, dağıtım merkezleri ve bayi gibi üniteler gerçek hayattaki işletme birimleridir. Genellikle bir tane işletme birimi olmasına rağmen, birden fazla işletme biriminin olduğu problem türleri de mevcuttur. Bu problemler, çok depolu araç rotalama olarak adlandırılır. Çok depolu araç rotalamada birimlerin karşılayabileceği en büyük talep miktarı da bir kısıt olarak göz önüne alınabilmektedir. Genelde araçların rotalarını işletmede bitirmeleri kısıtı kullanılır. Ancak rotaların işletmede sonlanmadığı durumlar da söz konusu olabilmektedir.

Araçlar: Kullanılan araçların özelliklerine göre çok sayıda araç rotalama problemi türü bulunur. Tüm problemlerde, araçlara yüklenen ürün miktarının araç kapasitesini aşmaması yani kapasite kısıtı söz konusudur. Kapasite kısıtının yanı sıra araçların gidebileceği en uzun yol veya süre gibi kısıtlar da olabilir. Ayrıca, aracın tipi bazı sektörlerde özellikle önemli olup, aracın uğrayabileceği müşterileri belirlemektedir.

Örneğin, gıda sektöründe farklı koşullarda taşınması gereken mallar aynı araçla taşınmaz. Ancak, kullanılan araç farklı taşıma koşuluna sahip bölümlere ayrılabilirse bu ürünlerin bir arada taşınması mümkün hale gelir. Aynı şekilde, çift taraflı kapısı olan araçlarda aynı anda yükleme boşaltma işlemi yapılabilirken, tek kapılılarda bu mümkün olmamaktadır. Bazı problemlerde homojen, yani birbiriyle tamamen özdeş araçlardan oluşan bir araç filosuyla, bazı problemlerde ise heterojen bir araç filosuyla rotalama yapılmaktadır. Araç rotalama probleminde genellikle araç sayısı değişkendir ve araçların sabit maliyeti vardır. Bu problemlerde, gidilen mesafeden kaynaklanan maliyete araç sabit maliyetinin eklenmesiyle elde edilen toplam maliyet en küçüklenmeye çalışılır.

Sürücüler: Bazı araç rotalama problemi türlerinde sürücülere ait çalışma periyodu, fazla mesai, öğle arası gibi kısıtlar yer alabilir.

Araç rotalama problemleriyle ilgili bu kavramların probleme getirdiği kısıtları, aşağıda belirtilen üç ana grup içerisinde ifade etmek mümkündür (Düzakın ve Demircioğlu, 2009, 69).

Araçlarla ilgili kısıtlar

- Araç kapasite kısıtı (ağırlık veya hacim olarak)
- Toplam zaman kısıtı
- Sürücünün çalışma saatleri için yasal sınırlamalar

Müşteriler ile ilgili kısıtlar

- Her bir müşterinin bir tür ürün talep etmesi veya belirli çeşitte ürün dağıtılması; Lojistik firmaları buna örnek verilebilir.
- Dağıtımın yapılabilmesi için belirli zaman aralıklarının bulunması

Diğer kısıtlar

- Aynı araç ile aynı günde, aracın depoya dönerek tekrar yola çıkmasıyla, birden fazla tur yapılması
- Bir turun bir günden uzun olması
- Birden fazla depo olması

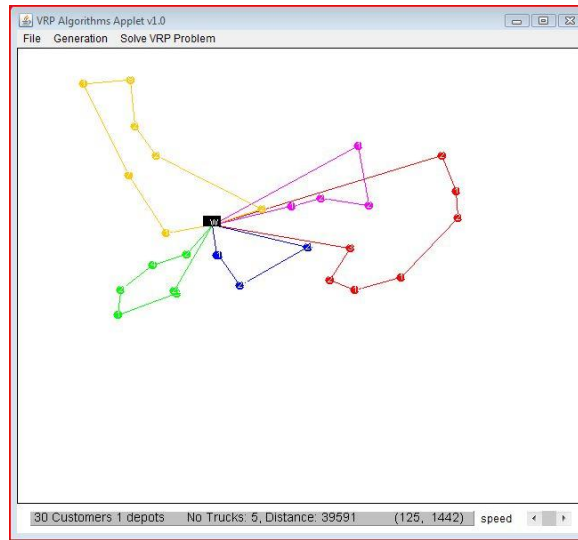
1.2.1. Araç Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılması

Pratikte farklı durumlar için geliştirilmiş çok sayıda araç rotalama problemleri ile karşılaşmaktadır. Bu problemlerde yer alan işletme birimlerinin, araçların, sürücülerin, yolların ve müşterilerin özelliklerine göre çeşitli araç rotalama problemleri ortaya çıkmakta ve farklı kriterler dikkate alınarak bu problemler sınıflandırılmaktadır. Örneğin; çevre durumuna göre deterministik ve stokastik, rotaların durumuna göre açık uçlu ve kapalı uçlu, yolların durumuna göre simetrik ve asimetrik araç rotalama problemlerinden bahsedilebilir (Göksal, 2010, 7).

Bu çalışmada, en genel sınıflandırma şekliyle kapasite kısıtlı, mesafe kısıtlı, zaman pencereci ve dağıt-topla araç rotalama problemleri ele alınmıştır.

1.2.1.1. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi, belirli bir yükleme kapasitesine sahip araçlarla lojistik ağ içerisinde bulunan bütün talep noktalarının ihtiyaçlarının karşılanmasını amaçlayan dağıtım veya toplama süreçlerinin planlanması problemidir.



Şekil 2: Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi örneği

Bu problem türünde talebin bölünebilirliği söz konusu değildir. Her talep noktasına bir aracın uğrayarak talebi karşılaması ve aracın yükünün bitmesi durumunda depoya veya üretim tesisine geri dönmesi gerekir. Buradaki her talep noktasının ihtiyacının tek bir araçla karşılanması pratikte işletmelerin de tercih ettikleri bir uygulamadır. Ayrıca birçok sektörde, ürünlerin fiziksel yapısı dolayısıyla talebin bölünmesi mümkün

değildir. Bu nedenlerle, yapılan teorik temelli çalışmalara bakıldığında da çoğu araç rotalama probleminde bu varsayımla hareket edildiği görülür.

Sadece dağıtımın söz konusu olduğu problemlerde kolaylıkla çözülebilen modeller, dağıtım ve toplama faaliyetlerinin eş zamanlı olarak ele alındığı ve toplanan ürünlerin dağıtılan ürünlerinden fazla olma olasılığının söz konusu olduğu durumlarda daha da karmaşık bir yapıya dönüşmektedir.

1.2.1.2. Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemi

Mesafe kısıtlı araç rotalama problemlerine bakıldığında ise araç rotalarının, araçların gidebileceği maksimum mesafe kısıtlaması ile oluşturulduğu bir problem yapısı söz konusudur. Bu tür bir kısıtlama, ürünlerin çabuk bozulabilir yapıda olduğu durumlarda söz konusu olabileceği gibi sürücülerin araç kullanım süreleri ile ilgili varsayımların dikkate alındığı problemlerde de kullanılabilir.

1.2.1.3. Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemi

Lojistik ağ içerisindeki talep noktalarının ihtiyaçlarının belirli bir zaman aralığında karşılanmasının gerektiği bir problem türüdür.

Her müşterinin hizmet görmesi gereken belli bir zaman aralığının $[a_i, b_i]$ olması, araçların müşteriye bu zaman aralıklarında ulaşmasını zorunlu hale getirmektedir. Burada yer alan $[a_i, b_i]$ ifadesine zaman penceresi denilmektedir (Göksal, 2010, 8).

1.2.1.4. Dağıt-Topla Araç Rotalama Problemi

Dağıt-topla araç rotalama probleminde talep noktalarının ihtiyacının karşılanması ile birlikte talep noktalarından depoya gönderilecek olan ürünlerin de taşınması durumu vardır. Lojistik ağ tasarımı problemlerinde bahsedilen bütünleşik yapıya benzer bir şekilde, tersine lojistik faaliyetleri de kapsayan bir durum söz konusu olabilir.

Dağıt-topla araç rotalama problemi en genel haliyle şu şekilde tanımlanabilir: $G(N,A)$ tam bağlı (bütün düğümler arasında doğrudan bir ayrıtın mevcut olduğu durum) bir ağ olsun. N düğüm kümesi ve A ise bu düğümler arasında tanımlanan ayrıt kümesidir. Düğüm kümesindeki ilk düğüm depoyu, diğer düğümler ise müşterileri temsil etmektedir. Bu ağda c_{ij} , (i,j) ayrıtının uzunluğunu (maliyetini) temsil etmektedir.

Taşımayı gerçekleştirecek araçlar depoda hazır olarak beklemektedir (Karaoğlan, 2009, 30).

Bu tanımlama çerçevesinde, dağıt-topla araç rotalama problemi aşağıdaki kısıtları sağlayan en küçük maliyetli rotaların bulunması problemi olarak ifade edilebilir.

1. Her müşteriye kesinlikle bir kez uğranmalı,
2. Bir rota depodan başlamalı ve tekrar depoda son bulmalı,
3. Rota üzerinde, aracın topladığı ve dağıtacağı yük miktarı toplamı araç kapasitesini geçememelidir.

Bu çalışmada geliştirilen model kapsamında ele alınan araç rotalama problemi bu sınıfta yer almaktadır.

Bu problem türünde, “önce dağıt sonra topla” ve “eşzamanlı dağıt-topla” olmak üzere iki farklı yaklaşım söz konusudur.

1.2.1.4.1. Önce Dağıt Sonra Topla

Bu yaklaşımda, öncelikli olarak talep noktalarının ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. İhtiyaçların karşılanmasının ardından geri götürülecek ürünlerin veya yükün toplanması süreci başlatılmaktadır. Tam bütünleşik bir süreç yoktur. İleriye doğru ve tersine rotalama süreci kısmen bağımsız olarak yürütölmektedir.

1.2.1.4.2. Eşzamanlı Dağıt-Topla

Eşzamanlı dağıt-topla yaklaşımında ise, talep noktalarının ihtiyacı karşılanırken aynı anda talep noktasından alınan ürünlerin veya yükün araca yüklenerek rotasına devam etmesi durumu vardır.

Ürünlerin veya yükün geri alınması noktasında iki durum söz konusudur. Bunlardan ilki, dağıtılan miktarın toplanan miktardan büyük olması durumudur. İkincisi ise, toplanan miktarın dağıtılan miktardan büyük olma olasılığının var olduğu durumdur. İlk durum ikinciye nazaran çözümü daha kolay bir yapıdadır. İkinci durumda ki, araç kapasitelerinin kontrol altında tutulması gerekliliği modellemeyi ve çözümü daha da karmaşık hale getirmektedir.

1.3. Bütünleşik Lojistik Ağ Tasarımı ve Araç Rotalama Problemleri

Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri, temelde iki farklı problemin eş zamanlı olarak modellenmesi ile oluşur. Bu problem, literatürde, “yer seçimi ve araç rotalama”, “bütünleşik yer seçimi ve araç rotalama”, “yer seçimi, tahsis ve rotalama problemleri” gibi farklı adlandırılmalarla tanımlanmıştır. Geniş kapsamlı bir lojistik ağın ele alındığı bu çalışmada ise “bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemi” şeklinde tanımlanmıştır. Bu çerçevede, aşağıda problemin tanımına ve özelliklerine ayrıntılı olarak değinilecektir.

1.3.1. Problemin Tanımı

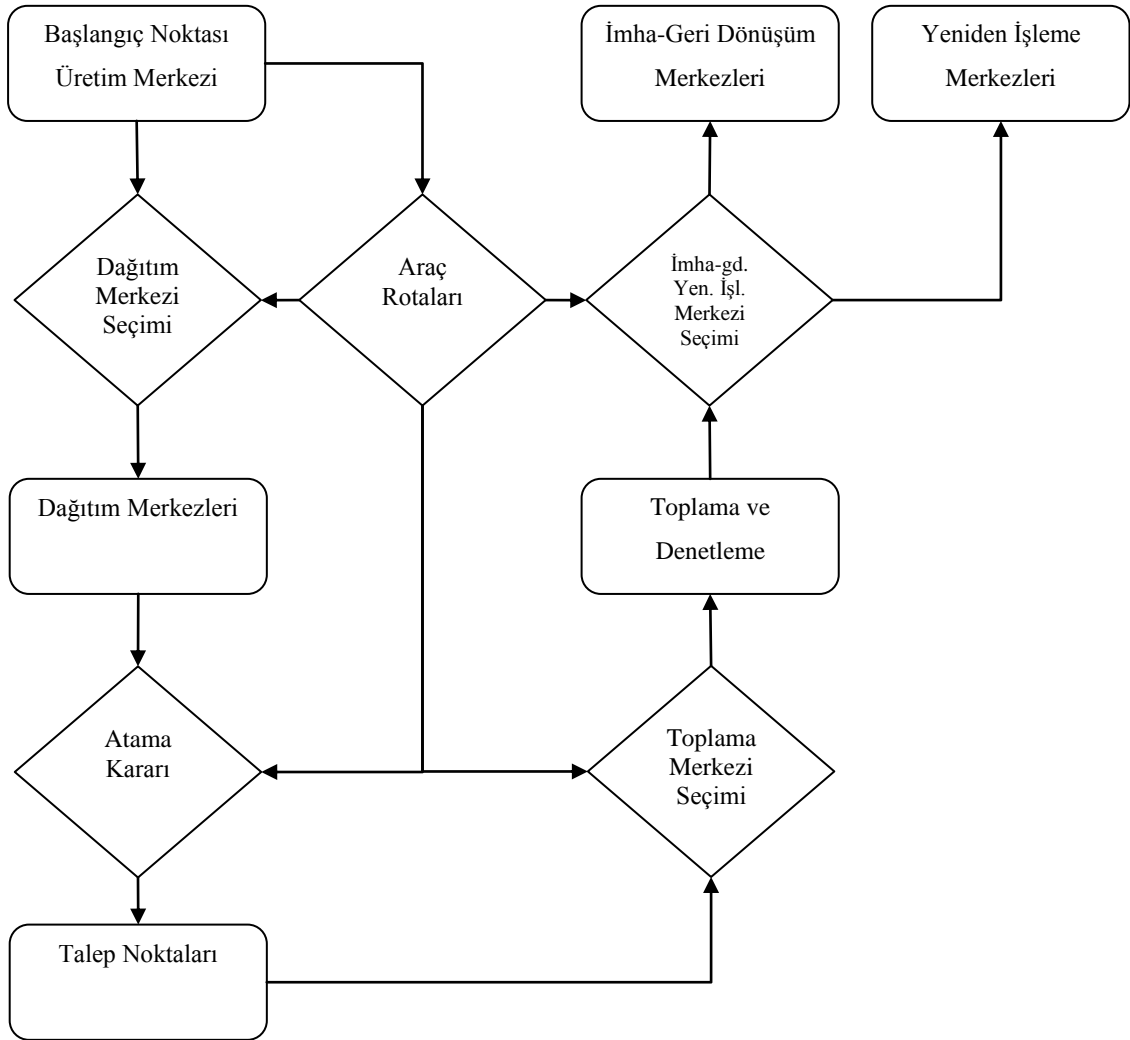
Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemi, eş zamanlı yer seçimi, atama ve rotalama fonksiyonlarını içerisinde bulunduran ve aşağıdaki karar süreçlerinin en küçük maliyet ile gerçekleştirilmesini amaçlayan önemli bir yöneylem problemidir. Bu problem genel itibari ile;

- Başta dağıtım ve toplama merkezleri olmak üzere üretim merkezleri, yeniden işleme merkezleri, geri dönüşüm merkezleri, imha merkezleri gibi ağ üyelerin nerelere konumlandırılacağı,
- Müşterilerin kurulan veya mevcut olan üretim, yeniden işleme, geri dönüşüm, imha, dağıtım veya toplama merkezlerinden hangisine atanacağı,
- Hangi araçların kullanılacağı,
- Oluşturulan lojistik ağ içerisinde müşterilere nasıl bir rota üzerinde hizmet verileceği şeklindeki karar süreçlerinden oluşur.

Problem için, genel olarak belirlenmiş olan varsayımların bazıları şu şekilde ifade edilebilir (Karaoğlan, 2009, 30);

1. Her müşteriye kesinlikle bir kez uğranmalı,
2. Bir araç sadece bir kez kullanılmalı,
3. Bir rota bir depodan başlamalı ve tekrar aynı depoda son bulmalı,
4. Rota üzerindeki herhangi bir hat üzerinde taşınan yük miktarı araç kapasitesini geçmemeli,

5. Dağıtım merkezine atanan müşterilerin talepleri toplamı dağıtım merkezi kapasitesini geçmemeli.



Şekil 3: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama

1.3.2. Problemin Matematiksel Yapısı ve Sınıflandırılması

Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri, ağın başlangıç noktasının/noktalarının sabit veya değişken olmasına ve dağıtılan yük ile toplanan yük arasındaki boyut ilişkisine bağlı olarak matematiksel açıdan farklı problemlere dönüşebilmektedir. Bu dönüşüm;

N_0 = başlangıç noktası,

N_c = müşteriler kümesi,

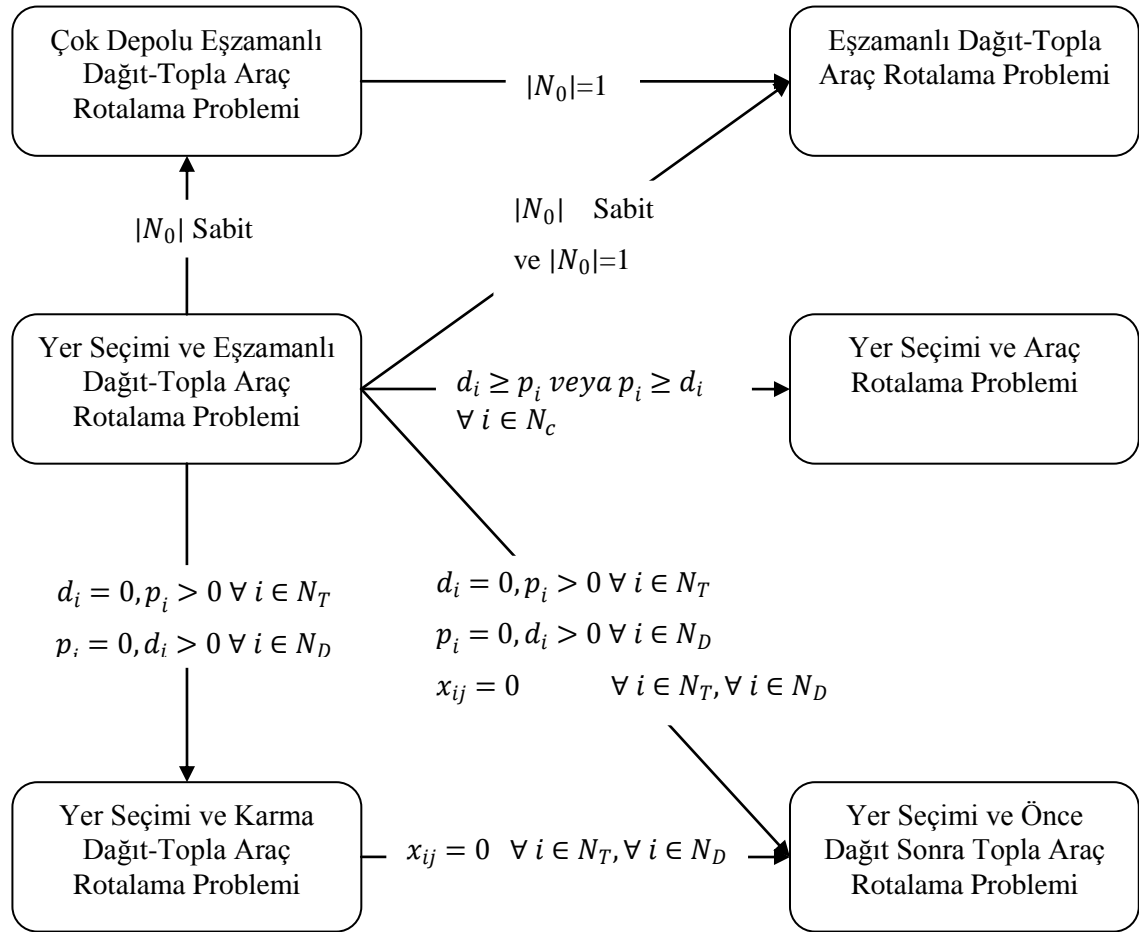
N = tüm düğümlerin kümesi,

N_T = toplama müşterileri

N_D = dağıtım müşterileri

d_i = i müşterisinin dağıtım talebi,

p_i = i müşterisinin toplama talebi olmak üzere şekil 4’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4: Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri varyasyonları

(Karaoğlan, 2009,59)

Bu dönüşümlerden kast edilen, ele alınan problemin sonuç olarak bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemi olmasına karşın model olarak farklı bir problemin çözüm yönteminin kullanılabilir olmasıdır.

Örneğin, daha öncede bahsetmiş olduğumuz eş zamanlı olarak dağıtımın ve toplamının yapıldığı bir süreçte, toplanan yükün dağıtılan yükten sürekli olarak küçük olacak olması durumunda problem yer seçimi ve klasik araç rotalama problemi olarak tanımlanırken, aksi durumda ise yer seçimi ve eşzamanlı dağıt-topla araç rotalama

problemi olarak ifade edilmektedir. Problemin çözümündeki bu farklılaşmalar, bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin matematiksel olarak zorluk derecesini de etkilemektedir.

Dağıtım problemlerinin, anlatım açısından kolay olmasına karşın matematiksel formülasyon ve çözüm aşamaları bakımından oldukça karmaşık bir yapıda olduğu söylenebilir. Klasik gezgin satıcı problemleri ve araç rotalama problemleri için matematiksel formül oluşturmak göreceli olarak kolay olsa da, bilgisayar yardımı ile gerçekleştirilen bir problemin çözüm süreci çok karmaşık ve uzundur. Gezgin satıcı ve araç rotalama gibi ilişkisel optimizasyon problemlerinde kesin çözüm yöntemlerinin büyüklüğü, problemin büyüklüğünün üsteli şeklinde artar. Bu yüzden gezgin satıcı ve araç rotalama problemleri NP-zor (NP-hard: deterministik olmayan üstel problemler) sınıfına girmektedir. Mevcut bilgiler doğrultusunda NP-zor problemleri, optimal çözüme ulaştıracak bir algoritma yoktur. Bu yüzden araştırmacılar araştırmalarını iki başlık altında yoğunlaştırmışlardır. Bunlar: (Demircioğlu, 2009, 51)

- Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ışığında, bilgisayarın çözebileceği mümkün olan en büyük boyuttaki problemler için, kesin çözüm algoritmasının geliştirilmesi,
- Optimum sonuca yakın ve çok hızlı sürede sonuç veren sezgisel yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte kesin çözüm yöntemleri ile çözülebilen problem boyutları artarken, büyük ölçekli problemlerin çözümünde sezgisel yaklaşımlar tercih edilmektedir.

Kesin çözüm yöntemleri temelde gezgin satıcı problemi yaklaşımı üzerine geliştirilmiştir (Demircioğlu, 2009, 70). Tam sayılı programlama, dinamik programlama yaklaşımları kesin çözüm sınıfı içerisinde yer alan başlıca çözüm yöntemleridir.

Bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri kapsamına girebilecek çok farklı modeller üretebilmek mümkündür.

Problemin matematiksel yapısından bahsedilirken belirtilmesi gereken bir husus da, üretilen modellerin çözümü aşamasında, düğüm tabanlı ve akış tabanlı olmak üzere geliştirilmiş iki farklı yaklaşımın var olduğudur.

Genellikle 0-1 karma tamsayı programla ile ifade edilen bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinde, matematiksel model çözücülerinin performansını etkileyen önemli faktörlerden birisi 0-1 karar değişkeni sayısıdır. Modellerin çözümü için kullanılan karar ağacının boyutu 0-1 karar değişkeni sayısına bağlı olarak üstel hızda artmaktadır. Buna ek olarak, matematiksel model çözücülerinin hafıza ihtiyacı karar değişkenleri ve kısıtlardan oluşan matrisin boyutuna bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, iki indisli karar değişkeni kullanan matematiksel modellerin üç indisli karar değişkeni kullanan matematiksel modellere göre hem çözüm süresi hem de doğrusal gevşetme değerleri açısından daha iyi bir performansa sahip olması beklenmektedir (Karaoğlan, 2009, 17).

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleriyle alakalı olarak gerçekleştirilmiş çalışmalara değinilmiş ve genel bir literatür değerlendirmesi yapılmıştır.

Yapılan literatür taraması sonucu çok sayıda yerli ve yabancı kaynağa ulaşılarak lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleriyle ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Konuyla ilgili literatürün çok zengin olması dolayısıyla, ilişkili bütün eserlere bu çalışma kapsamı içerisinde değinmek mümkün değildir.

Araç rotalama problemlerinin çok temel bir çalışma alanı olması sebebiyle, bu bölümde ağırlıklı olarak lojistik ağ tasarımı ile bütünleşik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca, konuyla çok yakından ilişkili ve lojistik ağ tasarımı problemlerine benzer olan tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerini içeren çalışmalar da incelenmiştir. Çünkü lojistik ağ tasarımı ile tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerinin arasında fazla bir fark yoktur. Literatürde tedarik zinciri ve lojistik kavramlarının bazı çalışmalarda eş anlamlı olarak kullanıldığı görülse de, çoğunlukla tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerinde, lojistik ağ tasarımı problemlerinden farklı olarak, üretim aşamasından önceki tedarik süreçlerini de içerisine alan daha kapsamlı bir problem yapısının söz konusu olduğu kabul edilmektedir.

İncelenen kaynakların bazılarının tamamında bazılarının ise başlangıç kısımlarında konuya ilişkin daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi ve sınıflandırılarak sıralanmış olması, literatür incelemesi sürecinde hem ilgili kaynaklara daha hızlı ulaşılması hem de yapılan sınıflandırmaların konuya ilişkin öngörü kazandırması açısından büyük kolaylıklar sağlamıştır.

2.1. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Çalışmanın literatür taraması aşamasında incelenen en temel kaynaklar aşağıda kronolojik olarak sıralanmıştır.

Beamon (1998), tedarik zinciri ağlarının tasarımı ve analizi konusunda yapmış olduğu çalışmada, probleme ilişkin modellerin ve yöntemlerin incelendiği kapsamlı bir literatür araştırması ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışmada, bulunduğu yıla kadar olan çalışmaları inceleyerek tablo 3’de gösterildiği gibi bir sınıflandırma yapmıştır.

Tablo 3: Tedarik zinciri modelleri (Beamon, 1998, 15)

	Model Tipleri				Performans Ölçüleri			Karar değişkenleri								
	Deterministik Analitik	Stokastik Analitik	Ekonomik	Simülasyon	Maliyet	Müşteri Tepkisi/Geri Bildirimi	Faaliyet zamanı	Esneklik	Üretim/Dağıtım Çözelleme	Envanter Seviyeleri/ Sipariş (toplu) miktarı	Aşama sayısı	Müşteri Atama/Lokasyon	Tesis-Ürün Atama	Satıcı-tedarikçi ilişkileri	Ürün Farklaştırma Adımı Özellikleri	Envanterde Tutulan Ürün Çeşidi Sayısı
Altiok ve Ranjan (1995)		X			X	X				X	X					
Arntzen, vd. (1995)	X				X		X		X	X		X	X			
Camm, vd. (1997)	X				X							X				
Christy ve Grout (1994)			X		X	X								X		
Cohen ve Lee (1988)		X			X					X						
Cohen ve Lee (1989)	X				X				X	X						
Cohen ve Moon (1990)	X				X				X							
Ishii, vd. (1988)	X				X	X			X	X						
Lee ve Billington (1993)		X				X				X						
Lee ve Feitzinger (1995)		X			X										X	
Lee, vd. (1993)		X			X	X				X						
Lee, vd. (1997)		X			X					X						

Pyke ve Cohen (1993)		X			X				X					
Pyke ve Cohen (1994)		X			X				X					
Newhart, vd. (1993)	X				X	X			X					X
Svoronos ve Zipkin (1991)		X			X	X			X					
Towill (1991)				X	X	X			X	X				
Towill, vd. (1992)				X	X	X			X	X				
Towill ve Del Vecchio (1994)	X					X			X					
Tzafestas ve Kapsiotis (1994)	X				X				X					
Voudouris (1996)	X							X	X	X				
Williams (1981)	X				X				X					
Williams (1983)	X				X				X					
Wikner, vd. (1991)				X	X	X			X	X				

Syarif, Yun, Gen (2002), tasarım hedefi olarak fabrikaların ve dağıtım merkezlerinin seçimini içeren bir lojistik ağ tasarımı problemini ele almışlardır. 0-1 karma tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak formüle ettikleri probleme genetik algoritma yaklaşımıyla çözüm aramışlar ve elde ettikleri çözümleri geleneksel matris temelli genetik algoritmalar ve LINDO paket programı ile elde edilen çözümlerle karşılaştırmışlardır.

Yan, Yu, Cheng (2003), malzeme listelerini dikkate alan bir tedarik zinciri tasarımı için mantıksal kısıtlamalar altında stratejik bir üretim dağıtım modeli önermişlerdir. Malzeme listeleri ile tedarikçi, üretici ve dağıtım merkezi gibi tedarik zincirinin ana öğeleri arasındaki ilişkileri temsil etmek için kullanılan bu mantıksal kısıtlamalar, karma tamsayılı programlama ile ifade edilmiştir. Böylelikle, tedarik zincirinin stratejik tasarımındaki tedarikçi seçimi sürecinde malzeme listelerinin rolü ve etkisi ortaya konulmuştur.

Chang, Chen, Hsueh (2003), eşzamanlı olarak dağıtım ve toplama süreçlerinin bulunduğu, zaman penceresi içerisinde değerlendirilen gerçek zamanlı bir araç rotalama problemi üzerinde durmuşlardır. Bu problemi, döngüsel bir zaman dilimi içerisinde tekrarlanan karma tamsayılı programlama ile formülize etmişlerdir. Dağıtım ve toplama taleplerinin, kapasite kısıtı olan ve başlangıç yükleme limitine sahip araçlar tarafından

gerçekleştirildiği bu modelde, oluşan her rotada dağıtımdan sonra toplamanın yapılması zorunluluğu getirilmemiştir. Problemin çözüm sürecinde ise rota kısıtları için tabu arama ve taguchi dikey diziler yaklaşımlarından faydalanılmıştır.

Güler, Chousein, Sitti vd. (2004), gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firma için yaptıkları bu çalışmada, fabrikalardan distribütörlere olan dağıtımın zamanında ve eksiksiz yapılmasıyla hizmet düzeyinin artırılmasını ve bunun mümkün olan en düşük maliyet ile gerçekleştirilmesini amaçlamışlardır. Burada lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemleri ayrı olarak ele alınarak uygulamanın gerçekleştirildiği işletme için çözümler sunulmuştur. Öncelikle, lojistik ağının yeniden tasarımına yönelik matematiksel bir model geliştirilerek mevcut tedarik zincirinin etkinliği ve verimliliği artırılmaya çalışılmıştır. Sonrasında ise oluşturulan lojistik ağ için bir araç rotalama sistemi geliştirilmiştir.

Paksoy (2005), tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu problemini inceleyerek, malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik üretim-dağıtım problemi için çok aşamalı karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmiştir.

Zuluaga (2005), tersine lojistik üzerine yapmış olduğu detaylı bir çalışma ile konuya ilişkin modellerden ve tersine lojistiğin yayın sektöründeki uygulamalarından bahsetmiştir.

Altıparmak, Gen, Lin vd. (2006), tedarik zinciri ağlarının çok amaçlı optimizasyonunu genetik algoritma yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir.

Gerdan (2007), çalışmasında, müşteriler arası malzeme akışının söz konusu olduğu eşzamanlı dağıt-topla araç rotalama problemini incelemiştir. Problem genel olarak, malzemelerin depodan talep eden müşterilere taşınması ve aynı zamanda depoya veya diğer müşterilere gidecek malzemelerin toplanması olarak tanımlanmıştır. En kısa araç rotalarının bulunmasını amaçlayan problem için sezgisel bir algoritma geliştirilmiş ve türetilen 60 test örneği için MATLAB programında çözüm aranmıştır.

Özgün (2007), yeniden imalat sistemleri için, ileri ve geri akışı optimize etmek üzere, çok ürünlü ve çok aşamalı bütünleşik lojistik ağ tasarımı için bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir. Geliştirilen modelin çalışabilirliğini örnek bir problem üzerinde test etmiştir.

Demirel ve Gökçen (2008), yapmış oldukları çalışmada, tersine lojistik ağları konusunda ayrıntılı bir literatür araştırması sunmuşlardır. Araştırmalarında, konuya ilişkin çalışmalar incelenmiş, sınıflandırılmış ve geliştirilen modellerin temel özellikleri analiz edilmiştir. Çalışma içerisinde, tersine lojistik ile ilgili bütünleşik veya bağımsız olarak yapılan çalışmalar tablo 4'deki gibi listelenmiştir.

Tablo 4: Tersine lojistik ağı tasarımı ve modellenmesi konusunu işleyen çalışmalar
(Demirel ve Gökçen, 2008, 907)

No	Yazarlar		Amaç Fonksiyonu	Örnek Olay	Geri Kazanım Opsiyonu	Model	Çözüm Yöntemi
1	Kroon ve Vrijens, 1995	BÜTÜNLEŞİK	Maliyet Minimizasyonu	Var	Yeniden kullanım	MILP	Optimal
2	Berger ve Debaillie, 1997			Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
3	Thierry vd., 1997			Var	Yeniden İmalat	LP	Optimal
4	Fleischman, 2001			Yok	Genel ağ tasarımı	MILP	Optimal
5	Fleischmann vd., 2001			Yok	Genel ağ tasarımı	MILP	Optimal
6	Benita ve Beamon, 2004			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
7	Lu vd., 2004			Yok	Yeniden Kullanım	MILP	Sezgisel
8	Lee ve Dong, 2006			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
9	Salema vd., 2006			Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
10	Choinard vd., 2007			Yok	Tamir etme/Ürün yenileme/Geri dönüşüm	MILP	Optimal
11	Ko ve Evans, 2007			Yok	Genel Ağ tasarımı	MINLP	Sezgisel
12	Lu ve Bostel, 2007			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
13	Min ve Ko, 2007			Yok	Tamir etme	MILP	Sezgisel
14	Salema vd., 2007			Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
15	Demirel ve Gökçen, 2008			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
16	Du ve Evans, 2008		Maliyet ve çevrim zamanı gecikmeleri minimizasyonu	Yok	Tamir etme	Çok Amaçlı MIP	Sezgisel

17	Fandel ve Stammen, 2003		Kâr Maksimizasyonu	Yok	Geri Dönüşüm	MILP	-
18	Listeş, 2007			Var	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
1	Wang vd., 1995	BAĞIMSIZ	Maliyet minimizasyonu	Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
2	Spengler vd., 1997			Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
3	Barros vd., 1998			Var	Geri dönüşüm	MILP	Sezgisel
4	Jayaraman vd., 1999			Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
5	Krikke vd. 1999			Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
6	Louwers vd., 1999			Var	Geri dönüşüm	NLP	Optimal
7	Jayaraman vd., 2003			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
8	Pochampally ve Gupta, 2003			Yok	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
9	Schultmann vd., 2003			Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
10	Min vd., 2006			Yok	Tamir etme	MINLP	Sezgisel
11	Tang ve Xie, 2007			Yok	Tamir Etme	MINLP	Sezgisel
12	Ammons vd., 1997			Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
13	Shih, 2001			Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
14	Listeş ve Dekker, 2005			Var	Geri Dönüşüm	MILP	Optimal
15	Assavapoke vd., 2006			Var	Tamir etme/Geri dönüşüm	MILP	Optimal
16	Xanthopoulos ve Iakovou, 2006			Yok	Genel ağ tasarımı	MILP	Optimal
17	Lieckens ve Vandaele, 2007			Yok	Genel ağ tasarımı	MINLP	Sezgisel
18	Aras ve Aksen, 2008			Yok	Genel ağ tasarımı	MINLP	Sezgisel
19	Srivastava, 2008			Var	Yeniden imalat/tamir etme	MILP	Optimal
20	Kusumastuti vd., 2004		Kâr Maksimizasyonu, Enerji tüketimi ve CO ₂ emisyonunun minimizasyonu	Yok	Ürün yenileme	Çok Amaçlı MIP	Sezgisel/Simulasyon

21	Pati vd., 2008	Maliyet ve uygunsuz atık kâğıt miktarının minimizasyonu, geri kazanılan atık kâğıtların maksimizasyonu	Var	Geri dönüşüm	Çok Amaçlı MIP (Amaç Prog.)	Optimal
----	----------------	--	-----	--------------	-----------------------------	---------

Keçeci (2008), önce dağıt sonra topla araç rotalama problemi için polinom büyüklükte iki tam sayılı karar modeli sunmuş ve hem kaynaklarda yer alan test problemlerinin hem de rassal olarak üretilen problemlerin her iki modelle çözümünü gerçekleştirmiştir.

Özger (2008), havayolu kargo taşımacılığında ve dağıt-topla ağ yapısı içerisinde ana dağıtım üssü yerlerinin belirlenmesi problemi için karma tamsayı doğrusal olmayan programlama ile modeller geliştirmiştir. Geliştirilen bu modeller GAMS programı içerisinde farklı çözümler kullanılarak çözülmüştür.

Dursun (2009), zaman pencereli araç rotalama problemlerinin genetik algoritma ile çözümü üzerinde durmuş ve bu problemi ele alan diğer çalışmalarla karşılaştırılabilir bir model ortaya koymaya çalışmıştır.

Düzakın ve Demircioğlu (2009), araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri başlığı altında yapmış oldukları çalışmada, ilk olarak araç rotalama problemleri ile ilgili genel tanımlamalara ve bu problemlerin uygulama alanlarına değinmişlerdir. Sonrasında ise, araç rotalama problemlerinin kesin ve sezgisel çözüm yöntemleriyle çözümlenmesine ilişkin temel bilgiler vermişlerdir.

Ho ve Emrouznejad (2009), çok kriterli karar verme yaklaşımı ile bütünleşik olarak kullanılan modern lojistik dağıtım ağ tasarımında, SAS/OR yazılımları içerisindeki optimizasyon süreçlerinin nasıl kullanıldığını araştırmışlardır. Araştırmalarında, geleneksel optimizasyon tekniklerinin aksine, niceliksel ve niteliksel faktörleri dikkate alan analitik hiyerarşi sürecini ve hedef programlamayı birlikte kullanmışlardır. Burada analitik hiyerarşi süreci, dağıtıcı odaklı ve müşteri odaklı kriterler bakımından, alternatif depoların göreceli olarak önem ağırlıklarının veya önceliklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Karaoğlan (2009), yapmış olduğu çalışma kapsamında, klasik yer seçimi ve araç rotalama probleminin daha genel bir hali olarak düşünülen, hem depodan müşterilere hem de müşterilerden depolara taşımacılığın söz konusu olduğu yer seçimi ve eşzamanlı dağıt-topla araç rotalama problemini (YS_ETDARP) ilk kez incelemiş ve etkin bir zm yöntemi geliştirmiştir. Bu problem, dağıtım maliyetini minimize etmek amacıyla, tesislerin yer seçiminin yapıldığı, müşterilerin toplama ve dağıtım taleplerinin aynı araçla ve aynı anda gerçekleştirildiği bir problem şeklinde tanımlanmıştır. Tanımlanan problemin zm için iki matematiksel model, bir alt sınır elde etme yaklaşımı ve bu yaklaşıma dayalı olarak en iyi zm veren iki kesin algoritma önerilmiştir. Elde edilen üzümlerle, literatürdeki test problemleri mukayese edilerek deneysel bir çalışma yapılmış, küçük ve orta ölçekli problemlerde en iyi zmm makul srelerde elde edildiği gözlemlenmiştir. Büyük problemlerde ise en iyi zme oldukça yakın üzümlere ulaşılmıştır.

Lin, Gen, Wang (2009), doğrudan dağıtımın ve teslimin söz konusu olduğu bütünleşik çok aşamalı lojistik ağ tasarımı probleminin melez evrimsel bir algoritma ile üzümünü incelemişlerdir.

Demircioğlu (2009), bir dağıtım firmasının araç rotalama problemi için, sezgisel yöntemlerden biri olan tasarruf yöntemi ile zm geliştirmiştir.

Qin, Shi, Miao vd. (2009), talebin stokastik yapıda olduğu ve stok kontrolünün de dikkate alındığı, çok rnl bir lojistik ağ tasarımı için optimal bir model ve algoritma sunmuşlardır. Lokasyon, taşıma ve stok maliyetlerini minimize etmeye çalışan modelde, doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama ve benzetimli tavlama yöntemi birlikte kullanılmıştır.

Pishvae, Jolai, Razmi (2009), belirsizlik altındaki bütünleşik bir lojistik ağ tasarımı için stokastik programlama modeli geliştirmişlerdir. İlk olarak, ileriye doğru ve tersine lojistik ağ tasarımlarını ayrı olarak ele alınmıştır. Bu sayede, ortaya çıkacak alt-optimaliteyi önleyecek bütünleşik bir lojistik ağ tasarımı için, etkin ve deterministik karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Sonrasında ise, modelin stokastik karşılığı, senaryo tabanlı stokastik yaklaşım kullanılarak geliştirilmiştir.

Qin ve Ji (2010), çalışmalarında, tersine lojistik faaliyetleri içerisindeki en önemli alanlardan biri olan ürünlerin geri kazanımı problemlerinin bulanık ortamlardaki

durumu üzerinde durmuşlardır. Ürünlerin geri kazanım süreçlerinin tasarımı için bulanık programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Bu kapsamda, farklı kriterleri temel alan üç model önermişlerdir. Önerilen modellerin çözümü için bulanık simülasyon ve genetik algoritma yöntemlerinin birlikte kullanıldığı melez bir sezgisel yaklaşım tasarlamışlardır.

Göksal (2010), eşzamanlı dağıt-topla araç rotalama problemi üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada, kuş sürüsü eniyileme, genetik algoritma ve değişken komşu iniş yöntemlerini temel alan iki melez sezgisel algoritma geliştirmiştir. Bu melez algoritmalarda, genetik algoritma ve kuş sürüsü eniyileme yöntemleri çözüm uzayında araştırma yapmak, değişken komşu iniş yöntemi ise arama sırasında bulunan bir ya da birkaç çözüm etrafında derinlemesine aramayı gerçekleştirmek amacıyla kullanılmıştır. Geliştirilen bu algoritmalar 76 test problemi üzerinde denenerek literatürde yer alan diğer çözümler ile karşılaştırılmıştır.

Özceylan (2010), tedarik zinciri yönetiminde ağ tasarımı problemini incelemiş ve ağırlık olarak model tasarımı konularına değinmiştir. Verimlilik artışı, kar iyileştirilmesi ve maliyetlerin kontrol edilebilir hale getirilmesi gibi amaçlar doğrultusunda, tedarik zinciri üzerindeki genel ve özel kısıtlar dikkate alınarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Her bir model, varsayımsal veriler doğrultusunda, sayısal örneklerle test edilip yorumlanmıştır.

Şengül (2010), tersine lojistik ağ tasarımı problemi için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli önermiştir. Ambalaj atıklarının geri dönüşümü için geliştirilen bu model, altı farklı senaryo için LINGO optimizasyon programıyla çözülmüştür. Her bir senaryoda, toplama-ayırma ve geri dönüşüm tesisleri için optimum kapasite ve konumlar belirlenmiştir.

Pishvae, Farahani, Dullaert (2010), lojistik ağ tasarımı problemini bütünlük olarak ele almışlar ve memetik algoritma temelli sezgisel bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, konu ile ilgili, 1998 yılından sonra yapılan çalışmalar tablo 5'deki şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 5: Lojistik ağ tasarımı ile ilgili çalışmaların sınıflandırılması (Pishvae; Farahani; Dullaert, 2010, 1102)

	Referans makaleler	Lojistik Ağ Aşamaları	Problem tanımı	Modelleme	Çıktılar	Hedefler	Çözüm metodu
İleriye Doğru Lojistik	Sabri ve Beamon	SC, PC*, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C, Ro	Exact (small sizes)
	Jayaraman ve Pirkul	SC, PC*, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C	LR-based heuristic
	Dasci ve Verter	PC*	UC, D, UCF, SP, En, SPr	CA	L, SR	C	Exact (continuous)
	Syarif vd.	SC, PC*, DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	GA
	Jayaraman ve Ross	PC, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C	SA
	Sung ve Song	PC, DisC*	UC, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, NV	C	TS-based heuristic
	Miranda ve Garrido	PC, DisC*	Ca, S, UCF, SP, En, MPr	MINLP	L	C	LR-based heuristic
	Yeh	SC, PC*,DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	hybrid heuristic
	Melachrinoudis vd.	PC, DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C, Res	Exact (small sizes)
	Amiri	PC*, DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, FC, TA	C	LR-based heuristic
	Gen vd.	PC, DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	GA
	Altıparmak vd.	SC, PC*,DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MINLP	L, TA	C, Res	GA
	Meepetchdee ve Shah	PC, DisC*	UC, D, UCF, SP, Ex, SPr	MILP	L, TA	C, Ro	Exact (small sizes)
	Tsiakis ve Papageorgiou	PC*,DisC*	Ca, D, CF, MP, En, SPr	MILP	L, FC, TA	C	Exact (small sizes)
Tersine Lojistik	Marín ve Pelegrin	PC*	UC, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	Lagrangian decomposition
	Jayaraman vd.	CIC, RCC*, RDisC*	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C	Exact (small sizes)
	Krikke vd.	CIC, RCC*, RDisC	UC, D, UCF, SP, Ex, SPr	MILP	L, TA, I	C	Exact (small sizes)
	Jayaraman vd.	CIC*, RCC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	Heuristic
	Listes ve Dekker	CIC*, RYC*	Ca, S, UCF, MP, En, SPr	SMIP	L, TA	C	Exact (small sizes)
	Min vd.	CIC*, RCC	UC, D, UCF, SP, En, MPr	MILP	L, TA	C	GA
	Üster vd.	CIC*, RCC*, PC, DisC	UC, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C	Benders decomposition
	Demirel ve Gökçen	CIC*, RCC, PC, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, TA	C	Exact
	Aras vd.	CIC*	UC, D, UCF, MP, Ex, SPr	MINLP	L, TA, NV,	C	TS-based heuristic
	Du ve Evans	RCC*, PC, DisC	Ca, D, UCF, MP, En, SPr	MILP	L, FC, TA	C, Res	Hybrid SS
Bütünleşik Lojistik	Fleischmann vd.	CIC*, RCC*, PC*, DisC*	UC, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA, DS	C	Exact (small sizes)
	Lu ve Bostel	CIC*, RCC*, DC, PC*, DisC*	UC, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA	C	LR-based heuristic
	Salema vd..	CIC*, RCC*, PC*, DisC*	Ca, D, UCF, SP, En, SPr	MILP	L, TA, DS	C	Exact (small sizes)
	Ko ve Evans	RCC, PC, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, MPr	MINLP	L, TA	C	GA-based heuristic
	Salema vd..	CIC*, RCC*, PC*, DisC*	Ca, S, UCF, MP, En, SPr	SMIP	L, TA, DS	C	Exact (small sizes)
	Min ve Ko	CIC*, RCC, PC, DisC*	Ca, D, UCF, MP, En, MPr	MINLP	L, TA	C	GA
	Lee ve Dong	CIC*, RCC, PC, DisC*	Ca, D, CF, SP, Ex, SPr	MILP	L, TA	C	TS-based heuristic

*Ağda yerleştirilecek olan tesisler

Aras, Aksen, Tekin (2011), tarafından geliştirilen modelde, bayilerde bulunan ürünlerin belirli bir fiyatlandırma ile toplanması ve toplama merkezlerine götürülmesi süreci ele alınmıştır. Bu süreçlerde alınması gereken kararlar, bayilerden toplanan ürünlerin hangi toplama merkezine götürüleceği ve bu taşımanın hangi rotalarla gerçekleştirileceği şeklinde belirlenmiştir. Küçük ölçekli problemlerin çözümü için karma tamsayılı doğrusal programlama diğer problemler için tabu arama sezgiseli geliştirilmiştir.

Alaykiran (2011), yapmış olduğu çalışma kapsamında, çok ürünlü ve tersine bir lojistik ağ tasarımı problemini incelemiştir. Tanımlanan problem içerisinde, ürünler için birden fazla parçalama yönteminin yer alması, çok sayıda geri dönüşüme uygun malzeme tipinin bulunabilmesi ve her ürünün, yeniden üretime uygun birden fazla parçasının belirlenebilmesi durumları varsayılmıştır. Bu varsayımlar, söz konusu çalışmayı, konuyla ilgili diğer çalışmalardan ayıran en önemli farklılık olarak ortaya konulmuştur. Geliştirilen modelin çözümü için ise, tavlama benzetimi yaklaşımını esas alan bir yöntem kullanılmıştır.

Bağcı (2011), belirsiz talep ve geri dönüşlerin olduğu, genel bir kapalı döngü tedarik zinciri içerisinde, sökme, yenileme ve yeniden işleme operasyonlarının planlanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında sökme ve yenileme sahalarının sayısı gibi stratejik kararların belirlendiği, ikinci aşamasında ise belirlenen sahalardaki operasyona yönelik kararların alındığı, iki aşamalı bir karma tamsayılı programlama modeli önerilmiştir.

Demirel, Gökçen, Akçayol vd. (2011), çalışmalarında, bütünleşik bir lojistik ağ tasarımı için kapasite kısıtlı, çok aşamalı ve çok ürünlü bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Problem genel olarak, ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetlerde yer alan tesislerin sayılarının ve yerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanmıştır. Müşteri taleplerinin minimum maliyetle karşılanacağı bir lojistik ağın tasarlanması amaçlanmıştır. Modelin karmaşık yapısından dolayı, sezgisel yöntem ile doğrusal programlamayı birlikte kullanan genetik algoritma tabanlı melez bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Üretilen farklı boyuttaki test problemleri için GAMS-CPLEX çözümleri ile geliştirilen çözüm yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Peng, Snyder, Lim vd. (2011), stratejik bir tedarik zinciri yönetimi problemi olan ve normal şartlar altında mümkün olan en güvenli ağların tasarlanmasını amaçlayan bir

lojistik ağ tasarımı problemi üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, hiçbir aksamının olmadığı durumlardaki maliyeti minimize edecek karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişler ve çözüm için genetik algoritma, yerel arama ve en kısa artırıcı yol metotlarını temel alan melez bir meta-sezgisel algoritma önermişlerdir.

Deniş (2012), Denizli ili kapsamında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, ömrünü tamlamış lastiklerin geri kazanımı için, tersine lojistik faaliyetleri içeren bir ağ tasarımı problemi üzerinde durmuştur. Problem, karma tamsayılı doğrusal programlama ile modellenmiş ve LINGO optimizasyon programı kullanılarak, uygun çözümler elde edilmiştir.

2.2. Literatür Değerlendirmesi

Son dönemde, lojistiğin öneminin artmasıyla birlikte, bu alanda yapılan çalışmaların sayısında ciddi bir artış vardır ve özellikle uygulamaya yönelik çalışmalar üzerinde yoğun bir şekilde durulmaktadır.

Konuyla ilgili yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında, iki problemin bütünleşik olarak ele alındığı çalışmaların sayısı, problemlerin ayrı olarak değerlendirildiği çalışmaların sayısına oranla oldukça düşüktür.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, lojistik ağ tasarımı problemlerinin çok farklı unsurları içeren yaklaşımlarla ve modellerle ifade edildiği görülmüştür. Genel olarak oluşturulmuş modellerin bulunmasına karşın, daha çok, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik olan, özgün modeller geliştirilmiştir. Bunun sebebi olarak, lojistik problemlerinin, her işletmenin sahip olduğu imkânlar ve ihtiyaçları çerçevesinde farklı bir yapıya bürünmesi ve farklı karar süreçlerine ihtiyaç duyması gösterilebilir.

Ağ tasarımı problemlerinin yapısındaki bu değişkenlik, problemlerin isimlendirilmesinde bir karmaşıklığa ve farklılığa neden olmaktadır. Özellikle tedarik zinciri ve lojistik kavramları karıştırılmaktadır. Bu kavramlar, bazı yerlerde aynı tür problemleri tanımlamak için kullanılırken bazı çalışmalarda ise, lojistik ağ tasarımı problemlerini de içine alan, daha kapsamlı bir problem yapısı için tedarik zinciri ağ tasarımı tanımlaması yapılmaktadır. Buna ek olarak, karşılaşılan diğer bir tanımsal farklılaşma ise, problemlerin içerdikleri kısıtlamalar ve varsayımlarla

isimlendirilmeleridir. Bu nedenle temelde aynı olan problemler farklı bir problemmiş gibi algılanabilmektedir.

İncelenen çalışmaları, problemlerin modellenmesi süreci açısından değerlendirilecek olursak, genellikle karma tamsayılı doğrusal programla modellerinin kullanıldığını söylemek mümkündür. Buna ek olarak, problemin yapısından kaynaklanan zorunluluklar ve kısıtlamalardan dolayı, doğrusal olmayan fonksiyonların olduğu durumlarda da, doğrusallaştırma işlemi yapılarak karma tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılmaktadır. Özellikle stokastik karar süreçlerini içeren problemlerde, karma tamsayılı doğrusal olmayan programla ile modellenen çalışmalar mevcuttur.

Problemlerin çözüm süreçlerinde ise, problemin karmaşıklığına ve ölçeğine göre kesin veya sezgisel çözüm yöntemlerin kullanılması söz konusudur. Küçük ve orta ölçekli problemler için kesin çözüm yöntemleri tercih edilirken, daha büyük ölçekli problemlerde uygun zamanda bir çözüm elde edebilmek için sezgisel çözüm yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar ile ilgili yapılan analizler sonrasında, önerilen model ve yapılan uygulama açısından bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran temel farklılıkları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Farklı çalışmalarda ayrı olarak ele alınmış olan süreçlerin bütünleşik olarak incelendiği bir model geliştirilmiştir. Bu nedenle, problemde tanımlanan lojistik ağ içerisindeki karar süreçleri diğer çalışmalara kıyasla daha fazladır ve model daha karmaşık bir yapıdadır.
- Model içerisinde yer alan ağ üyeleri arasındaki öncelik ilişkisine diğer çalışmalarda rastlanmamıştır.
- Modelin oluşturulması sürecinde farklı sektörlerdeki üretici işletmelerin ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğundan birçok sektöre uyarlanabilecek genel bir model sunulmuştur.
- Konuyla ilgili benzer çalışmalarda, araçlar özdeş olarak ele alınırken bu çalışmada, farklı kapasitelere sahip ve farklı taşıma maliyetleri olan araçların kullanımı söz konusudur.

- Önerilen modelin sektörel uyarlaması yapılmış ve bir işletmede uygulaması gerçekleştirilmiştir.
- Uygulama için tavukçuluk sektörü seçilmiş ve sektöre yönelik yeni bir üretim, dağıtım ve toplama stratejisi önerilmiştir. Bu sektörde, daha önceden yapılan benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.
- Önerilen strateji doğrultusunda, sektörde faaliyet gösteren bir işletmenin lojistik faaliyetleri incelenmiştir. Kısa ve orta vadeli hedefler doğrultusunda, işletmenin lojistik planlamasına ve ağ tasarımına yönelik çözümler üretilmiştir.

BÖLÜM 3

BÜTÜNLEŞİK LOJİSTİK AĞ TASARIMI VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu bölümde, bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin eşzamanlı olarak çözümüne yönelik bir model önerisi sunulmaktadır. İleriye doğru ve tersine lojistik faaliyetleri içeren bir lojistik ağın tasarlanması ve optimize edilmesi için geliştirilen modelde yer seçimi, tahsis ve rotalama problemlerinin eşzamanlı olarak çözümü amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, öncelikli olarak lojistik ağ tasarımı problemlerinin sınıflandırılmasında belirtilen öğeler açısından problemin genel yapısı ortaya konulmuş ve tanımlaması yapılmıştır.

Problemin tanımlanmasının ardından problemin genel yapısı dikkate alınarak belirlenen özellikler ve sınırlar çerçevesinde geliştirilen modele ilişkin varsayımlar ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, oluşturulan varsayımlara paralel olarak ortaya çıkan karar süreçleri değerlendirilmiştir.

Karar süreçleri ve varsayımları belirlenen model, karma tamsayılı doğrusal programlama ile matematiksel olarak formülize edilmiştir. Model içerisinde oluşan doğrusal olmayan fonksiyonlar doğrusallaştırma işlemine tabi tutularak modelin doğrusallığı korunmuştur.

Matematiksel modelin oluşturulmasının ardından hipotetik verilere dayalı örnek bir problem tanımlanarak farklı senaryolarda değişen parametre değerlerinin model üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Problemin çözümü için GAMS programı ve CPLEX çözücüsü kullanılmıştır.

3.1. Problemin Tanımlanması

Çalışmada ele alınan problem genel olarak, çok ürünlü, heterojen yapıda çok araçlı, çoklu geri dönüşüm ve yeniden işleme merkezli, alternatif dağıtım merkezlerinin bulunduğu, ürünlerin dağıtım merkezleri aracılığı ile veya doğrudan talep noktalarına ulaştırıldığı, bozulan veya yeniden işlenecek olan ürünlerin talep noktalarından toplanarak geri dönüşüm veya yeniden işleme merkezlerine götürüldüğü bir bütünleşik lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemi olarak tanımlanabilir.

Çalışmanın birinci bölümünde verilmiş olan, Pishvae, Farahani ve Dullaert (2010), tarafından yapılan sınıflandırma üzerinden probleme bakacak olursak problemin içeriğini tablo 6'daki gibi ifade etmek mümkündür.

Tablo 6: Problemin içerdiği ağ tasarımı öğeleri

<u>Hedefleri (Objectives)</u>		
Maksimum Sağlamlık (Max Robustness)	Ro	
Maksimum Tepki (Max Responsiveness)	Res	
Minimum Maliyet/Maksimum Fayda (Min Cost/Max Profit)	C	✓
<u>Çıktıları (Outputs)</u>		
Envanter (Inventory)	I	
Araç Sayısı (Number of Vehicles)	NV	✓
Talep Memnuniyet Miktarı (Demand Satisfaction Quantity)	DS	
Ürün Fiyatı (Price of Products)	P	✓
Taşıma Miktarı (Transportation Amount)	TA	✓
Hizmet Bölgesi (Service Region)	SR	
Tesis Kapasitesi (Facility Capacity)	FC	
Yer Seçimi/Tahsisi (Location/Allocation)	L	✓
<u>Modelleme (Modeling)</u>		
Sürekli (Continuous)		
Sürekli Yaklaşım (Continuous Approximation)	CA	
Kesikli (Discrete)		
Stokastik Karma Tamsayılı Programlama (Stochastic Mixed Integer Programming)	SMIP	
Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama		

(Mixed İnteger Non-Linear Programming)	MINLP	
Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama		
(Mixed İnteger Linear Programming)	MILP	✓
<u>Problem Tanımı (Problem Definition)</u>		
Dönemler (Periods)		
Çok Dönemli (Multi-Period)	MPr	
Tek Dönemli (Single Period)	SPr	✓
Açılacak Tesis Sayısı (Number of Facilities to Be Opened)		
İçsel (Belirsiz)/Endogenous (Undetermined)	En	
Dışsal (Belirli)/Exogenous (Determined)	Ex	✓
Ürün (Product)		
Tek Ürün (Single-Product)	SP	
Çoklu Ürün (Multi-Product)	MP	✓
Akış Kapasitesi (Flow Capacity)		
Kapasitesiz Akış (Uncapacitated Flow)	UCF	
Kapasiteli Akış (Capacitated Flow)	CF	✓
Talep (Demand)		
Stokastik (Stochastic)	S	
Deterministik (Deterministic)	D	✓
Tesis Kapasitesi (Facility Capacity)		
Kapasitesiz (Uncapacitated)	UC	✓
Kapasiteli (Capacitated)	Ca	
<u>Lojistik Ağ Aşamaları (Logistics Network Stages)</u>		
İleri Lojistik Aşamaları (Forward Logistics Stages)		
Dağıtım Merkezleri (Distribution Centers)	DisC	✓
Üretim Merkezleri (Production Centers)	PC	✓
Tedarik Merkezleri (Supply Centers)	SC	
Geri(Tersine) Lojistik Aşamaları (Reverse Logistics Stages)		
Yeniden Dağıtım Merkezleri (Redistribution Centers)	RDisC	
İmha Merkezleri (Disposal Centers)	DC	
Geri Dönüşüm Merkezleri (Recycling Centers)	RYC	✓
Geri Kazanım Merkezleri (Recovery Centers)	RCC	✓
Toplama/Denetim Merkezleri(Collection/Inspection Centers)	CIC	

Sınıflandırmadaki içeriğe ek olarak, eş zamanlı ve bütünleşik olarak araç rotalarının belirlenmesini de içeren problemin genel yapısı ve modelin öğeleri tablo 7'deki şekilde özetlenmiştir.

Tablo 7: Problemin genel yapısı

Amaçlar	Çıktılar	Modelleme	Problem Tanımı	Lojistik ağdaki yapılar
Maliyet	Araç Rotaları	Karma Tam	Tek Dönemli	Üretim Merkezi
Minimizasyonu	Dağıtım	Sayıli Doğrusal	Çok Ürünlü	Dağıtım Merkezleri
Kar	Merkezi Seçimi	Programlama	Belirli Talepli	Talep bölgeleri
Maksimizasyonu	Geri Dönüşüm		Araç Kapasitesi	Yeniden İşleme
	Merkezi Seçimi		Kısıtlı	Merkezleri
	Yeniden İşleme		Çok Araçlı	Geri Dönüşüm
	Merkezi Seçimi		(Heterojen)	Merkezleri
			Çoklu Yeniden	
			İşleme Merkezi	
			Çoklu Geri	
			Dönüşüm Merkezi	

3.1.1. Önerilen Modelin Varsayımları ve Karar Süreçleri

Lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin bütünleşik olarak ele alındığı problemin modellenmesi sürecinde dikkate alınan varsayımlar ve karar süreçleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

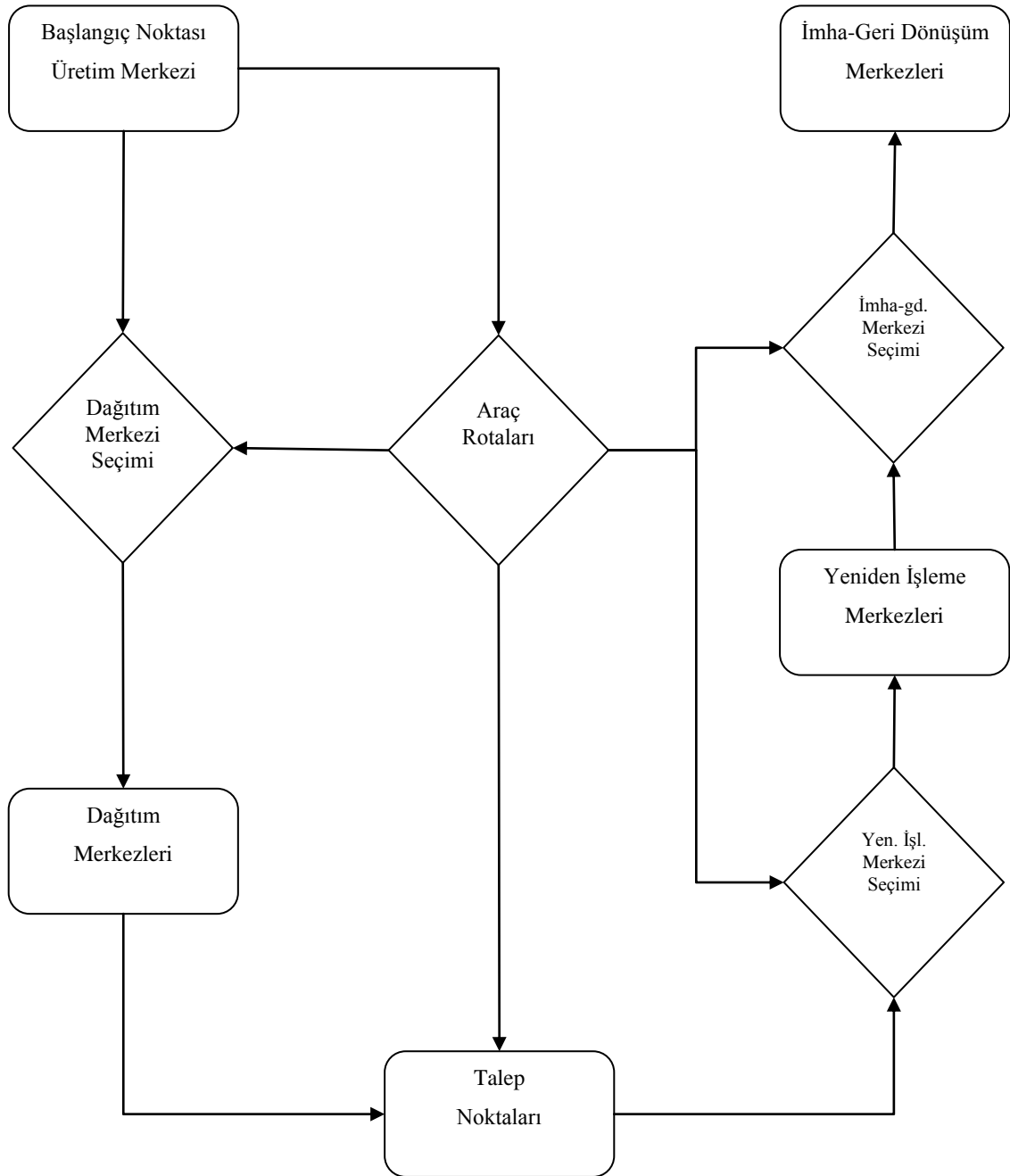
- Modellemesi yapılan lojistik ağ, ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetleri içermektedir.
- Eş zamanlı olarak yer seçimi, tahsis ve rotalama problemleri için çözüm aranmaktadır.
- Farklı özelliklerde ürünlerin üretildiği kapasite kısıtı olmayan tek bir üretim merkezi bulunmaktadır.
- Dağıtım süreci üretim merkezinden başlayan farklı özelliklerdeki ürünlerin, dağıtım merkezleri aracılığıyla veya doğrudan talep noktalarına ulaştırılmaları söz konusudur.

- Ürünlerin bir kısmının bozulabilir yapıda olması durumu dikkate alınmaktadır. Bu tip ürünlerin, dağıtım merkezleri aracılığı olmadan doğrudan talep noktalarına ulaştırılmaları gerektiği varsayılmaktadır.
- Daha dayanıklı ürünlerin söz konusu olduğu durumlarda ise dağıtım merkezleri aracılığıyla da talep karşılanabilmektedir.
- Farklı yapıdaki ürünlerin aynı araçta birlikte taşınmalarının önünde bir engel yoktur.
- Müşterilerin ürünlere olan talebi önceden belirlenmiştir.
- Dağıtım merkezi aracılığı ile ihtiyacı karşılanacak olan müşteri bölgeleri veya talep noktaları önceden bilinmektedir.
- Dağıtım merkezleri aracılığı olmadan, doğrudan dağıtım yapılan ürünlere talebi olan talep noktaları dağıtım merkezine atanmamalıdır. Çünkü bir talep noktası ziyaret edildiğinde o noktanın bütün ürünlere olan ihtiyacı aynı anda karşılanabilir. Farklı yapıdaki ürünlere talebi olan talep noktalarının dağıtım merkezine atanması fazladan maliyete sebep olacaktır.
- Dağıtım merkezi alternatifleri model kurucu tarafından genel yer seçimi ilkeleri dikkate alınarak işletmenin ihtiyaçlarına uygun olarak belirlenmelidir.
- Alternatif dağıtım merkezlerinden hangisinin tercih edileceğine, dağıtım merkezi açma ve dağıtım merkezinden hizmet verilecek olan talep merkezlerine yapılacak olan taşıma maliyeti dikkate alınarak karar verilmektedir.
- Dağıtım merkezlerine atanan talep noktalarına olan taşıma süreci dağıtım merkezlerine ait araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle bu aşamadaki rotalama faaliyeti probleme dâhil edilmemektedir.
- Eşzamanlı dağıt-topla lojistik faaliyetleri söz konusudur.
- Dağıtımı gerçekleştiren araçlar talep edilen ürünleri teslim ettikten sonra geri dönüşüm veya yeniden işleme merkezlerine gönderilecek olan ürünleri alarak dağıtıma devam etmektedirler.
- Dağıt-topla sürecinde, talep edilen miktarın geri dönüşüm veya yeniden işleme için toplanan miktardan büyük olmasından dolayı araç kapasitelerinin aşımı ile ilgili kısıtlamalara gerek yoktur.

- Araç kapasitelerine yönelik olarak getirilebilecek kısıtlamaların, araçların uğrayacakları lokasyonlardaki toplam talep miktarının araç kapasitesini aşmamasına yönelik olması yeterli olmaktadır.
- Modelin tersine lojistik sürecindeki faaliyetlere bakıldığında, ileriye doğru lojistik faaliyetlerden çok daha karmaşık karar süreçlerinin bulunduğu söylenebilir.
- Eşzamanlı olarak dağıtım ve toplama yapan araçlar ziyaret edecekleri lokasyonları tamamladıktan sonra öncelikli olarak yeniden işlenecek ürünleri en yakın yeniden işleme merkezine götürmelidirler.
- Yeniden işleme merkezlerinin, içsel yani işletmenin sahip olduğu kanal üyeleri olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle yeniden işleme maliyeti açısından bir kısıt bulunmamakta ve en yakın yeniden işleme merkezinin tercih edilmesi yeniden işleme merkezi seçimi için yeterli olmaktadır.
- Geri dönüşüm merkezlerinin, dışsal yani işletmenin sahip olmadığı kanal üyeleri olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, geri dönüşüm merkezlerinin, ürünleri belirli bir fiyat karşılığında işletmeden satın almaları söz konusudur.
- En yakın yeniden işleme merkezine ürünlerin teslim edilmesinin ardından araçta geri dönüştürülecek olan ürünler varsa verilmesi gereken iki karar vardır. Kararlardan ilki, araçta bulunan geri dönüşüme uygun ürünlerin her hangi bir geri dönüşüm merkezine taşıma maliyetinin, ürünlerin geri dönüşüm merkezine satışıyla elde edilecek olan gelirden küçük olması durumunda araçların geri dönüşüm merkezlerine gitmesidir. Aksi durumda yani ürünlerin geri dönüşüm merkezine taşınması ile elde edilecek olan gelirden daha maliyetli ise araçların üretim merkezine geri dönmesi sağlanmalıdır. İkincisi ise geri dönüşüm merkezlerinin vermiş olduğu satın alma fiyatları çerçevesinde elde edilecek kârın maksimizasyonu için hangi geri dönüşüm merkezinin tercih edileceği kararının verilmesidir.
- Bütün bu dağıtım ve toplama faaliyetleri için farklı kapasitelere sahip araçlar kullanılmaktadır.
- Talebin bölünebilirliği söz konusu değildir. Her talep noktasına yalnızca bir araç uğramalıdır.
- Sahip olunan araçların toplam kapasitesi bütün lokasyonların bir dönemdeki bütün ürünlere olan taleplerinin toplamından büyük olmalıdır.

- Araçlar üretim merkezinden çıkmalı ve yeniden üretim merkezine dönmelidir.
- Üretim merkezinden bağımsız oluşabilecek alt turlar engellenmelidir.

Varsayımlar doğrultusunda, problemin içerdiği ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetlerdeki karar süreçlerini genel olarak şekil 5'deki gibi ifade etmek mümkündür.



Şekil 5: Problemin genel karar süreçleri

3.1.2. Modelin Matematiksel Formülasyonu

Yukarıda tanımlaması yapılan problem ve varsayımları ortaya konulan model karma tamsayılı dorusal programlama modeli olarak formülize edilmiştir. Modele ilişkin setler, parametreler, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar şu şekildedir:

Setler:

i = bütün lokasyonlar kümesi

j = bütün lokasyonlar kümesi

sa_i = yeniden işleme ve geri dönüşüm merkezleri dışındaki gidilecek lokasyonlar alt kümesi

sar_i = gidilecek lokasyonlar alt kümesi

sf_i = üretim merkezi lokasyonu alt kümesi

sfd_i = üretim merkezi dışında gidilecek lokasyonlar alt kümesi

$sfrd_i$ = üretim merkezi ve geri dönüşüm merkezleri dışındaki lokasyonlar alt kümesi

$sfry_i$ = talep noktaları alt kümesi

sbt_i = dağıtım merkezleri dışındaki talep noktaları alt kümesi

sbd_i = açılacak dağıtım merkezlerine atanan bayiler alt kümesi

sd_i = dağıtım merkezleri alt kümesi

sr_i = geri dönüşüm merkezleri alt kümesi

$sr1_i$ = 1 numaralı geri dönüşüm merkezi alt kümesi

$sr2_i$ = 2 numaralı geri dönüşüm merkezi alt kümesi

sy_i = yeniden işleme merkezleri alt kümesi

$sy1_i$ = 1 numaralı yeniden işleme merkezi alt kümesi

$sy2_i$ = 2 numaralı yeniden işleme merkezi alt kümesi

syr_i = yeniden işleme ve geri dönüşüm merkezleri alt kümesi

sfr_i = üretim merkezi ve geri dönüşüm merkezleri alt kümesi

k = kamyonlar kümesi

p = ürünler kümesi

Parametreler:

kap_k = k. kamyonun kapasitesi

o_i = d. dağıtım merkezini açma maliyeti $i \in sd$

c_k = k. kamyonun birim taşıma maliyeti

t_{ip} = i. lokasyonun p. ürüne olan talebi

m_{ij} = i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe

h_i = b. talep noktasındaki bozulmuş ürün miktarı $i \in sbt$

Sayısal Değerler:

$S1$ = 1 numaralı geri dönüşüm merkezinin birim alış fiyatı

$S2$ = 2 numaralı geri dönüşüm merkezinin birim alış fiyatı

N_b = üretim merkezi dışındaki gidilecek lokasyon sayısı

N_k = kullanılan kamyon sayısı

0-1 Karar Değişkenleri:

x_{ijk} = 1 i. lokasyondan j. lokasyona k. kamyon ile geçilirse $i \neq j$

g_{ik} = 1 k. kamyon i düğümüne girerse

a_{ik} = 1 k. kamyon i düğümünden ayrılırsa

Pozitif Değişkenler:

la_i = üretim merkezinden bağımsız alt tur oluşumunu engellemek için kullanılan değişken;

Değişkenler:

Z = amaç fonksiyonu değeri

Kar_{ki} = k. kamyonun r. geri dönüşüm merkezine gitmesinden elde edilecek kar

b_{ijk} = doğrusallaştırma değişkeni

l_{ijk} = doğrusallaştırma değişkeni

y_{ike} = en yakın yeniden işleme merkezinin seçilmesi için oluşturulan ceza değeri

Amaç Fonksiyonu

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} c_k m_{ij} + \sum_{i \in sd} \sum_k g_{ik} o_i + \sum_{i \in sd} \sum_k g_{ik} o_i \sum_{j \in sbd} c_k m_{ij} \\ & + \sum_e \sum_k y_{iek} - \sum_k \sum_{i \in sr} kar_{ki} \end{aligned}$$

Üretim Merkezi

$$\sum_{j \in sa} x_{ijk} = a_{ik} \quad \forall i \in sf, \forall k \in k \quad (1)$$

$$\sum_{i \in syr} x_{ijk} = g_{jk} \quad \forall j \in sf, \forall k \in k \quad (2)$$

$$\sum_k a_{ik} = N_k \quad \forall i \in sf \quad (3)$$

Talep Noktaları

$$\sum_{i \in sa} x_{ijk} = g_{jk} \quad \forall j \in sbt, \forall k \in k \quad (4)$$

$$\sum_{j \in sfd} x_{ijk} = a_{ik} \quad \forall i \in sbt, \forall k \in k \quad (5)$$

$$\sum_k a_{ik} = 1 \quad \forall i \in sbt \quad (6)$$

Dağıtım Merkezi Seçimi

$$\sum_{i \in sa} x_{ijk} = g_{jk} \quad \forall j \in sd, \forall k \in k \quad (7)$$

$$\sum_{j \in sfrd} x_{ijk} = a_{ik} \quad \forall i \in sd, \forall k \in k \quad (8)$$

$$\sum_{i \in sd} \sum_k g_{ik} = 1 \quad (9)$$

Üretim Merkezi ve Talep Noktaları İçin Giriş Çıkış

$$a_{ik} = g_{ik} \quad \forall i \in i, \forall k \in k \quad (10)$$

Araçlar İçin Kapasite Kısıtı

$$\sum_{i \in sa} \sum_{j \in sa} x_{ijk} \sum_p t_{jp} \leq kap_k \quad \forall k \in k \quad (11)$$

Fabrikadan Bağımsız Alt Turların Engellenmesi

$$la_i - la_j + N_b \sum_k x_{ijk} \leq N_b - 1 \quad \forall i \in sfd, \forall j \in sfd \quad (12)$$

$$la_i \leq N_b \quad \forall i \in sfd \quad (13)$$

Yeniden İşleme Merkezleri İçin Giriş Çıkış

$$\sum_{i \in sfr} x_{jik} = \sum_{i \in sfry} x_{ijk} \quad \forall j \in sy, \forall k \in k \quad (14)$$

$$\sum_{j \in sfry} x_{ijk} = 0 \quad \forall i \in sy, \forall k \in k \quad (15)$$

$$\sum_{i \in sfry} \sum_{j \in sy} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in k \quad (16)$$

Yeniden İşleme Merkezleri Seçimi

$$\sum_{i \in sfry} \sum_{j \in sy1} x_{ijk} m_{ij} 1000 = y_{ik1} \quad \forall k \in k \quad (17)$$

$$\sum_{i \in sfry} \sum_{j \in sy2} x_{ijk} m_{ij} 1000 = y_{ik2} \quad \forall k \in k \quad (18)$$

Geri Dönüşüm Merkezleri İçin Giriş Çıkış

$$x_{jfk} = \sum_{i \in sy} x_{ijk} \quad \forall j \in sr, \forall k \in k \quad (19)$$

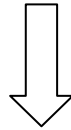
$$\sum_{j \in sfd} x_{ijk} = 0 \quad \forall i \in sr, \forall k \in k \quad (20)$$

$$\sum_{j \in sr} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i \in sy, \forall k \in k \quad (21)$$

Geri Dönüşüm Merkezleri Seçimi

$$\sum_{i \in sar} \sum_{j \in sar} x_{ijk} x_{r1fk} h_i S1 - \sum_{i \in sy} \sum_{j \in sr1} x_{ijk} c_k (m_{ij} + m_{jf}) = kar_{kr1} \quad \forall k \in k \quad (22)$$

Doğrusallaştırma



$$\sum_{i \in sar} \sum_{j \in sar} b_{ijk} h_i S1 - \sum_{i \in sy} \sum_{j \in sr1} x_{ijk} c_k (m_{ij} + m_{jf}) = kar_{kr1} \quad \forall k \in k \quad (23)$$

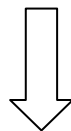
$$b_{ijk} \leq x_{r1fk} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (23)$$

$$b_{ijk} \leq x_{ijk} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (24)$$

$$b_{ijk} \geq x_{r1fk} + x_{ijk} - 1 \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (25)$$

$$\sum_{i \in sar} \sum_{j \in sar} x_{ijk} x_{r2fk} h_i S2 - \sum_{i \in sy} \sum_{j \in sr2} x_{ijk} c_k (m_{ij} + m_{jf}) = kar_{kr2} \quad \forall k \in k \quad (26)$$

Doğrusallaştırma



$$\sum_{i \in sar} \sum_{j \in sar} l_{ijk} h_i S2 - \sum_{i \in sy} \sum_{j \in sr2} x_{ijk} c_k (m_{ij} + m_{jf}) = kar_{kr2} \quad \forall k \in k \quad (26)$$

$$l_{ijk} \leq x_{r2fk} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (27)$$

$$l_{ijk} \leq x_{ijk} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (28)$$

$$l_{ijk} \geq x_{r2fk} + x_{ijk} - 1 \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (29)$$

Dağıtım Merkezlerine Atanan Bayilerin Rotalama Dışında Bırakılması

$$\sum_{i \in sar} \sum_{j \in sbd} x_{ijk} + x_{jik} = 0 \quad \forall k \in k \quad (30)$$

$$\sum_{i \in sbd} \sum_{j \in sbd} x_{ijk} = 0 \quad \forall k \in k \quad (31)$$

$$x_{ijk}, a_{ik}, g_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad i \neq j \quad (32)$$

$$b_{ijk} \geq 0 \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (33)$$

$$l_{ijk} \geq 0 \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad (34)$$

Önerilen model, taşıma maliyetlerinin minimizasyonu, alternatif dağıtım merkezlerinden en uygun olanının seçimi, en yakın yeniden işleme merkezinin seçilmesi ve geri dönüşümden elde edilecek olan kârın maksimizasyonu için oluşturulan bir amaç fonksiyonuna sahiptir. Modelde, bu amacı gerçekleştirmek için oluşturulan 34 adet kısıt yer almaktadır.

(1) numaralı kısıt araçların üretim merkezinden çıkışını, (2) numaralı kısıt rotasını tamamlayan araçların tekrar üretim merkezine dönmelerini garanti altına almaktadır. (3) numaralı kısıt ise sahip olunan araçlardan ihtiyaç olan kadarının kullanılmasını sağlamaktadır.

(4)-(6) numaralı kısıtlar, dağıtım merkezleri dışındaki talep noktalarının ziyaret edilmesi ile ilgili kısıtlardır. Problemin varsayımlarının belirtildiği kısımda ifade edilen talebin bölünebilir bir yapıda olmaması durumu talep noktalarındaki ihtiyacın tek bir araç tarafından karşılanması zorunluluğunu getirmektedir. Bu zorunluluğun getirmiş olduğu kısıtlama (6) numaralı kısıt ile ifade edilmiştir.

(7)-(9) numaralı kısıtlar dağıtım merkezlerinin talebinin karşılanmasını ve alternatif dağıtım merkezlerinden sadece birinin seçilerek ziyaret edilmesini sağlamaktadır.

Üretim merkezi ve talep noktalarına giriş yapan araçların çıkışı (10) numaralı kısıtla sağlanır.

Ziyaret edilecek lokasyonlardaki toplam talep miktarının araç kapasitesini aşması (11) numaralı kısıtla engellenmektedir.

Rotalama sürecinde üretim merkezinden bağımsız alt turların engellenmesi gerekmektedir. Bu gereklilik (12) ve (13) numaralı kısıtlarla gerçekleştirilmektedir.

(14) numaralı kısıt dağıtımı tamamlayan araçların yeniden işleme merkezine girişini ve çıkışını ifade ederken (15) numaralı kısıt yeniden işleme merkezinden çıkan araçların üretim merkezine veya geri dönüşüm merkezlerine gitmesini sağlamaktadır. (16) numaralı kısıt ise dağıtımı ve toplamayı tamamlayan aracın sadece bir yeniden işleme merkezine gidebileceğini ifade etmektedir.

Taşıma maliyetine bakılmaksızın en yakın yeniden işleme merkezine gidilmesi için (17) ve (18) numaralı kısıtlarda cezalar getirilmektedir.

(19) numaralı kısıt yeniden işleme merkezinden çıkan araçların, eğer uygunsa geri dönüşüm merkezine girişini ve çıkışını sağlamaktadır. Benzer şekilde (20) numaralı kısıt geri dönüşüm merkezlerinden çıkan araçların üretim merkezine dönmesini garanti altına almaktadır. (21) numaralı kısıt ise araçların sadece bir geri dönüşüm merkezine gitmelerini sağlamaktadır.

Yeniden işleme merkezlerinde olduğu gibi gidilecek geri dönüşüm merkezlerinde de bir seçim süreci vardır. Ancak burada farklı olarak bir kâr maksimizasyonu söz konusudur. Zarar edilmesi durumunda geri dönüşüm merkezlerine gidilmemesi gerekmektedir. Oluşturulan (22)-(29) numaralı kısıtlar bu amaç doğrultusunda modelde bulunmaktadırlar. Bu kısıtlamalar, doğrusal olmayan fonksiyonların oluşmasına sebep olmaktadırlar. Modelin doğrusal programla ile çözülebilmesi için bu fonksiyonların doğrusallaştırılması gerekmektedir. (23)-(25) ve (27)-(29) numaralı kısıtlar doğrusallaştırma için modele eklenen kısıtlardır.

İki 0-1 tamsayı karar değişkeninin çarpımının doğrusallaştırılması için literatürde genel olarak iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlardan ilki modelde de kullanılan ve daha yaygın olan yaklaşımdır.

(<http://yetanothermathprogrammingconsultant.blogspot.com/2008/05/multiplication-of-binary-variables.html>)

1. $0 \leq z \leq 1$
2. $z \leq x_1$
3. $z \leq x_2$
4. $z \geq x_1 + x_2 - 1$

İkinci ve daha zayıf olan doğrusallaştırma kısıtları ise şu şekilde ifade edilebilir:

1. $z \in \{0,1\}$
2. $z \leq (x_1 + x_2)/2$
3. $z \geq x_1 + x_2 - 1$

Dağıtım merkezlerine atanan bayilerin rotalama süreci dışında bırakılmaları (30) ve (31) numaralı kısıtlarla sağlanmaktadır.

Model içerisinde yer alan 0-1 karar değişkenleri ve x_{ijk} temel karar değişkenindeki i ve j indislerinin eşit olmaması şartı (32) numaralı kısıt ile ifade edilmektedir.

3.2. Modelin Örnek Problem Üzerinde Test Edilmesi

Önerilen model, problemin daha iyi anlaşılması ve modelden değişik durumlarda nasıl sonuçlar elde edilebileceğinin görülmesi açısından, küçük ölçekli bir problem üzerinde uygulanarak GAMS programında çözülmüştür.

Tanımlanan probleme ilişkin bilgiler şu şekildedir:

- Bir fabrikanın (f), iki bayinin atanacağı alternatif 2 dağıtım merkezinin ($d1, d2$), 2 yeniden işleme merkezinin ($y1, y2$), 2 geri dönüşüm merkezinin ($r1, r2$) ve talepleri karşılanması gereken 6 bayinin ($b1, b2, b3, b4, b5, b6$) bulunduğu problemde 2 farklı ürün grubu ($p1, p2$), 3 farklı kapasitelerde kamyonlar ($k1, k2, k3$) ile dağıtılmakta ve toplanmaktadır.
- Kamyonlar sırasıyla 190, 290 ve 155 birimlik kapasiteye sahiptirler.
- Kamyonların birim taşıma maliyetleri sırasıyla 1, 2 ve 3 birimdir.

- İki farklı ürün gurubu söz konusudur ve sadece ikinci ürüne talebi olan bayiler dağıtım merkezlerine atanabilirler.
- 5. ve 6. bayilerin talepleri dağıtım merkezi aracılığı ile karşılanacaktır. Bu bayilerin geri dönüşüm merkezlerine götürülecek olan ürünleri dağıtım merkezinden alınacaktır.
- Dağıtım merkezlerinin açma maliyetleri sırasıyla 400 ve 300 birim olarak belirlenmiştir.
- Geri dönüşüm merkezlerinden elde edilecek olan satış getirisi S1 ve S2 başlangıçta eşit ve 10 birim olarak tanımlanmıştır.
- Geri dönüşüme gidecek ürün miktarı, bayilerin talep etmiş oldukları ürün miktarının %1'i ile %5'i arasında değişen normal dağılıma göre rassal olarak hesaplatılmaktadır.

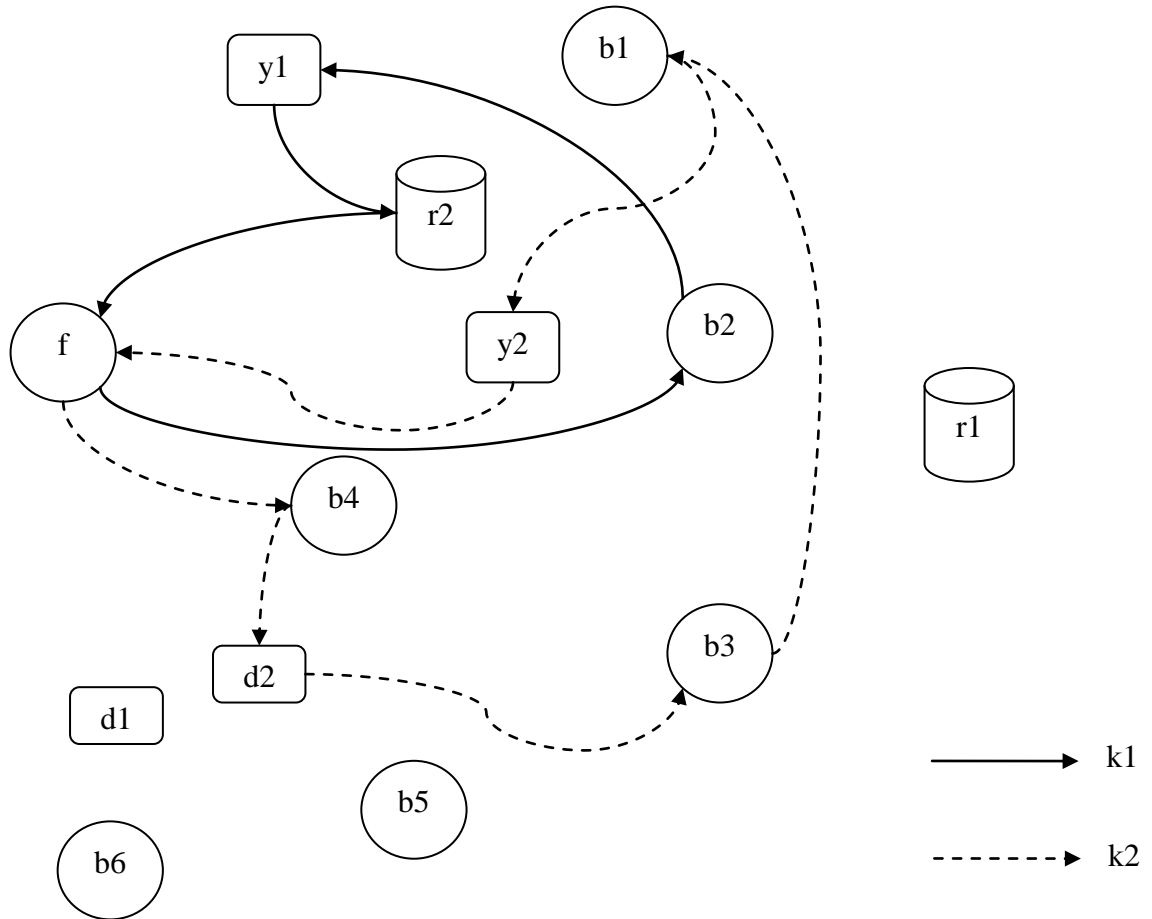
Tablo 8: Ürünlere olan talepler

	b1	b2	b3	b4	b5	b6	Toplam
p1	50	60	-	30	-	-	140
p2	40	70	70	40	20	20	260
Toplam	90	130	70	70	20	20	400

Tablo 9: Örnek problem için mesafe matrisi

	f	b1	b2	b3	b4	d1	d2	y1	y2	r1	r2
f		15	18	34	13	14	15	35	12	30	15
b1	15		5	30	35	30	27	10	8	20	35
b2	18	5		21	32	24	19	10	18	15	30
b3	34	30	21		16	8	4	15	40	17	15
b4	13	35	32	16		6	8	16	15	33	10
d1	14	30	24	8	6		4	38	28	20	10
d2	15	27	19	4	8	4		34	28	16	5
y1	35	10	10	15	16	38	34		24	18	12
y2	12	8	18	40	15	28	28	24		29	10
r1	30	20	15	17	33	20	16	18	29		30
r2	15	35	30	15	10	10	5	12	10	30	

Problemin GAMS kodları ve eşitliklerin daha ayrıntılı görülebileceği sonuç çıktısı ek-1 ve ek-2’de verilmiştir. Bu veriler ışığında çözülen problemde elde edilen en uygun amaç fonksiyonu değeri ve araç rotaları tablo 10’da ve şekil 7’de gösterilmiştir:



Şekil 6: Araç rotaları

Elde edilen çözümün şematik olarak gösterimi ise şekil 6'daki gibidir. Alternatif dağıtım merkezlerinden 2 numaralı merkez tercih edilmiş ve 2 numaralı kamyonla ziyaret edilmiştir. 2 numaralı kamyon uğradığı son talep noktasından sonra 8 birim uzaklıkta olan 2 numaralı yeniden işleme merkezine gitmiş buradan da 2 numaralı geri dönüşüm merkezine uğramıştır. 1 numaralı kamyon ise önce 2 numaralı bayiye sonra 1 numaralı yeniden işleme merkezine oradan da 2 numaralı geri dönüşüm merkezine uğramıştır. Rotasını tamamlayan araçlar tekrar fabrikaya dönmüşlerdir. Dağıtım ve toplama faaliyetleri için 2 araç kullanılmıştır. 3 numaralı aracın taşıma maliyeti diğer iki araca göre daha yüksek olduğundan tercih edilmemiştir. 1 numaralı geri dönüşüm merkezinin satış getirisi 2 numaralı geri dönüşüm merkezi ile aynı olmasına karşın

taşıma maliyeti açısından daha uygun olan 2 numaralı tesis tercih edilmiştir. 5 ve 6 numaralı bayilerin talepleri 2 numaralı dağıtım merkezi tarafından yapılacağından bu noktalara araçlar uğramamıştır. Özetle, oluşturulan parametre değerleri çerçevesinde problemde ortaya konulan bütün varsayımlara uygun bir sonuç elde edildiği görülmektedir.

Tablo 10: Örnek problemin amaç fonksiyonu değeri ve x_{ijk} karar değişkenlerinin aldığı değerler

Amaç Fonksiyonu Değeri		
18490.3805		
	k1	k2
f. b2	1.000	
f. b4		1.000
b1.y2		1.000
b2.y1	1.000	
b3.b1		1.000
b4.d2		1.000
d2.b3		1.000
y1.r2	1.000	
y2.f		1.000
r2.f	1.000	

3.2.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Ortaya konulan örnek problem kapsamında, modelin yapılan değişikliklere ne şekilde tepki vereceğinin değerlendirilmesi hem modelin doğru kurulduğundan emin olunması hem de çeşitli senaryolarda karar süreçlerinin nasıl çalıştığının izlenmesi açısından son derece önemlidir.

Bu çerçevede, değişik parametre değerleri için elde edilen sonuçlar tablo 11'de gösterilmiştir. Bu değerlendirmede incelenen parametreler araçların kapasitesi, araçların birim taşıma maliyetleri, geri dönüşüm merkezlerinin alış fiyatları, dağıtım merkezlerinin açılış maliyetleridir.

Tablo 11: Değişik parametre değerleriyle elde edilen sonuçlar

Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
18482.7088			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 300
		k2 290	d2 300
		k3 155	
		Geri dönüşüm	c(k)
S1 10	k1 1		
S2 10	k2 2		
	k3 3		
Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
18497.3353			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 400
		k2 290	d2 300
		k3 155	
		Geri dönüşüm	c(k)
S1 20	k1 1		
S2 10	k2 2		
	k3 3		
Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
18523.0000			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 400
		k2 290	d2 300
		k3 155	
		Geri dönüşüm	c(k)
S1 10	k1 1		
S2 0	k2 2		
	k3 3		

Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
18469.9512			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 400
		k2 290	d2 300
		k3 155	
Geri dönüşüm		c(k)	
S1 25		k1 1	
S2 10		k2 2	
		k3 3	
Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
18412.5736			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 400
		k2 290	d2 300
		k3 155	
Geri dönüşüm		c(k)	
S1 30		k1 1	
S2 15		k2 2	
		k3 3	
Amaç Fonksiyonu Değeri		Parametre değerleri	
33617.3124			
		kap(k)	o(i)
		k1 190	d1 400
		k2 90	d2 300
		k3 155	
Geri dönüşüm		c(k)	
S1 10		k1 1	
S2 10		k2 2	
		k3 3	

*Rotaların gösterimi için kullanılan şekillerdeki yerleşimler ölçekli değildir.

Bir kısmı tablo 11’de ifade edilen, birçok denemenin yapılması sonucunda modelin belirlenen varsayımlar çerçevesinde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte parametre değerlerindeki değişimlerin modelin amaç fonksiyonuna ve oluşan araç rotalarına olan etkisi incelenerek bir sonraki bölümde ele alınacak olan uygulama öncesinde tecrübe kazanılmıştır.

BÖLÜM 4

ÖNERİLEN MODELİN TAVUKÇULUK SEKTÖRÜNE UYARLANMASI VE BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

Geliştirilen modellerin, gerçek problemlerin çözümü için kullanılması, yapılan çalışmaların uygulamada önem kazanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında geliştirilen modelin, bir sektör veya bir işletme için uygulamaya dönüştürülmesi gerekliliği düşünülmüştür.

Modelin uygulamasının yapılabileceği sektörler, lojistik operasyonlarının yoğunluğuna göre değerlendirilmiş ve uygulama için en uygun sektör seçilmeye çalışılmıştır. Seçim sürecinde, geliştirilen modelin ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetlerin birçoğunu içermesinden dolayı, uygulama yapılacak sektörün veya işletmenin her iki yönde de güçlü bir akışa sahip olması gerekliliği göz önünde bulundurulmuştur.

Tüm sektörler içerisinde, hızlı tüketim mallarının yer aldığı sektör, lojistik yoğunluk açısından ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle, uygulamanın yapılacağı sektör olarak hızlı tüketim malları içerisinde yer alan ve nihai ürünlerin üretildiği gıda sektörü seçilmiştir.

Gıda sektörü, içerisinde birçok alt sektörü barındıran, çok geniş kapsama sahip bir sektördür. Bundan dolayı, uygulama için gıda sektöründe yer alan bir alt sektörün ve bu alt sektörde faaliyet gösteren bir işletmenin seçilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu çerçevede, Malatya organize sanayi bölgesinde faaliyet göstermekte olan birçok işletme ile görüşülmüş ve çalışma için en uygun işletmenin belirlenmesine çalışılmıştır. Bölgede yoğun olarak faaliyet göstermekte olan süt ve süt ürünleri üreten işletmeler, gerek işletmelerin kurumsal yapılarındaki sorunlar gerekse ürünlerin tersine lojistik akışlarının zayıf olmasından dolayı çalışma için uygun bulunmamışlardır.

Yapılan incelemeler sonucunda, uygulama için tavukçuluk sektörü seçilmiştir. İşletme olarak ise, ürün özellikleri, kurumsal yapısı ve hedef pazarı açısından çalışma için en uygun lojistik potansiyele sahip, entegre tavukçuluk yapan bir işletme seçilmiş ve burada çalışmalara başlanmıştır.

İşletmenin üretmekte olduğu ürünlerin özellikleri açısından, çok güçlü bir geri dönüşüm tesis edilebilecek olması, modelin uygulanması için büyük bir kolaylık getirmiştir. Ayrıca işletmenin, büyüme stratejileri doğrultusunda, lojistik faaliyetlerini yeniden yapılandırma sürecinde olmasıyla birlikte yöneticilerin konuya hâkim ve istekli olmaları çalışmanın amacına ulaşması açısından son derece önemli bir katkı sağlamıştır.

Bu bölümde, önerilen modelin tavukçuluk sektörü için uyarlanması ve sektörde faaliyet gösteren bir işletme için uygulanması süreci anlatılmaktadır. Bu çerçevede, ilk olarak, tavukçuluk sektörüne yönelik bilgiler verilmiştir. Ardından tavukçuluk sektörü için önerilen yeni bir üretim-dağıtım stratejisi kapsamında problemin tanımlanması ve varsayımların sektörün genel yapısı itibariyle düzenlenmesi üzerinde durulmuştur. Oluşturulan yeni varsayımlar ve sektöre ait kavramlar çerçevesinde model revize edilmiştir.

Sektöre yönelik modelin oluşturulmasının ardından işletme de yapılan uygulama ile ilgili bilgiler verilmiştir. Öncelikle, işletmenin mevcut durum analizi yapılarak lojistik ihtiyaçların karşılanmasına yönelik belirlenen problemin tanımlanması yapılmıştır.

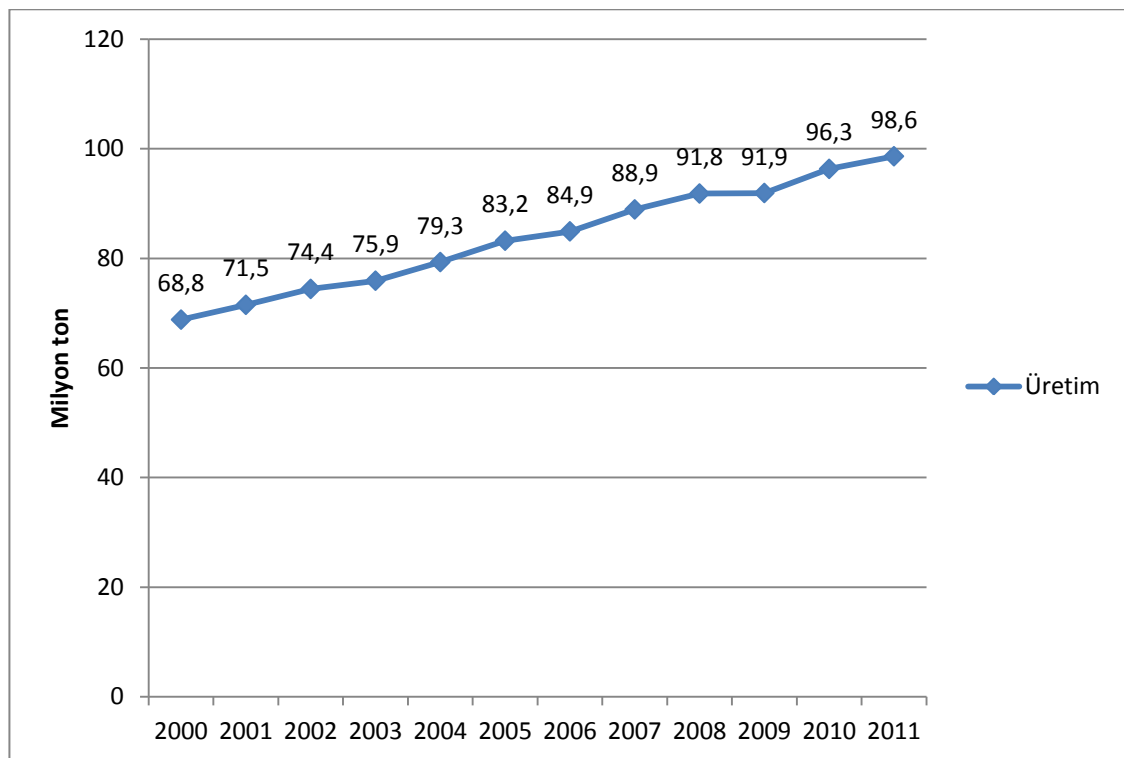
Tavukçuluk sektörüne yönelik oluşturulan stratejiler doğrultusunda tanımlanan problemde, işletmenin lojistik ağının bütünlük olarak yeniden tasarlanması amaçlanmıştır. İşletmenin orta ve uzun vadeli hedefleri doğrultusunda değerlendirilmeye alınan problem, sektöre yönelik uyarlanan model çerçevesinde ele alınmış ve matematiksel olarak yeniden formüle edilmiştir.

Problemin çözümü için gerekli verilerin toplanmasının ardından GAMS programı kullanılarak problem için uygun çözümler üretilmiştir. Problem boyutunun büyüklüğünden dolayı uzun bir çözüm sürecine sahip model için CPLEX çözücüsünün varsayılan ayarları yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, GAMS programında CPLEX çözücüsü için yapılacak modifikasyon sürecinden bahsedilmiş ve elde edilen çözümler değerlendirilmiştir.

4.1. Sektöre İlişkin Bilgiler

Piliç eti; uluslararası terminolojide “kanatlı eti” kavramı içerisinde geçmekte olup, bu kavramın içinde piliç, hindi, bıldırcın, ördek, kaz gibi hayvanların etleri de yer almaktadır. Broiler olarak da tanımlanan piliç eti sektörü, bu tanımlama içerisinde, gerek dünyada gerekse ülkemizde, üretim büyüklüğü, yarattığı ekonomi ve istihdam açısından ilk sırayı almaktadır. Ülkemizde genel olarak, piliç eti sektörü tavukçuluk sektörü olarak ifade edilmektedir.

Tavukçuluk, dünya kaynaklarının giderek azaldığı bir ortamda, insanların beslenme ihtiyacının karşılanması açısından önemi giderek artan bir sektördür. Sektörde 2000 yılından buyana muazzam bir üretim artışı söz konusudur.



Şekil 7: Dünya kanatlı eti üretim trendi

Kaynak: United States Department of Agriculture, Livestock and Poultry World Markets and Trade (2011).

Üretim artışının, daha da yükselen bir oranda devam edeceği tahmin edilmektedir. Devlet planlama teşkilatı tarafından, kanatlı eti talep ve tüketim tahminlerine yönelik yapılan çalışmada ortaya konulan veriler, bu artışın süreceğini göstermektedir.

Tablo 12: 2000-2023 yılları arasında öngörülen kanatlı eti talep ve tüketim hedefleri

Yıllar	Kanatlı eti talebi (Bin ton)	Kişi başına tüketim (kg/yıl)
2000	729	11,07
2001	773	11,57
2002	819	12,07
2003	866	12,57
2004	914	13,07
2005	963	13,57
2006	1014	14,07
2007	1067	14,57
2008	1119	15,07
2009	1175	15,57
2010	1231	16,07
2011	1287	16,57
2012	1348	17,07
2013	1409	17,57
2014	1472	18,07
2015	1536	18,57
2016	1602	19,07
2017	1670	19,57
2018	1739	20,07
2019	1810	20,57
2020	1884	21,07
2021	1959	21,57
2022	2036	22,07
2023	2115	22,57

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, 9. Beş Yıllık Kalkınma Planı Hayvancılık ÖİK Raporu (2007-2013).

Tavukçuluk sektörüyle ilgili bilgiler, Erşan (2012) tarafından gerçekleştirilen, tavukçuluk sektörüne yönelik ayrıntılı bir değerlendirmenin yapıldığı çalışmadan faydalanılarak oluşturulmuştur.

4.1.1. Tavuk Yetiştiriciliği

Tavukçuluk; gelir elde etmek amacıyla, uygun barınaklarda ve uygun tekniklerle bilinçli bir yetiştiricilik olarak tanımlanabilir. Bu yetiştiricilik, “Yumurtacı Tavuk Yetiştiriciliği” ve “Etçi Tavuk Yetiştiriciliği (Broiler)” olarak iki şekilde yapılır.

Broiler tavukçuluğunda kullanılan civcivler, ıslah yoluyla büyüme hızı ve kapasitesi arttırılmış hibrit civcivlerdir. Hayvan ıslahındaki ilerleme ve yem sektöründeki gelişmelerle bu civcivler 39-45 gün gibi kısa bir süre içerisinde 2-2,5 kilogram tavuk ağırlığına ulaşmaktadır.

Tavuk, yediği yemi çok kısa sürede ete ve yumurtaya dönüştürebilmekle beraber 1,75 kg yem ile 1 kg canlı ağırlığa ulaşırken, sığır eti üretiminde 8 kg yem, domuz etinde ise 3 kg yeme ihtiyaç vardır. Tavukçulukta canlı ağırlık artışı yönündeki iyileştirme çalışmalarının yoğun olarak devam etmesi ve çevre şartlarının daha uygun hale getirilmesi koşullarıyla, türler arasında yemden yararlanma bakımından görülmekte olan bu farklılığın tavukçuluk lehine giderek artacağı ortadadır.

Tavuk eti diğer etlere göre proteini yüksek, yağı az ve kalorisi düşüktür. Ayrıca kırmızı ete oranla daha fazla yağ asidi içerir (oleik, linoleik, palmitikasit gibi). Göğüs etinde kalori düzeyi 114 kcal, but etinde ise 125 kcal'dir. Vitamin olarak ise B grubu vitaminler ihtiva eder. Ayrıca B vitamini içinde bulunan "niasin"ın vücuttaki eksikliği DNA yapısını bozulmasıyla kansere yol açar. Tavuk etinde DNA'nın yapısını tamir eden ve kanseri önleyici etkisi kanıtlanmış selenyum da bulunmaktadır.

Tavuk eti ve yumurtanın yanında, kesimhane artıkları da rendering tesislerinde tüy unu, et unu gibi ürünler olarak yem fabrikalarında değerlendirilmektedir. Ayrıca Uzakdoğu ülkelerine ihraç edilen tavuk ayakları da ekonomik bir potansiyel oluşturmaktadır. Günümüzde tavuklardan elde edilen gübre de geri dönüştürülebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir.

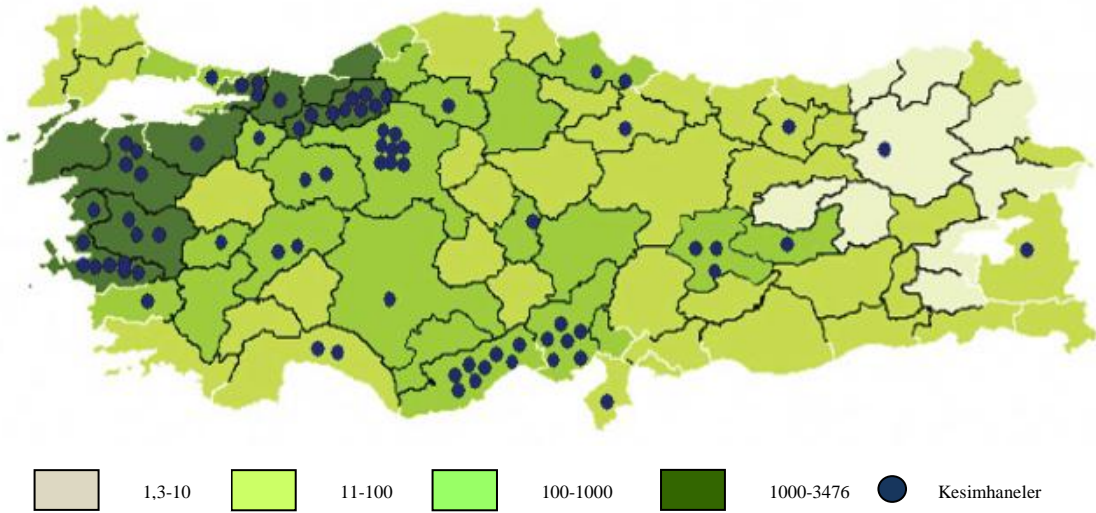
Tavukçuluk sektöründe çok farklı özelliklere sahip ürünler üretilebilmektedir. Ancak lojistik açıdan ürünler, taze ve dondurulmuş olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır.

Tavuğun bütün bu özellikleri tavukçuluk sektörünün ve ilişki içinde olduğu diğer sektörlerin de gelişmesinde büyük katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, dünya üzerinde 50'den fazla ülkede kanatlı eti üretimi ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir.

4.1.2. Sektörün Türkiye'deki Durumu

Türkiye'de tavukçuluk, ekonomi açısından son derece önemli ve hızla büyümekte olan bir sektördür. Sektör sadece iç piyasanın taleplerini karşılamakta kalmayıp önemli bir ihracat potansiyeline de sahiptir.

Ege ve Marmara, tavukçuluk sektörünün en yoğun olarak faaliyet gösterdiği bölgelerdir. Üretim ve kesimhaneler açısından sektörün ülke içerisinde nasıl bir dağılıma sahip olduğu şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8: Üretim ve kesimhane yoğunluğu

Ürünlerin geri dönüşümü noktasında önemli bir role sahip olan rendering tesislerinin de sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye'de faaliyet göstermekte olan rendering tesislerinin sayısı 65'tir. Bu tesisler, et-kemik, tavuk ve balık olmak üzere üç farklı türde üretim yapmaktadırlar. Bu tesislere ilişkin bilgiler ek-3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.2. Önerilen Modelin Tavukçuluk Sektörüne Uyarlanması

Sektöre yönelik incelemeler ve sektör yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde, etçi tavuk yetiştiriciliği yapan işletmeler için, stratejik seviyede, yeni bir üretim, dağıtım ve geri dönüşüm modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde oluşturulan stratejilere ilişkin bilgiler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Bu stratejilerden ilki, 9 günlük dayanma süresi olan ürünlerin 4 gün sonra piyasadan toplanması ve toplanan ürünlerin 1 yıl raf ömrü olan dondurulmuş mamul haline getirilerek tekrar piyasaya sürülmesidir. Bu stratejinin işletmelere iki farklı açıdan fayda sağlayacağı ön görülmüştür. Bu faydaların ilki, raflarda daima en taze ürünlerin bulundurulmasının sağlanacak olmasıdır. Böylelikle, müşteri memnuniyetinin artırılması ve rekabet açısından tüketici zihninde önemli bir imaj oluşturulması sağlanabilecektir. İkinci fayda ise ürünlerin bozulması sonucu ortaya çıkacak olan mali kayıpların önüne geçilmesidir.
- İkinci strateji, bozulan ürünlerin toplanarak hammadde üretimi sürecinde değerlendirilmesinin, işletmelerin hedef pazarlarının tamamında uygulanabilir hale getirilmesidir. Rendering denilen sistem sayesinde bozulan ürünler hammaddeye dönüştürülebilmekte ve başta köpek maması olmak üzere bir çok ürünün imalatında hammadde olarak kullanılabilir. Bozulan ürünlerin imha edilmesi, yerine bu şekilde değerlendirilmesi işletme açısından önemli bir getiri sağlayacaktır. Çünkü satılan ürünlerin bozulması durumunda her hangi bir sorumluluğu olmayan işletme, bayilerden bu ürünleri ücretsiz olarak geri alarak hem bayileri imha etme probleminden kurtarmış olacak hem de bu ürünleri başka bir ürünün üretiminde hammadde olarak kullanarak gelir elde edebilecektir.

Oluşturulan stratejiler sonrasında sektördeki lojistik faaliyetler, geliştirilen modelde tanımlanan problemle benzer nitelik kazanmaktadır.

4.2.1.Sektörün Lojistik Yapısının Tanımlanması

Sektöre yönelik oluşturulan stratejiler sonrasında, ileriye ve tersine doğru güçlü bir lojistik planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Üretim merkezi, depolar, bayiler, yeniden işleme merkezleri ve rendering tesislerinin yer aldığı lojistik ağın tasarlanması ve araç rotalarının belirlenmesi sektör açısından oldukça zor bir problemdir. Problem, yapısı itibariyle üçüncü bölümde sunulan modele benzemektedir. Tek farklılık tavukçuluk sektöründe, üretim merkezlerinin de yeniden işleme merkezi olarak kullanılabilir olmasıdır. Bunun dışında, model içerisinde yer alan ağ üyeleri sektöre özel isimlendirmelerle ifade edilmektedir.

Tablo 13: Sektöre özel kavramlar

Genel Tanımlama	Tavukçuluk Sektörü
Üretim Merkezi	Üretim Merkezi-Fabrika-Kesimhane
Dağıtım Merkezleri	Depolar
Geri Dönüşüm Merkezleri	Rendering Tesisleri
Müşteri Bölgeleri/ Talep Noktaları	Bayiler
Araçlar	Frigofirik Kamyonlar

Sektöre özel kavramlar çerçevesinde problemin genel yapısını tablo 14'deki gibi özetleyebiliriz:

Tablo 14: Problemin genel yapısı

Amaçlar	Çıktılar	Modelleme	Problem Tanımı	Lojistik ağdaki yapılar
Maliyet	Araç Rotaları	Karma Tam	Tek Dönemli	Üretim Merkezi
Minimizasyonu	Depo Seçimi	Sayı Doğrusal	Çok Ürünlü	Depolar
Kar	Rendering	Programlama	Belirli Talepli	Bayiler
Maksimizasyonu	Tesis Seçimi		Araç Kapasitesi	Yeniden İşleme
	Yeniden İşleme		Kısıtlı	Merkezleri
	Merkezi Seçimi		Çok Araçlı (Heterojen)	Rendering Tesisleri
			Çoklu Yeniden İşleme Merkezi	
			Çoklu Rendering Tesisleri	

4.2.2. Sektöre İlişkin Varsayımlar ve Modelin Matematiksel Formülasyonu

Tavukçuluk sektörü için uyarlanan modelin varsayımları şu şekildedir:

- Lojistik açıdan, taze ve dondurulmuş olmak üzere iki farklı ürün grubu bulunmaktadır.
- Ürünler müşterilere genel olarak bayiler aracılığı ile ulaştırılır.
- Bayilerin, her iki ürün grubuna veya sadece bir ürün grubuna talebi olabilir.
- Dondurulmuş ürünlerin dağıtım sürecinde depolar kullanılabilir.

- Dondurulmuş ürünlere talebin olduğu bölgelerdeki bayilere hizmet vermek amacı ile depolar açılabilir.
- Açılacak depolara sadece dondurulmuş ürünlere talebi olan bayilerin ataması yapılabilir.
- Depo alternatifleri, taşıma maliyetleri dikkate alınarak işletmenin ihtiyaçlarına uygun olarak belirlenmelidir.
- Alternatif depolardan hangisinin tercih edileceğine, depo açma ve depodan hizmet verilecek olan bayilere yapılacak olan taşıma maliyeti dikkate alınarak karar verilmektedir.
- Depolara atanan bayilere olan taşıma süreci depolara ait araçlar tarafından gerçekleştirilir. Bu nedenle bu aşamadaki rotalama faaliyeti probleme dâhil edilmemektedir.
- Taze ve dondurulmuş ürünler aynı araçlarla taşınabilir.
- Bozulan ürünlerin geri dönüşümü rendering tesislerinde sağlanmaktadır.
- Rendering tesisleri, dönemsel olarak hammadde ihtiyaçlarını karşılayabilmek için bozulmamış ürünleri de talep edebilir.
- Satılmayan taze ürünler toplanmakta ve yeniden işlenerek dondurulmuş ürünlere dönüştürülür.
- Yeniden işleme süreci, şoklama ünitesine sahip depolarda veya üretim merkezlerinde gerçekleştirilebilir.
- Ürünlerin bozulmadan yeniden işlenebilmesi için, dağıtımını tamamlayan araçlar en yakın yeniden işleme merkezine gitmelidir.
- Taze ürünler yeniden işleme merkezine bırakıldıktan sonra, eğer yeniden işleme merkezi olarak üretim merkezi seçilmemişse, geri dönüşüme uygun ürünlerin rendering tesisine taşınması süreci gelmektedir.
- Yeniden işleme merkezi olarak üretim merkezi seçilmişse rotalama süreci üretim merkezinde son bulur. Üretim merkezine gelen geri dönüşüme uygun ürünler, rendering tesisine götürülmek üzere burada biriktirilmektedir. Bu süreç modelin kapsamı içerisine dâhil edilmemiştir.
- Yeniden işleme merkezinden ayrılan araçlar en uygun rendering tesisine gitmelidir.
- Kamyon kapasiteleri toplam talepten büyük olmalıdır.

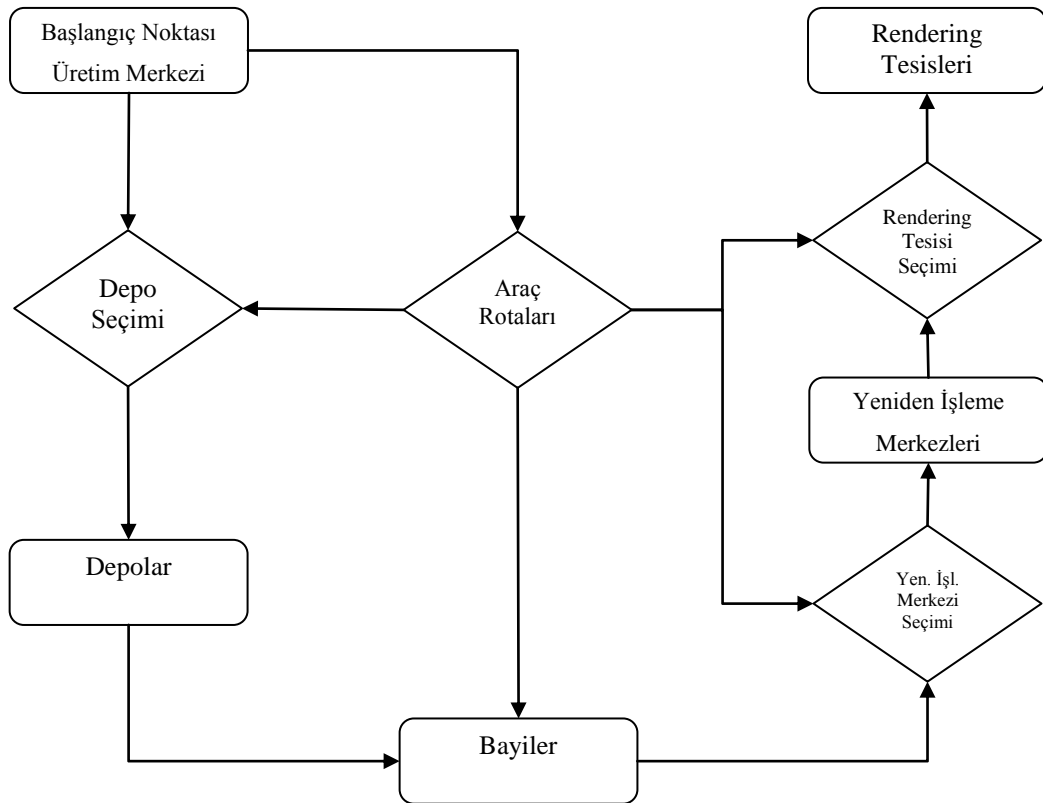
Bu varsayımlar altında, tavukçuluk sektörü için oluşturulan modelde, 3. bölümde ortaya konulan modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aynen geçerli olmakla birlikte ek olarak üretim merkezlerinin de yeniden işleme merkezi olarak değerlendirilmesini sağlayacak olan bir kısıt eklenmesi gerekmektedir.

Kısıtlar:

Eşitlik (1)-(34) ve

$$\sum_{i \in sf} \sum_{j \in sf} x_{ijk} m_{ij} 1000 = y_{ik1} \quad \forall k \in k \quad (35)$$

Modele eklenen (35) numaralı kısıtla birlikte üretim merkezlerinin yeniden işleme merkezi olarak değerlendirilmesi ve dağıtım-toplama süreçlerini tamamlayan kamyonların en yakın yeniden işleme merkezine gitmeleri sağlanmıştır. Yeniden işleme merkezi olarak fabrikaya dönen araçlarda bulunan rendering tesislerine gidecek olan ürünlerin ise burada toplanarak ayrı bir araçla rendering tesislerine gönderildiği varsayılmıştır.



Şekil 9: Problemin genel karar süreçleri

4.3. Önerilen Modelin Bir İşletmede Uygulanması

Tavukçuluk sektöründe faaliyet göstermekte olan bir işletme için lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama probleminin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak işletmeye ilişkin bilgiler toplanmış ve mevcut durum analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonrasında problem tanımlanmış ve problemin çözümü için gerekli verilere ulaşılmıştır. Elde edilen veriler çerçevesinde işletme için yeni bir lojistik ağ modeli oluşturulmuştur. Varsayımları ve karar süreçleri belirlenen model karma tamsayılı doğrusal programlama kullanılarak matematiksel olarak formülize edilmiştir. Çözüm için GAMS programı ve CPLEX çözücüsü kullanılarak optimum sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

4.3.1. İşletmeye İlişkin Bilgiler

370 çalışanı bulunan, üretimin her safhasını kendi bünyesinde gerçekleştiren ve her türlü piliç eti ve ileri işlem ürünleri üreten işletme, üretim kapasitesi ve hedef pazarı açısından, tavukçuluk sektörü içerisinde önemli bir yere sahiptir.

Tablo 15: İşletmenin tarihsel gelişimi

1971	Amatör makine ve 250 adet yumurtayla üretime başlandı
1972	İlk kuluçka makinesi alınarak civciv üretimi artırıldı
1973	Amatör olarak etlik civcivlerde ıslah çalışması yapıldı
1982	Damızlık çiftlikleri ve kuluçka tesisleri kurularak profesyonel üretime geçildi
1997	Temizlenmiş piliç eti üretimine başlandı
2003	Yem fabrikası ve kesimhane işletme bünyesine katılarak alt yapı genişletildi
2004	Civciv üretiminin 100%'ü kendi kesiminde kullanılmaya başlanarak entegre üretime geçildi
2006	İleri işlem görmüş şarküteri ürünlerinin üretimine başlandı
2007	İleri işlem tesisi kurularak kapasite artırıldı
2007	Rendering ve et&kemik unu tesisleri kuruldu
2008	Yağ üretim tesisi üretime başladı

Hava ve su soğutma ünitesine sahip olan işletme, 6000 adet/saat kapasiteli bir kesimhaneye sahiptir. Soğutma üniteleri sayesinde 9 gün raf ömrüne sahip olan piliç etleri aynı tesis içinde, müşteri talepleri doğrultusunda göğüs, kanat, but gibi gruplara ayrılarak hazırlanmakta ve tüketiciye sağlıklı ulaşabilmesi için mutlaka ambalajlanmaktadır.

Hedef pazarını, Ankara'nın doğusunda bulunan bütün illeri içersine alacak şekilde belirleyen işletmede, ürünlerinin bir kısmının çabuk bozulabilir olması dolayısıyla yoğun bir lojistik hareketlilik söz konusudur. Lojistik operasyonlarında dış kaynak kullanmayan işletme, tamamı kendisine ait frigofrik araçlarla taşıma faaliyetlerini yürütmektedir. Belirli bir sistematik dâhilinde gerçekleşmeyen çalışmalar, daha çok bireysel deneyimler üzerine kurulu olan bir yaklaşımla yürütülmektedir.



Şekil 10: İşletmenin bayi ağı

4.3.2. Mevcut Durum Analizi

İşletmede yapılacak olan uygulama sürecinde, teorik çalışma kısmında verilen lojistik ağ tasarımının oluşturulmasında takip edilmesi gereken adımlar ışığında çalışmaya başlanmıştır.

1. *Problemin Tanımlanması*
2. *Hedeflerin Belirlenmesi*
3. *Model Formülasyonu*

İlk adım olan problemin tanımlanması aşamasında işletmenin genel yapısı, üretim şekilleri, ürün özellikleri, lojistik operasyonları ve daha birçok mevcut durumu anlamaya yönelik olarak bilgiler edinilmiştir. Bu bilgiler ışığında sonraki adımlarda yapılacaklar konusunda kabaca kurgulama yapılarak lojistik ağ modeli oluşturulmuştur. Model oluşturulurken ortaya konan varsayımların ve kısıtlamaların işletme açısından uygulanabilir olmasına özenle dikkat edilerek gerçek hayata uygun bir model tasarlanmaya çalışılmıştır.

4.3.3. Problemin Tanımlanması

Sektöre yönelik oluşturulan stratejiler, işletme tarafından, orta ve uzun vadeli hedefler doğrultusunda değerlendirilmiş ve kabul görmüştür. Zaten işletme, oluşturulan stratejileri üretim merkezinin bulunduğu ilde aktif bir şekilde uygulamaktadır.

Problem, en az maliyetle, lojistik açıdan iki çeşit ürünün, farklı kapasitelere ve farklı taşıma maliyetine sahip araçlarla, bayilere dağıtılması ve bayilerde bulunan yeniden işleme merkezlerine ve rendering tesisine götürülecek olan ürünlerin toplanarak ilgili merkezlere taşınması şeklinde tanımlanabilir.

Bu tanımlama çerçevesinde, işletmenin sahip olduğu imkânlar göz önünde bulundurularak, bütün hedef pazarda geçerli olacak bir lojistik ağ tasarımı gerçekleştirilmiştir.

İşletmenin rendering tesisine sahip olması modelleme açısından büyük bir kolaylık sağlamıştır. Ayrıca, işletmenin, hedef pazar içerisinde orta noktada konumlanmış olması ve bayilerin bölgesel olarak sadece dondurulmuş ürünlere taleplerinin olmaması aracı depoların kullanılması gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Buna karşın işletme şoklama ünitelerine sahip bölgesel toptan satış ve yeniden işleme merkezi olarak hizmet verebilecek büyük depoların kurulması probleme dahil edilmiştir.

İşletmenin sahip olduğu imkânlar ve hedefleri çerçevesinde ortaya çıkan problemin genel yapısı tablo 16'daki gibidir:

Tablo 16: Problemin genel yapısı

Amaçlar	Çıktılar	Modelleme	Problem Tanımı	Lojistik ağdaki yapılar
Maliyet	Araç Rotaları	Karma Tam	Tek Dönemli	Üretim Merkezi
Minimizasyonu	Yeniden İşleme Merkezi Seçimi	Sayıli Doğrusal Programlama	Çok Ürünlü Belirli Talepli Araç Kapasitesi Kısıtlı Çok Araçlı (Heterojen) Çoklu Yeniden İşleme Merkezi	Bayiler Yeniden İşleme Merkezleri

4.3.4. Çözüm İçin Gerekli Verilerin Oluşturulması

Tanımlanan problemin çözümü için gerekli bilgilerin bir kısmı işletme yetkilileri tarafından sağlanırken bir kısmı da çalışma sürecinde oluşturulmuştur.

Ürün gruplarına olan talepler, araç portföyüne ilişkin kapasiteler ve maliyetler, üyeler arası mesafeler aşağıda tablolar halinde sunulmuştur.

İşletmenin bütünleşik ve sistematik bir lojistik alt yapıya sahip olmamasından dolayı bayilerin ürünlere olan talepleri farklı dönemler içerisinde değerlendirilmekte ve ayrı olarak karşılanmaktadır. Tanımlanan problem içerisinde ise talep dönemleri eşit ve 4 gün olarak belirlenmiştir. Bu nedenle işletme tarafından verilen ortalama talep miktarları talep sıklıkları ile çarpılarak 4 günlük dönemlere dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm ve sonrasında oluşan talep miktarları tablo 17’de gösterilmektedir.

Tablo 17: Bayilerin talepleri

Bayi No	TALEP SIKLIĞI - TS (AYDA)	BAYİNİN TALEP ETTİĞİ TAZE TAVUK –T (KG)	BAYİNİN TALEP ETTİĞİ DONDURULMUŞ TAVUK – D (KG)	TxTS/7,5	DxTS/7,5
1	6	5520	-	4416	
2	12	5200	-	8320	
3	12	5600	-	8960	
4	4	1500	5700	800	3040
5	2	1230	-	328	
6	12	700	2760	1120	4416
7	12	210	-	336	
8	2	7550	-	2013	
9	2	540	5100	144	1360
10	2	-	5610		1496
11	2	-	2940		784
12	12	2980	2340	4768	3744
13	12	5810	75	9296	120
14	12	1000	20	1600	32

15	12	2710	480	4336	768
16	24	3040	250	9728	800
17	12	4450	670	7120	1072
18	12	4600	10	7360	16
19	12	2050	1970	3280	3152
20	12	3265	4130	5224	6608
21	12	2120	720	3392	1152
22	12	5135	2120	8216	3392
23	2	2450	10575	653	2820
24	8	3680	3225	3925	3440

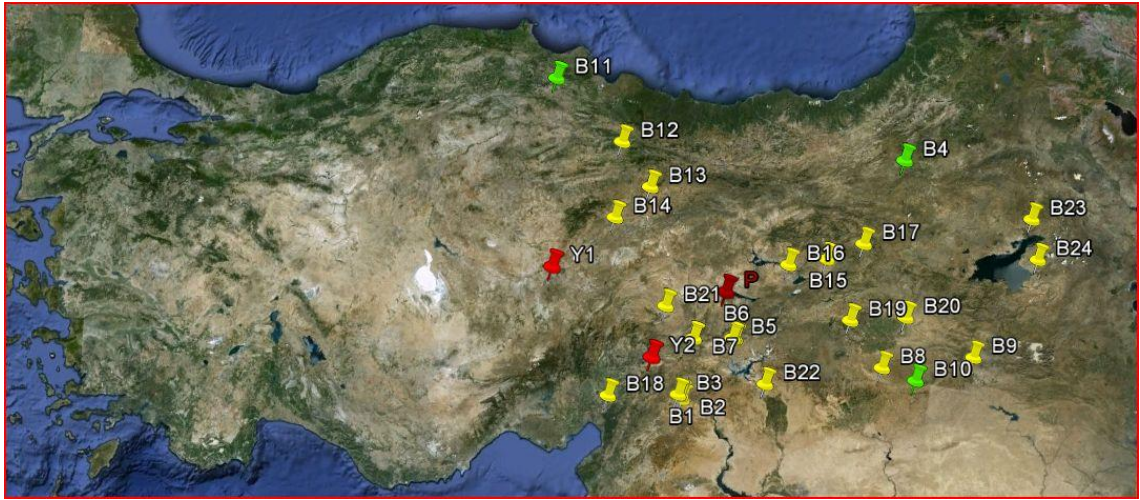
İşletmenin sahip olduğu araç portföyü ve bu araçların kapasite ve taşıma maliyeti bilgileri tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18: Araç kapasiteleri ve dolu-boş ortalama yakıt tüketim değerleri

SIRA	AZAMI YÜKLÜ AĞIRLIĞI	NET AĞIRLIĞI	ARAÇ KAPASİTESİ	YAKIT TÜKETİM	
				%	Katsayı
1	12875	5770	7105	22.5	4.5
2	21000	8050	12950	25	5
3	32000	13230	18770	30	6
4	25000	9800	15200	25	5
5	7500	3293	4207	20	4
6	21000	7460	13540	25	5
7	25000	10500	14500	25	5
8	7500	3950	3550	20	4
9	40730	16480	24250	35	7
10	40150	15750	24400	35	7
11	40150	15750	24400	35	7
12	40150	15750	24400	35	7

Tablo 19: Uzaklık matrisi

	f	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14	b15	b16	b17	b18	b19	b20	b21	b22	b23	b24	y1	y2	
f		219	225	219	437	131	135	110	346	492	398	529	346	241	283	182	118	257	309	249	341	114	259	604	618	357	205	f
b1	219		7.4	4.5	637	152	155	109	319	457	362	681	498	431	349	412	331	455	141	313	407	248	139	672	687	375	80	b1
b2	225	7.4		15.5	644	160	162	116	327	464	370	688	506	438	356	419	339	462	149	320	414	255	146	679	694	392	97	b2
b3	219	4.5	15.5		640	152	155	109	322	460	366	675	493	425	343	415	331	458	136	316	410	242	142	675	690	373	78	b3
b4	437	637	644	640		519	517	542	423	539	475	620	497	439	519	256	321	183	770	329	376	546	504	280	434	650	633	b4
b5	131	152	160	152	519		3.4	63	291	429	334	652	469	364	388	264	200	339	271	247	341	207	114	607	621	452	158	b5
b6	135	155	162	155	517	3.4		67	294	432	337	655	472	367	391	261	198	337	274	251	344	210	117	610	625	456	161	b6
b7	110	109	116	109	542	63	67		326	464	369	630	447	343	344	286	222	361	200	282	376	185	149	641	656	390	96	b7
b8	346	319	327	322	423	291	294	326		153	59	863	681	576	618	249	254	240	451	99	150	454	182	436	450	694	400	b8
b9	492	457	464	460	539	429	432	464	153		96	1010	827	722	764	395	400	364	588	246	171	600	320	388	403	832	538	b9
b10	398	362	370	366	475	334	337	369	59	96		915	733	628	670	301	306	292	494	151	132	506	226	416	431	737	443	b10
b11	529	681	688	675	620	652	655	630	863	1010	915		190	283	328	624	631	629	776	762	854	544	805	898	1052	389	591	b11
b12	346	498	506	493	497	469	472	447	681	827	733	190		105	150	517	453	506	518	584	676	366	627	775	929	275	412	b12
b13	241	431	438	425	439	364	367	343	576	722	628	283	105		82	412	349	448	451	479	571	262	492	717	871	211	348	b13
b14	283	349	356	343	519	388	391	344	618	764	670	328	150	82		455	390	528	369	521	613	247	478	797	950	129	266	b14
b15	182	412	419	415	256	264	261	286	249	395	301	624	517	412	455		66	75	547	153	245	291	280	394	408	529	377	b15
b16	118	331	339	331	321	200	198	222	254	400	306	631	453	349	390	66		141	421	157	249	226	283	512	526	472	320	b16
b17	257	455	462	458	183	339	337	361	240	364	292	629	506	448	528	75	141		588	147	194	367	321	321	336	605	453	b17
b18	309	141	149	136	770	271	274	200	451	588	494	776	518	451	369	547	421	588		442	536	267	268	801	816	389	109	b18
b19	249	313	320	316	329	247	251	282	99	246	151	762	584	479	521	153	157	147	442		94	356	179	380	395	618	379	b19
b20	341	407	414	410	376	341	344	376	150	171	132	854	676	571	613	245	249	194	536	94		449	273	287	302	712	472	b20
b21	114	248	255	242	546	207	210	185	454	600	506	544	366	262	247	291	226	367	267	356	449		373	714	729	273	161	b21
b22	259	139	146	142	504	114	117	149	182	320	226	805	627	492	478	280	283	321	268	179	273	373		539	553	514	220	b22
b23	604	672	679	675	280	607	610	641	436	388	416	898	775	717	797	394	512	321	801	380	287	714	539		103	921	737	b23
b24	618	687	694	690	434	621	625	656	450	403	431	1052	929	871	950	408	526	336	816	395	302	729	553	103		940	756	b24
y1	357	375	392	373	650	452	456	390	694	832	737	389	275	211	129	529	472	605	389	618	712	273	514	921	940		293	y1
y2	205	80	97	78	633	158	161	96	400	538	443	591	412	348	266	377	320	453	109	379	472	161	220	737	756	293		y2



Şekil 11: Ağ üyelerinin konumlarının belirlenmesi

Ağ üyeleri arasındaki mesafelerin belirlenmesi için öncelikle, işletmeden bütün üyelerin adres bilgileri alınmıştır. Adres bilgileri kullanılarak Google Earth programı üzerinde konumlar belirlenmiş ve şekil 11'deki gibi harita üzerinde işaretlenmiştir. Yine aynı program içerisinde bütün noktalar arası gerçek uzaklık değerleri hesaplanmış ve tablo 19'da verilen uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Uzaklık matrisinin oluşturulmasıyla birlikte problemin çözümü için gerekli bütün bilgiler tamamlanmış ve modelleme aşamasına geçilmiştir.

4.3.5. Modelin Varsayımları ve Karar Süreçleri

Problemin tanımlanması ve çözüm için gerekli bilgilerin toplanmasının ardından modele ilişkin varsayımlar ve karar süreçleri oluşturulmuştur. Bu varsayımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Lojistik açıdan, taze ve dondurulmuş olmak üzere iki farklı ürün grubu bulunmaktadır.
- Ürünler müşterilere bayiler aracılığı ile ulaştırılmaktadır.
- Bayilerin, her iki ürün grubuna veya sadece bir ürün grubuna talebi olabilir.
- Taze ve dondurulmuş ürünler aynı araçlarla taşınabilir.
- Bozulan ürünlerin geri dönüşümü rendering tesislerinde sağlanmaktadır.
- Satılmayan taze ürünler toplanmakta ve yeniden işlenerek dondurulmuş ürünlere dönüştürülmektedir.

- Yeniden işleme süreci, şoklama ünitesine sahip depolarda veya üretim merkezlerinde gerçekleştirilebilmektedir.
- Ürünlerin bozulmadan yeniden işlenebilmesi için, dağıtımı tamamlayan araçlar en yakın yeniden işleme merkezine gitmelidir.
- İşletme yönetimi tarafından bölgesel hizmet verecek, içerisinde şoklama ünitelerinin de bulunduğu depolar açılması kararlaştırılmıştır.
- İlk aşamada Kayseri ve Maraş illerinde yeniden işleme özelliği olan depoların açılması planlanmaktadır.
- Ortalama 50 ton kapasiteli bu depoların taleplerinin büyük miktarlarda olmasından dolayı bu merkezlere taşıma süreci problemin kapsamı dışında bırakılmıştır. Yalnızca yeniden işleme merkezi olarak probleme dâhil edilmiştir.
- Üretim merkezinde aynı zamanda rendering tesisi bulunmaktadır. Bu nedenle geri dönüşüme uygun ürünlerin satışı söz konusu değildir.
- Hedef pazar içerisinde bulunan bayilerin her iki ürün grubuna yönelik taleplerinin olması depo gereksinimini ortadan kaldırmaktadır.
- Toplam araç kapasitesi, bütün taleplerin bir dönemde karşılanması için yeterli olmaktadır.

4.3.6. Modelin Matematiksel Formülasyonu

Varsayımları belirlenen model karma tamsayı doğrusal programlamayla formüle edilmiştir. Daha önce verilen modellerden farklı olarak alternatif rendering tesislerinin ve depoların olmayışı modelleme sürecini kolaylaştırmıştır. İşletmeye göre yeniden uyarlanmış olan modele ilişkin setler, parametreler, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar şu şekildedir:

Setler:

i = bütün lokasyonlar kümesi

j = bütün lokasyonlar kümesi

sa_i = yeniden işleme merkezleri dışındaki gidilecek lokasyonlar alt kümesi

sf_i = üretim merkezi lokasyonu alt kümesi

sfd_i = üretim merkezi dışında gidilecek lokasyonlar alt kümesi

sbt_i = bayiler alt kümesi

sy_i = yeniden işleme merkezleri alt kümesi

$sy1_i$ = 1 numaralı yeniden işleme merkezi alt kümesi

$sy2_i$ = 2 numaralı yeniden işleme merkezi alt kümesi

k = kamyonlar kümesi

p = ürünler kümesi

Parametreler:

kap_k = k. kamyonun kapasitesi

c_k = k. kamyonun birim taşıma maliyeti

t_{ip} = i. lokasyonun p. ürüne olan talebi

m_{ij} = i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe

Sayısal Değerler:

N_b = üretim merkezi dışındaki gidilecek lokasyon sayısı

N_k = kullanılan kamyon sayısı

0-1 Karar Değişkenleri:

x_{ijk} = 1 i. lokasyondan j. lokasyona k. kamyon ile geçilirse $i \neq j$

g_{ik} = 1 k. kamyon i düğümüne girerse

a_{ik} = 1 k. kamyon i düğümünden ayrılırsa

Pozitif Değişkenler:

la_i = üretim merkezinden bağımsız alt tur oluşumunu engellemek için kullanılan değişken;

Değişkenler:

Z = amaç fonksiyonu değeri

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in sa} \sum_j \sum_k x_{ijk} c_k m_{ij}$$

Fabrika

$$\sum_{j \in sbt} x_{ijk} = a_{ik} \quad \forall i \in sf, \forall k \in k \quad (1)$$

$$\sum_i x_{ijk} = g_{jk} \quad \forall j \in sf, \forall k \in k \quad (2)$$

$$\sum_k a_{ik} = N_k \quad \forall i \in sf \quad (3)$$

Bayiler

$$\sum_{i \in sa} x_{ijk} = g_{jk} \quad \forall j \in sbt, \forall k \in k \quad (4)$$

$$\sum_j x_{ijk} = a_{ik} \quad \forall i \in sbt, \forall k \in k \quad (5)$$

$$\sum_k a_{ik} = 1 \quad \forall i \in sbt \quad (6)$$

Giriş Cıkış

$$a_{ik} = g_{ik} \quad \forall i \in i, \forall k \in k \quad (7)$$

Araçlar İçin Kapasite Kısıtı

$$\sum_i \sum_j x_{ijk} \sum_p t_{jp} \leq kap_k \quad \forall k \in k \quad (8)$$

Fabrikadan Bağımsız Alt Turların Engellenmesi

$$la_i - la_j + N_b \sum_k x_{ijk} \leq N_b - 1 \quad \forall i \in sbt, \forall j \in sbt \quad (9)$$

$$la_i \leq N_b \quad \forall i \in sbt \quad (10)$$

Yeniden İşleme Merkezleri

$$\sum_{i \in sf} x_{jik} = \sum_{i \in sbt} x_{ijk} \quad \forall j \in sy, \forall k \in k \quad (11)$$

$$\sum_{j \in sbt} x_{ijk} = 0 \quad \forall i \in sy, \forall k \in k \quad (12)$$

$$\sum_{i \in sbt} \sum_{j \in sy} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in k \quad (13)$$

$$x_{ijk}, a_{ik}, g_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in i, \forall j \in j, \forall k \in k \quad i \neq j \quad (14)$$

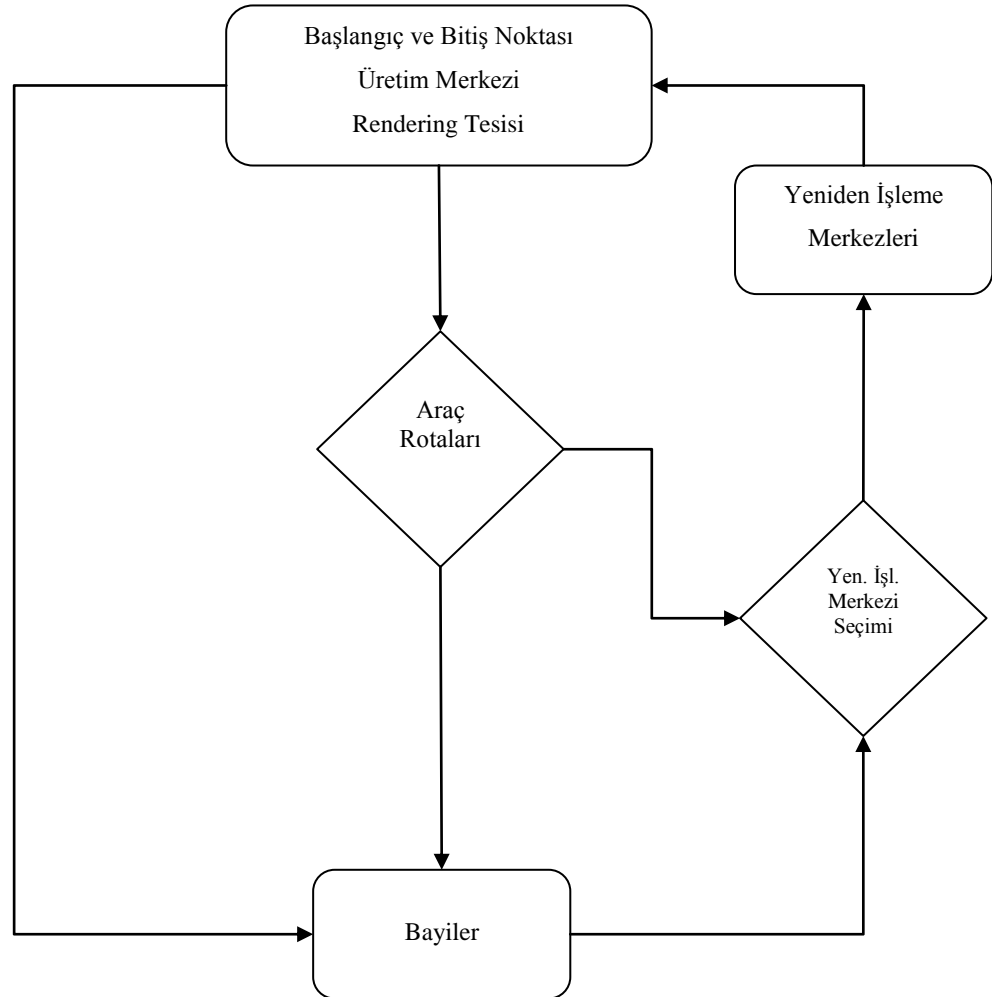
Yeniden işleme merkezlerinden fabrikaya olan uzaklıklar amaç fonksiyonundaki maliyet hesabı içerisinde çıkarılmıştır. Amaç fonksiyonunda yapılan değişiklik ile en yakın yeniden işleme merkezinin tercih edilmesi için daha önceki modellerde kullanılan üç kısıtın kalkması sağlanmıştır.

(1)-(3) numaralı kısıtlar kamyonların fabrikadan çıkışını ve tekrar fabrikaya dönüşünü garanti altına almaktadır. Bununla birlikte, (3) numaralı kısıtla, kullanılacak araç sayısı belirlenebilir. (4)-(6) numaralı kısıtlarla, her bayinin sadece bir kamyonla ve bir defa ziyaret edilmesi sağlanmaktadır. Fabrika ve bayilere giriş yapan kamyonların çıkış yapması zorunluluğu (7) numaralı kısıt tarafından gerçekleştirilmektedir.

Kamyon kapasitelerinin aşılmaması gerekliliği (8) numaralı kısıtla ifade edilmektedir. Fabrikadan bağımsız alt turların oluşması sonucu araçların döngüyü tamamlayamamaları sorunu (9) ve (10) numaralı kısıtlarla aşılmaktadır.

Fabrika dışındaki yeniden işleme merkezlerine yapılacak olan giriş ve çıkışların kontrolü (11)-(13) numaralı kısıtlarla sağlanmıştır. Yeniden işleme merkezine uğrayan araçlar sonrasında fabrikaya dönmektedirler.

Son olarak, karar değişkenleriyle ilgili tanımlamalara ise (14) numaralı kısıtta yer verilmiştir. Daha önceki modellerde oluşan doğrusal olmayan yapılar bu modelde bulunmamaktadır.



Şekil 12: Modelin genel yapısı

4.4. Problemin Çözümü

Karma tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak ifade edilen problemin çözümü için GAMS programı kullanılmıştır. Çözücü olarak ise, program içerisinde yer alan ve bu problem türlerindeki en güçlü çözücü olduğu varsayılan CPLEX çözücüsü kullanılmıştır.

Bu uygulamada, ağ üyelerinin sayısı, farklı kapasitelere ve farklı taşıma maliyetlerine sahip araçların kullanılması sonucu üç indisli bir karar değişkeni kullanılması problemin

zorluk seviyesini yükseltmiştir. Bu nedenle, çözücü ayarlarında yapılan değişikliklerle birlikte uzun süren bir çözüm sürecinin ardından sonuca ulaşmak mümkün olmuştur.

4.4.1. Modelin GAMS Programına Aktarılması

Karma tamsayı programlama modelleri Np-zor sınıfında yer alan problemlerdir. Bu nedenle, problemin boyutu büyüdükçe uygun zamanda çözüm elde etmek zorlaşmaktadır.

Karma tamsayı programlama modelleri için genellikle bu alandaki en iyi çözücü olan CPLEX kullanılmaktadır. Büyük ölçekli problemlerin çözümünde CPLEX çözücüsünün varsayılan ayarları yetersiz kalabilmektedir. Bundan dolayı, CPLEX 10.0 ve sonrasındaki sürümlerle beraber getirilen bazı modifikasyon ayarları yapılabilmektedir. Bu ayarlamalar, farklı başlangıç çözümleri, kesme ve sondajlama stratejileri denenmesine olanak tanıyarak CPLEX çözücüsünün performansını artırmaktadır. IBM tarafından ortaya konulan, karma tamsayı programlamada çözücü performansının artırılmasında yapılabilecek ayarlamalar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- **Öncelikle varsayılan ayarları dene:** Çözücünün varsayılan ayarları genellikle birçok modelde en uygun sonucu elde etmek üzere oluşturulmuştur. Bu nedenle öncelikli olarak, hiçbir ek ayarlama yapmadan, varsayılan ayarlarla çözücünün çalıştırılması birçok modelde kolaylıkla sonuç elde edilmesini sağlayacaktır.
- **Probe (Sondajlama) ayarını 3 olarak değiştirin (en agresif ayar):** Probe ayarı önemli ölçüde performans artışı sağlayabilmektedir. Ancak bu işlem, çözüm zamanını uzatabilmektedir. Bu ayarlama, genel tamsayı değişkenlerden ziyade 0-1 tamsayı değişkenlerin bulunduğu modellerde faydalı olmaktadır.
- **Mipemphasis parametresini değiştirmeyi deneyin:** Eğer optimal çözüme ulaşmak ana amaç değilse, parametre değerinin 1 olarak ayarlanması daha fazla uygun çözüm bulunmasını sağlayacaktır.
- **CPLEX'in karma tamsayı programlama başlatma, RINS sezgiseli ve çözüm parlatma özelliklerini iyi kullanın:** CPLEX 9.0 ve 10.0 sürümleri ile birlikte gelen yeni özellikler uygun çözümlerin çok daha hızlı bir şekilde bulunmasını kolaylaştırmaktadır. Mipemphasis ayarının 3 olarak ayarlanması başlangıç çözümü için RINS sezgiseli yaklaşımının kullanılmasını ve uygun bir başlangıç çözümü üretilmesini sağlamaktadır. Bu ayarın 1 olarak ayarlanması

ise başlangıç çözümü için yerel arama sezgiselinin kullanımını ifade etmektedir. Yerel arama sezgiselinin kullanımı uygun çözümlerin sayısını çok hızlı bir şekilde artıracaktır.

- **Kesim (cuts) jenerasyonu için agresif ayarları kullanın:** Cuts ayarının 2 olarak ayarlanması kesim jenerasyonunu artıracaktır. Dolayısıyla, daralan sınırlar içerisinde gerçek optimum değere ulaşmak daha kolay olacaktır. Daha agresif bir kesim için ise parametre değeri 3 olarak ayarlanabilir.
- **Modeldeki özel parametre ayarları hakkındaki bilgileri kullanın:** Oluşturulan modele özel bir değerlendirme yapılarak parametre değerlerinde değişiklikler yapılabilir. Örneğin, kesikli değişkenlerdeki yukarı dallanma, hızlı bir şekilde uygun çözümler verecektir.
- **Yavaş performans nedenleri için düğüm geçmişini inceleyin:** Düğüm geçmişinin (nod log) incelenmesi yavaş performansın nedenlerinin bulunmasında önemli ölçüde yardımcı olabilmektedir.
- **Öncelik sırası kullanmayı düşünün:** Öncelik sırası, en yüksek öncelikli tamsayılı değişkenin bulunduğu dala verilmelidir. Bu işlem performansı büyük ölçüde artırabilmektedir.
- **Modelin bilgilerine göre kesim eklemeyi düşünün:** CPLEX, problemi genel bir tamsayılı program olarak görür. Bu nedenle, modelin bazı mantıksal yanlarının farkında olmayabilir. CPLEX tarafından asla belirlenemeyecek olan bu mantıksal durumlar için kullanıcı tarafından kesimler eklenebilir.
- **Modeli yeniden formüle etmeyi deneyin:** Aynı modelin iki değişik formülasyonla çözümünden elde edilen sonuçlar arasında büyük farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle, modelin yeniden gözden geçirilerek gereksiz ifadelerin ortadan kaldırılması veya kısıtların farklı bir şekilde ifade edilmesi çözüm sürecinde önemli kolaylıklar getirebilmektedir.

Bu ayarlar dışında GAMS programına ait bazı kısıtlamalarında ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu kısıtlamalar:

- **Hafıza seçimi:** Çözüm sürecinde denenen iterasyonların hafızada tutulması gerekmektedir. Büyük ölçekli problemlerin çözümü için yüksek hafıza kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Program, yeterli hafızanın olmadığı

durumlarda çözüm süreci tamamlanmadan hata vermektedir. Varsayılan ayar olarak bilgisayarın ram belleği seçili durumdadır. Düşük ram belleğine sahip bilgisayarlarda hafıza hızlı bir şekilde dolarak çözüm durdurulmaktadır. Kayıt yeri ayarının değiştirilmesi ile hard disk varsayılan hafıza olarak seçilebilmektedir. Bilgisayarların hard diskleri, yüksek kapasitelere sahip olmalarından dolayı, çözümün tamamlanması için yeterli hafıza alanı sunabilmektedir.

- **Ram kullanımı:** Depolama çalışması için kullanılan bellek miktarı “workmem” ayarı kullanılarak değiştirilebilir. Bellek kullanımıyla ilgili programın vereceği hata raporuna bakılarak bellek miktarının artırılması veya azaltılması gerekebilmektedir.
- **Süre limiti:** Programda çözüm süresine yönelik bir kısıtlama getirilebilir. Varsayılan ayarda belirlenen değer büyük ölçekli problemlerin çözümü için yeterli olmayabilir. “Reslim” komutuyla birlikte girilecek değerle istenilen süreye ulaşılabilmektedir.
- **İterasyon limiti:** Çözüm için denenen iterasyonlar içinde bir kısıtlama söz konusudur. Bu kısıtlamayı genişletebilmek için “iterlim” komutuyla birlikte yüksek bir değer girmek gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen temel ayarlar ve kısıtlamaların dışında çözücü performansının artırılmasına yönelik daha birçok ayar bulunmaktadır. En yüksek performansı elde edebilmek için bütün ayarların kullanıcı tarafından dikkatle incelenmesi ve denemeler yapılarak en uygun çözüm ayarlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

4.4.2. Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışmanın uygulama kısmında ele alınan problemin büyük ölçekli olmasından dolayı varsayılan ayarlarla çözüme ulaşmak mümkün olmamıştır. Bu nedenle, çözücü ayarlarında modifikasyon yapma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Farklı ayarlar kullanılarak yapılan denemelerle en iyi çözüme en hızlı şekilde ulaşabilmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler sonucu en uygun çözümün elde edildiği ayarlar ve bu ayarlarla elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar tablo 20’de gösterilmektedir.

Tablo 20: Amaç fonksiyonu değeri ve xijk karar değişkenlerinin aldığı değerler

Amaç Fonksiyonu Değeri								
1614,085								
	k2	k3	k4	k6	k7	k9	k11	k12
f .b5		1.000						
f .b7							1.000	
f .b12	1.000							
f .b13				1.000				
f .b17						1.000		
f .b20								1.000
f .b21					1.000			
f .b24			1.000					
b1 .b3							1.000	
b2 .b1							1.000	
b3 .y2							1.000	
b4 .f			1.000					
b5 .b6		1.000						
b6 .b22		1.000						
b7 .b2							1.000	
b8 .b19								1.000
b9 .b10								1.000
b10.b8								1.000
b11.y1	1.000							
b12.b11	1.000							
b13.b14				1.000				
b14.y1				1.000				
b15.b16						1.000		
b16.f						1.000		
b17.b15						1.000		
b18.y2					1.000			

b19.f								1.000
b20.b9								1.000
b21.b18					1.000			
b22.y2		1.000						
b23.b4			1.000					
b24.b23			1.000					
y1 .f	1.000			1.000				
y2 .f		1.000			1.000		1.000	

Sonuçların elde edildiği ayarlar ise GAMS programına tablo 21’deki şekilde girilmiştir:

Tablo 21: Değiştirilen ayarlar ve çözüme ilişkin bilgiler

GAMS Kodları	Çözüme ilişkin bilgiler
<pre> model transport /all/; option reslim=1000000; option MIP=Cplex; transport.optfile=1; \$onecho > cplex.opt nodefileind 3 workmem 128 solvefinal 0 probe 2 mipemphasis 1 \$offecho solve transport using mip minimizing Z; display x.l; </pre>	<p>Geçen zaman: 252979,40 saniye İterasyon sayısı: 2.37e+008 = 237 milyon Kullanılan hafıza: 46438,76 mb Uygun Çözümler: 21</p>

Yukarda verilen ayarlarla daha iyi bir çözüm elde edilmiş olsa da çözüm için uzun bir süre gerekmiştir. Yapılan denemelerde, optimum çözüm olmasa da optimum çözüme çok yakın bir çözümün kısa sürede elde edildiği ayar kombinasyonları olmuştur. Çok daha hızlı bir şekilde iterasyonların yapıldığı ve optimuma yakın çözümlerin bulunduğu bu ayarlara ilişkin bilgiler ve elde edilen çözüm tablo 22’de gösterilmektedir.

Tablo 22: Hızlı çözüm ayarları ve çözüme ilişkin bilgiler

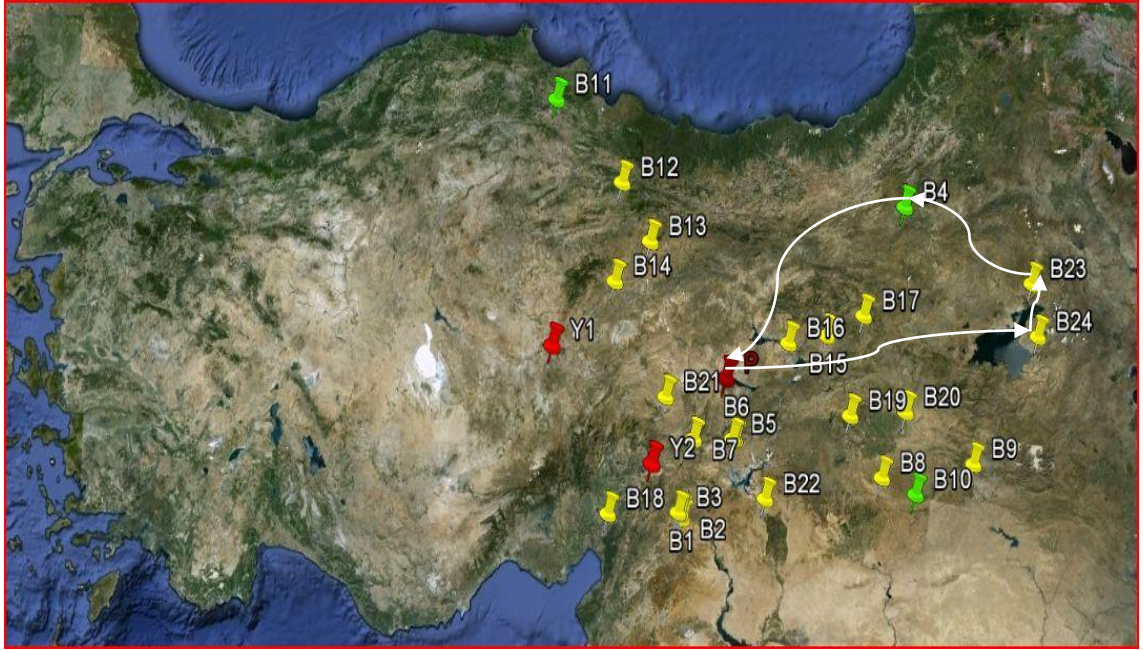
GAMS Kodları	Çözüme ilişkin bilgiler
<pre> model transport /all/; option reslim=10000000; option MIP=Cplex; transport.optfile=1; \$onecho > cplex.opt nodefileind 3 workmem 12 solvefinal 0 probe 3 threads 2 parallelmode 1 varsel 4 cuts 3 mipemphasis 2 solnpoolintensity 1 \$offecho solve transport using mip minimizing Z; display x.l; </pre>	<p>Amaç fonksiyonu değeri: 1647,065</p> <p>Geçen zaman: 1891,65 saniye</p> <p>İterasyon sayısı: 31866</p> <p>Kullanılan hafıza: 1,56 mb</p> <p>Uygun Çözümler: 7</p>

Bu ayarların dışında, çözüm uzayının daraltılması ile ilgili olan “Optcr” ayarının varsayılan değerinin artırılarak problemin çözülmesi optimum sonuca çok daha hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlamıştır.

Problemin çözümünü, tablo 20’de verilen sonuçlar çerçevesinde, genel olarak değerlendirecek olursak, dağıtım ve toplama faaliyetleri için tanımlanan 12 araçtan 8 tanesi kullanılmıştır. 1, 5, 8 ve 10 numaralı kamyonlar taşıma için tercih edilmemişlerdir. 1 numaralı yeniden işleme merkezi 2 ve 6 numaralı kamyonlar tarafından ziyaret edilirken, 2 numaralı yeniden işleme merkezine 3, 7 ve 11 numaralı kamyonlar uğramıştır. 4, 9 ve 12 numaralı kamyonlar ise yakınlık dolayısıyla yeniden işleme için fabrikaya dönmüşlerdir. Bir dönemde yapılacak olan taşımanın işletmeye maliyeti ise 1614,085 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 13: İşletme için belirlenen araç rotaları



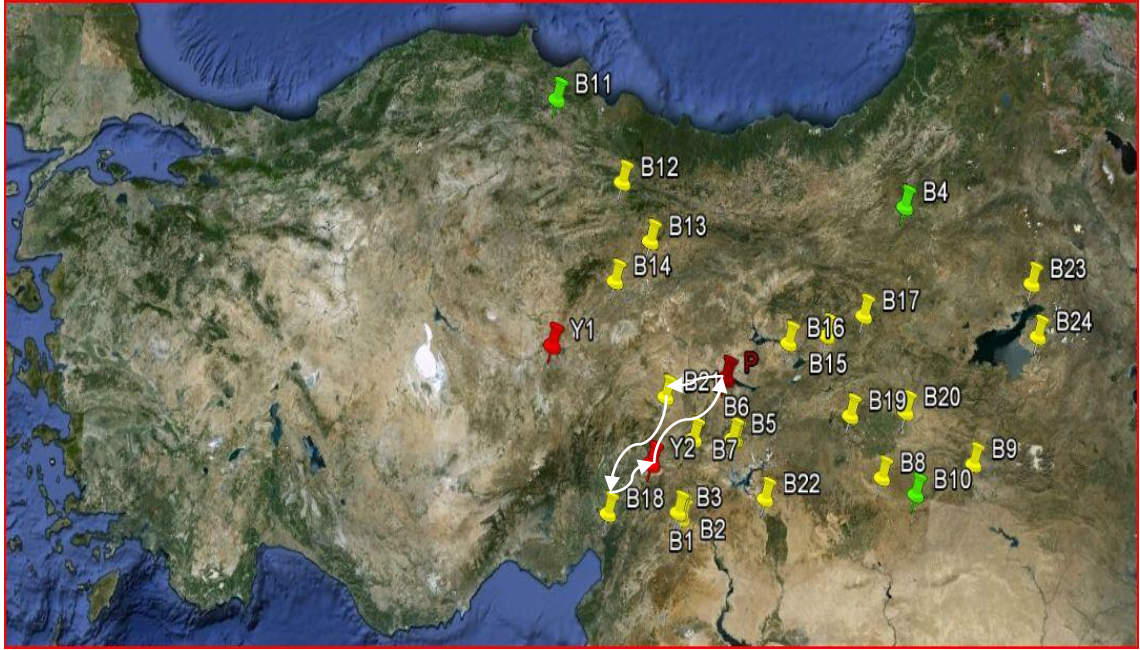
Şekil 16: 4. kamyonun rotası

4. kamyon sırasıyla 24, 23 ve 4 numaralı bayilere uğrayarak fabrikaya dönmüştür.



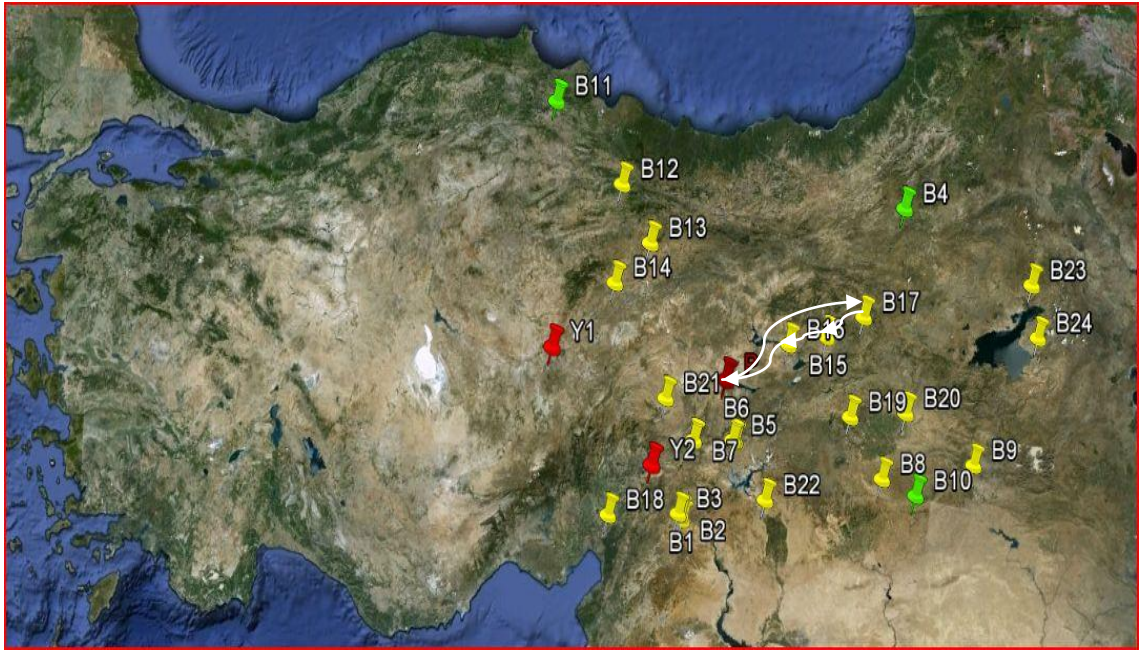
Şekil 17: 6. kamyonun rotası

6. kamyon 13, 14 numaralı bayilere ve 1 numaralı yeniden işleme merkezine uğrayarak fabrikaya dönmüş ve rotasını tamamlamıştır.



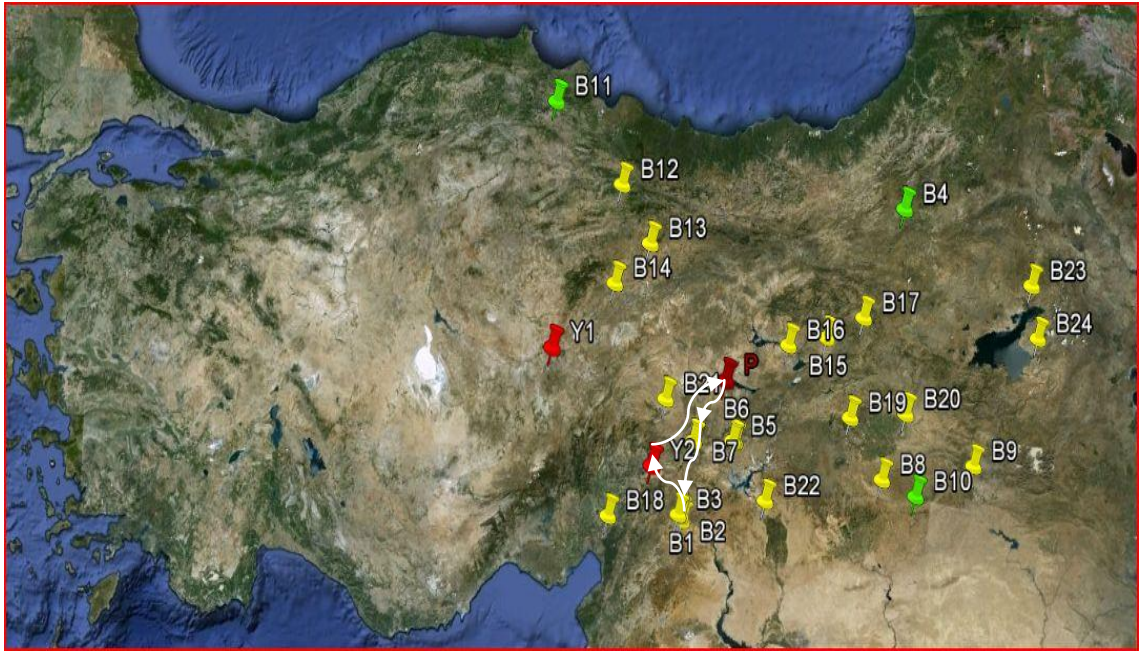
Şekil 18: 7. kamyonun rotası

7 numaralı kamyon 21. ve 18. bayilere ardından 2 numaralı yeniden işleme merkezine uğrayarak fabrikaya dönmüştür.



Şekil 19: 9. kamyonun rotası

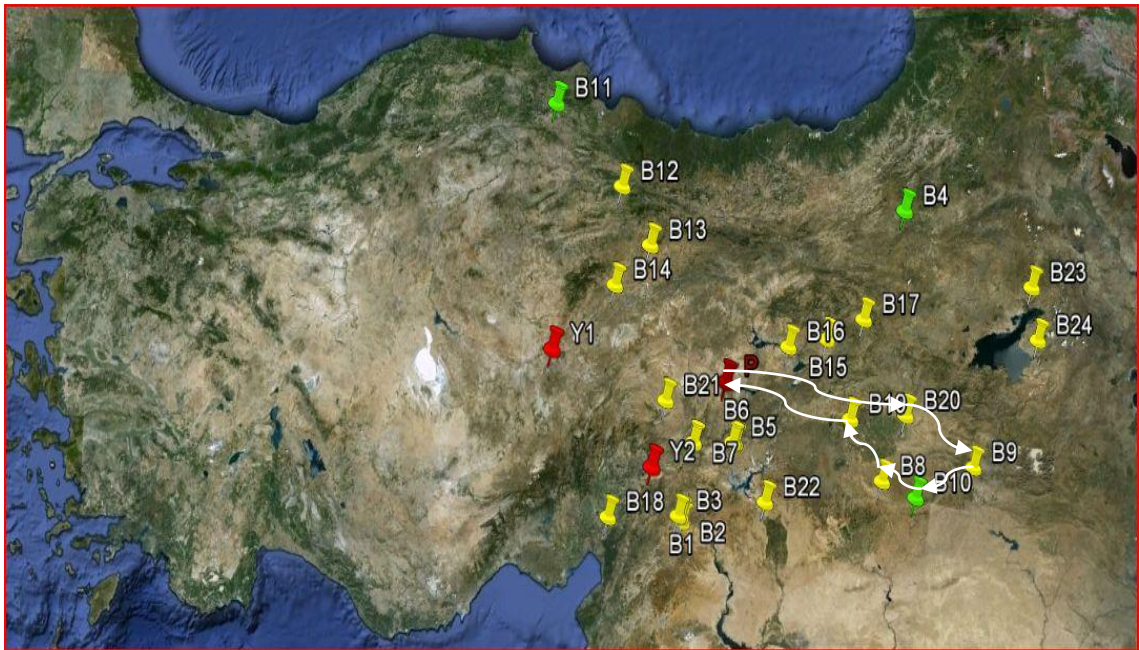
9. kamyon sırasıyla 17, 15 ve 16 numaralı bayilere uğrayarak fabrikaya dönmüştür.



Şekil 20: 11. kamyonun rotası

11 numaralı kamyon 7, 2, 1 ve 3 numaralı bayilere ardından 2 numaralı yeniden işleme merkezini ziyaret ederek fabrikaya dönmüştür.

Son olarak, 12. kamyon 20, 9, 10, 8 ve 19 numaralı bayilere uğrayarak tekrar fabrikaya dönmüştür.



Şekil 21: 12. kamyonun rotası

Fabrikadan bağımsız alt turların oluşumunu engelleyen kısıtların başarılı bir şekilde çalışması sonucu, fabrikadan başlayan rotalar yine fabrikada son bulmuştur.

Elde edilen sonuçların sağlayacağı kârı, işletmenin daha önceden sahip olduğu planlama yaklaşımının kaotikliğinden dolayı ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle önceki durumla önerilen durum arasındaki farklılık sayısal olarak ifade edilememiştir. Ancak önerilen modelin planlama sürecine daha sistematik bir yaklaşım kazandırmasından dolayı gerek maliyet gerekse planlama açısından çok önemli faydalar sağlayacağını söylemek mümkündür.

İşletme, üretim merkezinin bulunduğu noktada bir rendering tesisine sahiptir. Bundan dolayı geri dönüşüm için dışsal üyelerin kullanımı modele dâhil edilmemiştir. Rendering tesislerinin hammadde bulmakta zorluk çektikleri dönemlerde yüksek fiyatlardan alım yapmaları söz konusudur. Hatta, ihtiyaçlarını karşılamak için bozulmamış ürünleri dahi talep edebilmektedirler. Bu tür durumların söz konusu olduğu dönemlerde modele dışsal üyelerin eklenerek yeniden çözülmesi gerekir. Ayrıca değişen pazar koşullarına uygun olarak ağın yeniden tasarlanması gerekebilir. Bu nedenle önerilen modele ilişkin bütün detaylar işletme yöneticileri ile paylaşılmıştır. Modelin işletme tarafından daha kolay uygulanmasını sağlayacak bir ara yüz kazandırılarak paket program haline getirilmesi ise ileride yapılacak çalışmalar kısmında önerilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, lojistik ağ tasarımı ve araç rotalama problemlerinin bütünleşik olarak ele alındığı bir model önerilmiştir. Önerilen modelde yer seçimi, atama ve rotalama fonksiyonlarının, bütünleşik bir lojistik ağ yapısı içerisinde, eşzamanlı olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Genel olarak maliyet minimizasyonu amaçlansa da, tersine lojistik sürecinde geri dönüştürülecek olan ürünlerden elde edilecek olan gelirin maksimizasyonu da amaç fonksiyonu içerisine dâhil edilmiştir.

İleriye doğru ve tersine akış sürecindeki, geri dönüşüm ve yeniden işleme merkezleri başta olmak üzere birçok üyeye model içerisinde yer verilmiştir. Modelde, alternatif dağıtım merkezlerinin kurulması, mevcut yeniden işleme ve geri dönüşüm merkezlerinin seçimi, araçların rotalanması ve farklı ürünlerin üretimi, dağıtım ve toplanması söz konusudur. Dağıtım ve toplama için kullanılan araçlar özdeş değildir ve farklı taşıma maliyetlerine sahiptirler. Model genelinde ortaya konulan varsayımların gerçek hayat problemleri dikkate alınarak genel bir şekilde oluşturulması, modelin farklı sektörler için uyarlanmasına izin vermektedir.

Uygulama aşamasında ise, seçilen tavukçuluk sektörüne yönelik, sektörün ihtiyaçları doğrultusunda ve bu alanda deneyimli yöneticilerin tecrübelerinden yararlanılarak yeni stratejiler oluşturulmuştur. Oluşturulan stratejiler çerçevesinde, geliştirilen model sektöre yönelik kavramlar dikkate alınarak revize edilmiş ve sektör için uyarlanmıştır.

Çalışmanın işletme uygulaması ise entegre tavukçuluk yapan ve sektörde önemli konuma sahip olan bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Öncelikle mevcut durum analizi yapılarak işletmenin ihtiyaçları belirlenmiştir. Belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda problem tanımlanmış ve karma tamsayılı doğrusal programlama ile modellenmiştir. Çözüm için gerekli veriler toplanmasının ardından çözüm aşamasına geçilmiştir.

Çözüm için GAMS programının 23.5.1 sürümü kullanılmıştır. Program içerisinde, karma tamsayılı problemlerin çözümü için geliştirilmiş en güçlü çözücülerden biri olan CPLEX 12 çözücüsü tercih edilmiştir.

Model içerisinde farklı kapasitelerde ve farklı maliyetlerde araçların bulunması, talepleri karşılanması gerek bayi sayısının çokluğu ve 3 yeniden işleme merkezinin tanımlanması problemin çözümünü zorlaştırmıştır. Çözüm uzayının büyüklüğü, bütün

alanın taranarak çözüme ulaştırılmasında sorun oluşturmuştur. Bu nedenle, en uygun sonuca kısa sürede ulaşabilmek için farklı başlangıç çözümlerinin denenmesi, kesim ve sondajlama stratejilerinin değiştirilmesi gerekmiştir. Yapılan denemeler sonucunda en uygun çözüme çok yakın bir amaç fonksiyonu değerine, RINS sezgiseli yöntemiyle üretilen başlangıç çözümü, agresif kesme ve en üst sondajlama ayarlarıyla ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde işletmenin lojistik planlaması için en uygun araç rotaları ve tercih edilmesi gereken yeniden işleme merkezleri belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, dağıtım ve toplama faaliyetleri için tanımlanan 12 araçtan 8 tanesi kullanılmıştır. 1, 5, 8 ve 10 numaralı kamyonlar taşıma için tercih edilmemişlerdir. 1 numaralı yeniden işleme merkezi 2 ve 6 numaralı kamyonlar tarafından ziyaret edilirken, 2 numaralı yeniden işleme merkezine 3, 7 ve 11 numaralı kamyonlar uğramıştır. 4, 9 ve 12 numaralı kamyonlar ise yakınlık dolayısıyla yeniden işleme için fabrikaya dönmüşlerdir. Bir dönemde yapılacak olan taşımanın işletmeye maliyeti ise 1614,085 TL olarak bulunmuştur.

Gerek oluşturulan modelin varsayımları ve karar süreçleri açısından gerekse uygulama sürecinde tercih edilen sektör açısından yapılan çalışma özgün bir çalışmadır. Bu çalışmada, farklı çalışmalarda ayrı olarak ele alınmış olan süreçlerin bütünlük olarak incelendiği bir model geliştirilmiştir. Bu nedenle, problemde tanımlanan lojistik ağ içerisindeki karar süreçleri diğer çalışmalara kıyasla daha fazladır ve model daha karmaşık bir yapıdadır. Model içerisinde yer alan ağ üyeleri arasındaki öncelik ilişkisine diğer çalışmalarda rastlanmamıştır.

Modelin oluşturulması sürecinde farklı sektörlerdeki üretici işletmelerin ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğundan birçok sektöre uyarlanabilecek genel bir model sunulmuştur. Konuyla ilgili benzer çalışmalarda, araçlar özdeş olarak ele alınırken bu çalışmada, farklı kapasitelere sahip ve farklı taşıma maliyetleri olan araçların kullanımı söz konusudur. Modelin sektörel uyarılmasına ve işletme uygulamasına bakıldığında ise bu alanda yapılmış benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar dikkate alınarak ileride yapılabilecek çalışmalara yönelik öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Bütünlük lojistik ağ tasarımı problemleri NP-zor kategorisinde olduğu için büyük boyutlu problemlerde en iyi çözümlere ulaşamamakta veya uygun bir

özüm süresi elde edilememektedir. Bu nedenle, ilerde yapılacak olan çalışmalarda, birçok NP-zor problemde başarı ile uygulanmış benzetimli tavlama, tabu arama, genetik algoritma vb. meta-sezgisel yöntemler problemlerin çözümünde kullanılabilir.

- Önerilen modelin, farklı sektörler için belirlenecek yeni varsayımlar ve kavramlar dikkate alınarak uyarlaması gerçekleştirilebilir.
- Dağıtım ve toplama merkezlerinin aktif olarak yer aldığı ve farklı ağ üyelerinin modele dâhil edildiği daha kapsamlı modeller geliştirilebilir.
- Önerilen modele yönelik bir paket program geliştirilerek işletmeler tarafından kullanılabilir, basit bir ara yüze sahip ve kullanımını kolay sistematik çözümler üretilebilir.

EKLER

EK I. Örnek Problem GAMS Kodu

```

1 set
2 i          /f,b1,b2,b3,b4,b5,b6,d1,d2,y1,y2,r1,r2/
3 sa(i)     /f,b1*b4,d1,d2/
4 sar(i)    /f,b1*b4,d1,d2,y1,y2,r1,r2/
5 sf(i)     /f/
6 sfd(i)    /b1*b4,d1,d2,y1,y2,r1,r2/
7 sfrd(i)   /b1*b4,d1,d2,y1,y2/
8 sfry(i)   /b1*b4,d1,d2/
9 sbt(i)    /b1*b4/
10 sbd(i)   /b5,b6/
11 sd(i)    /d1,d2/
12 sr(i)    /r1,r2/
13 sr1(i)   /r1/
14 sr2(i)   /r2/
15 sy(i)    /y1,y2/
16 sy1(i)   /y1/
17 sy2(i)   /y2/
18 syr(i)   /y1,y2,r1,r2/
19 sfr(i)   /f,r1,r2/
20 e        /1,2/
21 k        /k1,k2,k3/
22 p        /p1,p2/ ;
23 alias(i,j) ;
24 parameter
25 kap(k) k. kamyonun kapasitesi
26         /k1 190
27         k2 290
28         k3 155/
29 o(i) d. dağıtım merkezini açma maliyeti
30         /d1 400
31         d2 300/
32 c(k) k. kamyonun birim taşıma maliyeti
33         /k1 1
34         k2 2
35         k3 3/
36 t(i,p) i. lokasyonun p. ürüne olan talebi
37 m(i,j) i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe
38 h(i) b. bayideki geri dönüşüme gönderilecek ürün miktarı
39 ;
40
41 scalar
42 S1 1. geri dönüşüm merkezi birim satış getirisi /10/
43 S2 2. geri dönüşüm merkezi birim satış getirisi /10/
44 Nb fabrika dışındaki gidilecek lokasyon sayısı /10/
45 Nk kamyon sayısı /3/

```

46 ;
47
48 table
49 t(i,p) i. lokasyonun p. ürüne olan talebi
50 p1 p2
51 f 0 0
52 b1 50 40
53 b2 60 70
54 b3 70 0
55 b4 40 30
56 b5 0 20
57 b6 0 20
58 d1 0 40
59 d2 0 40
60 y1 0 0
61 y2 0 0
62 r1 0 0
63 r2 0 0
64 ;
65
66 table
67 m(i,j) i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe
68 f b1 b2 b3 b4 d1 d2 y1 y2 r1 r2
69 f 15 18 34 13 14 15 35 12 30 15
70 b1 15 5 30 35 30 27 10 8 20 35
71 b2 18 5 21 32 24 19 10 18 15 30
72 b3 34 30 21 16 8 4 15 40 17 15
73 b4 13 35 32 16 6 8 16 15 33 10
74 d1 14 30 24 8 6 4 38 28 20 10
75 d2 15 27 19 4 8 4 34 28 16 5
76 y1 35 10 10 15 16 38 34 24 18 12
77 y2 12 8 18 40 15 28 28 24 29 10
78 r1 30 20 15 17 33 20 16 18 29 30
79 r2 15 35 30 15 10 10 5 12 10 30
80 ;
81
82 binary variables
83 x(i,j,k) 1 i. lokasyondan j. lokasyona k. kamyon ile geçilirse
84 g(i,k) 1 k. kamyon i düğümüne girerse
85 a(i,k) 1 k. kamyon i düğümünden ayrılırsa
86 ;
87
88 positive variables
89 la(i) alt tur oluşumunu engellemek için kullanılan değişken
90 ;
91
92 variables
93 Z amaç fonksiyonu değeri
94 kar(k,i) k. kamyonun r. geri dönüşüm merkezine gitmesi sonucu elde edilecek kar

95	$b(i,j,k)$	doğrusallaştırma değişkeni
96	$l(i,j,k)$	doğrusallaştırma değişkeni
97	$y_i(k,e)$	yeniden işleme için ceza değeri
98	;	
99		
100	$h(i)=\sum(p,t(i,p))*uniform(0.01,0.05);$	
101		
102	equations	
103	t_m	toplam maliyet
104		
105	k_1	fabrikan çıkış
106	k_2	fabrikaya dönüş
107	k_3	ihtiyaç kadar kamyonun kullanılması
108		
109	k_4	bayiye giriş
110	k_5	bayiden çıkış
111	k_6	her bayiye 1 kamyon uğramalı
112		
113	k_7	dağıtım merkezi giriş
114	k_8	dağıtım merkezi çıkış
115	k_9	sadece bir dağıtım merkezi açılmalı ve bir kamyon uğramalı
116		
117	k_{10}	giriş olursa çıkışta olmalı
118		
119	k_{11}	kapasite kısıtı
120		
121	k_{12}	fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi 1
122	k_{13}	fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi 2
123		
124	k_{14}	yeniden işleme merkezine giriş olursa çıkışta olmalı
125	k_{15}	yeniden işlemeden sadece geri dönüşüm merkezine veya fabrikaya çıkış olmalı
126	k_{16}	her kamyon sadece bir yeniden işleme merkezine gitmeli
127		
128	k_{17}	taşıma maliyetine bakılmaksızın en yakın yenide işleme merkezine gidilmesi 1
129	k_{18}	taşıma maliyetine bakılmaksızın en yakın yenide işleme merkezine gidilmesi 2
130		
131	k_{19}	geri dönüşüm merkezine giriş olursa çıkışta olmalı
132	k_{20}	geri dönüşüm merkezinden sadece fabrikaya dönüş olmalı
133	k_{21}	yeniden işleme merkezlerinden sadece bir geri dönüşüm merkezine giriş olmalı
134		
135	k_{22}	1. geri dönüşüm merkezine satıştan elde edilecek gelirin taşıma maliyetinden büyük olması
136	k_{23}	doğrusallaştırma kısıtları 1
137	k_{24}	doğrusallaştırma kısıtları 2
138	k_{25}	doğrusallaştırma kısıtları 3

- 139 k26 2. geri dönüşüm merkezine satıştan elde edilecek gelirin taşıma maliyetinden büyük olması
- 140 k27 doğrusallaştırma kısıtları 4
- 141 k28 doğrusallaştırma kısıtları 5
- 142 k29 doğrusallaştırma kısıtları 6
- 143
- 144 k30 dağıtım merkezine atanan bayilerin rotalama dışında bırakılması 1
- 145 k31 dağıtım merkezine atanan bayilerin rotalama dışında bırakılması 2
- 146 k32 doğrusallaştırma için kullanılan değişkenin negatif olmaması
- 147 k33 doğrusallaştırma için kullanılan değişkenin negatif olmaması
- 148 ;
- 149
- 150 tm.. $Z = e = \sum((i,j,k), x(i,j,k) * c(k) * m(i,j) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) +$
- 151 $\sum((sd(i),k), g(i,k) * o(i)) +$
- 152 $\sum((sd(i),k), g(i,k) * \sum(sbd(j), c(k) * m(i,j))) -$
- 153 $\sum((sr(i),k), kar(k,i)) +$
- 154 $\sum((e,k), yi(k,e));$
- 155
- 156
- 157 *fabrika
- 158
- 159 k1(i,k)\$sf(i).. $\sum(j \$sa(j), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = a(i,k);$
- 160 k2(j,k)\$sf(j).. $\sum(i \$syr(i), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = g(j,k);$
- 161 k3(sf(i)).. $\sum(k, a(i,k)) = l = Nk;$
- 162
- 163 *bayiler
- 164
- 165 k4(j,k)\$sbt(j).. $\sum(i \$sa(i), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = g(j,k);$
- 166 k5(i,k)\$sbt(i).. $\sum(j \$sfrd(j), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = a(i,k);$
- 167 k6(i)\$sbt(i).. $\sum(k, a(i,k)) = e = 1;$
- 168
- 169 *dağıtım merkezi seçimi
- 170 k7(j,k)\$sd(j).. $\sum(i \$sa(i), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = g(j,k);$
- 171 k8(i,k)\$sd(i).. $\sum(j \$sfrd(j), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) = e = a(i,k);$
- 172 k9.. $\sum((sd(i),k), g(i,k)) = e = 1;$
- 173
- 174 *giriş çıkış
- 175
- 176 k10(i,k).. $a(i,k) = e = g(i,k);$
- 177
- 178 *kapasite kısıtı
- 179
- 180 k11(k).. $\sum((sa(i),j) \$sa(j), x(i,j,k) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j))) * \sum(p, t(j,p))) \gg$
 $= l = \text{kap}(k);$
- 181
- 182 *alttur engelleme
- 183
- 184 k12(sfd(i,j))\$sfd(j).. $(la(i) - la(j) + Nb * (\sum(k, x(i,j,k)))) \$(\text{ord}(i) \text{ ne } \text{ord}(j)) = l = Nb - 1;$
- 185 k13(i)\$sfd(i).. $la(i) = l = Nb;$

```

186
187 *Yeniden işleme merkezi
188
189 k14(j,k)$sy(j)..      sum(sfr(i),x(j,i,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e= sum(i$ sfr»
y(i),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)));
190 k15(sy(i),k)..      sum(sfry(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e=0;
191 k16(k)..            sum((sfry(i),j)$sy(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=l=1;
192
193
194 *en yakın yeniden işleme
195
196 k17(k)..            sum((sfry(i),j)$sy2(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))*m»
(i,j)*1000)=e=yi(k,'2');
197 k18(k)..            sum((sfry(i),j)$sy1(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))*m»
(i,j)*1000)=e=yi(k,'1');
198
199
200 *geri dönüşüm
201
202 k19(j,k)$sr(j)..    x(j,'f',k)=e= sum(sy(i),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))    ;
203 k20(sr(i),k)..      sum(sfd(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e=0;
204 k21(sy(i),k)..      sum(sr(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=l=1;
205
206
207
208 *geri dönüşüm maliyeti
209
210 k22(k)..            sum((sar(i),j)$sar(j),b(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))*h(»
j)*S1)-sum((sy(i),j)$sr1(j),x(i,j,k)*c(k)*(m(i,j)+m(j,'f')))=e=Kar(k,'r1');
211 k23(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    b(i,j,k)=l=x('r1','f',k);
212 k24(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    b(i,j,k)=l=x(i,j,k);
213 k25(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    b(i,j,k)=g=x('r1','f',k)+x(i,j,k)-1;
214 k26(k)..            sum((sar(i),j)$sar(j),l(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))*h(»
j)*S2)-sum((sy(i),j)$sr2(j),x(i,j,k)*c(k)*(m(i,j)+m(j,'f')))=e=Kar(k,'r2');
215 k27(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    l(i,j,k)=l=x('r2','f',k);
216 k28(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    l(i,j,k)=l=x(i,j,k);
217 k29(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    l(i,j,k)=g=x('r2','f',k)+x(i,j,k)-1;
218
219 *dağıtım merkezine atanan bayilerin rotalama dışında bırakılması
220
221 k30(k)..            sum((sar(i),j)$sbd(j),x(i,j,k)+x(j,i,k))=e=0;
222 k31(k)..            sum((sbd(i),j)$sbd(j),x(i,j,k))=e=0;
223 k32(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    b(i,j,k)=g=0;
224 k33(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))..    l(i,j,k)=g=0;
225 model transport /all/;
226 solve transport using mip minimizing Z;
227 display x.l;

```

EK II. Örnek Problem GAMS Sonuç Çıktısı

---- tm =E= toplam maliyet

tm..- 15*x(f,b1,k1) - 30*x(f,b1,k2) - 45*x(f,b1,k3) - 18*x(f,b2,k1)
 - 36*x(f,b2,k2) - 54*x(f,b2,k3) - 34*x(f,b3,k1) - 68*x(f,b3,k2)
 - 102*x(f,b3,k3) - 13*x(f,b4,k1) - 26*x(f,b4,k2) - 39*x(f,b4,k3)
 - 14*x(f,d1,k1) - 28*x(f,d1,k2) - 42*x(f,d1,k3) - 15*x(f,d2,k1)
 - 30*x(f,d2,k2) - 45*x(f,d2,k3) - 35*x(f,y1,k1) - 70*x(f,y1,k2)
 - 105*x(f,y1,k3) - 12*x(f,y2,k1) - 24*x(f,y2,k2) - 36*x(f,y2,k3)
 - 30*x(f,r1,k1) - 60*x(f,r1,k2) - 90*x(f,r1,k3) - 15*x(f,r2,k1)
 - 30*x(f,r2,k2) - 45*x(f,r2,k3) - 15*x(b1,f,k1) - 30*x(b1,f,k2)
 - 45*x(b1,f,k3) - 5*x(b1,b2,k1) - 10*x(b1,b2,k2) - 15*x(b1,b2,k3)
 - 30*x(b1,b3,k1) - 60*x(b1,b3,k2) - 90*x(b1,b3,k3) - 35*x(b1,b4,k1)
 - 70*x(b1,b4,k2) - 105*x(b1,b4,k3) - 30*x(b1,d1,k1) - 60*x(b1,d1,k2)
 - 90*x(b1,d1,k3) - 27*x(b1,d2,k1) - 54*x(b1,d2,k2) - 81*x(b1,d2,k3)
 - 10*x(b1,y1,k1) - 20*x(b1,y1,k2) - 30*x(b1,y1,k3) - 8*x(b1,y2,k1)
 - 16*x(b1,y2,k2) - 24*x(b1,y2,k3) - 20*x(b1,r1,k1) - 40*x(b1,r1,k2)
 - 60*x(b1,r1,k3) - 35*x(b1,r2,k1) - 70*x(b1,r2,k2) - 105*x(b1,r2,k3)
 - 18*x(b2,f,k1) - 36*x(b2,f,k2) - 54*x(b2,f,k3) - 5*x(b2,b1,k1)
 - 10*x(b2,b1,k2) - 15*x(b2,b1,k3) - 21*x(b2,b3,k1) - 42*x(b2,b3,k2)
 - 63*x(b2,b3,k3) - 32*x(b2,b4,k1) - 64*x(b2,b4,k2) - 96*x(b2,b4,k3)
 - 24*x(b2,d1,k1) - 48*x(b2,d1,k2) - 72*x(b2,d1,k3) - 19*x(b2,d2,k1)
 - 38*x(b2,d2,k2) - 57*x(b2,d2,k3) - 10*x(b2,y1,k1) - 20*x(b2,y1,k2)
 - 30*x(b2,y1,k3) - 18*x(b2,y2,k1) - 36*x(b2,y2,k2) - 54*x(b2,y2,k3)
 - 15*x(b2,r1,k1) - 30*x(b2,r1,k2) - 45*x(b2,r1,k3) - 30*x(b2,r2,k1)
 - 60*x(b2,r2,k2) - 90*x(b2,r2,k3) - 34*x(b3,f,k1) - 68*x(b3,f,k2)

$$\begin{aligned}
& - 102*x(b3,f,k3) - 30*x(b3,b1,k1) - 60*x(b3,b1,k2) - 90*x(b3,b1,k3) \\
& - 21*x(b3,b2,k1) - 42*x(b3,b2,k2) - 63*x(b3,b2,k3) - 16*x(b3,b4,k1) \\
& - 32*x(b3,b4,k2) - 48*x(b3,b4,k3) - 8*x(b3,d1,k1) - 16*x(b3,d1,k2) \\
& - 24*x(b3,d1,k3) - 4*x(b3,d2,k1) - 8*x(b3,d2,k2) - 12*x(b3,d2,k3) \\
& - 15*x(b3,y1,k1) - 30*x(b3,y1,k2) - 45*x(b3,y1,k3) - 40*x(b3,y2,k1) \\
& - 80*x(b3,y2,k2) - 120*x(b3,y2,k3) - 17*x(b3,r1,k1) - 34*x(b3,r1,k2) \\
& - 51*x(b3,r1,k3) - 15*x(b3,r2,k1) - 30*x(b3,r2,k2) - 45*x(b3,r2,k3) \\
& - 13*x(b4,f,k1) - 26*x(b4,f,k2) - 39*x(b4,f,k3) - 35*x(b4,b1,k1) \\
& - 70*x(b4,b1,k2) - 105*x(b4,b1,k3) - 32*x(b4,b2,k1) - 64*x(b4,b2,k2) \\
& - 96*x(b4,b2,k3) - 16*x(b4,b3,k1) - 32*x(b4,b3,k2) - 48*x(b4,b3,k3) \\
& - 6*x(b4,d1,k1) - 12*x(b4,d1,k2) - 18*x(b4,d1,k3) - 8*x(b4,d2,k1) \\
& - 16*x(b4,d2,k2) - 24*x(b4,d2,k3) - 16*x(b4,y1,k1) - 32*x(b4,y1,k2) \\
& - 48*x(b4,y1,k3) - 15*x(b4,y2,k1) - 30*x(b4,y2,k2) - 45*x(b4,y2,k3) \\
& - 33*x(b4,r1,k1) - 66*x(b4,r1,k2) - 99*x(b4,r1,k3) - 10*x(b4,r2,k1) \\
& - 20*x(b4,r2,k2) - 30*x(b4,r2,k3) - 14*x(d1,f,k1) - 28*x(d1,f,k2) \\
& - 42*x(d1,f,k3) - 30*x(d1,b1,k1) - 60*x(d1,b1,k2) - 90*x(d1,b1,k3) \\
& - 24*x(d1,b2,k1) - 48*x(d1,b2,k2) - 72*x(d1,b2,k3) - 8*x(d1,b3,k1) \\
& - 16*x(d1,b3,k2) - 24*x(d1,b3,k3) - 6*x(d1,b4,k1) - 12*x(d1,b4,k2) \\
& - 18*x(d1,b4,k3) - 4*x(d1,d2,k1) - 8*x(d1,d2,k2) - 12*x(d1,d2,k3) \\
& - 38*x(d1,y1,k1) - 76*x(d1,y1,k2) - 114*x(d1,y1,k3) - 28*x(d1,y2,k1) \\
& - 56*x(d1,y2,k2) - 84*x(d1,y2,k3) - 20*x(d1,r1,k1) - 40*x(d1,r1,k2) \\
& - 60*x(d1,r1,k3) - 10*x(d1,r2,k1) - 20*x(d1,r2,k2) - 30*x(d1,r2,k3) \\
& - 15*x(d2,f,k1) - 30*x(d2,f,k2) - 45*x(d2,f,k3) - 27*x(d2,b1,k1) \\
& - 54*x(d2,b1,k2) - 81*x(d2,b1,k3) - 19*x(d2,b2,k1) - 38*x(d2,b2,k2) \\
& - 57*x(d2,b2,k3) - 4*x(d2,b3,k1) - 8*x(d2,b3,k2) - 12*x(d2,b3,k3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - 8*x(d2,b4,k1) - 16*x(d2,b4,k2) - 24*x(d2,b4,k3) - 4*x(d2,d1,k1) \\
& - 8*x(d2,d1,k2) - 12*x(d2,d1,k3) - 34*x(d2,y1,k1) - 68*x(d2,y1,k2) \\
& - 102*x(d2,y1,k3) - 28*x(d2,y2,k1) - 56*x(d2,y2,k2) - 84*x(d2,y2,k3) \\
& - 16*x(d2,r1,k1) - 32*x(d2,r1,k2) - 48*x(d2,r1,k3) - 5*x(d2,r2,k1) \\
& - 10*x(d2,r2,k2) - 15*x(d2,r2,k3) - 35*x(y1,f,k1) - 70*x(y1,f,k2) \\
& - 105*x(y1,f,k3) - 10*x(y1,b1,k1) - 20*x(y1,b1,k2) - 30*x(y1,b1,k3) \\
& - 10*x(y1,b2,k1) - 20*x(y1,b2,k2) - 30*x(y1,b2,k3) - 15*x(y1,b3,k1) \\
& - 30*x(y1,b3,k2) - 45*x(y1,b3,k3) - 16*x(y1,b4,k1) - 32*x(y1,b4,k2) \\
& - 48*x(y1,b4,k3) - 38*x(y1,d1,k1) - 76*x(y1,d1,k2) - 114*x(y1,d1,k3) \\
& - 34*x(y1,d2,k1) - 68*x(y1,d2,k2) - 102*x(y1,d2,k3) - 24*x(y1,y2,k1) \\
& - 48*x(y1,y2,k2) - 72*x(y1,y2,k3) - 18*x(y1,r1,k1) - 36*x(y1,r1,k2) \\
& - 54*x(y1,r1,k3) - 12*x(y1,r2,k1) - 24*x(y1,r2,k2) - 36*x(y1,r2,k3) \\
& - 12*x(y2,f,k1) - 24*x(y2,f,k2) - 36*x(y2,f,k3) - 8*x(y2,b1,k1) \\
& - 16*x(y2,b1,k2) - 24*x(y2,b1,k3) - 18*x(y2,b2,k1) - 36*x(y2,b2,k2) \\
& - 54*x(y2,b2,k3) - 40*x(y2,b3,k1) - 80*x(y2,b3,k2) - 120*x(y2,b3,k3) \\
& - 15*x(y2,b4,k1) - 30*x(y2,b4,k2) - 45*x(y2,b4,k3) - 28*x(y2,d1,k1) \\
& - 56*x(y2,d1,k2) - 84*x(y2,d1,k3) - 28*x(y2,d2,k1) - 56*x(y2,d2,k2) \\
& - 84*x(y2,d2,k3) - 24*x(y2,y1,k1) - 48*x(y2,y1,k2) - 72*x(y2,y1,k3) \\
& - 29*x(y2,r1,k1) - 58*x(y2,r1,k2) - 87*x(y2,r1,k3) - 10*x(y2,r2,k1) \\
& - 20*x(y2,r2,k2) - 30*x(y2,r2,k3) - 30*x(r1,f,k1) - 60*x(r1,f,k2) \\
& - 90*x(r1,f,k3) - 20*x(r1,b1,k1) - 40*x(r1,b1,k2) - 60*x(r1,b1,k3) \\
& - 15*x(r1,b2,k1) - 30*x(r1,b2,k2) - 45*x(r1,b2,k3) - 17*x(r1,b3,k1) \\
& - 34*x(r1,b3,k2) - 51*x(r1,b3,k3) - 33*x(r1,b4,k1) - 66*x(r1,b4,k2) \\
& - 99*x(r1,b4,k3) - 20*x(r1,d1,k1) - 40*x(r1,d1,k2) - 60*x(r1,d1,k3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - 16*x(r1,d2,k1) - 32*x(r1,d2,k2) - 48*x(r1,d2,k3) - 18*x(r1,y1,k1) \\
& - 36*x(r1,y1,k2) - 54*x(r1,y1,k3) - 29*x(r1,y2,k1) - 58*x(r1,y2,k2) \\
& - 87*x(r1,y2,k3) - 30*x(r1,r2,k1) - 60*x(r1,r2,k2) - 90*x(r1,r2,k3) \\
& - 15*x(r2,f,k1) - 30*x(r2,f,k2) - 45*x(r2,f,k3) - 35*x(r2,b1,k1) \\
& - 70*x(r2,b1,k2) - 105*x(r2,b1,k3) - 30*x(r2,b2,k1) - 60*x(r2,b2,k2) \\
& - 90*x(r2,b2,k3) - 15*x(r2,b3,k1) - 30*x(r2,b3,k2) - 45*x(r2,b3,k3) \\
& - 10*x(r2,b4,k1) - 20*x(r2,b4,k2) - 30*x(r2,b4,k3) - 10*x(r2,d1,k1) \\
& - 20*x(r2,d1,k2) - 30*x(r2,d1,k3) - 5*x(r2,d2,k1) - 10*x(r2,d2,k2) \\
& - 15*x(r2,d2,k3) - 12*x(r2,y1,k1) - 24*x(r2,y1,k2) - 36*x(r2,y1,k3) \\
& - 10*x(r2,y2,k1) - 20*x(r2,y2,k2) - 30*x(r2,y2,k3) - 30*x(r2,r1,k1) \\
& - 60*x(r2,r1,k2) - 90*x(r2,r1,k3) - 400*g(d1,k1) - 400*g(d1,k2) \\
& - 400*g(d1,k3) - 300*g(d2,k1) - 300*g(d2,k2) - 300*g(d2,k3) + Z \\
& + kar(k1,r1) + kar(k1,r2) + kar(k2,r1) + kar(k2,r2) + kar(k3,r1) \\
& + kar(k3,r2) - yi(k1,1) - yi(k1,2) - yi(k2,1) - yi(k2,2) - yi(k3,1) \\
& - yi(k3,2) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k1 =E= fabrika çıkış

$$\begin{aligned}
k1(f,k1).. & x(f,b1,k1) + x(f,b2,k1) + x(f,b3,k1) + x(f,b4,k1) + x(f,d1,k1) \\
& + x(f,d2,k1) - a(f,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k1(f,k2).. & x(f,b1,k2) + x(f,b2,k2) + x(f,b3,k2) + x(f,b4,k2) + x(f,d1,k2) \\
& + x(f,d2,k2) - a(f,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k1(f,k3).. & x(f,b1,k3) + x(f,b2,k3) + x(f,b3,k3) + x(f,b4,k3) + x(f,d1,k3) \\
& + x(f,d2,k3) - a(f,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k2 =E= fabrikaya dönüş

$$k2(f,k1).. x(y1,f,k1) + x(y2,f,k1) + x(r1,f,k1) + x(r2,f,k1) - g(f,k1) =E= 0 ;$$

(LHS = 0)

$$k2(f,k2).. x(y1,f,k2) + x(y2,f,k2) + x(r1,f,k2) + x(r2,f,k2) - g(f,k2) =E= 0 ;$$

(LHS = 0)

$$k2(f,k3).. x(y1,f,k3) + x(y2,f,k3) + x(r1,f,k3) + x(r2,f,k3) - g(f,k3) =E= 0 ;$$

(LHS = 0)

---- k3 =L= ihtiyaç kadar kamyonun kullanılması

$$k3(f).. a(f,k1) + a(f,k2) + a(f,k3) =L= 3 ; (LHS = 0)$$

---- k4 =E= bayiye giriş

$$k4(b1,k1).. x(f,b1,k1) + x(b2,b1,k1) + x(b3,b1,k1) + x(b4,b1,k1) + x(d1,b1,k1)$$

$$+ x(d2,b1,k1) - g(b1,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k4(b1,k2).. x(f,b1,k2) + x(b2,b1,k2) + x(b3,b1,k2) + x(b4,b1,k2) + x(d1,b1,k2)$$

$$+ x(d2,b1,k2) - g(b1,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k4(b1,k3).. x(f,b1,k3) + x(b2,b1,k3) + x(b3,b1,k3) + x(b4,b1,k3) + x(d1,b1,k3)$$

$$+ x(d2,b1,k3) - g(b1,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 9 ENTRIES SKIPPED

---- k5 =E= bayiden çıkış

$$k5(b1,k1).. x(b1,b2,k1) + x(b1,b3,k1) + x(b1,b4,k1) + x(b1,d1,k1) + x(b1,d2,k1)$$

$$+ x(b1,y1,k1) + x(b1,y2,k1) - a(b1,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k5(b1,k2).. x(b1,b2,k2) + x(b1,b3,k2) + x(b1,b4,k2) + x(b1,d1,k2) + x(b1,d2,k2)$$

$$+ x(b1,y1,k2) + x(b1,y2,k2) - a(b1,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k5(b1,k3).. x(b1,b2,k3) + x(b1,b3,k3) + x(b1,b4,k3) + x(b1,d1,k3) + x(b1,d2,k3)$$

$$+ x(b1,y1,k3) + x(b1,y2,k3) - a(b1,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 9 ENTRIES SKIPPED

---- k6 =E= her bayiye 1 kamyon uğramalı

$$k6(b1).. a(b1,k1) + a(b1,k2) + a(b1,k3) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ****)$$

$$k6(b2).. a(b2,k1) + a(b2,k2) + a(b2,k3) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ****)$$

$$k6(b3).. a(b3,k1) + a(b3,k2) + a(b3,k3) =E= 1 ; (LHS = 0, INFES = 1 ****)$$

REMAINING ENTRY SKIPPED

---- k7 =E= dağıtım merkezi giriş

$$k7(d1,k1).. x(f,d1,k1) + x(b1,d1,k1) + x(b2,d1,k1) + x(b3,d1,k1) + x(b4,d1,k1) \\ + x(d2,d1,k1) - g(d1,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k7(d1,k2).. x(f,d1,k2) + x(b1,d1,k2) + x(b2,d1,k2) + x(b3,d1,k2) + x(b4,d1,k2) \\ + x(d2,d1,k2) - g(d1,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k7(d1,k3).. x(f,d1,k3) + x(b1,d1,k3) + x(b2,d1,k3) + x(b3,d1,k3) + x(b4,d1,k3) \\ + x(d2,d1,k3) - g(d1,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k8 =E= dağıtım merkezi çıkış

$$k8(d1,k1).. x(d1,b1,k1) + x(d1,b2,k1) + x(d1,b3,k1) + x(d1,b4,k1) + x(d1,d2,k1) \\ + x(d1,y1,k1) + x(d1,y2,k1) - a(d1,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k8(d1,k2).. x(d1,b1,k2) + x(d1,b2,k2) + x(d1,b3,k2) + x(d1,b4,k2) + x(d1,d2,k2) \\ + x(d1,y1,k2) + x(d1,y2,k2) - a(d1,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k8(d1,k3).. x(d1,b1,k3) + x(d1,b2,k3) + x(d1,b3,k3) + x(d1,b4,k3) + x(d1,d2,k3) \\ + x(d1,y1,k3) + x(d1,y2,k3) - a(d1,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k9 =E= sadece bir dağıtım merkezi açılmalı ve bir kamyon uğramalı

$$k9.. g(d1,k1) + g(d1,k2) + g(d1,k3) + g(d2,k1) + g(d2,k2) + g(d2,k3) =E= 1 ;$$

$$(LHS = 0, INFES = 1 ****)$$

---- k10 =E= giriş olursa çıkışta olmalı

$$k10(f,k1).. - g(f,k1) + a(f,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k10(f,k2).. - g(f,k2) + a(f,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k10(f,k3).. - g(f,k3) + a(f,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 36 ENTRIES SKIPPED

---- k11 =L= kapasite kısıtı

$$\begin{aligned} k11(k1).. & 90*x(f,b1,k1) + 130*x(f,b2,k1) + 70*x(f,b3,k1) + 70*x(f,b4,k1) \\ & + 40*x(f,d1,k1) + 40*x(f,d2,k1) + 130*x(b1,b2,k1) + 70*x(b1,b3,k1) \\ & + 70*x(b1,b4,k1) + 40*x(b1,d1,k1) + 40*x(b1,d2,k1) + 90*x(b2,b1,k1) \\ & + 70*x(b2,b3,k1) + 70*x(b2,b4,k1) + 40*x(b2,d1,k1) + 40*x(b2,d2,k1) \\ & + 90*x(b3,b1,k1) + 130*x(b3,b2,k1) + 70*x(b3,b4,k1) + 40*x(b3,d1,k1) \\ & + 40*x(b3,d2,k1) + 90*x(b4,b1,k1) + 130*x(b4,b2,k1) + 70*x(b4,b3,k1) \\ & + 40*x(b4,d1,k1) + 40*x(b4,d2,k1) + 90*x(d1,b1,k1) + 130*x(d1,b2,k1) \\ & + 70*x(d1,b3,k1) + 70*x(d1,b4,k1) + 40*x(d1,d2,k1) + 90*x(d2,b1,k1) \\ & + 130*x(d2,b2,k1) + 70*x(d2,b3,k1) + 70*x(d2,b4,k1) + 40*x(d2,d1,k1) =L= \\ & 190 ; (LHS = 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k11(k2).. & 90*x(f,b1,k2) + 130*x(f,b2,k2) + 70*x(f,b3,k2) + 70*x(f,b4,k2) \\ & + 40*x(f,d1,k2) + 40*x(f,d2,k2) + 130*x(b1,b2,k2) + 70*x(b1,b3,k2) \\ & + 70*x(b1,b4,k2) + 40*x(b1,d1,k2) + 40*x(b1,d2,k2) + 90*x(b2,b1,k2) \\ & + 70*x(b2,b3,k2) + 70*x(b2,b4,k2) + 40*x(b2,d1,k2) + 40*x(b2,d2,k2) \\ & + 90*x(b3,b1,k2) + 130*x(b3,b2,k2) + 70*x(b3,b4,k2) + 40*x(b3,d1,k2) \\ & + 40*x(b3,d2,k2) + 90*x(b4,b1,k2) + 130*x(b4,b2,k2) + 70*x(b4,b3,k2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 40*x(b4,d1,k2) + 40*x(b4,d2,k2) + 90*x(d1,b1,k2) + 130*x(d1,b2,k2) \\
& + 70*x(d1,b3,k2) + 70*x(d1,b4,k2) + 40*x(d1,d2,k2) + 90*x(d2,b1,k2) \\
& + 130*x(d2,b2,k2) + 70*x(d2,b3,k2) + 70*x(d2,b4,k2) + 40*x(d2,d1,k2) =L= \\
& 290 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k11(k3).. & 90*x(f,b1,k3) + 130*x(f,b2,k3) + 70*x(f,b3,k3) + 70*x(f,b4,k3) \\
& + 40*x(f,d1,k3) + 40*x(f,d2,k3) + 130*x(b1,b2,k3) + 70*x(b1,b3,k3) \\
& + 70*x(b1,b4,k3) + 40*x(b1,d1,k3) + 40*x(b1,d2,k3) + 90*x(b2,b1,k3) \\
& + 70*x(b2,b3,k3) + 70*x(b2,b4,k3) + 40*x(b2,d1,k3) + 40*x(b2,d2,k3) \\
& + 90*x(b3,b1,k3) + 130*x(b3,b2,k3) + 70*x(b3,b4,k3) + 40*x(b3,d1,k3) \\
& + 40*x(b3,d2,k3) + 90*x(b4,b1,k3) + 130*x(b4,b2,k3) + 70*x(b4,b3,k3) \\
& + 40*x(b4,d1,k3) + 40*x(b4,d2,k3) + 90*x(d1,b1,k3) + 130*x(d1,b2,k3) \\
& + 70*x(d1,b3,k3) + 70*x(d1,b4,k3) + 40*x(d1,d2,k3) + 90*x(d2,b1,k3) \\
& + 130*x(d2,b2,k3) + 70*x(d2,b3,k3) + 70*x(d2,b4,k3) + 40*x(d2,d1,k3) =L= \\
& 155 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k12 =L= fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi 1

$$\begin{aligned}
k12(b1,b2).. & 10*x(b1,b2,k1) + 10*x(b1,b2,k2) + 10*x(b1,b2,k3) + la(b1) - la(b2) \\
& =L= 9 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k12(b1,b3).. & 10*x(b1,b3,k1) + 10*x(b1,b3,k2) + 10*x(b1,b3,k3) + la(b1) - la(b3) \\
& =L= 9 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k12(b1,b4).. & 10*x(b1,b4,k1) + 10*x(b1,b4,k2) + 10*x(b1,b4,k3) + la(b1) - la(b4) \\
& =L= 9 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

REMAINING 87 ENTRIES SKIPPED

---- k13 =L= fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi 2

$$k13(b1).. la(b1) =L= 10 ; (LHS = 0)$$

$$k13(b2).. la(b2) =L= 10 ; (LHS = 0)$$

$$k13(b3).. la(b3) =L= 10 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- k14 =E= yeniden işleme merkezine giriş olursa çıkışta olmalı

$$k14(y1,k1).. - x(b1,y1,k1) - x(b2,y1,k1) - x(b3,y1,k1) - x(b4,y1,k1)$$

$$- x(d1,y1,k1) - x(d2,y1,k1) + x(y1,f,k1) + x(y1,r1,k1) + x(y1,r2,k1) =E= 0$$

; (LHS = 0)

$$k14(y1,k2).. - x(b1,y1,k2) - x(b2,y1,k2) - x(b3,y1,k2) - x(b4,y1,k2)$$

$$- x(d1,y1,k2) - x(d2,y1,k2) + x(y1,f,k2) + x(y1,r1,k2) + x(y1,r2,k2) =E= 0$$

; (LHS = 0)

$$k14(y1,k3).. - x(b1,y1,k3) - x(b2,y1,k3) - x(b3,y1,k3) - x(b4,y1,k3)$$

$$- x(d1,y1,k3) - x(d2,y1,k3) + x(y1,f,k3) + x(y1,r1,k3) + x(y1,r2,k3) =E= 0$$

; (LHS = 0)

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k15 =E= yeniden işlemeden sadece geri dönüşüm merkezine veya fabrikaya çıkış olmalı

$$k15(y1,k1).. x(y1,b1,k1) + x(y1,b2,k1) + x(y1,b3,k1) + x(y1,b4,k1)$$

$$+ x(y1,d1,k1) + x(y1,d2,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k15(y1,k2).. x(y1,b1,k2) + x(y1,b2,k2) + x(y1,b3,k2) + x(y1,b4,k2)$$

$$+ x(y1,d1,k2) + x(y1,d2,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k15(y1,k3).. x(y1,b1,k3) + x(y1,b2,k3) + x(y1,b3,k3) + x(y1,b4,k3)$$

$$+ x(y1,d1,k3) + x(y1,d2,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k16 =L= her kamyon sadece bir yeniden işleme merkezine gitmeli

$$k16(k1).. x(b1,y1,k1) + x(b1,y2,k1) + x(b2,y1,k1) + x(b2,y2,k1) + x(b3,y1,k1)$$

$$+ x(b3,y2,k1) + x(b4,y1,k1) + x(b4,y2,k1) + x(d1,y1,k1) + x(d1,y2,k1)$$

$$+ x(d2,y1,k1) + x(d2,y2,k1) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

$$\begin{aligned}
k16(k2).. & x(b1,y1,k2) + x(b1,y2,k2) + x(b2,y1,k2) + x(b2,y2,k2) + x(b3,y1,k2) \\
& + x(b3,y2,k2) + x(b4,y1,k2) + x(b4,y2,k2) + x(d1,y1,k2) + x(d1,y2,k2) \\
& + x(d2,y1,k2) + x(d2,y2,k2) =L= 1 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k16(k3).. & x(b1,y1,k3) + x(b1,y2,k3) + x(b2,y1,k3) + x(b2,y2,k3) + x(b3,y1,k3) \\
& + x(b3,y2,k3) + x(b4,y1,k3) + x(b4,y2,k3) + x(d1,y1,k3) + x(d1,y2,k3) \\
& + x(d2,y1,k3) + x(d2,y2,k3) =L= 1 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k17 =E= taşıma maliyetine bakılmaksızın en yakın yenide işleme merkezine gidilmesi 1

$$\begin{aligned}
k17(k1).. & 8000*x(b1,y2,k1) + 18000*x(b2,y2,k1) + 40000*x(b3,y2,k1) \\
& + 15000*x(b4,y2,k1) + 28000*x(d1,y2,k1) + 28000*x(d2,y2,k1) - yi(k1,2) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k17(k2).. & 8000*x(b1,y2,k2) + 18000*x(b2,y2,k2) + 40000*x(b3,y2,k2) \\
& + 15000*x(b4,y2,k2) + 28000*x(d1,y2,k2) + 28000*x(d2,y2,k2) - yi(k2,2) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k17(k3).. & 8000*x(b1,y2,k3) + 18000*x(b2,y2,k3) + 40000*x(b3,y2,k3) \\
& + 15000*x(b4,y2,k3) + 28000*x(d1,y2,k3) + 28000*x(d2,y2,k3) - yi(k3,2) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k18 =E= taşıma maliyetine bakılmaksızın en yakın yenide işleme merkezine gidilmesi 2

$$\begin{aligned}
k18(k1).. & 10000*x(b1,y1,k1) + 10000*x(b2,y1,k1) + 15000*x(b3,y1,k1) \\
& + 16000*x(b4,y1,k1) + 38000*x(d1,y1,k1) + 34000*x(d2,y1,k1) - yi(k1,1) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k18(k2).. & 10000*x(b1,y1,k2) + 10000*x(b2,y1,k2) + 15000*x(b3,y1,k2) \\
& + 16000*x(b4,y1,k2) + 38000*x(d1,y1,k2) + 34000*x(d2,y1,k2) - yi(k2,1) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k18(k3).. & 10000*x(b1,y1,k3) + 10000*x(b2,y1,k3) + 15000*x(b3,y1,k3) \\
& + 16000*x(b4,y1,k3) + 38000*x(d1,y1,k3) + 34000*x(d2,y1,k3) - yi(k3,1) \\
& =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k19 =E= geri dönüşüm merkezine giriş olursa çıkışta olmalı

$$k19(r1,k1).. - x(y1,r1,k1) - x(y2,r1,k1) + x(r1,f,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k19(r1,k2).. - x(y1,r1,k2) - x(y2,r1,k2) + x(r1,f,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k19(r1,k3).. - x(y1,r1,k3) - x(y2,r1,k3) + x(r1,f,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k20 =E= geri dönüşüm merkezinden sadece fabrikaya dönüş olmalı

$$k20(r1,k1).. x(r1,b1,k1) + x(r1,b2,k1) + x(r1,b3,k1) + x(r1,b4,k1)$$

$$+ x(r1,d1,k1) + x(r1,d2,k1) + x(r1,y1,k1) + x(r1,y2,k1) + x(r1,r2,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k20(r1,k2).. x(r1,b1,k2) + x(r1,b2,k2) + x(r1,b3,k2) + x(r1,b4,k2)$$

$$+ x(r1,d1,k2) + x(r1,d2,k2) + x(r1,y1,k2) + x(r1,y2,k2) + x(r1,r2,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k20(r1,k3).. x(r1,b1,k3) + x(r1,b2,k3) + x(r1,b3,k3) + x(r1,b4,k3)$$

$$+ x(r1,d1,k3) + x(r1,d2,k3) + x(r1,y1,k3) + x(r1,y2,k3) + x(r1,r2,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k21 =L= yeniden işleme merkezlerinden sadece bir geri dönüşüm merkezine giriş olmalı

$$k21(y1,k1).. x(y1,r1,k1) + x(y1,r2,k1) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

$$k21(y1,k2).. x(y1,r1,k2) + x(y1,r2,k2) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

$$k21(y1,k3).. x(y1,r1,k3) + x(y1,r2,k3) =L= 1 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- k22 =E= 1. geri dönüşüm merkezine satıştan elde edilecek gelirin taşıma maliyetinden büyük olması

$$k22(k1).. - 48*x(y1,r1,k1) - 59*x(y2,r1,k1) - kar(k1,r1)$$

$$\begin{aligned}
& + 39.357601488*b(f,b1,k1) + 41.619518512*b(f,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(f,b3,k1) + 15.181939276*b(f,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(f,d1,k1) + 5.073819568*b(f,d2,k1) \\
& + 41.619518512*b(b1,b2,k1) + 15.431861312*b(b1,b3,k1) \\
& + 15.181939276*b(b1,b4,k1) + 17.700325552*b(b1,d1,k1) \\
& + 5.073819568*b(b1,d2,k1) + 39.357601488*b(b2,b1,k1) \\
& + 15.431861312*b(b2,b3,k1) + 15.181939276*b(b2,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(b2,d1,k1) + 5.073819568*b(b2,d2,k1) \\
& + 39.357601488*b(b3,b1,k1) + 41.619518512*b(b3,b2,k1) \\
& + 15.181939276*b(b3,b4,k1) + 17.700325552*b(b3,d1,k1) \\
& + 5.073819568*b(b3,d2,k1) + 39.357601488*b(b4,b1,k1) \\
& + 41.619518512*b(b4,b2,k1) + 15.431861312*b(b4,b3,k1) \\
& + 17.700325552*b(b4,d1,k1) + 5.073819568*b(b4,d2,k1) \\
& + 39.357601488*b(d1,b1,k1) + 41.619518512*b(d1,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(d1,b3,k1) + 15.181939276*b(d1,b4,k1) \\
& + 5.073819568*b(d1,d2,k1) + 39.357601488*b(d2,b1,k1) \\
& + 41.619518512*b(d2,b2,k1) + 15.431861312*b(d2,b3,k1) \\
& + 15.181939276*b(d2,b4,k1) + 17.700325552*b(d2,d1,k1) \\
& + 39.357601488*b(y1,b1,k1) + 41.619518512*b(y1,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(y1,b3,k1) + 15.181939276*b(y1,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(y1,d1,k1) + 5.073819568*b(y1,d2,k1) \\
& + 39.357601488*b(y2,b1,k1) + 41.619518512*b(y2,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(y2,b3,k1) + 15.181939276*b(y2,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(y2,d1,k1) + 5.073819568*b(y2,d2,k1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 39.357601488*b(r1,b1,k1) + 41.619518512*b(r1,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(r1,b3,k1) + 15.181939276*b(r1,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(r1,d1,k1) + 5.073819568*b(r1,d2,k1) \\
& + 39.357601488*b(r2,b1,k1) + 41.619518512*b(r2,b2,k1) \\
& + 15.431861312*b(r2,b3,k1) + 15.181939276*b(r2,b4,k1) \\
& + 17.700325552*b(r2,d1,k1) + 5.073819568*b(r2,d2,k1) = E = 0 ; (LHS = 0) \\
& k22(k2).. - 96*x(y1,r1,k2) - 118*x(y2,r1,k2) - kar(k2,r1) \\
& + 39.357601488*b(f,b1,k2) + 41.619518512*b(f,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(f,b3,k2) + 15.181939276*b(f,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(f,d1,k2) + 5.073819568*b(f,d2,k2) \\
& + 41.619518512*b(b1,b2,k2) + 15.431861312*b(b1,b3,k2) \\
& + 15.181939276*b(b1,b4,k2) + 17.700325552*b(b1,d1,k2) \\
& + 5.073819568*b(b1,d2,k2) + 39.357601488*b(b2,b1,k2) \\
& + 15.431861312*b(b2,b3,k2) + 15.181939276*b(b2,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(b2,d1,k2) + 5.073819568*b(b2,d2,k2) \\
& + 39.357601488*b(b3,b1,k2) + 41.619518512*b(b3,b2,k2) \\
& + 15.181939276*b(b3,b4,k2) + 17.700325552*b(b3,d1,k2) \\
& + 5.073819568*b(b3,d2,k2) + 39.357601488*b(b4,b1,k2) \\
& + 41.619518512*b(b4,b2,k2) + 15.431861312*b(b4,b3,k2) \\
& + 17.700325552*b(b4,d1,k2) + 5.073819568*b(b4,d2,k2) \\
& + 39.357601488*b(d1,b1,k2) + 41.619518512*b(d1,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(d1,b3,k2) + 15.181939276*b(d1,b4,k2) \\
& + 5.073819568*b(d1,d2,k2) + 39.357601488*b(d2,b1,k2) \\
& + 41.619518512*b(d2,b2,k2) + 15.431861312*b(d2,b3,k2) \\
& + 15.181939276*b(d2,b4,k2) + 17.700325552*b(d2,d1,k2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 39.357601488*b(y1,b1,k2) + 41.619518512*b(y1,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(y1,b3,k2) + 15.181939276*b(y1,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(y1,d1,k2) + 5.073819568*b(y1,d2,k2) \\
& + 39.357601488*b(y2,b1,k2) + 41.619518512*b(y2,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(y2,b3,k2) + 15.181939276*b(y2,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(y2,d1,k2) + 5.073819568*b(y2,d2,k2) \\
& + 39.357601488*b(r1,b1,k2) + 41.619518512*b(r1,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(r1,b3,k2) + 15.181939276*b(r1,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(r1,d1,k2) + 5.073819568*b(r1,d2,k2) \\
& + 39.357601488*b(r2,b1,k2) + 41.619518512*b(r2,b2,k2) \\
& + 15.431861312*b(r2,b3,k2) + 15.181939276*b(r2,b4,k2) \\
& + 17.700325552*b(r2,d1,k2) + 5.073819568*b(r2,d2,k2) = E = 0 ; (LHS = 0) \\
& k22(k3).. - 144*x(y1,r1,k3) - 177*x(y2,r1,k3) - kar(k3,r1) \\
& + 39.357601488*b(f,b1,k3) + 41.619518512*b(f,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(f,b3,k3) + 15.181939276*b(f,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(f,d1,k3) + 5.073819568*b(f,d2,k3) \\
& + 41.619518512*b(b1,b2,k3) + 15.431861312*b(b1,b3,k3) \\
& + 15.181939276*b(b1,b4,k3) + 17.700325552*b(b1,d1,k3) \\
& + 5.073819568*b(b1,d2,k3) + 39.357601488*b(b2,b1,k3) \\
& + 15.431861312*b(b2,b3,k3) + 15.181939276*b(b2,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(b2,d1,k3) + 5.073819568*b(b2,d2,k3) \\
& + 39.357601488*b(b3,b1,k3) + 41.619518512*b(b3,b2,k3) \\
& + 15.181939276*b(b3,b4,k3) + 17.700325552*b(b3,d1,k3) \\
& + 5.073819568*b(b3,d2,k3) + 39.357601488*b(b4,b1,k3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 41.619518512*b(b4,b2,k3) + 15.431861312*b(b4,b3,k3) \\
& + 17.700325552*b(b4,d1,k3) + 5.073819568*b(b4,d2,k3) \\
& + 39.357601488*b(d1,b1,k3) + 41.619518512*b(d1,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(d1,b3,k3) + 15.181939276*b(d1,b4,k3) \\
& + 5.073819568*b(d1,d2,k3) + 39.357601488*b(d2,b1,k3) \\
& + 41.619518512*b(d2,b2,k3) + 15.431861312*b(d2,b3,k3) \\
& + 15.181939276*b(d2,b4,k3) + 17.700325552*b(d2,d1,k3) \\
& + 39.357601488*b(y1,b1,k3) + 41.619518512*b(y1,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(y1,b3,k3) + 15.181939276*b(y1,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(y1,d1,k3) + 5.073819568*b(y1,d2,k3) \\
& + 39.357601488*b(y2,b1,k3) + 41.619518512*b(y2,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(y2,b3,k3) + 15.181939276*b(y2,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(y2,d1,k3) + 5.073819568*b(y2,d2,k3) \\
& + 39.357601488*b(r1,b1,k3) + 41.619518512*b(r1,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(r1,b3,k3) + 15.181939276*b(r1,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(r1,d1,k3) + 5.073819568*b(r1,d2,k3) \\
& + 39.357601488*b(r2,b1,k3) + 41.619518512*b(r2,b2,k3) \\
& + 15.431861312*b(r2,b3,k3) + 15.181939276*b(r2,b4,k3) \\
& + 17.700325552*b(r2,d1,k3) + 5.073819568*b(r2,d2,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k23 =L= doğrusallaştırma kısıtları 1

$$k23(f,b1,k1).. - x(r1,f,k1) + b(f,b1,k1) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k23(f,b1,k2).. - x(r1,f,k2) + b(f,b1,k2) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k23(f,b1,k3).. - x(r1,f,k3) + b(f,b1,k3) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k24 =L= doğrusallaştırma kısıtları 2

$$k24(f,b1,k1).. - x(f,b1,k1) + b(f,b1,k1) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k24(f,b1,k2).. - x(f,b1,k2) + b(f,b1,k2) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k24(f,b1,k3).. - x(f,b1,k3) + b(f,b1,k3) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k25 =G= doğrusallaştırma kısıtları 3

$$k25(f,b1,k1).. - x(f,b1,k1) - x(r1,f,k1) + b(f,b1,k1) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

$$k25(f,b1,k2).. - x(f,b1,k2) - x(r1,f,k2) + b(f,b1,k2) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

$$k25(f,b1,k3).. - x(f,b1,k3) - x(r1,f,k3) + b(f,b1,k3) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k26 =E= 2. geri dönüşüm merkezine satıştan elde edilecek gelirin taşıma maliyetinden büyük olması

$$k26(k1).. - 27*x(y1,r2,k1) - 25*x(y2,r2,k1) - kar(k1,r2)$$

$$+ 39.357601488*l(f,b1,k1) + 41.619518512*l(f,b2,k1)$$

$$+ 15.431861312*l(f,b3,k1) + 15.181939276*l(f,b4,k1)$$

$$+ 17.700325552*l(f,d1,k1) + 5.073819568*l(f,d2,k1)$$

$$+ 41.619518512*l(b1,b2,k1) + 15.431861312*l(b1,b3,k1)$$

$$+ 15.181939276*l(b1,b4,k1) + 17.700325552*l(b1,d1,k1)$$

$$+ 5.073819568*l(b1,d2,k1) + 39.357601488*l(b2,b1,k1)$$

$$+ 15.431861312*l(b2,b3,k1) + 15.181939276*l(b2,b4,k1)$$

$$+ 17.700325552*l(b2,d1,k1) + 5.073819568*l(b2,d2,k1)$$

$$+ 39.357601488*l(b3,b1,k1) + 41.619518512*l(b3,b2,k1)$$

$$+ 15.181939276*l(b3,b4,k1) + 17.700325552*l(b3,d1,k1)$$

$$+ 5.073819568*l(b3,d2,k1) + 39.357601488*l(b4,b1,k1)$$

$$\begin{aligned}
& + 41.619518512 * l(b4, b2, k1) + 15.431861312 * l(b4, b3, k1) \\
& + 17.700325552 * l(b4, d1, k1) + 5.073819568 * l(b4, d2, k1) \\
& + 39.357601488 * l(d1, b1, k1) + 41.619518512 * l(d1, b2, k1) \\
& + 15.431861312 * l(d1, b3, k1) + 15.181939276 * l(d1, b4, k1) \\
& + 5.073819568 * l(d1, d2, k1) + 39.357601488 * l(d2, b1, k1) \\
& + 41.619518512 * l(d2, b2, k1) + 15.431861312 * l(d2, b3, k1) \\
& + 15.181939276 * l(d2, b4, k1) + 17.700325552 * l(d2, d1, k1) \\
& + 39.357601488 * l(y1, b1, k1) + 41.619518512 * l(y1, b2, k1) \\
& + 15.431861312 * l(y1, b3, k1) + 15.181939276 * l(y1, b4, k1) \\
& + 17.700325552 * l(y1, d1, k1) + 5.073819568 * l(y1, d2, k1) \\
& + 39.357601488 * l(y2, b1, k1) + 41.619518512 * l(y2, b2, k1) \\
& + 15.431861312 * l(y2, b3, k1) + 15.181939276 * l(y2, b4, k1) \\
& + 17.700325552 * l(y2, d1, k1) + 5.073819568 * l(y2, d2, k1) \\
& + 39.357601488 * l(r1, b1, k1) + 41.619518512 * l(r1, b2, k1) \\
& + 15.431861312 * l(r1, b3, k1) + 15.181939276 * l(r1, b4, k1) \\
& + 17.700325552 * l(r1, d1, k1) + 5.073819568 * l(r1, d2, k1) \\
& + 39.357601488 * l(r2, b1, k1) + 41.619518512 * l(r2, b2, k1) \\
& + 15.431861312 * l(r2, b3, k1) + 15.181939276 * l(r2, b4, k1) \\
& + 17.700325552 * l(r2, d1, k1) + 5.073819568 * l(r2, d2, k1) = E = 0 ; (LHS = 0) \\
& k26(k2).. - 54 * x(y1, r2, k2) - 50 * x(y2, r2, k2) - kar(k2, r2) \\
& + 39.357601488 * l(f, b1, k2) + 41.619518512 * l(f, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(f, b3, k2) + 15.181939276 * l(f, b4, k2) \\
& + 17.700325552 * l(f, d1, k2) + 5.073819568 * l(f, d2, k2) \\
& + 41.619518512 * l(b1, b2, k2) + 15.431861312 * l(b1, b3, k2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 15.181939276 * l(b1, b4, k2) + 17.700325552 * l(b1, d1, k2) \\
& + 5.073819568 * l(b1, d2, k2) + 39.357601488 * l(b2, b1, k2) \\
& + 15.431861312 * l(b2, b3, k2) + 15.181939276 * l(b2, b4, k2) \\
& + 17.700325552 * l(b2, d1, k2) + 5.073819568 * l(b2, d2, k2) \\
& + 39.357601488 * l(b3, b1, k2) + 41.619518512 * l(b3, b2, k2) \\
& + 15.181939276 * l(b3, b4, k2) + 17.700325552 * l(b3, d1, k2) \\
& + 5.073819568 * l(b3, d2, k2) + 39.357601488 * l(b4, b1, k2) \\
& + 41.619518512 * l(b4, b2, k2) + 15.431861312 * l(b4, b3, k2) \\
& + 17.700325552 * l(b4, d1, k2) + 5.073819568 * l(b4, d2, k2) \\
& + 39.357601488 * l(d1, b1, k2) + 41.619518512 * l(d1, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(d1, b3, k2) + 15.181939276 * l(d1, b4, k2) \\
& + 5.073819568 * l(d1, d2, k2) + 39.357601488 * l(d2, b1, k2) \\
& + 41.619518512 * l(d2, b2, k2) + 15.431861312 * l(d2, b3, k2) \\
& + 15.181939276 * l(d2, b4, k2) + 17.700325552 * l(d2, d1, k2) \\
& + 39.357601488 * l(y1, b1, k2) + 41.619518512 * l(y1, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(y1, b3, k2) + 15.181939276 * l(y1, b4, k2) \\
& + 17.700325552 * l(y1, d1, k2) + 5.073819568 * l(y1, d2, k2) \\
& + 39.357601488 * l(y2, b1, k2) + 41.619518512 * l(y2, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(y2, b3, k2) + 15.181939276 * l(y2, b4, k2) \\
& + 17.700325552 * l(y2, d1, k2) + 5.073819568 * l(y2, d2, k2) \\
& + 39.357601488 * l(r1, b1, k2) + 41.619518512 * l(r1, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(r1, b3, k2) + 15.181939276 * l(r1, b4, k2) \\
& + 17.700325552 * l(r1, d1, k2) + 5.073819568 * l(r1, d2, k2) \\
& + 39.357601488 * l(r2, b1, k2) + 41.619518512 * l(r2, b2, k2) \\
& + 15.431861312 * l(r2, b3, k2) + 15.181939276 * l(r2, b4, k2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 17.700325552 * l(r2, d1, k2) + 5.073819568 * l(r2, d2, k2) = E = 0 ; \text{ (LHS = 0)} \\
& k26(k3).. - 81 * x(y1, r2, k3) - 75 * x(y2, r2, k3) - kar(k3, r2) \\
& + 39.357601488 * l(f, b1, k3) + 41.619518512 * l(f, b2, k3) \\
& + 15.431861312 * l(f, b3, k3) + 15.181939276 * l(f, b4, k3) \\
& + 17.700325552 * l(f, d1, k3) + 5.073819568 * l(f, d2, k3) \\
& + 41.619518512 * l(b1, b2, k3) + 15.431861312 * l(b1, b3, k3) \\
& + 15.181939276 * l(b1, b4, k3) + 17.700325552 * l(b1, d1, k3) \\
& + 5.073819568 * l(b1, d2, k3) + 39.357601488 * l(b2, b1, k3) \\
& + 15.431861312 * l(b2, b3, k3) + 15.181939276 * l(b2, b4, k3) \\
& + 17.700325552 * l(b2, d1, k3) + 5.073819568 * l(b2, d2, k3) \\
& + 39.357601488 * l(b3, b1, k3) + 41.619518512 * l(b3, b2, k3) \\
& + 15.181939276 * l(b3, b4, k3) + 17.700325552 * l(b3, d1, k3) \\
& + 5.073819568 * l(b3, d2, k3) + 39.357601488 * l(b4, b1, k3) \\
& + 41.619518512 * l(b4, b2, k3) + 15.431861312 * l(b4, b3, k3) \\
& + 17.700325552 * l(b4, d1, k3) + 5.073819568 * l(b4, d2, k3) \\
& + 39.357601488 * l(d1, b1, k3) + 41.619518512 * l(d1, b2, k3) \\
& + 15.431861312 * l(d1, b3, k3) + 15.181939276 * l(d1, b4, k3) \\
& + 5.073819568 * l(d1, d2, k3) + 39.357601488 * l(d2, b1, k3) \\
& + 41.619518512 * l(d2, b2, k3) + 15.431861312 * l(d2, b3, k3) \\
& + 15.181939276 * l(d2, b4, k3) + 17.700325552 * l(d2, d1, k3) \\
& + 39.357601488 * l(y1, b1, k3) + 41.619518512 * l(y1, b2, k3) \\
& + 15.431861312 * l(y1, b3, k3) + 15.181939276 * l(y1, b4, k3) \\
& + 17.700325552 * l(y1, d1, k3) + 5.073819568 * l(y1, d2, k3) \\
& + 39.357601488 * l(y2, b1, k3) + 41.619518512 * l(y2, b2, k3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 15.431861312 * l(y2,b3,k3) + 15.181939276 * l(y2,b4,k3) \\
& + 17.700325552 * l(y2,d1,k3) + 5.073819568 * l(y2,d2,k3) \\
& + 39.357601488 * l(r1,b1,k3) + 41.619518512 * l(r1,b2,k3) \\
& + 15.431861312 * l(r1,b3,k3) + 15.181939276 * l(r1,b4,k3) \\
& + 17.700325552 * l(r1,d1,k3) + 5.073819568 * l(r1,d2,k3) \\
& + 39.357601488 * l(r2,b1,k3) + 41.619518512 * l(r2,b2,k3) \\
& + 15.431861312 * l(r2,b3,k3) + 15.181939276 * l(r2,b4,k3) \\
& + 17.700325552 * l(r2,d1,k3) + 5.073819568 * l(r2,d2,k3) = E = 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k27 =L= doğrusallaştırma kısıtları 4

$$k27(f,b1,k1).. - x(r2,f,k1) + l(f,b1,k1) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k27(f,b1,k2).. - x(r2,f,k2) + l(f,b1,k2) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k27(f,b1,k3).. - x(r2,f,k3) + l(f,b1,k3) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k28 =L= doğrusallaştırma kısıtları 5

$$k28(f,b1,k1).. - x(f,b1,k1) + l(f,b1,k1) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k28(f,b1,k2).. - x(f,b1,k2) + l(f,b1,k2) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k28(f,b1,k3).. - x(f,b1,k3) + l(f,b1,k3) =L= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k29 =G= doğrusallaştırma kısıtları 6

$$k29(f,b1,k1).. - x(f,b1,k1) - x(r2,f,k1) + l(f,b1,k1) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

$$k29(f,b1,k2).. - x(f,b1,k2) - x(r2,f,k2) + l(f,b1,k2) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

$$k29(f,b1,k3).. - x(f,b1,k3) - x(r2,f,k3) + l(f,b1,k3) =G= -1 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k30 =E= dağıtım merkezine atanan bayilerin rotalama dışında bırakılması 1

$$\begin{aligned}
 k30(k1).. & x(f,b5,k1) + x(f,b6,k1) + x(b1,b5,k1) + x(b1,b6,k1) + x(b2,b5,k1) \\
 & + x(b2,b6,k1) + x(b3,b5,k1) + x(b3,b6,k1) + x(b4,b5,k1) + x(b4,b6,k1) \\
 & + x(b5,f,k1) + x(b5,b1,k1) + x(b5,b2,k1) + x(b5,b3,k1) + x(b5,b4,k1) \\
 & + x(b5,d1,k1) + x(b5,d2,k1) + x(b5,y1,k1) + x(b5,y2,k1) + x(b5,r1,k1) \\
 & + x(b5,r2,k1) + x(b6,f,k1) + x(b6,b1,k1) + x(b6,b2,k1) + x(b6,b3,k1) \\
 & + x(b6,b4,k1) + x(b6,d1,k1) + x(b6,d2,k1) + x(b6,y1,k1) + x(b6,y2,k1) \\
 & + x(b6,r1,k1) + x(b6,r2,k1) + x(d1,b5,k1) + x(d1,b6,k1) + x(d2,b5,k1) \\
 & + x(d2,b6,k1) + x(y1,b5,k1) + x(y1,b6,k1) + x(y2,b5,k1) + x(y2,b6,k1) \\
 & + x(r1,b5,k1) + x(r1,b6,k1) + x(r2,b5,k1) + x(r2,b6,k1) =E= 0 ; (LHS = 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k30(k2).. & x(f,b5,k2) + x(f,b6,k2) + x(b1,b5,k2) + x(b1,b6,k2) + x(b2,b5,k2) \\
 & + x(b2,b6,k2) + x(b3,b5,k2) + x(b3,b6,k2) + x(b4,b5,k2) + x(b4,b6,k2) \\
 & + x(b5,f,k2) + x(b5,b1,k2) + x(b5,b2,k2) + x(b5,b3,k2) + x(b5,b4,k2) \\
 & + x(b5,d1,k2) + x(b5,d2,k2) + x(b5,y1,k2) + x(b5,y2,k2) + x(b5,r1,k2) \\
 & + x(b5,r2,k2) + x(b6,f,k2) + x(b6,b1,k2) + x(b6,b2,k2) + x(b6,b3,k2) \\
 & + x(b6,b4,k2) + x(b6,d1,k2) + x(b6,d2,k2) + x(b6,y1,k2) + x(b6,y2,k2) \\
 & + x(b6,r1,k2) + x(b6,r2,k2) + x(d1,b5,k2) + x(d1,b6,k2) + x(d2,b5,k2) \\
 & + x(d2,b6,k2) + x(y1,b5,k2) + x(y1,b6,k2) + x(y2,b5,k2) + x(y2,b6,k2) \\
 & + x(r1,b5,k2) + x(r1,b6,k2) + x(r2,b5,k2) + x(r2,b6,k2) =E= 0 ; (LHS = 0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k30(k3).. & x(f,b5,k3) + x(f,b6,k3) + x(b1,b5,k3) + x(b1,b6,k3) + x(b2,b5,k3) \\
 & + x(b2,b6,k3) + x(b3,b5,k3) + x(b3,b6,k3) + x(b4,b5,k3) + x(b4,b6,k3) \\
 & + x(b5,f,k3) + x(b5,b1,k3) + x(b5,b2,k3) + x(b5,b3,k3) + x(b5,b4,k3) \\
 & + x(b5,d1,k3) + x(b5,d2,k3) + x(b5,y1,k3) + x(b5,y2,k3) + x(b5,r1,k3) \\
 & + x(b5,r2,k3) + x(b6,f,k3) + x(b6,b1,k3) + x(b6,b2,k3) + x(b6,b3,k3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + x(b6,b4,k3) + x(b6,d1,k3) + x(b6,d2,k3) + x(b6,y1,k3) + x(b6,y2,k3) \\
& + x(b6,r1,k3) + x(b6,r2,k3) + x(d1,b5,k3) + x(d1,b6,k3) + x(d2,b5,k3) \\
& + x(d2,b6,k3) + x(y1,b5,k3) + x(y1,b6,k3) + x(y2,b5,k3) + x(y2,b6,k3) \\
& + x(r1,b5,k3) + x(r1,b6,k3) + x(r2,b5,k3) + x(r2,b6,k3) =E= 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- k31 =E= dağıtım merkezine atanan bayilerin rotalama dışında bırakılması 2

$$k31(k1).. x(b5,b5,k1) + x(b5,b6,k1) + x(b6,b5,k1) + x(b6,b6,k1) =E= 0 ;$$

$$(LHS = 0)$$

$$k31(k2).. x(b5,b5,k2) + x(b5,b6,k2) + x(b6,b5,k2) + x(b6,b6,k2) =E= 0 ;$$

$$(LHS = 0)$$

$$k31(k3).. x(b5,b5,k3) + x(b5,b6,k3) + x(b6,b5,k3) + x(b6,b6,k3) =E= 0 ;$$

$$(LHS = 0)$$

---- k32 =G= doğrusallaştırma için kullanılan değişkenin negatif olmaması

$$k32(f,b1,k1).. b(f,b1,k1) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k32(f,b1,k2).. b(f,b1,k2) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k32(f,b1,k3).. b(f,b1,k3) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

---- k33 =G= doğrusallaştırma için kullanılan değişkenin negatif olmaması

$$k33(f,b1,k1).. l(f,b1,k1) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k33(f,b1,k2).. l(f,b1,k2) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

$$k33(f,b1,k3).. l(f,b1,k3) =G= 0 ; (LHS = 0)$$

REMAINING 465 ENTRIES SKIPPED

S O L V E S U M M A R Y

MODEL	transport	OBJECTIVE	Z
TYPE	MIP	DIRECTION	MINIMIZE
SOLVER	CPLEX	FROM LINE	227

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
 **** MODEL STATUS 8 Integer Solution
 **** OBJECTIVE VALUE 18490.3805

RESOURCE USAGE, LIMIT	1.493	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	12056	2000000000

---- 228 VARIABLE x.L 1 i. lokasyondan j. lokasyona k. kamyon ile geçilirse

	k1	k2
f.b2	1.000	
f.b4		1.000
b1.y2		1.000
b2.y1	1.000	
b3.b1		1.000
b4.d2		1.000
d2.b3		1.000
y1.r2	1.000	
y2.f		1.000
r2.f	1.000	

EK III. Rendering Tesisleri

İLİ	FABRİKANIN ADI	FABRİKANIN ADRESİ	RUH. TARİ.	R.NO.	ÜRETİLEN YEMİN CİNSİ	KAPASİTE
1 ADANA	AKYEM (Beyza Piliç) ADANA YEM SAN. VE TAR. RENDERİNG TES.	Zeytinli Köyü Seyhan ADANA	24.04.2 003	1290	Tavuk Mezbaha Kalıntıları Unu	250 Kg / Saat
1 ADANA	YUM-TA TAVUKÇULUK GIDA SAN. VE TİC. A.Ş. Ren.	Mersin Yolu 20.km Büyükdikili Seyhan - ADANA	25.04.2 003	1373	Tavuk Mezbaha Kalıntıları Unu	250 kg/saat
1 ADANA	BGN GIDA OTOMOT. EM. PAZ. VE DANIŞ. LTD. ŞTİ.	Sarıhamzalı Mah. 47083 Sk.No:47 Seyhan -ADA	26.04.2 003	1665	Tavuk Unu	350 kg/sat
1 ADANA	AKYEM ADANA YEM YAĞ BİODİZEL TARIM VE SAN. TİC. A.	Zeytinli Mah. Kanalboyu Sk. No: 17 Seyhan ADANA	27.04.2 003	1795	Et-Kemik Unu	1 ton/saat
1 AFYON	ÜÇEL YEM KATKILARI MAD.SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	Mahmut Köyü Sartepe Mevkii ŞUHUT / AF.	13.07.1 988	426	Et-Kemik Unu	1 ton/saat
1 AFYON	ALİ OSMAN BOZOK KEM.UNU ,ET.KEMİK UNU FA.	Organize Sanayi Bölgesi / AFYON	23.07.1 993	645	Kemik Unu , Et-Kemik Unu	600 kg/saat "
1 AFYON	KESİCİ HAYV.ÜR. TARIM GIDA SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Organize Sanayi Bölgesi - AFYON	02.07.1 996	819	Et-Kemik Unu	1 Ton / Saat
1 AFYON	KOYUNCULAR ARI YEM TAVUKÇULUK TEKS. TUR. MAD. NAK. İTH. İHR.	Korukırı Mevkii Bolvadin / AFYON	07.11.2 002	1259	Et-Kemik Unu	4 ton/Saat
1 AFYON	ÇELİKTEKİ TARIM HAYV. YEM GIDA KARK.ET İŞL.	Devetaş Mevkii altıgöz Mah. Şuhut-AFYON	28.12.2 011	1816	Et-Kemik Unu	300 kg/saat

1 ANKARA	GÜNDÜZ GIDA YAĞ SAN.VE TİC.A.Ş.	Aydıncık Köyü No:66 ALTINDAĞ / ANKARA	06.11.2 006	1509	Et-Kemik Unu / Kan Unu	1 ton/saat
1 ANTALYA	ANTALYA ENTEGRE ET SAN.VE TİC.A.Ş.	ANTALYA ORG.SAN.BÖL. YENİKÖY - ANTALYA	27*04* 2000	1102	Et-Kemik Unu / Kan Unu	300 kg/saat- 150 kg/saat
1 AYDIN	ENERJİM GIDA YEM TURİZM HAYV. İTH:İHR: SN. VE TİC.LTD.ŞTİ:	Cumhuriyet Mah. ASTİM OPSB Yanı Tepeciki	29.07.2 010	1735	Et-Kemik Unu	1 ton/saat
1 BALIKESİR	BANVİT BANDIRMA VİTAMİNLİ YEM SANAYİ A.Ş.	Balıkesir Asfaltı 8.km Bandırma - BALIKESİR	29.03.2 007	1534	Tüy Unu , Kan Unu , Tavuk Unu	350 kg/saat
1 BİLECİK	C.P.STANDART GIDA SANAYİ ve TİC. A.Ş. Rendering	Camiicedit Mah. Maltepe Mevkii Osmanieli-BİLECİK	20.07.2 009	1667	Tavuk Unu	350 kg/saat
1 BOLU	BEYPİ BEYPAZARI TARIMSAL ÜRETİM PAZ.SAN.	D-100 Ankara Yolu Vakıfgeçitveren Kavşağı - BOLU	03.05.2 004	1370	Tavuk Mez.Kalıntıları Unu	5 Ton/Saat
1 BOLU	C.P.STANDART GIDA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	Bulanık Köyü - Mudurnu - BOLU	03.03.2 010	1702	Tavuk Unu	0.35 ton/saat
1 BOLU	Erpiliç Tavukçuluk Üret.Paz. Ve Tic.Ltd.Şti.	Doğancı Köyü - Bolu	19.07.2 010	1734	Tavuk Unu	6 ton/saat
1 BOLU	Erpiliç Tavukçuluk Üret.Paz. Ve Tic.Ltd.Şti.	Dedeler Köyü -Bolu	19.07.2 010	1733	Tavuk Unu	6 ton/saat
1 BURDUR	BURDUR GÜÇ BİRLİĞİ GIDA SAN.A.Ş.	Aydınlıkevler Mah. Armağan İlci Cad.No : 201 BURD	09.01.2 007	1524	Et-Kemik Unu,Kemik ve Kan Unu	5 ton/saat
1 BURSA	DOĞA HAYV. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Bursa Deri Org.San. Böl. 8.Sk.No: 5	04.06.2 012	&TR- 1600021	Et-Kemik Unu	2 ton/saat

1	ÇANKIRI	AYTAÇ GIDA YATIRIM SAN. ve TİC. A.Ş.	İstasyon Mah. Kınık Önü Mevkii ÇERKEŞ	26.01.2 007	1528	Et-Kemik ve Kan Unu	5 ton/saat
1	ÇANKIRI	BOZOK HAYVANCILIK SAN. VE TİC. A.Ş.	İstasyon Mah. Bedilönü Mevkii ÇERKEŞ	09.10.2 006	1501	Tavuk Unu	500 kg/saat
1	ÇANKIRI	EZSAN YAĞ SAN. VE TİC. LTD.ŞTİ.	Kürüz Yolaltı Mevkii ÇERKEŞ	25.01.2 012	1820	Et-Kemik Unu	1ton/satt
1	ESKİŞEHİR	ÇELİKLER TURİZM VE GIDA SAN.TİC.LTD.ŞTİ.	Muttalip Yolu 2.km Eskişehir	01.07.2 008	1607	Et-Kemik Unu	2 ton/saat
1	İSTANBUL	MARMARA YEMYAĞ SAN.TİC.LTD.ŞTİ.	Org.Deri San. Böl. 9.Yol Orhanlı-Tuzla - iSTAN	24.05.2 010	1724	Et-Kemik Unu	7,5 ton/saat
1	İZMİR	RENDE HAYVANCILIK AMBALAJ NAK. TAR. YEM MAK.	Emiralem Yolu Çayırolan Mev.MENEMEN	02.06.1 983	233	Et-Kemik ve Kemik Unu	2 ton/saat
1	İZMİR	PINAR ENTEGRE ET VE UN SAN. A.Ş.	Ankara asfaltı 26.km KEMALPAŞA/ İZM	11.06.2 003	1298	Et-Kemik,Kan ,Tüy-telek unu	2 Ton /saat
1	İZMİR	MİGROS TÜRK A.Ş. RENDERİNG TESİSİ	KaynaklarKöyü Olduruk Mevkii Buca - İZMİR	05.12.2 006	1515	Et-Kemik ve Kan Unu	2 ton/saat
1	İZMİR	KESİMHANE HAYV.VE TAR.ÜRÜN. SAN.TİC.LTD.ŞTİ.	Ankara Asfaltı 35.km Ören-K.Paşa-İZMİR	13.11.2 006	1510	Et-Kemik,Kemik,Tavuk,Et Unu	0.6 ton/saat
1	İZMİR	ABALIOĞLU YEM SOYA VE TEKSTİL SAN.A.Ş.	Ankara Asfaltı 45.km No:1 Bağyurdu-Kemalpaşa	07.12.2 009	1681	Tavuk Unu,Tüy Unu, Kan Unu	2 ton/saat
1	İZMİR	SUNAOĞLU GIDA TARIM HAYV. PAZ.	Ansızca Köyü Kazangölü Mevkii	09.02.2	1696	Et-Kemik Unu	2 ton/saat

	SAN.	Kemalpaşa	010				
1	İZMİR	Ege-Tav Ege Tarım Hayvancılık Yat. Tic. ve San.A.Ş.	Uluyol Mevkii Bağyurdu Kemalpaşa - İZMİR	15.02.2 011	1757	Tavuk Unu	2 ton/saat
1	KAYSERİ	KAYSERİ ET KEMİK UNU YAĞ GIDA TAR.ÜR.SAN.VE	Oruç Reis Mah. Karpuzatan Mev.No:20 KAY	22.04.1 999	1025	Et-Kemik Unu	5 ton/saat
1	KAYSERİ	YEM-SEL TAVUKÇULUK Hay:yem Ham.San.ve Tic.A.Ş.	Ankara Yolu 32.km Çiftlik Mevkii-Kocasinan - Kayseri	02.02.2 009	1634	Tavuk Unu	350 kg/saat
1	KIRIKKALE	KEÇELİ MÜHENDİSLİK TAAH.TİC.SAN.LTD.ŞTİ.	Fatih Mah. No:6 Delice - KIRIKKALE	24.11.2 009	1678	Et-Kemik Unu	2 ton/saat
1	MERSİN	RENSAN TAVUKÇULUK GIDA SÜS BİT.HAYV.YEM	Karakütük Köyü Tarsus - MERSİN	01.08.2 006	1492	Tavuk Unu	350kg/saat
1	MALATYA	ÖZNESİL ENTEGRE TAVUKÇULUK VE YEM SAN.TİC.L	Org.San.Böl.No : 1 MALATYA	10.05.2 007	1547	Tavuk Unu	350 kg/saat
1	MANİSA	C.P. STANDART GIDA SANAYİ VE TİC.A.Ş.	Acıbadem Mevkii 9.Mıntika Gıda San. Turgutlu-MANİSA	02.06.2 009	1657	Tavuk Unu	1 ton/saat
1	MANİSA	KESKİNOĞLU TAVUKÇULUK VE DAMIZLIK	Atatürk Mah.Kayalioğlu Akhisar - MANİSA	13.07.2 009	1664	Tavuk Unu	4 ton/saat
1	MANİSA	UDERO TEKS YEM SAN. TURİ İÇ VE DIŞ TİC. LTD. ŞTİ.	Acıbadem Mevkii 9.Mıntika Gıda San. Turgutlu-MANİSA	24.09.2 009	1674	Et-Kemik Unu,Tavuk ,Kemik Unu	5 ton/saat
1	MANİSA	OKAN TAVUKÇULUK GIDA MADDELERİ ÜRET. PAZ.	Sarmaçay Mevkii- Çamköy-MANİSA	17.05.2 010	1720	Et-Kemik Unu-Tavuk Unu	3 Ton/saat

1	OSMANİYE	TUNA TURİZM ve İNŞ.SAN: ve TİC.LTD.ŞTİ.	Kızlaç Köyü - Bahçe - Osmaniye	05.08.2010	1737	Et-Kemik Unu Tavuk Unu	
1	SAKARYA	NEJDET AŞKIN HAYVANSAL KÖK.YEM İMALATI	Eski Sakarya Cad.Mezbaha yolu ERENLER/SA	01.07.1978	125	Et-Kemik ve Kemik Unu	
1	SAKARYA	EMRE-ET-KEMİK UNU FABRİKASI	Mezarlık Arkası Mevkii Hanlıköy / SAKARYA	11.09.1986	363	Et-Kemik Unu	1.5 ton/gün
1	SAKARYA	AS TAVUKÇULUK TAR.İŞLT. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Büyükkaynarca Köyü Kaynarca - SAKARYA	01*12*2004	1399	Tavuk Unu	500 kg/saat
1	SAKARYA	ŞEN PİLİÇ GIDA SANAYİ A.Ş. RENDERİNG TESİSİ	Adapazarı-Bilecik Yolu 25.km Alifuatpaşa Geyve	27*12*2006	1521	Tavuk Unu	1.2 ton/saat
1	SAKARYA	NEW GIDA TAR.SAN.İTH.İHR.LTD.ŞTİ	Fabrika Cad. Kocakırtlı Mevkii Kaynarca - Sakarya	14*08*2007	1558	Tavuk Unu	540 kg/saat
1	SAKARYA	ŞEN PİLİÇ GIDA SANAYİ A.Ş. SÖĞÜTLÜ RENDERİNG TESİSİ	Söğütlü - SAKARYA	15*08*2007	1559	Tavuk Unu	352 lg/saat
1	SAKARYA	KRV Yağ ve Kemik Sanayi Ticaret Ltd. Şti.	Soğucak Köyü - Söğütlü - Sakarya	05.03.2010	1703	Et-Kemik Unu-	3 ton/saat
1	SAKARYA	SERKAN KAZANDI-RENDERİNG İŞLETMESİ	Soğanlık Mevkii GziSüleymanpaşa Geyve	12.10.2011	1804	Tavuk Unu	250 kg/saat
1	TEKİRDAĞ	ARDA YEM KATKI MAD.SAN. ve TİC.LTD.ŞTİ.	Hacıseremet Mevkii Velimeşe Beldesi-ÇORLU	29.12.2011	1819	Et-Kemik Unu,Tavuk Unu	2 ton/saat
1	UŞAK	GEDİK TAVUKÇULUK ve TAR:ÜR.SAN.A.Ş.TAV.	Eşme-Uşak Yolu 5.km Eşme - UŞAK	14.06.2004	1376	Tavuk Unu ve Yağı	300 kg/saat

1	VAN	VAN ET TİCARİ YATIRIMLAR GIDA SAN. TUR.İÇ VE DIŞ .	Gevaş Gürpınar Karayolu Üzeri GÜRPINAR / V	13.01.2 009	1631	Et-Kemik,Kemik ve Kan unu	3700 kg/saat
BALIK UNU FABRİKA LİSTESİ							
1	ÇANAKKALE	DARDANEL - ÖNENTAŞ GIDA SAN.A.Ş.BALIK UNU FAB	ATATÜRK CAD. ÇANAKKALE	05*07* 1996	821	Balık Unu Fab.	2 ton/saat
1	RİZE	SÜRSAN SU ÜRÜNLERİ SAN.TİC.A.Ş.	Derebaşı Köyü Değirmen arkası PAZAR / RİZE	22.01.2 003	1270	Balık Unu	
1	SAMSUN	SURSAN SU ÜRÜNLERİ SAN.VE TİC.A.Ş.	Gülbeğzi Köyü Yakakent Alacam / SAMSUN	27.05.1 983	232	Balık Unu	100 ton/gün
1	SAMSUN	SAMSUN BALIKÇILIK SU ÜRÜNLERİ HAYV. İNŞ. TUR.PLAS.	Bafra Org.San.Böl. Bafra - SAMSUN	12.11.2 010	1746	Balık Unu	77 ton/gün
1	SAMSUN	KAR-DEZ SU ÜRÜNLERİ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Liman Mah. 2. Sinop Cad. No: 124 Yakakent	18.04.2 011	1772	Balık Unu	100 ton/gün
1	SİNOP	BAYSUN SU VE NEBATİ ÜRÜ.DEĞE.TİC.VE SAN.A.Ş.	Kanlıçay Mev.GERZE / SİNOP(Güzelceçay Mevkii-Dikmen)	16.10.1 985	322	Balık Unu ve Balık Yağı	150 ton/yıl
1	SİNOP	SURSAN SU ÜRÜNLERİ SAN.TİC. A..Ş. BALIK UNU FAB.	Karaağaç Köyü Dip Mevki DİKMEN / SİNOP	24.08.2 005	1433	Balık Unu	600 ton/gün
1	SİNOP	CAN.KARDEŞLER SU ÜRÜN.SAN.VE TİC.A.Ş. Bal.Ün.F.	Karaağaç Köyü Gevez Mevkii GERZE / SİNOP	28.01.1 992	582	Balık Unu	100 ton/gün
1	SİNOP	SİBAL PLASTİK SU ÜRÜNLERİ A.Ş.	Firenk Mah. Lala Köyü - Gerze - SİNOP	12.02.2 001	1152	Balık Unu	100 ton/gün

1 SİNOP	DALYAN SU ÜRÜN.VE GIDA MAD. SAN.TİC. LTD.ŞTİ.	Güzelceçay Mevkii - Dikmen - SİNOP	27.04.2 004	1367	Balık unu ve Yağı	125 ton/gün
1 TRABZON	KARSUSAN KARADENİZ SU ÜRÜNLERİ SAN.A.Ş.	YOMRA / TRABZON	25.11.1 980	171	Balık Unu	100 ton/gün
1 TRABZON	KOPTUR BALIKÇILIK GIDA SAN. NAKLİYAT VE TİC.LTD.ŞTİ.	Yavuz Grup Yolu 2.km Çarşıbaşı - Trabzon	03.06.2 010	TR-BU- 61-1727	Balık Unu	100 ton/gün

EK IV. İşletme Uygulaması GAMS Kodu

```

1 set
2 i      /f,b1*b24,y1,y2/
3 sa(i)  /f,b1*b24/
4 sf(i)  /f/
5 sfd(i) /b1*b24,y1,y2/
6 sbt(i) /b1*b24/
7 sy(i)  /y1,y2/
8 sy1(i) /y1/
9 sy2(i) /y2/
10 k     /k1*k12/
11 p     /p1,p2/ ;
12 alias(i,j) ;
13 parameter
14 kap(k) k. kamyonun kapasitesi
15      /k1 7105
16      k2 12950
17      k3 18770
18      k4 15200
19      k5 4207
20      k6 13540
21      k7 14500
22      k8 3550
23      k9 24250
24      k10 24400
25      k11 24400
26      k12 24400
27 /
28
29 c(k) k. kamyonun birim taşıma maliyeti
30      /k1 0.225
31      k2 0.25
32      k3 0.3
33      k4 0.25
34      k5 0.2
35      k6 0.25
36      k7 0.25
37      k8 0.2
38      k9 0.35
39      k10 0.35
40      k11 0.35
41      k12 0.35
42 /
43 t(i,p) i. lokasyonun p. ürüne olan talebi
44 m(i,j) i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe
45
46 ;
47 scalar
48 Nb     fabrika dışındaki gidilecek lokasyon sayısı /26/

```

49 Nk kamyon sayısı /12/

50 ;

51 table

52 t(i,p) i. lokasyonun p. ürüne olan talebi

53 p1 p2

54 f

55 b1 4416

56 b2 8320

57 b3 8960

58 b4 800 3040

59 b5 328

60 b6 1120 4416

61 b7 336

62 b8 2013

63 b9 144 1360

64 b10 1496

65 b11 784

66 b12 4768 3744

67 b13 9296 120

68 b14 1600 32

69 b15 4336 768

70 b16 9728 800

71 b17 7120 1072

72 b18 7360 16

73 b19 3280 3152

74 b20 5224 6608

75 b21 3392 1152

76 b22 8216 3392

77 b23 653 2820

78 b24 3925 3440

79 y1

80 y2

81 ;

82 table

83 m(i,j) i. lokasyon ile j. lokasyon arasındaki mesafe

84 f b1 b2 b3 b4 b5 » b6 b7 b8

b9 b10 b11 » b12 b13 b14 b15 b16

b17 b18 » b19 b20 b21 b22 b23 b» 24

y1 y2

85 f 219 225 219 437 131 » 135 110 346

492 398 529 » 346 241 283 182 118

257 309 » 249 341 114 259 604 6» 18

357 205

86 b1 219 7.4 4.5 637 152 » 155 109 319

457 362 681 » 498 431 349 412 331

455 141 » 313 407 248 139 672 6» 87

375 80

87 b2 225 7.4 15.5 644 160 » 162 116

327 464 370 688 » 506 438 356 419

339	462	149	»		320	414		255	146	679	6»
94	392	97									
88 b3		219	4.5	15.5		640	152	»	155	109	
322	460	366		675	»	493	425		343	415	
331	458	136	»		316	410		242	142	675	6»
90	373	78									
89 b4		437	637	644	640		519	»	517	542	
423	539	475		620	»	497	439		519	256	
321	183	770	»		329	376		546	504	280	4»
34	650	633									
90 b5		131	152	160	152	519		»	3.4	63	291
429	334		652	»	469	364	388		264	200	
339	271	»		247	341	207	114		607	6»	21
452	158										
91 b6		135	155	162	155	517	3.4	»		67	294
432	337		655	»	472	367	391		261	198	
337	274	»		251	344	210	117		610	6»	
25	456	161									
92 b7		110	109	116	109	542	63	»	67		326
464	369		630	»	447	343	344		286	222	
361	200	»		282	376	185	149		641	6»	56
390	96										
93 b8		346	319	327	322	423	291	»	294	326	
153	59		863	»	681	576	618		249	254	
240	451	»		99	150	454	182		436	4»	50
694	400										
94 b9		492	457	464	460	539	429	»	432	464	
153		96		1010	»	827	722		764	395	400
364	588	»		246	171	600	320		388	4»	03
832	538										
95 b10		398	362	370	366	475	334	»	337	369	
59	96			915	»	733	628		670	301	306
292	494	»		151	132	506	226		416	4»	31
737	443										
96 b11		529	681	688	675	620	652	»	655	630	
863	1010	915			»	190	283		328	624	631
629	776	»		762	854	544	805		898	1»	052
389	591										
97 b12		346	498	506	493	497	469	»	472	447	
681	827	733		190	»		105		150	517	453
506	518	»		584	676	366	627		775	9»	29
275	412										
98 b13		241	431	438	425	439	364	»	367	343	
576	722	628		283	»	105			82	412	349
448	451	»		479	571	262	492		717	8»	71
211	348										
99 b14		283	349	356	343	519	388	»	391	344	
618	764	670		328	»	150	82		455	390	

528	369	»		521	613		247	478	797	9»	50
129	266										
100	b15	182	412	419	415	256	264	»	261	286	
249	395	301		624	»	517	412	455		66	
75	547	»		153	245	291	280	394	4»	08	
529	377										
101	b16	118	331	339	331	321	200	»	198	222	
254	400	306		631	»	453	349	390	66		
141	421	»		157	249	226	283	512	5»	26	
472	320										
102	b17	257	455	462	458	183	339	»	337	361	
240	364	292		629	»	506	448	528	75		
141		588	»		147	194	367	321	321	3»	
36	605	453									
103	b18	309	141	149	136	770	271	»	274	200	
451	588	494		776	»	518	451	369	547		
421	588	»		442	536		267	268	801	8»	
16	389	109									
104	b19	249	313	320	316	329	247	»	251	282	
99	246	151		762	»	584	479	521	153		
157	147	442	»		94		356	179	380	3»	
95	618	379									
105	b20	341	407	414	410	376	341	»	344	376	
150	171	132		854	»	676	571	613	245		
249	194	536	»		94		449	273	287	3»	
02	712	472									
106	b21	114	248	255	242	546	207	»	210	185	
454	600	506		544	»	366	262	247	291		
226	367	267	»		356	449		373	714	7»	
29	273	161									
107	b22	259	139	146	142	504	114	»	117	149	
182	320	226		805	»	627	492	478	280		
283	321	268	»		179	273	373		539	5»	
53	514	220									
108	b23	604	672	679	675	280	607	»	610	641	
436	388	416		898	»	775	717	797	394		
512	321	801	»		380	287	714	539		1»	
03	921	737									
109	b24	618	687	694	690	434	621	»	625	656	
450	403	431		1052	»	929	871	950	408		
526	336	816	»		395	302	729	553	103	»	
940	756										
110	y1	357	375	392	373	650	452	»	456	390	
694	832	737		389	»	275	211	129	529		
472	605	389	»		618	712	273	514	921	9»	
40		293									
111	y2	205	80	97	78	633	158	»	161	96	
400	538	443		591	»	412	348	266	377		

320 453 109 » 379 472 161 220 737 7»
 56 293
 112
 113 ;
 114 binary variables
 115 $x(i,j,k)$ 1 i. lokasyondan j. lokasyona k. kamyon ile geçilirse
 116 $g(i,k)$ 1 k. kamyon i düğümüne girerse
 117 $a(i,k)$ 1 k. kamyon i düğümünden ayrılırsa
 118 ;
 119
 120 positive variables
 121 $la(i)$ alt tur oluşumunu engellemek için kullanılan değişken;
 122
 123 variables
 124 Z amaç fonksiyonu değeri
 125 ;
 126
 127 equations
 128 t_m toplam maliyet
 129
 130 k_1 fabrikan çıkış
 131 k_2 fabrikaya dönüş
 132 k_3 ihtiyaç kadar kamyonun kullanılması
 133
 134 k_4 bayiye giriş
 135 k_5 bayiden çıkış
 136 k_6 her bayiye 1 kamyon uğramalı
 137
 138 k_7 giriş olursa çıkışta olmalı
 139
 140 k_8 kapasite kısıtı
 141
 142 k_9 fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi
 143 k_{10} fabrikadan bağımsız alt tur oluşumunun engellenmesi 2
 144
 145 k_{11} yeniden işleme merkezine giriş olursa çıkışta olmalı
 146 k_{12} yeniden işleme merkezinden sadece fabrikaya dönüş olmalı
 147 k_{13} her kamyon sadece bir yeniden işleme merkezine gitmeli
 148
 149 ;
 150
 151 $t_m..$ $Z = e = \sum((s_a(i),j,k), x(i,j,k) * c(k) * m(i,j) \$ (ord(i) \neq ord(j)))$;
 152
 153
 154 *fabrika
 155 $k_1(i,k) \$ sf(i)..$ $\sum(s_{bt}(j), x(i,j,k) \$ (ord(i) \neq ord(j))) = e = a(i,k)$;
 156 $k_2(j,k) \$ sf(j)..$ $\sum(i, x(i,j,k) \$ (ord(i) \neq ord(j))) = e = g(j,k)$;
 157 $k_3(sf(i))..$ $\sum(k, a(i,k)) = l = Nk$;
 158

```

159 *bayiler
160 k4(j,k)$sbt(j)..      sum(i$sa(i),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e=g(j,k);
161 k5(i,k)$sbt(i)..      sum(j,x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e=a(i,k);
162 k6(i)$sbt(i)..        sum(k,a(i,k))=e=1;
163
164 *giriş çıkış
165 k7(i,k)..              a(i,k)=e=g(i,k);
166
167 *kapasite kısıtı
168 k8(k)..                sum((i,j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j))*sum(p,t(j,p)))=l=kap(k);
169
170 *alttur engelleme
171 k9(sbt(i),j)$sbt(j).. (la(i)-la(j)+Nb*(sum(k,x(i,j,k))))$ (ord(i) ne ord(j))=l=Nb-1;
172 k10(i)$sbt(i)..        la(i)=l=Nb;
173
174 *yeniden işleme merkezleri
175 k11(j,k)$sy(j)..       x(j,'f',k)=e= sum(i$sbt(i),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)));
176 k12(sy(i),k)..         sum(sbt(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=e=0;
177 k13(k)..                sum((sbt(i),j)$sy(j),x(i,j,k)$ (ord(i) ne ord(j)))=l= 1;
178
179
180 model transport /all/;
181 option reslim=1000000;
182 option MIP=Cplex;
183 transport.optfile=1;
184 $onecho > cplex.opt
185 nodefileind 3
186 workmem 128
187 solvefinal 0
188 probe 2
189 mipemphasi s 1
190 $offecho
191 solve transport using mip minimizing Z;
192 display x.l;

```

KAYNAKLAR

- Aksen, Deniz (1998). *Teach Yourself Gams- The Complete Reference For The General Algebraic Modeling System GAMS* (1. Basım). İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi.
- Alaykırın, K. (2011). *Çok Ürünlü Tersine Lojistik Ağ Tasarımı: Matematiksel Model ve Tavlama Benzetimi Temelli Çözüm Yaklaşımı*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Altıparmak, F., M. Gen and L. Lin. (2006). "A Genetic Algorithm Approach for Multi-Objective Optimization of Supply Chain Networks". *Computers and Industrial Engineering*, 51, 196-215.
- Amiri, A. (2006). "Designing A Distribution Network in A Supply Chain System: Formulation and Efficient Solution Procedure". *European Journal of Operational Research*, 171, 567-576.
- Aras, N., D. Aksen and M. T. Tekin. (2011). "Selective Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Pricing". *Transportation Research Part C*, 19(5), 866-884.
- Bağcı, F. (2011). *Belirsiz Talep ve Arz Altında Jenerik Kapalı Döngülü Tedarik Zincirindeki Demontaj, Yenileme ve Yeniden Üretim Operasyonlarının Planlanması*. Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Beamon, B. M. (1998). "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods". *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281-294.
- Boudia, M., C. Prins. (2009). "A Memetic Algorithm with Dynamic Population Management for an Integrated Production–Distribution Problem". *European Journal of Operational Research*, 195, 703-715.
- Chang, M. S., S. R. Chen and C. F. Hsueh. (2003). "Real-Time Vehicle Routing Problem with Time Windows and Simultaneous Delivery/Pickup Demands". *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 2273-2286.

- Çetin, S., C. Gencer. (2010). “Kesin Zaman Pencere - Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Model”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 579-585.
- Demircioğlu, M. (2009). *Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım İle Çözümlemesi Üzerine Bir Uygulama*. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Adana.
- Demirel, N., H. Gökçen ve M. A. Akçayol (2011). “Çok Aşamalı Bütünleşik Lojistik Ağı Optimizasyonu Probleminin Melez Genetik Algoritma İle Çözümü”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(4), 929-936.
- Demirel, Ö. N., H. Gökçen. (2008). “A Mixed-Integer Programming Model for Remanufacturing in Reverse Logistics Environment”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11-12), 1197-1206.
- Demirel, Ö. N., H. Gökçen. (2008). “Geri Kazanımlı İmalat Sistemleri İçin Lojistik Ağı Tasarımı: Literatür Araştırması”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 903-912.
- Deniş, Ö. F. (2012). *Tersine Lojistik ve Denizli İlinde Ömrünü Tamamlamış Lastik Geri Kazanımı İçin Tersine Lojistik Ağ Modelinin Tamsayı Programlamayla Tasarımı*. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Denizli.
- Du, F., G. W. Evans. (2008). “A Bi-Objective Reverse Logistics Network Analysis for Post-Sale Service”. *Computers & Operations Research*, 35, 2617-2634.
- Dursun, P. (2009). *Zaman Pencere Araç Rotalama Problemi'nin Genetik Algoritma İle Modellenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Düzakın, E., M. Demircioğlu. (2009). “Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri”. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 68-87.
- Erşan, T. (2012). *Türkiye ve Dünyada Piliç Eti Sektörünün Durumu ve Doğu Anadolu Bölgesi Değerlendirmesi*. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Tezsiz Yüksek Lisans Projesi. Malatya.

- Fleischmann, M., P. Beullens and J. M. Bloemhof-ruwaard. (2001). "The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design". *Production and Operations Management*, 10, 156-173.
- Gen, M., F. Altıparmak and L. Lin. (2006). "A Genetic Algorithm for Two-Stage Transportation Problem Using Priority-Based Encoding". *OR Spectrum*, 28, 337-354.
- Gerdan, O. (2007). *Müşteriler Arası Malzeme Akışlı Eş Zamanlı Dağıtım-Toplama Yapılan Araç Rotalama Problemi ve Sezgisel Çözümü*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Göksal, F. P. (2010). *Eşzamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi İçin Sezgisel Yaklaşımlar: Genetik Algoritma Ve Kuş Sürüsü Eniyileme*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Güler, Ç., A. Chousein ve K. Sitti. (2004). "Gıda Sektöründe Bir Firma İçin Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı ve Araç Rotalama". *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 15(4), 19-31.
- Hasançebi, O., S. Çarbaş and E. Doğan. (2009). "Performance Evaluation of Metaheuristic Search Techniques in the Optimum Design of Real Size Pin Jointed Structures". *Computers and Structures*, 87, 284-302.
- Ho, W., A. Emrouznejad. (2009). "Multi-Criteria Logistics Distribution Network Design Using SAS/OR". *Expert Systems with Applications*, 36, 7288-7298.
- İslamoğlu, A. Hamdi (2002). *Pazarlama İlkeleri* (2. Basım). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Jayaraman, V., A. Ross. (2003). "A Simulated Annealing Methodology to Distribution Network Design and Management". *European Journal of Operational Research*, 144, 629-645.
- Karaoğlu, İ. (2009). *Dağıtım Ağları Tasarımında Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemleri*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.

- Keçeci, B. (2008). *Önce Dağıt Sonra Topla Araç Rotalama Problemi İçin Tamsayılı Karar Modelleri*. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Keskin, M. Hakan (2008). *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmişi, Değişimi, Bugünü, Geleceği* (2. Basım). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ko, H. J., G. W. Evans. (2005). "A Genetic Algorithm-Based Heuristic for The Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3pls.". *Computers and Operations Research*, 34 (2), 346-366.
- Kotler, Philip (2000). *Pazarlama Yönetimi* (Millennium Basım). İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Lee, D., M. Dong. (2008). "A Heuristic Approach to Logistics Network Design For End-Of-Lease Computer Products Recovery". *Transportation Research Part E*, 44, 455-474.
- Lee, Y. H., S. H. Kim. (2002). "Production-Distribution Planning in Supply Chain Considering Capacity Constraints". *Computers and Industrial Engineering*, 43(1-2), 169-190.
- Lin, L., M. Gen and X. Wang. (2009). "Integrated Multistage Logistics Network Design By Using Hybrid Evolutionary Algorithm". *Computers & Industrial Engineering*, 56, 854-873.
- Marin, A., B. Pelegrin. (1998). "The Return Plant Location Problem: Modeling and Resolution". *European Journal of Operational Research*, 104(2), 375-392.
- Min, H., C.S. Ko and H.J. Ko. (2006). "The Spatial and Temporal Consolidation of Returned Products in A Closed-Loop Supply Chain Network". *Computers & Industrial Engineering*, 51, 309-320.
- Min, H., H. J. Ko. (2008). "The Dynamic Design of A Reverse Logistics Network From The Perspective of Third-Party Logistics Service Providers". *International Journal of Production Economics*, 113, 176-192.

- Miranda, P.A., R. A. Garrido. (2004). "Incorporating Inventory Control Decisions into A Strategic Distribution Network Design Model with Stochastic Demand". *Transportation Research Part E*, 40, 183-207.
- Mollenkopf, D. A., D. J. Closs. (2005). "The Hidden Value in Reverse Logistics". *Supply Chain Management Review*, 7, 34-43.
- Mucuk, İsmet (2009). *Pazarlama İlkeleri* (17. Basım). İstanbul: Türkmen Kitapevi.
- Mula, J., D. Peidro and M. Diaz-Modronero. (2010). "Mathematical Programming Models for Supply Chain Production and Transport Planning". *European Journal of Operational Research*, 204, 377-390.
- Özceylan, E. (2010). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Üretim/Dağıtım Ağlarının Tasarımına Yeni Model Yaklaşımları*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Özger, A. (2008). *Havayolu Kargo Taşımacılığında Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemine Tamsayılı Model Yaklaşımı*. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Eskişehir.
- Özgün, N. (2007). *Yeniden İmalat Sistemleri İçin Bütünleşik Lojistik Ağı Tasarımı ve Bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Paksoy, T. (2005). "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, 435-454.
- Peng, P., L. V. Snyder and A. Lim. (2011). "Reliable Logistics Networks Design with Facility Disruptions". *Transportation Research Part B*, 45, 1190-1211.
- Pishvae, M. S., F. Jolai and J. Razmi. (2009). "A Stochastic Optimization Model for Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design". *Journal of Manufacturing Systems*, 28(4), 107-114.

- Pishvae, M. S., R. Z. Farahani and W. Dullaert. (2010). "A Memetic Algorithm for Bi-Objective Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design". *Computers and Operations Research*, 37, 1100-1112.
- Qin, J., F. Shi and L. Miao. (2009). "Optimal Model and Algorithm for Multi-Commodity Logistics Network Design Considering Stochastic Demand and Inventory Control". *Systems Engineering Theory & Practice*, 29(4), 176-183.
- Qin, Z., X. Ji. (2010). "Logistics Network Design for Product Recovery in Fuzzy Environment". *European Journal of Operational Research*, 202, 479-490.
- Ravi, V., R. Shankar and M. K. Tiwari. (2005). "Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-Of-Life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach". *Computers & Industrial Engineering*, 48, 327-356.
- Salema, M. I. G., A. P. Barbosa-Povoa and A. Q. Novais. (2007). "An Optimization Model for the Design of A Capacitated Multi-Product Reverse Logistics Network With Uncertainty". *European Journal of Operational Research*, 179, 1063-1077.
- Shen, ZM. (2007). "Integrated Supply Chain Design Models: A Survey and Future Research Directions". *Journal of Industrial and Management Optimization*, 3(1), 1-27.
- Syarif, A., Y. S. Yun and M. Gen. (2002). "Study on Multi-Stage Logistics Chain Network: A Spanning Tree-Based Genetic Algorithm Approach". *Computers & Industrial Engineering*, 43, 299-314.
- Şeker, Ş. (2007). *Araç Rotalama Problemleri ve Zaman Pencere Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Şengül, Ü. (2010). *Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayılı Programlama Modeli ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü için Bir Uygulama*. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Erzurum.

- Tsiakis, P., L. G. Papageorgiou. (2008). “Optimal Production Allocation and Distribution Supply Chain Networks”. *International Journal of Production Economics*, 111, 468-483.
- Uslu, Ş., M. Akçadağ. (2012). “İlaç Sektöründe Tersine Lojistik ve Dağıtımın Rolü: Bir Uygulama”. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(1), 149-158.
- Verstrepen, S., F. Cruijssen and M. Brit. (2007). “An Exploratory Analysis of Reverse Logistics in Flanders”. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7(4), 301-316.
- Yan, H., Z. Yu and E. Cheng. (2003). “A Strategic Model for Supply Chain Design with Logical Constraints: Formulation and Solution”. *Computers & Operations Research*, 30, 2135-2155.
- Yeh, W-C. (2005). “A Hybrid Heuristic Algorithm for the Multistage Supply Chain Network Problem”. *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology*, 26, 675-685.
- Zuluaga, J. P. S. (2005). *Reverse Logistics: Models and applications*. Department of Economics and Business Graduate Program in Economics. Management and Finance Universitat Pompeu Fabra.
- Web_1. (2011). Lojistik Sözlük. <http://www.lojistiksozluk.com/ag-tasarimi.html> (09.03.2013).
- Web_2. (2011). Lojistik Sözlük. <http://www.lojistiksozluk.com/etiket/butunlesik-lojistik> (09.03.2013).
- Web_3. (2008). Yet Another Math Programming Consultant, Blogger. <http://yetanothermathprogrammingconsultant.blogspot.com/2008/05/multiplication-of-binary-variables.html> (18.02.2013).
- Web_4. (2006). Devlet Planlama Teşkilatı, 9.Kalkınma Planı Hayvancılık ÖİK Raporu (2007-2013). <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan9.pdf> (18.02.2013).

Web_5. (2011). United States Department of Agriculture, Livestock and Poultry World Markets and Trade.

http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf (18.02.2013).

Web_6. (2005). CPLEX Performance Tuning for Mixed Integer Programs. <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21400023> (18.02.2013).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa DESTE
Doğum Tarihi ve Yeri : 1983 – Malatya
E-posta : mustafadeste@windowslive.com

EĞİTİM DURUMU

Erciyes Üniversitesi (2013)

İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı
Doktora

İnönü Üniversitesi (2008)

İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı
Yüksek Lisans

Kırıkkale Üniversitesi (2005)

Endüstri Mühendisliği
Lisans

YABANCI DİL

İngilizce

İLGİ ALANLARI

Üretim Yönetimi, Yöneylem, Lojistik, Yönetim Bilgi Sistemleri, Kalite Kontrol.