



KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN
MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS
TEZİ

Feride DELİCE

DANIŞMAN
Prof. Dr. Neslihan DEMİREL



2025

**T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK ANABİLİM DALI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN
MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Hazırlayan
Feride DELİCE**

**Danışman
Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**

**Jüri Üyeleri
1. Prof. Dr. Neslihan DEMİREL
2. Jüri Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN
3. Jüri Prof. Dr. Tuncay ÇELİK**

**Ocak 2025
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Feride DELİCE

İmza



TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU

Doküman No	FR-287
İlk Yayın Tarihi	8/02/2022
Revizyon Tarihi	-
Revizyon No	0
Sayfa No	ii/1

T.C.
Kayseri Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : Uluslararası Ticaret ve Lojistik
Program Adı : Yüksek Lisans
Tez Başlığı : Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 67 sayfalık kısmına ilişkin 09/02/2025 tarihinde **Turnitin** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı: % 10'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Giriş dâhil
- 2- Ana Bölümler dâhil
- 3- Sonuç dâhil
- 4- Alıntılar dâhil
- 5- Kapak hariç
- 6- Önsöz ve Teşekkür hariç
- 7- İçindekiler hariç
- 8- Kaynakça hariç
- 9- Özet hariç
- 10-Yedi (7) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. / /

Danışman
Prof. Dr. Neslihan DEMİREL
İmza

Öğrenci
Feride DELİCE
İmza

Hazırlayan BKK	Onaylayan KASGEM
--------------------------	----------------------------

KILAVUZA UYGUNLUK

“Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi” başlıklı Yüksek Lisans tezi, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Feride DELİCE

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Neslihan DEMİREL

İmza

Uluslararası Ticaret ve Lojistik ABD Başkanı

Prof. Dr. Oğuz ÖCAL

İmza

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Neslihan DEMİREL danışmanlığında **Feride DELİCE** tarafından hazırlanan “**Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi**” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

24 / 01 / 2025

JÜRİ:

Danışman : **Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**

Üye : **Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN**

Üye : **Prof. Dr. Tuncay ÇELİK**

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Doç. Dr. Ahmet TERZİ

İmza

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, desteğini, bilgisini, özverisini ve zamanını esirgemeyen, tez yazma sürecimde bana her zaman güvenen ve başarıyla tamamlayabileceğime gönülden inanan, çok kıymetli ve saygıdeğer tez danışmanım Prof. Dr. Neslihan DEMİREL'e teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatım boyunca bana yapmış oldukları katkılardan dolayı Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN ve Dr. Öğr. Üyesi Salih HİMMETOĞLU'na ve tez jürimde bulunan kıymetli hocam Prof. Dr. Tuncay ÇELİK'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi bitirmemi heyecanla bekleyen, bu zorlu süreçte güçlü kalmam için her zaman yanımda olan, motivasyon konuşmalarıyla beni ayakta tutan sevgili eşim Doç. Dr. Yılmaz DELİCE'ye; varlıklarıyla hayatımı güzelleştiren, bana her an mutluluk ve neşe veren, cesaretimi artıran güzel kızlarım Özge ve Ezgi'ye, her zaman yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Anne ve babama, değerli aile bireylerime, her zaman yanımda olup bana sevgilerini ve desteklerini esirgemedikleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Feride DELİCE, Kayseri, 2025

SÜRDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Feride DELİCE

**Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2025
Danışman: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**

ÖZET

Günümüzde e-ticaretin hızlı biçimde büyümesiyle birlikte son adım teslimat (SAT), tedarik zincirinin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Lojistik faaliyetler, e-ticaret maliyetlerinin yaklaşık %28'ini oluşturmaktadır ve bu maliyetin büyük bir kısmı SAT faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. SAT, lojistiğin en verimsiz ve maliyetli aşamasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, etkin lojistik planlaması ve süreçlerin optimizasyonu çevresel fayda ve rekabet avantajı sağlamak açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bu tezde, SAT'ın bir önceki aşamasında güncel teslimat modellerinden biri olan Kentsel Konsolidasyon Merkezleri (KKM) kullanımı incelenmiştir. KKM'lerde geçici olarak depolanan, birleştirilen ve yerel teslimat için yeniden dağıtılan malların kargo dolabı aracılığıyla teslimatı sağlanarak SAT'ın verimli ve sürdürülebilir kentsel lojistik faaliyetine dönüştürülmesi amaçlanmıştır. SAT sürecinin optimizasyonunu sağlamak üzere matematiksel bir model formüle edilmiş ve çözülmüştür. Bu bağlamda, kısmi kapsamalı maksimum kapsama ile yer seçimi ve eşzamanlı topla/dağıt araç rotalama problemi (KKMK-YETDARP) için bir karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli önerilmiş ve örnek bir problem üzerinde önerilen model çözülmüştür. Örnek problemde müşteri bölgelerinin teslim alma ve teslim etme taleplerinin karşılanmaması durumunda katlanılacak ceza maliyeti üzerinden farklı senaryolar geliştirilmiş ve her bir senaryo için elde edilen en iyi çözümler değerlendirilmiştir. Karşılanamayan talep için katlanılan ceza değeri küçüldükçe bazı müşterilerin kısmi kapsandığı ya da hiç kapsanmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Son Adım Teslimat, Kargo Dolabı, Araç Rotalama, Kısmi Kapsama, Matematiksel Model.

MATHEMATICAL MODEL PROPOSAL FOR SUSTAINABLE DELIVERY METHODS

Feride DELİCE

**Kayseri University Institute of Graduate Education
Master Thesis, January 2025
Thesis Advisor: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**

ABSTRACT

Today, with the rapid growth of e-commerce, last mile delivery (LMD) has become one of the most important elements of the supply chain. Logistics activities constitute approximately 28% of e-commerce costs, and a large portion arises from LMD activities. LMD constitutes the most inefficient and costly stage of logistics. Therefore, effective logistics planning and optimization of processes are of great importance in terms of providing environmental benefits and competitive advantage.

In this thesis, the use of Urban Consolidation Centers (UCCs), one of the current delivery models, was examined in the previous stage of LMD. It was aimed to transform LMD into an efficient and sustainable urban logistics activity by ensuring the delivery of goods temporarily stored, consolidated and redistributed for local delivery in UCCs via parcel lockers. A mathematical model was formulated and solved to optimize the LMD process. In this context, a mixed integer linear programming (MILP) model is proposed for the maximum coverage location selection and simultaneous pick-up/delivery vehicle routing problem with partial coverage and the proposed model is solved on an example problem. In the example problem, different scenarios were developed based on the penalty cost to be incurred in case the pick-up and delivery demands of the customer regions were not met, and the best solutions obtained for each scenario were evaluated. It is observed that some customers are partially covered or not covered at all as the penalty value incurred for the unfulfilled demand decreases.

Keywords: Last-mile Delivery, Parcel Locker, Vehicle Routing, Partial Coverage, Mathematical Model.

İÇİNDEKİLER

SÜRÜDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU	ii
KILAVUZA UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI	iv
ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK ve LOJİSTİK YÖNETİMİ

1.1. Lojistik Kavramı.....	4
1.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi.....	5
1.3. Lojistik Faaliyetler	7
1.4. Lojistik Yönetimi	13
1.5. Lojistiğin Önemi.....	15

İKİNCİ BÖLÜM

KENTSEL LOJİSTİK

2.1. Kentsel Lojistik Paydaşları.....	22
2.2. Son Adım Teslimat.....	27
2.2.1. SAT Faaliyetlerinin Kentler Üzerinde Yaratabileceği Etkiler.....	28

2.2.1.1. Ekonomik Etki	29
2.2.1.2. Sosyal Etki	29
2.2.1.3. Çevresel Etki	30
2.2.1.4. Teknolojik Etki	30
2.3. Tüketici Merkezli Teslimat Yöntemleri	31
.....	40

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Kentsel Konsolidasyon Merkezleri	41
3.2. Araç Rotalama Problemi	45
3.2.1. Kapasite Kısıtlı ARP (KARP)	46
3.2.2. Mesafe ve Kapasite Kısıtlı ARP (MKKARP)	46
3.2.3. Zaman Pencereli ARP (ZPARP).....	47
3.2.4. Topla/Dağıt ARP (TDARP).....	47
3.2.5. Açık ARP (AARP).....	48
3.2.6. Çoklu Depo ARP (ÇDARP)	48
3.2.7. Bölünmüş Teslimatlı ARP (BTARP)	48
3.2.8. Periyodik ARP (PARP)	48
3.2.9. Heterojen Filolu ARP (HFARP).....	49
3.2.10. Bulanık Araç Rotalama Problemi (BARP).....	49
3.3. Yer Seçimi Problemleri	52
3.4. Maksimum Kapsama Problemi (MKP).....	55

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN

MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

4.1 Kısmi Kapsamalı Maksimum Kapsama İle Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla/Dağıt Araç Rotalama Problemi	57
4.1.1 Problemin Tanımı	57
4.1.2. Matematiksel Model	60
4.1.3. Örnek Problem.....	62
4.1.4. Sonuçlar ve Senaryo Analizleri	63

BEŞİNCİ BÖLÜM**SONUÇ**

KAYNAKÇA	68
EKLER.....	89
TEZ İNTİHAL RAPORU	91
ETİK KURUL ONAYI.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	95



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar

AARP	: Açık ARP
ARP	: Araç Rotalama Problemi
B2B	: İşletmeden İşletmeye
B2C	: İşletmeden Tüketicieye
BARP	: Bulanık Araç Rotalama Problemi
BTARP	: Bölünmüş Teslimatlı ARP
CO ₂	: Karbondioksit
CSCMP	: Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi
ÇDARP	: Çoklu Depo ARP
GHG	: Sera Gazı
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
HFARP	: Heterojen Filolu ARP
KARP	: Kapasite Kısıtlı ARP
KKM	: Kentsel Konsolidasyon Merkezleri
KKMK-YETDARP	: Kısmi Kapsamalı Maksimum Kapsama ile Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla/Dağıt Araç Rotalama Problemi
KL	: Kentsel Lojistik
MILP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
MKKARP	: Mesafe ve Kapasite Kısıtlı ARP
MKP	: Maksimum Kapsama Problemi
PARP	: Periyodik ARP
SAT	: Son Adım Teslimat
TDARP	: Topla/Dağıt ARP
UCCs	: Urban Consolidation Centers
ZPARP	: Zaman Pencereci ARP

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Lojistiğin tarihsel gelişimi	6
Tablo 1.2.	Sipariş yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesi ve başarıya ulaşması için gerekli olan kriterler.....	11
Tablo 4.1.	Notasyonlar	60
Tablo 4.2.	Örnek çözüm sonuç değerleri	64



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Lojistik faaliyetler	7
Şekil 1.2. Lojistik yönetimi	15
Şekil 2.1. Yıllara göre dünya nüfusu	18
Şekil 2.2. Yıllara göre türkiye nüfusu ve yıllık nüfus artış oranı	19
Şekil 2.3. Sektörlere göre enerji tüketimi	19
Şekil 2.4. Ulaştırma türüne göre seragazi emisyonu (Kiloton CO2 eşdeğeri)	20
Şekil 2.5. Ulaştırma türüne göre seragazi emisyonu	20
Şekil 2.6. Kentsel lojistik.....	23
Şekil 2.7. Kentsel lojistiğin paydaşları	23
Şekil 2.8. Karmaşık bir kentsel sistemin bileşimi	26
Şekil 2.9. Tüketici merkezli katılımsız ve katılımlı teslimat hizmetleri sınıflandırılması	32
Şekil 2.10. Kargo Dolabı Görseli 1	34
Şekil 2.11. Kargo Dolabı Görseli 2	34
Şekil 2.12. Soğutmalı Kargo Dolabı Görseli.....	35
Şekil 2.13. Perakende sektöründe, tıkla ve topla görseli	
Şekil 2.14. KKM işleyişi	39
Şekil 2.15. KKM çalışma prensibi	39

GİRİŞ

E-ticaret ve çevrim içi alışverişin hızlı bir şekilde artması, paket teslimatı taleplerinde de yükselişe neden olmaktadır. Tedarik zincirinin "son adım" olarak bilinen nihai aşaması, e-ticaretin hızlı büyümesi ve tüketicilerin hızlı ve sık teslimat taleplerinin artmasıyla birlikte giderek daha karmaşık bir hale gelmektedir. COVID-19 salgını, toplum ve ekonomi üzerinde büyük bir etki yaratarak tüketici davranışlarında değişikliklere yol açmıştır. Sosyal izolasyon ve bazı ekonomik sektörlerdeki kriz, insanların alışveriş alışkanlıklarını değiştirmiş ve e-ticaret gibi uzaktan müşteri hizmetleri kanallarının önemini artırmıştır. Bu değişikliklere ilaveten, kentsel nüfus artışı ile de birlikte kentsel ortamlarda SAT'ın etkinliğinin azalması, uzun teslimat süreleri ve sürdürülebilirlik gibi zorluklar gündeme gelmiştir. Ayrıca, geleneksel teslimat (teslimat kamyonu/van ile adrese teslimat) yöntemlerinin yaygın kullanımı, trafik yoğunluğu, park yeri problemleri, hava ve gürültü kirliliği ve trafik kazalarında belirgin bir artışa yol açmaktadır.

Malların tüketicilere teslim edilmesi amacıyla yapılan taşıma faaliyetlerinden oluşan SAT, lojistik zincirinin nihai aşamasıdır ve genellikle en pahalı, en az verimli ve çevreye en zararlı süreçlerden biri olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıtlı araçlardan kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonları, bu süreçte önemli bir sürdürülebilirlik engeli oluşturmaktadır. Sipariş sayılarındaki artış, firmaları işletmeden tüketiciye (B2C) e-ticaretinin temel bir unsuru olan mal teslimatlarını hızlandırmaya zorlamış ve bu durum, sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları üzerinde önemli bir etki yaratmıştır.

Lojistikte sürdürülebilirliğe ulaşmak, sosyal beklentilerin karşılanması yanı sıra çevresel zararı azaltmayı ve ekonomik verimliliği artırmayı amaçlayan teslimat stratejilerinin kapsamlı bir değerlendirmesini ve yan yana getirilmesini gerektirmektedir. Kentsel lojistik ve SAT faaliyetleri, şehirlerde yaşayanlar için büyük kolaylıklar sağlasa da beraberinde bazı olumsuz etkiler de getirmektedir. Bu etkiler, genellikle çevresel, sağlıkla ilgili ve sosyal anlamda kent sakinlerinin refahını etkileyebilecek şekillerde karşımıza çıkmaktadır. SAT'larda genellikle kısa mesafelerde yapılan hareketler, sık sık

dur-kalk yapma ve düşük hızda seyahat etme gibi durumlar emisyonların artmasına neden olabilir. Bu da özellikle karbon salınımını ve hava kalitesini kötüleştiren CO₂, azot oksitler ve partikül maddeler gibi kirletici gazların daha fazla salınmasına yol açmaktadır. Bu emisyonlar, kentsel hava kirliliğini artırarak astım, bronşit ve kardiyovasküler hastalıklar gibi sağlık sorunlarını tetikleyebilmektedir. Kent içi lojistik ve SAT'ların artması, özellikle yoğun saatlerde trafik sıkışıklığına yol açabilmektedir. Teslimatlar için kullanılan araçlar genellikle şehirdeki dar sokaklarda park etmek zorunda kaldığı için trafiğin daha da yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Yol üzerinde yapılan sık teslimatlar, trafik güvenliğini tehdit edebilmektedir. Lojistik araçları genellikle daha büyük ve ağır araçlar olup, yayalar, bisikletliler ve küçük araçlar için de tehlike oluşturabilmektedir. Ayrıca, SAT'lar şehirlerde yoğun olarak yapıldığı için gürültü kirliliğine de yol açabilmektedir. Özellikle gece geç saatlerde yapılan teslimatlar, çevre sakinleri için ciddi bir rahatsızlık kaynağı olmaktadır. Dolayısıyla, fosil yakıt kullanan geleneksel taşıma araçları (van) yerine elektrikli araçlar, kargo bisikletleri, dronlar gibi SAT'ta kullanılan araçlar ile KKM, kargo dolabı, microhub da dâhil olmak üzere SAT'ta şehir merkezlerine yakın lokasyonlarda veya şehir merkezlerinde yer alan organizasyonların meydana getirdiği alternatif teslimat yöntemleri bu zorluklarla başa çıkabilmek için ortaya çıkmıştır.

Genel olarak çeşit ve sektörel olarak dağılımlara bakıldığında, CO₂'nin toplam GHG emisyonunun %76'lık kısmını oluşturduğu ve toplam GHG emisyonunun %15'inin taşımacılık sektöründen kaynaklandığı görülmektedir (IPCC, 2022). Taşımacılık sektörü özelinde otomobiller, tırlar, kamyonlar, otobüsler ile iki ve üç tekerlekli araçlar taşımacılıktan kaynaklı CO₂ emisyonlarının neredeyse dörtte üçünü oluşturmaktadır (Dündar ve Kolay, 2021). Kent içindeki trafiğin yoğunluğu ve tıkanıklığı, taşıma araçlarının yakıt verimliliğini düşürmektedir. Araçlar sık sık dur-kalk yaparak, daha fazla emisyon üretmektedir. Bu, özellikle SAT'larda önemli bir etkiye sahiptir. Trafik sıkışıklığının yoğun olduğu büyük şehirlerde, bu emisyon oranları daha fazla artmaktadır. Son yıllarda müşterilerin, ürün dağıtımının son aşamasıyla ilişkili GHG emisyonlarını göz önünde bulundurma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu nedenle, özellikle atıkları en aza indiren, üretkenliği artıran elektrikli araçlar ve kargo bisikletleri gibi karbon nötr araçların ve yüklerin birleştirilmesini ve yüksek araç doluluk oranlarını sağlamak üzere konsolidasyon merkezleri vb. kullanımını teşvik eden SAT için sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK ve LOJİSTİK YÖNETİMİ

Bu bölümde lojistik ve lojistik yönetimi kavramları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. İl olarak, lojistik kavramının tarihsel gelişimi ve kapsamı ele alınmış, lojistik faaliyetler detaylı bir biçimde sunulmuştur. Ardından, lojistik yönetimi ile ilgili temel bilgiler aktarılmış ve lojistiğin önemi üzerinde durulmuştur.

1.1. Lojistik Kavramı

Yunancada hesaplama yeteneği anlamındaki logistikos ile Fransızcada kışla/konak yeri ve arz etmek anlamlarında kullanılan logistique kelimelerinden türetildiği düşünülen lojistik terimi, sırasıyla mantık ve istatistik olarak çevrilebilen “logic” ve “statistics” kelimelerini de temsil etmektedir. Lojistik kavramının bugünkü kapsamını da düşündüğümüzde başlangıçta mantık, hesaplama yeteneği ve toplanma yeri kavramlarını ifade etmesi oldukça anlaşılır bir durumdur (Russell, 2000). Bir disiplin olarak lojistiğin kökenleri tarihteki askeri seferlere dayanmakla birlikte 1950'lerin sonlarında, iş dünyası liderleri ve akademisyenler askeri lojistik kavram ve teknolojilerinin, ürünlerin fiziksel dağıtımına uygulanmasının değerini fark ettikçe yeni bir lojistik bakış açısı ortaya çıkmaya başlamıştır (Russell, 1994). Lojistik ile ilgili çeşitli kavramlara ait tanımlamalar aşağıda sunulmuştur.

Askeri lojistik, bir askeri birliğin operasyonel yeteneğini desteklemek amacıyla tüm unsurların tasarımını ve uygulanmasını, gerekli ekipman ve malzemelerin temin edilerek savaş ve barış koşullarında etkinlik ve hazırlığın garanti altına alınmasını ifade etmektedir (Koçak, 2020). Kuvvetlerin hareketi ve bakımı, askeri operasyonların yürütülmesi, malzeme temini, tasarımı, geliştirilmesi, taşınması, depolanması, dağıtımı, bakımı, tahliyesi ve bertarafı gibi unsurların yanı sıra; personelin hareketi, tahliyesi, hastaneye sevki, tesislerin inşası, bakımı ve gerekli hizmetlerin sağlanması gibi süreçleri de kapsayan lojistik, tarih boyunca dönemin ihtiyaç ve yenilikleri doğrultusunda sürekli olarak gelişim ve dönüşüm göstermiştir (Çetin ve Haykır, 2024). Bir başka bakış açısıyla,

muharip unsurlar için strateji ve taktiğe bağlı bir biçimde ihtiyaç duyulan ikmal malzemeleriyle hizmeti sunmak amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler olarak tanımlanmaktadır (Gülenç ve Karagöz, 2008). Özet olarak askeri lojistik, orduya ait mühimmat ve erzâğın sistemsel hareketinin sanatsal ifadesi olarak tanımlanabilmektedir (Tanyaş, 2002).

Hizmet lojistiği, hizmet süreçlerini desteklemek için maddi ve beşerî unsurların temin ve yönetimi olarak ifade edilmektedir (Genç, 2009).

Lojistik (iş tanımı), malzeme, hizmet, bilgi ve sermaye akışlarının yönetimini sağlayan bir iş planlama çerçevesi olarak, günümüz iş ortamında giderek karmaşıklıklaştıran bilgi, iletişim ve kontrol sistemlerini kapsamaktadır (Bowersox, vd., 1996). Lojistik kavramı, tüketici ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kaynak noktasından tüketildiği noktaya kadar her türlü hizmet, bitmiş ürün ve bilginin verimli, etkin ve uygun maliyete neden olacak şekilde depolanması ve akışının planlanması, uygulanması ve denetlenmesi süreci olarak tanımlanabilmektedir (Acar, 2011). Ulaştırma ve dağıtım süreçlerinden hammadde, yarı mamul ve nihai ürünlerin depolanmasına kadar olan maliyetlerin asgariye indirilmesi de bu yönetim anlayışının önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Koçak, 2020). Daha sonraları lojistik sektörünün gelişmesine paralel olarak tüm süreçlerin daha doğru bir biçimde yürütülmesi amacıyla lojistikteki doğrular olarak ifade edilen çeşitli bakış açıları ortaya konmuştur. Böylece, müşterilerin talep ettikleri ürünlerin istedikleri zamanda, yerde ve uygun miktarda temin edebilmelerinin sağlanması daha kolaylaşmıştır. Lojistiğin yedi doğrusu; malzeme, miktar, şart, yer, zaman, tüketici ve fiyat kavramlarının hepsinin de doğru bir biçimde olduğu ulaştırma durumunu ifade eden temel bir prensiptir (Shapiro ve Heskett, 1985).

1.2. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi

Lojistik, son yüz yıl içinde kavramsal olarak yaşamımıza girmesine rağmen, tarih boyunca insanlıkla beraber varlığını sürdürmüş ve zamanla, ürün veya hizmet akışının başlangıç noktasından tüketim noktasına doğru yönetilmesi şeklinde bir faaliyet olarak iş dünyasında önemli değişimler geçirmiştir (Koçak, 2020). Önceleri insan ya da hayvan gücüyle yürütülen lojistik süreçler, teknolojinin gelişmesiyle makineleşerek taşıma araçları, yükleme ve boşaltma ekipmanları, depolama ve istifleme sistemleri, paketleme ve ayırma makineleri ile takip ve kontrol sistemlerine entegre hale gelmiştir. Bu dönüşüm hem işlem kapasitesini artırmış hem de süreçleri büyük ölçüde kolaylaştırmıştır.

Tablo 1.1. Lojistiğin tarihsel gelişimi (Şen, 2020)

Tarih	Aşamalar	Yönetim Merkezi	Örgütsel Tasarım
1960 yılları	Depolama ve Ulaştırma	- Satış - Pazarlama - Stok Denetimi - Ulaştırma Etkinliği	- Dağıtık Teknolojik Faaliyetler - Lojistik Faaliyetler Arasında Zayıf Bağlantı - Düşük Lojistik
1980 yılları	Toplam Maliyet Yönetimi	- Lojistiğin Merkezileştirilmesi - Toplam Maliyet Yönetimi - Süreç Optimizasyonu	- Merkezileşmiş lojistik faaliyetler - Büyüyen lojistik yönetimi - Bilgisayar uygulamaları
1990 yılları	Bütünleşik Lojistik Yönetimi	- Lojistik planlama - Tedarik zinciri stratejileri - İşletme faaliyetleri ile bütünleşme	- Lojistik faaliyetlerde genişleme - Tedarik zinciri planlama - Toplam kalite
2000 yılları	Tedarik Zinciri Yönetimi	- Stratejik tedarik zinciri görüşü - Extranet teknoloji kullanımı - Kanal güçlerini ortak bir kuvvet aracı kullanmak için tedarik zinciri toplam kalite yönetimi göstergelerinde iş birliği yapmak	- Ticari ortaklık - Sanal örgüt - Talepteki değişimler - Kıyaslama ve yeniden yapılandırma
2000 yılı sonrası	E-Tedarik Zinciri Yönetimi	- Tedarik zinciri yönetimi kavramına internetin uygulanması - Düşük maliyetli, anında veritabanı	- Tedarik zinciri ağı ile ticaret ortaklığı yapmak - E-ticaret - Örgütsel çeviklik

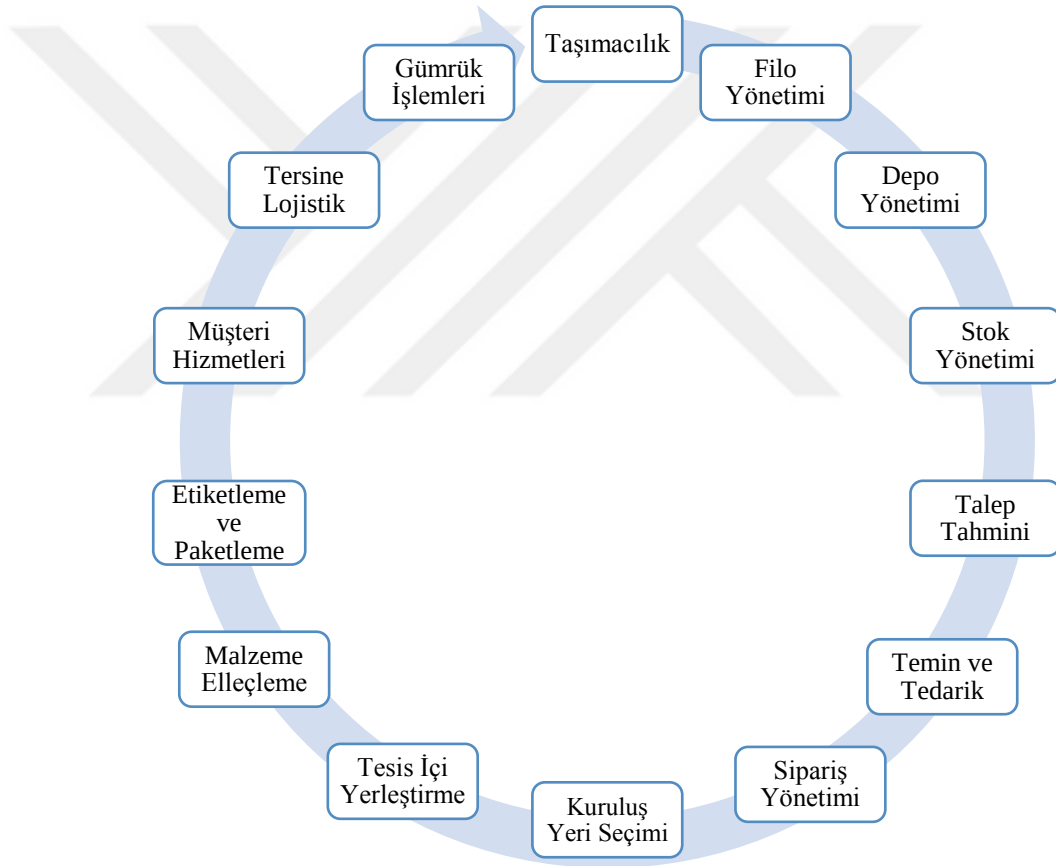
Tablo 1.1'den görüldüğü üzere, lojistik alanındaki gelişmeler 1960'lı yıllarda lojistik evresinin kurulmasıyla başlamış, 1980'li yıllarda lojistiğin değer kazanmasıyla birlikte merkezileşmiş lojistik faaliyetler, büyüyen lojistik yönetimi ve bilgisayar uygulamaları ön plana çıkmıştır. Bu dönemde kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, veri transfer hızlarının artması ve dijitalleşme süreci, lojistik planlaması, envanter yönetimi ve araç rotalarının optimizasyonunu mümkün kılmıştır. 1990'lı yıllarda ise lojistik faaliyetlerde genişleme yaşanmış, tedarik zinciri planlama kavramı ortaya çıkmıştır.

2000'li yıllarda tedarik zinciri yönetimi ve ticari ortaklıklar ön plana çıkarken, yeniden yapılanma süreçleri hız kazanmış, internetin ve e-ticaretin yükselişi ile lojistik süreçler daha da gelişmiş ve dönüşüm geçirmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojileri ile taşıma sistemlerindeki gelişmeler ve küreselleşmenin etkisiyle birbirleriyle rekabet eden devasa tedarik zinciri yapıları ortaya çıkmıştır.

1.3. Lojistik Faaliyetler

Lojistik faaliyetler; taşımacılık, filo yönetimi, depo yönetimi, stok yönetimi, talep tahmini, temin ve tedarik, sipariş yönetimi, kuruluş yeri seçimi, tesis içi yerleştirme, malzeme elleçleme, etiketleme ve paketlenme, müşteri hizmetleri, tersine lojistik ve gümrük işlemleri olarak Şekil 1.1’de görüldüğü üzere on dört unsur halinde sıralanmaktadır. Bu maddelere en yalın tanımlarıyla kısaca değinmek gerekirse, her birinin temel özelliklerini ve işlevlerini açıklamak önemlidir. Böylece, kavramların lojistik süreçler içerisindeki rolü daha iyi anlaşılabilir.

Şekil 1.1. Lojistik faaliyetler



Taşımacılık: Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan taşımacılık, ürünlerin tedarik zinciri boyunca fiziksel hareketinden sorumlu olan en temel lojistik faaliyettir. Taşıma modunun seçilmesi, taşıma güzergahının (rotasının) belirlenmesi, taşımayla ilgili yasal gerekliliklerin izlenmesi ve yerine getirilmesi gibi önemli adımları içermektedir. Ayrıca ulusal ve uluslararası taşımacılık kural ve anlaşmalarına uyulması, taşımacılık faaliyetlerinin sorunsuz bir şekilde yürütülmesi için kritik bir öneme sahiptir (Erturgut, 2016). İyi planlanan taşımacılık sistemi, lojistik faaliyetlerinde verimliliği artırırken

operasyonel maliyetleri düşürmekte ve hizmet kalitesini iyileştirmektedir. Taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, kamu ve özel sektörün iş birliğini gerektiren bir süreçtir. Etkin bir lojistik sistemi hem hükümetin hem de işletmelerin rekabet gücünü artırarak ekonomik fayda sağlayabilmektedir (Kumar ve Shirisha, 2014 s.16).

Filo Yönetimi: Filo yönetimi, bir dizi karmaşık ve birbirine bağlı karar problemine odaklanmaktadır. Bu süreç, filo büyüklüğünün ve bileşiminin belirlenmesi, filonun görevlendirilmesi, genişletilmesi veya küçültülmesi, dış kaynak kullanımına karar verilmesi, dağıtım ağlarının tasarımı, terminal ve aktarma noktalarının yer seçimi ile araçların lojistik ağ üzerinde yeniden konumlandırılmasını içermektedir. Bu unsurlar, filo yönetiminin stratejik ve operasyonel düzeyde etkin bir şekilde planlanmasını gerektiren çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Baykasoğlu, 2015).

Depo Yönetimi: Depolama, herhangi bir malzemenin tedarik zincirinin her aşamasında bekletilmesi ve muhafaza edilmesi süreci olup depo yönetimi, depo ve dağıtım sistemlerinin organize edilmesi, optimizasyon sağlanması ve kontrol süreçlerinin tanımlanıp uygulandığı sistematik bir süreçtir. Dağıtım merkezleri, depo, antrepo ve gümrüklü sahalar gibi stok alanlarının yeri, kapasitesi, işletme şekli ve operasyonlara uygunluğu, lojistik faaliyetlerde giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Erdal ve Çancı, 2003). Bu bağlamda, lojistik firmalar depolama hizmetleri sunarak ticari işletmelerin envanter maliyetlerini düşürmelerine yardımcı olmakta ve malların hedef pazarlara zamanında ulaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Erturgut, 2016, s.126). Bu süreç, işletmelerin rekabet gücünü artırırken, verimliliği de üst düzeye çıkarmaktadır.

Stok Yönetimi: Hammaddede, yardımcı malzeme, yarı mamul ve mamullerin zamanında ve en uygun maliyetle tedarik edilmesine ve/veya bulundurulmasına yönelik faaliyetlerin bütününe ifade etmektedir. Stoklar, bir organizasyon tarafından tutulan mal ve malzeme arzlarıdır. Bunlar, organizasyonun girdileri veya çıktıları mevcut olup kullanılmadıkları zaman oluşurlar (Waters, 2003, s.252). Stok yönetiminde, talep tahminleri ve üretim planlama verileri kullanılarak stoklama işlemleri gerçekleştirilir. Bu süreçte, satın alma maliyeti, sipariş verme maliyeti, elde bulundurma ve bulundurmama maliyeti gibi unsurlar dikkate alınarak emniyet seviyeleri ve sipariş verme noktaları belirlenmesi temel gereklilikler arasında yer almaktadır. Satışları karşılamak açısından, elde bulundurulacak stok miktarı planlanan satış hacmi, işletmenin sahip olduğu depo sayısı, malların dayanıklılığı, üretim süresi ve kapasitesi, depolama olanakları, elde bulundurma

malîyetleri ve elde bulundurmama malîyetleri gibi faktörlere bağılıdır (Taşkın ve Durmaz, 2012 s.81).

Stok türleri, ‘işlevlerine göre’ ve ‘üretim kararlarına göre’ olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır (Erturgut, 2016, s.139).

İşlevine Göre Stoklar: *Güvenlik stoku* (emniyet stoku), talep dalgalanmaları ya da tedarik zinciri aksaklıklarına karşı güvence sağlamak amacıyla tutulan ekstra stoku belirtmektedir. *Tahmin stoku*, dönemsel oluşan talep dalgalanmalarına veya planlanmış üretim aksamaları gibi gelişmelere karşın elde tutulan stoktur. *Transit stoku*, yolda veya hareket halindeki ürünlerden oluşur; yani taşıma aşamasındaki malları ifade etmektedir. *Çevrim stoku*, küçük fakat daha sık müşteri taleplerini karşılayabilmek için talep edilenden daha fazla miktarda elde tutulan stoktur.

Üretim Kararlarına Göre Stok Yönetimi: *Döngüsel stok yönetimi*, pazar talebi doğrultusunda uygun miktarda hammadde, üretim aracı ve yarı mamul stoklanmasını içermektedir. Bu yöntemde stok seviyeleri azaldıkça dışarıdan tedarik (bütünleme) yapılmaktadır. Amaç, üretim süreçlerini aksatmadan, malîyetleri en aza indirerek yeterli ve sürekli bir malzeme akışını sağlamaktır. Stok seviyeleri düzenli olarak izlenmekte ve ihtiyaç duyulan malzemeler zamanında temin edilerek, stokların gereksiz şekilde fazla birikmesi önlenmektedir. Bu şekilde, hem talep dalgalanmalarına hızlı yanıt verilebilir hem de tedarik zinciri yönetimi daha verimli hale gelebilmektedir. *Emniyet düzeyi stok yönetimi*, talep dalgalanmaları, tedarik zinciri aksaklıkları veya üretim süreçlerindeki belirsizliklere karşı korunmak amacıyla tutulan ekstra stok miktarını ifade etmektedir. Bu stok, olası olumsuz durumlar nedeniyle ürünlerin veya malzemelerin tedarikinde aksamalar yaşanması durumunda, üretim ve satış süreçlerinin kesintiye uğramaması için kullanılmaktadır. Özellikle talebin tahmin edilemez olduğu veya tedarik sürelerinin değişkenlik gösterdiği durumlarda oldukça önemlidir. Bu sayede işletmeler, talebin beklenenden fazla olması ya da tedarik zincirindeki gecikmeler gibi durumlarla karşılaştığında, operasyonlarını sürdürebilmektedir. *Sezonluk Stok Yönetimi*, belirli bir dönemde talebin artacağı öngörülen ürünlerin, önceden planlanarak depolanması ve yönetilmesidir. Bu tür yönetim, özellikle mevsimsel talepleri karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin, kış sezonunda satılacak kışlık giysiler, yazın popüler olan deniz ürünleri ya da tatil sezonunda talep görecektir hediyelik eşyalar gibi ürünler için uygulanmaktadır.

Talep Tahmini: Belirli bir ürün veya hizmete yönelik gelecekteki müşteri taleplerinin öngörülmesi sürecidir ve bu süreç, tedarikçilerden sipariş edilecek kalemlerin miktarı ile bitmiş ürünlerin ne kadarının sevk edileceği veya elde tutulacağı gibi konuları kapsamaktadır. Talep tahmini, geçmiş satış verileri, piyasa eğilimleri, mevsimsel dalgalanmalar ve ekonomik faktörler gibi çeşitli verilerin analizini içermektedir. Talep tahmini, işletmelerin üretim, stok yönetimi ve dağıtım planlaması gibi stratejik kararlar almasına yardımcı olmaktadır. Doğru tahminler, kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak ve maliyetleri düşürerek müşteri memnuniyetini artırırken, yanlış tahminler ise kaynak israfına yol açıp maliyetleri arttırarak müşteri memnuniyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Erdal ve Çancı, 2003). Talep tahminleri nitel ve nicel talep tahmin yöntemleri olmak üzere iki grup altında sınıflandırılmaktadır (Erturgut, 2016 s.150). *Nitel (kalitatif) tahmin yöntemleri*, uzman kişi veya kişilerin tecrübe ve sezgilerine dayanmaktadır. Bu tür tahminlerde, uzmanların piyasaya dair görüşleri, tahminleri ve öngörülleri ön plandadır. Günümüz teknolojisinde, özellikle yapay zekanın yükselmesiyle birlikte, *nicel (kantitatif) talep tahmin yöntemleri* daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu yöntemler, geçmiş verilere dayalı sayısal analizlerle gelecekteki talebi tahmin etmeye yönelik hesaplamalar yapmaktadır. Zaman serisi analizi, regresyon analizi ve makine öğrenmesi gibi yöntemler, büyük veri setlerini işleyerek daha doğru ve öngörülebilir tahminler elde edilmesini sağlamaktadır (Yüksel, 2023).

Temin ve Tedarik: Satın alma yönetimi olarak anılabilecek temin ve tedarik süreci, doğru ürün ve hizmetlerin uygun kalite, miktar, zaman, maliyet ve kaynaktan temin edilmesini sağlayan süreçtir ve işletmenin rekabet avantajını artırmaktadır. Etkin satın alma için doğru tedarikçi seçimi ve performans değerlendirmesi önemlidir. Somut varlıkların elde edilmesi satın alma sürecinin bir parçasıyken, tedarik, gerekli olan makine, alet, cihaz, hammadde, malzeme, parça, yarı mamul, mamul ve hizmetlerin uygun tedarikçilerden sağlanması amacıyla; gerekli olan planlama, stok kontrol, satın alma ve diğer faaliyetlerin tümünü kapsamaktadır (Erturgut, 2016 s.394).

Sipariş Yönetimi: Sipariş yönetimi, sipariş ile ilgili bilgilerin müşterilerden tedarik zincirindeki diğer üyelere doğru geri yönlü akışının yönetimidir (Erturgut, 2016 s.148). Sipariş yönetimi sürecinde gerçekleştirilen faaliyetler, belirli aşamalar halinde sıralanmaktadır. İlk olarak, müşterilerin gereksinimleri doğrultusunda teklif talep edilmekte ve bu talebe uygun bir cevap verilmesi sağlanmaktadır. Ardından, satış bölümü

tarafından sunulan cevaplar müşteriler tarafından değerlendirilmekte ve bu değerlendirme sonucunda sipariş verilmektedir. Sipariş alındıktan sonra stok durumu gözden geçirilmekte, stokların yetersiz olması durumunda üretim bölümüyle iletişime geçilmektedir. Üretim kararı alınması hâlinde gerekli girdilerin temini sağlanmakta ve sipariş için olası teslim tarihi belirlenmektedir. Ayrıca, finans bölümü siparişlere onay vermekte, müşteriye teslim tarihi ve diğer detaylı bilgiler iletilmektedir. Tüm bu adımlar tamamlandıktan sonra, kesinleşmiş sipariş bilgileri doğrultusunda üretim sürecine geçilmektedir. Doğrudan hizmet düzeyine etki edeceğinden sipariş yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesi ve başarıya ulaşması için Tablo 1.2'deki kriterler esas alınmaktadır (Gürses, 2024).

Tablo 1.2 *Sipariş yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesi ve başarıya ulaşması için gerekli olan kriterler (Gürses, 2024)*

Sipariş Doğruluğu	Müşteri siparişlerinin doğru ve eksiksiz bir şekilde işlenmesi ve teslim edilmesi sürecini ifade etmektedir.
Teslim Süresi	Siparişin alınmasından müşteriye teslimine kadar geçen süreyi belirtmektedir.
Sipariş Tamamlama	Siparişlerin tam ve eksiksiz bir şekilde müşteriye ulaştırılmasını kapsamaktadır.
Stok Durumu	Siparişlerin karşılanması için gereken stok seviyelerinin uygunluğunu ifade etmektedir.
Müşteri Hizmetleri	Müşterilere sipariş süreçleri hakkında bilgi verme ve destek sağlama kapasitesini belirtmektedir.
Sipariş Esnekliği	Müşteri taleplerine göre siparişlerin değiştirilmesi veya uyarlanabilmesi yeteneğini tanımlamaktadır.
Hata Yönetimi	Sipariş hatalarının belirlenmesi, düzeltilmesi ve bu hataların tekrarının önlenmesi süreçlerini kapsamaktadır.
Maliyet Kontrolü	Sipariş yönetimi sürecinde maliyetlerin kontrol altında tutulması ve verimliliğin sağlanmasını ifade etmektedir.

Kuruluş Yeri Seçimi: Kuruluş yeri seçimi kararları, işletmelerin uzun vadeli kârlılık ve performansları üzerinde önemli sonuçlara neden olduğundan üretim ve işlemler yönetimi kapsamında stratejik kararlar olarak değerlendirilmektedirler. Uzun dönemli bir yatırım kararıdır, üst yönetim tarafından alınır ve değiştirilmesi güç ve oldukça maliyetlidir. Yer seçimi, tedarik zincirinin etkinliği ve başarısı açısından temel bir faktördür. İmalat tesislerinin, depo ve perakende mağazalarının konumlandırılması, lojistik maliyetler, verimlilik, tedarik zinciri yönetimi ve rekabetçilik üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu tür yerleşim kararları, yalnızca fiziksel altyapı ve ulaşım kolaylıkları değil, aynı zamanda iş gücü maliyetleri, yerel düzenlemeler ve pazar erişimi gibi bir dizi faktörü de dikkate almayı gerektirmektedir. Rekabette avantaj elde etmek için, işletmeler stratejik

yer seçiminde en uygun lokasyonları belirlerken, bölgesel dinamikleri ve küresel tedarik zinciri koşullarını göz önünde bulundurmalıdır. Ayrıca, yeni girişimler mevcut tesislerin verimlilik açısından yeterliliğini değerlendirirken, gerekirse yeni tesislere yatırım yapmayı da tercih edebilmektedir. Yer seçimi ile ilgili tercihler ve değişiklikler, ulaşım ücretlerini, müşteri hizmetlerini ve stok ihtiyaçlarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle ulaştırma maliyetleri, yer seçimi kararında en önemli kriterlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Erturgut, 2016 s.147).

Tesis Yerleştirme: Tesis yerleştirme; depo içerisinde rafların, yükleme ve boşaltma alanlarının, koridorların, ekipmanların, çalışma ofislerinin ve ilgili tüm tesislerin depolama faaliyetlerini en hızlı ve güvenli şekilde yerine getirilmesini sağlayacak şekilde düzenlenmesidir.

Malzeme Elleçleme: Malzemelerin bir noktadan başka bir noktaya insan veya makine gücüyle aktarılması işlemidir ve bu süreç, bir ürün veya malzemenin depolama, taşıma, yükleme ve boşaltma aşamalarında fiziksel olarak işlenmesini kapsamaktadır. Ürünün değerinde değişiklik yaratmayan, katma değer sağlamayan, ancak doğru yapılmadığında ürünün değerinde kayba neden olan bir işlemdir (Koban ve Keser, 2013 s.126).

Etiketleme ve Paketleme: Etiketleme ve paketleme; depolama, satış ve dağıtım faaliyetlerini kolaylaştırıcı ve destekleyici lojistik faaliyetlerdir. Etiketleme, ürünlerin tanımlanması ve izlenmesi amacıyla üzerlerine bilgi ekleme işlemidir. Lojistik, üretim, perakende ve birçok endüstride etiketleme, ürünlerin doğru bir şekilde yönetilmesini, depolanmasını ve sevk edilmesini sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır (Erturgut, 2016 s.350). Paketleme, içinde bulunan ürünü sarma, saklama, koruma işlevi ile görünüş ve farkındalığını artırarak ürünün satılmasına katkı sağlamaktadır (Erturgut, 2016 s.145). Paketleme dış ticarete iş akışının başarısında doğrudan etkisi olan bir işlem olarak görülmektedir (Koban ve Keser, 2013 s.126). Ürünün tüm yaşam döngüsünde tanımlanması, ekonomik ve çevreye duyarlı bir şekilde korunması, elleçlemeyi kolaylaştırarak müşteriye sunulmasını sağlaması gibi işlevler, ürünleri dış etkilere koruyan, tanıtım ve pazarlama işlemlerini kolaylaştıran, görsellik ve kullanım ergonomisi sağlayan, ayrıca içindeki ürün hakkında bilgiler sunan koruyucu malzemelerle desteklenmektedir (Waters, 2003).

Müşteri Hizmetleri: Satın alma öncesinde, satın alma sırasında ve sonrasında müşterilere hizmet sunma sürecini ifade etmekte olup genel bir satış süreci açısından herhangi bir

kuruluşun gelir elde etme yeteneğinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu hizmetler, ürün önerileri sunma, sorunları ve şikâyetleri çözümleme veya genel sorulara yanıt verme gibi işlemleri kapsarken talep döngüsü, hizmet seviyeleri, sipariş yönetimi, parça/servis desteği ve satış sonrası hizmetler gibi unsurları da içermektedir (Waters, 2003; Koban ve Keser, 2013 s.127).

Tersine Lojistik: Lojistik, tedarik zincirinde malzemenin, bilginin ve fonların ileri doğru akışından sorumlu olduğu kadar; üretim, dağıtım ve paketleme gibi süreçlerde ortaya çıkan atıkların ve yararsız malzemelerin yok edilmesinden de sorumludur. Tersine lojistik, iade edilmiş ürünleri ya da parçaları veya faydalı yaşam süresi bitmiş olan malzemeleri geri alma, bunları değer yaratacak şekilde dönüştürerek tekrar kullanıma sunma veya kontrollü bir şekilde bertaraf etme faaliyetleridir (Erturgut, 2016 s.147). Tersine lojistik uygulamalarına neden olan güçler ekonomik nedenler, yasal zorunluluklar, kurumsal sorumluluklar gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Koban ve Keser, 2013 s.118).

Gümrük İşlemleri: Bir ülkeye giren veya ülkeden çıkan mal ve eşya üzerinden alınan vergi ve düzenlemelerdir. Uluslararası lojistik ve taşıma faaliyetlerinde ithalat ve ihracat işlemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır (Erdal ve Çancı, 2003). Ulusal sınırların dışına ya da ulusal sınırlar dışından yapılacak her türlü mal ve hizmet satışı ve alışında gümrük mevzuatı ile şekillenen gümrükleme işlemleri bir süreç olarak önemli olup, bu sürecin doğru yönetilmesi gerekmektedir (Koban ve Keser, 2013 s.127). Gümrük işlemlerinin yürütülmesinde çıkabilecek hatalar, eksiklikler ve gecikmeler işletmeler için zaman ve para kaybına yol açtığı gibi, teslimat süresini etkileyerek müşteriler nezdinde de güvenilirlik kaybına yol açmaktadır (Erturgut, 2016 s.151).

1.4. Lojistik Yönetimi

Lojistik, envanterin zamanlanması ve konumlandırılmasıyla değer yaratılan bir süreçtir. Ayrıca, sipariş ve envanter yönetimi, malzeme elleçleme ve ambalajlama, depolama ile nakliye faaliyetlerinin bir ulaştırma ağı boyunca entegre bir şekilde yürütülmesi olarak da ifade edilebilmektedir (Fatek, 2024). Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi'ne göre lojistik yönetimi; “Her türlü tüketici ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla mal, hizmet ve her türlü bilginin üretim ve tüketim noktaları arasında etkili ve verimli bir biçimde iki yönlü akış ve depolanması faaliyetlerinin planlama, uygulama ve kontrol olarak ifade edilen yönetim aşamalarının uygulanması yoluyla yerine getirildiği

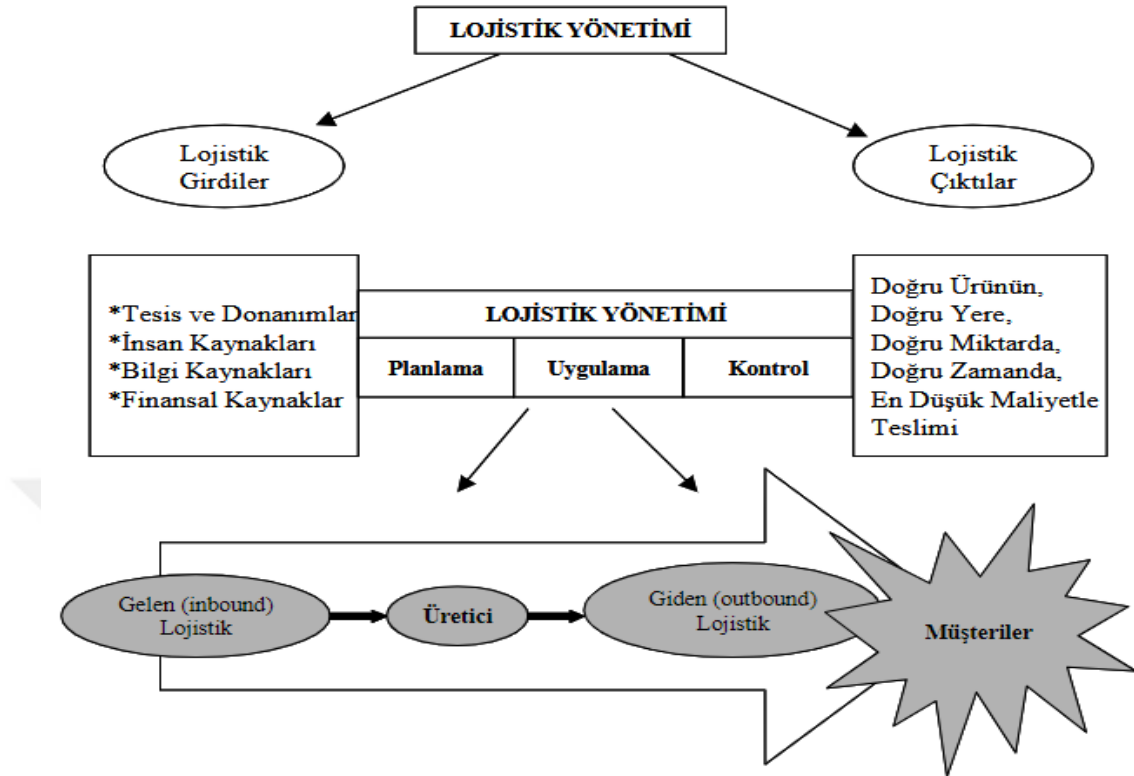
tedarik zinciri yönetimi sürecinin en önemli parçası” olarak tanımlanmaktadır (CSCMP, 2024). Lojistik yönetimi, tüm lojistik faaliyetlerini koordine ve optimize eden ve lojistik faaliyetlerini pazarlama, satış, üretim, finans ve bilgi teknolojisi gibi diğer işlevlerle entegre eden bütünleştirici bir işlevidir (Fatek, 2024). Lojistik işinin amacı on yıllar boyunca temelde aynı kalmış olsa da işin yapılış şekli değişmeye devam etmektedir.

Bütün faaliyet düzeylerinde, planlama ve strateji lojistik yönetiminin sorumluluğundadır. Lojistik yönetimi faaliyetlerinin bileşenleri şu şekilde sıralanabilmektedir (Erturgut, 2016, s.11):

- İçeri ve dışarı yönlü taşıma operasyonları
- Taşıma vasıtalarının oluşturduğu filoların yönetimi
- Depolama ve dağıtım
- Malzeme elleçleme operasyonları
- Sipariş yerine getirme
- Lojistik network kurma
- Stok (envanter) yönetimi
- Tedarik ve talep planlaması
- Üçüncü parti lojistik servis sağlayıcılarının yönetimi
- Fiyat araştırması ve satınalma
- Üretim planlaması
- Paketleme ve montaj
- Müşteri ilişkileri

Lojistik, temel olarak ekonomi ve yönetim açısından büyük önem taşımaktadır. Bunların yanı sıra, maliyetlerin düşürülmesi, kapasite planlamasının etkinleştirilmesi, stok seviyelerinin optimize edilmesi, teslim sürelerinin iyileştirilmesi, tedarik zinciri faaliyetlerinin performansının artırılması gibi konularda fırsatlar sunmaktadır. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi lojistik yönetimi birçok işlemi bünyesinde barındırmaktadır.

Şekil 1.2. Lojistik yönetimi (Aslanertik, 2015)



1.5. Lojistiğin Önemi

Lojistik, bir bilim dalı olarak, farklı lojistik faaliyetleri tek bir sistemde entegre etme yeteneği sunmakta ve bu sayede lojistik gereksinimlerinin ve faaliyetlerinin verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Lojistik yönetimi, gereksinimlerin ortaya çıktığı yer ve zamandan, bu gereksinimlerin karşılandığı yer ve zamana kadar olan süreçleri kapsamakta ve bu süreç boyunca ek değer yaratma fırsatları sunmaktadır (Fugate vd., 2010). Bu bütünlük yaklaşım, lojistik sistemlerinin etkin bir şekilde işleyişini desteklemekte ve lojistik akışının her aşamasında değer eklemeyi mümkün kılmaktadır.

Lojistik, birçok farklı disiplinin entegrasyonunu sağlamak amacıyla teknik, teknolojik, organizasyonel, ekonomik, yasal, çevresel ve diğer alanlardaki bilgileri bir araya getirmektedir. Bu disiplinler, çeşitli matematiksel yöntemler, sezgisel kurallar, bilgi teknolojileri, deneyim ve uzmanlık ile harmanlanarak rasyonel ve optimal çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu özelliği ile lojistik, bilimsel çevrelerde multidisipliner bir alan olarak sınıflandırılmaktadır (Milenkov vd., 2015). Lojistiğin bağımsız bir bilim dalı olarak kabul edilmesinin temelinde, güvenilirlik, maliyet etkinliği, sistem mühendisliği, sistem etkinliği, bütünsel destek, matematiksel ve istatistiksel yöntemler, olasılık teorisi, operasyonel araştırmalar ve simülasyonlar gibi çeşitli bilimsel ve

profesyonel yaklaşımların kullanılması yer almaktadır (Fugate vd., 2010).

Lojistik, modern bilgi ve telekomünikasyon teknolojilerinin sunduğu imkanları yoğun bir şekilde kullanarak, farklı sistemlerdeki karmaşık süreçleri detaylı bir biçimde analiz etme ve izleme olanağı sağlamaktadır (Milenkov vd., 2020). Lojistiğin birçok yönü doğası gereği stokastik, dinamik ve doğrusal olmayan nitelikler taşımaktadır. Bu özellikler, lojistik sistemlerinin küçük ölçekli değişimlere ve aksaklıklara karşı son derece hassas olmasına yol açmaktadır. Örneğin, tedarik zincirindeki küçük bir gecikme veya operasyonel aksaklık, tüm sistemin işleyişini olumsuz yönde etkileyebilir ve bu durum sistemin verimliliğini ve çıktısını önemli ölçüde bozabilir. Bu nedenle, lojistik süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesi için uygun yönetim mekanizmalarının kurulması kritik bir öneme sahiptir. Bu mekanizmalar, süreçlerin kontrol edilmesi ve optimize edilmesi açısından lojistik sistemin genel başarısı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Erturgut (2016) lojistiğin önemini iki başlık altında ele almıştır.

Lojistiğin Organizasyonlar Açısından Önemi: Lojistik, işletmelerin faaliyetlerini sürdürebilmesi için kritik bir rol oynamaktadır. Mal ve hizmetlerin hareketini sağlamakta, bu da teslimatların yapılabilmesi ve operasyonların gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Lojistik kaynaklar, işletmelerin temel fonksiyonlarını yerine getirmeleri için hayati öneme sahiptir ve rekabet avantajı sağlamak için taklit ve ikame edilmesi zor bir unsurdur. Etkili lojistik, üretim artışı, maliyet düşüşü, kalite iyileştirmesi, müşteri memnuniyeti ve pazar payı artışı gibi avantajlar sağlamaktadır.

Lojistiğin Uluslararası Ticaret Açısından Önemi: Uluslararası ticaretin büyümesinde lojistiğin verimli işleyişi büyük rol oynamaktadır. Küreselleşen ekonomi ve liberalleşen dış ticaretle birlikte lojistik faaliyetler, taşımacılık, depolama, satın alma ve envanter yönetimi gibi unsurlar, uluslararası ticarete belirleyici faktörler haline gelmiştir. Lojistik sistemlerin etkinliği, ürünlerin doğru yere ulaşmasını sağlayarak küresel ticaretin verimli şekilde gerçekleşmesine katkı sağlamaktadır ((Erturgut, 2016 s.3)

İKİNCİ BÖLÜM

KENTSEL LOJİSTİK

Kentsel yoğunluk, özellikle taşımacılık sektöründe önemli bir enerji tüketimine yol açmakta ve bu durum, çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Kentsel lojistik, şehir içindeki mal taşımacılığı, dağıtım ve depolama süreçlerini optimize etmeye odaklanmaktadır ve bu süreçlerde yer alan kural koyucular, göndericiler, taşıyıcılar ve kent sakinleri gibi paydaşların iş birliği kentlerin sürdürülebilirliği açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Kentsel lojistik, şehirlerin ekonomik ve sosyal gelişimini desteklerken kentsel alanlarda yük taşımacılığıyla ilgili karşılaşılan sorunları minimize etmeyi amaçlayan bir disiplindir. Bu yaklaşım, paydaşları ve kararları entegre bir lojistik sisteminin bileşenleri olarak ele almaktadır. Bu bağlamda, nakliyecilerin, taşıyıcıların ve taşımacılık hareketlerinin koordinasyonu sağlanırken, aynı zamanda farklı müşterilerin ve taşıyıcıların yüklerinin çevre dostu araçlarla birleştirilmesi ve gelişmiş kentsel ulaşım sistemlerinin optimize edilmesi hedeflenmektedir.

Son yıllarda kentsel hareketlilikle ilgili araştırmaların hedefleri, özel ve kamusal ulaşım araçlarından paylaşımlı lojistik uygulamalarına, kurumların politika taleplerinden paydaşların davranış ve eğilimlerine kadar geniş bir alanı kapsamaktadır (Bertolini vd., 2024). Bu kapsamda kentleşme, kentsel hareketlilik konusundaki çalışmaları yönlendiren temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Birleşmiş Milletler'e göre, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %70'inin kentsel alanlarda yaşayacağı ve küresel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın %90'ının bu bölgelerde üretileceği öngörülmektedir (BM, 2018).

Dünya nüfusu, Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi 3 Şubat 2025 itibarıyla 8.203.200.127 kişiye ulaşmış olup, yıllık yaklaşık %0,85 oranında artarak her yıl 70 milyon yeni bireyin eklenmesi beklenmektedir (Worldometers, 2025). Bu artış, küresel ölçekte demografik

dinamiklerin hızla değiştiğini göstermekte ve nüfus yoğunluğu, kaynak yönetimi, ekonomi ve çevresel sürdürülebilirlik gibi birçok alanı doğrudan etkilemektedir.

Şekil 3.1. Yıllara göre dünya nüfusu (Worldometer, 2025)

Yıl	Dünya Nüfusu	Yıllık Değişim	Net Değişim	Yoğunluk (K/Km ²)
2024	8,161,972,572	0.87 %	70,237,642	55
2023	8,091,734,930	0.88 %	70,327,738	54
2022	8,021,407,192	0.84 %	66,958,801	54
2021	7,954,448,391	0.86 %	67,447,099	53
2020	7,887,001,292	0.97 %	75,707,594	53
2019	7,811,293,698	1.05 %	81,390,917	52
2018	7,729,902,781	1.10 %	84,284,827	52
2017	7,645,617,954	1.15 %	87,063,428	51
2016	7,558,554,526	1.18 %	88,062,654	51
2015	7,470,491,872	1.20 %	88,875,628	50
2014	7,381,616,244	1.23 %	89,822,659	50
2013	7,291,793,585	1.26 %	90,591,100	49
2012	7,201,202,485	1.27 %	90,278,720	48
2011	7,110,923,765	1.27 %	89,191,617	48
2010	7,021,732,148	1.28 %	88,965,732	47
2009	6,932,766,416	1.29 %	88,308,754	47
2008	6,844,457,662	1.29 %	87,148,881	46
2007	6,757,308,781	1.29 %	85,856,766	45
2006	6,671,452,015	1.28 %	84,481,883	45
2005	6,586,970,132	1.29 %	83,592,360	44
2004	6,503,377,772	1.29 %	83,016,138	44
2003	6,420,361,634	1.30 %	82,631,292	43
2002	6,337,730,342	1.32 %	82,793,883	43
2001	6,254,936,459	1.35 %	83,233,466	42
2000	6,171,702,993	1.36 %	82,696,654	41
1999	6,089,006,339	1.36 %	81,939,649	41

Türkiye'nin nüfusu da bu kapsamda ele alındığında, aynı tarihte 87.599.467 kişiye ulaştığı ve 2025 yılı ortasında 87.685.426 kişiye çıkması beklenmektedir (Şekil 2.2). Türkiye, dünya nüfusunun %1,07'sini oluşturmakta ve en kalabalık ülkeler sıralamasında 18. sırada yer almaktadır.

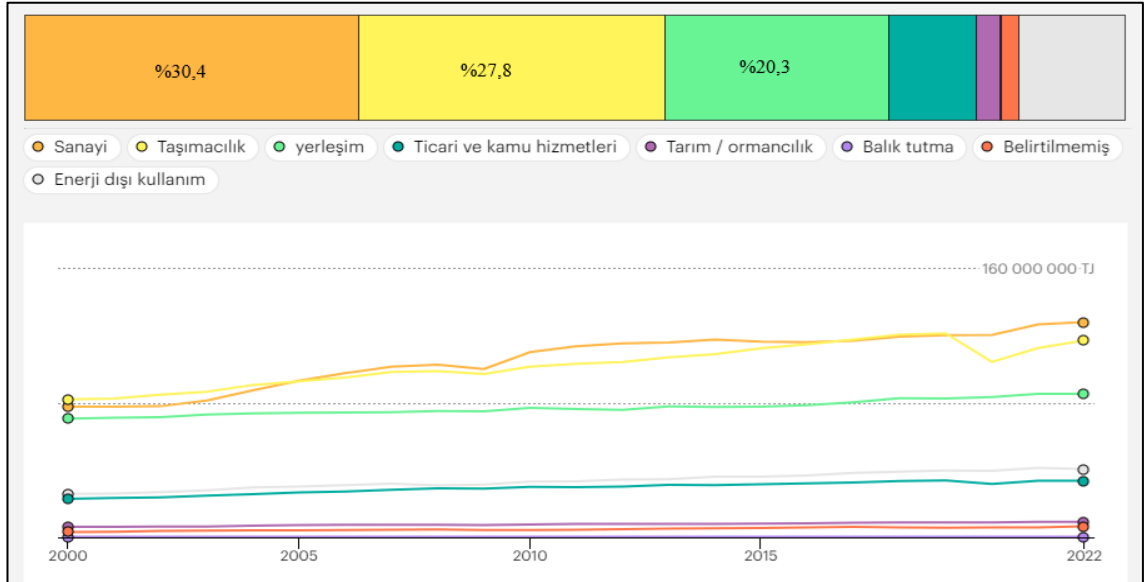
Şekil 4.2. Yıllara göre türkiye nüfusu ve yıllık nüfus artış oranı (Worldometer, 2025)



Türkiye nüfusunun %76,9'u kentsel alanlarda yaşamaktadır, bu da yaklaşık 67.446.349 kişinin şehirlerde ikamet ettiğini göstermektedir (Worldometers, 2025). Küresel eğilimlere paralel olarak Türkiye'de de kentleşme hızla artmakta olup, bu durum altyapı, konut, ulaşım ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli zorlukları ve planlama gerekliliklerini beraberinde getirmektedir.

Diğer taraftan, Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2022 yılına ilişkin Şekil 2.3'te de gösterilen verilerine göre, dünya genelinde nihai enerji tüketiminin en büyük sektörleri arasında %30,4 pay ile sanayi arkasından ise %27,8 pay ile taşımacılık gelmektedir.

Şekil 5.3. Sektörlere göre enerji tüketimi / Dünya) (IEA, 2022)



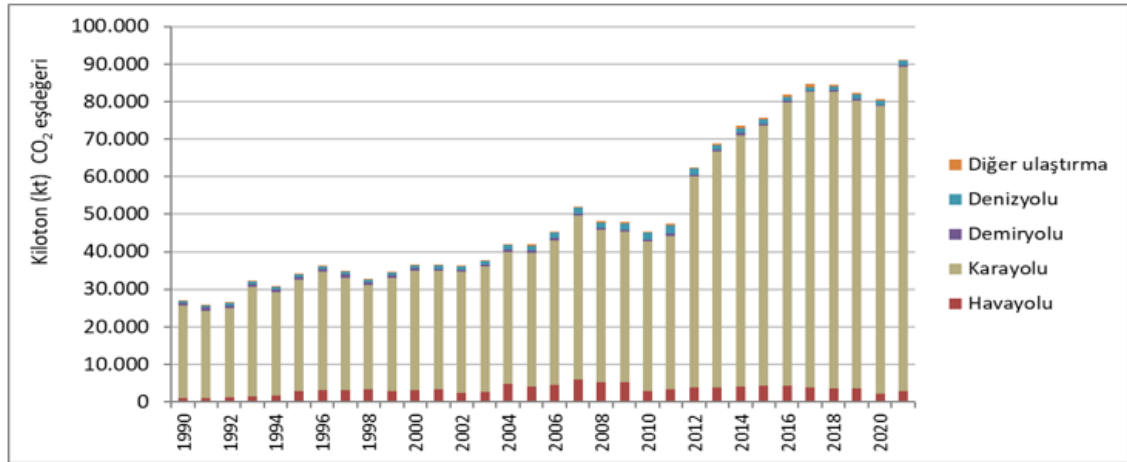
Şekil 2.4 ve 2.5'e göre 2020 yılında toplam GHG emisyonlarının 80.680 kiloton CO₂ eşdeğeri, ulaştırma kaynaklı emisyonlar tarafından oluşturulmuştur. Bu miktar, 2021 yılında 91.200 kiloton CO₂ eşdeğerine ulaşarak artış göstermiştir. Ülkemizde ulaşımdan

kaynaklanan CO₂ emisyonlarının dağılımı şu şekildedir: %94,8'i karayolundan, %3,1'i havayolundan, %1,2'si denizyolundan, %0,4'ü demiryolundan ve %0,4'ü diğer ulaşım türlerinden kaynaklanmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Şekil 6.4. Ulaştırma türüne göre seragazi emisyonu (Kiloton CO₂ eşdeğeri) (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021)

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
Toplam	26.969	34.113	36.465	42.041	45.392	75.798	84.617	82.428	80.680	91.200
Havayolu	923	2.775	3.099	4.089	2.862	4.205	3.688	3.509	2.164	2.856
Karayolu	24.777	29.760	31.850	35.532	39.941	69.309	78.907	76.720	76.601	86.499
Demiryolu	721	768	713	757	517	480	435	400	323	356
Denizyolu	509	726	623	1.299	1.682	1.147	931	1.217	1.264	1.128
Diğer ulaşım	39	83	180	364	390	656	657	581	328	361

Şekil 7.5. Ulaştırma türüne göre seragazi emisyonu (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021)



Lojistiği özellikle de karayolu taşımacılığını karbonsuzlaştırmaya yönelik tüm çabalar, iklim değişikliğiyle birlikte gürültü kirliliği ve yol güvenliği gibi çevresel dışsallıkların ele alınması açısından da kritik bir önem taşımaktadır (Bertolini vd., 2024).

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından gerçekleştirilen Ulaştırma Sektörü Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri Araştırması, kara yolu ve demir yolu taşımacılığı için idari kayıt verilerine göre, 2022 yılında kara yolu taşımacılığında toplam 1 milyon 145 bin 54 terajul enerji tüketilmiştir. Kullanılan yakıt türlerine göre toplam enerji tüketiminin:

- %74,6'sı motorin,

- %14,2'si LPG,
- %11,0'ı benzin,
- %0,2'si diğer yakıtlar olarak gerçekleşmiştir.

Taşıt türlerine göre nihai enerji tüketimi incelendiğinde, 2022 yılında kara yolu taşımacılığında kullanılan toplam enerjinin:

- %39,1'i otomobiller,
- %28,6'sı kamyonlar,
- %18,4'ü kamyonetler,
- %8,9'u otobüsler tarafından tüketilmiştir.

Bu veriler, kara yolu taşımacılığında motorinin en fazla tüketilen yakıt türü olduğunu ve en büyük enerji kullanım payının otomobillere ait olduğunu göstermektedir. Bu durum, enerji verimliliği ve sürdürülebilir ulaşım politikalarının geliştirilmesini önemli hale getirmektedir (TÜİK, 2022).

Kentsel lojistiğin taşımacılık ayağı, ürünlerin şehirlerarası ve şehir içi akışıyla ilgilenebilir. Bu tür teslimatlara yiyecek ve market teslimatları örnek verilebilir. Şehir içi akış hem menşe hem de varış noktalarının şehir sınırları içinde olduğu malların taşınmasını içermektedir. Şehirler arası akış ise, şehir sınırları dışında bir varış noktası veya kökeni olan malların giriş ve çıkış hareketini, ürün girişini ve talep edilen malların dış bölgelerden şehre taşınmasını kapsamaktadır (Toktaş vd., 2024). Şehirlerarası ürün girişlerine örnek olarak, B2C e-ticaret ile ilişkili paket teslimatları ve işletmeden işletmeye (B2B) teslimatlarda görülen büyük miktarlardaki mal sevkiyatı örnek olarak verilebilir (Swamy ve Baindur, 2013). Kent içi gerçekleşen yük taşımacılığı faaliyetlerine olan ihtiyaç, bir taraftan nüfus artışı diğer taraftan ise alışveriş alışkanlıklarının değişmesine bağlı olarak e-ticaret hacimlerinin artmasına bağlı olarak sürekli artış halindedir.

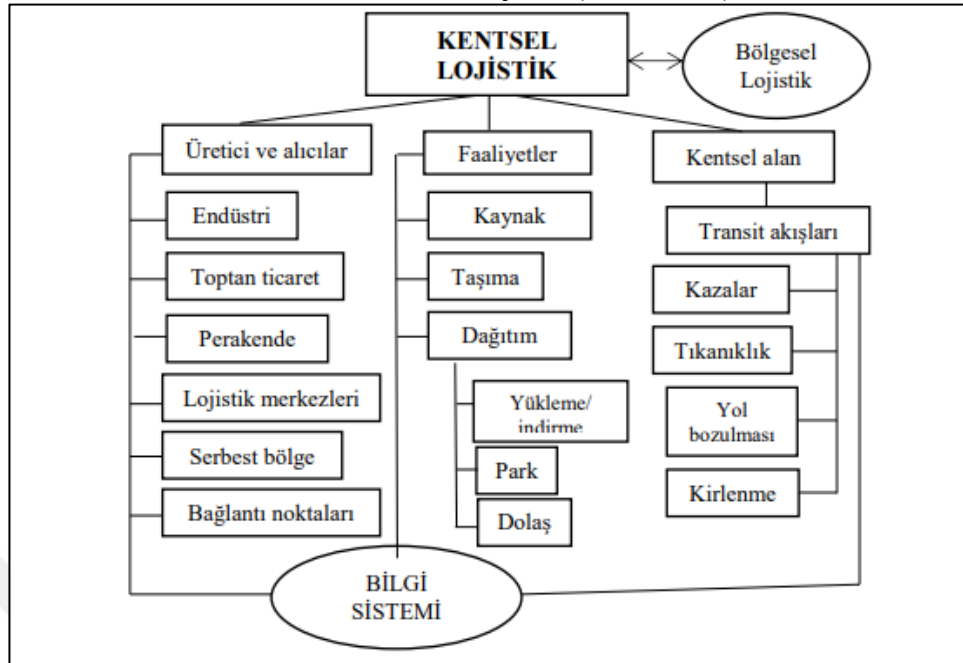
Kentsel lojistik, bir taraftan ekonomileri ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklerken aynı zamanda artan talep nedeniyle daha da kötüleşebilecek olumsuz dışsallıkları da beraberinde getirmektedir. Bu durum, kent yöneticilerinin ve bölgesel planlamacıların kentsel lojistiğe önem vermelerinin nedenini açıklamaktadır (Wu vd., 2019).

2.1. Kentsel Lojistik Paydaşları

Kentsel lojistik, kentsel alandaki yük taşımacılığı sistemlerine dair bütünleşik bir vizyon sunmakta ve bunların verimlilik, güvenlik, emniyet, uygulanabilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından bir bütün olarak optimize edilmesini hedeflemektedir (Perboli vd., 2014). Kentsel lojistik, "trafik ortamı, trafik sıkışıklığı, trafik güvenliği ve piyasa ekonomisi çerçevesinde enerji tasarrufu dikkate alınarak kentsel alanlarda gelişmiş bilgi sistemlerinin desteğiyle lojistik ve taşımacılık faaliyetlerinin özel şirketler tarafından optimize edilmesi süreci" olarak tanımlanmaktadır (Taniguchi, 2014). Kentsel lojistik, kentsel alanlardaki mal akışlarının analizi ile bir bölgenin sakinleri, ekonomik paydaşları ve diğer karar alıcılarla olan etkileşimlerini incelemeyi kapsamaktadır (Anderson vd., 2005).

Kentsel lojistiği şehir içindeki mal akışını ve bu akışın yönetimini kapsayan bir alan olarak tanımlayan Menoya (2006), bu alanın üç önemli boyutunu vurgulamaktadır. İlk olarak *üreticiler ve alıcılar*, kentteki sanayi ve ticaret işletmelerini, serbest bölgeleri, yük demiryolu istasyonlarını, havalimanlarını, lojistik merkezleri, transfer merkezlerini ve limanları içermektedir. Bu unsurlar, malın üretiminden tüketimine kadar olan süreçteki temel aktörlerdir. İkinci olarak *faaliyetler*, işletmelerin şehirdeki envanter ve depolama yönetimi ile ilgili işlemlerini kapsamaktadır. Bu boyut altında, lojistik süreçlerin fiziksel olarak gerçekleştirilmesi için gereken taşımacılık hizmetleri de yer almaktadır. Çoklu tedarik ve fiziksel dağıtım lojistiği bu faaliyetlerin odağında yer almaktadır. Son olarak *kentsel alan*, ulaşımın şehir içindeki veya diğer bölgelerdeki şirketlere ait olabileceğini ve kentsel alanda çeşitli faaliyetlerin gerçekleştirilebileceğini ifade etmektedir. Yükleme ve boşaltma işlemleri, otopark kullanımı (şirket içi, halka açık veya özel otoparklar) ve dolaşım bu faaliyetler arasında bulunmaktadır. Şekil 2.6 üreticiler ve alıcılar, faaliyetler ve kentsel alan süreçlerinin genel bir özetini sunmaktadır.

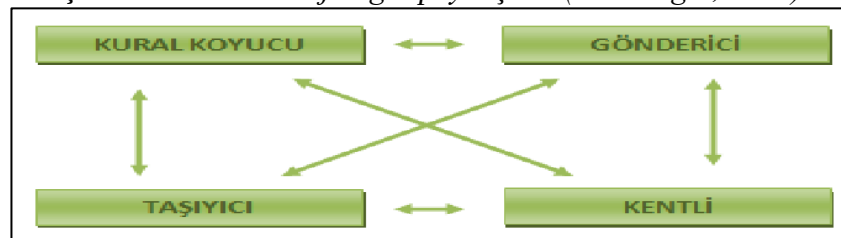
Şekil 8.6. Kentsel lojistik (Inan, 2019)



Bu boyutlar, kentsel lojistiğin etkin bir şekilde yönetilmesi için dikkate alınması gereken temel unsurları oluşturmakta ve bu unsurların etkileşimi, kentsel lojistik süreçlerinin verimliliğini etkilemektedir.

Kentsel lojistik paydaşları arasında belediyeler, sivil toplum kuruluşları, akademik kurumlar, taşımacılık firmaları, perakendeciler, e-ticaret firmaları, altyapı işletmecileri, göndericiler, alıcılar ve kentliler gibi birçok taraf tanımlanmaktadır (Kasımoğlu, 2018; COST 321, 1998). Kabul gören bir diğer sınıflandırma ise Taniguchi vd. (2001) tarafından önerilmiştir. Buna göre paydaşlar; kural koyucular, taşıyıcılar, göndericiler ve kent sakinleri olmak üzere dört ana gruptan oluşmaktadır. Paydaşlar, kendilerine özgü hedefler ve eğilimler belirlerken, aynı zamanda kendi ihtiyaçlarına öncelik vererek çıkarları doğrultusunda hareket etmektedirler. Kentsel lojistikte Şekil 2.7’de verilen paydaş sayısının sabit olmayıp dinamik bir şekilde artabileceği gözlemlenmektedir (Kasımoğlu, 2018).

Şekil 9.7. Kentsel lojistiğin paydaşları (Kasımoğlu, 2018)



Kural Koyucular/Yöneticiler: Kamu kuruluşları, yerel yönetimlerin temsilcileri olarak karar alma ve kontrol organlarını, yürütme organlarını ve destekleyici olarak şehir konseyini içermektedir. Bu kuruluşlar, planlama, altyapı, ulaştırma, bilişim teknolojileri, geliştirme ve tanıtım gibi çeşitli alanlarda faaliyet göstermekte ve toplu taşıma hizmeti sunan şirketler ile belediye şirketlerini kapsamaktadır. Ekonomik gelişmişlik ve iş imkânlarının sürdürülebilirliği ile ilgili olan bu paydaşlar, kentte yaşam kalitesini azaltan etkenleri ortadan kaldırmayı ve iyileştirmeler gerçekleştirerek güvenliğini sağlamayı hedeflemektedir. Bu gruptan özellikle tarafsızlık beklenmekte, olumsuz durumlar için çözüm sağlama rolü üstlenmeleri ve etkin bir koordinasyon sağlamaları talep edilmektedir (Katsela ve Browne, 2019; Kasımoğlu, 2018).

Göndericiler: Kargo gönderen ve alan şirketler ile bireyler, taşıma şirketleri, nakliyeciler, lojistik firmaları, kuryeler ve toplu taşımacılık yapan özel şirketler, üretim şirketleri, bağlantılı oldukları diğer firmalara yük gönderen ve onlardan yük alan taşıyıcıların müşterileri olarak tanımlanmaktadır. Bu paydaşların sundukları hizmetler yükleme süreleri, taşımadaki güvenilirlik ve maliyet gibi unsurlar üzerinde etkiye sahiptir. Yükleme ve boşaltma işlemlerinin belirlenen zaman dilimlerinde gerçekleştirilmesi, hizmet kalitesinin yüksek seviyede tutulmasını sağlamaktadır. Ürünlerin zamanında tesliminin ise güvenilirlik açısından ne denli kritik olduğu, giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Kasımoğlu, 2018; Dohn vd., 2022).

Taşıyıcılar: Taşıyıcılar satış sözleşmesinde belirlendiği şekilde taşıma yükümlülüğünü üzerine alan, ithalatçı ya da ihracatçının gönderisini belirli bir bedel ve düzenlenen taşıma sözleşmesinde kararlaştırılan esaslar çerçevesinde alıcısına ulaştırmak üzere teslim alan ve taşıma işini üstlenen taraftır (Koban ve Keser, 2013 s.144). Malları taşıyan şirketlerin temel amacı, kârlarını maksimize etmek ve taşıdıkları yükleri müşterilere minimum maliyetle ulaştırmaktır. Bu hedef doğrultusunda, şirketler, verimliliklerini artırarak maliyetleri düşürmeye çalışırken, aynı zamanda hizmet kalitesini de korumaya özen göstermelidirler. Taşıyıcıların ürünleri müşterilere ulaştırırken karşılaştıkları en büyük sorun, trafik yoğunluğunun araçların hızını düşürmesi ve verimsizliğe yol açmasıdır (Witkowski, 2014; Kasımoğlu, 2018).

Kent Sakinleri: Kent sakinleri; tüketicileri ve şehri ziyaret edenleri, kısacası kentin içinde yaşayan bireyleri ifade etmektedir (Kiba-Janiak, 2018; Kasımoğlu, 2018). Bunlar, sosyal, ekonomik ve kültürel bakımdan çeşitli demografik özelliklere sahip bireylerden

oluşmakta olup kentin dinamiklerini şekillendiren önemli paydaşlardır. Kent sakinleri kentsel lojistik girişimlerinin ana alıcılarıdır (Katsela ve Palsson, 2019).

Yetersiz şekilde planlanan kentsel lojistik faaliyetleri, kaynakların verimsiz kullanımına yol açarak kirlilik, trafik tıkanıklığı, düşük erişilebilirlik ve güvenli olmayan kentsel alanlar gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, yöneticiler ve kent sakinleri, daha yaşanabilir ve sürdürülebilir bir şehir oluşturma hedefi doğrultusunda çevresel ve sosyal sorunlara odaklanarak etkili lojistik çözümler arayışına girmektedirler. Ancak, farklı paydaş gruplarının bireysel motivasyonları, kentsel lojistiğin genel hedefleriyle çelişebilir (Rai vd., 2017). Bu durum, kentsel alanların sürdürülebilirliğini sağlamak için gereken iş birliğini zorlaştırabilmektedir. Dolayısıyla, bu çelişkilerin giderilmesi ve paydaşlar arasında etkin bir iletişim sağlanması, kentsel lojistiğin başarısı açısından kritik öneme sahiptir (Dohn vd., 2022).

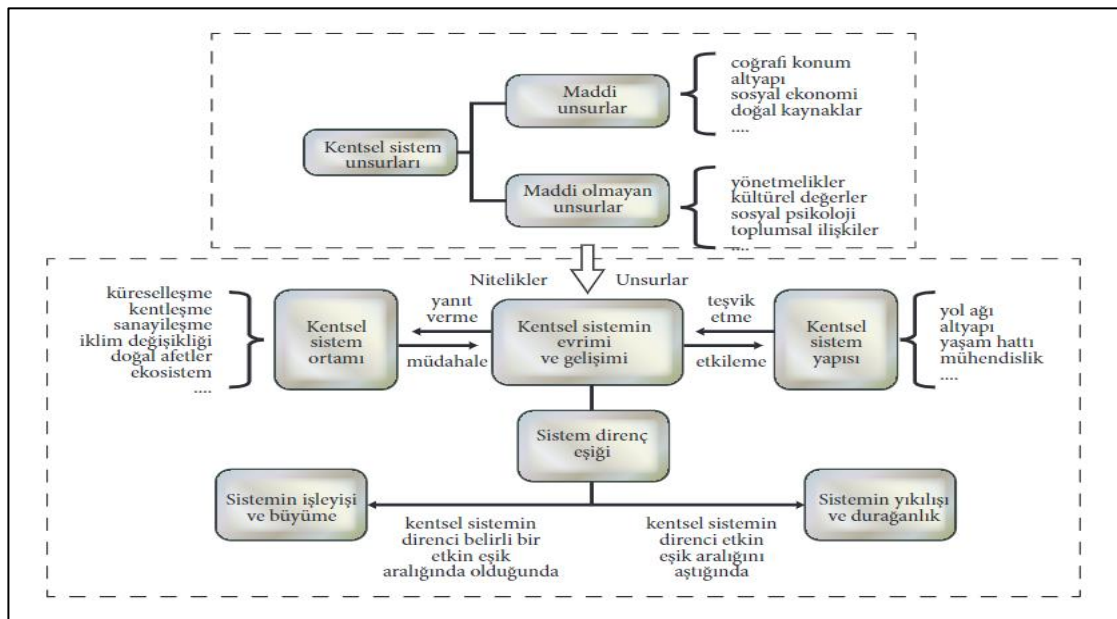
Kentsel lojistik ve fiziksel internet gibi alanlar, tedarik zincirinin son adım segmentini karakterize eden verimsizlikleri ve dışsallıkları azaltarak ulaşım ve lojistiğin ekonomik, operasyonel, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğini birlikte ele alan girişimler için kaynaklık eden çalışma alanlarıdır (Perboli vd., 2014). E-ticaret, yük dağıtım sistemlerinin sosyal ve çevresel dışsallıklarını daha da artıran özelleştirilmiş teslimatları artırmaktadır (Taniguchi vd., 2016). Bu nedenle, şehir içinde mal dağıtımı, daha fazla çalışma gerektiren kentsel lojistiğin önemli bir konusu haline gelmektedir (Dolati Neghabadi vd., 2019). Bu tür sistemlerin hem faydalarını hem de dışsallıklarını değerlendirmek için yeni yöntem ve tekniklerin uygulanması zorunludur (Thompson, 2014). Bu anlamda, Taniguchi vd., (2003) kentsel lojistik girişimlerini değerlendirmek için rasyonel bir temel olarak kentsel yük sistemlerinin modellenmesine ve kentsel lojistik şemalarının değerlendirilmesine işaret etmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler daha entegre ve dinamik çözümler uygulamak için yeni fırsatlar yaratmaktadır (Taniguchi vd., 2020). E-ticaretle ilgili lojistik faaliyetlerde, veri altyapısı ve bilgi yönetimi, rotaların optimize edilmesi, teslimatların hızlandırılması, enerji verimliliğinin artırılması ve dağıtım ve tersine lojistiğin operasyonel kapasitesinin artırılması tüm sistemi daha çevre dostu hale getirmek için büyük önem arz etmektedir (Fikar, 2018).

E-ticaret sektörü çok sayıda zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Sürekli olarak farklı yerlerden gelen artan sayıda siparişe yanıt verme sorunu bunlardan biridir. Teslim noktaları, birkaç metreden birkaç kilometreye kadar değişebilir ve normalde çok sıkı

zaman pencerelerine sahip olmalarıyla karakterize edilmektedir (Gharehgozli vd., 2017). Bu sistemlerin sektörde başarılı bir şekilde uygulanmasının önündeki başlıca engeller, küçük teslimat boyutları ve yüksek teslimat sıklıklarıdır. Ayrıca, ağın organizasyonu kent geneline yayılmış çok sayıda alıcıyı içermektedir. Bu durum, lojistik faaliyetlerin karmaşıklığını artırmakta ve bu faaliyetlerin toptancılar, tedarikçiler ve perakendeciler tarafından gerçekleştirilmesi süreci daha da zorlaştırmaktadır (Morganti ve Gonzalez-Feliu, 2015).

Kentsel yük taşımacılığının olumsuz etkisini en aza indirmek ve yük akışı verimliliğini optimize etmek kentsel lojistiğin temel hedeflerinden birisi olmakla birlikte kentsel lojistiğin başka hedefleri de bulunmaktadır. Dahil olan paydaşlar için tüm potansiyel çözümleri analiz etmek çok önemlidir ve bu, kentsel lojistik stratejisini başarıyla tasarlama yolunda ilk adımı temsil etmektedir (Fancello vd., 2017) Buna rağmen, kitle kaynak kullanımı, kentsel gelişim, kentsel mobilite ve kitle lojistik alanlarındaki paydaş performansının hala iyileştirilmesi gerekmektedir (Rześny-Cieplińska ve Szmelter-Jarosz, 2019). Karmaşık ve uyumlu bir kentsel sistem inşa etmek için öncelikle kentsel sistem ortamının tanımlanması ve sistemin temel bileşenlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Şekil, 2.8).

Şekil 10.8. Karmaşık bir kentsel sistemin bileşimi (Shi vd., 2021)



Belirlenen bileşenler kentsel gelişim, planlama ve yönetim süreçlerinde kullanılacak verilere ve modellere temel oluşturmaktadır (Shi vd., 2021, Hayrullahoğlu ve Varol, 2023). Karmaşık bir kentsel sistemin bileşenleri, maddi unsurlar ile maddi olmayan

unsurlardan oluşmakta ve bu unsurlar çeşitli alt sistemleri içermektedir. Maddi unsurlar, fiziksel altyapı, binalar ve ulaşım sistemleri gibi somut varlıkları kapsarken; maddi olmayan unsurlar, sosyal ilişkiler, kültürel değerler ve yönetim gibi soyut kavramları kapsamaktadır (Shi vd., 2021). Oldukça karmaşık olan kentsel sistemlerin sürdürülebilir ve dirençli olması için çevresel, sosyal ve ekonomik boyutların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

2.2. Son Adım Teslimat

SAT, tedarik zincirindeki son müşterilere ürünlerin ulaştırılmasını yani zincirin nihai aşamasını kapsamaktadır (Brown ve Guiffreda, 2014). Bu süreç, verilen siparişlerin son kullanıcıya ulaşmasını sağlamak için gerçekleştirilen çeşitli işlemler ve faaliyetleri kapsamaktadır ve ürünlerin doğru bir şekilde teslim edilmesi için gereken adımları ve organizasyonu içermektedir (Ghaderi, vd., 2022). SAT, e-ticaretin hızla büyümesiyle birlikte giderek daha fazla önem kazanmakta olup tüketici merkezli teslimat yöntemleri bu bağlamda öne çıkmaktadır. Bu yöntemler, müşterilere hızlı, esnek ve verimli teslimat seçenekleri sunmayı hedeflemektedir.

SAT, tüketicilerin, teslimat şirketlerinin ve toplumun günlük yaşamları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. E-perakende deneyimini şekillendiren çok sayıda aktöre rağmen, tüketiciler genellikle hizmet dağıtım ağını, aktörler ve bunların değer katkıları arasında ayırım yapmadan bütünsel olarak değerlendirme eğilimindedir (Tax vd., 2013). Bu bağlamda SAT, çevrim içi alışveriş deneyimi ve müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkiye aracılık etmektedir (Vakulenko vd., 2019). SAT, yalnızca satın alma sonrası aşamaya odaklanmakla kalmaz, aynı zamanda müşteri yolculuğunun yinelemeli doğası gereği gelecekteki yeniden satın alma süreçlerini de etkileyebilmektedir (Oliver, 1980). SAT'ın kalitesi, müşteri memnuniyetini artırarak hem satın alma öncesi hem de satın alma aşamalarında olumlu bir etki yaratmaktadır. Bu doğrultuda, SAT süreçlerinin verimliliği ve kalitesi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır (Bertolini vd., 2024).

SAT operasyonları hem yüksek operasyonel maliyetler hem de karmaşık zamanlama ve lojistik gereksinimleri içermekte olduğundan malları bireysel müşterilere ulaştırırken maliyet ve planlama açısından en zorlu unsurları oluşturmaktadır (Schwerdfeger ve Boysen, 2020). SAT, lojistik süreçlerin en az anlaşılan bölümlerinden biri olup bir gönderinin toplam maliyetinin %20'sine kadar ulaşabilen bir paya sahiptir (Tanyaş,

2020). Ürünlerin son noktaya, yani tüketicinin kapısına ulaşmasını ifade eden sürecin maliyetli olmasının başlıca nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir (Gevaers vd., 2011).

Ölçek Ekonomisinin Eksikliği: Genellikle, bir teslimat noktası başına yalnızca bir paket gönderilmektedir. Bu durum, büyük ölçekli teslimat organizasyonlarının sağladığı maliyet avantajlarını ortadan kaldırmakta ve her teslimatın maliyetini artırmaktadır.

Adres Bulma Zorluğu: Kent merkezlerindeki büyük apartmanlar ya da kırsal alanlardaki uygun adres tabelalarının eksikliği, teslimat sürücülerinin son tüketicilerin adreslerine ulaşmasını zorlaştırmaktadır. Özellikle uzak bölgelerdeki adreslerin bulunması, zaman kaybına ve teslimat gecikmelerine neden olabilmektedir.

Evde Olmama Sorunu: Tüketicinin evde olmaması nedeniyle gerçekleşmeyen teslimatlar, SAT'ta önemli bir sorun teşkil etmektedir (Deutsch ve Golany, 2018). Tüketicilerin teslimatı onaylamak için imzalamaları gereken makbuzlar, vermesi gereken onay kodları teslimatın başarısız olmasına yol açabilmektedir. Tüketicinin evde olmaması durumunda, teslimatın yeniden gerçekleştirilmesi gerekebilmektedir. Bu durum hem maliyetlerin hem de sürecin karmaşıklığının artmasına yol açmaktadır. (Gevaers vd., 2011).

Günümüzde şirketler fiziksel mağazaların yanı sıra çevrim içi mağazaları da satış ağlarına dâhil ederek özellikle web sitelerinin kullanılabilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Bu iki dağıtım kanalının entegrasyonu, organizasyonlara rekabet avantajı sağlayabilmektedir (Garbarova vd., 2017). E-ticaret, günümüzde en yaygın ticaret biçimi olup yakın gelecekte e-ticaretin perakendeciler ve toptancılar için ana satış stratejisi olması beklenmektedir (Corejova vd., 2022). COVID-19 pandemisi sırasında uygulanan karantina ve sosyal mesafe önlemleri, bu dönüşümü daha da hızlandırmıştır. Pandeminin ilk yılında (2020), ABD'deki e-perakende satışları %32 oranında artış göstererek 792 milyar ABD doları pazar hacmine ulaşmıştır (Statista, 2021a). Bu artış, koli taşımacılığı pazar hacminin %24 oranında büyüyerek 18 milyardan fazla pakete ulaşmasına yol açmıştır (Statista, 2021b).

2.2.1. SAT Faaliyetlerinin Kentler Üzerinde Yaratabileceği Etkiler

E-ticaretle ilgili SAT faaliyetlerinin kentler üzerindeki etkisi henüz yeni bir araştırma alanıdır ve olası etkiler ekonomik, sosyal, çevresel ve teknolojik olarak sınıflandırılmaktadır (Viu-Roig ve Alvarez-Palau, 2020).

2.2.1.1. Ekonomik Etki

Ekonomik etki, mikro düzeyde ürünlerin satış fiyatları, bir firmanın maliyetleri ve gelirleriyle ilgili olarak; makro düzeyde ise ekonomik büyüme ve üretkenlik artışıyla elde edilen ekonomik getiri olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2010). Kentsel yük taşımacılığı ve dağıtım sistemleriyle ilgili yapılan çalışmalar, genellikle maliyetler ve bu sistemlerin verimliliğini artırmaya yönelik optimizasyon çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır (Viu-Roig ve Alvarez-Palau, 2020). Ara dağıtım noktalarına dayalı dağıtım sistemlerinin optimizasyonu amacıyla çeşitli algoritmalar önerilmektedir. Bu algoritmalar, sevkiyatların konsolide edilerek ortak bir şekilde dağıtılmasını sağlar ve nihai teslimat maliyetlerini geleneksel sistemlere kıyasla %5 ile %16 arasında azaltma potansiyeline sahiptir (Zhou vd., 2018).

Yük dağıtım senaryolarının operasyonel ve ekonomik verimliliği üzerine yapılan çalışmalar, araç park alanlarındaki iyileştirmeler ve araç tabanlı teslimat sisteminden müşteri alım sistemine geçişin ekonomik verimliliğini incelemektedir (Huang vd., 2018). Ayrıca, teslimatlar için bisiklet kullanımının, yaya lojistiği, mobil depolar, gece teslimatları ve tüketicilerin araç bagajlarına doğrudan teslimat yapılmasının ekonomik etkileri de analiz edilmiştir (Arnold vd., 2018). Bu tür önlemler çoğu durumda ekonomik olarak daha verimli olsa da Chen vd. (2017) yaptıkları çalışmada kentsel lojistiğin başarılı olabilmesi için politika yapımcılarının uygun önlemleri uygulama kapasitesinin en kritik faktörlerden biri olduğunu belirtmektedir.

2.2.1.2. Sosyal Etki

Sosyal etki, toplum refahı, yaşam kalitesiyle birlikte bireylerin ve grupların davranışları, uygulamaları ve faaliyetleri üzerindeki katkılar olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2010). SAT'ın en büyük sorunlarından biri, müşterilerin teslim esnasında genellikle adreste olmaması nedeniyle oluşan başarısız teslimatlardır ve bu da lojistik şirketleri için daha fazla trafik, gürültü, kirlilik ve maliyet aşımına neden olan ek seferlere neden olmaktadır.

İnsanların yaşam kalitesi, altyapılar, gürültü ve kazalar nedeniyle oluşan sağlık riskleriyle ilişkili yönler “sosyal etki” olarak ele alınırsa, kamu politikaları ile SAT sistemlerinin her zaman uyumlu olmadığı görülebilmektedir (Rai vd., 2017; He vd., 2017). Birçok kent otoritesi, toplu taşımaya ve bisiklet gibi diğer kirletmeyen seçeneklere daha fazla vurgu yaparak yeni mobilite modellerine geçiş yapmaktadır. Araç sayılarını, kirliliği ve

maliyetleri birlikte azaltabilmek için üreticiler, lojistik hizmet sağlayıcıları, vatandaşlar ve kamu sektörü gibi farklı paydaşlar arasında iş birliği ile iyi planlama önlemleri ve uyumluluk izlemelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Cleophas vd., 2019). Holguín-Veras vd., (2020) kentlerde yük taşımacılığı faaliyetini iyileştirmek için kullanılabilecek potansiyel kamu sektörü girişimini dört sınıfa (altyapı yönetimi, park/yükleme alanları yönetimi, araçlarla ilgili stratejiler ve trafik yönetimi) ayırarak analiz etmektedir. Sonuçlar, bu girişimlerin çoğunun tıkanıklığı azalttığını ancak teslimat maliyetlerini artırdığını göstermektedir. Bu sonuç, yönetimlerin politika geliştirirken ve karar alırken kent lojistiğine dahil olan diğer paydaşların görüşlerini dikkate almaları gerektiğine işaret etmektedir.

2.2.1.3. Çevresel Etki

Çevresel etki, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, çevre kirliliği ile mücadele ve iklim değişikliği gibi konulara katkı sağlamak olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2010). E-ticaretin popülerliğinin artması nedeniyle SAT faaliyetlerine olan ihtiyacın da artış göstermesinin kentler üzerindeki çevresel etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur. Yapılan çalışmaların çoğu, yolculuk sürelerinde, kat edilen mesafelerde, araç kullanımında, bekleme sürelerinde, enerji tüketiminde ve sonuç olarak CO₂ emisyonlarında tasarruf sağlamak için kentsel yük dağıtımında rotaların optimizasyonu için algoritmalar kullanmaktadır (Rincon-Garcia vd., 2020). Genel olarak ortaya çıkan sonuç, optimize edilmiş rotaların kullanımının yalnızca olumlu bir çevresel etkiyi değil, aynı zamanda daha fazla operasyonel verimliliği (ekonomik etki) ve daha fazla operasyonel sürdürülebilirliği (sosyal etki) de beraberinde getirmekte olduğu şeklindedir (Letnik vd., 2018). Şehirlerde SAT faaliyetlerinin çevresel etkisini azaltmak amacıyla, malların özel tüketiminde genel bir azalma gerektiği halde mevcut eğilimler zıt bir davranış sergilemektedir, bu durum enerji verimli araçların kullanımı gibi içsel teknolojik değişiklikleri gerektirmektedir (Seebauer vd., 2016).

2.2.1.4. Teknolojik Etki

Teknolojik etki, ürün, süreç ve hizmet yeniliklerinin geliştirilmesine yönelik katkılar olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2010). Teknolojinin geleneksel kentsel lojistiğe sağladığı öneriler ve alternatifler, bu alandaki verimliliği artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Malların teslimatında süreç yenilikleri, KKM’de yatay iş birliği, çok kademeli ağlar, paylaşım ekonomisi ışığında kitle kaynak kullanımı gibi girişimler, kargo

dolaplarının kullanımı ve alternatif araçların (elektrikli araçlar, kargo bisikletleri, drone gibi) konuşlandırılması olarak sıralanabilir (Kin vd., 2018; Rześny-Cieplińska ve Szmelter-Jarosz, 2019; Faugère ve Montreuil, 2020). Bu yeniliklerin uygulanması, gerçek zamanlı olarak karmaşık sensörlerden veri toplayan ve insanları birbirine bağlamak için en uygun ulaşım ağlarını hesaplamaya olanak tanıyan teknolojik uygulamaların kullanılmasını gerektirmektedir. Nesnelerin interneti teknolojileri olarak küresel konumlama sistemleri ve bunlarla ilişkili navigasyon cihazları bunun iyi örnekleridir (Liu vd., 2019). Tüm bunlar, farklı paydaşların teknolojik becerileri açısından ilerlemelerini zorunlu kılmaktadır. SAT, insan, mal ve hizmet akışını artırmak veya en azından sürdürmek, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri azaltmak ve dengelemek için bir tür teknolojinin kullanımının temel ve hayati bir gereklilik olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Zhou vd., 2018).

SAT son derece geniş bir kapsama sahiptir, örneğin hızlı teslimatlar (genellikle gıda ve market teslimatları gibi kısa süreli ve zaman açısından kritik teslimatlar), büyük teslimatlar (genellikle işyerlerine veya büyük kuruluşlara yapılan, genellikle ticari veya endüstriyel amaçlarla yapılan teslimatlar/B2B) ve küçük teslimatlar (genellikle bireysel tüketicilere yapılan, genellikle e-ticaret üzerinden yapılan küçük paket teslimatları/B2C) bu çerçevede yer alan örneklerdir. Bu farklı teslimat türleri, SAT'ın özelliklerini yansıtmaktadır ve her bir özellik göz önünde bulundurularak paketler farklı yöntemlerle ve/veya araçlarla teslim edilebilmektedir (Yılmaz ve Demirel, 2023).

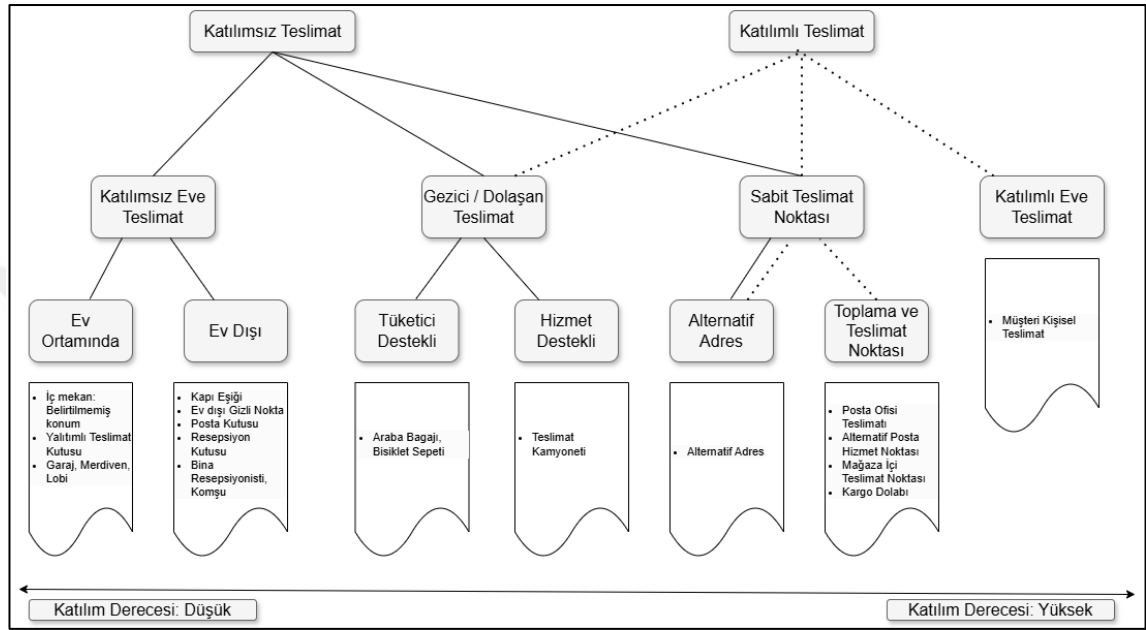
2.3. Tüketici Merkezli Teslimat Yöntemleri

SAT'a olan taleplerdeki büyüme, yalnızca perakendeciler ve lojistik hizmet sağlayıcılara yönelik değil, aynı zamanda operasyonel anlamda da önemli zorluklara neden olmaktadır. Dahası artan kent içi hareketlilik, kentlerin sürdürülebilirliği açısından risk oluşturmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için araştırmacılar, kural koyucular, lojistik hizmet sağlayıcılar, taşıyıcılar ve perakendeciler yenilikçi teslimat çözümlerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını teşvik etmektedir.

Olsson vd. (2022), yenilikçi teslimat yöntemlerini iki ana kategoriye ayırarak "Katılımlı" ve "Katılımsız Teslimat" olarak sınıflandırmışlardır. Şekil 2.9.'dan da anlaşılacağı üzere katılımsız teslimat kendi içinde "Katılımsız Eve Teslimat", "Gezici/Dolaşan Teslimat" ve "Sabit Teslimat Noktası" olmak üzere üç farklı başlığa ayrılmaktadır. Öte yandan, katılımlı teslimat ise "Gezici/Dolaşan Teslimat", "Sabit Teslimat Noktası" ve "Katılımlı

Eve Teslimat" olmak üzere farklı alt kategorilere ayrılmaktadır. Bu yaklaşımlardan bazıları teslimat aracını tanımlamakta, diğerleri ise teslimat veya teslim alma yerlerini tanımlamaktadır (Yılmaz ve Demirel, 2023).

Şekil 11.9. Tüketici merkezli katılımsız ve katılımlı teslimat hizmetleri sınıflandırılması (Olsson, vd., 2022)



Katılımsız teslimat, teslimat sırasında müşterinin süreçte aktif rol almadığı teslimat şeklidir. Müşterilerin teslimat noktasında bulunmalarını gerektirmeyen ve teslimat yapıldıktan sonra siparişi hizmet akışından çıkaran bir teslimat hizmetidir (Olsson, vd., 2022). Siparişlerin tüketicinin evde olup olmamasına bakılmaksızın teslim edilebilmesi sayesinde başarısız teslimat oranlarını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu durum hem kentsel hem de kırsal alanlarda teslimat maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilmektedir (Seghezzi vd., 2022)

Katılımsız evde teslimatta (Unattended Home Delivery), tüketicilerin siparişlerini almak için evde bulunmaları gerekmediğinden zaman pencereleri oldukça uzatılabilmektedir (Hübner vd., 2016). Bu durum, katılımsız teslimatta son adım teslimatların daha verimli bir şekilde planlanmasını ve güzergâhların daha etkin belirlenmesini sağlamaktadır. Katılımsız eve teslimatın katılımlı eve teslimata göre dağıtım avantajları arasında; daha uzun zaman dilimleri ve daha az başarısız teslimat ile sürdürülebilen müşteri hizmetleri yer almaktadır.

Katılımsız eve teslimat modelinde ürünler eve teslim edilmekte ancak müşterinin teslimat sürecine katılımı gerekmemektedir. Teslim edilen ürünler çoğunlukla güvenli bir kutuya/yere bırakılmaktadır. Punakivi vd. (2001) yaptıkları çalışmada, katılımsız mal alımının, eve teslim maliyetlerini %60'a kadar azalttığını göstermişlerdir. Katılımsız eve teslimat, müşterilerin yatırım yapmasını (resepsiyon kutusu kurulumu gibi) ve taahhütünü gerektirdiği için yaygın olarak kullanılamamaktadır (Weber vd., 2009).

Katılımsız teslimatta resepsiyon kutusu ve teslimat kutusu olmak üzere iki temel yaklaşım vardır. *Resepsiyon kutusu*, müşterinin garajına veya evinin bahçesine kurulan soğutulmuş, müşteriye özel bir teslimat alanıdır. *Teslimat kutusu*, yerleştirme mekanizmasıyla donatılmış yalıtımlı ve güvenli bir kutudur.

Katılımlı Eve Teslimat (Attended Home Delivery), varış saatlerinin belirsizliğinin yol açtığı başarısız teslimatları ve artan teslimat girişimlerini azaltmak amacıyla, müşteriler ile lojistik hizmet sağlayıcıları arasında teslimat süresi pencereleri aracılığıyla bir planlama süreci yürütebilmeyi hedeflemektedir (Waßmuth vd., 2023). Bu yaklaşım, başarısız teslimat riskini azaltmakta ve müşterilerin günlük programlarını daha esnek bir şekilde planlamalarını sağlamaktadır. Müşterilere sunulması zor ve maliyeti yüksek bir lojistik hizmet olan katılımlı eve teslimat, çevrim içi perakendeciler için rekabet avantajı sağlayabilmektedir (Köhler vd., 2020). Bu yöntem, müşteri sadakati ve memnuniyeti açısından birtakım avantajlara sahip olduğundan halen sıklıkla tercih edilmektedir.

Yenilikçi teslimat çözümlerinin kategorize edilmesinde kabul görmüş bir diğer sınıflandırma şekli geleneksel Eve Teslimat (Home Delivery) ve Ev Dışı Teslimat (Out-Of-Home Delivery) olarak karşımıza çıkmaktadır. Kapıdan kapıya teslimat şekliyle ilgili teslimat sorunlarının çözümü için ev dışı teslimat sıklıkla başvurulmuş ve popülerliği her geçen gün artan bir başka yöntemdir. Ev dışı teslimat yönteminde gönderi, müşteriler için uygun bir yerde bulunan bir lokasyona, teslimat noktasına, mağazaya veya makineye teslim edilmektedir. Müşteriler, son adım sürecine dâhil olduklarından (katılımlı teslimat), gönderilerini tanımlanmış geniş bir zaman penceresinde (birkaç gün boyunca) örneğin işe giderken alabilmektedirler (Kawa, 2020). Üstelik teslimatın bazı durumlarda mesai saatleri içerisinde gerçekleşmesine gerek yoktur ve 7/24 teslimat seçeneği mümkün olabilmektedir. Ev dışı teslimatın en yaygın yöntemleri, *Kargo Dolapları* (Parcel Lockers) ve *Toplama ve Bırakma Noktaları* (Pick-Up and Drop-Off Points) olarak sıralanabilir. Ev dışı teslimat yöntemleri, ulusal posta operatörleri, CEP (kurye, ekspres

ve paket) şirketleri, Amazon veya AliExpress gibi e-ticaret devleri, perakendeciler, altyapı sahipleri veya IT (Information Technologies) platformları gibi çeşitli aktörler tarafından kullanılmaktadır (Last Mile Experts, 2021).

Kargo Dolapları, teslimatların yüksek maliyetinden ve başarısız teslimatlardan kaçınmak için SAT hizmetlerinin yaygın olarak kullanılan bir çeşididir ve lojistik hizmet sağlayıcısı tarafından düzenli olarak (örneğin her sabah bir kez) doldurulan sabit veya mobil kargo dolaplarıdır. Şekil 2.10 ve 2.11’de de gösterilen kargo dolapları müşteri için esnek bir teslim alma saati, lojistik hizmet sağlayıcıları için de daha düşük maliyetler sağlarken (Seghezzi vd., 2022), ekolojik sürdürülebilirlik üzerinde olumlu bir etki ve sürekli artan nakliye hacmini daha iyi yönetme olanağı sunmaktadır. Ayrıca teslimatları birleştirerek, durakları azaltarak ve mesafeleri en aza indirerek kentsel yük taşımacılığı maliyetlerini düşürmeye de katkıda bulunmaktadır.

Şekil 12.10. *Kargo Dolabı Görseli 1 (Aksinsoft.com, 2025)*



Şekil 13.11. *Kargo Dolabı Görseli 2 (Akinsoft.com, 2025)*



Müşteri perspektifinden bakıldığında, bir yandan müşteri günlük programını daha esnek bir şekilde planlayabilme avantajına sahip iken; diğer yandan da müşterinin sürece dâhil olması ve teslim almak için kargo dolabına gitmesi suretiyle iş birliği yapmaya gönüllü olması gerekmektedir. Lojistik hizmet sağlayıcı için kat edilen mesafe ve başarısız teslimatlar en aza indirilmektedir (Deutsch ve Golany, 2018). Ancak, kargo dolaplarının verimliliği için konumları ve kapasiteleri belirleyici faktörlerdir (Grabenschweiger vd., 2021). Paketler, bakkaliye ürünleri, kitaplar, kuru temizleme ve hatta reçeteli ilaçlar dâhil olmak üzere çok çeşitli ürünlerin teslimatını kolaylaştırmaktadır. Temassız teslim alma ve bırakma hizmetleri için güvenli ve kullanışlı bir çözüm sunmaktadır. Şirketler kargo dolaplarını e-ticaret teslimatları için, kaçırılan teslimatlar için ve paket güvenliğini sağlayabilmek için kullanabilmektedirler. Ek olarak, gıda teslimat hizmetleri ve bozulabilir malların tazeliğini korumak amaçlı sıcaklık kontrollü depolama için soğutmalı kargo dolaplarından yararlanılabilmektedir (Şekil 2.12).

Şekil 14.12. Soğutmalı Kargo Dolabı Görseli (Parcel Hive, 2024)



Bu dolaplar ayrıca bireyler arasında mal alışverişini sağlayarak paylaşım ekonomisini desteklemektedir. Genel olarak, dolaplar çeşitli ürünlerin teslimatında verimliliği ve güvenilirliği artırırken sorunsuz bir kullanıcı deneyimi de sağlamaktadır (Sawik, 2024). Kargo dolapları endüstriler arasında çeşitli uygulamalar sunmaktadır (Tadić vd., 2023). Perakende sektöründe, tıkla ve topla süreçlerini kolaylaştırarak müşteri rahatlığını artırmaktadır (Sawik, 2020).

İşyerlerinde, çalışanların eşyaları için güvenli depolama sağlamaktadır (Krstić, 2023). Eğitim kurumları, temassız kitap ödünç verme veya ekipman dağıtımı için kullanabilmektedir. Sağlık hizmetleri ortamlarında, ilaç alımını kolaylaştırmakta ve tıbbi malzemelerin güvenli bir şekilde depolanmasını sağlamaktadır. Genel olarak, dolapların teslimatta kullanılması depolama alanını optimize etmekte, güvenliği artırmakta ve çeşitli sektörlerde operasyonel verimliliği iyileştirmektedir.

Kargo dolabı konumu sorunuyla ilgili araştırmaların çoğu müşteri tercihi davranışlarını modellemeye odaklanmaktadır. Bu hususta genel olarak iki yaygın tercih davranışı dikkate alınmaktadır (Zhou vd., 2024). Belirleyici tercih olarak adlandırılan ilk davranış, müşterilerin her zaman en yakın paket dolaplarını tercih ettiğini varsaymaktadır. Deutsch ve Golany (2018) en uygun dolap konumunu belirlemek için ilk nicel yaklaşımı geliştirmiştir. Çalışmalarında müşterilerin en yakın tesisi tercih ettiğini varsaydılar ve dolaplara ulaşmak için daha uzun seyahat süresi olan müşterilere çeşitli indirimler sundular. Amaçları, dolap hizmetlerini kullanan müşterilerden elde edilen geliri, ağırlık ve operasyonel maliyetleri, indirimler ve aşırı uzaklara seyahat etmek zorunda kalan müşterilerin potansiyel kaybını karşılamak için kullanarak toplam karı maksimize etmek olmuştur. İkinci davranış ise olasılıksal seçim olarak adlandırılmaktadır. Gerçekte, müşteriler genellikle kişisel tercihlerine göre kargo dolaplarını seçmektedirler ve bu seçimler her zaman en yakın dolabın seçimiyle örtüşmeyebilmektedir. Bu bireysel tercihler, müşterinin alışkanlıkları, yaşam tarzı veya diğer faktörlerden etkilenebilmektedir. Ancak, bu tercihler genellikle bilinmediği ve lojistik operatörlerinin bu tercihleri doğrudan gözlemlmeleri zor olduğundan, müşteri seçimlerinin olasılıksal bir şekilde ele alınması gerektiği savunulmaktadır. Yani, her müşteri için dolap seçimi rastlantısal bir davranış sergileyebilir ve bu nedenle lojistik planlamada olasılık temelli modellerin kullanılması gerekebilmektedir.

Diğer taraftan *Mobil Kargo Dolapları* (Mobile Parcel Lockers) yenilikçi bir hizmet sunmaktadırlar ve dolapların bu versiyonu sürücüyle veya sürücü olmadan yerlerini değiştirebilmektedir (Schwerdfeger ve Boysen, 2022). Sabit kargo dolapları ile karşılaştırıldığında, mobil kargo dolapları ekstra bir doldurma turu gerektirmemekte doğrudan depoda doldurulabilmektedir. Ayrıca, sabit kargo dolapları uzun vadeli planlaması yüksek ilk yatırımlarla ilişkilendirilirken, mobil paket dolapları ihtiyaç duyulduğu sıklıkta yeniden konumlandırılabilir. Bu nedenle mevcut müşteri

talebine uyum sağlayabilmektedir. Ancak, mobil kargo dolapları için müşterilere paketlerini almak için belirli bir zaman penceresi verilmektedir. Yine de genellikle kısa zaman pencerelerinin tercih edildiği katılımlı eve teslimata nazaran mobil kargo dolaplarının daha fazla özelleştirme ve esneklik imkânı sunması nedeniyle mobil kargo dolapları aracılığıyla hizmet verildiğinde müşteriler için daha uzun zaman penceresinin olması söz konusudur (Kötschau vd., 2023). Schwerdfeger ve Boysen (2020), mobil kargo dolapları sorununu ele aldıkları çalışmada, önceden belirlenmiş bir kapsama mesafesindeki müşterilerin, planlama ufkunda belirli bir noktada paketlerini kolayca alabilmelerini sağlamak için dolapların değişen konumlarını optimize etmişlerdir. Bu yaklaşım, kargo dolaplarının esnek bir şekilde yer değiştirmesini sağlayarak, müşterilere daha erişilebilir ve pratik teslimat noktaları sunmayı amaçlamaktadır.

Tıkla ve Topla (Click&Collect) teslimat yöntemi; tüketiciler, geleneksel alışverişlerini mağazada yapmanın yanı sıra, artık çevrim içi satın alma seçeneklerini de tercih ettiğinden her geçen gün daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Müşterilerin çevrim içi sipariş verip (tıkla) ardından fiziksel bir mağazadan ürünlerini kendilerinin alması (topla) yöntemi olarak bilinmektedir (Şekil 2.13).

Şekil 15.13. Perakende sektöründe, tıkla ve topla görseli (Parcel, 2025)



Bu model, çevrim içi alışverişin pratikliğini, fiziksel mağazaların hızlı erişimiyle birleştirerek tüketicilere esneklik ve zaman tasarrufu sunmakta, böylece hem ürünleri anında alabilmelerini hem de kargo ücretlerinden tasarruf etmelerini sağlamaktadır.

(Maltese vd., 2021). Özellikle sosyal mesafenin önem kazandığı pandemi döneminde fiziksel mağazada geçirilen zaman ihtiyacını ortadan kaldırdığı için popülerliği artmıştır. Tıkla ve topla, karma bir perakende formatıdır, müşterinin bir teslim noktasına gitmesini gerektirdiği için ev teslimatı modelinden ayrılmaktadır (Pernot, 2021). Müşterilerin teslimat noktasından ürünlerini kendilerinin alması gerektiğinden müşterilerin iş birliğini gerektiren katılımlı bir teslimat modelidir. Teslim alma noktaları ağı planlanırken güvenlik, konum ve izlenebilirlik dikkate alınması gereken temel faktörlerdir. Bununla birlikte bu sistemin kullanımını teşvik etmek için indirimler sunulmalı veya ev teslimatlarının daha dezavantajlı hale getirilmesi gerekmektedir (Alves vd., 2019).

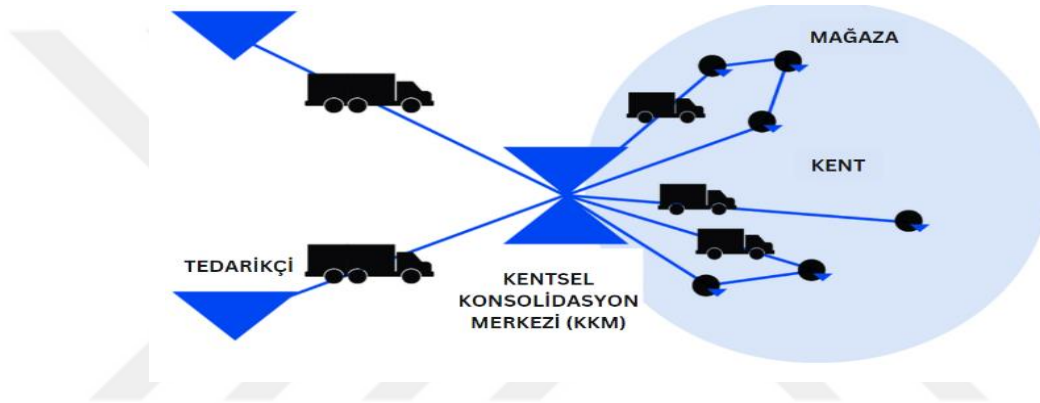
Gezici/Dolaşan Teslimat, tüketici destekli teslimat olarak sınıflandırılan alanda bagaj/araç içi teslimat şekli uygulamada kendisine yer bulan bir teslimat şeklidir. Bu yöntemde müşterilerin paketleri, araçlarının bagajlarına teslim edilebilmektedir (Yuan vd., 2021). Araç içi teslimat, ev teslimatı ve teslim alma noktalarına yapılan teslimatlardan farklıdır çünkü aracın hareketli olduğu ve farklı zaman dilimlerinde farklı yerlerde bulunabileceği bir teslimat türüdür. Örneğin, teslimatın gerçekleşeceği araç, sabah bir işyerinde öğleden sonra ise bir ticaret merkezinde park edilmiş olabilir (Hawkins, 2019). Bu durum, teslimat sürecinde esneklik ve mobilite gerektirmektedir. Araç içi teslimatta önemli olan araç ile kurye arasındaki senkronizasyondur (Yuan vd., 2021). Tek kullanımlık şifre ile müşteri aracının başında olmadan kurye araç bagajını açabilmekte ve siparişi katılımsız bir biçimde teslim edebilmektedir.

Kentsel Konsolidasyon Merkezleri (Urban Consolidation Center): Geleneksel teslimat yöntemlerinde, müşteriler ürünleri doğrudan evlerinde teslim almaktadır. Günümüzde hem literatürde hem de uygulamada yer bulan çevrim içi alışverişlerin kent içi teslimatında kullanılan KKM, geleneksel ve/veya yenilikçi teslimat yöntemlerine entegre edilebilen önemli bir çözümdür. KKM'ler SAT faaliyetlerinin daha verimli bir biçimde gerçekleştirilmesine katkı sağlayan lojistik tesisler olmakla birlikte sıklıkla incelenen kent lojistiği girişimlerinden biridir (Lagorio vd., 2016).

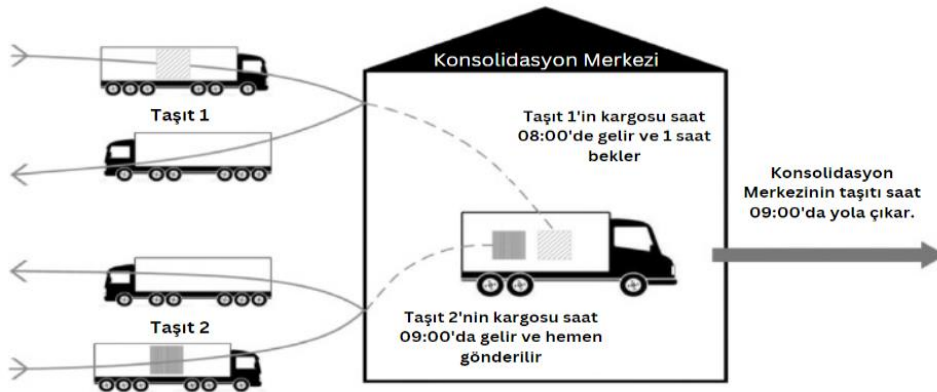
KKM'nin bulunduğu bir ağ yapısında, taşıyıcılara ait taşıtlar direkt hedeflerine gitmek yerine konsolidasyon merkezine giderek kargolarını boşaltmaktadırlar. KKM'ye boşaltılan kargolar Şekil 2.14. ve Şekil 2.15'te görüldüğü gibi tam taşıt yükleri (full truck load) haline getirilmek üzere konsolidasyon merkezinde belirli bir süre

bekletilmektedir. KKM'ler kentsel yük taşımacılığının çevresel ve sosyal zorluklarını azaltma potansiyeline sahip olmakla birlikte, dağıtım sistemlerinin verimliliğini artırabilmekte ve daha çevre dostu araçlara geçişi sağlayabilmektedir (Allen vd., 2012). SAT operasyonlarını optimize etmek ve sürdürülebilir bir lojistik çözüm sunmak için bu merkezler, kent merkezlerindeki lojistik faaliyetlerin geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır. Kent merkezlerine büyük tonajlı araçların girmesi gerekliliğini ortadan kaldırdığı için trafik sıkışıklığı, kaza riski, park yeri problemleri ve emisyon sorunlarının çözümü için de KKM kullanımı faydalı bir araç sunmaktadır.

Şekil 16.14. KKM işleyişi (Quak, 2008)



Şekil 17.15. KKM çalışma prensibi (Hezarkhani vd., 2019)



Malların konsolidasyon sürecini gerçekleştiren tesislerin kullanımı, SAT faaliyetlerinin verimliliğini artırabilmekte ve oluşan dışsallıkları azaltabilmektedir (Bertolini vd., 2024). KKM'ler, çeşitli tedarikçilerin yüklerinin iki kademeli bir sistem aracılığıyla konsolide edilerek kent içine teslim edildiği, kent çevresindeki yerleşim alanlarında bulunan tesislerdir. Bu sistemde, kamyonlar önce dağıtım merkezlerinden KKM'lere teslimatı gerçekleştirir. Ardından, daha küçük araçlar bu merkezlerden son müşterilere ulaşımı sağlamaktadır (Dreischerf ve Buijs 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tez konusuna ilişkin literatür araştırmasına yer verilmektedir. İlgili literatür, Kentsel Konsolidasyon Merkezleri, Araç Rotalama Problemleri (ARP), Yer Seçimi Problemleri ve Maksimum Kapsama Problemleri (MKP) olmak üzere dört ana başlık altında incelenmiştir.

Bu kapsamda ilk olarak, KKM üzerine yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Bu literatür, kentsel alanlardaki yoğunlaşma ve merkezileşme süreçlerine odaklanarak kent içindeki lojistik ve ulaşım ağlarının verimliliğini artırmaya yönelik teorik ve pratik yaklaşımları sunmaktadır. Konsolidasyon merkezlerinin yerleşimi ve işlevselliği, lojistik süreçlerin optimize edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

İkinci olarak, ARP literatürü ele alınmıştır. Bu alandaki çalışmalar, özellikle kentsel lojistik ve taşımacılıkta alternatif rota planlaması ve optimizasyonu üzerine yoğunlaşmaktadır. ARP, taşıma maliyetlerinin azaltılması, zaman kayıplarının önlenmesi ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi amacıyla, lojistik sistemlerinde en verimli yol güzergahlarının belirlenmesine yönelik önemli teorik ve uygulamalı çözümler sunmaktadır.

Yer Seçimi literatürü üçüncü başlık olarak ele alınmıştır. Bu kısımda, lojistik merkezlerinin yerleşimi için dikkate alınan kriterler, şehir planlaması, ulaşım ağlarıyla entegrasyon ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörler kapsamlı bir şekilde tartışılmaktadır. Yer seçimi, lojistik verimliliği ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından önemli bir husustur.

Son olarak, MKP literatürü incelenmiştir. Bu alandaki çalışmalar, lojistik merkezlerinin yerleşiminde belirli bir lokasyonun en geniş kapsama alanına ulaşacak şekilde stratejik olarak belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. MKP, şehir içindeki ulaşım altyapısının

verimli kullanılması ve müşterilere en yaygın ve hızlı hizmetin sunulması için kritik öneme sahip bir optimizasyon problemidir.

3.1. Kentsel Konsolidasyon Merkezleri

Kentsel mal akışlarının optimize edilmesi, olumsuz sosyal ve çevresel etkilerin azaltılması, kentsel lojistiğin temel unsurlarını oluşturmaktadır (Taniguchi, 2014). KKM'ler son adım teslimatta en çok uygulanan ve incelenen kentsel lojistik girişimlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Björklund ve Johansson, 2018). Dışarıdan gelen kargo akışının servis alanı içine ulaştırılmasını organize etmek, kargo araçlarında maksimum yük faktörü ve optimize edilmiş rotalarla teslimatları birleştirmek amacıyla kentsel alanlarda kurulan lojistik tesisleri olarak tanımlanmaktadır (Allen vd., 2012). Malların geçici olarak depolandığı, birleştirildiği ve yerel teslimat için yeniden dağıtıldığı bir merkez görevi görerek daha verimli ve sürdürülebilir kentsel lojistiği mümkün kılmaktadır (Juvvala ve Sarmah, 2024). KKM'ler kentsel alanlarda teslimat araçları tarafından kat edilen toplam mesafeyi, yoğun bölgelerde son adım teslimatları gerçekleştiren taşıma araçlarının yükleme faktörünü iyileştirmek suretiyle azaltmaktadır. Bu sayede hem yolculuklarla ilişkili GHG emisyonları hem de yerel hava kirliliği azalmaktadır. Bu azalmaya kat edilen toplam mesafenin kısaltmasının yanı sıra düşük emisyonlu araçların kullanılması da katkı sağlamaktadır (Browne vd., 2007). Ayrıca, caddelerde teslimat yapan araçların kapladığı park alanı ve zamanı azalmakta, bu da trafik sıkışıklığını önlemektedir. Diğer avantajlar arasında daha sessiz araç kullanımıyla gürültü kirliliğinin azalması, araçlarla diğer yol kullanıcıları arasındaki çatışmaların düşmesi ve yaya güvenliğinin artması yer almaktadır (Gonzalez-Feliu ve Morana, 2010).

KKM, belirli bir kentsel alana yakın konumlanmış lojistik tesisleridir. Bu alanlar kent merkezleri, kasabalar, alışveriş merkezleri, havaalanları, hastaneler veya büyük inşaat sahaları gibi yerler olabilmektedir. Lojistik şirketleri, aldıkları malları KKM'ye bırakmaktadır. KKM operatörleri bu yükleri sınıflandırıp birleştirmekte ve genellikle çevre dostu araçlar kullanarak nihai varış noktalarına teslim etmektedir. Bu araçlar elektrikli araçlar ve elektrikle çalışan üç tekerlekli bisikletler olabilmektedir (Browne vd., 2005).

KKM'ye yüklerini bırakan lojistik şirketleri, kısıtlı kentsel alanlara girme zorunluluğunu ortadan kaldırarak zamandan ve maliyetten tasarruf etmektedirler. KKM'den mal alan alıcılar ise teslimat güvenilirliğinden fayda sağlamaktadır. Ayrıca, KKM'ler stok tutma,

ambalaj açma, ürün hazırlama ve fiyat etiketleme gibi ek lojistik hizmetler sunmaktadır. Bu hizmetler, alıcıların tesis içinde daha az alan kullanmasını sağlamak ve işlerin daha hızlı ve verimli yapılmasına yardımcı olmaktadır (Browne vd., 2011).

KKM'leri kentsel yük taşımacılığı girişimi olarak ele alan ilk araştırmalar 1970'lerin başında başlamıştır (Van Duin vd., 2010). KKM'ler, amaçlarına, sundukları hizmet türüne ve hizmet verdikleri coğrafi alana göre çeşitli kategorilere ayrılmaktadır ve Allen ve Huschebeck (2006) tarafından üç ana operasyonel türde sınıflandırılmaktadır:

1. Özel Proje KKM'leri (İnşaat projeleri için): Bu tür KKM'ler, belirli perakende dışı amaçlara hizmet eden tesislerdir. Genellikle inşaat projelerinde kullanılmakta ve inşaat malzemelerinin birleştirilmesi, depolanması ve işlenmesi amacıyla tasarlanmaktadır. Belirli bir zaman dilimi için faaliyet göstermekte ve kentsel alanın herhangi bir coğrafi ölçeğine uyum sağlayabilmektedir.
2. Büyük Ölçekli Alanlara Hizmet Veren KKM'ler: Bu KKM'ler perakende amaçlarına hizmet etmekte olup, belirli özellikleri ile diğerlerinden ayrılmaktadır: (i) Tek bir siteye hizmet verdikleri için tasarımları genellikle daha geniş bir proje tasarımının parçası olabilmektedir; (ii) Teslimat sahibi, teslimatların yalnızca KKM aracılığıyla yapılmasını talep etme hakkına sahip olabilmektedir; (iii) Genellikle önceden tanımlanmış, yol dışı boşaltma noktalarına erişim sağlayabilmektedirler; (iv) Kira yapıları ve taşıma ücretleri, KKM'nin finansal bağımsızlığına katkıda bulunabilmektedir. Bu tür KKM'ler çoğunlukla perakende ürünleri ve restoran/kafeler için gıda tedariki ile ilişkilidir. Bunun yanı sıra hastanelere tıbbi malzeme tedarikinde de kullanılmaktadır. Bu KKM'lerin hizmet verdiği büyük ölçekli alanlar arasında havaalanları, alışveriş merkezleri ve hastaneler yer almaktadır. Heathrow perakende KKM'si ve Meadowhall KKM'si bu kategoriye örnek teşkil etmektedir.
3. Kentsel Alanın Tamamına veya Bir Kısımına Hizmet Veren KKM'ler: Bu KKM'ler genellikle perakende amaçlı kullanılmakta olup hizmet verdikleri coğrafi alana göre değişkenlik göstermektedirler. Kent merkezinden tüm kent sınırlarına kadar geniş bir alanı kapsayabilmektedirler. Kapsadıkları alan ve hizmet verdikleri şirket sayısına göre farklılık göstermektedirler.

Kentsel bir alandaki perakendecilere hizmet veren üçüncü tip tesisler, kentlerde uygulanan ve mevcut literatürde tartışılan en yaygın tiptir (Allen vd., 2012). KKM'lerin konumlandırılması hem çevresel hem de ekonomik açılardan teslimat mesafeleri üzerinde

büyük etkilere sahip olabilmektedir. Slovakya'nın başkenti Bratislava'da Settey vd., (2021) KKM'ler için en uygun lokasyonların belirlenmesi amacıyla elektrikli ve hibrit araçların izlediği rotaları matematiksel modelleme yöntemi ile araştırmıştır. Yazarlar, çalışmalarında farklı rotalar için mesafe ve taşıma sayısı sunmaktadırlar. Veličković vd., (2021) gerçekleştirdiği senaryo analizinde, KKM'lerin konumu ve sayısının hesaplanan dış maliyetler üzerinde önemli etkisi olduğu bulunmuştur. Örneğin, yazarlar büyük bir kentte yalnızca bir KKM'nin kullanılmasının, dikkate alınan tüm parametreler açısından dış maliyetleri artırdığını belirtmiştir. KKM'lerin yerleşimi de dikkate alındığında, dış maliyetteki en büyük düşüş maksimum sayıda KKM kullanıldığında gözlemlenmiştir. KKM'lerin karşı karşıya olduğu en büyük zorluk finansal açıdan sürdürülebilirliktir. Kin vd., (2016) KKM'lerin uygulanabilirliğinin teslimatların yapıldığı bölgelerdeki kısıtlamalar veya yoğun trafik gibi koşullara bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Maliyet, müşterilerin KKM kullanma istekliliğini belirleyen temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Janjevic ve Ndiaye (2017), bir KKM'nin mesafe ve zaman açısından sağladığı avantajlarla teslimat maliyetlerini azaltmasının sürdürülebilirlik için elzem olduğunu vurgulamaktadır.

KKM'lerin karşılaştığı zorluklardan bir diğeri ise farklı paydaşlar için ekonomik, çevresel ve operasyonel gereklilikleri dengeleyebilen bir iş modeli oluşturma zorluğudur (Quak vd., 2014). Uygun bir iş modelinin olmaması, sözleşme ve organizasyonel sorunlara neden olabilmekte, ayrıca, tedarikçiler ve müşterilerle doğrudan iletişimin kaybolmasına yol açabilmektedir (Browne vd., 2005). KKM'lerin en kritik özelliklerinden biri, birden fazla paydaşın katılımını sağlamasıdır (Akgün vd., 2020). Bu durum, farklı tarafların ekonomik, çevresel ve operasyonel gereksinimlerini bir araya getirerek iş süreçlerinin daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Paydaşlar, yük operatörleri/lojistik şirketleri, yerel işletmeler ve kamu otoriteleri gibi üç ana aktörden oluşmakta ve bu aktörler, KKM'lerin etkinliğini artırmak için iş birliği yapmaktadır (Harrington vd., 2016). Perboli vd., (2021) göre KKM'ler şehirlerdeki araç sayısını azaltarak araçların yük kapasitesini artırmakta ve trafiği, kirliliği ve güvenlik sorunlarını azaltmaktadır. Binh ve Huong (2024), kentsel yük taşımacılığının iyileştirilmesi ve ekonomik verimliliğin artırılmasının KKM girişimleri için daha fazla kamu desteği çekebilecek iki önemli faktör olduğunu belirtmektedir. Gao vd., (2024) çalışmalarında, KKM'nin SAT kapasitesini artırmak için lojistik hizmet kalitesini dikkate alan bir ters açık artırma mekanizması önermektedir. Öncelikle, SAT faaliyetlerinde

lojistik hizmet kalitesinin önemi vurgulanmakta ve bu mekanizma ile ilgili kıyaslamalar sunulmuştur. Ardından, KKM'nin teşvik edilmesi ve yüksek kaliteli hizmet sunan taşıyıcılara iş verme stratejileriyle desteklenen bir açık artırma modeli geliştirilmiştir. Vaka çalışması, önerilen mekanizmanın KKM için lojistik hizmet kalitesi garantisi sağlayarak verimli bir tedarik aracı olduğunu bunun yanı sıra önemli düzeyde maliyet tasarruflarına ve kaynakların etkili kullanımına olanak tanıdığını göstermektedir. Ciardiello vd., (2023), KKM teslimat ağına katılan paydaşlar arasındaki sorumluluk ve maliyet tahsisi sorunlarına yönelik oyun teorisine dayalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Maliyet tahsisi için Shapley Değeri kavramına dayanan bir çözüm önermişler ve modelin gerçek dünya senaryolarına uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Yapılan duyarlılık analizi, önerilen maliyet tahsis kurallarının, KKM'lerin kurulması için yerel yönetimlerin üzerindeki yükü hafifletebileceğini ve genişletilmiş sorumluluk kavramlarına dayalı alternatif düzenlemeler sağlayabileceğini göstermiştir. Paddeu vd., (2018) çalışmalarında, 2013 yılında Bristol (Birleşik Krallık) ve 2015 yılında Cagliari'de (İtalya) yapılan anketlerin sonuçlarına dayanarak kentsel yük kullanıcıları ve paydaşların KKM'lere yönelik algılarındaki farklılıkları derinlemesine karşılaştırmıştır. Bristol'deki perakendeciler, KKM tarafından sağlanan teslimat hizmetinden yüksek memnuniyet duyarken Cagliari'deki anket potansiyel kullanıcıların KKM kullanımına karşı eğilimlerini araştırmıştır. İki bölge arasındaki karşılaştırma, işletme türü, operasyonel uygulamalar gibi faktörleri dikkate alarak gerçekleştirilmiştir. Veličković vd., (2021), yük taşımacılığında SAT faaliyetlerinin dışsal maliyetler üzerindeki KKM sayısının etkisini araştırmıştır. Farklı sayıda KKM ile konsolidasyon senaryoları dikkate alınarak yeni bir plan önerilmiştir. Sonuçlar, kentsel yük konsolidasyonunun ulaşım dışsallıklarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. Handoko vd., (2016), SAT siparişlerinin ulaştırma kaynaklarına otomatik olarak atanması için iki kriterli bir açık artırma mekanizması önermiştir. Önerilen iki kriterli açık artırmanın, sabit oranlı mekanizmalardan elde edilen çözümlerden önemli ölçüde daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Taşıyıcıların KKM operasyonuna katılma istekliliği üzerine yapılan hassasiyet analizi, KKM'nin kâr amacı gütmeyen ve kendi kendini idame ettiren bir yapıda tasarlanmasının daha yüksek isteklilik ile herkes için daha büyük bir fırsata ulaşma yönünde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Lin vd., (2016) stratejik planlama perspektifinden, kentsel teslimat konsolidasyonunun lojistik maliyeti, enerji tüketimi ve emisyon açısından etkinliğini incelemek için alternatif bir modelleme çerçevesi

sunmuştur. Çerçeve, sürekli yaklaştırma yöntemi ve motorlu taşıt emisyon simülatörü olarak iki temel bileşenden oluşmaktadır. Sonuç olarak KKM'nin potansiyel lojistik ve çevresel faydalarının, araç kapasitesinin iyileştirilmesi veya kent merkezinin dışındaki daha ucuz alanlara kaydırılmasıyla elde edilebileceği bulunmuştur.

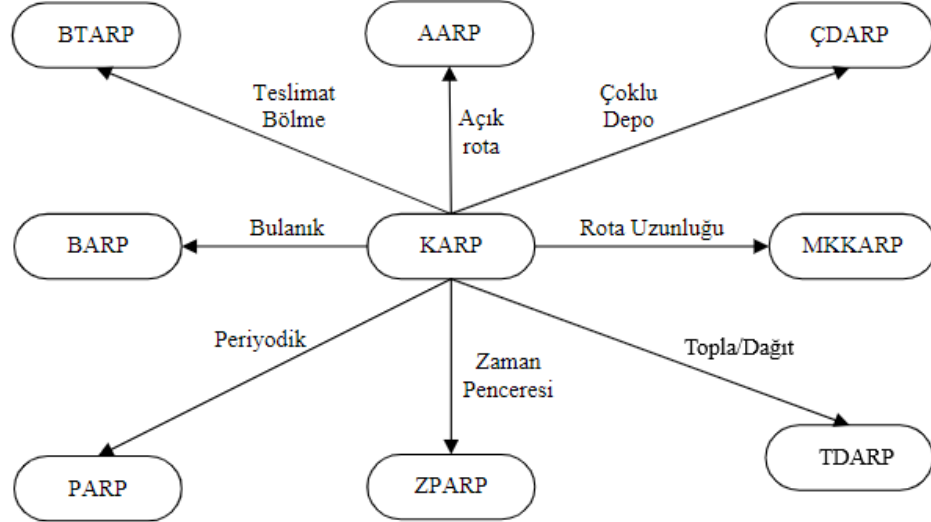
3.2. Araç Rotalama Problemi

ARP bir araç filosunun bir müşteri kümesine hizmet etmek için kullanacağı rotaların optimum tasarımıyla ilgili bir dizi probleme verilen genel bir isimdir (Gora vd., 2020). ARP, NP-Zor sınıfı bütünleşik bir optimizasyon problemidir (Şahin ve Eroğlu, 2014). İlk olarak Dantzig ve Ramser tarafından 'kamyon sevk problemi' adı altında adlandırılan yöntem ile, bir benzin dağıtım kamyonu filosu için toplu bir terminal ile terminal tarafından tedarik edilen çok sayıda servis istasyonu arasında rotaların planlanması amaçlanmıştır (Dantzig ve Ramser, 1959). Başlangıçta terminalde bulunan ve sınırlı bir kapasiteye sahip homojen bir araç filosunun, her servis istasyonunun belirli miktarda benzin talep etmesi durumunda tüm taleplerin karşılanabilmesi için uygun rotalara atanması ve kamyon kapasitelerinin aşılmaması hedeflenmektedir (Tiwari ve Sharma, 2023). Bu problem sınıfına Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KARP) denilmektedir. Toth ve Vigo (2002b) tarafından yapılan araştırmalara göre, ARP kombinatoriyal optimizasyon problemleri arasında en çok incelenenlerden biridir. Bu bağlamda, optimal ulaşım planlamasının lojistik maliyetlerini %5 ile %20 arasında bir oranla azaltılabileceği vurgulanmaktadır. ARP, elli yılı aşkın süredir yoğun bir şekilde araştırılan ve lojistik, seyahat, iletişim, üretim, ulaştırma, dağıtım, sivil ve askeri sistemler gibi gerçek alanda önemli uygulamalara sahip olan bir problem sınıfıdır; bu alanların tümü, modern ekonomi ve mal maliyeti üzerinde doğrudan etki yaratmaktadır (Widuch, 2020).

Lojistik ve dağıtım şirketlerinin günlük operasyonlarında, araç rotaları ve teslimat planlamaları önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, araç kapasitesi, araç rotalama probleminin temel bir unsuru olarak öne çıkmaktadır; zira gerçek yaşam dağıtım vakalarında en sık karşılaşılan ve dikkate alınması gereken faktörlerden biri araç kapasiteleridir. Bu faktörlerin analizi, lojistik süreçlerin verimliliğini artırmak ve maliyetleri azaltmak açısından kritik öneme sahiptir. (Kim vd., 2015; Mańdziuk ve Nejman, 2015). ARP, zamanla farklı yapılara dönüştürülmüş ve bu yeni yapılar, literatürde çeşitli araç rotalama problem türleri olarak yerini almıştır. Şekil 3.1'de de

listelenen ARP'nin başlıca türleri aşağıda sıralanmıştır (Kulaç ve Çağıl, 2019).

Şekil 3.1. Araç rotalama problemi türleri (Toth ve Vigo, 2002a)



3.2.1. Kapasite Kısıtlı ARP (KARP)

Araçların belirli bir yük kapasitesine sahip olduğu durumları ele almaktadır. Tüm araçların özdeş ve aynı kapasiteye sahip olduğu kapasitelendirilmiş ARP ve her biri farklı bir kapasite, sabit ve değişken maliyetlerle tanımlanan birden fazla araç tipinin bulunduğu heterojen filolu ARP olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır (Prins 2009). Gerçekte, çok az şirketin aynı araçlardan oluşan bir filosu vardır. Bunun yerine, müşterilere maliyet etkin bir şekilde hizmet verme çabasındaki şirketler farklı tipte araçlar kullanmaktadırlar. Küçük boyutlu araçlar esas olarak kent merkezlerindeki müşterilere SAT hizmeti verirken, daha büyük boyutlu araçlar esas olarak daha önemli mesafelerle ayrılmış ve daha fazla sipariş hacmi gerektiren müşterilere ve perakendecilere hizmet vermektedirler. Her iki durumda da problem formüle edilirken araçların, rotalarını tamamladıktan sonra merkez depoya geri döndüğü varsayılmaktadır (Konstantakopoulos vd., 2022).

3.2.2. Mesafe ve Kapasite Kısıtlı ARP (MKKARP)

Bu yapıda, belirlenmiş rotalara atanan her aracın kapasite kısıtının yanı sıra gidebileceği maksimum mesafe kısıtı da bulunmaktadır. Bu kısıt, araçların sürekli olarak belirli bir süreden fazla yolculuk yapmaması veya herhangi bir aksaklıktan dolayı gecikmemesi durumunda uygulanmalıdır. Araçların rota içinde kat ettikleri mesafe, ziyaret ettikleri müşterilere bağlı olarak değişebilir; ancak belirlenen mesafe kısıtını aşamazlar. Bu problemde, müşterilere hizmet sunarken mesafe kısıtının yanı sıra uyulması gereken diğer ek kısıtlar da dikkate alınmaktadır (Toth, 2002; Oropeza vd., 2012).

3.2.3. Zaman Pencere AR (ZPARP)

ZPARP, müşterilerin her birinin, hizmetin başlanması gereken en erken ve en geç izin verilen zamanlarla belirlenen zaman pencerelerine sahip olduğu problemlerdir. Bu tür problemlerin amacı, araç kapasitelerini, hizmet sürelerini ve zaman pencerelerini dikkate alarak, her bir araç tarafından ziyaret edilmesi gereken en uygun rota setini ve müşteri sırasını belirlemektir (Solomon, 1987). Zaman pencereleri, herhangi bir müşteriye hizmetin, belirtilen zaman diliminde başlatılmaması durumunda, rotanın geçerliliğinin ortadan kalktığı katı kısıtlamalar getirmektedir. Bu nedenle, zaman penceresi kısıtlamaları hem rotalama hem de zamanlama kararlarını zorlaştıran ve çözüm sürecini karmaşıklaştıran önemli bir faktörlerdir (Calvete, 2007). Kombinatorial bir problem olan ZPARP'nin çözümü, büyük veri setlerinde kesin optimizasyon teknikleri kullanıldığında çok uzun süreler alabilmektedir (Göçken vd., 2018). Zaman pencerelerinin varlığı, toplam rotalama ve zamanlama maliyetlerinin yalnızca seyahat mesafesi ve zaman maliyetlerini değil, aynı zamanda bir aracın müşteri konumuna çok erken varması ya da aracın yüklenmesi ve boşaltılması sırasında meydana gelen bekleme süresi maliyetlerini de içerdiğini göstermektedir (Solomon, 1987). Bu durum, lojistik ve rotalama problemlerinde zamanın yönetilmesini gerektiren karmaşık bir süreci işaret etmektedir.

3.2.4. Topla/Dağıt AR (TDARP)

Hem dağıtım hem de toplama işlemlerinin bir arada gerçekleştirildiği bu modeller, aynı yerden hem ürünlerin dağıtımını hem de toplamasını mümkün kılmaktadır. İçecek endüstrisinde boş şişelerin geri toplanması veya marketlerde taşımacılık için kullanılan yeniden kullanılabilir özel palet ve kapların kullanımı TDARP'ye örnek olarak verilebilir. Ayrıca, yasaların şirketleri ürünleri için ömür boyu sorumluluk taşımaya zorlamasıyla, şirketler geri alınan ürünlerin kalitesini artırmak için tüm yaşam döngüsünü kontrol etme konusunda giderek daha fazla ilgilenmektedir (Dethloff, 2001).

TDARP, önce dağıtım sonra toplamalı AR, karışık dağıtım ve toplamalı AR ile eş zamanlı topla/dağıt AR olarak üç farklı kategoriye ayrılmaktadır (Hezer ve Kara, 2013; Subramanian vd., 2010). Önce dağıtım sonra toplamalı AR ve karışık dağıtım ve toplamalı AR'de dağıtım ve toplama müşterileri farklıdır. Ancak, önce dağıtım sonra toplamalı AR 'de, dağıtım taleplerinin tamamının toplama taleplerinden önce yerine getirilmesi beklenirken, karışık dağıtım ve toplamalı AR'de iki hizmet noktası arasında herhangi bir öncelik ilişkisi bulunmamaktadır. Yani, önce dağıtım sonra toplamalı

ARP'de dağıtım işlemleri, toplama işlemlerinin önünde gerçekleştirilirken, diğerinde dağıtım ve toplama işlemleri arasındaki sıralama esneklik ve öncelik yoktur. Eş zamanlı topla/dağıt ARP'de ise, dağıtım ve toplama işlemleri aynı müşterilere yapılmaktadır ve bu hizmetler eşzamanlı olarak yürütülmektedir. Müşterilere uğrandığında, dağıtılacak ürün bırakılırken, toplanacak ürün de alınmaktadır.

3.2.5. Açık ARP (AARP)

Araçların belirli bir başlangıç veya bitiş noktası olmaksızın hareket ettiği durumları ifade etmektedir. KARP'ta bahsedilen araçların rotalarını tamamladıktan sonra merkez depoya geri dönmesi durumu burada geçerli değildir. Özellikle sabit maliyetlerini düşürmeyi amaçlayan üçüncü taraf lojistik şirketleri için, emrinde bir araç filosu işleten nakliye şirketleriyle iş birliği yapmak yaygın bir durumdur. Bu gibi durumlarda, ortakların araçları rota tamamlandıktan sonra depoya geri dönmek durumunda değildir (Zachariadis ve Kiranoudis, 2010).

3.2.6. Çoklu Depo ARP (ÇDARP)

Çok sayıda deposu bulunan bir dağıtım işletmesi, her bir deposunda kendi müşteri grubunu belirleyerek dağıtım hizmeti sunmaktadır. Müşterilere, en uygun depodan çıkan araçlar aracılığıyla hizmet sağlanmakta ve dağıtım işlemi tamamlandığında araçlar depoya geri dönmektedir. Bu süreçte, müşteri taleplerinin araç kapasitesini aşmaması gerekmektedir. Her bir depoya tahsis edilen bir araç filosu, ilgili depodan başlayarak o depoya atanmış müşterileri ziyaret etmekte ve ardından başlangıç deposuna geri dönmektedir. Ayrıca, bu sistem, birden fazla depo noktası üzerinden dağıtım yapan yapıların yönetimini de içermektedir (Şahin, 2021).

3.2.7. Bölünmüş Teslimatlı ARP (BTARP)

BTARP, teslimatların parça parça yapılabilirdiği ve dağıtım firmasının birden fazla deposunun bulunduğu durumları ifade etmektedir. Bu modelde, her müşteriye yalnızca bir kez hizmet verildiği varsayımı esnetilmektedir. Böylece, aynı müşteri farklı zamanlarda birden fazla araç tarafından ziyaret edilebilmekte, bu da dağıtım süreçlerinin esnekliğini artırmakta ve hizmet kalitesini iyileştirmektedir (Archetti vd., 2014).

3.2.8. Periyodik ARP (PARP)

Teslimatların belirli periyotlarla gerçekleştirildiği senaryoları temsil etmektedir (Norouzi vd., 2015). PARP, belirli bir süre diliminde (örneğin, birkaç gün) araçların rotalarını

optimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu süreçte, toplam mesafeyi minimize etmekle birlikte, aynı zamanda müşterilere yapılacak olan dağıtım miktarını maksimize etmek hedeflenmektedir (Keskintürk vd., 2015). Dağıtım rotalarının verimli bir şekilde planlanması, taşıma maliyetlerini düşürürken, zamanında teslimatlar ile satışların artırılmasına olanak tanımaktadır (Cacchiani vd. 2014).

Gerçek dünyada, müşterilere sunulan hizmet zamanına dikkat edilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle, bir aracın rakibinden daha geç hizmet sunması durumunda, satışlarının bir kısmını kaybetme riski bulunmaktadır. Bu nedenle, dağıtım şirketleri araçlarının rotalarını, malların dağıtımını yalnızca kendi iç stratejileriyle değil, aynı zamanda rakip şirketlerin müşterilere hizmet etme stratejileriyle de uyumlu olacak şekilde planlamaktadır. Bu rekabet, özellikle kısa ömürlü ürünlerin söz konusu olduğu ve müşterilerin bu ürünleri saklamak için özel ekipmanlara ihtiyaç duyduğu durumlarda daha belirgin hale gelmektedir. Bu gibi durumlarda, dağıtıcının belirli bir zaman içerisinde müşteriye ulaşabilmesi, satış miktarını doğrudan etkileyebilmektedir (Norouzi, 2015). Özellikle fırın hizmetleri ve kan dağıtımı gibi gerçek dünya uygulamaları buna örnek olarak verilebilmektedir (Cacchiani vd. 2014).

3.2.9. Heterojen Filolu ARP (HFARP)

HFARP, araçların farklı kapasite ve maliyetlerle tanımlandığı bir sistemdir ve KARP'nin bir genellemesi olarak kabul edilir. HFARP genellikle tek başına incelenmez; daha çok diğer varyantlarla bir arada ele alınarak, farklı özelliklere sahip araçların kullanıldığı dağıtım süreçlerini kapsamaktadır (Subramanian vd., 2012).

3.2.10. Bulanık Araç Rotalama Problemi (BARP)

Belirsizlik ve bulanıklığın göz önünde bulundurulduğu bu modeller, özellikle müşteriden gelecek talebin belirsiz olduğu durumlarda geçerlilik kazanmaktadır (Şahin ve Eroğlu, 2014; Hu vd., 2018).

NP-zor sınıfında yer alan ARP'yi çözmek için kullanılan yöntemler Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu yöntemler, kesin, sezgisel ve metasezgisel olarak ifade edilen geniş bir yelpazede sınıflandırılabilen yaklaşımlar içermektedir. Bu algoritmalar, problem çözüm sürecinde farklı sistematik ve stratejiler sunarak çözüm kalitesini ve hesaplama verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır (Tiwari ve Sharma, 2023; Deb, 2011; Konstantakopoulos vd., 2022).

Şekil 3.2. ARP çözüm yöntemleri (Tiwari ve Sharma, 2023)

Kesin algoritmalar	Sezgisel yöntemler	Metasezgisel
1. Dal ve sınır	1. Tasarruf yöntemi	1. Genetik Algoritmalar
2. Kesme düzlemi yöntemi	2. İki aşamalı yöntem	2. Eş zamanlı tavlama
3. Dinamik programlama	3. Tarama yöntemi	3. TABU araması
4. Ağ akış yöntemi		4. Karınca kolonisi optimizasyonu

Kesin Algoritmalar: Kesin algoritmalar, yapısı gereği daha küçük boyutlu problemleri çözmek için kullanılan ve genellikle optimal sonuçlar sağlayan yöntemlerdir (Tiwari ve Sharma, 2023). Bir problem için en iyi çözümü bulmak amacıyla yapılan sistematik araştırmalar sonucunda kesin bir sonuca ulaşmayı hedefleyen yöntemlerdir (Altinkaya ve Tunca, 2022). Bu algoritmalarından bazıları aşağıda belirtilmiştir:

i) Dal ve Sınır Algoritması: Böl ve yönet yaklaşımıyla problem alanı, durak kümelerinin alt kümelerini seçerek parçalara ayrılmakta ve her bir alt problemin ayrı ayrı optimize edilmesi sağlanmaktadır (Costa vd., 2019). ii) Kesme Düzlemi Yöntemi: Kesmeleri veya başka bir deyişle doğrusal eşitsizlikleri iteratif olarak kullanarak amaç fonksiyonu veya uygun küme daraltılmaya çalışılmaktadır. iii) Dinamik programlama: Her yinelemenin çıktısının bir değişkende saklandığı ve sonraki yinelemelerde doğrudan kullanıldığı yinelemeli yöntemlerin bir optimizasyonudur. Bu yöntem, hesaplama verimliliğini artırarak süreçlerin daha hızlı ve etkili bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. iv) Ağ akış yöntemi: Bir aracın her kenardan kaç kez geçtiğini sayan tam sayı değişkenleri kenarlarla ilişkilendirilmektedir (Tiwari ve Sharma, 2023). Temel ARP'leri çözmede etkilidir ancak gerçek yaşam senaryolarında kullanılamamaktadır.

Sezgisel Algoritmalar: Sezgisel yöntemler, optimal çözümü garanti etmeyen ancak optimum olma garantisi olmayan bir çözüme hızlı bir şekilde ulaşmak için kullanılabilen tekniklerdir. Sezgisel yöntemler, kesin bir çözümün pratik olarak uygulanabilir olmadığı durumlarda tatmin edici bir sonuç bulmak için kullanılabilmektedir (Tiwari ve Sharma, 2023). ARP'yi çözmek için yaygın olarak kullanılan bazı sezgisel tabanlı algoritmalar aşağıda belirtilmiştir: i) Tasarruf Yöntemi: Clark ve Wright'ın yöntemi olarak anılan; küçük ve orta büyüklükteki ARP'ler için makul bir çıktı sağlayan klasik bir sezgisel

tabanlı yaklaşımdır. En yaygın kullanılan sezgisel yöntemlerden biridir. ii) İki Aşamalı Yöntem: Bu yöntemde tahsis aşaması ve rota aşaması olarak adlandırılan iki aşama vardır. Tahsis aşamasında, bir tamsayı programı araçlara konum tahsis eder ve ardından rota aşamasında en uygun araç rotasını bulmak için sezgisel yöntemler kullanılır. iii) Tarama Yöntemi: Gillett ve Miller (1974) tarafından önerilen bu iyi bilinen tur bölme yöntemi, kümeleri yönlendirmek için tarama sezgisel yöntemlerini kullanmaktadır (Tiwari ve Sharma, 2023) .

Metasezgisel Algoritmalar: Metasezgiseller, eksik bilgi ve sınırlı hesaplama maliyetiyle optimizasyon problemine yeterince iyi bir çözüm sağlayan ancak global bir optimal çözümü garanti etmeyen prosedürlerdir (Labadie vd., 2016; Tiwari ve Sharma, 2023). Büyük boyutlu problemlerin makul sürelerde çözülmesi için iyi bir araç sağlamaktadır. Bazı yararlı metasezgiseller aşağıda belirtilmiştir: i) Genetik Algoritma: Popülasyon tabanlı bir çözüm yöntemi sunan genetik algoritmalar ilk olarak J Lawrence tarafından kullanılmıştır. Bu algoritmalar ZPARP ve benzeri varyantları çözmede faydalıdır (Karakatič ve Podgorelec, 2015). ii) Tavlama Benzetimi: Tavlama işleminden esinlenerek çözüm üreten Monte-Carlo iteratif yöntemine dayanan bir tekniktir. iii) TABU Arama: Başlangıçta uygulanabilir bir çözümle başlar ve amaç fonksiyonunun değerinde en önemli değişikliğin meydana geldiği bir seriden davranışı seçer. Bir sürecin kaydedildiği ve daha sonra takip eden prosedürün davranışını yönlendirmek için kullanıldığı esnek bir bellek tekniği kullanır (Glover, 1997), iv) Karınca Kolonisi: Bu algoritma, feromonlar tarafından yönlendirilen yiyecek arayan bir karınca kolonisinin davranışından ilham almaktadır; çünkü karıncalar her zaman en yüksek feromon konsantrasyonuna sahip yerlere doğru yönelmektedirler. Bu yaklaşımla ele alınan problem için tatmin edici bir çözüm hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir.

ARP bir NP-zor problemidir; bu nedenle, problem boyutu büyük olduğunda kesin çözüm veren algoritmalar pratik kullanım için uygun değildir. Problem boyutu büyüdükçe kesin çözüm veren algoritmalar yetersiz kalmakta ve makul sürelerde düşük maliyetli çözümler üretmek için sezgisel/metasezgisel yöntemlere başvurulmaktadır. Sezgisel yöntemler ile metasezgisel yöntemler arasındaki temel fark, metasezgisel tekniklerin problemden bağımsız olmasıdır; buna karşın, sezgisel yöntemler probleme bağımlıdır. Sezgisel teknikler, verilen görevin özgünlüğünden yararlanır ve açgözlü yaklaşımları nedeniyle genellikle yerel optimumda sıkışırlar. Buna karşılık, metasezgisel yöntemler problemin

özelliklerinden yararlanmaya çalışmazlar ve küresel optimuma daha yakın bir çözüm bulmak için çözümün durumunun geçici olarak bozulmasını kabul edebilirler.

3.3. Yer Seçimi Problemleri

1909 yılında Alfred Weber'in depo yerleşim modeliyle konum teorisi başlamıştır. Weber, bir depo ile birden fazla müşteri arasındaki mesafeyi minimize etmeye odaklanarak en uygun depo yerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır (Farahani ve Hekmatfar, 2009). 1964 yılında Hâkimi, iletişim ağlarındaki anahtarlama merkezlerinin ve otoyol sistemlerindeki polis karakollarının konumlandırılmasına ilişkin yaptığı çalışmayla konum teorisinin gelişimine önemli bir katkı sağlamıştır (Hâkimi, 1964). Farahani ve Hekmatfar'a (2009) göre konum bilimi, kökenleri Pierre de Fermat, Evangelista Torricelli (Galileo'nun öğrencisi) ve Battista Cavalieri'ye kadar uzanan analitik bir çalışma alanıdır. Bu bilim insanların her biri, 17. yüzyılın başlarında temel Öklid uzaysal medyan problemini bağımsız olarak ortaya atmış ve bazı yorumlara göre bu problemi çözmüştür. Klasik yer belirleme çalışmalarının çoğu, hizmet tesislerine olan ortalama (veya toplam) mesafenin minimize edilmesine (medyan kavramı) veya maksimum mesafenin minimize edilmesine (merkez kavramı) odaklanmaktadır (Ogryczak, 2000). Adeleke ve Olukanni'ye (2020) göre, yer seçimi problemleri dört sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar;

Analitik Modeller: Bir tesisin yerini belirlerken sabit maliyetler gibi basit varsayımlara dayanmaktadır. Gerçek dünya problemlerini ifade etmek için yetersiz kalabilmektedirler.

Ağ Modelleri: Ulaşım planlaması ve ağ üzerindeki rotalarda turlar düzenleme gibi uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan yöntemlerdir. Ağ modelleri, özellikle bağlantılar ve düğümlerden oluşan ağ tabanlı problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mesafeler, genellikle en kısa yol üzerinden ölçülmektedir. Bu yaklaşım, ağ tabanlı problemlerin çözümünde uygulanabilmektedir (Melkote ve Daskin, 2001). Bağlantıların seçimi ve tasarımı ile tesis konumlandırma kararlarını içeren bu süreç, oldukça kapsamlıdır (Drezner ve Wesolowsky, 2003). Bu süreçte, ağın yapısal özelliklerinin belirlenmesi ve tesislerin optimal konumlarının seçilmesi hedeflenmektedir. Bağlantılar ulaşım yolları, iletişim hatları veya enerji iletim ağları gibi altyapıları kapsarken tesisler; lojistik merkezler, depolar veya hizmet istasyonları gibi operasyonel yapıları içermektedir. Bu yapıların etkileşimi, toplam maliyetlerin minimize edilmesi veya hizmet kalitesinin artırılması amacıyla alınacak kararlarda belirleyici olmaktadır. Tesislerin konumu, ağın genel verimliliğini doğrudan etkilemekte olduğundan ağ tasarımı ile tesis yerleşimi

kararları bir bütün olarak ele alınarak optimize edilmelidir (Drezner ve Wesolowsky, 2003).

Sürekli Modeller: En eski konumlandırma modelleridir ve gerçekliğin geometrik temsilleriyle ilgilenmektedir. Konumlandırma alanının sürekliliğine dayanan bu modellerin temelinde, konumların sürekli bir uzayda belirlenmesi yer almaktadır. Bu alandaki klasik model, Weber problemi olarak bilinmektedir. Weber probleminde mesafeler genellikle düz çizgi veya öklid mesafeleriyle ölçülmekle birlikte neredeyse her türlü mesafe fonksiyonu kullanılabilir (Jiang vd., 2006; Hamacher ve Nickel, 1998).

Ayrık Modeller: Aday konumların ayrık bir kümesi vardır. Ayrık modeller, genellikle tesislerin belirli, sınırlı noktalarda yerleştirildiği durumlarda kullanılır. Bu alanda iyi bilinen bazı modeller arasında ayrık N-medyan, kapasitesiz tesis konumu ve kapsama modelleri yer almaktadır. Sürekli modellerdeki uzaklıklar gibi, ayrık modellerde de her türlü uzaklık fonksiyonu kullanılabilir; ancak bazen bu fonksiyonlar dışsal olarak belirtilebilir (Hamacher ve Nickel, 1998).

Yer seçimi problemleri, müşteri taleplerini karşılamak için tesislerin konumlarını belirleme sürecidir ve genellikle yüksek sermaye yatırımları gerektirmektedir. Bu kararların ekonomik etkileri uzun vadeli olup stratejik yatırımlar olarak kabul edilmektedir (Drezner ve Wesolowsky, 2003). Yerleşim, yalnızca mevcut sistem durumuna göre değil, aynı zamanda çevresel faktörlerin değişmesi, nüfus artışı ve pazar eğilimlerinin gelişmesi gibi unsurlara dayalı olarak yapılmalıdır. Bu nedenle, tesislerin ömrü boyunca kârlı olmasını sağlayacak en uygun yerlerin seçilmesi gerekmektedir. Yer seçimi problemleri, genellikle optimal çözümü zor olan ve uygulamaya özgü problemlerdir. Amaç fonksiyonları, değişkenler ve kısıtlar, incelenen probleme bağlı olarak farklılık göstermektedir (Ergin, 2016). Kuruluş yeri seçimi konusunda ele alınan problem türleri ve kullanılan çözüm yöntemleri incelendiğinde; sezgisel algoritmalar, doğrusal programlama, tamsayılı programlama, dinamik programlama, doğrusal olmayan programlama, hedef programlama, çok kriterli karar verme ve çoklu regresyon analizi gibi çeşitli yöntemlerin farklı sektörlerde uygulandığı görülmektedir (Kahraman vd., 2003). Tesis yeri belirleme problemini geçmişten günümüze literatürde ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Mirchandani ve Francis (1990) ayrık konum teorisi hakkında bilgi vermiştir. Daskin vd. (1993), tesis yerleşimi ve bağlantı inşası arasındaki

takasları gösteren bir model sunmuş ve bu modelin toplam sistem maliyetlerini en aza indiren çözümler üretmeye odaklandığını belirtmiştir.

Daskin (1997) tarafından yazılan ağ tabanlı konum teorisi kitabı ayırık konum problemlerine odaklanmıştır. Drezner (1995) konum ortamlarındaki bazı modelleri ve uygulamaları sunmuştur. Nickel ve Puerto (2005) sürekli ve ağ tabanlı konum modelleri alanında özellikle medyan konum problemleri hakkında kapsamlı bir araştırma yapmıştır. Berman vd. (1992), mevcut tesislerin faydasının temel ağ yapılandırmasında yapılan belirli değişikliklerle nasıl iyileştirilebileceğini göstermiştir. Drezner ve Wesolowsky (1998), tek yönlü ve çift yönlü caddelerin bir ağda nasıl düzenlenmesi gerektiğini ve bu düzenleme içinde bir tesisin konumunu toplam ulaşım maliyetlerini en aza indirecek şekilde bulmak için sezgisel yöntemleri araştırmıştır. Aragonés-Beltrán, vd. (2010), Valensiya'da bir katı atık tesisi için en iyi yerin seçilmesinde 'analitik ağ süreci' yaklaşımını kullanmıştır. Laporte vd. (1988), düğümler ve bağlantılardan oluşan bir ağda, depo yerleşimi ve araç rotası planlaması gibi problemleri içeren bir konum-rota modelleme çerçevesi tanımlamıştır. Min vd. (1998), konum-rotalama problemleri üzerine genel bir bakış sunmuş ve tesis yerleşiminin topla/dağıt rotalarıyla eş zamanlı planlanmasının önemini vurgulamıştır. Korpela ve Tuominen (1996), depo yer seçimi sürecine entegre bir yaklaşım sunmuş ve bu süreçte hem nitel hem de nicel faktörleri dikkate almıştır. Hidaka ve Okano (1997), gerçek dünyada büyük ölçekli kapasitesiz depo yerleşim problemleri için simülasyon tabanlı bir yaklaşım önermiş ve bu yaklaşımda 'balon arama' adı verilen bir sezgisel algoritma kullanarak dijital harita üzerinde çözüm geliştirmiştir. Drezner ve Wesolowsky (2003), ağ tasarımıyla ilgili problemlere odaklanmıştır. Verilen ağda, potansiyel bağlantılar mevcuttur ve her bir bağlantı belirli bir maliyetle inşa edilebilir veya inşa edilmemesi tercih edilebilir. Ayrıca, bağlantılar tek yönlü ya da çift yönlü olarak inşa edilebilir yapıdadır. Amaç, toplam inşaat ve taşıma maliyetlerini minimize etmektir. Çalışmada, iki farklı taşıma maliyeti durumu ele alınmıştır: İlk durumda, düğümler arasında trafik oluşturulması ve taşıma maliyetinin kullanıcılar için toplam maliyet olarak hesaplanması; ikinci durumda ise her düğüme tesis yerleştirilmesi ve taşıma maliyetlerinin bu tesislerden her düğüme ve geri dönüş yoluyla hesaplanması söz konusudur. Colson ve Dorigo (2004), kamu depolarının yerini belirlemek için çeşitli kriterleri dikkate alarak ve bazı veriler eksik olduğunda veri tabanı kullanarak bir yazılım geliştirmiştir. Chen (2009), depo yer seçimi kararlarını analiz etmek için 'yerçekimi modeli' yaklaşımını ve 'analitik hiyerarşi süreci' yöntemini

kullanmıştır. Demirel vd., (2010), çok kriterli karar verme yaklaşımıyla büyük bir lojistik firması için depo yerleşim problemini ele almış ve gelecekteki çalışmalar için ‘bulanık analitik ağ süreci’ nin kullanılabileceğini önermiştir.

Diğer taraftan literatürde SAT ile yer seçimi problemlerini birlikte konu edinen çalışmalar da bulunmaktadır. Karabulut vd. (2023), son adım lojistik faaliyetlerinin karmaşılaşması ve teslimat maliyetlerinin artması bağlamında, kargo dolapları kullanılarak teslimat maliyetlerini düşürmeye ve hizmet kalitesini artırmaya yönelik bir çözüm önerisi sunmuştur. Gayen vd., (2023), karmaşık SAT faaliyetleri için kargo dolaplarının yer seçimi problemini ele almıştır. Çalışmada optimum hizmet ve lojistik performansı sağlamak için etkili bir yer seçimi yöntemi geliştirilmiştir. Moslem ve Pilla (2023), e-ticaretin yükselmesiyle artan SAT sorunları ve trafik sıkışıklığı gibi problemlere çözüm olarak kargo dolaplarının yer seçimini ele almıştır. Çalışmada ‘küresel bulanık analitik hiyerarşi süreci’ kullanılmış ve bu yöntemin yer seçimini değerlendirirken karar vericilerin tereddütlerini dikkate alarak AHP'nin dezavantajlarını aşmayı amaçladığı vurgulanmıştır. Yalcin Kavus vd. (2023) çalışmasında, İstanbul'un Beşiktaş ilçesinde kurulması planlanan bir kargo dolabı için en uygun konumu belirlemiştir. SAT için çevre dostu ve verimli bir çözüm sunan kargo dolaplarının konumunu seçmek, birçok faktörün dikkate alınması gereken karmaşık bir problem olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda, çok kriterli karar verme yapısı ve uzman görüşlerini matematiksel ifadelerle dönüştürmek için bulanık mantık kullanılmıştır.

Zamanla yer seçimi teorisi, daha karmaşık modeller ve yaklaşımlarla genişlemiş ve derinleşmiştir. Yer seçimi problemleri, genellikle uygulama bağlamına özgü olup, optimal çözümlerinin bulunması güç olan zorluklar barındırmaktadır. Her sektör, farklı amaç fonksiyonları, değişkenler ve kısıtlar içeren özgün yer seçimi problemleriyle karşı karşıyadır. Bu nedenle, konum teorisi hem akademik hem de pratik anlamda önemli bir çalışma alanı olmayı sürdürmektedir.

3.4. Maksimum Kapsama Problemi (MKP)

Kapasite sınırlaması olmayan ya da mevcut kapasiteleri beklenen talebi önemli ölçüde aşan kaynakların yerleştirilmesine yönelik uygulamalar bu modelin tercih edilmesinin temel nedenlerindendir (Mrkela ve Stanimirović 2020). Küme Kapsama Problemi, her talep alanının belirli bir hizmet mesafesi içinde en az bir tesis tarafından kapsanmasını beklerken, MKP tüm talep alanlarının kapsanmasını zorunlu kılmadığı için belirli sayıda

tesis ile maksimum nüfusu kapsayacak şekilde optimize edilmektedir. MKP, özellikle kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda etkili bir çözüm sunmaktadır. Church ve ReVelle'in geliştirdiği bu model, hizmet mesafesi içinde maksimum erişim sağlamak amacıyla tesis yerlerini belirlemeye odaklanmaktadır (Church ve Velle, 1974). Bu bağlamda, öncelikle yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerin kapsanması sağlanarak kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılması mümkün hale gelmektedir (Galvão, vd., 2000). Nitekim radar kurulumu, askeri hedefleme ve hizmet tesisi konumlandırma problemlerinde olduğu gibi bazı durumlarda müşterilere mutlak kapsama garantisi vermek mümkün olmayabilir. MKP'nin ilk uygulamaları kapsamın ikili olduğunu varsaymıştır. Diğer bir deyişle, bir talep noktası için önceden tanımlanmış bir mesafe içinde bir tesis hizmet veriyorsa talep noktası tamamen kapsanmakta aksi halde kapsanmamaktadır. Bu varsayım yani “ya hep ya hiç” yaklaşımı, kapsama alanının aslında mesafeyle birlikte azaldığı bazı durumlar için gerçekçi olmayabilir. İkili kapsama modellerinin yetersizliği, bir talep düğümünün önceden tanımlanmış bir mesafe içinde tamamen kapsandığı ya da kapsanmadığı durumdan “kademeli” veya “kısmi” olarak kapsamının mümkün olduğu çeşitli uzantılara yol açmıştır. Kısmi kapsamın yorumlanmasının doğru yolunun, tam kapsamın gerçekleşme olasılığı olduğu çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Berman vd., 2019; Drezner ve Drezner, 2014). Bu bağlamda, kısmi kapsama, genellikle müşterinin tesisten yeterli hizmeti alacağı olasılığı olarak değerlendirilmektedir. Kısmi kapsama modelini benimseyen Khatami ve Salehipour (2023), mesafe kısıtlı MKP problemini geliştirmiştir. Karatas ve Eriskin (2021) kısmi kapsamayı göz önünde bulunduran maksimum/minimum kapsama modellerini kademeli MKP olarak adlandırmıştır. Karasakal ve Karasakal (2004) ‘kısmi kapsama’ yaklaşımını, birden fazla tesis konumu için önceki çalışmalarda değerlendirilmeleri referans alarak MKP çerçevesinde ele almıştır. Kısmi kapsama, tesislerin belirli bir kapsama oranı ile müşterilere hizmet vermesini ifade ederken kısıtlamalar altında optimum tesis yerleşimini vurgulamaktadır (Mendoza-Gómez ve Ríos-Mercado, 2024).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİR TESLİMAT YÖNTEMLERİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

4.1 Kısmi Kapsamalı Maksimum Kapsama İle Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla/Dağıt Araç Rotalama Problemi

Bu bölümde tez çalışması kapsamında önerilen “Kısmi Kapsamalı Maksimum Kapsama ile Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla/Dağıt Araç Rotalama Problemi” (KKMK-YETDARP) tanıtılmaktadır. Ayrıca, probleme ilişkin Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (Mixed Integer Linear Programming-MILP) modeli ile geliştirilen modelin örnek bir problem üzerinde gösterimi sunulmuştur.

4.1.1 Problemin Tanımı

KKMK-YETDARP iki aşamalı bir lojistik sistemden oluşmaktadır. Ele alınan sistem, e-ticaret alışverişi kapsamında verilen siparişlerin kent merkezlerindeki son kullanıcılara ulaştırılmasını içermektedir. İlk adımda Kentsel Konsolidasyon Merkezi (KKM) olarak adlandırılan birincil depo ile “Kargo Dolabı” olarak adlandırılan ikincil teslim alma/bırakma noktası arasındaki ağ ele alınmaktadır. Bu ağ N_1 düğüm kümesini ($N_1 = N_d \cup N_s$) ve bu düğümler arasındaki A_1 bağlantı kümesini ($A_1 = \{(i, j) : i \neq j \text{ and } i, j \in N_1\}$) içermektedir. N_1 düğüm kümesi KKM (N_d) ve kargo dolaplarından (N_s) meydana gelmektedir. Bu ağda tek bir KKM ($N_d = \{0\}$) durumu dikkate alınmıştır. A_1 , ağın ilk aşamasındaki bağlantıların kümesidir. Her bir bağlantı (i, j) düğümler arasındaki seyahat mesafesini tanımlamaktadır. İlk aşamadaki toplama ve dağıtma talepleri aynı kapasiteye sahip homojen araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu araçlar A_1 kümesindeki mesafeler dikkate alınarak rotalara atanmaktadır. İlk aşama, klasik bir ARP olan eş zamanlı topla/dağıt ARP ile benzerlik gösterse de bu problem türü ile bazı farklılıkları bulunmaktadır. Bunlardan ilki önceden bilirlenmiş potansiyel (aday) konumlarda kurulacak kargo dolabı sayısının bilinmiyor olmasıdır. Bir diğer fark ise her bir kargo

dolabının toplama ve dağıtma taleplerinin ikinci aşamadaki nihai müşteri bölgesi atamalarına bağlı olarak değişiyor olmasıdır. Kurulabilecek kargo dolabı sayısı ile dolapların sahip olacağı toplama ve dağıtma talebi değerlerinin değişken yapıda olması gibi özellikler önerilen problemi çözülmesi zor bir yapıya dönüştürmektedir.

İkinci aşama, nihai müşteri bölgelerinin kurulan kargo dolaplarına erişebilirliğini ele almaktadır. Bu ağ, N_2 ($N_2 = N_s \cup N_c$) düğüm kümesi ve A_2 ($A_2 = \{(i,j): i \neq j \text{ ve } i,j \in N_2\}$) bağlantı kümesinden oluşmaktadır. Burada; ikinci aşamadaki N_2 düğüm kümesi, nihai müşteri bölgeleri kümesi N_c ve N_s kümesinden meydana gelmektedir. A_2 ise ikinci adımdaki N_c ve N_s arasındaki bağlantı kümesini temsil etmektedir. Bu aşamada müşteri bölgeleri ile kargo dolapları arasında herhangi bir araç rotalama işlemi yapılmamaktadır. Müşteriler bulundukları konuma en yakın kargo dolabını ziyaret ederek kendi teslim alma ve bırakma taleplerini karşılamaktadırlar. Nitekim yenilikçi ve sürdürülebilir teslimat yöntemleri, müşterilerin iş birliğini sağlayarak karbon salınımı ve operasyonel maliyetlerden tasarruf imkânı sunarken, müşterilerin siparişlerine daha uygun ücretlerle ve daha esnek zaman dilimlerinde erişmesi imkânını sağlamaktadır. N_c , kümesindeki her müşteri bölgesinin teslim alma ve bırakma talepleri, N_s kümesinde kurulan kargo dolaplarının toplama ve dağıtma taleplerini belirlemektedir. Müşteri bölgesi ile kargo dolabı konumu arasındaki mesafe, müşteri memnuniyeti açısından eşik sınırları içerisinde ‘tolere edilebilir’ bir seviyede olmalıdır. Klasik bakış açısıyla, kargo dolaplarının tüm müşteri bölgelerine hizmet vermesi beklenmektedir. Yani, her müşteri bölgesine eşit hizmet sunmak ve yüksek memnuniyet düzeyi sağlamak için tam kapsama durumu arzu edilmektedir. Ancak gerçek hayat uygulamalarındaki çeşitli kısıtlar ve sınırlamalar nedeniyle böyle bir hizmetin sağlanması neredeyse imkansızdır. MKP’nde, bir müşteri bölgesinin kargo dolabının tolere edilebilir mesafesi içinde yer alması durumunda tamamen kapsandığı, eşik sınır dışında kaldığında ise hiç kapsanmadığı varsayılmaktadır (Karasakal ve Karasakal, 2004).

Eşik mesafe değerine göre ‘tam kapsama’ ile ‘kapsam dışı’ arasında keskin bir ayrım yapmak yerine, belirli bir mesafe aralığında ‘tam kapsama seviyesinden’ ‘kapsama dışı seviyeye’ geçişi dikkate alan bir yaklaşım daha gerçekçi bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu bakış açısı ‘kısmi kapsama düzeyi’ olarak adlandırılmaktadır (Karasakal ve Karasakal, 2004). Tam kapsama eşik sınırından kapsam dışı eşik sınırına doğru gidildikçe kısmi kapsama düzeyi azalmakta ve müşteri memnuniyetsizlik seviyesi artmaktadır. Herhangi

bir i müşteri bölgesinin herhangi bir j kargo dolabı tarafından kapsanma durumu ve memnuniyetsizlik seviyesi (cr_{ij}), (i, j) yayının mesafe değerine (td_{ij}) bağlıdır. Buna göre, cr_{ij} Eş. 1'de tanımlanmıştır. FC_{max} tam kapsama için eşik sınırı ifade etmektedir. PC_{max} ise kısmi kapsama durumu için eşik sınırdır. $f(td_{ij})$, i müşteri bölgesinin j kargo dolabı için memnuniyetsizlik fonksiyonunu temsil etmektedir. $f(td_{ij})$ 0'a eşitse, j kargo dolabı i müşteri bölgesi için tam kapsama sağlar ve memnuniyetsizlik oranı sıfır '0' olur. Eğer $f(td_{ij})$ 1'e eşitse, j kargo dolabı i müşteri bölgesini kapsamıyor demektir. $f(td_{ij})$, değeri 0 ile 1 arasında olduğunda ise kısmi bir kapsama söz konusudur. $f(td_{ij})$, arttığında i müşterisinin j kargo dolabı için memnuniyetsizlik seviyesi de artmaktadır. Kargo dolabı ile müşteri bölgesi arasındaki mesafe arttıkça fonksiyonun monoton olarak artması koşuluyla, sürekli veya ayırık, doğrusal veya doğrusal olmayan birçok fonksiyon kısmi kapsama fonksiyonu olarak kullanılabilir (Karasakal ve Karasakal, 2004).

$$cr_{ij} = \begin{cases} 0 & , \text{ if } td_{ij} \leq FC_{max} \\ f(td_{ij}) & , \text{ if } FC_{max} < td_{ij} \leq PC_{max}, (0 < f(td_{ij}) < 1) \\ 1 & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (1.1)$$

Yukarıda tanımlanan KKM-KYETDARP 'nin temel varsayımları aşağıda sıralanmıştır:

- İlk aşamadaki her rota KKM'de başlar ve biter.
- Kargo dolaplarının kapasiteleri önceden bilinmektedir.
- Araçlar homojendir ve kapasiteleri önceden bilinmektedir.
- Potansiyel kargo dolaplarının yerleri önceden bilinmektedir.
- Kurulan her bir kargo dolabına ilk aşamada sadece tek bir araç hizmet vermektedir.
- Bir araç yalnızca bir rotaya atanır.
- Rotanın herhangi bir noktasındaki toplam araç yükü araç kapasitesini aşamaz.
- Her müşteri bölgesinin teslim alma ve teslim etme talepleri önceden bilinmektedir.
- Bir kargo dolabına atanan müşteri bölgelerinin toplam teslim alma ve teslim etme talepleri ilgili kargo dolabının kapasitesini aşamaz.

4.1.2. Matematiksel Model

Yukarıda sıralanan varsayımlar altında KKKM-YETDARP'yi çözmek için Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP) modeli geliştirilmiştir. MILP modelinde kullanılan parametrelerin ve karar değişkenlerinin açıklamaları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Notasyonlar

Sembo ller	Tanımlar
<u>Parametreler</u>	
c_{ij}	İlk adımda i ve j düğümleri arasındaki mesafe ($\forall i, j \in N_1$).
td_{ij}	Müşteri bölgesi i ile kargo dolabı arasındaki seyahat mesafesi j ($\forall i \in N_c$ and $\forall j \in N_s$).
VC	Araç kullanım maliyeti.
SC_j	Kargo dolabı kurulum maliyeti j ($\forall j \in N_s$).
PC	Açıkta kalan bir müşteri bölgesinin teslim alma ve bırakma talepleri için birim ceza maliyeti.
cr_{ij}	i müşteri bölgesinin j kargo dolabı tarafından kapsanma oranı ve memnuniyetsizlik seviyesi ($\forall i \in N_c$ and $\forall j \in N_s$).
CV	Bir aracın yük kapasitesi.
CD_j	j kargo dolabının kapasitesi ($\forall j \in N_s$).
d_i	i müşteri bölgesinin bırakma talep miktarı ($\forall i \in N_c$).
p_i	i müşteri bölgesinin teslim alma talep miktarı ($\forall i \in N_c$).
FC_{max}	Herhangi bir müşteri bölgesinin tam kapsanabildiği maksimum kritik mesafe.
PC_{max}	Herhangi bir müşteri bölgesinin kısmi kapsanabildiği maksimum kritik mesafe.
<u>İkili karar değişkenleri</u>	
x_{ij}	1, eğer bir araç ilk adımda i düğümünden j düğüme ardışık olarak seyahat ediyorsa ($\forall i, j \in N_1$) 0, aksi takdirde.
S_j	1, j kargo dolabı kurulmuşsa ($\forall j \in N_s$) 0, aksi takdirde.
y_{ij}	1, j kargo dolabı i müşteri bölgesine kısmen hizmet veriyorsa (kısmi kapsıyorsa) ($\forall i \in N_c$ ve $\forall j \in N_s$) 0, aksi takdirde.
z_{ij}	1, j kargo dolabı i müşteri bölgesine tam olarak hizmet veriyorsa (tam kapsıyorsa) ($\forall i \in N_c$ ve $\forall j \in N_s$) 0, aksi takdirde.
μ_j	1, i müşteri bölgesine herhangi bir kargo dolabı tarafından hizmet verilmiyorsa (kapsanmıyorsa) ($\forall j \in N_s$) 0, aksi takdirde.
<u>Sürekli karar değişkenleri</u>	
U_j	Kargo dolabına ulaşmadan hemen önce araç üzerindeki dağıtılacak yük miktarı j ($\forall j \in N_s$).
V_j	Kargo dolabına ulaşmadan hemen önce araç üzerindeki toplanan yük miktarı j ($\forall j \in N_s$).
D_j	j kargo dolabının dağıtım talep miktarı ($\forall j \in N_s$).
P_j	j kargo dolabının toplama talep miktarı ($\forall j \in N_s$).

KKMK-YETDARP için önerilen MILP modeli aşağıda verilmiştir:

$$\min \sum_{i \in N_1} \sum_{j \in N_1} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in N_s} VC x_{0j} + \sum_{j \in N_s} SC_j S_j + \sum_{i \in N_c} \left[PC(p_i + d_i) \left(\mu_i + \sum_{j \in N_s} cr_{ij} y_{ij} \right) \right] \quad (1.2)$$

$$\sum_{i \in N_1} x_{ij} = s_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.3)$$

$$\sum_{j \in N_1} x_{ji} - \sum_{j \in N_1} x_{ij} = 0 \quad \forall i \in N_1 \quad (1.4)$$

$$U_j - U_i + CV x_{ij} \leq CV - D_j \quad \forall i, j \in N_s \text{ and } i \neq j \quad (1.5)$$

$$D_j \leq U_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.6)$$

$$U_j \leq CV \quad \forall j \in N_s \quad (1.7)$$

$$\sum_{i \in N_c} d_i(y_{ij} + z_{ij}) = D_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.8)$$

$$\sum_{i \in N_c} d_i(y_{ij} + z_{ij}) \leq CD_j s_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.9)$$

$$V_i - V_j + CV x_{ij} \leq CV - P_j \quad \forall i, j \in N_s \quad (1.10)$$

$$P_j \leq V_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.11)$$

$$V_j \leq CV \quad \forall j \in N_s \quad (1.12)$$

$$\sum_{i \in N_c} p_i(y_{ij} + z_{ij}) = P_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.13)$$

$$\sum_{i \in N_c} p_i(y_{ij} + z_{ij}) \leq CD_j s_j \quad \forall j \in N_s \quad (1.14)$$

$$U_j + V_j - D_j \leq CV \quad \forall j \in N_s \quad (1.15)$$

$$\mu_i + \sum_{j \in N_s} (y_{ij} + z_{ij}) = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (1.16)$$

$$td_{ij} z_{ij} \leq FC_{max} \quad \forall i \in N_c \text{ and } \forall j \in N_s \quad (1.17)$$

$$FC_{max} y_{ij} < td_{ij} \quad \forall i \in N_c \text{ and } \forall j \in N_s \quad (1.18)$$

$$td_{ij} y_{ij} \leq PC_{max} \quad \forall i \in N_c \text{ and } \forall j \in N_s \quad (1.19)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N_1 \quad (1.20)$$

$$s_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in N_s \quad (1.21)$$

$$y_{ij}, z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N_c \text{ and } \forall j \in N_s \quad (1.22)$$

$$\mu_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N_c \quad (1.23)$$

$$U_j, V_j, D_j, P_j \geq 0 \quad \forall j \in N_s \quad (1.24)$$

Amaç fonksiyonu yani Eş. (2), ilk aşamadaki taşıma maliyeti, araç kullanım maliyeti, kargo dolabı kurulum maliyeti ile kısmi kapsama ve kapsama dışı memnuniyetsizlik

maliyetlerinin toplamının minimizasyonudur. Eş. (3), kurulan kargo dolabının yalnızca bir kez ziyaret edilmesini ve ilk aşamada yalnızca bir rotaya (araca) atanmasını sağlamaktadır. Eş. (4), bir düğüme giren bir aracın ilk aşamada aynı düğümden çıkmasını zorunlu kılmaktadır. Eş. (5)-(10), kargo dolabının topla ve dağıt talepleri için araç kapasitesini dikkate alarak alt turları ortadan kaldırmaktadır. Eş. (6)-(11), bir kargo dolabının sırasıyla dağıtma ve toplama taleplerinin, o kargo dolabına ulaşmadan hemen önce araç üzerindeki dağıtma ve toplama yük miktarlarını aşmasını engellemektedir. Eş. (7)-(12), bir kargo dolabına ulaşmadan hemen önce araç üzerindeki dağıtma ve toplama yükü miktarlarının araç kapasitesini aşmasını engellemektedir. Eş. (8)-(13) bir kargo dolabı tarafından kısmen veya tamamen kapsanan müşteri bölgelerinin toplam teslim alma ve bırakma taleplerini hesaplamaktadır. Eş. (9)-(14), bir kargo dolabı tarafından kısmen veya tamamen kapsanan müşteri bölgelerinin toplam teslim alma ve bırakma taleplerinin o kargo dolabının kapasitesini aşmasını önlemektedir. Eş. (15), bir rota üzerinde taşınan yük miktarının o rota üzerindeki araç kapasitesini aşmasını engellemektedir. Eş. (16) müşteri bölgelerinin yerleşik kargo dolabı(ları) tarafından kapsama durumunu ifade etmektedir. Eş. (17)-(19), kurulan kargo dolapları ile müşteri bölgeleri arasındaki mesafeler için kritik mesafe kontrolünü sağlamaktadır. Eş. (20)-(24) karar değişkenlerinin türünü tanımlamaktadır.

4.1.3. Örnek Problem

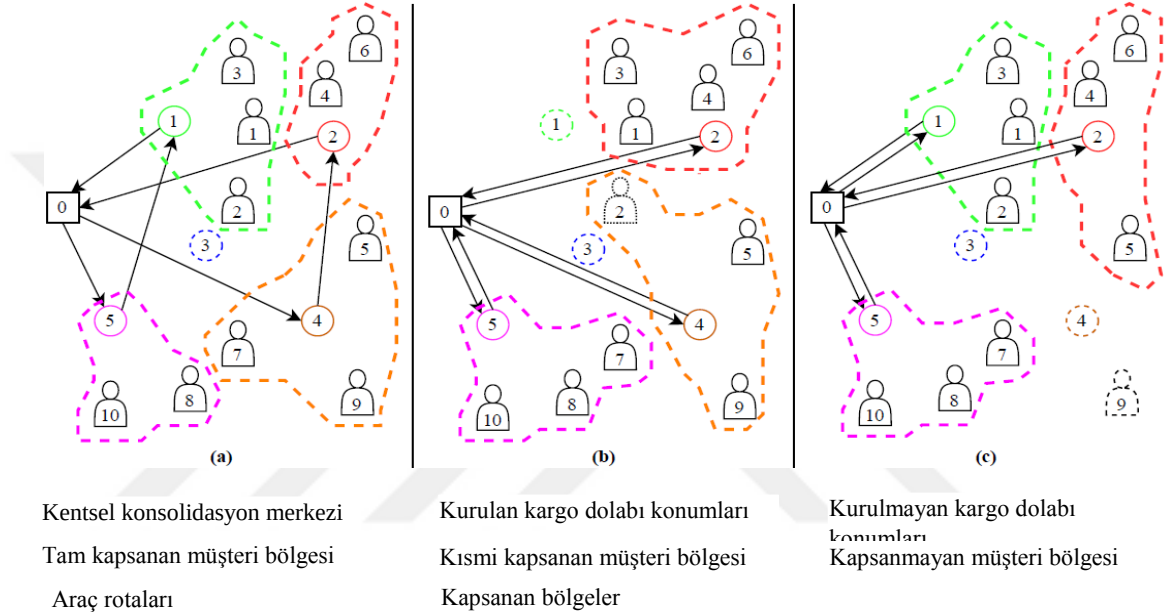
Bu bölümde KKM-KYETDARP için önerilen MILP modeli örnek bir problem üzerinde çözülmüştür. Örnek problem aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır: Lojistik ağı, bir KKM ($N_d = \{0\}$), beş potansiyel (aday) kargo dolabı ($N_s = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}$), ve on nihai müşteri bölgesinden ($N_c = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}\}$) oluşmaktadır. Örnek probleme ait c_{ij} , td_{ij} , CD_j , SC_j , d_i , ve p_i verilerinin her biri ekler kısmında ayrı ayrı verilmiştir. Kullanılan VC değeri 500, CV değeri 165, FC_{max} 5 ve PC_{max} 8 olarak belirlenmiştir. Kısmi kapsama için kullanılan cr_{ij} 'nin $f(td_{ij})$ fonksiyonu Eş. (26)'da verilmiştir; burada NPC_{max} ve NFC_{max} sırasıyla normalize edilmiş PC_{max} ve FC_{max} değerlerini temsil etmektedir. NPC_{max} değeri 0,9, NFC_{max} değeri ise 0,1'dir. Yani, td_{ij} değerleri kısmi kapsama için 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmiştir.

$$f(td_{ij}) = \frac{(NPC_{max} - NFC_{max})(td_{ij} - FC_{max})}{PC_{max} - FC_{max}} - NFC_{max} \quad (1.25)$$

4.1.4. Sonuçlar ve Senaryo Analizleri

Örnek problem üç farklı ceza maliyeti (PC değeri) dikkate alınarak çözülmüştür. PC'nin 60, 45 ve 30 değerleri için elde edilen ağ sistemleri sırasıyla Şekil 4.1a, 4.1b ve 4.1c'de gösterilmiştir. Problem senaryoları için önerilen MILP modeli, CPLEX 12.8 ile Intel® Core™ i5 3.00 GHz işlemcili ve 8.00 GB belleğe sahip bir kişisel bilgisayar aracılığıyla çözülmüştür.

Şekil 4.1. Farklı senaryolar için çözüm sonuçları



Şekil 4.1a, kurulan dört kargo dolabı (S_1, S_2, S_4, S_5) ile tüm müşteri bölgelerinin tamamen kapsandığını göstermektedir. S_3 lokasyonunda bir kargo dolabı kurulmamıştır. Kurulmuş olan kargo dolaplarına hizmet veren iki rota vardır. İlk rota $0 \rightarrow S_5 \rightarrow S_1 \rightarrow 0$ ve ikinci rota $0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_2 \rightarrow 0$ şeklindedir. Ceza maliyeti 60'dan 45'e düşürüldüğünde, optimum çözümde Şekil 4.1b'de gösterildiği üzere S_2, S_4 , ve S_5 lokasyonlarında kargo dolapları kurulmuştur. Bu çözümde, üç rota vardır ve her rota yalnızca bir kargo dolabına hizmet vermektedir. Sadece bir müşteri bölgesi (C_2), S_4 lokasyonunda kurulan kargo dolabı tarafından kısmi olarak kapsanmaktadır. Şekil 4.1a'da C_2 'yi S_1 'e atayan matematiksel model, ceza maliyetinin 45'e düştüğü ikinci senaryoda S_1 'deki kargo dolabının kapasitesi ve/veya S_1 'e atanan aracın yük kapasitesi gibi kısıtlar nedeniyle C_2 'yi S_4 tarafından kısmen kapsanacak şekilde atamaktadır. Ayrıca, Şekil 4.1a'da S_2 tarafından tamamen kapsanan C_4 ve C_6 , Şekil 4.1b'de S_1 tarafından tamamen kapsanmaktadır. Ceza maliyeti 30'a düşürüldüğünde, optimum çözümde Şekil 4.1c'de gösterildiği üzere S_1, S_2 , ve S_5 kargo dolapları kurulmuştur. Üç rota vardır ve her rota yalnızca bir kargo dolabına hizmet

vermektedir. C₉ hariç tüm müşteri bölgeleri tamamen kapsanmaktadır. Son senaryoda, C₉ müşteri bölgesi hiçbir kargo dolabı tarafından kapsanmamaktadır. Şekil 4.1a ve 4.1b'de C₉'u tamamen kapsayan S₄ kargo dolabı, Şekil 4.1c'de kurulmamıştır. Yani son senaryoda optimum çözüm S₄'ü kurmak yerine C₉ müşteri bölgesini kapsamamayı tercih etmektedir.

Sonuç olarak, herhangi bir müşteri bölgesi tam veya kısmi kapsama için birçok kargo dolabına uygun olabilir. Bir müşteri bölgesi, kendisini tamamen kapsayabilen bir kargo dolabı yerine kısmen kapsayabilen bir kargo dolabına atanabilir. Problem parametrelerine göre, her müşteri bölgesini kapsayabilecek kargo dolabı/dolapları kurmak yerine kargo dolabı kurmamak ve bazı müşteri bölgelerine hizmet vermemek daha az maliyetli olabilir. Önerilen model, kargo dolaplarının kurulup kurulmaması, müşteri bölgelerinin kapsanıp kapsanmaması ve araç rotalama süreçleri açısından karar vericilere esneklik sağlamaktadır. Önerilen senaryolar için elde edilen optimum çözümlerin maliyet değerleri Tablo 4.2'de detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.2. Örnek çözüm sonuç değerleri

Çözüm	Taşıma Maliyeti	Araç Kullanım Maliyeti	Uydu Depo Kurulum Maliyeti	Ceza Maliyeti	Toplam Maliyet
A (PC = 60)	165	1.000	10.500	0	11.665
B (PC = 45)	150	1.500	8.500	1.155	11.305
C (PC = 30)	130	1.500	7.500	1.650	10.780

Elde edilen sonuçlar, önerilen modelin etkin sonuçlar verdiğini ve farklı parametre değerlerine bağlı olarak istenilen hizmet düzeyini karşılayacak en iyi çözümleri ortaya koyduğunu göstermektedir. Modelde en belirleyici parametrelerden biri olan kapsanmama durumunda karşılaşılabilecek ceza maliyetinin modelin davranışı üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Senaryo analizleri, farklı ceza maliyet değerlerine bağlı olarak her bir müşteri bölgesinin kapsanıp kapsanmaması veya kısmi olarak kapsanması kararının model tarafından sağlıklı bir biçimde işletildiğini göstermiştir. Ayrıca kargo dolaplarının kurulup kurulmaması, KKM ve kargo dolabı arasında oluşacak rotalar, araç sayıları ile müşteri bölgelerinin hangi kargo dolaplarına atanması gibi kararlarının ceza maliyetlerinin farklı değerlerine bağlı olarak farklı şekillerde verildiği gözlemlenmiştir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

Bu tez çalışmasında öncelikle lojistik ve lojistik yönetimi kavramları incelenmiştir. Daha sonra lojistik, kentsel anlamda ele alınmış olup lojistiğin özel bir alanını oluşturan “kentsel lojistik” üzerinde durulmuştur. Kentsel lojistik, dünya nüfusunun kent merkezlerinde yoğunlaşmasına bağlı olarak ve daha da önemlisi insanoğlunun alışveriş alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte e-ticaretin önem kazanmasıyla her geçen gün popülaritesini artırmaktadır. Kentsel lojistik faaliyetleri bir taraftan kent sakinlerinin refah içerisinde yaşaması için elzemken ve kentlerin ekonomik gelişimlerine önemli katkılar sağlarken diğer taraftan da trafik sıkışıklığı, kazalar, park yeri problemleri, hava ve gürültü kirliliği gibi dışsallıklara neden olmaktadır. Kentsel lojistik faaliyetlerinin yönetilmesinde göz önünde bulundurulması gereken birden fazla paydaş bulunmaktadır ve bu paydaşların her birinin beklentileri farklı ve birbirleriyle çelişebilmektedir. Örneğin lojistik hizmet sağlayıcılar teslimat süreçlerinin daha düşük maliyetlerle gerçekleşmesini isterken, müşteriler hızlı ve düşük ücretlerle esnek zaman dilimlerinde siparişlerinin teslim edilmesini beklemektedir. Kent sakinleri ve yöneticiler ise kentsel lojistik faaliyetlerinin kentin sürdürülebilirlik olgusunu olumsuz etkilemeyecek şekilde gerçekleştirilmesine odaklanmaktadır. Kentsel lojistiğin önemli bir bölümünü kısaca ürünlerin son kullanıcılarına ulaştırılmasını ifade eden ve kent merkezlerinde gerçekleştirilen Son Adım Teslimat (SAT) faaliyetleri oluşturmaktadır. Öncelikleri birbirinden farklı paydaşların beklentilerine cevap verebilmek amacıyla günümüzde geleneksel van tipi araçlarla eve teslimat yerine, sürdürülebilir yenilikçi teslimat yöntemleri hem literatürde hem de uygulamada ilgi çekmeye başlamıştır. Tez kapsamında bu teslimat yöntemleri incelendikten sonra Kentsel Konsolidasyon Merkezlerinin (KKM) kent içi teslimat faaliyetlerinde kullanılması ve kargo dolapları aracılığı ile SAT faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine odaklanılmıştır. Tedarik zincirlerinin SAT aşamasında kargo dolaplarının kullanılması, başarısız teslimatları önlemesi ve araç

doluluk oranlarını artırması nedeniyle teslimat maliyetleri açısından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, kentlerin sürdürülebilirliği üzerinde olumlu etkileri vardır ve sürekli artan nakliye hacmini daha iyi yönetme olanağı sunmaktadır. KKM'ler ise büyük araçların kent merkezlerine girişini önlediği için kent içi trafik problemleri ve teslimat maliyetleri açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Kargo dolapları, KKM'ler ile entegre edildiğinde, teslimat süreçlerinin verimliliğini önemli ölçüde arttırılabilmektedir. KKM'ler, şehir içindeki kargo ve teslimat işlemlerini daha stratejik noktalarda birleştirerek lojistik akışını optimize etmektedir. Bu merkezler, teslimatları daha verimli hale getirirken, aynı zamanda nakliye süreçlerini daha sürdürülebilir ve maliyet etkin bir şekilde yönetilir hale getirmektedir. Kargo dolaplarının kullanılmasıyla müşterilerin teslimat sürecinde aktif rol alması, siparişlerin teslimat noktasına toplu bir biçimde ulaştırılmasını ayrıca müşterilerin geniş zaman pencerelerinde esnek bir biçimde siparişlerini alabilmesini sağlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında KKM ve kargo dolaplarının kullanımının sağladığı avantajlar nedeniyle bir arada kullanıldığı sürdürülebilir bir SAT yöntemi için optimum sonucu elde etmek üzere bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde, kurulması planlanan kargo dolaplarının lokasyonları maksimum kapsama problemi ile belirlenirken eş zamanlı olarak KKM ile kargo dolapları arasında araç rotaları oluşturulmuştur. MKP'de genel olarak eldeki kısıtlı bütçe (kurulabilecek sınırlı tesis sayısı) ile maksimum talebin karşılanması hedeflenmektedir ve bir bölgeye hizmet verilebilmesi için kritik bir mesafe üzerinden karar alınmaktadır. 0-1 şeklinde (kapsanmama-kapsanma) bir yaklaşımdan ziyade gerçek hayat problemlerinde mesafe uzadıkça hizmet düzeyinin düştüğü kısmi kapsama durumu söz konusudur ve geliştirilen modelde bu yaklaşım dikkate alınmıştır. Problemde KKM ile kurulan kargo dolapları arasında optimum güzergahların oluşturulmasında literatürde kabul görmüş olan ve uygulamada kendisine yer bulan kapasiteli eş zamanlı topla/dağıt araç rotalama problemi dikkate alınmıştır. Sonuç olarak tez kapsamında geliştirilen “Kısmi Kapsamalı Maksimum Kapsama ile Yer Seçimi ve Eşzamanlı Topla/Dağıt Araç Rotalama Problemi” (KKMK-YETDARP) için karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli geliştirilmiş ve önerilen model örnek bir problem üzerinde üç farklı senaryo için çözülerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek problem için 1 KKM, 5 potansiyel kargo dolabı ve 10 adet müşteri bölgesinden oluşan bir lojistik ağı dikkate alınmıştır. Modelde, müşterileri bölgelerinin toplama ve/veya dağıtma taleplerinin karşılanmadığı durumlar için birim

ceza maliyeti hesaba katılmıştır. Elde edilen sonuçlar küçük boyutlu problemler için KKMK-YETDARP'nin etkin sonuçlar verdiğini ve farklı parametre değerlerine bağlı olarak istenilen hizmet düzeyini karşılayacak optimum çözümleri ortaya koyduğunu göstermiştir. Önerilen yaklaşım ile ilgili olarak sonraki çalışmalarda ele alınabilecek büyük boyutlu problemler için yenilikçi sezgisel ve metasezgisel çözüm yöntemleri kullanılabilir.



KAYNAKÇA

- Acar, A. Z. (2011). Lojistik yeteneklerin, strateji-performans ilişkisi üzerindeki rolü: KOBİ'ler üzerinde bir saha araştırması. *Trends in Business and Economics*, 24(4), 1-21.
- Adeleke, O. J., & Olukanni, D. O. (2020). Facility location problems: models, techniques, and applications in waste management. *Recycling*, 5(2), 10.
- Akgün, E. Z., Monios, J., & Fonzone, A. (2020). Supporting urban consolidation centres with urban freight transport policies: a comparative study of Scotland and Sweden. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 23(3), 291-310.
- Akinsoft.com. (2025). Kargomatik - Ürünler - Elektronik Emanet Dolap ve Bagaj Sistemleri. Akelsanteknik.com. <https://akelsanteknik.com/urunler/kargomatik-kargo-teslim-guvenlik-kutulari>
- Allen, J., & Huschebeck, M. (2006). BESTUFS Policy and Research Recommendations: Urban freight in small and medium sized cities, and Urban waste logistics, BESTUFS project deliverable 1.2.
- Allen, J., Browne, M., Woodburn, A., & Leonardi, J. (2012). The role of urban consolidation centres in sustainable freight transport. *Transport Reviews*, 32(4), 473-490.
- Altınkaya, A., & Tunca, M. Z. (2022). Sezgisel Araç Rotalama Problemlerinde Bulanık Mantık Temelli Kapasite Optimizasyonu: Bir Un Fabrikası Örneği. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 31-41.
- Alves, R., da Silva Lima, R., Custódio de Sena, D., Ferreira de Pinho, A., & Holguín-Veras, J. (2019). Agent-based simulation model for evaluating urban freight policy to e-commerce. *Sustainability*, 11(15), 4020.
- Anderson, S., Allen, J., & Browne, M. (2005). Urban logistics—how can it meet policy makers' sustainability objectives?. *Journal of Transport Geography*, 13(1), 71-81.

- Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J. P., García-García, F., & Pascual-Agulló, A. (2010). An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1071-1086.
- Archetti, C., Bianchessi, N., & Speranza, M. G. (2014). Branch-and-cut algorithms for the split delivery vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 238(3), 685-698.
- Arnold, F., Cardenas, I., Sörensen, K., & Dewulf, W. (2018). Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points. *European Transport Research Review*, 10, 1-13.
- Aslanertik E., Ertaş, C. F. (2015). *Lojistik maliyet analizi*. Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını Erzurum.
- Baykasoğlu, A., Dudaklı, N., Subulan, K., Taşan, A. S., Kaplan, C., & Turan, M. (2015). *Stratejik ve taktiksel filo yönetimi üzerine literatür araştırması ve bir lojistik firmasından uygulama örnekleri*. Gümüşhane Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İv. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 430, 439.
- Berman, O., Drezner, Z., & Krass, D. (2019). The multiple gradual cover location problem. *Journal of the Operational Research Society*, 70(6), 931-940.
- Berman, O., Larson, R. C., & Fouska, N. (1992). Optimal location of discretionary service facilities. *Transportation Science*, 26(3), 201-211.
- Bertolini, M., De Matteis, G., & Nava, A. (2024). Sustainable last-mile logistics in economics studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 16(3), 1205.
- Binh, N. T., & Huong, T. T. T. (2024). Factors affecting public support for the development of urban consolidation center: The case of hanoi city, Vietnam. *Research in Transportation Business & Management*, 57, 101220.
- Björklund, M., & Johansson, H. (2018). Urban consolidation centre—a literature review, categorisation, and a future research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(8), 745-764.

- BM:United Nations; Department of Economic and Social Affairs Population Division. 2018 Revision of World Urbanization Prospects; United Nations: New York, NY, USA, 2019; Available online <https://population.un.org/wup/> (Erişim Tarihi:10,10,2024).
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Helferich, O. K. (1996). *Logistical management* (Vol. 6). New York: McGraw-hill.
- Brown, J. R., & Guiffrida, A. L. (2014). Carbon emissions comparison of last mile delivery versus customer pickup. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 17(6), 503-521.
- Browne, M., Allen, J., & Leonardi, J. (2011). Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London. *IATSS Research*, 35(1), 1-6.
- Browne, M., Sweet, M., Woodburn, A., & Allen, J. (2005). *Urban freight consolidation centres final report*. Transport Studies Group, University of Westminster, 10.
- Browne, M., Woodburn, A. G., & Allen, J. (2007). Evaluating the potential for urban consolidation centres. *European Transport/Trasporti Europei*, 35, 46-63.
- Cacchiani, V., Hemmelmayr, V. C., & Tricoire, F. (2014). A set-covering based heuristic algorithm for the periodic vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 163, 53-64.
- Calvete, H. I., Galé, C., Oliveros, M. J., & Sánchez-Valverde, B. (2007). A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1720-1733.
- Chen, Q., Conway, A., & Cheng, J. (2017). Parking for residential delivery in New York City: Regulations and behavior. *Transport Policy*, 54, 53-60.
- Chen, Y. (2009). Urban gravity model based on cross-correlation function and Fourier analyses of spatio-temporal process. *Chaos, Solitons & Fractals*, 41(2), 603-614.
- Church, R., & Velle, C. R. (1974). The maximal covering location problem. *Papers in Regional Science*, 32(1), 101-118.
- Ciardiello, F., Genovese, A., Luo, S., & Sgalambro, A. (2023). A game-theoretic multi-stakeholder model for cost allocation in urban consolidation centres. *Annals of Operations Research*, 1-24.

- Cleophas, C., Cottrill, C., Ehmke, J. F., & Tierney, K. (2019). Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice. *European Journal of Operational Research*, 273(3), 801-816.
- Colson, G., & Dorigo, F. (2004). A public warehouses selection support system. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 332-349.
- Corejova, T., Jucha, P., Padourova, A., Strenitzerova, M., Stalmachova, K., & Valicova, A. (2022). E-commerce and last mile delivery technologies in the European countries. *Production Engineering Archives*, 28(3), 217-224.
- COST 321 (1998). *Urban goods transport, final report of the action*. Brussels:
- Costa, L., Contardo, C., & Desaulniers, G. (2019). Exact branch-price-and-cut algorithms for vehicle routing. *Transportation Science*, 53(4), 946-985.
- CSCMP. (2024). SCM Definitions and Glossary of Terms. Cscmp.org. https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx
- Çetin, V., & Haykır, Y. (2024). Askeri lojistik ve tarihsel gelişimi. *The Journal of Social Sciences*, 62(62), 591-600.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. “Ulaştırma Türüne Göre Seragazı Emisyonu” <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr>, 2025
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Daskin, M. (1997). Network and discrete location: models, algorithms and applications. *Journal of the Operational Research Society*, 48(7), 763-764.
- Daskin, M. S., & Jones, P. C. (1993). A new approach to solving applied location/allocation problems. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 8(6), 409-421.
- Deb, K. (2011). Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction. In *Multi-objective evolutionary optimisation for product design and manufacturing* (pp. 3-34). London: Springer London.

- Demirel, T., Demirel, N. Ç., & Kahraman, C. (2010). Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3943-3952.
- Dethloff, J. (2001). Vehicle routing and reverse logistics: The vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up: Fahrzeugeinsatzplanung und Redistribution: Tourenplanung mit simultaner Auslieferung und Rückholung. *OR-spektrum*, 23, 79-96.
- Deutsch, Y. & Golany, B. (2018). A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem. *International Journal of Production Research*, 56, 251-261.
- Dohn, K., Kramarz, M., & Przybylska, E. (2022). Interaction with city logistics stakeholders as a factor of the development of Polish cities on the way to becoming smart cities. *Energies*, 15(11), 4103.
- Dolati Neghabadi, P., Evrard Samuel, K., & Espinouse, M. L. (2019). Systematic literature review on city logistics: overview, classification and analysis. *International Journal of Production Research*, 57(3), 865-887.
- Dreischerf, A. J., & Buijs, P. (2022). How Urban Consolidation Centres affect distribution networks: An empirical investigation from the perspective of suppliers. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 518-528
- Drezner, T., & Drezner, Z. (2014). The maximin gradual cover location problem. *OR Spectrum*, 36(4), 903-921.
- Drezner, Z. (1995). Dynamic facility location: The progressive p-median problem. *Location Science*, 3(1), 1-7.
- Drezner, Z., & Wesolowsky, G. O. (2003). Network design: selection and design of links and facility location. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(3), 241-256.
- Drezner, Z., Wesolowsky, G. O., & Drezner, T. (1998). On the logit approach to competitive facility location. *Journal of Regional Science*, 38(2), 313-327.

- Dündar, A. O., & Kolay, A. (2021). Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 317-334.
- Erdal, M., & Çancı, M. (2003). *Lojistik yönetimi*. UTİKAD Yayınları.
- Ergin, C. (2016). Afet lojistiğinde depo yeri seçim probleminin optimizasyon ve kümeleme teknikleri ile çözülmesi.
- Ertugut, R. (2016). *Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi*. Nobel Yayınları.
- European Commission. The Challenges of Impact Assessment; European Science Foundation: Strasbourg, France, 2010
- Fancello, G., Paddeu, D., & Fadda, P. (2017). Investigating last food mile deliveries: A case study approach to identify needs of food delivery demand. *Research in Transportation Economics*, 65, 56-66.
- Farahani, R. Z., & Hekmatfar, M. (2009). *Facility location: concepts, models, algorithms and case studies*. Springer Science & Business Media.
- Fatek. (2024). <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/259-Supply-Chain-Logistics-Management-Donald-J.-Bowersox-David-J.-Closs-M.-Bixby-Cooper-Edisi-1-2002.pdf>, Erişim tarihi:29,09,2024
- Faugère, L., White III, C., & Montreuil, B. (2020). Mobile access hub deployment for urban parcel logistics. *Sustainability*, 12(17), 7213.
- Fikar, C. (2018). A decision support system to investigate food losses in e-grocery deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 282-290.
- Fugate, B. S., Mentzer, J. T., & Stank, T. P. (2010). Logistics performance: efficiency, effectiveness, and differentiation. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 43-62.
- Galvão, R. D., Espejo, L. G. A., & Boffey, B. (2000). A comparison of Lagrangean and surrogate relaxations for the maximal covering location problem. *European Journal of Operational Research*, 124(2), 377-389.

- Gao, G. X., Han, M., & Li, X. (2024). Procurement of last-mile delivery capacity: a reverse auction mechanism considering logistics service quality. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-19.
- Garbarova, M., Bachanova, P. H., & Vartiak, L. (2017, October). Purchasing behaviour of e-commerce customers. In *Global Scientific Conference on Management and Economics in Manufacturing* (pp. 05-06).
- Gayen, S., Biswas, A., Sarkar, A., Senapati, T., & Moslem, S. (2023). A novel Aczel-Alsina triangular norm-based group decision-making approach under dual hesitant q-rung orthopair fuzzy context for parcel lockers' location selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 106846.
- Genc, R. (2009, July). Strategic Approaches To Logistics Management. In *The Proceedings Of 5 Th International Strategic Management Conference* (p. 683).
- Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2011). *Characteristics and typology of last-mile logistics from an innovation perspective in an urban context*. In *City distribution and urban freight transport*. Edward Elgar Publishing.
- Ghaderi, H., Zhang, L., Tsai, P. W., & Woo, J. (2022). Crowdsourced last-mile delivery with parcel lockers. *International Journal of Production Economics*, 251, 108549.
- Gharehgozli, A., Iakovou, E., Chang, Y., & Swaney, R. (2017). Trends in global E-food supply chain and implications for transport: Literature review and research directions. *Research in Transportation Business & Management*, 25, 2-14.
- Gillett, B. E., & Miller, L. R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem. *Operations Research*, 22(2), 340-349.
- Glover, F. (1997). Tabu search and adaptive memory programming—advances, applications and challenges. *Interfaces in Computer Science and Operations Research: Advances in Metaheuristics, Optimization, and Stochastic Modeling Technologies*, 1-75.
- Gonzalez-Feliu, J., & Morana, J. (2010). Are city logistics solutions sustainable? The Cityporto case. *TeMA-Trimestrale del Laboratorio Territorio Mobilità Ambiente*, 3(2), 55-64.

- Gora, P., Bankiewicz, D., Karnas, K., Kaźmierczak, W., Kutwin, M., Perkowski, P., ... & Zięba, D. (2020). On a road to optimal fleet routing algorithms: a gentle introduction to the state-of-the-art. In *Smart Delivery Systems* (pp. 37-92)
- Göçken, T., Yaktubay, M., & Kılıç, F. (2018). Zaman pencereli araç rotalama problemi çözümü için çok amaçlı genetik algoritma yaklaşımı. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 6(4), 774-786.
- Grabenschweiger, J., Doerner, K. F., Hartl, R. F., & Savelsbergh, M. W. (2021). The vehicle routing problem with heterogeneous locker boxes. *Central European Journal of Operations Research*, 29, 113-142.
- Gülenç, İ. F., & Karagöz, B. (2008). E-lojistik ve Türkiye’de e-lojistik uygulamaları. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (15), 73-91.
- Gürses, D.H (2024). *Lojistik yönetiminde uluslararası taşımacılık yapan firmalarda hizmet düzeyi kriterlerinin belirlenmesi ve en ideal taşıma türünün seçimi: İstanbul ili örneği* (Tez no. 883119) [Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Hakimi, S. L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12(3), 450-459.
- Hamacher, H. W., & Nickel, S. (1998). Classification of location models. *Location Science*, 6(1-4), 229-242
- Handoko, S. D., Lau, H. C., & Cheng, S. F. (2016). Achieving economic and environmental sustainabilities in urban consolidation center with bicriteria auction. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(4), 1471-1479.
- Harrington, T. S., Singh Srail, J., Kumar, M., & Wohlrab, J. (2016). Identifying design criteria for urban system ‘last-mile’ solutions—a multi-stakeholder perspective. *Production Planning & Control*, 27(6), 456-476.
- Hawkins, A. J. (2019). Amazon expands in-car delivery service to ford and lincoln vehicles.

- Hayrullohoğlu, G., & Varol, C. (2023). E-Ticaretin yükselişi: kentsel alana etkiler ve uyumlanabilir mekansal planlama için politika önerileri. *Bölgesel Kalkınma Dergisi*, 1(03), 271-290.
- He, J., Gong, S., Yu, Y., Yu, L., Wu, L., Mao, H., ... & Li, R. (2017). Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities. *Environmental Pollution*, 223, 484-496.
- Hezarkhani, B., Slikker, M., & Van Woensel, T. (2019). Gain-sharing in urban consolidation centers. *European Journal of Operational Research*, 279(2), 380-392.
- Hezer, S., & Kara, Y. (2013). Eşzamanlı dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için bakteriyel besin arama optimizasyonu tabanlı bir algoritma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2).
- Hidaka, K., & Okano, H. (1997, December). Simulation-based approach to the warehouse location problem for a large-scale real instance. In *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation* (pp. 1214-1221).
- Holguín-Veras, J., Leal, J. A., Sánchez-Díaz, I., Browne, M., & Wojtowicz, J. (2020). State of the art and practice of urban freight management: Part I: Infrastructure, vehicle-related, and traffic operations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137, 360-382.
- Hu, C., Lu, J., Liu, X., & Zhang, G. (2018). Robust vehicle routing problem with hard time windows under demand and travel time uncertainty. *Computers & Operations Research*, 94, 139-153.
- Huang, Y., Savelsbergh, M., & Zhao, L. (2018). Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, 115, 95-125.
- Hübner, A. H., Kuhn, H., & Wollenburg, J. (2016). Last mile fulfilment and distribution in omni-channel grocery retailing: a strategic planning framework. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 44(3).
- IEA, 2022, International Energy Agency. Global CO₂ Emissions from Transport by Sub-Sector in the Net Zero Scenario 2000–2030, 270; IEA: Paris, France, 2021;

Available online: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-from-transport-by-sub271sector-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>
Erişim Tarihi:10,10,2024

- IPCC 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Hans-O. Pörtner, et al., (Drafting Authors:)]. Cambridge University Press. In Press.
- İnan, İ. E. (2019). Kentsel lojistik ve lojistik köy performansları arasındaki ilişkinin araştırılması: Elazığ ili örneğı. *The International New Issues in Social Sciences*, 7(2), 33-56.
- Janjevic, M., & Ndiaye, A. (2017). Investigating the theoretical cost-relationships of urban consolidation centres for their users. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 98-118.
- Jiang, W., Li, X., Guo, Z., Li, C., Wang, L., & Rao, S. (2006). A novel model-free approach for reconstruction of time-delayed gene regulatory networks. *Science in China Series C: Life Sciences*, 49, 190-200.
- Juvvala, R., & Sarmah, S. P. (2024). Modeling two-echelon city logistics system to support electric light commercial vehicles for distributing grocery products. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 1-16.
- Kahraman, C., Ruan, D., & Doğan, I. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences*, 157, 135-153.
- Karabulut, O. A., Seyret, M. K., & Avcı, M. G. (2023). Kargo otomatı yer seçimi problemi için bir matematiksel model. *Endüstri Mühendisliği*, 34(1), 26-41.
- Karakatič, S., & Podgorelec, V. (2015). A survey of genetic algorithms for solving multi depot vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 27, 519-532.
- Karasakal, O., & Karasakal, E. K. (2004). A maximal covering location model in the presence of partial coverage. *Computers & Operations Research*, 31(9), 1515-1526.

- Karatas, M., & Eriskin, L. (2021). The minimal covering location and sizing problem in the presence of gradual cooperative coverage. *European Journal of Operational Research*, 295(3), 838-856.
- Kasımoğlu, B. S. (2018). Kentsel lojistik performans endeksi belirleme ve buna yönelik bir uygulama (Tez no. 531649) [Doktora Tezi, Maltepe Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Katsela, K., & Browne, M. (2019). Importance of the stakeholders' interaction: Comparative, longitudinal study of two city logistics initiatives. *Sustainability*, 11(20), 5844.
- Katsela, K., & Pålsson, H. (2019). A multi-criteria decision model for stakeholder management in city logistics. *Research in Transportation Business & Management*, 33, 100439.
- Kawa, A. (2020). Out-of-Home Delivery as a Solution of the Last Mile Problem in E-commerce. *Smart and Sustainable Supply Chain and Logistics—Trends, Challenges, Methods and Best Practices: 1*, 25-40.
- Keskintürk, T., Topuk, N., & Özyeşil, O. (2015). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(2), 77-107.
- Khatami, M., & Salehipour, A. (2023). The gradual minimum covering location problem. *Journal of the Operational Research Society*, 74(4), 1092-1104.
- Kiba-Janiak, M. (2018). Logistyka w strategiach rozwoju miast (Vol. 282). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Kim, G., Ong, Y. S., Heng, C. K., Tan, P. S., & Zhang, N. A. (2015). City vehicle routing problem (city VRP): A review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 1654-1666.
- Kin, B., Spoor, J., Verlinde, S., Macharis, C., & Van Woensel, T. (2018). Modelling alternative distribution set-ups for fragmented last mile transport: Towards more efficient and sustainable urban freight transport. *Case Studies on Transport Policy*, 6(1), 125-132.

- Kin, B., Verlinde, S., Van Lier, T., & Macharis, C. (2016). Is there life after subsidy for an urban consolidation centre? An investigation of the total costs and benefits of a privately-initiated concept. *Transportation Research Procedia*, 12, 357-369.
- Koban, E., & Keser, H. Y. (2013). *Dış ticarete lojistik*. Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Koçak, R. D. (2020). Lojistiğin tarihsel gelişimi: Askeri gereksinimden işletme lojistiğine ve tedarik zinciri yönetimine evrilme süreci. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15(58), 246-258.
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P., & Kechagias, E. P. (2022). Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: A literature review and classification. *Operational Research*, 22(3), 2033-2062.
- Korpela, J., & Tuominen, M. (1996). A decision aid in warehouse site selection. *International Journal of Production Economics*, 45(1-3), 169-180.
- Köhler, C., Ehmke, J. F., & Campbell, A. M. (2020). Flexible time window management for attended home deliveries. *Omega*, 91, 102023.
- Kötschau, R., Soeffker, N., & Ehmke, J. F. (2023). Mobile parcel lockers with individual customer service. *Networks*, 82(4), 506-526.
- Krstić, M., Tadić, S., Elia, V., Massari, S., & Farooq, M. U. (2023). Intermodal terminal subsystem technology selection using integrated fuzzy MCDM model. *Sustainability*, 15(4), 3427.
- Kulaç, S., & Çağıl, G. (2019). Bir iç lojistik sistem probleminin, araç rotalama çözüm yöntemleri ile iyileştirilmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(2), 528-541.
- Kumar, G. S., & Shirisha, P. (2014). Transportation the key player in logistics management. *Journal of business Management & Social Sciences Research*, 3(1), 14-20.
- Labadie, N., Prins, C., & Prodhon, C. (2016). *Metaheuristics for vehicle routing problems*. John Wiley & Sons.
- Lagorio, A., Pinto, R., & Golini, R. (2016). Research in urban logistics: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(10), 908-931.

- Laporte, G., Nobert, Y., & Taillefer, S. (1988). Solving a family of multi-depot vehicle routing and location-routing problems. *Transportation Science*, 22(3), 161-172.
- Last Mile Experts, (2021). *Out-of-home delivery in Europe 2021: PUDO and parcel lockers*. Last Mile Experts Sp. z oo, Warszawa.
- Letnik, T., Marksel, M., Luppino, G., Bardi, A., & Božičnik, S. (2018). Review of policies and measures for sustainable and energy efficient urban transport. *Energy*, 163, 245-257.
- Lin, M. H., Hu, J., Tseng, M. L., Chiu, A. S., & Lin, C. (2016). Sustainable development in technological and vocational higher education: Balanced scorecard measures with uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, 120, 1-12.
- Liu, C., Wang, Q., & Susilo, Y. O. (2019). Assessing the impacts of collection-delivery points to individual's activity-travel patterns: A greener last mile alternative?. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 121, 84-99.
- Maltese, I., Le Pira, M., Marcucci, E., Gatta, V., & Evangelinos, C. (2021). Grocery or@ grocery: A stated preference investigation in Rome and Milan. *Research in Transportation Economics*, 87, 101096.
- Mańdziuk, J., & Nejman, C. (2015). Uct-based approach to capacitated vehicle routing problem. In *Artificial Intelligence and Soft Computing: 14th International Conference, ICAISC 2015, Zakopane, Poland, June 14-18, 2015, Proceedings, Part II 14* (pp. 679-690). Springer International Publishing.
- Martínez-Oropeza, A., Cruz-Chávez, M. A., Cruz-Rosales, M. H., Bernal, P. M., & Peralta-Abarca, J. D. C. (2012, November). Unsupervised clustering method for the capacited vehicle routing problem. In *2012 IEEE Ninth Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference* (pp. 211-216). IEEE.
- Melkote, S., & Daskin, M. S. (2001). Capacitated facility location/network design problems. *European Journal of Operational Research*, 129(3), 481-495.
- Mendoza-Gómez, R., & Ríos-Mercado, R. Z. (2024). Maximal covering location with partial coverage for second-level specialized health care services. *Computers & Operations Research*, 106725.

- Menoyo, H. (2006). La Logística Urbana: Conceptos Básicos Y Propositiones. *Logística -Tránsito Urbano – Vialidad*, 26(1), 45-48.
- Milenkov, M. A., Dronjak, M. Ž., & Parezanović, V. D. (2015). Prilog boljem razumevanju logistike. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 63(4), 68-98.
- Milenkov, M. A., Sokolović, V. S., Milovanović, V. R., & Milić, M. D. (2020). Logistics- its role, significance and approaches. *Vojnotehnicki glasnik/Military Technical Courier*, 68(1), 79-106.
- Min, H., Jayaraman, V., & Srivastava, R. (1998). Combined location-routing problems: A synthesis and future research directions. *European Journal of Operational Research*, 108(1), 1-15.
- Mirchandani, P. B., & Francis, R. L. (1990). Discrete location theory.
- Morganti, E., & Gonzalez-Feliu, J. (2015). City logistics for perishable products. The case of the Parma's Food Hub. *Case Studies on Transport Policy*, 3(2), 120-128.
- Moslem, S., & Pilla, F. (2023). A hybrid decision making support method for parcel lockers location selection. *Research in Transportation Economics*, 100, 101320.
- Mrkela, L., & Stanimirović, Z. (2020, August). A bi-objective maximal covering location problem: a service network design application. In 2020 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA) (pp. 1-7). IEEE.
- Nickel, S., Puerto, J., & Rodríguez-Chía, A. M. (2005). MCDM location problems. Multiple criteria decision analysis: *State of the Art Surveys*, 78, 761-787.
- Norouzi, N., Sadegh-Amalnick, M., & Alinaghiyan, M. (2015). Evaluating of the particle swarm optimization in a periodic vehicle routing problem. *Measurement*, 62, 162-169.
- Ogryczak, W. (2000). Multiple criteria linear programming model for portfolio selection. *Annals of Operations Research*, 97(1), 143-162.
- Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 460-469.

- Olsson, J., Hellström, D., & Vakulenko, Y. (2022). Customer experience dimensions in last-mile delivery: an empirical study on unattended home delivery. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(2), 184-205.
- Paddeu, D., Parkhurst, G., Fancello, G., Fadda, P., & Ricci, M. (2018). Multi-stakeholder collaboration in urban freight consolidation schemes: Drivers and barriers to implementation. *Transport*, 33(4), 913-929.
- Parcel Hive. (2024, August 27). Revolutionizing Parcel Delivery with Refrigerated Lockers: The Future of Smart Package Management. Parcel Hive. <https://parcelhive.net/revolutionizing-parcel-delivery-with-refrigerated-lockers-the-future-of-smart-package-management>
- Parcel, H. (2025). HUBLOK Parcel Delivery Lockers. HUBLOK Parcel Delivery Lockers. <https://www.intelligentparcellockers.co.uk>
- Perboli, G., Brotcorne, L., Bruni, M. E., & Rosano, M. (2021). A new model for Last-Mile Delivery and Satellite Depots management: The impact of the on-demand economy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 145, 102184.
- Perboli, G., Gobbato, L., & Perfetti, F. (2014). Packing problems in transportation and supply chain: new problems and trends. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 672-681.
- Pernot, D. (2021). Internet shopping for Everyday Consumer Goods: An examination of the purchasing and travel practices of click and pickup outlet customers. *Research in Transportation Economics*, 87, 100817.
- Prins, C. (2009). Two memetic algorithms for heterogeneous fleet vehicle routing problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22(6), 916-928.
- Punakivi, M., Yrjölä, H., & Holmström, J. (2001). Solving the last mile issue: reception box or delivery box?. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(6), 427-439.
- Quak, H. (2008). Sustainability of urban freight transport: Retail distribution and local regulations in cities (No. EPS-2008-124-LIS).

- Quak, H., Balm, S., & Posthumus, B. (2014). Evaluation of city logistics solutions with business model analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 125, 111-124.
- Rai, H. B., Van Lier, T., Meers, D., & Macharis, C. (2017). Improving urban freight transport sustainability: Policy assessment framework and case study. *Research in Transportation Economics*, 64, 26-35.
- Rincon-Garcia, N., Waterson, B., Cherrett, T. J., & Salazar-Arrieta, F. (2020). A metaheuristic for the time-dependent vehicle routing problem considering driving hours regulations—An application in city logistics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137, 429-446.
- Russell, D. S. H. (1994). Military logistics and business logistics: reexamining the dichotomy. *Air Force Journal of Logistics*, 18(1), 32-38.
- Rześny-Cieplińska, J., & Szmelter-Jarosz, A. (2019). Assessment of the crowd logistics solutansa—The stakeholders' analysis approach. *Sustainability*, 11(19), 5361.
- Sawik, B. (2020). *Multiobjective newsvendor models with CVaR for flower industry*. In *Applications of management science*. Emerald Publishing Limited.
- Sawik, B. (2024). Optimizing Last-Mile Delivery: A Multi-Criteria Approach with Automated Smart Lockers, Capillary Distribution and Crowdshipping. *Logistics*, 8(2), 52.
- Schwerdfeger, S., & Boysen, N. (2020). Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 1077-1094.
- Schwerdfeger, S., & Boysen, N. (2022). Who moves the locker? A benchmark study of alternative mobile parcel locker concepts. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 142, 103780.
- Seebauer, S., Kulmer, V., Bruckner, M., & Winkler, E. (2016). Carbon emissions of retail channels: the limits of available policy instruments to achieve absolute reductions. *Journal of Cleaner Production*, 132, 192-203.
- Seghezzi, A., Siragusa, C., & Mangiaracina, R. (2022). Parcel lockers vs. home delivery: a model to compare last-mile delivery cost in urban and rural areas. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 52(3), 213-237.

- Settey, T., Gnap, J., Beňová, D., Pavličko, M. ve Blažeková, O. (2021). COVID-19 nedeniyle e-ticaretin büyümesi ve elektrikli araçların kullanıldığı kentsel lojistik merkezlerine duyulan ihtiyaç: Bratislava vaka çalışması. *Sürdürülebilirlik*, 13 (10), 5357.
- Shapiro, R. D., & Heskett, J. L. (1985). *Logistics Strategy: cases and concepts*. (No Title).
- Shi, Y., Zhai, G., Xu, L., Zhou, S., Lu, Y., Liu, H., & Huang, W. (2021). Assessment methods of urban system resilience: From the perspective of complex adaptive system theory. *Cities*, 112, 103141.
- Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, 35(2), 254-265.
- Statista. (2021a). Retail e-commerce sales including digital services in the United States from 2014 to 2025”, available at: <https://www.statista.com/statistics/183750/us-retail-e-commerce-salesfigures/> Erişim Tarihi:14,10,2024
- Statista. (2021b). Courier, express and parcel (CEP) market volume in the United States from 2012 to 2019”, available at: <https://www.statista.com/statistics/1198057/courier-express-parcel-marketvolume-us/> Erişim Tarihi:14,10,2024
- Subramanian, A., Drummond, L. M., Bentes, C., Ochi, L. S., & Farias, R. (2010). A parallel heuristic for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Computers & Operations Research*, 37(11), 1899-1911.
- Subramanian, A., Penna, P. H. V., Uchoa, E., & Ochi, L. S. (2012). A hybrid algorithm for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 221(2), 285-295.
- Swamy, S., & Baindur, D. (2013). Managing urban logistics in an expanding city—case study of Ahmedabad. *In World Conf. Transp.* 380009, 1-21.
- Şahin, H. (2021). *Çoklu öğrenci servislerinin rota optimizasyonu* (Tez no. 664563) [Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

- Şahin, Y., & Eroğlu, P. D. A. (2014). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için metasezgisel yöntemler: Bilimsel yazın taraması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 337-355.
- Şen, T. (2020) *Askeri lojistikte dış kaynak kullanımı üzerine bir araştırma* (Tez no. 659887) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tadić, S., Krstić, M., Dabić-Miletić, S., & Božić, M. (2023). Smart material handling solutions for city logistics systems. *Sustainability*, 15(8), 6693.
- Taniguchi, E. (2014). Concepts of city logistics for sustainable and liveable cities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151, 310-317.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Qureshi, A. G. (2020). Modelling city logistics using recent innovative technologies. *Transportation Research Procedia*, 46, 3-12.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2003). Predicting the effects of city logistics schemes. *Transport Reviews*, 23(4), 489-515.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2016). New opportunities and challenges for city logistics. *Transportation Research Procedia*, 12, 5-13.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T., & van Duin, R. (2001). *Modelling city logistics*. In City logistics (pp. 17-47). Emerald Group Publishing Limited.
- Tanyaş, (2020). Son adım teslimatı. <https://www.lojistikcilerinsesi.biz/2020/02/15/son-adim-teslimati/>Erişim Tarihi:17,10,2024
- Tanyaş, M. (2002). *Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi sunumu*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Taşkın, E., & Durmaz, Y. (2012). *Lojistik faaliyetler hizmet kalitesi ve müşteri değeri*. Detay Yayıncılık.
- Tax, S. S., McCutcheon, D., & Wilkinson, I. F. (2013). The service delivery network (SDN) a customer-centric perspective of the customer journey. *Journal of Service Research*, 16(4), 454-470.
- Thompson, R. G. (2014). Evaluating city logistics schemes. City Logistics: Mapping the Future; Taniguchi, E., Thompson, RG, Eds, 101-114.

- Tiwari, K. V., & Sharma, S. K. (2023). An optimization model for vehicle routing problem in last-mile delivery. *Expert Systems with Applications*, 222, 119789.
- Toktaş, D., Ülkü, M. A., & Habib, M. A. (2024). Toward greener supply chains by decarbonizing city logistics: A systematic literature review and research pathways. *Sustainability*, 16(17), 7516.
- Toth, P. (2002). *The vehicle routing problem*. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002b). Branch-and-bound algorithms for the capacitated VRP. In *The vehicle routing problem* (pp. 29-51). Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Toth, P., Vigo, D. (2002a). —An overview of vehicle routing problems, (Ed) Toth, P.,Vigo, D., *The Vehicle Routing Problem*. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications. SIAM, Philadelphia, pp. 1–26.
- TÜİK. (2025). “*Ulaştırma Sektörü Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri*”, 2022, [www.tuik.gov.tr,2025 https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Ulastirma-Sektoru-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri-2022-53808](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Ulastirma-Sektoru-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri-2022-53808)
- Vakulenko, Y., Shams, P., Hellström, D., & Hjort, K. (2019). Online retail experience and customer satisfaction: the mediating role of last mile delivery. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 29(3), 306-320.
- Van Duin, J. R., Quak, H., & Muñuzuri, J. (2010). New challenges for urban consolidation centres: A case study in The Hague. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6177-6188.
- Veličković, M., Stojanović, Đ., & Pantović, J. (2021). Modelling the urban freight flows for impact assessment of the urban consolidation centres by using the origin-destination matrices. *Transportation Research Procedia*, 52, 27-34.
- Viu-Roig, M., & Alvarez-Palau, E. J. (2020). The impact of E-Commerce-related last-mile logistics on cities: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(16), 6492.

- Waßmuth, K., Köhler, C., Agatz, N., & Fleischmann, M. (2023). Demand management for attended home delivery—A literature review. *European Journal of Operational Research*, 311(3), 801-815.
- Waters, D. (2003). *Logistics: an introduction to supply chain management*. Palgrave macmillan.
- Weber, C. L., Hendrickson, C. T., Matthews, H. S., Nagengast, A., Nealer, R., & Jaramillo, P. (2009, May). Life cycle comparison of traditional retail and e-commerce logistics for electronic products: A case study of buy. com. In 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (pp. 1-6). IEEE.
- Widuch, J. (2020). Current and emerging formulations and models of real-life rich vehicle routing problems. In *Smart Delivery Systems* (pp. 1-35). Elsevier.
- Witkowski, J., & Kiba-Janiak, M. (2014). The role of local governments in the development of city logistics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 125, 373-385.
- Worldometer, (2025). “Yıla Göre Dünya Nüfusu” Erişim Tarihi:03.02.2025 <https://www.worldometers.info/world-population/>.
- Wu, X., Hu, X., Yin, X., Li, L., Zeng, Z., & Pickert, V. (2019). Convex programming energy management and components sizing of a plug-in fuel cell urban logistics vehicle. *Journal of Power Sources*, 423, 358-366.
- Yalcin Kavus, B., Ayyildiz, E., Gulum Tas, P., & Taskin, A. (2023). A hybrid Bayesian BWM and Pythagorean fuzzy WASPAS-based decision-making framework for parcel locker location selection problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(39), 90006-90023.
- Yılmaz, Ş. F., & Demirel, N. (2023). Evaluation Of Out-Of-Home Last-Mile Delivery Methods In Terms Of Sustainability. *International Journal of Industrial Engineering*, 30(5).

- Yuan, Y., Cattaruzza, D., Ogier, M., Semet, F., & Vigo, D. (2021). A column generation based heuristic for the generalized vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 152, 102391.
- Yüksel, 2023; Yüksel, B. (2023). Zaman serilerinde talep tahmini (Demand prediction in time series). *YBS Ansiklopedi*, 11(2), 1-18.
- Zachariadis, E. E., & Kiranoudis, C. T. (2010). An open vehicle routing problem metaheuristic for examining wide solution neighborhoods. *Computers & Operations Research*, 37(4), 712-723.
- Zhou, L., Baldacci, R., Vigo, D., & Wang, X. (2018). A multi-depot two-echelon vehicle routing problem with delivery options arising in the last mile distribution. *European Journal of Operational Research*, 265(2), 765-778.
- Zhou, L., Li, C., Hu, C., & Du, J. (2024). Parcel locker location problem with selectable volume sizes and heterogeneous customers in the last mile delivery. *Transportation Letters*, 16(9), 1140-1154.

EKLER

Ek1: KKM-kargo dolabı mesafe matrisi

Cr_{ij}	$j \in N_1$	KKM	Kargo Dolabı				
$i \in N_1$		0	1	2	3	4	5
KKM	0	--	25	30	20	35	10
Kargo Dolabı	1	25	--	20	30	40	40
	2	30	20	--	15	25	30
	3	20	30	15	--	10	20
	4	35	40	25	10	--	20
	5	10	40	30	20	20	--

Ek2: Müşteri – kargo dolabı mesafe matrisi

td_{ij}	$j \in N_s$	Kargo Dolabı				
$i \in N_c$		1	2	3	4	5
Müşteri	1	4	5	6	8	10
	2	5	4	5	6	9
	3	5	3	4	6	8
	4	6	4	5	6	10
	5	9	4	5	4	10
	6	10	4	5	4	9
	7	8	7	6	4	5
	8	12	10	9	7	4
	9	13	10	9	5	6
	10	15	12	9	6	3

Ek3: Müşteri – kargo dolabı arası kapsama matrisi

Cr_{ij}	$j \in N_s$	Kargo Dolabı				
$i \in N_c$		1	2	3	4	5
Müşteri	1	0	0	0,366666667	0,9	1
	2	0	0	0	0,366666667	1
	3	0	0	0	0,366666667	0,9
	4	0,366666667	0	0	0,366666667	1
	5	1	0	0	0	1
	6	1	0	0	0	1
	7	0,9	0,633333333	0,366666667	0	0
	8	1	1	1	0,633333333	0
	9	1	1	1	0	0,366667
	10	1	1	1	0,366666667	0

Ek4: Kargo dolabı kurulum maliyeti matrisi

SC_j	Kargo Dolabı				
$j \in N_s$	1	2	3	4	5
Değer	2000	2000	2500	3000	3500

Ek5: Kargo dolabı kapasite matrisi

CD_j	Kargo Dolabı				
$j \in N_s$	1	2	3	4	5
Değer	100	100	110	115	120

Ek6: Müşteri teslimat talep matrisi

d_i	Müşteri									
$i \in N_c$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Değer	10	25	15	35	45	5	15	15	20	40

Ek7: Müşteri teslim alma talep matrisi

p_i	Müşteri									
$i \in N_c$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Değer	20	45	30	25	35	25	45	30	35	40

TEZ İNTİHAL RAPORU

Sürüldürülebilir Tesilimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi

Yazar Feride DELİCE

Gönderim Tarihi: 09-Şub-2025 10:40PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 2583623110

Dosya adı: Feride_DELİCE_tez_Intihal.docx (6.43M)

Kelime sayısı: 24239

Karakter sayısı: 168759

Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi

ORJİNALLİK RAPORU

% **10**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **8**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **6**

YAYINLAR

% **5**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

% **1**

2

Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)

Öğrenci Ödevi

% **1**

3

avys.omu.edu.tr

İnternet Kaynağı

% **1**

4

9lib.net

İnternet Kaynağı

% **1**

5

Submitted to Bahcesehir University

Öğrenci Ödevi

<% **1**

6

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

<% **1**

7

webdosya.csb.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% **1**

8

dergipark.org.tr

İnternet Kaynağı

<% **1**

9

tr.wikipedia.org

İnternet Kaynağı

<% **1**

- 78 "Lean and Green Supply Chain Management", Springer Science and Business Media LLC, 2019
Yayın <% 1
-
- 79 Kasımoğlu, Beril Suzan. "Kentsel Lojistik Performans Endeksi Belirleme ve Buna Yönelik bir Uygulama", Maltepe University (Turkey), 2024
Yayın <% 1
-
- 80 Çolak, Aybüke. "Ortaöğretim Öğretmenlerinin yüz Yüze ve E-Öğrenmeye İlişkin Görüşlerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi.", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024
Yayın <% 1
-
- 81 Çırakoğlu, Ali Rıza. "RFID yatırımlarının lojistik açısından yeri ve önemi", Maltepe University (Turkey), 2024
Yayın <% 1
-

Alıntıları çıkart

üzerinde

Eşleşmeleri çıkar

< 5 words

Bibliyografyayı Çıkart

üzerinde

ETİK KURUL ONAYI

Evrak Tarih ve Sayısı: -E.103823



Form No : 103823

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KURULU
PROJE ONAY FORMU

Form Tarihi : 09.07.2024

Etik Kurul Form No:	96/2024
Projenin Adı	Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi
Projenin Niteliği	Yüksek Lisans/Uzmanlık/Doktora Tezi
Proje Araştırmacıları	Feride DELİCE

KARAR:

Etik Kurulumuza başvuran Feride DELİCE 'ın "Sürdürülebilir Teslimat Yöntemleri İçin Matematiksel Model Önerisi" adlı Çalışması değerlendirilerek aşağıdaki sonuca ulaşılmıştır.

- Proje etik açıdan uygun bulunmuştur.

GÖREVİ	AD SOYAD / İMZA
Etik Kurul Başkanı	Doç.Dr. Mürsel KARABACAK Komisyon Başkanı-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Rıdvan KARABULUT Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Seçkin ARSLAN Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Yılmaz DELİCE Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Recep Sinan ARSLAN Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Nihat YILMAZ Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Banu ULU Öğretim Üyesi e-imzalıdır

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSMN1A7F76 Pin Kodu :27632



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	Feride DELİCE
------------	---------------

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lise	Şehit Tarık Koçoğlu Anadolu Lisesi	1998
Lisans	Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi	2020
Yüksek Lisans	Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Yüksek Lisans	2025

YAYINLAR

Delice F., Demirel N., Son Adım Teslimatta Kentsel Konsolidasyon Merkezlerinin Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, 13. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (ULTZK, 2024), Afyon, Türkiye, 16-18 Mayıs 2024, 153-154.

Delice F., Demirel N., Sürdürülebilir Kentler ve Kentsel Hareketlilik Planları. Sosyal Ekonomik ve Çevresel Kalkınma için Sürdürülebilirlik Bilimi, Doç. Dr. Nadide Sevil TÜLÜCE, Editör, Çizgi, Konya, ss.225-246, 2024.

Kızılkaya Aydoğan E., Boran F. E., Delice Y., Akgül E., Şimşek O. Ç., Delice F., et al., Clustering-Based User Knowledge Extraction Structure for Furniture Design, IEEE Conference on Computing, Applications and Systems, Chittagong Division, Bangladeş, 25 - 26 Eylül 2024, ss.350-355.

Kızılkaya Aydoğan E., Boran F. E., Delice Y., Akgül E., Şimşek O. Ç., Delice F., et al., Regression-Based Prediction Of Comfort In Sofa Design: A Study On Key Design Variables, V International Conference on Mathematics and its Applications in Science and Engineering (ICMASE 2024), Coimbra, Portekiz, 16 - 17 Eylül 2024, ss.122-123.



Uygulama ve Proje Odaklı, İş Dünyası ile Bütünleşen Üniversite

