

POSTA SEKTÖRÜNDE TESLİMAT  
AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ  
KULLANIMI, DÜNYA UYGULAMALARI  
İLE ULUSAL VE ULUSLARARASI  
DÜZENLEMELERİN İNCELENMESİ

---

Mesut ATİLLE

Bilişim Uzmanlığı Tezi

Temmuz 2024

Diyarbakır

---



POSTA SEKTÖRÜNDE TESLİMAT  
AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ  
KULLANIMI, DÜNYA UYGULAMALARI  
İLE ULUSAL VE ULUSLARARASI  
DÜZENLEMELERİN İNCELENMESİ

---

Mesut ATILLE

Bilişim Uzmanlığı Tezi

Temmuz 2024

Diyarbakır

Mesut ATILLE tarafından hazırlanan “*Posta Sektöründe Teslimat Amaçlı İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı, Dünya Uygulamaları ile Ulusal ve Uluslararası Düzenlemelerin İncelenmesi*” adlı bu tezin Bilişim Uzmanlığı tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Samet KARAKAYNAK

Tez Danışmanı

Bu çalışma, tez savunma komisyonumuz tarafından Bilişim Uzmanlığı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Kurul Üyesi Mehmet KOÇYİĞİT

Üye : Kurum Başkan Yardımcısı Müberra OĞUZ

Üye : Bölge Müdürü Erkan İPEKÇİOĞLU

Üye : Bilişim Uzmanı İdris GÜRBÜZ

Üye : Teknik Uzman Samet KARAKAYNAK

Bu tez, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tez yazım kurallarına uygundur.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1. POSTA HİZMETLERİ, ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ</b> .....	<b>4</b>
1.1. Posta Hizmet Kavramı .....	4
1.2. Ülkemizde Posta Hizmetlerinin Kısa Tarihi .....	5
1.3. Posta Hizmetlerinin Alt Bölümleri .....	6
1.3.1. Toplama.....	7
1.3.2. Tasnif .....	8
1.3.3. Nakliye.....	8
1.3.4. Teslimat .....	8
1.4. Posta Hizmetlerin Sınıflandırılması.....	9
1.4.1. Posta hizmetlerinin gönderi eksenli çeşitleri .....	10
1.4.1.1. Haberleşme gönderileri.....	11
1.4.1.2. Posta kolisi/kargosu gönderileri.....	11
1.4.2. Posta hizmetlerinde diğer sınıflandırma çeşitleri .....	11
1.5. Posta Tekeli.....	12
1.6. Posta Hizmetlerinde Evrensel Hizmet Yükümlülüğü .....	15
1.7. Posta Sektöründe Serbestleşme.....	17
1.8. Ülkemizde Posta Hizmetlerinin Mevcut Durumu .....	19
1.8.1. Posta ve trafik hacimleri.....	19
<b>2. GENEL ANLAMDA İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ</b> .....	<b>26</b>

2.1.	İnsansız Hava Aracı .....	26
2.2.	Tarihçe .....	29
2.3.	İHA Terminolojisi .....	32
2.4.	İnsansız Hava Aracı Sistemleri-İHS.....	34
2.5.	İHA Temel Bileşenleri .....	35
2.5.1.	Gövde .....	35
2.5.2.	Kanat ve pervaneler .....	35
2.5.3.	Motor ve batarya .....	35
2.5.4.	Uçuş denetleyicisi.....	36
2.6.	İHA Yardımcı Bileşenleri .....	37
2.6.1.	Kamera .....	37
2.6.2.	Sensörler .....	37
2.6.3.	Faydalı yükler .....	37
2.7.	İHA Navigasyon Sistemleri.....	38
2.8.	İHA Haberleşme Sistemleri.....	42
2.9.	Sınıflandırma.....	45
2.9.1.	Kanat tiplerine göre sınıflandırma .....	47
2.9.2.	Uçuş yüksekliğine göre sınıflandırma.....	48
2.9.3.	Ağırlıklarına göre sınıflandırma .....	49
2.10.	Sivil İHA Alanındaki Düzenlemeler ve Standartlar .....	51
2.10.1.	ABD düzenlemeleri .....	51
2.10.2.	AB düzenlemeleri .....	53
2.10.3.	Türkiye düzenlemeleri .....	53

### **3. POSTA SEKTÖRÜNDE TESLİMAT HİZMETLERİ VE ÖZELLİKLERİ** **57**

3.1. Son-adım Teslimat .....	58
3.2. Teslimat Hizmetlerinin Çeşitli Dezavantajları.....	59
3.3. Teslimat Hizmetlerinde Karşılaşılan Operasyonel Zorluklar.....	60
3.3.1. Trafik durumu.....	60
3.3.2. Dağınık teslimat adresleri.....	61
3.3.3. Zorlayıcı teslimat süreleri.....	62
3.4. Ülkemizde Teslimat Hizmetlerinde Karayolu Taşımacılığı.....	63
3.5. E-ticaret ve Teslimat Hizmetleri İlişkisi.....	65
3.5.1. E-ticaretin gelişimi.....	65
3.5.2. Teslimat hizmetlerinin e-ticaret üzerindeki etkileri.....	72
3.5.3. E-ticaretin teslimat hizmetleri üzerindeki etkileri.....	73
3.6. Alternatif Teslimat Yöntemleri .....	74
3.6.1. Gel-al teslimat noktası .....	77
3.6.2. Teslimat dolapları.....	78
3.6.3. Otonom kara araçları .....	79
3.6.4. Çevre dostu araçlar ve kargo bisikletleri.....	80
3.6.5. Mobil şubeler .....	80
3.6.6. İnsansız hava araçları .....	81

### **4. POSTA TESLİMAT HİZMETLERİNDE İHA KULLANIMI; POTANSİYEL MODELLEMELER, FAYDALAR, ZORLUKLAR VE ENDİŞELER.....**

**84**

4.1. Posta Hizmetlerinde İHA Kullanımı.....	87
4.2. Potansiyel Modellemeler .....	88
4.2.1. Depodan başlatılan İHA teslimatı.....	89

4.2.2.	Kamyon destekli İHA teslimatı .....	91
4.3.	Teslimat İHA'ları .....	95
4.4.	İHA ile Taşınacak Paketler .....	96
4.5.	İHA İstasyonları.....	97
4.6.	Teslimat Adresleri.....	98
4.7.	Teslimat Süreleri.....	100
4.8.	Teslimat Maliyetleri.....	101
4.9.	Çevresel Etkiler .....	104
4.10.	Teslimat Noktaları.....	108
4.11.	Gizlilik.....	109
4.12.	Güvenlik .....	111
4.13.	Gürültü .....	112
4.14.	Hava Durumu .....	112
4.15.	Kamu Algısı.....	113
4.16.	İHA Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları .....	115
<b>5.</b>	<b>HAVA SAHASI KULLANIMI, DÜNYA UYGULAMALARI VE DÜZENLEMELER.....</b>	<b>116</b>
5.1.	Kentsel Hava Sahasının Kullanımı ve İnsansız Hava Trafiği Yönetiminde U-Space Örneği.....	116
5.1.1.	U-Space insansız hava trafik yönetimi .....	117
5.1.2.	U-Space hava sahasının sınıflandırılması .....	119
5.1.2.1.	X hava sahası .....	120
5.1.2.2.	Y hava sahası .....	120
5.1.2.3.	Z hava sahası .....	121
5.1.3.	U-Space hizmetleri .....	122
5.1.3.1.	Coğrafi sınırlama .....	122

5.1.3.2.	Doğrudan uzaktan tanımlama (Remote ID) .....	123
5.1.3.3.	Uçuş yetkilendirme .....	125
5.1.3.4.	Trafik bilgisi sağlama .....	125
5.1.3.5.	Hava durumu bilgisi sağlama .....	126
5.1.3.6.	Uçuş izleme .....	126
5.1.4.	U-Space emniyet hizmetleri .....	126
5.1.4.1.	Algıla ve sakın .....	126
5.1.4.2.	Olay ve kaza raporlama .....	128
5.1.4.3.	Acil durum yönetimi .....	128
5.2.	Çeşitli Teslimat Uygulamaları .....	129
5.2.1.	Yemek teslimatı .....	129
5.2.2.	Kurye teslimatı .....	131
5.2.3.	Sağlık ürünleri teslimatı .....	132
5.3.	İHA İşleticilerinin Projeleri .....	132
5.3.1.	Alphabet Wing .....	132
5.3.2.	Amazon Prime Air .....	133
5.3.3.	FedEx Chaparral .....	133
5.3.4.	Zipline Zips .....	134
5.4.	Uluslararası Düzenleme ve Gelişmeler .....	134
5.4.1.	Amerika Birleşik Devletleri .....	134
5.4.2.	Avrupa Birliği .....	135
5.4.2.1.	Avrupa Havacılık Güvenliği Ajansı (EASA) .....	136
5.4.3.	Avustralya .....	137
5.4.4.	Birleşik Arap Emirlikleri .....	139
5.4.5.	Çin Halk Cumhuriyeti .....	140
5.4.6.	Kanada .....	141

5.4.7. İngiltere .....	143
5.4.8. Türkiye Cumhuriyeti .....	145
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>152</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>160</b>
<b>ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ .....</b>	<b>179</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>180</b>

**ÖZET**

<b>BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU</b>	
Tezin Adı	Posta Sektöründe Teslimat Amaçlı İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı, Dünya Uygulamaları ile Ulusal ve Uluslararası Düzenlemelerin İncelenmesi
Türü	Bilişim Uzmanlığı Tezi
Yazar	Mesut ATİLLE
Teslim Tarihi	17.07.2024
Anahtar Kelimeler	Posta Sektörü, İnsansız Hava Aracı, Teslimat Hizmetleri, Yasal Düzenlemeler
Tez danışmanı	Samet KARAKAYNAK
Sayfa Adedi	vii+180
<p>İşbu tez çalışması, İHA teknolojisinin posta teslimat hizmetleri üzerindeki potansiyel kullanımını ve etkilerini incelemektedir. Günümüzde e-ticaretin yaygınlaşmasıyla posta teslimat hizmetlerine olan talep artmıştır. Bu talebin karşılanması esnasında çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. İHA kullanımının, teslimat hizmetlerinde görülen zorluklara çözüm sunabileceği ortaya koyulmuştur. İHA'ların teslimat sürelerini azalttığı, teslimat maliyetlerini önemli ölçüde düşürebileceği ve geleneksel yöntemlerin sebep olduğu olumsuz çevresel etkileri giderebileceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, İHA tabanlı teslimat hizmetinin gizlilik, güvenlik ve yasal düzenlemeler açısından çeşitli sorunlar barındırdığı ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak, İHA tabanlı teslimat hizmetinin potansiyeli incelenerek BTK'ya öneriler sunulmuştur.</p>	

## ABSTRACT

<b>INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATIONS AUTHORITY</b>	
Thesis	Use of Unmanned Aerial Vehicles for Delivery Services in Postal Sector, World Practices and Regulations
Type	ICT Expert Thesis
Author	Mesut ATILLE
Submission Date	17 July 2024
Key Words	Postal Sector, Unmanned Aerial Vehicle, Delivery Services, Legal Regulations
Advisor	Samet KARAKAYNAK
Total Page	vii+180
<p>This study explores the potential use and impact of UAV technology on postal delivery services. With the rise of e-commerce, the demand for postal delivery services has significantly increased, posing various challenges in meeting this demand. The use of UAVs has been shown to provide solutions to these challenges in delivery services. UAVs have the potential to reduce delivery times, significantly lower delivery costs, and mitigate the negative environmental impacts associated with traditional methods. However, there are several concerns related to privacy, security, and legal regulations in UAV-based delivery services. As a result, the study analyses the potential of UAV-based delivery services and offers recommendations to the Information and Communication Technologies Authority (ICTA) of Türkiye (BTK).</p>	

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca her tŸrlŸ destek, yardım ve katkılarından dolayı tez danıőmanım Sayın Samet KARAKAYNAK'a, BŸlge MŸdŸrŸmŸz Sayın Erkan İPEKİOĞLU'na, Sayın Őmer GŸRBŸZ'e, Sayın Yaőar KODATKU'ya, Sayın Muhammed Can BŸYŸKTANIR'a ve tŸm çalışma arkadaőlarıma teőekkŸrŸ bir borç bilirim. Ayrıca, hayatımın her anında bana destek olan sevgili niőanlım Edanur'a minnettarım.

**TABLolar LİSTESİ**

Tablo 1.1 Posta Hizmetlerinin Sınıflandırması .....	10
Tablo 1.2 Gönderi Eksenli Posta Hizmetleri Tablosu .....	11
Tablo 2.1. Sivil İHA'larda Kullanılan Bazı Faydalı Yükler .....	38
Tablo 2.2 Genel amaçlı KET Sistemleri Teknik Ölçütler.....	44
Tablo 2.3 Geniş Veri İletim Sistemleri Teknik Ölçütler.....	44
Tablo 2.4 SHT-İHA Talimatında İHA sınıflandırılması .....	49
Tablo 2.5 NATO'nun İHA Sınıflandırması .....	50
Tablo 3.1 E-ticaret Platformları ve İş Modelleri .....	67
Tablo 4.1 Operasyonel Maliyetler-1.....	102
Tablo 4.2 Operasyonel Maliyetler-2.....	103

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Posta Hizmetlerinin Bölümleri .....	7
Şekil 1.2. Mektup Postasının Operasyonel Maliyeti .....	9
Şekil 1.3. Ülkemizdeki Posta Trafiğinin Yıllara Göre Dağılımı.....	20
Şekil 1.4. Posta Koli/Kargosu Gönderici Bazında Dağılımı.....	21
Şekil 1.5. Gönderi Türüne Göre Teslimat Adresleri.....	22
Şekil 1.6. Posta Koli/Kargosu Teslimat Süreleri.....	23
Şekil 1.7 Posta Kolisi/Kargosu Gönderilerinin Ağırlık Bazında Dağılımı .....	24
Şekil 1.8 PHS Bazında Posta Kolisi/Kargosu Gönderilerinde Pazar Payları .....	25
Şekil 2.1. ABD Sektör Bazlı Ticari İHA Pazarının Gelişimi.....	28
Şekil 2.2 Alternatif Navigasyon Tekniklerinin Kullanım Dağılımı .....	42
Şekil 2.3 SHT-İHA Kapsamı Dışında Bırakılan Sistemler.....	55
Şekil 3.1 Çevrimiçi Satın Alma veya Sipariş Verme Oranları (2012-2023).....	70
Şekil 3.2 Türkiye E-ticaret Sipariş Sayıları (2019-2022) .....	71
Şekil 3.3 Türkiye E-ticaret Gelirleri (2019-2022) .....	71
Şekil 3.4 Parcelcopter Model İHA.....	82
Şekil 4.1. Depodan Başlatılan İHA Teslimat Modeli .....	89
Şekil 4.2 Depodan Başlatılan İHA Teslimatında Kamyon Modeli .....	90
Şekil 4.3 Kamyon Destekli İHA Teslimat Modeli .....	92
Şekil 4.4 İHA Destekli Kamyon Teslimat Modeli .....	94
Şekil 5.1 U-Space Hava Sahası .....	120
Şekil 5.2 Y Tipi Hava Sahası .....	121
Şekil 5.3 Meituan Yemek Teslimat İHA'sı ve Kioksu.....	130
Şekil 5.4 Akıllı Dolap Üzerine Kargo Teslimatı .....	141

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>5G</b>	Beşinci Nesil (5. Generation)
<b>AAM</b>	Gelişmiş Hava Hareketliliği (Advanced Air Mobility)
<b>AB</b>	Avrupa Birliği (European Union-EU)
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>ANS</b>	Dengeleme Navigasyon Sistemi (Inertial Navigation System- INS)
<b>ATC</b>	Hava Trafik Kontrolü (Air Traffic Control)
<b>AVM</b>	Alışveriş Merkezi
<b>B2B</b>	İşletmeden İşletmeye (Business to Business)
<b>B2C</b>	İşletmeden Müşteriye (Business to Customer)
<b>BAE</b>	Birleşik Arap Emirlikleri (United Arab Emirates-UAE)
<b>BTK</b>	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (Information and Communication Technologies Authority)
<b>BVLOS</b>	Görüş Mesafesi Ötesi (Beyond Visual Line of Sight)
<b>C2B</b>	Müşteriden İşletmeye (Customer to Business)
<b>C2C</b>	Müşteriden Müşteriye (Customer to Customer)
<b>CO2</b>	Karbon Dioksit (Carbon Dioxide)
<b>DME</b>	Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Equipment)
<b>EASA</b>	Avrupa Birliği Havacılık Emniyet Ajansı (European Union Aviation Safety Agency)
<b>EHK</b>	5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu
<b>ERGP</b>	Avrupa Posta Hizmetleri Düzenleyicileri Grubu (The European Regulators Group for Postal Services)
<b>eVTOL</b>	Elektrikli Dikey İniş Kalkış (electric Vertical Takeoff and Landing)
<b>FAA</b>	Federal Havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration)
<b>FPV</b>	Birinci Şahıs Görüşü (First Person View)
<b>ft</b>	Feet
<b>GHz</b>	Gigahertz
<b>GNSS</b>	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System)
<b>gr</b>	Gram
<b>HALE</b>	Yüksek İrtifa Uzun Süreli Uçuş (High Altitude Long Endurance)
<b>HTOL</b>	Yatay İniş ve Kalkış (Horizontal Takeoff and Landing)
<b>Hz</b>	Hertz
<b>ILS</b>	Aletli İniş Sistemi (Instrument Landing System)
<b>IoT</b>	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
<b>İHA</b>	İnsansız Hava Aracı (Unmanned Aerial Vehicle-UAV)
<b>İHS</b>	İnsansız Hava Aracı Sistemi
<b>Kg</b>	Kilogram
<b>KHz</b>	Kilohertz
<b>Km</b>	Kilometre
<b>KTY</b>	Karayolu Taşıma Yönetmeliği

<b>kWh</b>	Kilowatt Saat
<b>LALE</b>	Düşük İrtifa Uzun Süreli Uçuş (Low Altitude Long Endurance)
<b>LCA</b>	Yaşam Döngüsü Analizi (Life Cycle Assessment)
<b>LİDAR</b>	Işıkla Algılama ve Ölçme (Light Detection and Ranging)
<b>m</b>	Metre
<b>MALE</b>	Orta İrtifa Uzun Süreli Uçuş (Medium Altitude Long Endurance)
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>OECD</b>	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
<b>OFCOM</b>	İngiltere İletişim Dairesi (Office of Communications)
<b>PHK</b>	6475 sayılı Posta Hizmetleri Kanunu
<b>PHS</b>	Posta Hizmet Sağlayıcısı
<b>PTT</b>	Posta ve Telgraf Teşkilatı
<b>ReOC</b>	Uzaktan Operatör Sertifikası (Remote Operator Certificate)
<b>RePL</b>	Avustralya Uzaktan Pilot Lisansı (Remote Pilot Licence)
<b>RPA</b>	Uzaktan Kumandalı Hava Aracı (Remotely Piloted Aircraft)
<b>RPAS</b>	Uzaktan Kumandalı Hava Aracı Sistemi (Remotely Piloted Aircraft System)
<b>RPV</b>	Uzaktan Kumandalı Araç (Remotely Piloted Vehicle)
<b>SHGM</b>	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
<b>SLAM</b>	Eş Zamanlı Lokalizasyon ve Haritalama (Simultaneous Localization and Mapping)
<b>SNR</b>	Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio)
<b>STOL</b>	Kısa Mesafeli Kalkış ve İniş (Short Take-Off and Landing)
<b>THK</b>	2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu
<b>TUİK</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>UPU</b>	Uluslararası Posta Birliği (Universal Postal Union)
<b>VHF</b>	Çok Yüksek Frekans (Very High Frequency)
<b>VLOS</b>	Görüş Mesafesi (Visual Line of Sight)
<b>VTOL</b>	Dikey İniş ve Kalkış (Vertical Takeoff and Landing)
<b>W</b>	Watt
<b>YKİ</b>	Yer Kontrol İstasyonu

## GİRİŞ

Son yıllarda posta hizmetleri sektörü, küresel dijital dönüşümden önemli ölçüde etkilenecek derin bir değişim geçirmektedir. Kayıtlı Elektronik Posta (KEP) ve mobil uygulamalar gibi dijital iletişim araçlarının ortaya çıkması, geleneksel mektup postasına olan talepte kayda değer bir azalmaya yol açmış ve mektup postası hacimlerinde önemli oranda düşüş gerçekleşmiştir (ERGP, 2019). Dijitalleşmenin diğer bir etkisi de tüketicilerin alışveriş yöntemlerindeki değişimde görülmüştür. Tüketiciler, internet üzerinden yapılan çevrimiçi alışverişi hızla benimsemiş, bu da e-ticaret olarak bilinen yöntemin yaygınlaşmasını sağlamıştır. E-ticaret ve posta hizmetleri doğrudan etkileşim içinde olan iki sektördür. E-ticaret siparişleri, posta hizmetleri üzerinden taşınmakta ve alıcıya teslim edilmektedir. E-ticaretin gelişimi, Ülkemizde posta hizmetlerinde taşınan kargo/koli hacminde paralel bir artışa yol açmış ve son beş yılda %100'ü aşan bir büyüme kaydedilmiştir (BTK, 2023). E-ticaret hacimleri artmaya devam ettikçe posta hizmetlerinde taşınan kolilerin hacmi de artmaktadır.

Diğer taraftan e-ticaret, tüketicilere sipariş ve teslimat süreçlerinde hız ve kolaylık sunmaya endekslidir. Bu nedenle tüketicilerin teslimat sürelerine karşı beklentileri yüksektir. Teslimat hizmetleri, alıcılarla doğrudan temas kurulan aşama olduğu için bu süreçteki performans, tüketicilerin e-ticaret deneyimini doğrudan etkilemektedir. Araştırmalar, müşterilerin teslimat hizmetlerinden duydukları memnuniyetin, gelecekte çevrimiçi alışveriş yapma ihtimalleri üzerinde kilit bir etken olduğunu göstermiştir. Son-adım teslimat olarak da adlandırılan teslimat aşaması, posta hizmetlerindeki en zorlu ve en maliyetli süreçtir (NAKİBOĞLU, 2020). Posta hizmetleri bu aşamaya kadar toplu olarak gerçekleştirilmekte ancak teslimat aşamasında gönderilerin çok sayıda ve dağınık halde bulunan alıcı adreslerine teker teker ulaştırılması gerekmektedir. Bu durum birçok dezavantaj, zorluk ve verimsizliği beraberinde getirmektedir. En önemli dezavantaj konuları maliyetler ve çevresel olumsuz etkilerdir. Gönderinin toplam lojistik sürecindeki maliyetinin yaklaşık yarısı teslimat aşamasından kaynaklanmaktadır (Mangiaracina vd., 2019). Bu yüksek

maliyetin yanı sıra teslimat hizmetleri çevre sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Dünyadaki toplam karbon salınımında, karayoluyla yapılan yük taşımacılığının önemli bir payı vardır. Teslimat hizmetlerinin ise fosil yakıtlı araçlardan kaynaklı karbon salınım seviyelerine büyük katkıları bulunmaktadır. Özellikle kentsel alanlarda geleneksel teslimat araçlarından kaynaklanan hava kirliliği, insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olmaktadır.

Diğer taraftan posta hizmet sağlayıcıları, teslimat operasyonlarında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar; dağınık teslimat adresleri, alıcıların adreste bulunmaması, trafik sıkışıklığı, park yeri sorunları ve teslimat süreleridir. Karayoluyla yapılan geleneksel teslimat hizmetleri, kentleşmenin yoğun olduğu alanlarda trafik sıkışıklığını arttırmaktadır. Ayrıca, mevcut trafik ve park yeri sorunları, şehir içi teslimatları daha zorlu hale getirmektedir. Alıcıların adreste bulunmaması durumunda ek seferler yapılması gerekebilmektedir. Öte yandan, hızlı teslimat vaatleri diğer bir zorlayıcı etkidir. Bu vaatler, teslimatın tüketicilerin beklentide olduğu sürede gerçekleşmesini gerektirdiği için teslimat hizmetlerinde zaman baskısı yaratmaktadır. Son-adım teslimatta karşılaşılan operasyonel zorluklar, yüksek maliyet, trafik sorunları ve hava kirliliği başta olmak üzere çeşitli problemlerin çözümü için geleneksel teslimata alternatif yenilikçi yöntemler denenmektedir. Bu alternatif teslimat yöntemleriyle, teslimat hizmetlerinde verimliliğin artırılması, maliyetlerin optimize edilmesi ve karbon salınımının azaltılması gibi faydalar amaçlanmaktadır. Esnaf noktaları, kargo dolapları, çevre dostu elektrikli kara araçları ve kargo bisikletleri uygulanmaya başlanmış alternatif teslimat yöntemleridir. Diğer taraftan insansız hava araçları (İHA), son-adım teslimatta büyük potansiyel barındıran ve dünyada pilot çalışmaların başladığı yenilikçi bir teknolojidir. İHA'lar havayolunu kullanarak engellerden ve trafik durumundan etkilenmeden, noktadan noktaya direk olarak ulaşım sağlayabildiği için hız konusunda doğal bir avantaja sahiptirler. İHA kullanımıyla, belirlenen en uygun rota üzerinden alıcı adreslerine teslimat yapılabilen ve teslimat süreleri net olarak hesaplanabilmektedir. İHA

teknolojisinin son-adım teslimatta kullanılmasıyla teslimat sürelerinde ve maliyetlerinde düşüş beklenmektedir.

Karayolu taşımacılık sistemleri, özellikle son-adım teslimat alanında sektörün beklenti ve taleplerini karşılayabilecek çözümlerden uzaktır. Mevcut teslimat yöntemleri, posta hizmetlerinde beklenen iyileştirmeleri sağlamak ve teslimat hızlarını geliştirmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda havayolu tabanlı lojistik uygulamalar büyük ilgi görmektedir. Dünyada çapında birçok ülkede, İHA ile paket taşımacılığına odaklanan çeşitli denemeler yapılmaktadır. Bazı ülkelerde İHA tabanlı teslimat, sıkça uygulanan ve günlük hayata entegre olan bir uygulama haline gelmiştir. İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanımıyla, teslimat sektöründe karşılaşılan trafik sıkışıklığı ve park sorunu gibi zorluklara çözüm getirmek, gönderilerin teslimat sürelerini önemli ölçüde azaltmak ve teslimat aşamasındaki maliyetleri düşürmek hedeflenmektedir. Ayrıca İHA kullanımıyla, teslimat hizmetlerinin çevreye verdiği olumsuz etkilerin giderilmesi ve yeşil bir posta teslimat hizmeti sunulması da amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada, İHA tabanlı teslimat sistemlerinin avantaj ve dezavantajları, potansiyel kullanım modelleri, faydaları ve uygulamaya yönelik potansiyel endişeler incelenmiştir. Ayrıca, İHA teslimatında hava sahası kullanımı ile teslimat için gerekli teknolojik ön koşulların önemi araştırılmıştır. Teslimat İHA'larının dünyadaki uygulama alanları ve uygulama örnekleri incelenerek uluslararası düzenleme çalışmaları ve yenilikler değerlendirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda, İHA tabanlı teslimatta kullanıcıların mahremiyet ve güvenlik endişeleri çerçevesinde kamuoyu algısı incelenmiştir. Kamuoyu kabulüne ilişkin çalışmalar değerlendirilerek bu yenilikçi teknolojinin teslimat hizmetlerine entegrasyonunda karşılaşılabilecek riskler ele alınmıştır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, İHA'ların bir taşımacılık modeli olarak potansiyelini değerlendirmek ve teslimat lojistiğinde karşılaşılan sorunlara bir çözüm sunup sunamayacağını tartışmak olmuştur. Ayrıca, uygulamaya yönelik hayata geçen düzenleyici perspektifler çerçevesinde Bilgi Teknolojiler ve İletişim Kurumuna görev ve sorumluluk alanında öneriler sunulması hedeflenmektedir.

## 1. POSTA HİZMETLERİ, ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

### 1.1. Posta Hizmet Kavramı

Posta hizmetleri, oldukça köklü bir geçmişi olan ve genel olarak haberleşme ihtiyacının kamu hizmeti olarak sunulması temeline dayanan bir yapıdır. Kavramsal olarak posta hizmeti; iletişim araçları vasıtasıyla mektup, paket veya diğer belgelerin bir yerden başka bir yere taşınması ve teslim edilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Posta hizmetleri, niteliği ve hacmi itibarıyla düzenli, üzerinde adres bulunan gönderinin bölgesel bir dağıtım şebekesi içinde taşınması ve dağıtılması sürecidir (OECD, 1999).

Posta hizmetlerinin tanımı ve kapsamı ülkelerin yasal mevzuatlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle Uluslararası Posta Birliği'nin (Universal Postal Union- UPU) bu konudaki tanımına yer vermekte fayda görülmektedir. UPU'nun tanımına göre posta hizmetleri, posta altyapısında posta hizmet sağlayıcıları tarafından sunulan hizmetlerin bütünüdür. UPU, posta gönderisini de posta hizmetleri aracılığıyla gerçekleştirilen haberleşme gönderileri, kargo postası ve parasal gönderi emirleri gibi çeşitli gönderilerden oluşan madde olarak tanımlamaktadır (Gökdemir, 2014, s.5).

Posta hizmetleri günümüzde oldukça geniş bir kapsama sahiptir. Koli taşımacılığı, kurye hizmetleri, kargo hizmetleri ve acele/havale gönderileri gibi fiziksel gönderiler posta hizmetlerinin bir parçasıdır. Ayrıca, teknolojinin gelişmesi ile birlikte elektronik posta ve diğer dijital gönderi türleri de posta hizmetleri kapsamına girmiştir. Örneğin, elektronik mail sistemi ve elektronik imzalı gönderiler de posta hizmetleri kapsamındadır (Eser, 2014).

Bu noktada, 09/05/2013 tarihli ve 6745 sayılı Posta Hizmetleri Kanununda (PHK) yer alan posta hizmetleri tanımına ilişkin hükme yer verilmesinde fayda görülmektedir. 6475 sayılı Kanunun 5'inci maddesine göre posta hizmetleri, bir işletmeci tarafından sunulan ve çeşitli aşamalardan meydana gelen bir hizmeti ifade etmektedir:

Posta gönderilerinin kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki, dağıtımı ve teslimini kapsayan posta hizmetleri, bu Kanun hükümlerine göre faaliyet gösteren hizmet sağlayıcıları tarafından yerine getirilir.

PHK' da posta kavramı özel olarak belirtilmemiş olsa da posta altyapısında taşınan gönderiler için posta gönderisi ifadesine kavram olarak yer verildiği görülmektedir. Posta kolisi veya kargosu ile haberleşme gönderisi, posta gönderisinin çeşitleri olarak mevzuatta sıralanmaktadır (Büyüktanır, 2022).

## **1.2. Ülkemizde Posta Hizmetlerinin Kısa Tarihi**

Haberleşme veya posta hizmetleri, insanlık tarihinde ilk olarak devletlerin askeri ve idari amaçlar için iletişimini sağlayan yapılar olarak ortaya çıkmıştır. Bu haberleşme ağlarında tüm olanaklar devlet tarafından sağlanmakta ve yalnızca devlet hizmetleri gerçekleştirilmekteydi. Haberleşme ağının gelişimi ve büyüklüğü, devletin büyüklüğünün ve gücünün göstergesi niteliğindedir (Yüçetürk, 2000).

Eski Türk devletlerinde görülen ve "Ulak" ismi verilen atlı haberciler Osmanlı imparatorluğunda da kullanılmıştır. Osmanlılarda devlet haberleşmesi, "Ulak-Menzilhane" örgütü ve daha sonraları kurulan "Tataran Ocağı" ile dönemsel olarak sağlanmıştır. Ülkemizde posta hizmetlerinin sistemli bir şekilde uygulanması Tanzimat Fermanından sonrasına dayanmaktadır. Sultan Abdülmecit tarafından 23 Ekim 1840 tarihinde Posta Nezareti (Posta İdaresi) kurulmuş, bu idare hizmetleri ile devlet haberleşme gereksiniminin yanı sıra halkın da haberleşmesinin sağlanması amaçlanmıştır (Yüçetürk, 2000).

Daha sonrasında Telgrafın icat edilmesi ile Osmanlı İmparatorluğunda 1855 yılında Telgraf Müdürlüğü kurulmuştur. 1871 yılına gelindiğinde Posta Nezareti ile Telgraf Müdürlüğü birleştirilerek Posta ve Telgraf Nezareti kurulmuştur. İstanbul'da ilk telefon santralinin 1909 senesinde faaliyete geçmesiyle kuruluş, Posta Telgraf ve Telefon Nezareti adını almıştır (Yüçetürk, 2000).

Posta Telgraf ve Telefon Nezareti, 1933 yılında Posta Telgraf ve Telefon İşletmesi Genel Müdürlüğü (PTT) adı altında Ulaştırma Bakanlığına bağlanmış ve 1936 yılı ile birlikte tüm haberleşme hizmetleri PTT tekeline alınmıştır.

10/06/1994 tarih ve 4000 sayılı Kanun ile posta ve telgraf hizmetleri ile telekomünikasyon hizmetleri birbirinden ayrılmıştır. Buna göre telekomünikasyon hizmetlerinin Türk Telekomünikasyon Anonim Şirketi tarafından, posta ve telgraf hizmetlerinin de T.C Posta İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmesi hükme bağlanmıştır. Son olarak, 2013 yılında yürürlüğe giren 6475 sayılı PHK ile kuruluş adı "Posta ve Telgraf Teşkilatı Anonim Şirketi" olarak son halini almış ve kuruluş yeniden yapılandırılmıştır (PTT, 2024).

### **1.3. Posta Hizmetlerinin Alt Bölümleri**

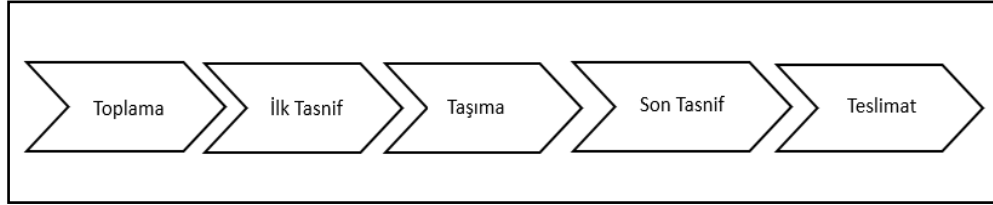
Posta Hizmetleri, bir posta işletmecisi tarafında sunulan birbiriyle bağlantılı faaliyetler bütünüdür. Bu faaliyetler; posta gönderisinin toplanması, tasnifi, taşınmasını ve teslimatını kapsamaktadır. Posta gönderileri; adresli posta, koli veya ekspres hizmetleri şeklinde olabilmektedir (Jaag, 2014).

Geleneksel posta hizmetlerinde ilk adım, göndericinin postasını fiziksel olarak postaneye teslim etmesiyle başlamaktadır. Teslim işlemi, gönderinin posta şubesine verilmesi veya bir posta kutusuna bırakılması şeklinde yapılabilir. Bu gönderi; mektup, paket veya belge niteliğinde olabilir. Posta, posta ofisine ulaştığında uygun şekilde ele alınmasını ve teslim edilmesini sağlamak için bir dizi işlemde geçirilir. Adres bilgileri kontrol edilerek doğrulanır ve bir posta pulu yapıştırılır. Posta daha sonra tasnif edilir ve alıcının bulunduğu adrese taşınmak üzere posta ağına aktarılır. Posta gönderme süreci birden fazla aşamadan oluşmaktadır. Postanın alıcıya teslim edilmesi ile birlikte posta hizmeti tamamlanmış olmaktadır.

Gönderinin toplanması ile başlayan posta hizmetleri süreci, çeşitli işlem ve basamaktan oluşmaktadır. Şekil 1.1'de posta hizmetlerinin çeşitli adımları

görülmektedir. Buna göre posta hizmetleri; toplama, ilk tasnif, taşıma, son tasnif ve teslim aşamalarından meydana gelmektedir.

Şekil 1.1. Posta Hizmetlerinin Bölümleri



Kaynak: Jaag, 2014

### 1.3.1. Toplama

Posta tedarik zincirinin ilk adımı olan toplama aşaması; gönderinin, göndericiden teslim alınması ve kabulünün yapılmasıdır. Bu aşamada:

- Posta gönderisinin belli bölgelere konumlandırılan posta kutularından toplanması
- Posta gönderisinin posta şube veya acentelerinden toplanması
- Posta gönderisinin müşterinin adresinden toplanması veya göndericinin gönderiyi işletmeciye teslim etmesi yöntemleri ile toplama işlemi gerçekleştirilmektedir (Özcan, 2011).

Toplama ve kabul adımı, posta işletmecisi tarafından kabul formu, fatura veya sevk irsaliyesi düzenlenerek göndericiye verilmektedir. Diğer faaliyetlerle kıyaslandığında, posta tedarik zinciri içinde personel ve posta ofisi/şubesi ihtiyacının daha fazla olması nedeniyle sabit maliyetlerinin en yüksek olduğu aşamanın toplama aşaması olduğu görülmektedir (Büyüktanır, 2022).

### **1.3.2. Tasnif**

Tasnif işlemi, posta gönderilerinin teslimat adresine göre sınıflandırılmasıdır. Nakliye öncesinde ve sonrasında yapılmaktadır. Günümüzde gelişmiş otomasyon sistemleri tasnif işlemi hızlı ve kolay hale getirmiştir. Elle tasnif işlemi yapılabileceği gibi aynı işlemin otomasyon dahilinde yapılması ile hata oranı minimize edilerek birim zamanda çok daha fazla sınıflandırmanın yapılması sağlanmaktadır (Özcan, 2011).

Posta ağı boyunca gönderinin etkin ve verimli bir şekilde işlenmesi ve taşınması için yüksek düzeyde insan emeğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı 1950'li yıllardan başlayarak gönderilerin taşınması ve tasnif edilmesinde teknolojinin ve otomasyonun uygulanması için yapılan araştırma geliştirme çabaları yoğunluk kazanmıştır. Günümüzde tasnif ve depolama tesislerinde taşıma ekipmanları, konveyörler ve motorlu bantlar ile optik karakter okuyucular gibi çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu ekipmanlarla birlikte tasnif işlemleri otomasyon dahilinde gerçekleştirilmektedir.

### **1.3.3. Nakliye**

Tasnif merkezleri arasında yapılan uzun veya kısa mesafeli taşıma işlemidir. Posta gönderilerinin, bir tasnif merkezinden nihai tasnif merkezine dağıtım çıkarılmak üzere taşındığı süreci ifade etmektedir (OECD, 1999).

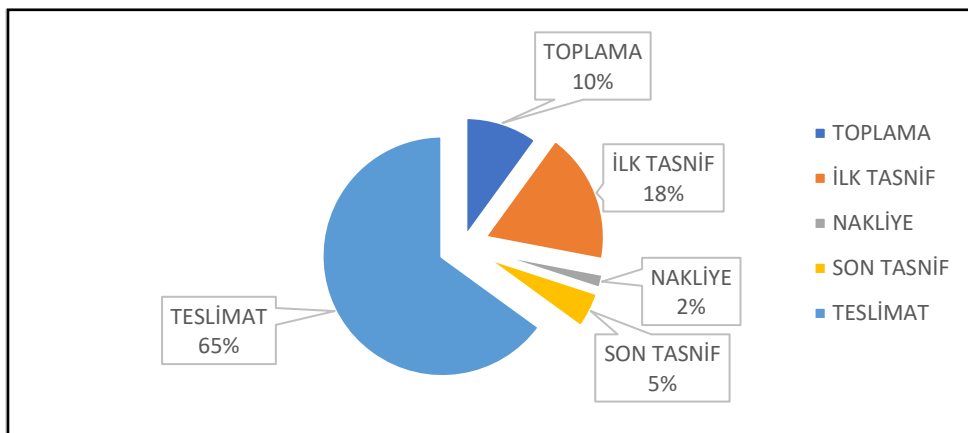
### **1.3.4. Teslimat**

Teslimat, gönderinin posta tedarik zincirindeki son yolculuğudur. Son tasnif işlemi yapılan gönderiler, dağıtıcılar vasıtasıyla alıcı adreslerine ulaştırılarak imza karşılığı teslim edilmektedir. Teslimat bizzat alıcıya yapılacağı gibi, gönderilerin posta kutularına bırakılması ile de gerçekleştirilebilmektedir (Eser, 2014).

Toplama aşamasında sabit maliyetlerin, tasnif aşamasında ise otomasyon ve makineleşmeden dolayı maliyetlerin yüksek olduğu belirtilmesine rağmen AB posta ağına mektup işleme maliyetleri incelendiğinde, teslimat adımının posta zincirinde oluşan maliyetin yaklaşık %65'ini oluşturduğu görülebilmektedir (OECD, 1999). Posta

hizmetlerindeki aşamaların, maliyet bazlı dağılımı şekilde temsil edilmektedir (Şekil 1.2).

Şekil 1.2. Mektup Postasının Operasyonel Maliyeti



Kaynak: OECD, 1999

#### 1.4. Posta Hizmetlerin Sınıflandırılması

Posta hizmetlerinin sınıflandırılması çeşitli özelliklere göre yapılabilmektedir. Tablo 1.1'de belirtildiği üzere posta hizmetlerini gönderi, müşteri ve hacim eksenli olarak alt bileşenlere ayırmak mümkündür. Buna göre, posta hizmetlerinde gönderiler iki alt kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar haberleşme gönderisi ve posta kolisidir. Ayrıca, posta hizmetlerinin gönderici-alıcı bazında ayrımı da yapılabilmektedir. Bu ayrım, kurumlar arası, kurumdan tüketiciye, tüketiciden kuruma ve tüketiciden tüketiciye gönderiler şeklinde yapılmaktadır. Son olarak, posta hizmetlerini gönderilerin hacimlerine göre bireysel ve toplu gönderiler olarak sınıflandırmak mümkündür (Gökdemir, 2014).

Tablo 1.1 Posta Hizmetlerinin Sınıflandırması

Gönderi	Müşteri	Hacim
Haberleşme Gönderisi	Kurumdan Kuruma	Bireysel Gönderi
Posta Kolisi	Kurumdan Tüketicie Tüketiciden Kuruma Tüketiciden Tüketicie	Toplu Gönderi

Kaynak: Gökdemir, 2014

#### 1.4.1. Posta hizmetlerinin gönderi eksenli çeşitleri

Posta gönderisi, hem PHK' da hem de Posta Hizmetlerinin Sunulmasına İlişkin Yönetmelik'te *"Göndericinin bizzat kendisi veya talimatıyla, üzerinde belirtilen yer ve adrese, gönderi türüne ve özel hizmetine göre teslim edilen haberleşme gönderileri ile kitap, katalog, gazete ve süreli yayınları, görme engellilere özgü yazıları, ticari değeri olsun veya olmasın eşya içeren en fazla beş kilogram ağırlığa veya elli desimetreküp hacme sahip posta maddesi ile posta kolisi veya kargosu"* olarak tanımlanmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen mevzuatta yapılan tanımlama ve sınıflandırma ile posta gönderisi çeşitli alt bileşenlere ayrılmıştır. Bu ayırım ve sınıflandırma, gönderinin posta alt yapısı boyunca uygulanacak işlemler ve bu işlemlerde tabi olunan yasal mevzuat bakımından önemlidir. Yapılan sınıflandırma ile posta işletmecisinin tabi olacağı yasal düzenleme ve çeşitli ihlallerden kaynaklı yaptırımlar bakımından posta sektörü işleyişine dayanak sağlanmaktadır (Aktepe, 2022, s.73).

Bu çerçevede, posta hizmet sektöründe taşınan gönderi çeşitleri Tablo 1.2'de özet şekilde gösterilmektedir.

Tablo 1.2 Gönderi Eksenli Posta Hizmetleri Tablosu

Haberleşme Gönderileri
Posta Kolisi/Kargosu Gönderileri
Kaynak: PHK, 2013

#### 1.4.1.1. Haberleşme gönderileri

Haberleşme amacı ile gönderimi yapılan mektup, kurumsal gönderi, posta ve tebrik kartları ile yazılı metinlerdir. Adressiz posta, kitap, dergi ve süreli yayınlar haberleşme gönderisi kapsamına girmemektedir. Bu kapsamda PHK'da haberleşme gönderisi<sup>1</sup>, *“Kitap, katalog, gazete ve süreli yayınlar hariç herhangi bir fiziksel araç üzerine yazılan veya elektronik ileti şeklinde hazırlanan, gönderici tarafından gönderi üzerinde belirtilen adrese sevk ve teslim edilmesi gereken telgraf da dâhil her türlü gönderi”* olarak tanımlanmaktadır.

#### 1.4.1.2. Posta kolisi/kargosu gönderileri

Posta kolisi veya kargosunun kapsamı, 6475 sayılı PHK'nın tanımlar başlıklı 3'üncü Maddesinde belirlenmiştir. Bahse konu maddeye göre posta kolisi veya kargosu *“Hizmet sağlayıcısı aracılığıyla yollanan ve kapsamında haberleşme niteliği taşıyan yazılar bulunmayan en fazla otuz kilogram ağırlığa veya üç yüz desimetreküp hacme sahip her türlü madde”* olarak tanımlanmaktadır. Tanım kapsamında, posta kolisi veya kargosunun, hükümdeki ağırlık ve hacme uygun olmasının yanında içeriğinde haberleşme niteliğinde yazıların bulunmaması şartı aranmaktadır.

#### 1.4.2. Posta hizmetlerinde diğer sınıflandırma çeşitleri

Posta hizmetlerinin sınıflandırılmasında baz alınan faktörlerden biri de müşteri türüdür. Müşteriler, temel olarak Kurumsal (Business) ve Bireysel (Customer) olmak üzere iki sınıftan oluşmaktadır. Buna göre, müşterilerin gönderici ve alıcı profili baz

<sup>1</sup> Haberleşme Gönderisi, PHK'da Mektup Postası olarak tanımlanmaktadır.

alınarak posta pazarının aşağıda gösterilen şekilde sınıflandırılması mümkündür (Çetin, 2007, s.51-52).

- B2B: Kurumlar arası gönderiler
- B2C: Kurumlardan bireysel müşteriye gönderiler
- C2B: Bireysel müşteriden kurumlara gönderiler
- C2C: Bireysel müşteriler arası gönderiler

Öte yandan, gönderiler hacmine göre toplu gönderiler ve bireysel gönderiler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kişisel mektuplar, bireysel gönderi sınıfı içinde sayılırken, ticari ve doğrudan gönderiler toplu gönderi kategorisine girmektedir (Çetin, 2007, s.51-52).

### **1.5. Posta Tekeli**

Tekel hakkı, belirli bir kuruluşa verilen ayrıcalığı ifade etmektedir. Tekel piyasasında bir ürünün tek satıcısı bulunmaktadır. Bu işletme, ürünün piyasadaki arzı ve fiyatlamasında söz sahibidir. Posta tekeli ise genellikle devlet tarafından belirlenen bir Posta Hizmet Sağlayıcısına (PHS), ülke içinde posta hizmetleri sağlama yetkisinin verilmesi anlamına gelmektedir. Posta tekeli, posta ve paketlerin toplanması, sıralanması, taşınması ve teslimatı dahil olmak üzere tüm posta pazarında kontrolün genellikle kamu idaresi olan bir PHS'ye verilmesi olarak da açıklanabilmektedir (Aygün, 2009). Özetle, tekel kapsamında belirlenen hizmetlerin yürütülmesinde yalnızca belirlenen PHS yetkili olup, diğer kuruluş veya şirketlerin bu hizmetleri sağlama ve belirlenen PHS ile rekabet etme izninin olmadığı pazar, tekel piyasasıdır.

Ülkemizde geçmiş tarihte yürürlükte olan 5584 sayılı Posta Kanunu ile posta sektöründe tekel yaratılarak tekel hakkı Posta ve Telgraf Teşkilatı'na (PTT) verilmiştir. Posta Kanunu'nda tanımlandığı şekliyle bu tekelin kapsamı "açık ve kapalı mektuplar ve yazılı iletişim içeren kartları" içermekteydi (Büyüktanır, 2022). Bir başka deyişle, PTT yazılı içerikli mektup ve kartların toplanması, tasnifi, taşınması ve teslimi üzerinde münhasır kontrole sahipti.

2013 yılında yürürlüğe giren PHK ile posta tekeli yeniden düzenlenmiştir. Posta tekeli, 6475 sayılı Kanunun 6'ncı Maddesinin birinci fıkrasında düzenlenmektedir. Buna göre;

- a) Temel ücret göz önünde bulundurularak Kurumun<sup>2</sup> önerisi ve Bakanlığın teklifi ile Cumhurbaşkanı tarafından ağırlığı veya ücreti belirlenen yurt içi ve yurt dışı haberleşme gönderilerinin kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki, dağıtımı ve teslimi
- b) 4/1/1961 tarihli ve 213 sayılı Vergi Usul Kanununun elektronik tebliğe ilişkin hükümleri saklı kalmak kaydıyla, 7201 sayılı Tebligat Kanunu ve diğer kanunlar kapsamındaki elektronik ortam dâhil her türlü tebligatın kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki, dağıtımı ve teslimi
- c) Barışta Türk Silahlı Kuvvetlerinin posta hizmetleri
- d) Postada alınacak ücretleri gösteren posta pulları, kişisel pul, anma pulları, posta kartları ve ilk gün zarflarının bastırılıp satışa çıkarılması, tekel kapsamına alınmıştır.

Öte yandan, PHK'nın 6'ncı Maddesinin ikinci fıkrasında yer alan *"Birinci fıkranın (a) bendine göre belirlenmiş olan ağırlık ve ücret limiti gönderi içerisindeki haberleşme mahiyetindeki maddeye ilişkindir. Reklam, tanıtım, broşür gibi maddelerin ilavesi suretiyle ağırlığın aşılması veya değişik promosyon ve iskonto usulleri uygulanarak ücret limitinin dışına çıkılması posta tekelinin ihlali sayılır"* şeklindeki hüküm ile posta tekel ihlalleri düzenlenmiştir. Mezkûr Kanunun 6'ncı Maddesinin üçüncü fıkrasında ise *"Posta tekeli ihlal edenler, bu ihlal kapsamındaki gönderiler için evrensel posta hizmet yükümlüsünce belirlenen posta ücretinin on katı tutarında meblağı evrensel posta hizmet yükümlüsüne tazminat olarak ödemekle yükümlüdür. Bu tazminat, evrensel posta hizmet yükümlüsüne irat kaydedilir. Bu kapsamda tespit edilen gönderiler, evrensel posta hizmet yükümlüsü tarafından gecikmeksizin alıcısına sevk*

---

<sup>2</sup> PHK kanununda Kurum tabiri BTK için kullanılmıştır.

*edilir. Posta tekeli ihlali hakkındaki yaptırımlara ilişkin diğer mevzuat hükümleri saklıdır”* hükmüne yer verilerek ihlal durumunda uygulanacak yaptırımlar hükme bağlanmıştır.

Yukarıda açıklandığı üzere posta tekeli uygulaması, hizmetin devlete ait kurumlar tarafından sağlandığı birçok ülkede yaygın bir uygulamadır. Bununla birlikte posta hizmetlerinin serbestleşmesinden sonra posta tekeline duyulan ihtiyaç ve tekel kapsamı sorgulanmaya başlanmıştır (Eser, 2014). Buna rağmen posta tekel alanı mevzuatla korunmakta ve tekel ihlallerine yaptırım uygulanmaktadır. Aygün (2009)’e göre posta tekelinin korunması ile kırsal bölgelere yapılan yüksek maliyetli posta hizmeti maliyetinin karşılanması amaçlanmaktadır. Benzer şekilde, Gökdemir (2014, s.68) de tekel uygulamasını, *“evrensel hizmet yükümlülüğün finansmanının karşılanması amacıyla tanınan bir hak”* olarak değerlendirmektedir.

Posta tekeli son yıllarda tartışma konusudur. Kimileri posta tekelinin sürdürülebilirliği için tekelin gerekli olduğunu savunurken, kimileri de rekabeti ve yenilikçiliği kısıtladığını ileri sürmektedir. Ancak, tekelin mutlak olmadığını ve herhangi bir ihlal durumunda düzenlemelere ve cezalara tabi olduğunu belirtmek önemlidir. Bu durum posta hizmetlerinin, özellikle uzak bölgelerde yaşayanlar olmak üzere, tüm vatandaşlar için erişebilir ve uygun fiyatlı hizmet olarak kalmasını güvence altına almaktadır. Ayrıca, Aygün (2009) ve Gökdemir (2014, s.68)’in de belirttiği gibi, tekelden elde edilen gelirler evrensel posta hizmetlerinin finansmanını desteklemek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, posta tekelinin korunması, tüm vatandaşlar için etkin ve uygun fiyatlı posta hizmeti sunulmasının sağlanmasında önemli bir araç olarak görülebilmektedir.

Coğrafi olarak şehir merkezlerine uzak ve ulaşımı zor olan bölgelere hizmet ulaştırılmasının maliyeti yüksektir. Ülke geneli tek fiyat uygulaması nedeniyle, bu bölgelere yapılan hizmetlerin maliyeti, karlılık düzeyini oldukça düşürerek zarar etme riski oluşturmaktadır. Bu durum, maliyet-karlılık yaklaşımının doğal sonucu olarak posta hizmet sağlayıcıların bu bölgelere kaliteli ve sürekli bir hizmet sunmalarını

zorlaştırmaktadır. Posta tekeli kapsamında elde edilecek düşük maliyet ve yüksek karlı kazancın, düşük marjlı ve gönderi trafiğinin az maliyetin yüksek olduğu kırsal bölgelere evrensel hizmet yükümlülüğü kapsamında kullanılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak kırsal bölgelere hizmet ulaştırılmasının finansmanında, bu konudaki posta tekeli yaklaşımı önemli bir araç olarak görülmektedir (Gökdemir, 2014).

Evrensel hizmet yükümlüsüne tekel hakkı tanınarak tekel kapsamında sunulan hizmetlerden düşük maliyetli pazara girişler engellenmektedir. Böylece, evrensel hizmetin sağlanmasından kaynaklanan mali kayıplar, çapraz sübvansiyon yöntemi ile maliyeti düşük karlılığı yüksek bölgelerden karşılanmaktadır.

#### **1.6. Posta Hizmetlerinde Evrensel Hizmet Yükümlülüğü**

Posta hizmetleri, tarih boyunca sosyal bütünleşme için temel bir araç olmuştur. Özellikle modern dönemde, teknolojik gelişmelerle birlikte posta hizmetleri de büyük değişim göstermiştir. Artık sadece mektup ve posta göndermekle sınırlı kalmayıp fatura ödemelerinden bankacılık işlemlerine kadar birçok alanda hizmet sunulmaktadır. Ayrıca, e-ticaret platformlarından ürün satın alma veya ürün satma işlemlerinde, ürünün posta şebekesi ile iletilmesi nedeniyle bu sektörün önemi artırmıştır. Bu sayede, gelinen noktada posta hizmetlerinin toplumun her kesimine ulaşmasının zaruri olduğu bir durum ortaya çıkmıştır.

Evrensel posta hizmeti, ülkedeki tüm vatandaşların belirli posta hizmetlerine, asgari kalite ve karşılanabilir fiyatlarla erişiminin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Bu hizmet kapsamında, detayları ülkeden ülkeye değişmekle beraber, tüm vatandaşların posta gönderebilme ve alabilme haklarının garanti altına alınması yer almaktadır. Bu sayede, toplumun her kesiminin iletişim kurabilmesi ve teknolojik gelişmelerden faydalanabilmesi sağlanmaktadır (Irmak, 2008).

Öte yandan, evrensel hizmet sunumu, tüm vatandaşların belirli hizmetlere erişimini garanti altına alan bir sosyal politika aracıdır. Özellikle, kırsal bölgelerde yaşayan ve hizmetlere erişimde zorluk yaşayan vatandaşlar için evrensel hizmet sunumu önem

arz etmektedir. Bu açıdan, posta hizmetleri, sosyal bütünleşme ve demokrasinin etkinliği için önemli bir rol oynamaktadır. Evrensel posta hizmeti, bölgesel gelişmişlik farklarının azaltılmasında ve gelirin yeniden dağıtılmasına katkı sağlamaktadır. Hizmete erişim imkanları kısıtlı olan vatandaşların, posta hizmetlerinden eşit bir şekilde yararlanması sağlanmaktadır. Ayrıca, evrensel hizmetlerin kapsamı belirlenirken ülkenin sosyal, kültürel, ekonomik ve teknolojik koşulları göz önünde bulundurulmaktadır. Bu sayede, hizmetlerin her bölgede benzer kalitede ve vatandaşların ihtiyacına uygun sunulması hedeflenmektedir (Irmak, 2008).

Sonuç olarak evrensel posta hizmeti, bu hizmetlerin tüm vatandaşlara eşit ve adil bir şekilde ulaştırılmasını garanti altına alarak sosyal bütünleşmeyi güçlendirmektedir. Evrensel posta hizmeti bir ülkedeki özellikle coğrafi olarak dezavantajlı bölgelerde yaşayan vatandaşların posta hizmetlerine erişimini sağlayan önemli bir araç olarak görülmektedir.

Daha önce vurgulandığı üzere posta tekelinin temel dayanağının evrensel hizmet finansmanının karşılanması olduğu bilinmektedir. Coğrafi ve fiziki şartlar ne olursa olsun tüm vatandaşlara belli bir kalitede ve sürekli hizmet verme gayreti, evrensel hizmet yükümlüsüne önemli bir maliyet oluşturmaktadır. Bu maliyet, çapraz sübvansiyon ile tekel kapsamında karlı bölgelerden elde edilen gelirden karşılanmaktadır. Evrensel hizmet yükümlüsüne tekel hakkı tanınarak rekabete maruz kalmadan hizmet vermesi sağlanmakta, bu alandan elde edilen yüksek gelir evrensel hizmetin finanse edilmesinde kullanılabilir (Aygün, 2009).

Ülkemizde PTT bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Ülkemizde kamu kurumlarının tebligat postaları, Türk silahlı kuvvetlerinin posta hizmetleri ile ağırlığı ve ücreti Cumhurbaşkanı tarafından belirlenen yurt içi ve yurt dışı haberleşme gönderilerinin kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki ve teslimi PHK'nın "Posta Tekeli" başlıklı 6'ncı Maddesi ile PTT tekeline bırakılmıştır. Diğer taraftan, PHK'nın 14'üncü Maddesinin birinci fıkrasının (a) bendinde *"iki kilograma kadar olan posta gönderileri ile yirmi kilograma kadar olan posta ve kargo kolileri"* evrensel posta hizmeti kapsamına

alınmıştır. PTT hem posta tekeli hem de evrensel hizmet yükümlüsü olarak faaliyet göstermektedir.

Evrensel hizmet kavramı, Avrupa Birliği (AB) nezdinde ilk olarak 1987 yılında yayınlanan Yeşil Kitap<sup>3</sup> ile gündeme gelmiştir. Yeşil kitap, AB’de telekomünikasyon sektörünün serbestleşmesini, tekel hakkı kapsamında olan PHS’lerin özelleştirilmesini sağlamaya yönelik önemli bir adım olmuştur. Bu belge, telekomünikasyon ve posta sektörünün rekabete açılmasını ve bu kapsamda düzenleyici otoritelerin kurulmasını içeren belge niteliği de taşımaktadır. Yeşil kitap, AB’de evrensel hizmeti teşvik etmeyi planlayan gelecekteki politikaların da temelini oluşturmuştur (Aktepe, 2022).

Posta sektöründe serbestleşme, özel sektörün pazara girmesi ve rekabetin artmasıyla sonuçlanmıştır. Ancak, serbestleşmenin olumlu sonuçlarının yanı sıra bazı olumsuz etkileri de görülmüştür. Özellikle, posta sektöründe faaliyet göstermeye başlayan işletmelerin sadece karlı bölgelerde hizmet vermeyi tercih etmeleri, evrensel hizmet kavramının oluşmasında başat bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bu durum, evrensel hizmetin temel ilkesi olan tüm bölgelere eşit hizmet sunmayı göz ardı ettiğinden, posta sektörünün serbestleşmesi ile birlikte evrensel hizmetin korunması ve geliştirilmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması büyük önem taşımaktadır.

### **1.7. Posta Sektöründe Serbestleşme**

Başlangıçta birçok ülkede, posta ve telekomünikasyon hizmetlerinin aynı ekonomik kapsama sahip olduğu değerlendirilmekteydi. Bu nedenle, posta ve telekomünikasyon hizmetleri tek bir kamu kuruluşu tarafından bir arada sağlanmaktaydı. Ancak, teknolojideki gelişmeler ve iletişim yöntemlerindeki yeniliklerle birlikte, her iki

---

<sup>3</sup> Yeşil Kitap (Green Paper): Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belli bir konuyu AB üye ülkeleri düzeyinde tartışmaya açmak ve bütün tarafların fikir üretmelerini sağlayarak konuyu olgunlaştırmak amacıyla hazırlanan temel belgedir. Yeşil Kitap, Avrupa Birliği Komisyonu'nun bir "niyet göstergesi" olup mevcut politikalar açısından uyulması zorunlu bir belge değildir, ancak gelecekteki politikaların oluşumuna basamak teşkil etmesi açısından önemlidir (Henkoğlu & Yılmaz, 2013, s.460).

sektörün farklı teknolojik yapılara sahip olduğu görülmüş ve posta ve telekomünikasyon hizmetleri olmak üzere iki farklı yapı şeklinde ayrılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu ayrıştırma, serbestleşme öncesindeki en temel adım olup rekabet ortamının oluşması ve hizmet kalitesinin artması açısından önemli bir gelişme olarak görülmektedir (Aktepe, 2022, s.59-63).

1990 yılların sonu itibari ile AB’de posta hizmetlerinde serbestleşme süreci yürütülmüştür. Bu süreçte, posta hizmetlerinde rekabetçi ve verimli bir pazar oluşturmak ve üye ülkeler arasında pazar birliği sağlamak amaçlanmıştır (Gökdemir, 2014, s.26). 1997 yılında kabul edilen Birinci Posta Direktifi ile evrensel hizmet kavramı getirilerek ve pazar için düzenleyici bir çerçeve oluşturularak serbestleşmenin ilk adımı atılmıştır. Bu direktif, 2002 yılında revize edilerek daha fazla serbestleşme ve piyasa entegrasyonuna olanak tanıyan İkinci Posta Direktifi kabul edilmiştir. Son olarak 2008 yılında yayınlanan Üçüncü Posta Direktifi ile birlikte posta pazarındaki serbestleşme süreci tamamlanmıştır.

AB içinde posta sektörü, ülkeler arası ticaret ve iletişimde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sektörün düzenlenmesi ve rekabete açılması AB’nin temel hedeflerinden biri olmuştur. Bu doğrultuda, Avrupa Posta Direktiflerinin temel amacı, AB içinde posta sektörü için düzenleyici bir çerçeve oluşturmak, pazarı rekabete açmak ve rekabeti teşvik etmek olmuştur. Bu direktifler, buldukları yer ne olursa olsun tüm AB vatandaşlarına uygun fiyatlı ve erişilebilir posta hizmetinin ulaştırılmasını amaçlamaktadır (Jaag, 2014).

Avrupa Posta Direktifleri ile, posta sektörünün düzenlenmesi ve rekabete açılmasında önemli adımlar atılmıştır. Bu direktifler, posta hizmet sağlayıcıların hak ve yükümlülüklerini tanımlamakta ve lisans gereklilikleri, kalite standartları ve tüketici koruma önlemleri gibi konular başta olmak üzere posta hizmeti sağlayıcılarının hak ve yükümlülüklerinin genel çerçevesini belirlemektedir. Ayrıca, direktifler posta sektörünün denetlemesi için bağımsız düzenleyici otoritelerin kurulması gibi önemli konuları da içermektedir. Bu sayede, posta sektörünün denetlenmesi ve tüketici

haklarının korunması amaçlanmaktadır. Sonuç olarak, Avrupa Posta Direktifleri ile hem tüketicilere hem de işletmelere fayda sağlayan rekabetçi bir posta pazarının oluşturması hedeflenmektedir (Jaag, 2014).

### **1.8. Ülkemizde Posta Hizmetlerinin Mevcut Durumu**

Ülkemizde posta hizmetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi amacıyla 2013 yılında 6475 sayılı PHK yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla birlikte posta gönderilerinin kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki, dağıtımı ve teslimi gibi tüm süreçler, yetkilendirilmiş hizmet sağlayıcıları tarafından gerçekleştirilebilmektedir.

Posta hizmetlerinin sunulması ve bunun için gerekli alt yapının kurulup işletilebilmesi için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yetkilendirilmiş olmak gerekmektedir. Şirketlerin yetki belgesi alabilmeleri için 03/06/2014 ve 29019 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Posta Sektörüne İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliği’nin “Yetkilendirme Başvuru Şartları” başlıklı 6’ncı Maddesinde belirtilen şartları taşımaları gerekmektedir. Kurum, başvurusu onaylanan şirketlere il/iller bazında veya ulusal bazda olmak üzere yetki belgesi düzenlemektedir.

Ulusal düzeyde yetkilendirilen hizmet sağlayıcılar, tüm yurt çağında posta hizmeti sunabilmekteyken, il düzeyinde yetki belgesi alan PHS’ler sadece yetkilendirildikleri ilin sınırları içerisinde hizmet verebilmektedirler. Birden fazla ilde yetkilendirilen hizmet sağlayıcılar ise yetkilendirildikleri il sınırları içinde ve bu iller arası posta hizmeti sunmaya ve gerekli alt yapıyı kurup işletebilmeye yetkili olmaktadır.

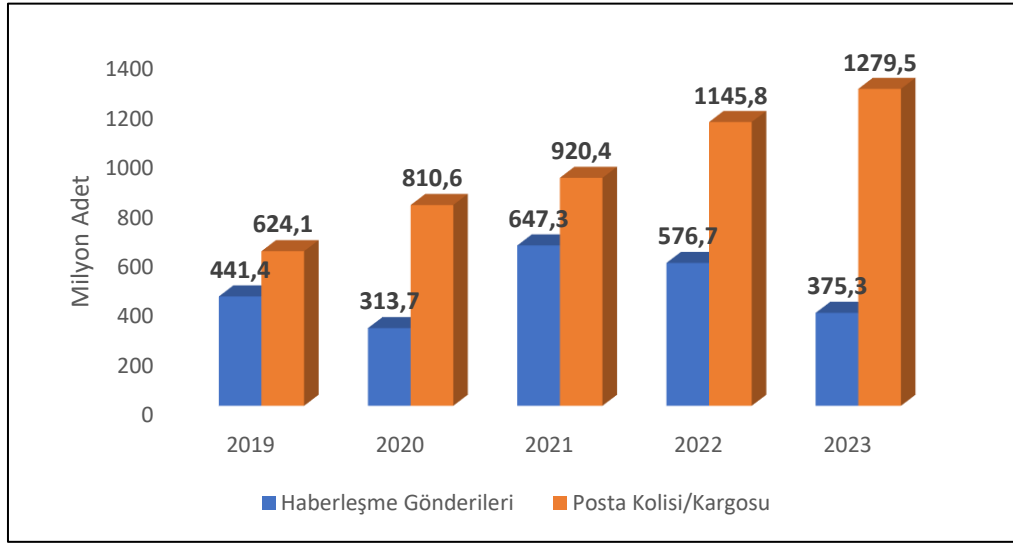
#### **1.8.1. Posta ve trafik hacimleri**

Ülkemizde 2023 yıl sonu itibariyle 50 adet PHS bulunmaktayken posta acente/şube sayısı 10.036 adettir.

Ülkemizdeki posta trafik ve hacimlerine ilişkin son veriler incelendiğinde, 2023 yılında Ülkemizin posta hizmet ağı üzerinden 375,3 milyon haberleşme gönderisi ve 1 milyar 279,5 milyon koli/kargo gönderisiyle birlikte toplamda yaklaşık 1 milyar 655 milyon

adet gönderinin taşındığı görülmektedir. Ülkemizdeki posta trafiğinin %22,7'sinin haberleşme gönderilerinden, %77,3'ünün ise koli/kargo gönderilerinden meydana geldiği dikkat çekmektedir. Bu veriler ile birlikte 2019-2023 yılları arasında Ülkemizin posta trafiğinde gerçekleşen değişim ayrıntılı olarak sunulmaktadır (Şekil 1.3).

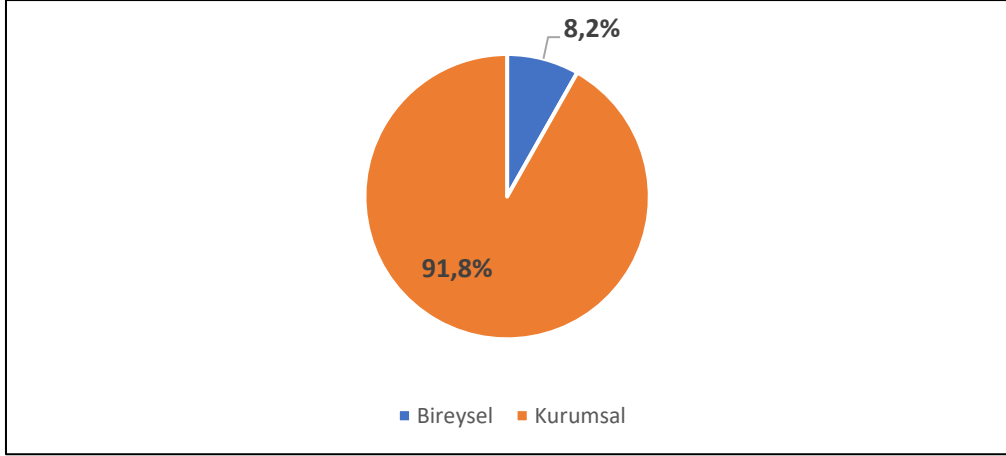
Şekil 1.3. Ülkemizdeki Posta Trafiğinin Yıllara Göre Dağılımı



Kaynak: BTK, 2023

Posta gönderilerin gönderici bazındaki dağılımı, posta sektörünün gerçek ve tüzel kişilerce kullanılmasındaki etkinliği açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda, 2023 yılının son altı ayını temsil eden veriler çerçevesinde posta gönderilerinin gönderici bazındaki dağılımı Şekil 1.4'te gösterilmektedir. Buna göre, haberleşme gönderileri haricinde kalan posta gönderilerinin %91,8'i kurumsal müşteriler tarafından gönderilmiştir. Geriye kalan %8,2 oranındaki gönderi ise bireysel müşteriler tarafından gönderilmiştir. Kurumsal müşterilerin posta sektöründeki etkinliğini, işletmeden tüketiciye veya işletmeden işletmeye gerçekleşen e-ticaret gönderilerinin yoğunluğuna bağlamak mümkündür.

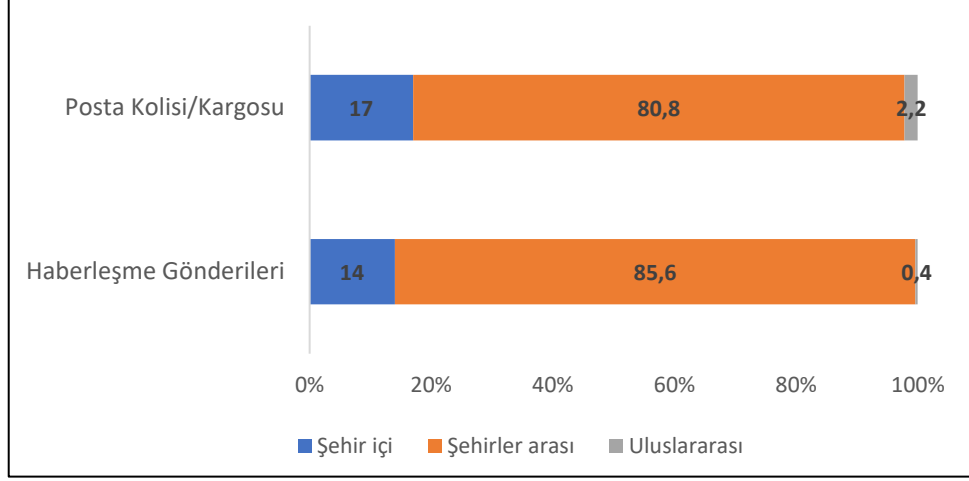
Şekil 1.4. Posta Koli/Kargosu Gönderici Bazında Dağılımı



Kaynak: BTK, 2023

Diğer taraftan, posta gönderilerini, teslim yerlerine göre şehir içi, şehirlerarası ve uluslararası olmak üzere üç grupta değerlendirmek mümkündür. Şekil 1.5'te sunulan 2023 yılının son altı ayına ait istatistiklere göre, posta gönderilerinin büyük bir çoğunluğu kabul edildiği şehirden farklı bir şehre teslim edilmiştir. Buna göre, haberleşme gönderilerinin %85,6'sı ile diğer gönderilerin %80,8'i şehirlerarası taşınmış ve başka bir şehre teslimatı yapılmıştır. Ayrıca, aynı şehir içinde taşıma ve teslimatı yapılan şehir içi gönderim sayısı daha düşük seviyededir. Haberleşme gönderilerinin %14'ü ile koli/kargo gönderilerinin %17'sinin teslimat adresleri şehir içi olarak gerçekleşmiştir.

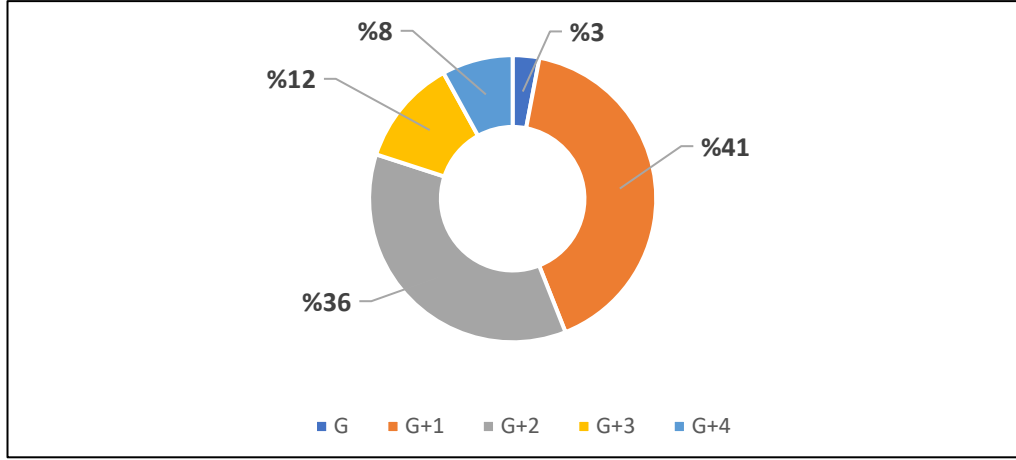
Şekil 1.5. Gönderi Türüne Göre Teslimat Adresleri



Kaynak: BTK, 2023

Öte yandan, Ülkemizde posta gönderilerin teslimat süreleri incelendiğinde, yurt içi kargo kolisi gönderilerinin büyük bir kısmının kabul tarihinden itibaren iki gün içinde teslim edildiği görülmektedir. Ülkemizdeki kargo kolisi gönderilerinin kabul tarihi referans alınarak belirlenen teslimat sürelerine göre, gönderilerin %3'ü kabul edildiği gün, %41'i kabulden sonraki gün, %36'sı kabulden sonraki ikinci gün ve %20'si kabulden itibaren geçen üçüncü ve dördüncü günde teslim edilmiştir (Şekil 1.6).

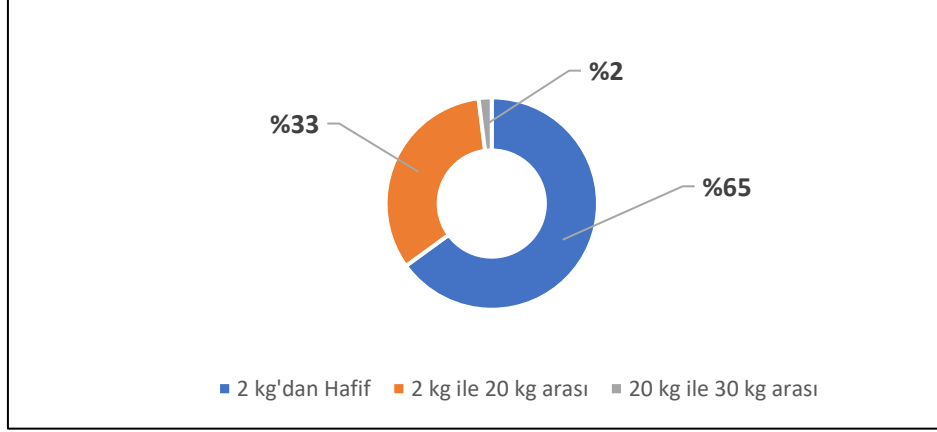
Şekil 1.6. Posta Koli/Kargosu Teslimat Süreleri



Kaynak: BTK, 2023

Ayrıca, posta gönderilerin ağırlıklarına göre sınıflandırılması da ayrı önem taşımaktadır. Genel olarak posta ağında çeşitli ağırlık ve boyutta gönderiler taşınmaktadır ve bu gönderilerin ağırlıklarına göre kategorize edilmesi etkili ve verimli bir posta hizmeti açısından önemlidir. Ülkemizde, posta ağı üzerinden taşınan kargo gönderilerinin %65'i, 2kg'dan hafif olan gönderilerden oluşmaktayken %33'ünün ağırlığı 2 ile 20 kg arasında değişmektedir. Kargo gönderilerinin yalnızca %2'lik bir kısmı 20 kg ve üzerindeki kolilerden oluşmaktadır (Şekil 1.7).

Şekil 1.7. Posta Kolisi/Kargosu Gönderilerinin Ağırlık Bazında Dağılımı

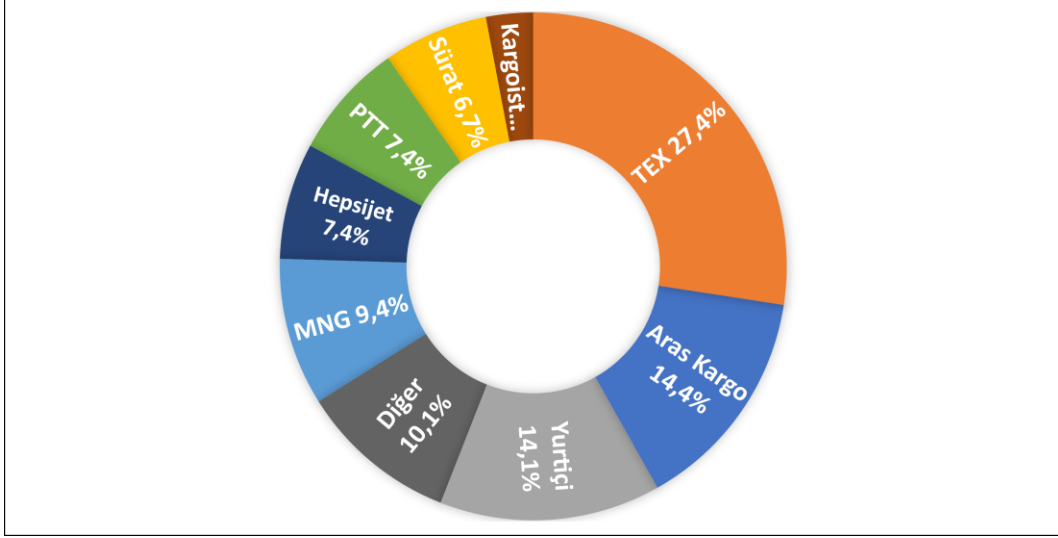


Kaynak: BTK, 2023

Ülkemizdeki posta trafiğinin oransal dağılımına bakıldığında, PTT'nin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, PTT'nin tekel kapsamındaki haberleşme gönderileri ile kayıtsız gönderilerdeki pazar hakimiyetidir. Bu çeşit gönderilerin toplam posta trafiğindeki payının yaklaşık %22,7 olduğu bilinmektedir (Şekil 1.3). Bu durum PTT'nin Ülkemizdeki posta trafiğinde önemli bir paya sahip olmasına neden olmuştur.

Ancak, Ülkemizde haberleşme gönderileri dışında kalan posta trafiği söz konusu olduğunda PTT'nin pazar payı daha düşüktür. Şekil 1.8'de temsil edilen ve 2023 yılı ikinci yarısında gerçekleşen verilere göre, PTT'nin kargo ve koli trafiğindeki payı %7,4 olarak gerçekleşmiştir. Öte yandan, Ülkemizdeki posta kolisi/kargosu trafiğinde Trendyol Express (TEX) %27,4'lük pazar payı ile birinci sırada yer alırken %14,4'lük oranla Aras kargo ikinci sırada yer almaktadır (BTK, 2024).

Şekil 1.8. PHS Bazında Posta Kolisi/Kargosu Gönderilerinde Pazar Payları



Kaynak: BTK, 2023

## 2. GENEL ANLAMDA İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ

### 2.1. İnsansız Hava Aracı

İnsansız hava aracı (İHA) veya popüler adıyla dron; uçak, helikopter veya hava balonu gibi uçabilen insan yapımı hava vasıtasıdır. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, yayınladığı Havacılık Terimleri Sözlüğünde İHA için aşağıdaki tanımları kullanmaktadır:

İnsansız hava aracı sisteminin bir bileşeni olarak işletilen, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde (insan) pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracı

Benzer bir tanım Amerikan Havacılık ve Uzay Enstitüsü tarafından yapılmıştır. Buna göre İHA, bir uçuş operatörü tarafından başlatılan elektronik komutlar veya operatör müdahalesi gerektirmeden yerleşik bir otonom<sup>1</sup> uçuş kontrol sistemi tarafından çalıştırılan ve içinde insan pilot taşımayacak şekilde tasarlanmış bir hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Sebbane, 2016).

Günümüzde İHA kontrolü, genel olarak insan pilot tarafından uzaktan yapılmaktadır (Xie vd., 2023). Uzaktan kumanda sistemleri, pil teknolojisi, navigasyon ve imalat sistemlerindeki gelişmelerle birlikte insan varlığının bulunmasının zor, tehlikeli veya imkânsız olabileceği durumlarda kullanıma oldukça müsait çeşitli İHA'lar geliştirilmektedir (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

İHA, günümüzde sivil ve askeri birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle yüksekten uçabilme ve hızlı manevra yapabilme kabiliyetleri nedeniyle kullanım alanları her

---

<sup>1</sup> Otonom: Bağımsız, dıştan bir kontrol olmadan hareket edebilme özelliğidir. Otonom araçlar, belirli bir faaliyeti önceden belirlenmiş parametreler dahilinde aldıkları kararlar ile gerçekleştirebilirler. (Kamaci, 2022)

geçen gün artmaktadır. İHA'ların en önemli parçaları motor, kanat ve pervanelerdir. Bu parçalar sayesinde İHA'nın havada kalması ve hareket etmesi sağlanmaktadır. Örnek olarak, döner kanatlı İHA modellerinde, İHA gövdesi üzerine monte edilen elektrik motorları pervaneleri döndürmekte, İHA'nın havada kalması ve yön değiştirmesi pervanelerin hareketleri ile mümkün olmaktadır. Bu modellerde her bir motor bir pervaneye bağlıdır ve pervanelerin dönüş hızlarının değiştirilmesi ile aşağı veya yukarı, ileri veya geri, sağa veya sola doğru hareket gerçekleştirilmektedir. İHA'nın ileri yönde hareket etmesi için ön pervanelerin yavaşlatılması ve arka pervanelerin hızlandırılması gerekmektedir. Benzer olarak, sola doğru hareket etmek için sol tarafta bulunan pervanelerin dönüş hızı azaltılmakta ve aksi yöndeki pervanelerin dönüş hızları ise arttırılmaktadır.

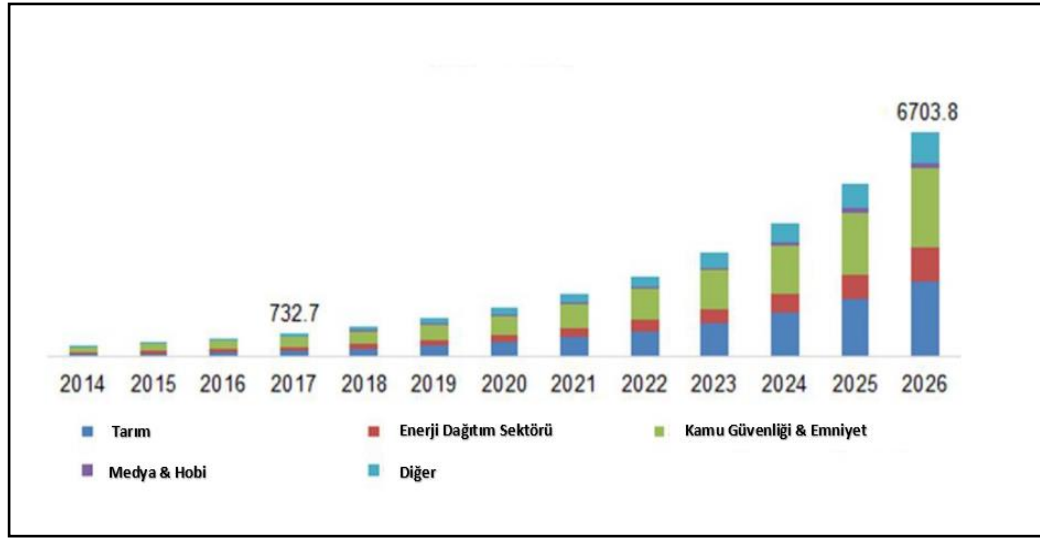
Günümüzde İHA uygulama alanları olağanüstü biçimde çeşitlenmiştir. Afet izleme, arama kurtarma, orman yangını takibi, yangın söndürme, kargo/koli teslimatı, trafik denetimi, inşaat ve yapı işleri, enerji hatların izlenmesi ve denetimleri ile hassas tarım uygulamalarında İHA kullanımına rastlanmak mümkündür. Özellikle, insan hayatı için tehlike arz eden kritik işlerde İHA kullanımı olmazsa olmaz bir önem taşımaktadır (Mohsan vd., 2022).

Savaş veya afet bölgelerinde ulaşılması zor olan alanlara insani yardım malzemelerinin ulaştırılmasında ve kan, organ veya ilaç gibi tıbbi ürünlerin hastanelere, kaza yerlerine veya hasta evlerine acil olarak ulaştırılmasında İHA'lar büyük avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, yemek siparişlerinin hızlı ve güvenli şekilde teslim edilmesi için de İHA kullanılmaktadır. Örneğin, sipariş edilen sıcak içeceklerin soğumadan uzak bir bölgede bulunan müşteriye teslim edilmesi gibi uygulamalar hayata geçirilmiştir. Havayolundan ulaşım seçeneği, geleneksel karasal ulaşımında karşılaşılabilecek ön görülemeyen kaza, trafik, gecikme durumlardan etkilenmemektedir. Bu nedenle aciliyet gerektiren, hız ve zamanın çok önemli olduğu durumlarda İHA'lar en uygun potansiyel araç olarak öne çıkmaktadır.

Son on yılda İHA'lar, tüketici elektroniği pazarında önemli bir yer edinmiş ve artık bilgisayar ve cep telefonları gibi günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir. Özellikle hobi ve fotoğrafçılık amacıyla kullanılan küçük modellere teknoloji marketlerinde erişmek mümkündür (Mohsan vd., 2022).

İHA'ların işlevselliği ve kolay kullanımı çeşitli endüstrilerdeki ihtiyaçların karşılanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle İHA pazarı her geçen gün büyüyerek tüketiciler ve endüstri için vazgeçilmez bir teknoloji olmaktadır. Bu bağlamda, Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) farklı sektörlerdeki ticari İHA pazarının büyüklüğünün, 2026 yılında 6.7 milyar dolar seviyesini aşacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2.1).

Şekil 2.1. ABD Sektör Bazlı Ticari İHA Pazarının Gelişimi



Kaynak: Mohsan vd., 2022

İHA teknolojisi, savaş yöntemlerinde de köklü bir değişikliğe sebep olmaktadır. Günümüzün modern savaşlarında, İHA kullanımında yeni yaklaşımlar benimsendiği görülmektedir. Geçmişte öncelikle keşif ve gözetleme amacıyla kullanılan İHA'lar artık hava saldırılarında doğrudan bir patlayıcı silah rolü üstlenmişlerdir. Kamikaze dron olarak adlandırılan bu İHA'lar, FPV (First Person View- Pilot Gözü ile Görüş) ile kontrol edilmekte ve düşman hedeflerine çarpmak ve patlama gerçekleştirmek suretiyle

saldırı gerçekleştirmektedir. Pilot gözü ile görüşlü kamikaze dron saldırıları, Rusya-Ukrayna savaşında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kullanım yönteminde, İHA tarafından operatöre gerçek zamanlı ve düşük gecikmeli video görüntü iletimi sağlanarak hedefe doğru yönlendirmenin yapılmasına olanak tanınmaktadır. Bu saldırılarda genellikle patlayıcı yüklü bir dron kullanılmaktadır. Sonuç olarak, İHA'ların avantajlı özelliklerini her alanda kullanmak mümkündür.

Önümüzdeki yıllarda Nesnelerin İnterneti (IoT) ve 5G hücreli ağ teknolojisinin tamamen hayata geçmesiyle, İHA'ların karasal hücreli ağlara entegre edilmesi kaçınılmaz olacaktır. IoT teknolojisinin kullanımı ve akıllı şehir uygulamaları ile birlikte evlerde ve sokaklarda bulunan her bir nesnenin internet ağına bağlanması beklenmektedir. Bu nedenle, internete bağlı cihaz sayısının da büyük ölçüde artması kaçınılmaz olacaktır. Bununla birlikte, her yerde yüksek hızlı geniş bant bağlantı sağlamak, 5G ve ötesi hücreli teknolojiler için en temel zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak bahsi geçen dönemde, mobil trafik hacminin önemli ölçüde (yaklaşık 1.000 kat) artması beklenmektedir. Bu artan talebin karşılanması için yeni yöntem ve stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir (B.Li vd., 2019).

Bu noktada, esnek hareket kabiliyetleri ve konumlandırma avantajları nedeniyle İHA'lar, hücreli ağlara entegre olarak havadan ağ hizmeti sunan birer geçici baz istasyonu olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Özellikle spor etkinlikleri gibi nüfus yoğunluğunun geçici olarak artış gösterdiği alanlarda İHA destekli hücreli şebeke hizmetinin hayata geçmesi beklenmektedir (Gu & Zhang, 2023).

## 2.2. Tarihçe

İHA'lar günümüzde askeri, sivil ve bilimsel birçok alanda kullanılmaktadır. Ancak, İHA teknolojisinin tarihsel süreci incelendiğinde, diğer birçok teknolojide olduğu gibi keşif ve geliştirme aşamalarının askeri alanda gerçekleştiği görülmektedir. İHA'nın askeri alandaki gelişiminden sonra sivil kullanım alanlarının da giderek arttığı ve günümüzde günlük hayatta görmeye başladığımız bir teknoloji haline geldiği dikkat çekmektedir.

1849 yılında Avusturya kuvvetleri tarafından Venedik saldırısında kullanılan bomba yüklü hava balonları, İnsansız hava araçlarının tarihte bilinen ilk kullanımı olarak kabul edilmektedir (Barrera, 2020). Avusturyalılar bu balonları kontrol etmek ve yönlendirmek için elektrik telleri kullanmışlardır (Jiati, 2021).

1918 yılında, uzaktan kumandalı ilk hava torpidosu olan “Kettering Bug” icat edilmiştir. Uçan torpido Kettering Bug, önceden belirlenmiş bir rota boyunca havada hareket edebilme özelliğine sahipti. 1917 yılına gelindiğinde ise İngiliz Kraliyet Hava Kuvvetleri tarafından Upavon hava kuvvetleri istasyonunda bir uçuş denemesi gerçekleştirildi. Bu uçuş denemesinde pnömatis bir rampadan fırlatılan ve yerden radyo dalgaları ile yönlendirilen “Aerial Target” isimli tek kanatlı uçak, dünyada radyo kontrolü ile uçan ilk motorlu İHA olarak bilinmektedir (THK, 2024).

1930 senesine gelindiğinde İngiliz Kraliyet Deniz Donanması, pilotların hedef çalışmasında kullanılmak üzere “Queen bee” adı verilen ve telsizle kontrol edilebilen uzaktan kumandalı İHA modelini geliştirmiştir. Queen bee<sup>2</sup>, savaş uçaklarında görev yapan pilotların eğitim tatbikatlarında, insanlı uçak yerine kullanılan bir hedef uçak türüdür. Bu çalışma, İHA teknolojisi için genel bir tabir olarak kullanılan dron teriminin esin kaynağı olmuştur. Amerikan Deniz Kuvvetleri personeli, İngiltere ziyaretlerinde Queen bee adı verilen hedef uçağı çalışmalarını görmüş ve daha sonra bu çalışmadan etkilenerek yaptıkları insansız hedef uçağına “erkek arı” anlamına gelen “Drone” ismini vermişlerdir (Karaağaç, 2018;Custers, 2016).

İkinci Dünya Savaşında İHA’lar ya bomba atması için ya da bomba olması için kullanılmaktaydı. Bu tarihte Radioplane şirketi tarafından Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ordusu için üretilen 15.000 adet Radioplane OQ-2 modeli ilk seri üretim İHA olarak kabul edilmektedir. Radioplane OQ-3 modeli de savaş boyunca yaygın kullanılan diğer bir İHA modeli olmuştur. Bu dönemde kullanılan İHA’lar mancınık

---

<sup>2</sup> Queen Bee, İngiliz dilinde “Sosyal arı kolonisinde, üreme yeteneğine sahip tek dişi arı, Kraliçe Arı” anlamına gelmektedir (OED, 2024).

sistemi ile fırlatılmakta ve bağılı paraşüt sistemi ile iniş yapması sağlanmaktaydı (Custers, 2016).

İkinci Dünya Savaşından sonra İHA'lara kamera ve aydınlatma fişegi gibi farklı kabiliyetler eklenerek kullanımına devam edilmiştir. İHA'lar savaş amacı dışında gözetleme ve keşif görevlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. ABD ordusunun kullandığı MQM-57 Falconer havadan keşif amaçlı kullanılan ilk İHA modeli olmuştur (Custers, 2016).

Soğuk savaş döneminde teknolojik alanda yaşanan rekabet, İHA teknolojisi açısından da önemli gelişmelere neden olmuştur. Bu dönemde ABD ve Sovyetler Birliği gözlem ve keşif amaçlı İHA geliştirerek askeri alanda casusluk faaliyetlerinde kullanmışlardır. 1990'lı yılların başında geliştirilen General Atomics MQ-1 Predator, gözetleme ve muharip yeteneklerini bir arada barındıran ilk İHA olma özelliği taşımaktadır (Kanat, 2023, s.19).

İHA'lar başlangıçta askeri durumlar ile keşif ve gözetleme amacıyla kullanılmışlardır. Askeri alanda kullanımının başarılı sonuçlar vermesi, İHA pazarında büyük gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Bu durum, İHA'ların diğer alanlarda kullanımının önünü açmıştır (Can & Kahveci, 2017).

Günümüzde kabiliyetleri ve özellikleri geliştirilen, üretim maliyetleri düşen, erişilmesi kolay ve nispeten ucuz hale gelen İHA'ların kullanım alanları da oldukça çeşitlenmiştir. Askeri alanda kamikaze dronlar olarak bilinen boyutları küçük ve bomba yüklü İHA modelleri modern savaş yöntemi olarak yaygın kullanılmaktadır. Sivil, kamusal ve bilimsel her alanda İHA kullanımına sıkça rastlamak mümkündür. Örnek olarak gazetecilik, arkeolojik sahaların havadan görüntülenmesi ve üç boyutlu modellerinin oluşturulmasında, maden sahalarının izlenmesinde, ulusal güvenlik amaçlı kıyı ve sınırların gözlenmesinde, insani yardım sağlık alanında, taşımacılık işlerinde, eğlence gösterilerinde İHA kullanımı yaygındır.

### 2.3. İHA Terminolojisi

İnsansız hava araçları içerisinde insan taşımayacak şekilde tasarlanmışlardır. Bir uçuş operatörü tarafından yönlendirilebilir veya herhangi bir operatör müdahalesi gerektirmeden otonom uçuş kontrol sistemi tarafından çalıştırılabilirler. Bu durum günümüzdeki tüm İHA'ların ortak çalışma prensibidir. Buna rağmen İHA literatürü oldukça çeşitlidir ve bu konu ile ilgili çalışmalarda farklı tanımlar kullanılmaktadır.

Bu çalışma ile ilgili araştırmalar incelenirken genellikle İHA ve dron terimlerinin sıklıkla birbirinin yerine kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca, ülkemizde dron ve drone şeklinde iki farklı kullanımın olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında, Türkçe yazım ve imla kurallarına daha uygun olduğu düşüncesiyle dron ifadesinin kullanılması tercih edilmiştir.

İHA veya dronlar askeri alanda keşif, gözetleme ve hedef tespiti gibi görevlerde kullanılmaktayken sivil alanda çeşitli endüstrilerde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu durum, İHA'ların çeşitliliğine ve özelliklerin farklılığına işaret etmektedir. Literatürde İnsansız Hava Aracı (UAV), Dron, Uzaktan Kumandalı Uçak (RPA/RPAs), Uzaktan Kumandalı Araç (RPV) ve İnsansız Hava Sistemleri (UAS) gibi farklı tanımlar bulunmaktadır<sup>3</sup> (Elmeseiry vd., 2021). Ancak, tanımsal çeşitliliğin aksine tüm isimlendirmeler belirli teknik farklılıklar dışında aynı anlamı taşımaktadır (Can & Kahveci, 2017).

Diğer taraftan, 1990'lı yıllarda askeri İHA alanında yaşanan gelişmeler ile birlikte önceleri dron tanımı kullanılmış daha sonra Uzaktan Pilotla Kontrol Edilen Araç (RPV)

---

<sup>3</sup> UAV: Unmanned Aerial Vehicle

RPA: Remotely Piloted Aerial Vehicle

RPV: Remotely Piloted Vehicle

UAS: Unmanned Aerial Systems, terimlerinin İngilizce dilindeki kısaltılmasıdır.

terimi tercih edilmiş ve son olarak geçtiğimiz yıllarda İHA (UAV) adlandırılması yaygınlık kazanmaya başlamıştır (Karaağaç, 2018).

İHA'ların savaş ve saldırılarda kullanılması özellikle radyo, televizyon ve gazetelerde sıkça yer alan bir konu olmuştur. Medyada yapılan bu tür haberlerde, İHA'lar genelde "dron" kelimesi ile tanımlandığı için bu durum, dron tanımının halk nezdinde kötü bir imaj bıraktığı düşüncesini beraberinde getirmiştir. Öyle ki, İHA sektör temsilcilerinin, gazetecilerle olan toplantılarında dron terimine karşı olumsuz bir algının olduğunu ve bu terimin sık kullanımından rahatsızlık duyduklarını belirttikleri ve hatta medyada dron kelimesinin kullanımını engellemeye çalıştıkları haberlere konu olmuştur (Washingtontimes, 2013).

Bununla birlikte, genel kanının aksine dron kelimesinin geniş kamuoyu üzerinde olumsuz bir algı bıraktığı düşüncesi doğru olmayabilir. ABD'de yapılan bir anket çalışmasına göre, İHA teknolojisinde kullanılan terminolojinin kamuoyu desteği ve halk tepkisi üzerinde olumlu veya olumsuz bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda askeri kökenli dron teriminin beklenenin aksine katılımcılar üzerinde olumsuz bir çağrışım yaratmadığı ortaya konulmuştur (PytlikZillig vd., 2018).

Öte yandan, Amerikan halkının İHA teknolojisine karşı olan tepkisini ölçmek için de çeşitli araştırmalar yapılmıştır. 2014 yılında yapılan ve 2015 yılında tekrarlanan bir çalışmada, katılımcıların %92'sinin "Dron" terimini, %59'unun "İHA" terimini ve %37'sinin de "İHS" terimini daha önce duymuş olduğu tespit edilmiştir. Anket çalışması, 2014 ve 2015 yıllarında tekrarlanmış ve sonuçların her iki yılda da yakın ve benzer çıktığı görülmüştür (PytlikZillig vd., 2018). Bu çalışma, halkın İHA teknolojisine ilişkin algısını anlamak açısından önemlidir. Çalışmanın yapıldığı ülkede, dron tanımının diğer tanımlara kıyasla daha fazla bilinir olduğu ve kabul gördüğü anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte, İHA teknolojisinde kullanılan terminolojik karmaşıklığın kamuoyuna yansımadağı görülebilmektedir. Sonuç olarak, İHA teknolojisine ilişkin geliştirilen

strateji ve politikalarda hangi tanımlamanın halkta daha çok karşılık bulacağına belirlenmesi için benzer çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

#### **2.4. İnsansız Hava Aracı Sistemleri-İHS**

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün (SHGM), İnsansız Hava Aracı Sistemleri (SHT-İHA) talimatına göre İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol için veri bağlantı elemanları ve çeşitli diğer uçuş sisteminin bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapıya, İnsansız Hava Sistemleri (İHS) denir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere İHA, İHS olarak adlandırılan kompleks organizasyonun bir parçasıdır ve uçuşun gerçekleşmesi için çeşitli sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda SHGM'nin ilgili konu hakkındaki tanımı, *“İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol veri bağı, kalkış ve iniş sistemi gibi uçuşun sağlanması için gerekli olan, birbirinden ayrı sistem elemanlarının bütünü”* olarak yapılmaktadır.

İHS, İHA ile İHA uçuşunun gerçekleşmesi ve kontrol edilmesinde kullanılan ekipmanların tamamını kapsamaktadır. Savunma Sanayi Başkanlığı tarafından yayınlanmış *“Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası”*nda yapılan tanıma göre İHS'nin kapsamı; hava aracı, görev sistemleri, yer sistemleri ve hava-yer tümleşik sistemlerin bir araya gelmesi ile oluşan yapı olarak belirtilmiştir (Yakar vd., 2023).

Literatürde sıkça karşılaşılan Uzaktan Kumandalı Hava Sistemleri (RPAS veya RPV), İHS tanımına karşılık gelmektedir. Bu sistemler İHA, yer kontrol istasyonu ve veri bağlantı elemanları olmak üzere 3 temel bileşenden oluşmaktadır.

İHA'ların kontrol ve yönlendirilmesi genel olarak insan operatörün bulunduğu kontrol ve yönetim merkezi olan kontrol istasyonundan yapılmaktadır. Bu kontrol; komuta, kontrol ve iletişim sistemleri ile birlikte navigasyon, sensörler ve mikroişlemciler ile sağlanmaktadır (Sebbane, 2016). Kontrol istasyonları; yerde, havada ve denizde konumlandırılabilir. İHA ile kontrol istasyonu arasındaki iletişim ise veri bağlantısı bileşenleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Kurulan bağlantı sayesinde komutlar ve verilerin İHA'ya iletilmesi sağlanmaktadır. İHA sistemleri bu ana

bileşenlere ek olarak destek ekipmanları, faydalı yük, uçuş sonlandırma sistemleri, kurtarma ve fırlatma ekipmanlarını da içerebilmektedir (Savaş, 2019).

## **2.5. İHA Temel Bileşenleri**

### **2.5.1. Gövde**

Gövde, İHA'nın temel yapısal bileşenidir. Kanatlarla birlikte aracın aerodinamik performansını belirlemektedir. Motorlar, elektronik alt sistemler ve batarya gibi bileşenlerin sabitlendiği ana yapıdır. Genellikle hafif ve dayanıklı karbonfiber kompozit malzemedен yapılmaktadır.

### **2.5.2. Kanat ve pervaneler**

Kanat, ileri doğru hareket sonucu oluşan hava akışını kullanarak hava aracının kalkışı ve havada durması için gerekli olan kaldırma kuvvetini sağlamaktadır. Yüksek irtifa ve uzun süreli uçuşlarda kullanılan İHA'lar genellikle sabit kanatlıdır (Yakar vd., 2023).

Pervane, Bernoulli prensibine göre dönme kuvvetini itme kuvvetine çeviren mekanik parçalardır. Boyutu, sayısı, eğimi ve malzeme türüne göre uçuş performansına doğrudan etkileri bulunmaktadır (Eastlake, 2022).

### **2.5.3. Motor ve batarya**

İHA sistemlerinde genel olarak elektrikli motor ve içten yanmalı motor türleri kullanılmaktadır. Bu motorların çalışması için gereken enerji, bataryalardan veya yakıt deposundan karşılanmaktadır. Elektrikli motorlar, çevre dostu ve gürültüsüz çalışma özelliklerine sahiptir. Özellikle nüfus yoğunluklu kentsel alanlarda elektrik motorlu modellerin tercih edilmesi avantaj sağlamaktadır. Bu modellerde enerji dahili bataryalardan karşılanmaktadır. Bataryaların şarj edilmesi nispeten ucuz olsa da İHA'nın menzili pil kapasitesi ile sınır olmaktadır. Ayrıca, bu tip senaryolarda İHA'nın ağırlığı ve taşıdığı yük, batarya kapasitesi açısından dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır.

Batarya teknolojisi günümüzde ilerleme kaydetmiş ve daha verimli ve uzun ömürlü kullanımlara olanak sağlanmıştır. Ancak, İHA teknolojisi için bataryaların kapasitesi ve sundukları menzil hala sınırlıdır. Bu nedenle, uzun süreli uçuş ve ağır yüklerin taşındığı görevlerde, fosil yakıtla çalışan içten yanmalı motorlu İHA modelleri tercih edilmektedir. Fosil yakıtlar, bataryalara göre daha fazla enerji ve daha uzun menzil sunmaktadır (Jiao vd., 2023).

Öte yandan, günümüzde her iki motor seçeneğinin ve her iki enerji türünün beraber kullanılmakta olduğu İHA sistemleri de bulunmaktadır. Bu sistemlere hibrit sistemler denilmektedir. Hibrit sistemlerde döner kanatlar, elektrik motor ve batarya ile birlikte sabit kanatlar, benzin/jet motoru ve yakıt tankı bir arada bulunmaktadır. Böylece uzun menzilli uçuş, sessiz çalışma ve dikey iniş ve kalkış (VTOL- Vertical Takeoff and Landing) gibi olumlu seçenekler bir arada görülmektedir (Heutger, 2024). Bir araştırmaya göre İHA pazarında bulunan %90 oranında İHA modeli batarya ile çalışan modellerdir. Batarya sisteminin voltajı, akımı, sıcaklığı ve şarj durumu gibi parametreler batarya yönetim sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Batarya yönetim algoritmaları, İHA performansının ve güvenliğinin önemli bir parçası olarak görülmektedir (Jiao vd., 2023).

#### **2.5.4. Uçuş denetleyicisi**

Uçuş denetleyicisi, İHA teknolojisinin en önemli bileşenlerinden biridir. İHA'nın beyni olarak nitelendirilebilir çünkü uçuşun kontrolünü sağlayan elektronik ekipmanların merkezi bir parçasıdır. Uçuş denetleyicisi, kamera ve sensörlerden elde edilen veri ve sinyalleri işleyerek uçuşun yönetilmesini sağlamaktadır. Genellikle mikro denetleyici olarak bilinen bu parçanın, İHA'yı tek başına kontrol ettiği durum otonom uçuş veya otopilot olarak bilinmektedir (Yakar vd., 2023).

## 2.6. İHA Yardımcı Bileşenleri

### 2.6.1. Kamera

Tüm İHA'larda kameralar standart bir donanım olarak gelmese de kameralı İHA modelleri keşif, gözetleme, fotoğrafçılık, sinema gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA'lara entegre edilen kamera sistemleri, kullanıcıların özel ihtiyaçlarına bağlı olarak görünür ışık kamerası, termal kamera, pilot gözü ile görüş (FPV) kamerası veya stereo kamerasını içerebilmektedir (Yakar vd., 2023).

### 2.6.2. Sensörler

İHA'larda kullanılan sensör tipleri, İHA'nın görevine ve uygulama alanına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ancak, uçuş için gerekli olan verileri uçuş denetleyicisine aktaran ivmeölçer, jiroskop, barometre, manyetik pusula ve GNSS sensörleri İHA'larda bulunan başlıca sensörler arasındadır (Yakar vd., 2023).

- İvmeölçer: Uçuş sırasında üç eksenin İHA'nın ivmesini ölçerek İHA'nın hareketlerinin algılanmasını sağlamaktadır. Jiroskop ile birlikte stabil bir uçuş için gereken optimizasyonu sağlamaktadır.
- Jiroskop: Üç eksenin açısal hızı algılayarak İHA'nın çevresinde dönmeden düz ve dengeli bir uçuş gerçekleştirmesini sağlamaktadır.
- Pusula: İHA'nın uçuş yönünün algılanmasında kullanılmaktadır.
- Barometre: Ortam basıncını ölçerek İHA'nın irtifasını algılamaktadır. Ölçümde deniz seviyesi veya kalkış yapılan ortamın basınç seviyesi referans alınmaktadır.
- GNSS sensörleri: İHA'nın konumunu belirlemek için uydu sinyallerini alarak hassas konumlandırma yapmaktadır.

### 2.6.3. Faydalı yükler

İHA'nın uçuşu için gerekli olan temel ve yardımcı bileşenlerin yanı sıra bilgi toplama, algılama, yük taşıma gibi işlemler için kullanılan veya göreve özel olarak eklenen

faydalı yükler de bulunmaktadır. Bu faydalı yükler, İHA'nın görevine ve kullanım amacına göre değişebilmektedir.

Sivil amaçlı İHA'lar için bazı kamera çeşitleri faydalı yük olarak kabul edilmektedir. Zirai faaliyetlerde kullanılan İHA'larda püskürtme sistemi ve radar algılayıcılar faydalı yüklerle örnek olarak gösterilebilir. Bunun yanı sıra, arama kurtarma görevinde kullanılan İHA'larda termal kamera, yük bırakma sistemleri, megafon, aydınlatma birimleri ve hücrel haberleşme modülleri kritik faydalı yükler arasında yer almaktadır. Tablo 2.1'de sivil İHA'larda kullanılabilen bazı faydalı yük örnekleri sıralanmaktadır (Yakar vd., 2023).

Tablo 2.1. Sivil İHA'larda Kullanılan Bazı Faydalı Yükler

<b>Optik Algılayıcılar</b>	<b>Gaz Ölçümü</b>	<b>Mesafe Ölçümü</b>	<b>İletişim</b>	<b>Özel Görevler</b>
Termal Kamera	Metan Gazı Ölçüm Sensörü	LİDAR	Hücrel Modüller	Yük Kaldırma Sistemleri
Zoom Kamerası	Co2 Gazı Ölçüm Sensörü	Lazer Ölçer	Mesafe Lorawan Modülü	Yük Bırakma Sistemleri
Multispektral Kamera	O2 Gazı Ölçüm Sensörü	Ultrasonik Mesafe Ölçer	Bluetooth	Numune Toplama Sistemleri

Kaynak: Yakar vd., 2023

## 2.7. İHA Navigasyon Sistemleri

Navigasyon sistemleri, hava araçlarının konum, yön ve hızını belirlemek ve takip etmek için gerekli olan sistemlerdir. İHA navigasyon sistemlerinde konum belirlemek için genellikle uydu tabanlı konumlandırma sistemleri (GNSS) kullanılırken, konum-hız-yön tahmini için Ataletsel Navigasyon Sistemleri-ANS (Inertial Navigation Systems-INS) ile birlikte altimetre ve manyetometre gibi çeşitli navigasyon sensörlerinden faydalanılmaktadır (Yakar vd., 2023).

ANS, İHA üzerinde bulunan jiroskop ve ivmeölçer gibi sensörlerden alınan ivme, doğrusal ve açısal hız verilerini kullanarak hareket ve dönüşlerin algılanmasını sağlamaktadır. Ticari İHA'larda konum, hız ve duruş bilgileri GNSS ve ANS verilerinin birleştirilmesi sonucu belirlenmektedir. Otonom uçuşlarda ise GNSS ile birlikte üç jiroskop ve üç ivmeölçerden oluşan ANS kullanılmaktadır. Ancak, ANS verilerinde zaman içerisinde sapma görülebilmektedir. Biriken sapma ve hata değerleri arttıkça ölçüm verilerindeki doğruluk oranı azalmaktadır. Bu nedenle, ANS verileri GNSS'ten alınan mutlak konum verileri ile kaynaştırılarak sapma hatalarının düzeltilmesi ve ANS doğruluk oranının yükseltilmesi sağlanmaktadır.

Ancak, GNSS verilerine çeşitli nedenlerden dolayı her zaman ve her yerde erişim mümkün olamamaktadır. Kötü hava koşulları, engeller, elverişsiz uydu konumu, aldatma (Spoofing<sup>4</sup>) ve karıştırma (Jamming<sup>5</sup>) gibi potansiyel nedenlerden dolayı uydu sinyali kaybı görülebilmektedir. Böyle durumlarda GNSS tek başına güvenilir konum bilgisi sağlayamamaktadır (GÖDE vd., 2024)

GNSS sinyallerinden elde edilen konum verisinin doğruluğu askeri uygulamalar için 1 metreden azken sivil uygulamalarda yaklaşık 10 metre civarındadır. Ayrıca GNSS sinyalleri, düşük sinyal/gürültü oranına sahiptir. Uzak mesafelerden sağlandığından genel olarak Dünya yüzeyine düşük sinyal seviyelerinde ulaşmaktadır. Bu nedenle herhangi bir sinyal karıştırıcı sistem olmasa bile tünellerde, bina içlerinde veya ağaçlar ve kentsel alanlardaki binalardan kaynaklı GNSS sinyal seviyesinde azalma görülebilmektedir. GNSS sinyaline erişilemeyen veya yetersiz sinyal seviyesine sahip ortamlarda navigasyon boşluğu oluşmaktadır (Göde vd., 2024).

Navigasyon boşluğu olan alanlarda, GNSS sinyaline alternatif veri kaynakları kullanılarak İHA uçuşunun gerçekleşmesini sağlamak mümkündür. Yardımcı

---

<sup>4</sup> Spoofing: Sahte GNSS sinyallerinin yayılması ile alıcılara yanlış konum ve saat bilgisi verilmesi, alıcıların yanıltılması ve hatalı rotalara yönlendirilmesidir (Psiaki & Humphreys, 2016).

<sup>5</sup> Jamming: Alıcıları güçlü elektromanyetik sinyallere maruz bırakarak GNSS sinyallerine olan erişimin engellenmesine yönelik kasıtlı saldırılardır (Medina vd., 2019)

navigasyon sistemleri olarak da adlandırılabilen alternatif yöntemlerde, İHA'nın konumu ve yönünün tahmini için kameralardan ve çeşitli sensörlerden elde edilen veriler kullanılmaktadır. Birden fazla kaynaktan alınan verilerin işlenmesi ile konum bilgisinin doğruluğunu arttırmak mümkün olmaktadır. Bu çerçevede, alternatif navigasyon kaynaklarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

- Kalman Filtresi
- Görü destekli ANS
- SLAM
- Görsel Odometri

**Kalman Filtresi:** Bir istatistiksel kestirim tekniği olan Kalman Filtresi, çeşitli sektörlerde ve uygulamalarda kullanılan bir matematiksel algoritmadır. Özellikle havacılıkta, navigasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, görü ve atalet sisteminden alınan verilerin füzyonu (kaynaştırma) gerçekleştirilerek sistemde görülen hataların düzeltilmesi sağlanmaktadır. Kalman Filtresi genel olarak ANS verileri ile manyetometre, yükseklik sensörü, barometre ve optik akış sensörü gibi diğer sensörlerden alınan verilerin entegrasyonunu yaparak daha doğru ve güvenilir bir yardımcı navigasyon birimi oluşturulmasını sağlamaktadır (GÖDE vd., 2024).

**Görü destekli ANS:** GNSS sinyalinin olmadığı durumlarda İHA, ANS verilerini kullanmak zorundadır. Ancak konum doğruluğu, ANS'nin atalet sensörlerinde görülen sapma hataları nedeniyle düşük olmaktadır. Bu nedenle navigasyon boşluğu olan ortamdaki uçuş için görü (stereo kamera) sistemlerinin ANS verileriyle entegrasyonu önemli bir çözüm olarak görülmektedir. Görü destekli sistemlerde, kameralardan alınan görüntünün işlenmesiyle elde edilen veriler ile Kalman Filtresiyle birleştirilen atalet sensör verilerinin kaynaştırılması sonucu navigasyon sağlanmaktadır (GÖDE vd., 2024).

**Eş Zamanlı Lokalizasyon ve Haritalama- SLAM:** SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) tekniğinde, uçuş esnasında ortamın canlı 3B haritası çıkarılarak alternatif

navigasyon yapılmaktadır. SLAM tekniğinde İHA, uçuş boyunca çevresinin modelini haritalamakta ve kendi konumunu bu harita üzerinde belirleyebilmektedir. SLAM tekniğinde, kamera verileri ve LİDAR<sup>6</sup> sensörlerinden alınan derinlik bilgisi kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle kapalı mekân navigasyonu için ideal bir yöntemdir. Ayrıca, kameraların standart bir donanım olarak yer aldığı küçük İHA'ların otonom navigasyonunda önemli bir seçenektir. Ancak LİDAR sensörleri, diğer sensörlere kıyasla daha yüksek maliyet, güç tüketimi, boyut ve ağırlığa sahiptir. Bu nedenle, LİDAR kullanımı İHA'ların kendi ağırlığı, boyutu, maliyeti ve enerji ihtiyacı açısından dezavantajlı bir durum yaratmaktadır. Ancak son zamanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde, LİDAR sensörlerinin boyut ve maliyetinde önemli azalmalar görülmüştür. Bu gelişmelerle, yakın gelecekte LİDAR kullanım alanlarının artması ve Mikro/Mini/Küçük İHA'larda kullanılması beklenmektedir (Aselsan, 2022).

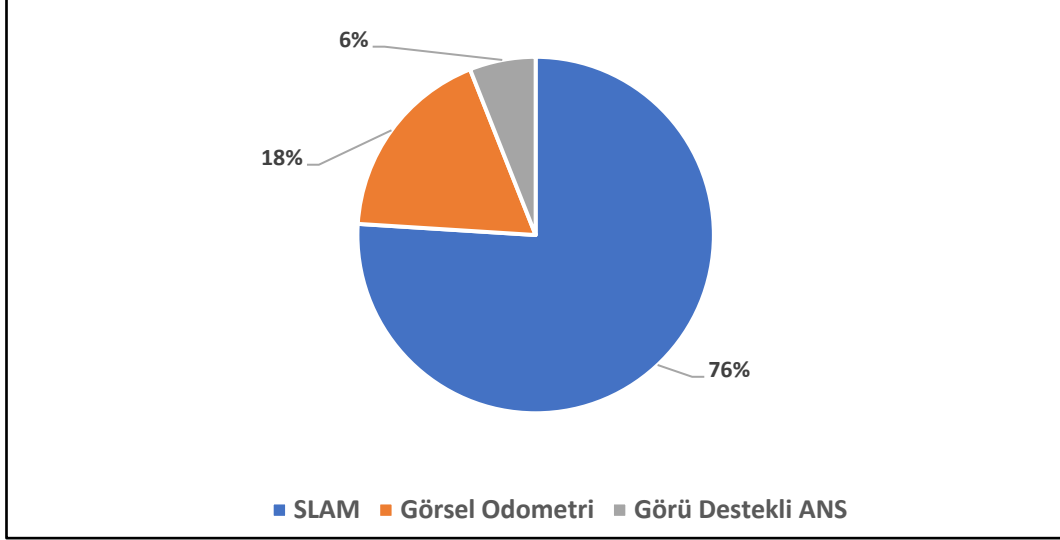
**Görsel Odometri:** Görsel Odometri, İHA'ların otonom uçuş ve navigasyon kabiliyetinde kullanılan önemli teknolojiler arasındadır. Özellikle tünel ve maden ocakları gibi kapalı alanlarda ve GNSS sinyalinin olmadığı veya zayıf olduğu yerlerde İHA'ların engelleri algılamasını ve güzergâh belirlemesini sağlamaktadır. Bu teknolojide, İHA üzerinde bulunan bir veya daha fazla kameradan alınan görüntü karelerinden (frame), çevredeki nesnelere konumunda meydana gelen değişiklikler izlenerek İHA'nın hareket yönü ve konumu tahmin edilmektedir (Aselsan, 2022).

Görsel Odometri, LİDAR tabanlı navigasyonlara göre daha uygun maliyetlidir ancak bu yöntemden verim alınabilmesi için ortam aydınlatmasının yeterli düzeyde olması kritik öneme sahiptir. Şekil 2.2, alternatif navigasyon kaynaklarının kullanım dağılımını temsil etmektedir (GÖDE vd., 2024).

---

<sup>6</sup> LİDAR: Lazer darbelerini kullanarak bir nesne ya da yüzeyin uzaklığını ölçmeye yarayan sensördür.

Şekil 2.2. Alternatif Navigasyon Tekniklerinin Kullanım Dağılımı



Kaynak: Göde vd., 2024

## 2.8. İHA Haberleşme Sistemleri

İHA ile kontrol istasyonu arasındaki haberleşme, veri bağı (data link) bağlantısı ile sağlanmaktadır. Bu bağlantı, radyo dalgaları teknolojisi sayesinde belirli frekanslar kullanılarak kablosuz şekilde gerçekleştirilmektedir. Dünyada, elektronik haberleşme amacıyla kullanılan frekans spektrumunun kullanımı ve izinlerin verilmesi konusunda belirli kurallar ve düzenlemeler yapılmıştır. Ülkemizde ise frekans spektrumunun yönetimi, yetkilendirmeler ve telsiz sistemlerine kurma/kullanma izni verilmesi işlemleri, 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanununun (EHK) 6'ncı Maddesinde Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun (BTK) görev ve yetkileri arasında sayılmaktadır.

EHK'nın 36'nci Maddesine göre elektronik haberleşme amacıyla telsiz cihaz veya sistemi kurmak ve kullanmak isteyenlerin BTK'ya başvurarak frekans tahsis ve tescil işlemlerini yapmaları gerekmektedir. Ancak bazı durumlarda, özel amaçlar için tahsis edilmiş bantlarda ve onaylanmış telsiz cihazları için muafiyet söz konusudur.

Bu konuda, EHK 37'nci Maddesinin Üçüncü fıkrasına göre, özel amaçlar için tahsis edilmiş frekans bantlarında ve çıkış gücünde çalışan, BTK tarafından onaylanmış telsiz

cihaz ve sistemleri için telsiz kurma ve kullanma izni ile telsiz ruhsatnamesi istenmemektedir. Frekans tahsisine ilişkin muafiyet ve teknik kriterler, 27/11/2018 tarihli ve 30608 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemleri Hakkında Yönetmelikte (FTM Yönetmeliği) belirlenmiştir. Bununla birlikte, frekans tahsisi ile tescil işlemlerinden muaf telsiz sistemlerinin belirli teknik kriterleri sağlaması gerekmektedir. FTM yönetmelik hükümleri uyarınca yayınlanan ve periyodik olarak güncellenen Teknik Ölçütler<sup>7</sup>, belirlenen frekans bandında ve belirlenen kısıtlamalar dahilinde telsiz sistemlerin işletilmesi için gerekli koşulları belirlemektedir. Telsiz sisteminin, Teknik Ölçütler dışında kullanılmasının istenmesi halinde frekans tahsisi ile telsiz kurma ve kullanma izninin alınması gerekmektedir. Belirlenen teknik kriterlere uyulmaması, söz konusu sistem için muafiyetin kaybedilmesine neden olmaktadır<sup>8</sup>.

Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütlerde uzaktan kumanda ve veri iletimi, kablosuz kontrol sistemleri uygulamaları için belirlenen teknik ölçütlerden konuyla alakalı önemli olduğu düşünülen veriler Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’te sunulmaktadır.

---

<sup>7</sup> Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler, [www.btk.gov.tr](http://www.btk.gov.tr) internet adresinde yayınlanmaktadır.

<sup>8</sup> Bu durum, FTM Yönetmeliğinin Genel Esaslar başlıklı 5’nci Maddesinde hüküm altına alınmıştır.

Tablo 2.2 Genel amaçlı KET Sistemleri Teknik Ölçütler

Frekans Bandı	Merkez Frekans	Maksimum Çıkış Gücü	İlave Kısıtlamalar
26957-27283 KHz	27120 KHz	10 mW e.i.r.p.	
40.66-40.70 MHz	40.68 MHz	10 mW e.i.r.p.	
433.05-434.79 MHz	433.92 MHz	10 mW e.i.r.p.	Ses dışındaki analog audio uygulamaları hariçtir. Analog video uygulamaları hariçtir.
2400-2483.5 MHz	2441,75 MHz	10 mW e.i.r.p.	
5725-5875 MHz	5800 MHz	25 mW e.i.r.p.	
24-24.25 GHz	24.125 GHz	100 mW e.i.r.p.	
61-61.5 GHz	61.25 GHz		
122-123 GHz	122.5 GHz		

Kaynak: FTM Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler (BTK)<sup>9</sup>

Tablo 2.3 Geniş Veri İletim Sistemleri Teknik Ölçütler

Frekans Bandı	Merkez Frekans	Maksimum Çıkış Gücü	İlave Kısıtlamalar
2400-2483.5 MHz	2441,75 MHz	100 mW e.i.r.p.	FHSS modülasyon tekniği kullanıldığında maksimum e.i.r.p. yoğunluğu 100 mW/100 kHz ile sınırlıdır. FHSS modülasyon tekniği haricindeki genişband modülasyonlarda maksimum e.i.r.p. yoğunluğu 10 mW/MHz ile sınırlıdır.
5150-5250 MHz	5200 MHz	Herhangi bir 1 MHz band genişliği için 10 mW/MHz ortalama e.i.r.p. güç yoğunluğu	Karayolu taşıtları, trenler ve uçakların içindeki kurulumlar dahil olmak üzere iç mekan kullanımı ve sınırlı açık alan kullanımı (Açık alanda kullanılıyorsa, cihaz sabit bir dış antene ve sabit bir altyapıya veya karayolu taşıtlarının harici gövdesine bağlanmamalıdır.). İnsansız hava aracı sistemleri (İHA) tarafından kullanım, 5170-5250 MHz frekans bandı ile sınırlıdır

Kaynak: FTM Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler (BTK)

<sup>9</sup> Teknik Ölçütler, BTK'nın 2022/İK-SYD/245 sayılı Kurul Kararı ile yayımlanmıştır.

Askeri olmayan İHA sistemlerinde, ülkeden ülkeye değişmekle beraber genel olarak;

- Kumanda sistemlerinde 2.4 GHz
- Görüntü aktarım sistemlerinde 1.2 GHz, 1.3 GHz ve 5.8 GHz
- Telemetri sistemlerinde 433 MHz, 868 MHz ve 915 MHz frekansları kullanılmaktadır.

Örnek olarak, ülkemizde kullanılan bir İHA'nın uçuşu esnasında, 2.4 GHz bandı İHA'nın kumanda edilmesinde, 5.8 GHz bandı görüntü ve video aktarımında, 433 MHz frekans bandı ise İHA üzerinde bulunan sensörlerden elde edilen telemetri verilerinin (hız, yön, ivme, GPS koordinatı, irtifa ve batarya sıcaklığı vb.) kontrol istasyonuna iletilmesinde kullanılabilir (Yakar vd., 2023, s.170-220).

Dünyada ve ülkemizde İHA'ların kullanımına ayrılmış bantlar, spektrumun lisansız kullanıma açık ve düşük güçlü sinyal yayılımının yapıldığı frekans bantlarıdır. Genellikle Wifi için ayrılmış bantlar (2.4 GHz ve 5.8 GHz) kullanılmaktadır. Bununla birlikte, İHA'ların ticari faaliyetlerde profesyonel kullanımı için gereken lisansa tabi frekanslar, İHA işleticilerinin yetkilendirilmesi ile kullanılabilir.

## 2.9. Sınıflandırma

Günümüzde farklı amaçlara yönelik birçok türde ve özellikle İHA çeşidi bulunmaktadır. İHA'ları birçok farklı açıdan sınıflandırmak mümkündür. Bu konuda uluslararası bir sınıflandırma standardının bulunmadığını belirtmekte fayda görülmektedir. Ancak, İHA'lar genellikle boyutlarına, menzillerine, uçuş irtifalarına, kalkış ağırlıklarına ve faaliyet türlerine göre sınıflandırılmaktadır.

Öncelikle İHA'lar, kumanda özelliklerine göre uzaktan kumanda veya tam otonom olarak uçuş gerçekleştirebilen araçlardır. Otonom İHA, barındırdığı özel donanım ve yazılım sayesinde çevresini algılayabilen, görev esnasında belirli bir konuma uçabilen ve kararlar verebilen İHA çeşitidir. Otomatik pilot komutasında hareket

sağlanmaktadır. Otonom olmayan İHA türlerinde ise kontrol ve yönlendirme tamamen uzaktan bir pilot tarafından veri bağlantısı yoluyla gerçekleştirilmektedir. Tüm kontrol ve yönlendirmeler İHA pilotu tarafından uzaktan yapılmaktadır. Uzaktan kontrol işlemleri, Uzaktan Kumanda İstasyonu veya Yer Kontrol İstasyonu vasıtasıyla sağlanmaktadır.

- Uzaktan Kumanda İstasyonu: İHA ile anlık veri ve görüntü iletişiminin sağlandığı, pilotun elde tutabildiği İHA yönlendirme birimidir. Ekranlı veya ekransız tasarımları mevcuttur. Ekransız modellerde, sadece kontrol kumandası ayarı yapılabilen bilgi paneli bulunurken, ekranlı modellerde görüntü izleme ve kumanda işlemleri ekrandan yapılabilmektedir. Radyo kontrolcü adıyla bilinmektedir.
- Yer Kontrol İstasyonu (YKi): İHA pilotunun hava aracını kontrol ve yönetmesi için gerekli olan birimdir. İHA'nın uçuş parametrelerini izleme ve ayarlama, uçuş rotasını belirleme, hedef takibi gibi görevler için gerekli sistemleri barındırmaktadır. Yer kontrol istasyonu, hareketli veya sabit olabilmektedir (Yakar vd., 2023).

Görsel görüş hattı (Visual Line Of Sight-VLOS), havacılık sektöründe sıkça kullanılan bir terimdir ve uzaktaki pilotun hava aracını doğrudan görsel temasta kalarak yönettiği durumu ifade etmektedir. Herhangi bir optik veya elektronik cihaza gerek olmadan ilgili hava sahası içinde havacılık kurallarını uygulamak ve hava aracını görüş hattı içinde kumanda etmek için gereken mesafeyi belirtmek için kullanılmaktadır (Savaş, 2019).

Görsel görüş hattı dışı (Beyond Visual Line Of Sight-BVLOS) ise İHA pilotunun hava aracı ile sürekli olarak görsel temas halinde kalmaya imkân vermeyen belirli mesafeleri temsil etmektedir.

### 2.9.1. Kanat tiplerine göre sınıflandırma

İHA'lar temel olarak üç tür kanat yapısına göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar, sabit kanatlı, döner kanatlı ve sabit kanatlı hibrit İHA türleridir.

- **Sabit Kanatlı İHA:** Havadan keşif, gözetleme veya taarruz gibi çeşitli amaçlar için kullanılan hava araçları genelde sabit kanatlıdır. Döner kanatlı İHA modellerine göre daha büyük boyutlarda olup uzun mesafelere yüksek hızda uçuş gerçekleştirebilmektedir. Yatay iniş ve kalkış (Horizontal Takeoff and Landing-HTOL) özellikleri nedeniyle iniş ve kalkışta piste ihtiyaç duymaktadırlar. Sabit kanatlı İHA'lar, havalanabilmesi için karada yeteri hıza ulaşması gerekmektedir. Bunun için bir fırlatma platformu yardımıyla fırlatılması veya uzun bir pist boyunca hızlanması sağlanmalıdır. Diğer modellere kıyasla çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin, tasarımları gereği aerodinamik kuvvetlerden daha fazla yararlanabilir, havada süzülebilirler. Ayrıca, zorlu hava şartlarında görev yapmaları, yüksek faydalı yük kapasitesi, uzun uçuş süreleri ve menzilleri avantajlı olduğu konulardır. Bununla birlikte, sabit kanatlı İHA modellerinde iniş ve kalkış için pist gerektirmesi, iniş anında durması için paraşüt sistemine ihtiyaç duyması, havada asılı kalamaması ve kısıtlı manevra kabiliyetleri operasyonel dezavantajları arasında gösterilebilmektedir (Karaboğa, 2022).
- **Döner Kanatlı İHA:** Dikey iniş/kalkış (VTOL) yapma, havada asılı kalma ve manevra kabiliyetleri gibi özelliklerinin yanı sıra kullanım kolaylığı ve maliyeti nedeniyle en yaygın kullanılan İHA modelleridir. Ticari ve hobi kullanımında kısa mesafeli ve düşük hızlı işler için tercih edilmektedir. Döner kanatlı İHA'lar, faaliyet türüne ve uçuş ağırlığına göre farklı motor ve pervane sayısında üretilirler. Motor ve pervane sayısı İHA'nın ağırlık kapasitesinde önemli bir faktördür. Pervane sayısı arttıkça İHA'nın maksimum kalkış ağırlığı da artmaktadır. Ticari kullanımda en çok tercih edilen türler, Quadcopter olarak

adlandırılan dört pervaneli ve Hexacopter olarak adlandırılan altı pervaneli modellerdir. Bununla birlikte, 1-2-3-8 ve 12 pervaneli çeşitler de bulunmaktadır. Bu nedenle multikopter olarak da isimlendirilmektedirler (Yakar vd., 2023).

- **Sabit kanatlı Hibrit İHA:** Hibrit VTOL İHA olarak da adlandırılan bu modelde; kalkış ve iniş için döner kanatlar bulunurken yatay uçuş için sabit kanatlar mevcuttur. Dikey olarak iniş kalkış yapabildikleri için özel bir piste ihtiyaç duyulmaz. Dikey olarak kalkış yaptıktan sonra yatay uçuşa geçebilmektedirler. Sabit kanatlı modellerin menzil ve hız avantajları ile döner kanatlı modellerin manevra yetenekleri bu modelde birleştirilmiştir (Heutger, 2024).

### 2.9.2. Uçuş yüksekliğine göre sınıflandırma

İHA'lar, uçuş yüksekliğine göre alçak irtifa ve yüksek irtifa araçları olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır.

- **Alçak İrtifa Platformları:** Görüş hattı (VLOS) içinde kontrol edilirler. Ağırlıkları düşük kontrol menzilleri azdır. Uçuş yükseklikleri 50 ile 9.000 m arasında değişmektedir. Alçaktan uçabildiklerinden hücresel iletişimden faydalanabilirler. Çalışma süreleri düşüktür (Mohsan vd., 2022).
- **Yüksek İrtifa Platformları:** İHA türleri, yüksek irtifada üç farklı kategoriden oluşmaktadır:
  - LALE (Low Altitude Long Endurance): Uçuş dayanıklılık süreleri uzun olan alçak irtifa sınıfıdır.
  - MALE (Medium Altitude Long Endurance): Uçuş dayanıklılık süreleri yüksek olan orta irtifa sınıfıdır. MALE, orta irtifa ve uzun havada kalış anlamına gelmektedir ve bu özelliğe verilen isimdir.
  - HALE (High Altitude Long Endurance): Uçuş dayanıklılık süreleri yüksek olan yüksek irtifa platformlarıdır. HALE, yüksek irtifa ve uzun havada kalış özelliğini belirtmektedir (Mohsan vd., 2022).

### 2.9.3. Ağırlıklarına göre sınıflandırma

İHA'lar sınıflandırılırken genellikle kalkış ağırlıkları referans alınmaktadır. Ülkemizde SHGM, İHA'ları azami kalış ağırlıkları temel alınarak 4 ayrı kategoride sınıflandırmaktadır. SHGM tarafından 2016 yılında yayımlanan SHT-İHA talimatında, 500 gr ile 4 kg aralığında olan küçük ve hafif İHA'lar İHA0, 4 kg – 25 kg aralığı İHA1, 25 kg – 150 kg aralığı İHA2 ve son olarak 150 kg ve üzerinde olan büyük ve ağır İHA'lar İHA3 sınıfı olarak belirlenmiştir. Tablo 2.4'te, SHT-İHA talimatı kapsamında belirlenen ağırlık referansları gösterilmektedir.

Tablo 2.4 SHT-İHA Talimatında İHA Sınıflandırması

Tip	Ağırlık
İHA0	500 gr (dahil) – 4 kg
İHA1	4 kg (dahil) – 25 kg
İHA2	25 kg (dahil) – 150 kg
İHA3	>150 kg

Kaynak: SHGM, 2020

İHA'ların çeşitli kriterlere göre kategorize edilmesine kapsamlı bir örnek olması açısından NATO sınıflandırması Tablo 2.5'te sunulmuştur. NATO sınıflandırmasında İHA'lar temel olarak ağırlık kriterine göre sıralanmıştır. Bununla birlikte İHA'lar, çalışma irtifası<sup>10</sup> ve görev menziline<sup>11</sup> göre de kategorilere ayrılmıştır. Brüt kalkış ağırlığı 150 kg'a kadar olan İHA'lar Sınıf I, 150 kg ile 600 kg arasında olanlar Sınıf II kapsamına alınırken kalkış ağırlığı 600 kg ve üzeri olan İHA'ları Sınıf III olarak sınıflandırılmıştır.

Sınıf I kapsamında sayılan İHA'lar, ağırlıklarına göre Mikro, Mini ve Küçük İHA olmak üzere üç alt gruba ayrılmaktadır. Mikro İHA'lar, ağırlığı 2 kg'dan az olan görev menzili

<sup>10</sup> İrtifa: Bir hava aracının uçabileceği yüksekliği ifade etmektedir.

<sup>11</sup> Görev Menzili: İHA'nın uzaktan kontrol edilebildiği mesafedir. Görev Menzili, İHA çeşidine bağlı olarak birkaç metre ile yüzlerce kilometre arasında değişebilmektedir.

5 km ile sınırlı ve 200 fit altında kullanılabilen İHA çeşitleridir. Mikro İHA'lar genellikle sivil amaçlı kullanılan yavaş uçabilen modellerdir.

Mini İHA kategorisinde 25 km mesafeye kadar uzaktan kontrol edilebilen ağırlıkları 2 ile 20 kg arasında olan İHA'lar sınıflandırılmıştır. Mini İHA uçuş irtifası azami 3.000 fit yüksekliğe ulaşabilmektedir. Genelde askeri, sivil ve bilimsel amaçla kullanılırlar. Son olarak, brüt kalkış ağırlıkları 20 kg ile 150 kg arasında olup uçuş irtifası 5.000 fit'ten az olan ve 50 km görev menzili içinde uçabilen modeller Küçük İHA olarak kabul edilmektedir (Guner & Zenk, 2022 s.153-157).

Tablo 2.5 NATO'nun İHA Sınıflandırması

Sınıf	Kategori	Kullanım Amacı	Uçuş İrtifası (Fit)	Görev Menzili
Sınıf I (<150 kg)	Mikro <2 kg	Taktik/Bireysel	<200	5 km (VLOS)
	Mini 2-20 kg	Taktik	<3.000	25 km (VLOS)
	Küçük >20kg	Taktik	<5.000	50 km (VLOS)
Sınıf II (150 kg-600 kg)	Taktik	Keşif/İstihbarat	<10.000	200 km (VLOS)
Sınıf III (>600 kg)	MALE	Operasyonel	<45.000	Limitsiz (BVLOS)
	HALE	Stratejik/Ulusal	<45.000	Limitsiz (BVLOS)
	Muharip	Stratejik/Ulusal	<65.000	Limitsiz (BVLOS)

Kaynak: Szabolcsi, 2016

Sınıf II, taktik İHA olarak kategorize edilen ve genellikle keşif ve istihbarat görevlerinde kullanılan İHA modellerini kapsamaktadır. Bu modellerin kalkış ağırlıkları 150 kg ile 600 kg arasında değişebilmektedir. Haberleşme menzilleri genellikle 200 km'nin altında olup, 100-120 knot hızlarına ulaşabilme kapasitesine sahiptirler. Bu sınıfa dahil İHA'larda genellikle dizel veya benzinli içten yanmalı motor kullanılmaktadır. Ayrıca, kısa mesafeli kalkış ve iniş (Short Take-Off and Landing-STOL) yeteneğine sahip

olmaları sayesinde çok kısa pistlere veya çeşitli zorlu şartlardaki alanlara iniş ve kalkış yapabilmektedirler (Szabolcsi, 2016). Sınıf II türüne, ülkemizde yerli ve milli imkanlarla üretilen Bayraktar TB-2 modeli örnek olarak gösterilebilir. Bayraktar TB-2 modeli; 6.5 m uzunluğa, 2.2 m yüksekliğe ve 12 m kanat açıklığına sahiptir. TB-2, mobil YKİ tarafından kontrol edilmekte, 27 saat havada kalabilmekte ve azami 120 knot hızına ulaşabilmektedir (Baykar, 2024).

Son olarak Sınıf III ise MALE, HALE ve Muharip İHA olmak üzere üç alt gruptan oluşmaktadır. MALE kategorisindeki İHA'lar, Taktik İHA'lara göre daha fazla taşıma kapasitesine sahiptir. Daha yüksek irtifalarda görev yapabilir ve yaklaşık 24 saat olmak üzere daha uzun süreler uçuş gerçekleştirebilirler. Genel olarak Sabit YKİ'den 500 km'ye kadar uzaklıktan kumanda ve kontrol edilebilirler. Ülkemizde üretilen Anka, Aksungur ve Akıncı İHA sistemleri MALE sınıfına örnektir.

HALE, boyutları insanlı hava araçlarını geçebilen 20 km ve üzerindeki irtifalarda görev icra edebilen gelişmiş İHA sistemleri sınıfıdır. HALE, yüksek irtifada havada uzun süre görev yapabilme özelliğini belirtmektedir. Bu sınıftaki İHA'lar Sabit YKİ'den kontrol edilmektedir. Ayrıca, yaklaşık 30 saat kesintisiz görev yapabilir ve genelde Kıtalararası keşif ve gözlem işlerinde kullanılmaktadırlar (Guner & Zenk, 2022 s.145-166).

Muharip İnsansız uçak sistemleri ise teknik olarak HALE sınıfı özelliklerini barındırır da uygulama alanları ve taktiksel özellikleri sebebiyle ayrı bir kategori olarak sınıflandırılmıştır. Muharip sınıfı İHA'lar, mürettebatsız savaş uçaklarıdır. Ülkemizde Baykar firmasının MUİS (Muharip İnsansız Uçak Sistemi) adını verdiği proje kapsamında geliştirdiği ve prototip aşamasında olan Baykar Kızılelma, Muharip tipi İHA türlerine önemli bir örnektir (Guner & Zenk, 2022 s.145-166).

## **2.10. Sivil İHA Alanındaki Düzenlemeler ve Standartlar**

### **2.10.1. ABD düzenlemeleri**

ABD hava sahası ve Egemenlik Haklarının Kullanımı konusundaki mevzuatına göre ABD hükümeti hava sahası üzerinde tam kontrol hakkına sahiptir ancak ABD vatandaşlarına

uçaklarının açık hava sahasında kullanma hakkı verilmiştir. Bu konuda gerekli izin ve mevzuat ABD Ulaştırma Bakanlığına bağlı Federal Havacılık İdaresi (FAA- Federal Aviation Administration) tarafından düzenlenmektedir. FAA, 2012 yılında yayınladığı kanun ile küçük İHA'ların kullanımı, uçuş güvenliği ve sertifikasyon işlemleri düzenlenmiştir.

ABD'deki İHA düzenlemeleri yapılan güncellemeler ve eyaletlerin kendi kısıtlama getirmeleri ile kontrol edilmektedir. Bu doğrultuda, FAA uçuş güvenliğini ve kamu mahremiyetini korumak amaçlı 2015 yılında "İHA'lar ilişkin Ülke ve Yerel Mevzuat" belgesini yayınlamıştır.

Buna göre, ağırlığı 25 kg'ın altındaki İHA'lar "Küçük İHA" olarak tanımlanmakta ve tarımsal ürün izleme, araştırma-geliştirme, eğitim amaçlı kullanım ve hava fotoğrafçılığı gibi olası kullanım alanları sıralanmaktadır. FAA tarafından 14 numaralı Federal Mevzuatta (14 CFR) yapılan güncelleme ile küçük İHA'ların ulusal hava sahası içerisinde kullanımına getirilen kısıtlamalar; İHA'ların sadece gündüz saatlerinde uçurulması, İHA'nın pilot görsel görüş hattı içinde olması, 152 m yüksekliğinin aşılmaması, havaalanları ve kalabalık yerlerde uçuş yapılmaması şeklinde ifade edilmiştir (Yakar vd., 2023).

Bu kapsamda ABD'deki İHA pilotu ve İHA kullanımı ile önemli kısıtlamalar aşağıda sıralanmaktadır:

İHA Pilotları için şartlar:

- En az 17 yaşında olmak
- FAA onaylı test merkezinde yapılacak havacılık testinden başarılı olmak ve testin her yıl yenilenmesi
- TSA (Transportation Security Administration) muayenesinden geçmek
- Küçük İHA sınıflamasına uygun "İHA Pilotu Sertifikası" almak

İHA kullanımı için şartlar:

- İHA ağırlığı 25 kg'ı geçmemelidir
- İHA her zaman pilotun görsel görüş alanı (VLOS) içinde bulunmalıdır
- İHA, ilgili olmayan inşaların üzerinde doğrudan uçurulmamalıdır
- Uçuş sadece gündüz vakitlerinde gerçekleşmelidir
- İHA'nın havadaki hızı 160 km/saat'i (87 knot) aşmamalıdır
- Yerden azami yükseklik 152 m olmalıdır
- Kontrol noktasına olan uzaklık azami 4.8 km olmalıdır,
- B,C,D ve E sınıfı hava sahalarında uçuş için hava trafik kontrol (ATC) izni alınmalıdır (Yakar vd., 2023).

### 2.10.2. AB düzenlemeleri

Avrupa'da İHA kullanımı artmasına rağmen Avrupa Birliği'ne (AB) üye ülkeleri kapsayan birleşik bir yasal çerçeve bulunmamaktadır. Uygulamada her ülke kendi ulusal düzenlemelerini kullanmaktadır. Avrupa Komisyonu, bu yasal boşluğu doldurmak için ilgili kurumlara düzenleme ve standart geliştirme çağrısı yapmıştır. Bu doğrultuda, Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) 2015 yılında; güvenlik, gizlilik, veri koruma, sigorta ve sorumluluk gibi önemli konularda müzakere süreci başlatmıştır. Müzakere akabinde, tüm İHA türlerine uygulanabilecek somut öneriler içeren A-NPA 2015-10 belgesi yayımlanmıştır (EASA, 2015).

### 2.10.3. Türkiye düzenlemeleri

19.10.1983 tarih ve 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanununun (THK) Tanımlar başlıklı bölümünde yapılan tanımlamalara göre;

- **Türk Hava Sahası:** Türkiye Cumhuriyeti'nin egemenliği altındaki ülke ile Türk karasuları üzerindeki sahayı
- **Devlet Hava Aracı:** Devletin askerlik, güvenlik, gümrük ve orman yangınları ile mücadele hizmetlerinde kullandığı hava araçlarını

- **Türk Sivil Hava Aracı:** Devlet hava araçları tanımı dışında kalan ve mülkiyeti Türk Devlerine veya kamu tüzel kişilerine veya Türk vatandaşlarına ait araçları ifade etmektedir.

THK'nın 5'nci Maddesine göre Türkiye Cumhuriyeti, Türk hava sahasında tam ve münhasır egemenliğe sahiptir. Aynı Kanununun 6'ncı Maddesinde Türk hava sahasından yararlanacak hava araçları, "uçuşa elverişli olmak şartıyla" şöyle sıralanmaktadır:

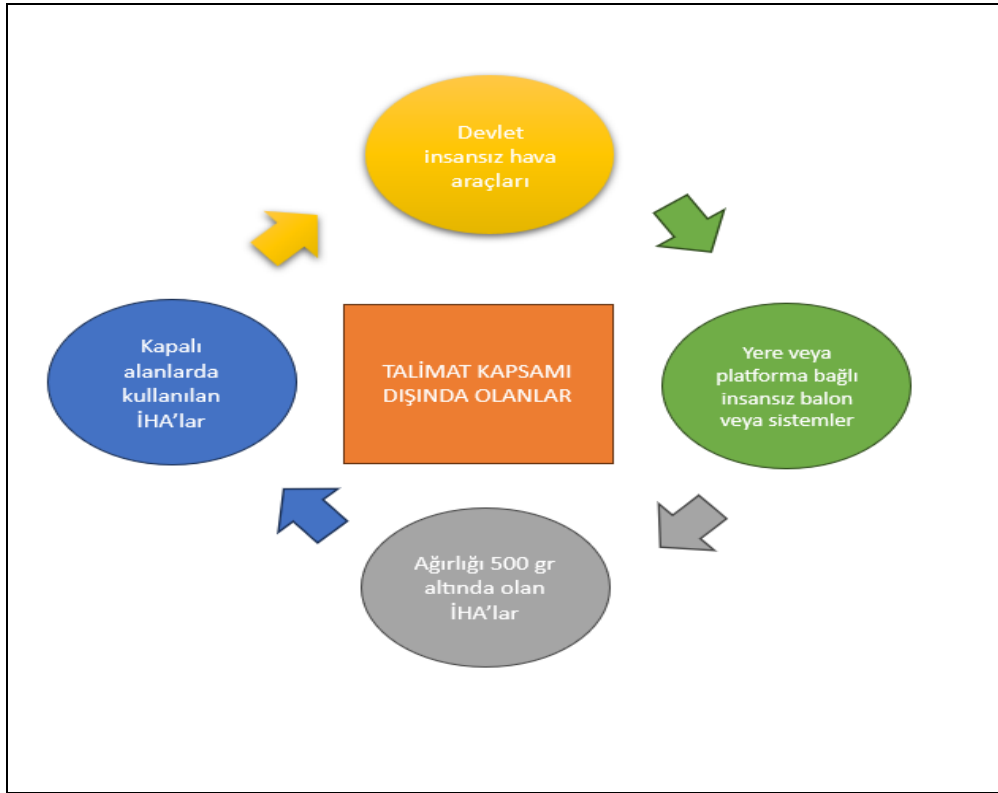
- a) Türk Devlet hava araçları
- b) Türk uçuş siciline kayıtlı Türk sivil hava araçları
- c) Türkiye'nin taraf olduğu anlaşmalar uyarınca Türk hava sahasında uçmalarına müsaade edilen hava araçları.

Türkiye'de, sivil İHA'ların kullanımı ile ilgili düzenlemeler SHGM tarafından yapılmaktadır. SHGM, 2016 yılında yayınladığı ve son olarak 2020 yılında revize ettiği SHT-İHA talimatı ile sivil İHS ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin sağlanması ve İHA pilotunun sahip olması gereken nitelikler dahil olmak üzere İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. SHT-İHA talimatı, 19.10.1983 tarih ve 2920 sayılı THK ile 10.11.2005 tarihli ve 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun'una dayanılarak hazırlanmıştır.

SHT-İHA talimatının kapsamı, talimatın Kapsam başlıklı 2'nci Maddesinde "*Türk hava sahasında uçacak İHA'ları, ilgili sistemleri, bunları ithal edecek, satışını yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımı ile verilecek hava trafik hizmetleri*" olarak ifade edilmiştir. İlgili Maddenin devamında kapsam dışında bırakılan sistemler sayılmıştır. Bu doğrultuda, Devlet insansız hava araçları, Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri, yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri

sistemler, Azami kalkış ağırlığı 500 gr'dan az olan İHA'lar kapsam dışı bırakılmıştır. Şekil 2.3'te talimat kapsamı dışında bırakılan sistemler temsil edilmektedir.

Şekil 2.3 SHT-İHA Kapsamı Dışında Bırakılan Sistemler



Kaynak: Yakar vd., 2023, s.28

Tablo 2.4'te belirtildiği üzere, SHT-İHA talimatında İHA'lar, azami kalkış ağırlıkları dikkate alınarak dört ayrı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırma, İHA0, İHA1, İHA2 ve İHA3 kategorilerini içermektedir. Talimata göre, İHA0 ve İHA1 sınıfı için tescil işlemi yapılmasına gerek duyulmazken İHA0 ve İHA3 sınıfındaki İHA'lar için SHGM tarafından hava aracı siciline kayıt edilerek tescil işareti atanması gerekmektedir. İHA0 ve İHA1 sınıfı hava araçlarının SHGM'nin internet ortamındaki "Kayıt Sistemi" üzerinden kayıt işlemleri yapılmalıdır.

İHA0 sınıfı İHA'lar için Tahditli Tip Sertifikası, Uçuşa Elverişlilik Sertifikası ve Özel Uçuş Belgesi gerekmemektedir. İHA1 sınıfı için de sertifika ve uçuş izin belgesi aranmamakla beraber Emniyet ve Uygunluk Beyanı kabul edilmektedir.

İHA0 sınıfı İHA'ları uçuracak kişi en az 12 yaşında, İHA1 sınıfı pilotu en az 15 yaşında olmalıdır. İHA0 ve İHA1 sınıfı araçların hobi ve sportif amaçlı kullanımında eğitim ve sertifika zorunluluğu yoktur. Ancak bu kişilerin internet tabanlı kayıt sistemine kayıt yapması gerekmektedir. İHA0 ve İHA1 sınıfı araçlarını ticari amaçla kullanacak pilotların, yetkili eğitim kuruluşları tarafından verilen eğitimi tamamlamaları gerekmektedir. Eğitimin tamamlanmasını müteakip pilotlara eğitim kuruluşu tarafından "İnsansız Hava Aracı Ticari Pilot Sertifikası" düzenlenmektedir. Bu sertifika, İHA pilotu kayıt başvurularında Genel Müdürlüğe gönderilmektedir. İHA2 sınıfı İHA'ları kullanacak pilot en az 18 yaşında olmalıdır ve SHGM tarafından düzenlenen İHA2 Pilot Lisansına sahip olmalıdır. İHA2 Pilot Lisansı üç yıl süreli düzenlenmektedir. Alınabilmesi için çeşitli şart ve yeterlilikler aranmaktadır. Benzer şart ve yeterlilikler, İHA3 sınıfı araçları kullanacak pilotlar için de istenmektedir. Gerekli yetkinlikleri tamamlamış kişilere üç yıl süreli İHA3 Pilot Lisansı düzenlenmektedir (SHGM,2020).

### 3. POSTA SEKTÖRÜNDE TESLİMAT HİZMETLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Posta sektör dinamikleri önemli bir değişim içerisindedir. Son yıllarda yaşanan dijitalleşme ve e-ticaretin hızla büyümesi, posta hizmet sektörünü doğrudan etkilemiştir. Bu etkiler posta hizmet sektörüne, geleneksel mektup postasına olan talebin azalması ile mektup postasında sürekli bir düşüş ve e-ticaretin etkisi ile koli sayısı ve koli hacimlerinde giderek artan bir yoğunluk olarak yansımıştır.

Dijital dönüşüm, posta hizmetleri alanında büyük yenilikleri de beraberinde getirmiştir. Günümüzde posta hizmetlerinin önemli bir parçası olan mektup postası hacminde yaşanan sürekli düşüşün temel sebebi, dijitalleşmenin getirdiği yeniliklerdir. Kayıtlı Elektronik Posta (KEP), Elektronik Posta (e-posta), E-imza ve mobil uygulamalar gibi günümüzün popüler dijital posta hizmetleri, geleneksel mektup postasının yerini almıştır. Bu durum, mektup postasının büyük bir kısmını oluşturan devlet kurumları, işletmeler ve vatandaş arası iletişim trafiğinin elektronik ortama geçmesiyle mektup postasında olağan bir azalmayı beraberinde getirmiştir.

Dijital dönüşümün posta hizmetleri üzerindeki etkisi sadece mektup postası hacmindeki azalmayla sınırlı değildir. Aynı zamanda tüketicilerin alışveriş alışkanlıklarından da köklü bir değişim söz konusudur. Artık tüketiciler, İnternet üzerinden yurt içi ve yurt dışı mağazalardan çevrimiçi olarak ürün satın almayı tercih etmektedir. Bu durum, posta hizmetlerinde koli/kargo hacimlerinde doğrudan artışa neden olmuştur. Son yıllarda e-ticaret sektöründe görülen büyüme, posta hizmetlerinin önemini arttırmış ve dijitalleşmenin bu alandaki etkisini daha da belirgin hale getirmiştir (ERGP, 2019).

E-ticaret faaliyetlerindeki artış ve tüketicilerin çevrimiçi alışverişini benimsemesi, koli postası hacimlerinde önemli bir yoğunluğa neden olmuştur. Bu noktada, satın alınan ürünlerin dağıtımı ve müşterilere teslimatı süreçleri kritik bir önem kazanmıştır. Özellikle son-adım teslimat, posta hizmetlerinin en kritik aşaması olarak öne çıkmaktadır. Tüketicilere zamanında ve sorunsuz teslimat yapılması, müşteri

memnuniyetini kazanmak ve rekabet avantajı sağlamak için hayati bir önemdedir. Buradan yola çıkarak bir sonraki bölümde son-adım teslimat hizmetlerinin ve son-adım teslimat uygulamalarının detaylı bir incelemesi yapılacaktır.

### **3.1. Son-adım Teslimat**

Son-adım teslimat, bir ürünün lojistik ağı içindeki son aşamasını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu aşamada ürünün, getirildiği son depodan nihai tüketiciye olan taşıma ve teslimat işlemi gerçekleştirilmektedir. Son-adım teslimat, posta hizmetlerinin en karmaşık, zorlu ve maliyetli aşamasıdır. Aynı zamanda, müşteri memnuniyeti üzerinde doğrudan etkisi olan önemli bir adımdır. Bu aşama; trafik yoğunluğu, çevre kirliliği ve gürültü kirliliği gibi kamuyu ilgilendiren birçok problemi kapsamaktadır. Ancak, tüketicilerin en talepkâr olduğu alanlardan biri olduğu için bu aşamada hızlı, sorunsuz, zamanında ve istenilen yerde teslimat yapılması son derece önem taşımaktadır (Nakıboğlu, 2020).

Son-adım teslimat süreci, taşınan ürünün cinsine göre çeşitli alt dallardan oluşan kapsamlı bir tanımdır. Bu süreç, son tüketiciye ulaştırılmayı hedefleyen ürünlerin teslimatını içermektedir. Bu ürünler arasında hazır yemek siparişleri, gıda ve market ürünleri, kurye hizmetleri ve kargo hizmetleri yer almaktadır (Boysen vd., 2021). Bununla birlikte bu sürecin tanımlanmasında ülkemizde farklı terimler kullanılmaktadır. Son kilometre teslimat (Özdemir, 2022), son-etap teslimat (Büyüktanır, 2022), son aşama teslimat (Kazancı & Tanyaş, 2024) veya son-adım teslimat (Nakıboğlu, 2020) kullanılan çeşitli tanımlardır. Ancak tüm tanımlar, genel literatürdeki Last-Mile Delivery (LMD) teriminin dilimizdeki karşılığıdır. Bu aşamayı tanımlayan tüm terimler, özellikle çevrimiçi sipariş edilen ürünlerin son tüketiciye ulaştırılmasını amaçlayan, siparişin lojistik süreçteki "nihai aşaması" olarak kabul edilmektedir.

### 3.2. Teslimat Hizmetlerinin Çeşitli Dezavantajları

Son-adım teslimat, posta hizmetleri için büyük zorluklar barındırmaktadır. Bunun nedeni, teslimatı yapılacak gönderi sayısının yüksek ve gönderi boyutlarının genellikle küçük olması, teslimat adreslerinin ise sayıca fazla ve dağınık olmasından kaynaklanmaktadır. Teslimat aşamasının, posta hizmetlerinin en az verimli ve en maliyetli aşaması olarak kabul edilmesindeki en önemli faktörler bunlardır. Bazı araştırmalara göre son-adım teslimatın birim maliyeti, toplam lojistik maliyetin yarısına kadar ulaşabilmektedir (Mangiaracina vd., 2019).

Literatürdeki başka çalışmalar ise bir gönderinin posta hizmetlerindeki toplam birim maliyetinin, %75 oranında son-adım teslimat süreçlerinden kaynaklanabileceğini göstermiştir. Bu yüksek maliyet dezavantajının yanı sıra teslimat aşamasının çevre sağlığı üzerinde de birçok olumsuz etkisi vardır. Trafikteki artış, gürültü kirliliği ve hava kirliliği son-adım teslimatın neden olduğu olumsuz etkilerden bazılarıdır (Sangkhiew & Pornsing, 2018).

Genel olarak karayolu taşımacılığının neden olduğu hava kirliliği hem çevre hem de insan sağlığı üzerinde olumsuz birçok yansımaları beraberinde getirmektedir. Özellikle büyük şehirlerde motorlu taşıtların neden olduğu hava kirliliği insan sağlığı üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalar, dünya genelinde üretilen karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonunun yaklaşık dörtte birinin ulaştırma sektöründen kaynaklandığını göstermektedir (Borghetti vd., 2022).

Karayolu taşımacılığı ise ulaştırma sektörünün en büyük karbon emisyon kaynağıdır. Araştırma sonuçlarına göre, hava ve deniz taşımacılığı dahil ulaştırma sektörü kaynaklı toplam CO<sub>2</sub> emisyonunun %75'ini karayolu taşımacılığı oluşturmaktadır. Bu da karayolu taşımacılığının dünya genelindeki toplam karbon salınımına yaklaşık %19 oranında etki ettiğini ortaya koymaktadır (Borghetti vd., 2022).

Sonuç olarak, son adım teslimatta karşılaşılan yüksek maliyet, çeşitli zorluklar ve olumsuz çevresel etkiler nedeniyle bu aşamanın sürdürülebilirlik ve kamu sağlığı

açısından birçok endişeyi barındırdığı görülmektedir. Toplam lojistik maliyetin yarısına kadar ulaşabilen verimsizlik ve çevreye olan zararlı etkileri göz önünde bulundurulduğunda bu aşamanın çok sayıda dezavantaj barındırdığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, posta hizmetlerinin teslimat aşaması için verimli ve sürdürülebilir çözümler bulunması büyük önem taşımaktadır.

### **3.3. Teslimat Hizmetlerinde Karşılaşılan Operasyonel Zorluklar**

Artan şehirleşme, kurumlardan tüketicilere doğru e-ticaretin istikrarlı bir şekilde gelişimi ile birleştiğinde, son-adım teslimat sürecinde dikkat çeken zorlukları beraberinde getirmiştir. Yoğun şehirleşme ile birlikte teslimat noktaları daha da çeşitlenmiş, trafik yoğunluğu artmış ve park yeri sıkıntısı yaygın bir sorun haline gelmiştir. Bunlara ek olarak artan sipariş yoğunluğu, E-ticaret platformlarının hızlı teslimat taahhütleri ve müşterilerin adreslerinde bulunmaması gibi problemler teslimat hizmetlerinde karşılaşılan diğer önemli zorluklardır.

Bu sorunlar bazı durumlarda, işletmelerin ek seferler yapmasını gerektirmektedir. Bu da işletmelerin iş yükünü ve maliyetlerini artırmaktadır. Ek seferlerle birlikte hem yakıt hem işçilik maliyeti arttırmasının yanında çevresel olarak da zararlı etkilere sebebiyet verilmektedir (Kavalcı & Güzel, 2023).

#### **3.3.1. Trafik durumu**

Gönderi teslimatında karşılan önemli zorluklardan biri trafik ve yol durumudur. Şehirdeki teslimat süreçlerinde yoğun araç trafiği, kötü yol koşulları ve uygun park yerlerinin bulunamaması şehir içi dağıtımlarının daha da zorlu hale gelmesine sebep olmaktadır.

Özellikle büyük şehirlerdeki trafik sıkışıklığı ve yol durumu bu sürecin verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, Londra gibi büyük şehirlerde trafik hızlarının %2 ile %9 arasında azaldığını ve bu durumun özellikle merkezi alanlarda ortalama araç gecikmelerinin ve yolculuk süresinin %31 oranında

artmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, işletmeler açısından iş verimliliği ve zaman yönetimi konularında sorunlar yaratırken geciken teslimatlar nedeniyle tüketici memnuniyetini de olumsuz yönde etkilenmektedir (Allen vd., 2018).

Diğer taraftan teslimat hizmetlerinin verimliliğini olumsuz etkileyen bir problem de park sorunlarıdır. Özellikle teslimat adresine yakın uygun park yerinin bulunmaması durumunda, araçların teslimat noktalarına uzak mesafelere park edilmesi iş yükünü arttırırken teslimat süresinde gecikmelere sebep olabilmektedir (Allen vd., 2018).

### **3.3.2. Dağınık teslimat adresleri**

Teslimat lokasyonları PHS açısından kritik öneme sahiptir. Geleneksel teslimatta gönderiler karayolu ile alıcı adresine ulaştırılmaktadır. Ancak, dağınık adreslerden dolayı teslimat maliyetleri oldukça yüksek olmaktadır. Ayrıca, alıcının adreste bulunmaması gibi durumlarda teslimatın yapılamaması, sıklıkla karşılaşılan başarısız sonuçlar arasında yer almaktadır.

E-ticarete, tüketicilerin herhangi bir seyahate çıkmadan buldukları yerden alışveriş yapma imkânları vardır. Tüketicilere sağlanan bu kolaylık, teslimat hizmetleri için de seyahat etmeme eğilimini beraberinde getirmiştir. Bu konuda yapılan araştırmalar, tüketicilerin genellikle yaşadıkları adrese yapılan teslimatı tercih ettiklerini ortaya çıkarmıştır (Morganti vd., 2014).

Teslimat adreslerinin çok çeşitli ve birbirinden uzak konumlarda olması PHS'leri için maliyetli ve zorlayıcı bir durum oluşturabilmektedir. Bu nedenle, son zamanlarda toplu teslimat seçenekleri büyük ilgi görmeye başlamıştır. Bu konuda önemli bir alternatif çözüm olarak görülen ortak teslimat noktalarına yapılan yatırımlar her geçen gün artmaktadır. Özellikle teslimat dolapları ve gel-al teslimat noktalarına toplu teslimat yapılabilmesi PHS'lere çeşitli faydalar sağlamaktadır. Teslimatın ilk seferde başarılı sonuçlanması, teslimat güzergahlarının kısaltılması ve operasyonel

maliyetlerin düşürülmesi bu konudaki olumlu neticelerin başında yer almaktadır (Morganti vd., 2014).

### 3.3.3. Zorlayıcı teslimat süreleri

İnternet üzerinden yapılan alışverişlerde taraflar arasında mesafeli satış sözleşmesi kurulmaktadır. Bu sözleşme tarafların hak ve yükümlülüklerini belirlemektedir. İnternette yapılan satışlara ilişkin temel düzenlemeler, 6502 sayılı Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun madde 48 ve 27 Kasım 2014 tarihli ve 29188 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Mesafeli Sözleşmeler Yönetmeliği ile yapılmıştır.

Yasal düzenlemelere göre, e-ticaret işletmeleri, ödemesi yapılan ürünü en geç otuz gün içinde alıcıya teslim etmekle yükümlüdür. Bu süre, sözleşmeden bağımsız olarak kanunun tüketicilere tanıdığı bir hak olarak kabul edilmektedir. Taahhüt edilen sürede veya en geç otuz gün içerisinde teslimat yapılamaması durumunda, tüketicilerin sözleşmeyi feshetme ve ödedikleri tutarın iadesini isteme hakları bulunmaktadır.

Bununla birlikte, e-ticaret siteleri, müşteri memnuniyetini sağlamak için gönderilerin teslimat sürelerine büyük önem vermektedir. Bu sebeple, gönderinin 0-600 km aralığındaki mesafelerde 24 saatte ve 600 km ve üzeri mesafelere 48 saatte ulaştırma gibi standart hizmetler sunulmaktadır. Ayrıca, acil ekspres hizmetleri ise 24 saatten daha hızlı sürelerde teslimat vadetmektedir. Hızlı teslimat hususu, kullanıcıların e-ticaret beklentilerinin başında gelmektedir (Trendyol, 2024a).

Ülkemizde koli ve kargo gönderilerinin %80,8'i farklı şehirlerdeki adreslere teslim edilmekteyken yalnızca %17'sinin teslimat adresi şehir içi olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 1.5). Bu gönderilerin teslimat süreleri incelendiğinde, %41'inin kabul edildikten sonraki gün, %36'sının ise kabul edildiği günden sonraki ikinci gün içinde teslim edildiği görülmektedir (Şekil 1.6).

Gönderilerin büyük bir kısmının farklı şehirlere teslim edildiği göz önünde bulundurulduğunda, posta hizmetlerinin nispeten hızlı teslimat sürelerine sahip

olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, úlkemizin farklı bölgeleri arasında gerçekleşen ticaret ve alışveriş işlemlerindeki verimliliğe ve etkinliğe katkıda bulunmaktadır.

Diğer taraftan, görúlen hızlı teslimat süreleri PHS üzerinde zorlayıcı bir etkiye sahiptir. Özellikle müşterilere sunulan hızlı teslimat vaatleri, posta hizmetleri üzerinde baskı oluşturmaktadır. Son adım teslimat hizmetleri, niteliği itibariyle zaman duyarlı bir süreç olduğundan dolayı müşterinin beklentide olduğú sürede gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, teslimat hizmetlerinde zaman baskısının göz ardı edilemeyeceği açıktır (Nakıboğlu, 2020).

### **3.4. Úlkemizde Teslimat Hizmetlerinde Karayolu Taşımacılığı**

Taşımacılık, günümüzde insanların ve eşyanın bir yerden başka bir tere taşınması hizmetini içeren önemli bir sektördür. Taşımacılık hizmeti, insanları günlük hayatta ihtiyaç duydukları hareketliliği sağlarken eşyaların ticari faaliyetler kapsamında nakliyesinin yapılmasında önemli bir sektördür. Eşya taşımacılığı, taşınan eşyanın cinsine ve taşıma işleminin yurt içinde veya uluslararası alanda gerçekleşmesine göre farklı kurallar, bürokratik gereklilikler ve yetki belgeleri gerektirmektedir (Akbulut, 2016).

6475 sayılı PHK, úlkemizde posta hizmetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi amacıyla 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla birlikte posta gönderilerinin kabulü, toplanması, işlenmesi, sevki, dağıtımı ve teslimi gibi tüm süreçler, yetkilendirilmiş hizmet sağlayıcıları tarafından gerçekleştirilebilmektedir.

Posta hizmetlerinin sunulması ve bunun için gerekli alt yapının kurulup işletilebilmesi için BTK tarafından yetkilendirilmiş olmak gerekmektedir. Şirketlerin yetki belgesi alabilmeleri için 03/06/2014 ve 29019 sayılı Resmi Gazete yayımlanan Posta Sektörüne İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliğinin Yetkilendirme başvuru şartları başlıklı 6'ncı maddesinde belirtilen şartları taşımaları gerekmektedir. Kurum, başvurusu onaylanan şirketlere il/iller bazında veya ulusal bazda olmak üzere yetki belgesi düzenlemektedir.

Ulusal düzeyde yetkilendirilen hizmet sağlayıcılar, tüm yurt çapında posta hizmeti sunabilmekteyken, il düzeyinde yetki belgesi alan PHS'ler sadece yetkilendirildikleri ilin sınırları içerisinde hizmet verebilmektedirler. Birden fazla ilde yetkilendirilen hizmet sağlayıcılar ise yetkilendirildikleri il sınırları içinde ve bu iller arası posta hizmeti sunmaya ve gerekli alt yapıyı kurup işletebilmeye yetkili olmaktadır.

Ülkemizde karayolu eşya taşımacılığı; ev eşyası, ticari eşyalar ve kargo gibi türlere göre sıralanırken taşımanın gerçekleşeceği alana bağlı olarak çeşitli yetki belgesi türlerine ayrılmıştır. Karayolu Taşıma Yönetmeliğinde (KTY) yetki belgeleri çeşitli faaliyet alanlarına göre sıralanmaktadır. Buna faaliyetler;

- Genel taşımacılık
- Eşya acenteliği
- Taşıma işleri komisyonculuğu
- Lojistik işletmeciliği
- Taşıma işleri organizatörlüğü
- Nakliye ambarı işletmeciliği
- Kargo işletmeciliği
- Kurye ve dağıtım işletmeciliğidir.

Yukarıda belirtildiği şekilde sıralanan yetki belgeleri, karayolunda motorlu taşıtlar ile yapılan eşya taşımacılığı faaliyeti için alınması zorunlu olan belgelerdir.

Öte yandan, kargo taşımacılığı alanında faaliyet göstermek isteyen firmaların, yetki belgesi almak için gerekli şartları yerine getirmesi ve uygun türde yetki belgesine sahip olması gerekmektedir. Bu kapsamda, KTY'de belirtilen M türü yetki belgesi, ticari amaçla kargo işletmeciliği yapacak gerçek ve tüzel kişilere verilmektedir. M türü yetki belgesi, faaliyetin gerçekleşeceği coğrafi alan ve faaliyet şekline göre iki farklı türe ayrılmaktadır:

- M1 Yetki Belgesi: İl bazında kargo işletmeciliğine verilmektedir
- M2 Yetki Belgesi: Ulusal bazda kargo işletmeciliğine verilmektedir

### 3.5. E-ticaret ve Teslimat Hizmetleri İlişkisi

E-ticaret, geleneksel ticaret yöntemlerine göre birçok avantaj barındıran sıra dışı bir ticaret yöntemidir. Bu yöntem, alışverişteki zaman ve mekân sınırlamasını ortadan kaldırarak müşterilere daha geniş bir ürün yelpazesi sunmaktadır (Kavaklı, 2018). Posta sektörü, E-ticaret platformları ile dikey entegre halindedir. Dolayısıyla, e-ticaret ve posta hizmetleri karşılıklı etkileşim içerisindedir. Bu etkileşimin detaylarının açıklanmasında fayda görülmektedir (Büyüktanır, 2022).

#### 3.5.1. E-ticaretin gelişimi

OECD, E- ticaret terimini; sipariş alma veya verme amacıyla tasarlanmış yöntemlerle bilgisayar ağları üzerinden gerçekleştirilen, mal ve hizmetlerin satışı veya satın alınması işlemi olarak tanımlamaktadır. Benzer çerçevede e- ticaret, 6563 sayılı Elektronik Ticaretin Düzenlenmesi Hakkında Kanun'da *"Fiziki olarak karşı karşıya gelmeksizin, elektronik ortamda gerçekleştirilen çevrim içi iktisadi ve ticari her türlü faaliyet"* şeklinde ifade edilmiştir. Özetle e-ticareti, ürün ve hizmetlerin çevrimiçi alım ve satımı olarak adlandırmak mümkündür (Attar vd., 2022).

Bu tanımlamada çevrimiçi kavramından kasıt genellikle internet teknolojisidir. Buna göre e-ticaret, internet kanalı üzerinden çevrimiçi olarak yapılan alışveriş işlemleridir. Telefon, fax, çağrı merkezi, e-mail üzerinden yapılan işlemler e-ticaret faaliyeti olarak ifade edilemeyeceği (Göçmen, 2022) gibi bahsi geçen internet kanalı yöntemiyle sipariş edilen mal veya hizmetlerin ödemesinin ve nihai teslimatının çevrim içi olarak yapılması da gerekmemektedir. Bununla birlikte, EDI (elektronik veri değişimi) ve intranet (sınırlı sayıda kullanıcının ulaşabildiği kapalı ağ) ağları üzerinden e-ticaret yapmak mümkündür (OECD, 2013).

E-ticaret, basit anlatımla internet üzerinden ürün, hizmet veya mal alım-satım işlemleri olarak tanımlansa da aslında birçok türü mevcuttur. E-ticaret türleri aşağıda sıralanmaktadır.

- İşletmeden İşletmeciye E-Ticaret (B2B)

- İşletmeden Tüketicisy E-Ticaret (B2C)
- Tüketiciden İşletmeciye E-Ticaret (C2B)
- Tüketiciden Tüketicisy E-Ticaret (C2C)

B2B işlemler, e-ticaret kaynaklı oluşan işlem hacminde önemli bir miktarı temsil etmektedir (OECD, 2013). Bu model, ürün üreticisi veya tedarikçisi ile satıcı işletme arasında geçen alışverişi ifade etmektedir. Özünde, toptancıdan perakendeciye geleneksel tedarik zincirinin çevrimiçi yansımasıdır. B2B işlemlerde işletmeler arası e-ticaret faaliyeti gerçekleşmektedir (AKA, 2017). Bu model tüketicisy ürün satışı içermemektedir. Alibaba.com, B2B modelinin en iyi örneğidir ve bu tür işlemler için lider platform olarak kabul edilmektedir.

B2C, işletmelerin doğrudan tüketici ile temas kurarak müşteriye doğrudan satış yapmasıdır. Özellikle alışveriş alışkanlıklarının değişmesi ve dijitalleşmenin de etkisi ile B2C işlemler büyük bir ivme kazanmıştır. Tüketicinin internet ortamında sipariş oluşturması ile başlayan B2C işlemler, ürünün tüketicisy teslimatı ile tamamlanmaktadır. Ülkemizde e-ticaret pazarı bu model üzerinde yoğunluk kazanmıştır.

Tüketicilerden işletmelere gerçekleşen C2B, kişilerin mal veya hizmetlerini aracı web siteleri üzerinden işletmelere sunmasıdır. C2B modeli, serbest çalışanların beceri ve uzmanlıklarını ihtiyaç duyan işletmelere çevrimiçi platformlardan üzerinden sergileme fırsatı vermektedir.

E-ticaret işlemlerinde ikinci el ürünlerin satıldığı alışveriş siteleri de oldukça popüler hale gelmiştir. Ülkemizde Sahibinden ve Dolap gibi platformlar, kullanıcıların hem alış yapmasına hem de kendi ürünlerini satmasına olanak tanımaktadır. C2C olarak tanımlanan bu modelde, alıcılar ve satıcılar arasında doğrudan bir iletişim kurulmakta ve tüketiciden tüketicisy ürün satışı gerçekleşmektedir. Bu işlemlerde aracı site

alışveriş gerçekleştiğinde komisyon geliri elde edebilmektedir (Selçuk & Güler, 2023, s.7-10).

Tablo 3.1’de, ülkemizdeki bazı e-ticaret platformları ve faaliyet gösterdikleri e-ticaret modellerinin sıralaması yapılmaktadır. Bu tabloda, doğrudan müşteriye satış modeli olan B2C’ye daha fazla yönelim olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, 2022 yılı istatistiklerine göre, ülkemizde e-ticaret faaliyetlerinde bulunan toplam işletme sayısının 548.688 olduğu görülmektedir. Bu işletmelerin büyük çoğunluğu, 533.019 adet ile e- ticaret pazaryerlerinde faaliyet göstermekte, geri kalan 15.651 adetlik bir rakam ise hem kendi sitelerinde hem de e-pazaryerlerinde satış yapmaktadır. Bu istatistikler, işletmelerin dijital platformlara yönelimlerini göstermesi açısından önemlidir (Ticaret Bakanlığı, 2022).

Tablo 3.1 E-ticaret Platformları ve İş Modelleri

Ülkemizdeki Bazı E-ticaret Platformları	C2C	B2C	B2B
Trendyol		Ürün	
Hepsiburada		Ürün	
GittiGidiyor		Ürün	
N11		Ürün	
Sahibinden	Hizmet		
Yemeksepeti		Hizmet	
N11 Pro			Ürün

Kaynak: Selçuk & Güler, 2023

E-ticaretin geleneksel ticarete alternatif olacak seviyede gelişmesi teknolojik yeniliklerle mümkün hale gelmiştir. İnternet ağlarına erişiminin kolaylaşması ve mobil cihazların gelişimi, tüketicilerin alışveriş alışkanlıklarını değiştirmiştir. Artık tüketiciler, geleneksel alışverişin yanı sıra internet üzerinden de ürün satın alma eğilimindedirler. Bu eğilimin en önemli sebepleri, çevrimiçi alışverişin sunduğu fiyat karşılaştırması ve ürün çeşitliliği gibi avantajlardır.

Teknolojik gelişmeler, tüketicilerin yanı sıra hizmet sağlayıcılarını da etkilemiştir. Tüketicilere daha kolay ulaşabilmek için, hizmet sağlayıcıları internet kanallarına daha fazla ağırlık vermeye başlamıştır. Bu nedenle e-ticaret, hızla büyümeye başlamış ve ticaretin işleyişi tamamen farklı bir boyuta geçmiştir. Özellikle akıllı telefonlara yüklenen mobil uygulamalar, B2C işlemlerinde güçlü ve popüler platformlar sunmaktadır. Yeni uygulamalar sayesinde kullanıcılar ürün kodlarını tarama, fiyatları karşılaştırma ve çevrimiçi ürün satın alma gibi işlemleri kolayca gerçekleştirebilmektedir (OECD, 2013).

Sonuç olarak, günümüzde internet kullanımının yaygınlaşması ile birlikte e-ticaret, hayatın olağan bir parçası haline gelmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, bireysel akıllı cihazların ve sabit ev interneti kullanımı oldukça yaygındır. Evden internete erişim imkânı olan hanelerin oranı %95,5 seviyesine ulaşmıştır. Ayrıca, 16-74 yaş grubundaki bireylerde internet kullanım oranının her geçen yıl arttığı ve son olarak %87,1'e yükseldiği görülmektedir (TÜİK, 2023b).

Bu kapsamda, e-ticaret gelişimine etkisi olan temel faktörleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (Rekabet Kurumu, 2022):

- Teknolojik gelişmelere açık genç nüfus yoğunluğunun olması
- İnternete erişim imkanının gelişmesi
- İnternete erişimi sağlayan cihazlara sahipliğin artması
- İnternet kullanım yoğunluğu
- Dijital yeniliklere adaptasyon düzeyinin artması
- Çevrimiçi alışveriş eğilimi

- Kredi kartı kullanımının artması ve dijital bankacılıktaki gelişimler
- Lojistik ve teslimat hizmetlerinde yaşanan gelişim

Öte yandan, son yıllarda e-ticarette görülen muazzam büyümenin arkasında küresel Covid-19 salgınının büyük bir etkisi olmuştur. Salgınla birlikte uygulanan kısıtlamalar, tüketicilerin evlerinden dışarı çıkamaması ve sokağa çıkma yasakları ile mağaza ve dükkanların kapalı olması gibi sebeplerden dolayı tüketiciler, mal ve hizmetlere erişim için mevcut alışveriş alışkanlıklarını değiştirmek zorunda kalmışlardır. Bu durum, tüketicilerin yeni uygulama ve teknolojilere yönelmelerine ve e-ticaretin önem kazanmasına neden olmuştur (Toraman & Yüksel, 2021).

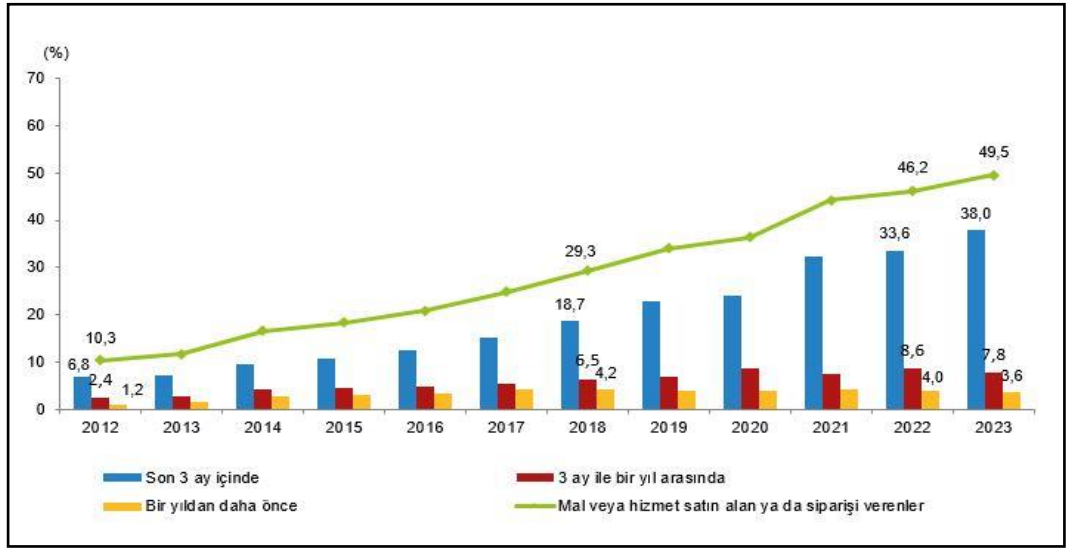
Salgın döneminde tüketicilerin fiziksel mağazalara gitmeden alışveriş yapabilmesini sağlayan online alışveriş siteleri, mobil uygulamalar ve diğer e-ticaret platformları tüketicilere güvenli ve kolay bir alışveriş deneyimi sunarak büyük bir talep görmüştür. Bu kapsamda TUBİSAD (2021) raporu, salgının e-ticarete etkisini göstermesi açısından önemlidir. Rapora göre Covid-19 salgını etkisiyle tüketicilerin e-ticaret alışveriş sıklığı büyük bir oranda artmış, sadece 2020 yılında Dünya genelinde internet kullanan tüketicilerin %80'i e-ticareti deneyimlemiştir.

Ülkemizde gelişmiş internet penetrasyonunun yanı sıra internetten alışveriş işlemleri de yaygınlık kazanmıştır. Türkiye'deki internet kullanıcılarının yaklaşık yarısı son bir sene içerisinde e-ticaret platformlarından mal veya hizmet siparişi vermiştir. Bu durum, e-ticaretin ülkemizdeki gelişim seviyesinin bir diğer göstergesidir. Şekil 3.1, e-ticaretin ülkemizdeki önemini açık bir şekilde temsil etmektedir. Şekil 3.1'de yer alan verilere göre, 2012 yılında internetten sipariş veren kullanıcıların oranı %10,3 iken 2023 yılında bu oran, yaklaşık %50 seviyelerine yaklaşmıştır.

Ayrıca, son on yılda e-ticaret platformlarından ürün alan kullanıcı sayısında doğrusal bir artış yaşanmıştır. Bu durum, internet kullanıcılarının çevrimiçi alışverişini sıklıkla tercih ettiğini ortaya koymaktadır. Şekil 3.1'de görüldüğü üzere, son üç ay içerisinde

e-ticaret sitelerinden mal veya hizmet alan kullanıcıların oranı 2023 yılında toplam kullanıcıların %38'ine ulaşmıştır. Bu oranın, 2012 yılına kıyasla yaklaşık 5 kat artış gösterdiği görülmektedir (TÜİK, 2023).

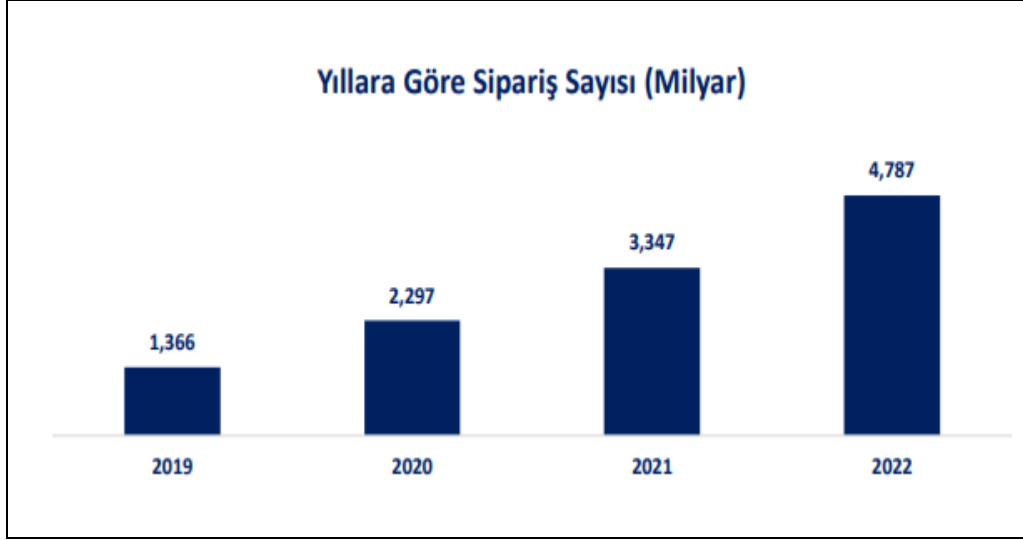
Şekil 3.1 Çevrimiçi Satın Alma veya Sipariş Verme Oranları (2012-2023)



Kaynak: TÜİK, 2023

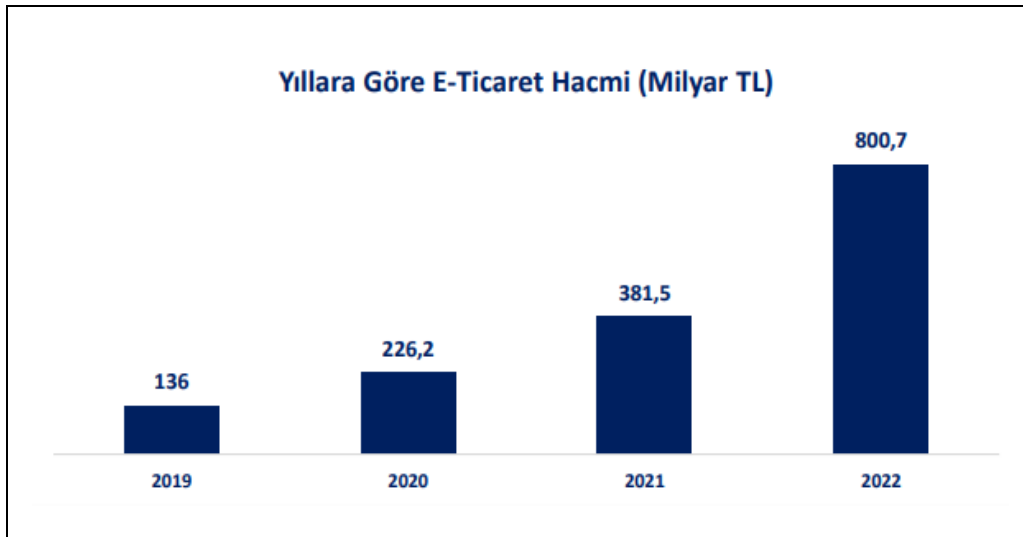
Son yıllarda ülkemizdeki e-ticaret sipariş sayısı her yıl istikrarlı bir şekilde artmakta olup, 2022 yılında bir önceki yıla göre %43 gibi önemli bir artışla toplam 4.787 milyar sipariş adedine ulaşmıştır. Bu eğilim, e-ticaret gelirlerine de yansımış ve aynı dönem aralığında %110 oranında kayda değer bir büyüme ile toplam 800.7 milyar TL'ye ulaşmıştır. Ülkemizdeki e-ticaret sipariş hacimlerinin ve gelirlerinin istatistiksel gösterimleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te sunulmaktadır (Ticaret Bakanlığı, 2022).

Şekil 3.2 Türkiye E-ticaret Sipariş Sayıları (2019-2022)



Kaynak: Ticaret Bakanlığı, 2022

Şekil 3.3 Türkiye E-ticaret Gelirleri (2019-2022)



Kaynak: Ticaret Bakanlığı, 2022

### 3.5.2. Teslimat hizmetlerinin e-ticaret üzerindeki etkileri

E-ticarete, ürünün müşteri tarafından doğrudan görülerek veya dokunularak test edilememesi nedeniyle ürüne güven duyulması önemli bir faktördür. Müşterilerin alışveriş yaparken e-ticaret platformlarına güvenmesi ve bu platformlara ödeme yapması da güven duygusunun diğer bir boyutudur. Yapılan çalışmalar, satın alma niyeti ile e-ticaret platformlarına olan güven duygusu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Attar vd., 2022).

Bu alanda yapılan bazı çalışmalara göre (Surjandy vd., 2021), e-ticaret alışverişinde güven duygusunun oluşumunu etkileyen başlıca faktörler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Ürünün fiyatlandırması ve müşterinin ihtiyacına uygun olması
- Teslimat hizmetinde ürünün iyi durumda teslim edilmesi
- Herhangi bir aksilik durumunda ürüne güvence verilmesi

Son dönemde yapılan çeşitli çalışmalar ise müşterilerin e-ticaret deneyimlerinde karşılaştıkları sorunlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalara göre, karşılaşılan sorunların büyük bir çoğunluğunun teslimat hizmetleri ile ilgili olduğu ortaya konmuştur. Hasarlı ürün teslimatı, müşterilerin adreste bulunmadığı zamanlarda teslimata çıkılması ve teslimat gecikmeleri, müşterilerin memnun olmadıkları temel konular olarak karşımıza çıkmaktadır (Morganti vd., 2014).

Ayrıca diğer bir çalışmaya göre, tüketicilerin dörtte üçünün teslimat hizmetinden memnun kalmaları halinde e-ticaret platformundan tekrar alışveriş yapmak istedikleri, teslimat hizmetinde sorun yaşayan tüketicilerin ise yarısının gelecekte aynı platformdan alışveriş yapmak istemedikleri ortaya çıkmıştır (Karlı & Tanyaş, 2024).

Bu kapsamda, teslimat hizmetindeki başarılı performansın, müşterilerin e-ticaret platformlarını tercihte önemli bir etken olduğu görülmektedir. Ürünün müşteriye iyi

durumda ve özellikle hızlı ulaştırılması, e-ticaret platformuna olan güveni arttırmaktadır. Teslimat hizmetlerinin, e-ticaretin sürdürülebilirliği ve müşterilerle olan ilişkisinde büyük bir öneme sahip olduğu, e-ticaretin gelişiminde ve tüketicilerin satın alma kararlarında etkili bir faktör olduğu ortadadır.

### **3.5.3. E-ticaretin teslimat hizmetleri üzerindeki etkileri**

E-ticaretin teslimat hizmetlerine etkileri ise posta sektörü açısından genel olarak olumlu karşılanmaktadır. Bu olumlu durum, e-ticaretin popüler hale gelmesi ve yaygınlaşması neticesinde, fiziki gönderim gerektiren siparişlerin teslimat hizmetlerine olan talebi arttırmış ve kaynaklanmaktadır. Haberleşme gönderileri dışında kalan posta gönderilerinin teslimat sayısında keskin bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış, e-ticaret faaliyetlerinin posta sektörüne ve teslimat hizmetlerine olan en önemli bir etkisidir. Bu etki ile beraber kargo taşımacılığı sektöründe doğrusal bir büyüme kaçınılmaz hale gelmiştir. Bununla birlikte e-ticaretin nihai teslimat üzerindeki etkileri bu kadarla sınırlı değildir. Aynı zamanda, teslimat sürecinde yaşanan gelişmeler ve yeniliklerde de e-ticaretin payı büyüktür. Bu nedenle, e-ticaretin teslimat hizmetlerine olan olumlu etkileri posta sektöründe büyüme ve gelişmeyi desteklemeye devam etmektedir.

2020 yılı e-ticaret verilerine göre, e-ticaret gönderilerinin toplam gönderiler içindeki payı %60 olarak karşımıza çıkmaktadır (Ticaret Bakanlığı, 2020). Ancak, BTK verileri incelendiğinde bu oranın daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. BTK, posta gönderilerini, gönderim kaynağına göre bireysel ve kurumsal olarak iki grupta kategorize etmektedir. Bireysel gönderiler, kişilerin şahsi ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirdiği gönderilerdir. Kurumsal gönderiler ise işletmelerin ticari faaliyet doğrultusunda yaptığı gönderimlerdir. BTK (2023) verilerine göre, posta kolisi/kargosu gönderilerinde kurumsal müşterilerin payı oldukça yüksektir. 2021-2023 yılları arasında bireysel gönderilerin ortalama oranı yaklaşık %8 iken kurumsal gönderilerin ortalama payı yaklaşık %92 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, e-ticaretin yaygınlaşması ve işletmelerin ticari faaliyetlerinin artmasıyla doğru orantılıdır.

Özellikle B2C gönderiler, posta ve teslimat hizmetlerinin iş yükünün büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Kargo gönderilerinin yaklaşık %92'sinin kurumsal müşterilerden kaynaklandığı göz önüne alındığında, teslimat hizmetlerinin önemli bir kısmının işletmeden işletmeye ve işletmeden tüketiciye yapılan gönderilerden oluştuğunu belirtmek gerekir (BTK, 2023).

E-ticaret ürünlerinin çoğunluğu küçük hacim ve küçük ağırlıklara sahiptir. Alıcılar, bu ürünlerin genellikle yaşadıkları adrese teslim edilmesini tercih etmektedir. Bununla birlikte, alıcılar teslimat için ayrıca bir ödeme yapmaktan kaçınmaktadır. E-ticaret platformlarının rekabetçi fiyat uygulamasına rağmen ücretsiz teslimat seçeneği sunmaları tüketicilerin teslimat aşamasına ek bir ödeme yapmaktan kaçınmalarına neden olmuştur. Bu durum, siparişlerin iptal veya değişim amaçlı iadeleri konusunda olumsuz bir yaklaşım yaratmaktadır (Morganti vd., 2014).

İade konusu, e-ticaret alışverişinin ayrılmaz bir parçası ve aynı zamanda bu konudaki önemli bir sorundur. Bu sorun, iade işlemlerinin ücretsiz olmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde birçok müşteri, ihtiyaçtan fazla ürün siparişi vermektedir. Bu da e-ticarette iade oranlarının artmasına sebep olmaktadır. E-ticaretteki iade oranlarına ilişkin kapsamlı bir istatistiki veri bulunmamaktadır. Ancak moda sektörü gibi bazı sektörlerde iade oranlarının %40 seviyelerine ulaştığı bilinmektedir. Özellikle moda ürünlerinde, aynı ürünün farklı boyutları ilk seferde sipariş edilmekte daha sonra uygun görülmeyen boyuttaki siparişler iade edilmektedir. Bu durum posta sektöründe yüksek hacimli teslimat ve iade işlemlerine neden olmaktadır (Morganti vd., 2014).

### **3.6. Alternatif Teslimat Yöntemleri**

Çevrimiçi alışveriş yoğunluğu ve tüketicilerin beklentileri posta kolisi teslimatını kritik bir alan haline getirmiştir. Tüketicilerin sipariş ettikleri e-ticaret ürünlerini en kısa sürede ve istedikleri yerde teslim almayı istemeleri nedeniyle PHS'ler bu aşamayı daha hızlı, esnek ve tüketici isteklerini karşılayacak şekilde gerçekleştirmek için yeni

yöntemler geliştirmeye çalışmaktadır. Özellikle teknolojik gelişmeler, bu süreci daha verimli hale getirmek için kullanılacak yeni araç ve yöntemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu doğrultuda son-adım teslimat, posta hizmetlerinin en yenilikçi adımlarından biridir. Posta hizmetlerinin, endüstri ve lojistikte Endüstri 4.0 adımına geçiş, otonom araçlar ve akıllı şehir uygulamaları gibi yeniliklere adaptasyonu son-adım teslimat aşamasındaki gelişmelerle mümkün olmaktadır (Nakıboğlu, 2020).

Son yıllarda hızla gelişen e-ticaret sektörü, posta dağıtım yöntemlerinin daha da önem kazanmasına ve bu alanda yeni teknolojilerin kullanılmasına neden olmuştur. Bu süreçte, ürünün doğru zamanda ve uygun şekilde teslim edilmesi kullanıcı memnuniyeti açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, son-adım teslimatta kullanılan yöntem ve teknolojiler, aşamanın başarılı bir şekilde tamamlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu anlamda, son zamanlarda uygulanmaya başlanan alternatif teslimat yöntemleri büyük önem taşımaktadır.

Bilindiği üzere geleneksel teslimatta gönderiler, teslimat merkezinden alınmakta ve araç ile önceden belirlenmiş güzergâh üzerinden alıcılara ulaştırılmaktadır. Ancak teslimat hizmetlerine olan talep ve ihtiyaç arttığı halde geleneksel teslimat yöntemlerinin bu talebi karşılama kabiliyeti mevcut yöntem ve altyapı nedeniyle sınırlı hale gelmiştir. Geleneksel teslimat yöntemlerinde karşılaşılan zorluklarla birleştiğinde, bu aşamanın verimliliğini arttırmak için yeni yöntemler ve stratejilerin geliştirilmesi gerekli hale gelmiştir.

Teslimat hizmetlerinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek, maliyetleri düşürmek ve bu aşamanın verimliliğini arttırmak için halihazırda çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulamaların başında alternatif teslimat seçenekleri gelmektedir. Alternatif teslimat yöntemleri, günümüzde giderek artan hava kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi sorunlara da çözüm getirme potansiyeline sahiptir. Bu yöntemler sayesinde araçlardan kaynaklanan karbon salınımının düşürülmesi, trafik sıkışıklığının azaltılması, teslimat maliyetlerinin optimize edilmesi ve tüketici memnuniyetinin sağlanması amaçlanmaktadır. Son-adım teslimat aşamasında hali hazırda hayata

geçen yenilikçi yöntemler arasında Kargo otomatları, akıllı dolaplar, teslimat noktaları ve hizmet noktaları bulunmaktadır. Otonom araçlar ve İHA'lar, yakın gelecekte hayata geçmesi beklenen yenilikçi uygulamalardan bazılarıdır (Karlı & Tanyaş, 2024).

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurulu, 23.02.2021 tarihli ve 2021/DK-SRD/56 sayılı kurul kararı ile Posta Hizmetlerine Yönelik Alternatif Teslimat Modellerinin Uygulanması belirlenmiş olup, söz konusu Kurul kararına göre; PHS'lerin, tüketici hakları da dâhil diğer tüm yükümlülükler ve Kurumun düzenleme hakları saklı kalmak kaydıyla; **sadece e-ticaret gönderileri ile sınırlı olmak** ve teslimata ilişkin tüm sorumluluk posta hizmet sağlayıcısına ait olmak üzere,

- Posta gönderisinin alıcısıyla teslimat noktası (gel-al noktası) olarak ilişki kuracak esnaf ve işyerleri gibi üçüncü taraflarla sözleşme yaparak teslimata yönelik hizmetleri söz konusu üçüncü taraflar aracılığıyla sunabilmesi
- Posta gönderisinin alıcısıyla teslimat noktası olarak ilişki kuracak büyük site yerleşimlerinin yönetimi ve/veya AVM/Plaza muhaberat yönetimi ile sözleşme yaparak belirlenecek lokasyonlar üzerinden alıcıya teslimat yapabilmesi
- Belirli bölgelere yerleştirilerek teslimat noktası olarak kullanılacak kilitli teslimat dolabı marifetiyle teslimat hizmeti sunabilmesi
- Alternatif teslimat yöntemlerinin uygulanması sırasında sözleşme yaparak teslimat noktası olarak hizmet verecek üçüncü tarafların posta gönderisi alıcılarından teslimat hizmetine yönelik ilave ücret talep etmemesi hususlarına karar verilmiştir.

Alternatif teslimat hizmetlerinde belirlenen yasal çerçeve daha sonra genişletilerek haberleşme gönderileri hariç olmak üzere tüm gönderileri kapsayacak şekilde

düzenleme getirilmiştir. 14.04.2023 tarihinde yayımlanan BTK kurur kararı<sup>1</sup> ile Alternatif Teslimat Modellerinin Uygulanmasına Yönelik Usul ve Esaslar son halini almıştır. Bu karar ile birlikte posta hizmetlerinin sunumunda teslimat noktası, kilitli teslimat dolapları ile İHA, otonom araç ve robotlar gibi yeni teknolojilerin kullanılması mümkün hale gelmiştir.

BTK tarafından yayımlanan usul ve esaslar ile kullanıcı haklarının korunması, hizmet kalitesinin yükseltilmesi, eşitlik, şeffaflık ve rekabetin sağlanması, kişisel verilerin korunması ile bilgi güvenliğinin sağlanması ve ulusal düzenlemeler ile ulusal ve/veya uluslararası standartların dikkate alınması gibi temel ilkeler gözetilmektedir.

### **3.6.1. Gel-al teslimat noktası**

Gönderinin teslim veya iade hizmetlerinin sunumunda, PHS'nin, gel-al noktası olarak hizmet verecek esnaf işletmesi veya ticari işletmelerle, iş yeri, site/alışveriş merkezleri/plaza yönetimleri gibi üçüncü taraflarla sözleşme yaparak teslimat veya iade hizmetlerinin söz konusu üçüncü taraflar aracılığıyla gerçekleştirilmesidir.

Gel-al teslimat uygulaması esnaf işletmesi gibi üçüncü taraflara ek gelir imkânı getirmekle birlikte alıcının da sipariş esnasında seçtiği en yakın teslimat noktasından esnek saat diliminde kolaylıkla hizmet almasını sağlamaktadır.

Gel-al teslimat noktası olarak hizmet veren üçüncü taraflarca alıcıdan herhangi bir ilave ücret talep edilememektedir. Söz konusu üçüncü taraflar teslimat hizmetlerini PHS ile yaptıkları sözleşme dahilinde gerçekleştirebilmektedirler. Bu işletmelerin, PHS ile anlık veri aktarımı/paylaşımı yapacak sistem ve yazılım kullanması gerekmektedir. Bu işletmelerin, yetkilendirilmiş posta hizmet sağlayıcıları haricinde tek başına teslimat hizmeti sunması için ilgili mevzuat gereğince yetki belgesi alması zorunludur.

---

<sup>1</sup> 28.03.2023 tarihli ve 2023/DK-SRD/115 sayılı Kurul Kararı.

### 3.6.2. Teslimat dolapları

Günümüzün hızlı tempolu iş dünyasında, insanların yoğun çalışma programlarına sahip olduğu ve mesai saatleri içinde kargo teslimatlarını almak için her zaman müsait olamadıkları bilinmektedir. Özellikle, işyerlerinin teslimat adresi olarak kullanılmasına izin vermeyen bazı şirket ve mesai saatleri dışında kargo şubelerinin kapalı olması nedeniyle teslimat sorunları yaşanmaktadır.

Kargo dolapları veya kargo otomatları olarak bilinen teslimat dolapları, mesai saatleri dışında teslimat sunmak için ortaya çıkmış ve 7/24 hizmet veren merkezlerdir. Ülkemizde Trendyol kargo dolabı, PTT Kargomat, Kargo park Kargo dolabı ve Amazon Hub gibi teslimat dolapları kullanılmaya başlanmıştır. Bu dolaplar, çevresine yerleştirilen güvenlik kameraları ile izlenen, özel yazılımları sayesinde kayıp ve çalıntı riskini en aza indiren güvenli bir teslimat yöntemi sunmaktadır. Bu yöntemde, alıcı telefonuna gönderilen kısa mesajın teslimat dolaplarına girilmesi veya QR kod okutulması ile gönderilerin teslimi sağlanmaktadır (Kargopark, 2024). Teslimat dolapları, hafta sonları dahil günün her saatinde hizmet vermektedir ancak bu dolaplara yerleştirilen gönderinin belirli bir süre içinde (bazı uygulamalarda 5 iş günü) teslim alınması gerekmektedir (Trendyol, 2024b).

BTK düzenlemelerine göre kilitli teslimat dolaplarında belirli teknik ve fiziki donanımların sağlanması gerekmektedir. Bu donanımlar, kullanıcıların can ve mal güvenliğinin korunması, hizmetin kesintisiz sunulması ve çevrenin korunması açısından önem arz etmektedir.

Buna göre, teslimat dolaplarının insan can ve mal güvenliğinde tehlike yaratmayacak şekilde tasarlanması ve konumlandırılması gerekmektedir. Ayrıca, çevre ve iklim koşullarından etkilenmeyecek şekilde imal edilmeli ve trafik güvenliği ile çevreye zarar vermeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Bunun yanı sıra, teslimat dolabı hizmetlerinde belirli standartlar bulunmaktadır. Bu standartlara göre, teslimat dolaplarının yedi gün yirmi dört saat hizmet sunması ve kullanıcıların erişim saatleri konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, enerji kesintisi durumunda dolabın

güvenli bir şekilde kapanması ve devam eden işlemler için teslimat/iade sürecinin tamamlanmasına imkân sağlayacak gerekli donanım ve yazılıma sahip olması önemlidir. Kilitli teslimat dolapları, posta hizmetinin sürekliliğini engellemeyecek şekilde düzenli aralıklarla bakıma alınmalı ve engelli kullanıcıların özel durumları mümkün olduğunca dikkate alınmalıdır.

### **3.6.3. Otonom kara araçları**

Son adım teslimat süreçlerinde kullanılan yenilikçi yöntemlerden birisi de otonom kara araçlarıdır. Otonomi, günümüzün popüler teknolojilerinin başında gelmektedir ve özellikle ulaşım ve otomotiv sektöründe büyük bir dönüşümü beraberinde getirmektedir.

Sürücüsüz ve elektrikli kara araçları olan otonom araçları, şehir içi sipariş ve gönderilerin alıcıya taşınmasında kullanılabilir. Posta gönderileri, ekspres gönderiler ve çevrimiçi sipariş verilen bakkaliye hizmetlerinin müşteriye ulaştırılmasında maliyet etkin, çevre dostu ve güvenli bir seçenek olabilmektedir.

Teslimat hizmeti sunumuna yönelik otonom kara araçları, dünya çapında birçok ülkede test edilmektedir. İngiltere'de teslimat robotu Starship, İsviçre'de TeleRetail, ABD'de Nuro ve Çin'de JingDong araçları bu çalışmaların başında gelmektedir. Bu araçlar, taşıma kapasiteleri boyutları ile orantılı olarak sınırlıdır ve kaldırımında düşük hızlarda ilerlemektedirler (KANIK vd., 2023). Bununla birlikte, daha hızlı ve daha fazla paket taşıma kapasitesine sahip projeler de mevcuttur. Dünyanın önde gelen otomobil şirketlerinden Toyota'nın kendi kendine gidebilen e-palette isimli otonom aracı, hem yolcu taşımacılığında hem de mobil teslimat noktası olarak kullanılabilir.

Ülkemizde gıda siparişlerinin teslimatında, sıcak ve soğuk hazneleri bulunan böylece yemeğin ısısını muhafaza edebilen, 15 cm yükseklikteki kaldırımlara tırmanabilen Yemeksepeti YEBO isimli otonom araç piyasaya sürülmüş ve deneyimlenmiştir.

#### **3.6.4. Çevre dostu araçlar ve kargo bisikletleri**

Karayolu taşımacılığında geleneksel araçların çevreye ciddi zararlar verdiği bilinmektedir. Bu nedenle son zamanlarda karayolu taşımacılığında yeşil lojistik kavramı popülerlik kazanmıştır. Yeşil lojistik, çevre dostu ve sürdürülebilir bir taşımacılık modelini temsil etmektedir. Bu konuda elektrikli araçlar sürdürülebilir ulaşım ve taşımacılık konusunda önemli bir seçenek haline gelmiştir. Elektrik enerjisine geçişle birlikte fosil yakıtla çalışan araçlara göre hava kirliliği ve karbon ayak izi konusunda çevreye önemli ölçüde daha az zarar verilmektedir. Elektrikli araçlar, aynı zamanda düşük işletme maliyeti sunarak bu konudaki mali yükü de azaltmaktadır (Kanat, 2023, s.207).

DHL ve UPS gibi uluslararası hizmet sağlayıcılar, küçük paket teslimatlarında elektrikli kargo bisikletlerini tercih etmektedir. Kargo bisikletleri ile bisiklet şeritlerini kullanarak şehir içi trafiğinde sıkışıklık yaratmadan ve zamandan da tasarruf sağlayacak şekilde hizmet sunulabilmektedir. Ayrıca, teslimat aşamasında karbon emisyon salınımının azaltılmasında ve gürültü kirliliğinin önlenmesinde faydalı birer çevre dostu araç olarak görülmektedirler (Kanık vd., 2023).

Bununla birlikte, kargo bisikletlerinin sürüş menzilleri pil kapasitesine bağlı olarak düşük olabilmektedir. Bu nedenle, geleneksel araçlardan kargo bisikletine yük aktarılması ve kısa menzillerde kargo bisikletiyle teslimat yapılması gibi çok modlu teknikler kullanılabilmektedir (Kanık vd., 2023).

#### **3.6.5. Mobil şubeler**

Özellikle iş merkezi ve üniversite kampüsleri gibi gönderi trafiğinin yoğun olduğu yerler ile yılın belli dönemlerinde yoğunluk yaşanan tatil beldeleri gibi bölgelerde gezici şube niteliğindeki araç tipi şubelerden posta hizmeti sunulabilmektedir. Mobil şube sayesinde, sabit şubelere gidilmeden bankacılık, teslimat ve iade gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Mobil teslimat noktalarında, belirlenen gün ve saatte

önceden belirlenen alana gelen araç sayesinde kargo gönderim ve teslimat işlemleri yapılabilmektedir.

### 3.6.6. İnsansız hava araçları

Başlangıçta askeri amaçlara yönelik tasarlanan İHA'lar, günümüzde başta posta teslimat hizmetleri olmak üzere birçok alanda uygulama potansiyeline sahiptir. Yüksek çözünürlüklü kameralardan ve sensörlerden alınan verilerin; gelişmiş yazılımlar, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerle yorumlanması ile İHA'lara yeni kabiliyetler kazandırılmaktadır. İHA'ların tespit ve algılama yetenekleri, engelden kaçma, manevra ve sürü halinde hareket edebilme yetenekleri her geçen gün gelişmektedir. Bu gelişmeler ile birlikte İHA, çevresini algılayabilen ve akıllı kararlar verebilen bir araç haline gelmiştir. Geleneksel teslimat yöntemlerine kıyasla, engellerden ve trafik durumundan etkilenmeden alıcıya doğrudan teslimat yapılması mümkün hale gelmiştir. Bu durum, teslimat süreleri ve maliyetinde önemli avantajlar sağlamaktadır (Kanık vd., 2023b).

Amazon şirketinin CEO'su Jeff Bezos'un 2013 yılında paket teslimatında İHA kullanılabileceğini duyurduğu açıklamasından sonra İHA kullanarak belirli ürünlerin teslimatının yapılması fikri büyük ilgi görmüştür. Bu açıklamadan sonra Dünya çapında birçok İHA ile teslimat denemesi yapılmıştır.

2016 yılında Ruanda'da yolların yetersiz olduğu uzak bir bölgedeki transfüzyon merkezine<sup>1</sup> acil kan tedarikinde İHA kullanılmış ve başarılı sonuç elde edilmiştir. Amerika ve Kanada'da Covid-19 test kitleri dahil olmak üzere tıbbi malzeme ve ekipmanların taşınması ve teslimatında İHA kullanılmıştır. Örneğin, UPS Kanada'daki bir eczane ile iş birliği yaparak reçeteli ilaçların huzur evine teslimatlarını İHA ile gerçekleştirmiştir. Salgın döneminde ziyaretçi alamayan ve dışarı çıkamayan huzurevi

---

<sup>1</sup> Transfüzyon Merkezi; Acil durumlar dışında kan bağışçısından kan alma yetkisi olmayan, kan ve bileşenlerini bağlı bulunduğu BKM'den temin eden, transfüzyon için çapraz karşılaştırma ve gerek duyulan diğer testleri yaparak hastalarda kullanımı için hazırlayan birimdir. (SHGM Kan ve Kan Ürünleri Yönetmeliği)

sakinlerinin fiziksel temas kurmadan ve tesislerini terk etmeden temassız ve güvenli bir şekilde tıbbi malzemelere erişimleri sağlanmıştır (Marshall, 2021). Benzer şekilde DHL, ilaç teslimatında “Parcelcopter” isimli İHA kullanmaktadır (Mohsan vd., 2022). Şekil 3.4’te DHL şirketinin Parcelcopter isimli İHA modeli görülmektedir.

Şekil 3.4. Parcelcopter Model İHA



Kaynak: DHL, 2024

Amazon ve Alphabet Wing gibi şirketler e-ticaret ürünlerinin teslimat operasyonlarında İHA kullanımının hızlı ve verimli bir seçenek olarak görmekte ve İHA teknolojisine yatırımlarını genişletmektedir. DHL, JD.com ve Alibaba İHA teslimatlarına önemli yatırımlar yapan diğer şirketlerdir. Google kuruluşu olan Wing şirketi Avustralya’da bazı siparişlerin teslimatını müşterilerin evlerine İHA ile gerçekleştirmektedir. DHL, Çin’de 2019 yılından beri İHA teslimat operasyonları uygulamaktadır. DHL’ e göre ürün teslimatı için İHA kullanmak geleneksel yöntemlere göre daha hızlı bir seçenektir. Alibaba ise müşterilerin siparişlerini önceden belirlenen bırakma noktalarına İHA ile taşımaktadır (Marshall, 2021).

Yukarıda sayılan çalışmalar, paket teslimatında İHA kullanımının etkinliğini ve verimini test etmek amacıyla yapılan deneme programları olarak görülebilir. Bu çalışmalar sayesinde, İHA'ların lojistik zorlukların aşılmasındaki ve geleneksel yollara erişilmesi zor ve meşakkatli bölgelere hizmet ulaştırılmasındaki potansiyeli ortaya çıkmıştır. Öte yandan İHA'ların sağlık sisteminde kilit bir rol oynayabileceği, küresel bir sağlık krizinde lojistik alanında güvenli ve verimli bir araç olabileceği ortaya konmuştur.

Günümüzde e-ticaret platformlarından yapılan çevrimiçi alışverişlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu alışverişlerde satın alınan ürünlerin teslimatında yeni bir seçenek olarak İHA kullanımının, posta ve kargo sektörünün karşılaştığı problemlere çözüm getirmesi beklenmektedir. İHA tabanlı teslimatın, özellikle son-adım teslimat aşamasında uygun maliyetli ve hızlı bir seçenek olabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, İHA'ların çevre dostu olduğu ve düşük karbon salınım avantajının olduğu da bilinmektedir (Marshall, 2021).

Sonuç olarak, İHA'ların mal ve ürün teslimatında kullanımı, posta hizmet sektöründe önemli bir gelişme olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalar, İHA'ların tüketicilerin beklentilerini karşılamada, geleneksel teslimatın yarattığı çevresel etkileri azaltmada ve e-ticaretin getirdiği zorlukların aşılmasında büyük faydalar sağlayabileceğini göstermektedir.

#### **4. POSTA TESLİMAT HİZMETLERİNDE İHA KULLANIMI; POTANSİYEL MODELLEMELER, FAYDALAR, ZORLUKLAR VE ENDİŞELER**

Teknolojik icatlar, her zaman mevcut bir zorluğun üstesinden gelmek için yapılan girişimlerdir. Genellikle, ekonomik olarak anlamlı hale gelmelerinden ve yaygınlaşmalarından yıllar önce hayata geçirilmektedirler. İnsanlık tarihi boyunca her dönemde mevcut teknolojiler, kendilerine göre daha verimli yenilikçi buluşlar tarafından sürekli olarak değiştirilmiştir. Teknolojik gelişmelerin insanların ve pazarların ihtiyacına cevap vermesi, gelişimleri ve değişimleri ile mümkün hale gelmiştir. Ulaşım sistemlerinde bu durum daha belirgindir.

Ulaşım sistemleri son yüzyılda sürekli olarak gelişmiş, insanların hayatını kolaylaştırmada ve ticaretin gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Örneğin, demiryolu sistemleri at arabalarıyla yapılan taşıma sistemlerine kıyasla daha hızlı ve verimli bir yöntem olmuştur. Demiryolu sistemleri, sanayi devrimi sırasında ortaya çıkmış ve toplu malların taşınmasına duyulan büyük ihtiyacın sonucunda icat edilmiştir. Demiryolu sistemleri, at arabaları için yıkıcı bir teknolojik yenilik olmuştur (Müller vd., 2019). Ancak yaklaşık bir yüzyıl sonunda demiryolu sistemlerinin yerini büyük oranda otomobiller almıştır. Otomobil, demiryolu araçlarına kıyasla hareket alanı raylarla sınırlı olmayan, bireysel kullanıma müsait ve esnek hareket kabiliyeti olan bir araç olduğundan kısa sürede yaygınlaşmış ve taşımacılıkta demiryolu sistemlerinin yerini büyük bir oranda almıştır. Bu açıdan bakıldığında otomobil icadının da demiryolu teknolojisi için yıkıcı bir teknolojik yenilik olduğu görülmektedir. Sonuç olarak ulaşım teknolojilerini, belirli süreçleri olan ve icat edildikten sonra gelişimini tamamlayan ve son olarak yerini yeni bir teknolojiye devreden sistemler olarak belirtmek mümkündür. Bu çerçevede, Müller ve arkadaşlarına (2019) göre ulaşım sisteminin gelişimi dört aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar, yıkıcı bir teknolojinin stabilizasyonu, teknoloji geçişi, büyüme ve dejenerasyon süreçleridir.

İlk aşama, belirli bir pazarın ihtiyacına çözüm getirebilecek teknolojik yeniliğin deneme aşamasıdır. Bu aşamanın devamı teknolojinin pazarın ihtiyacına uygun olup

olmadığının test edilmesine ve başarılı bir şekilde cevap vermesine bağlıdır. Eğer teknoloji, pazarın ihtiyacını karşılama potansiyeline sahipse, bu durum yeni teknolojinin dengelenmesine ve kademeli olarak gelişimine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda mevcut teknolojinin, pazar talebini karşılayamamasının devam etmesi ve yeni teknolojinin bu aşamada başarı yakalaması sonunda yerleşik teknoloji için yıkıcı etkinin oluşması kaçınılmaz olmaktadır.

Teknoloji geçişi olarak adlandırılan ikinci aşamada, yerleşik teknoloji yerini yeni bir teknoloji modeline bırakmaktadır. Bu geçişin gerçekleşmesine yol açan ana nedenler arasında çözüm getirilememiş ihtiyaçlara olan talebin artması, mevcut yöntemlerin bu talebi karşılayamaması ve yerleşik teknolojiye yapılan yatırım ve iyileştirmelerden beklenen getirinin alınamaması sayılabilmektedir. Bu sayılan nedenlerden dolayı, gelecekteki büyüme beklentileri yeni teknoloji üzerinde yoğunlaşarak finansal yatırımlar bu yeni alana aktarılmaktadır. Son olarak, teknoloji geçişi için kritik öneme sahip olan endüstri, yasal düzenlemeler, altyapı, pazarlar ve kullanıcı alışkanlıkları gibi etkenlerin etkileşim ve iş birliğinin sağlanmasıyla teknoloji geçişi tamamen gerçekleşmiş olmaktadır (Müller vd., 2019).

Üçüncü aşama büyüme ve gelişim aşamasıdır. Bu aşamada yeni teknoloji yaygın olarak kullanıldığından, toplum ve ekonominin yeni teknolojiye uyum sağladığı ve bu teknolojiye bağlı olarak yeniden yapılandırıldığı dönemdir. Bu aşamada, teknolojinin kullanımı toplumun ve ekonominin daha verimli bir şekilde işlemlerini sağlamaktadır. Ayrıca, yeni teknolojiyi yaratıcı şekillerde kullanmanın yeni yolları keşfedildikçe teknolojiye daha fazla talebin oluştuğu süreçtir. Bu süreçle birlikte yeni teknolojinin, piyasalar, politika, altyapı, bilim ve pazarlara entegrasyonu ve bağımlılığı keskinleşmekte ve baskın teknoloji haline gelmesi gerçekleşmektedir.

Ulaşım sisteminin dejenerasyon aşaması olan dördüncü aşaması ise belirli bir noktaya ulaşan talebin ulaştırma sistemi tarafından karşılanabildiği ancak talebin doygunluğa ulaştığı ve teknolojinin ilerleme seviyesindeki optimizasyonunu tamamladığı durumu ifade etmektedir.

Bu aşamada, yenilik rekabeti modeline göre fiyat rekabeti başlamış ve fiyatlar marjinal maliyet seviyesine kadar yaklaşmıştır. Doymuş ve büyüemeyen bir pazarda, yatırımın geri dönüş beklentisi düşük seviyede olduğundan inovasyon ve yenilikçi yaklaşımlara yatırım yapılmamaktadır. Minimum kar marjları, fiyat rekabeti ve yeniliğin olmadığı piyasa dinamizmini kaybetmektedir. Piyasa büyüme beklentisinin olmaması, yatırımın yapılmamasına ve inovasyon faaliyetlerin durmasına neden olmakta; inovatif ve yenilikçi faaliyetlerin durması da piyasanın daha fazla büyümemesine yol açmaktadır. Bu durumu, teknolojinin dejenerasyonuna işaret eden bir çıkmaz olarak nitelendirmek mümkündür. Bu durumda iki seçenek ortaya çıkmaktadır. Birinci seçenekte çıkmaz, pazarın yeni yıkıcı bir teknoloji sayesinde dönüşmesiyle aşılabilmektedir. Yeni bir teknolojinin bir pazara yayılmasıyla eski teknoloji dejenerasyon aşamasına geçmektedir. Bu durum, eski teknolojinin zamanla pazardan silinmesi anlamına gelmektedir. İkinci durumda ise düzenleyici önlemlerle yerleşik teknolojinin kullanımının koruma altına alınması veya teknolojinin niş bir pazara dönüşmesidir ki bu durumda çıkmaz durumu sürmeye devam edecektir. Birinci seçeneğe otomobil teknolojisinin ulaştırma pazarına girişi ile demiryolunun dejenerasyon aşamasına itilmesi örnek olarak gösterilebilirken ikinci seçeneğe, geçmişte ulaşım ve taşıma için yaygın olarak kullanılan atlı arabaların günümüzde sadece turizm ve eğlence amacıyla yeni bir pazarda kullanılmasını örnek vermek mümkündür (Müller vd., 2019).

Son yıllarda, havayolu dağıtım sistemleri, karayolu sistemlerinin yetersiz kaldığı ulaşım talepleri üzerinde umut verici bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kentsel ulaşım sistemlerinin modernizasyonu, kentsel yük taşımacılığının sürdürülebilirliği, akıllı şehirler, maliyet ve çevresel etkiler açısından bakıldığında havayolu tabanlı taşımacılığın önemi daha da artmaktadır. Bununla birlikte, havayolu tabanlı lojistiğin şehir içi taşımacılığa katkıları, bir sektör olarak hangi aşamalarla karşılaşacağı, güvenlik endişeleri, kamuoyu tarafından kabulü ve düzenleyici yaklaşımlar bu konudaki en kritik faktörlerdir. Bu faktörler insansız havayolu lojistiğinin, ulaşım sektöründe yer

edinmesinin ve karayoluna alternatif bir dağıtım yöntemi olarak kullanılmasının geleceğini belirleyecektir.

#### **4.1. Posta Hizmetlerinde İHA Kullanımı**

İHA tabanlı hizmet sunumu, son yıllarda çeşitli pazarlarda görülen önemli bir teknolojik gelişme olmuştur. Özellikle son-adım teslimat hizmetlerinde büyük ilgi görmektedir. Kurye hizmetleri, yemek teslimi, insani yardım malzemeleri ile tıbbi malzemelerin teslimatında İHA kullanımı yaygınlaşmıştır. İHA'ların öne çıkan en önemli özelliği, trafik şartlarından etkilenmeden noktadan noktaya havadan direkt olarak ulaşım sağlayabilmesidir. Bu özelliği sayesinde İHA'lar, teslimat sürelerini ve maliyetini önemli bir oranda azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanılması, lojistik süreçlerde karşılaşılan problemlerin üstesinden gelmek için önemli bir çözüm sunmaktadır. Havayolu modellerinin kullanımı sayesinde, gönderi teslimatlarının daha hızlı yapılması ve teslimat aşamasındaki zaman ve maliyet kayıplarının da önemli oranda azaltılması planlanmaktadır.

Posta hizmetlerinin kullanımı, sipariş sayıları ve kargo gönderilerin akışı sürekli olarak artmaktadır. Aynı zamanda bilgi teknolojilerine her alanda ve her yerde erişiminin kolaylaşması nedeniyle sadece kentsel alanlarda değil kırsal alanlarda da gönderi trafiğinde önemli bir artış yaşanmaktadır. Şehirlerdeki yüksek nüfus, araç sayısının da artmasına neden olmakta, bu da kentsel lojistikte birçok problemi beraberinde getirmektedir. Trafik sıkışıklığı, yetersiz altyapı ve olumsuz çevresel etkiler başta olmak üzere çözüm beklenen birçok sorun bulunmaktadır. Bu bölümün amacı, İHA'ların bir taşımacılık modeli olarak potansiyelini araştırarak özellikle kentsel lojistikte karşılaşılan sorunlara bir çözüm sunup sunamayacağını tartışmaktır.

Posta teslimat hizmetlerinde İHA kullanımı nispeten yeni bir kavramdır ve bu alanda sınırlı operasyonel uygulama ve araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle, kargo taşımacılığında İHA kullanımının potansiyel yöntem ve faydalarının incelemesi önemlidir. Bununla birlikte, kentsel alanlarda İHA kullanımının güvenlik ve

mahremiyet boyutunun yanı sıra bu teknolojiye yönelik kamu algısının da araştırılması gereklidir. İHA'ların potansiyel kullanım alanları, faydaları ve risklerinin analiz edilmesi, bu yenilikçi teknolojinin posta hizmetlerine entegrasyonunda son derece önem arz etmektedir.

İHA'ların kargo taşımacılığındaki potansiyel kullanım yöntemlerini incelemek, son adım teslimatın özelliklerini belirtmek ve posta ve kurye hizmetlerinde yoğunluğu oluşturan düşük ağırlıktaki paketlerin teslimatında karşılaşılan sorunlara çözüm potansiyelini incelemek gerekmektedir. Bu çerçevede, İHA tabanlı teslimat sistemlerinde operasyonel yöntemler ve planlamaları üzerinde doğrudan etkisi olan çeşitli alt başlıkların analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu alt başlıklar arasında İHA operasyon modellemeleri, teslimat süreleri, teslimat maliyeti, çevresel etkiler, kamu algısı, hava sahası kullanımı ve yasal düzenleme konuları yer almaktadır.

#### **4.2. Potansiyel Modellemeler**

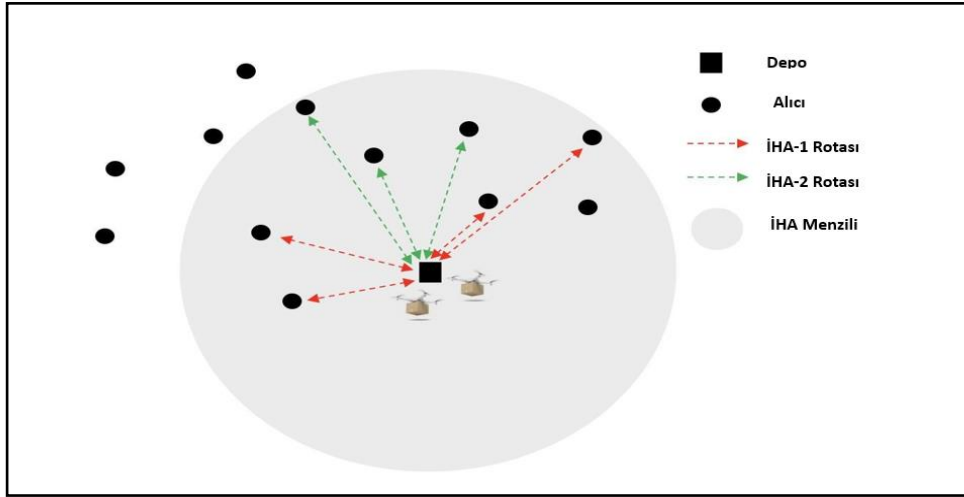
İHA'ların yük kapasiteleri ve uçuş menzilleri sınırlı olduğundan tek seferde toplu yük taşımaları mümkün değildir. Fakat, çok sayıda İHA'nın kullanılması ile bu dezavantajlı durumun giderilmesi sağlanabilmektedir. İHA'ların havadan alıcı adreslerine teslimat yapabilmesi için özel bir teslimat sistemi ve altyapıya ihtiyaç bulunmaktadır. Teslimat altyapı sistemleri, sabit veya mobil bir istasyon şeklinde olup İHA'ların yüklenmesi, fırlatılması ve inişi için gerekli olan mekanizmaları barındırmaktadır. Teslimat sistemlerinde temelde iki farklı modelleme ön plana çıkmaktadır.

Birinci modelde, İHA için fırlatma ve iniş mekanizmaları olan sabit bir depo bulunmaktadır. İHA, depodan gönderiyi alarak doğrudan müşteri adresine uçmakta ve teslimatı tamamladıktan sonra depoya geri dönmektedir. İkinci modelde ise mobil bir depo görevi gören kara aracı, İHA'lara teslimat için gerekli altyapıyı sağlamaktadır. Ayrıca kara aracı, güzergahı üzerinde bulunan alıcılara eş zamanlı olarak teslimat gerçekleştirebilmektedir. Bu modelde, karayolu ile havayolunun birlikte kullanıldığı hibrit bir iş birliği söz konusudur.

#### 4.2.1. Depodan başlatılan İHA teslimatı

Dron operasyonları olarak adlandırılan bu modelde, kargo kolilerinin alıcıya doğrudan teslimatı için depodan paketle harekete geçen İHA'lar kullanılmaktadır. Ancak, İHA'ların sınırlı uçuş menzilleri nedeniyle çevredeki bütün alıcı adreslerine hizmet verilememektedir. Yalnızca depodan uçuş menzil mesafesinde bulunan alıcılara teslimat yapılabilmektedir. Şekil 4.1'de, İHA menziline olan alıcılara yapılan teslimatlar gösterilmektedir. Buna göre, İHA-1 ve İHA-2 depodan kargo yükü ile havalandırılarak alıcı adreslerine dağıtım gerçekleştirilmektedir. Gri alan, İHA'ların teslimat yapabileceği uçuş menzili içerisindeki bölgeyi temsil etmektedir. Gri alan dışında kalan alıcılara kargo teslimatı geleneksel yöntemlerle yapılmaya devam etmektedir (Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021).

Şekil 4.1. Depodan Başlatılan İHA Teslimat Modeli



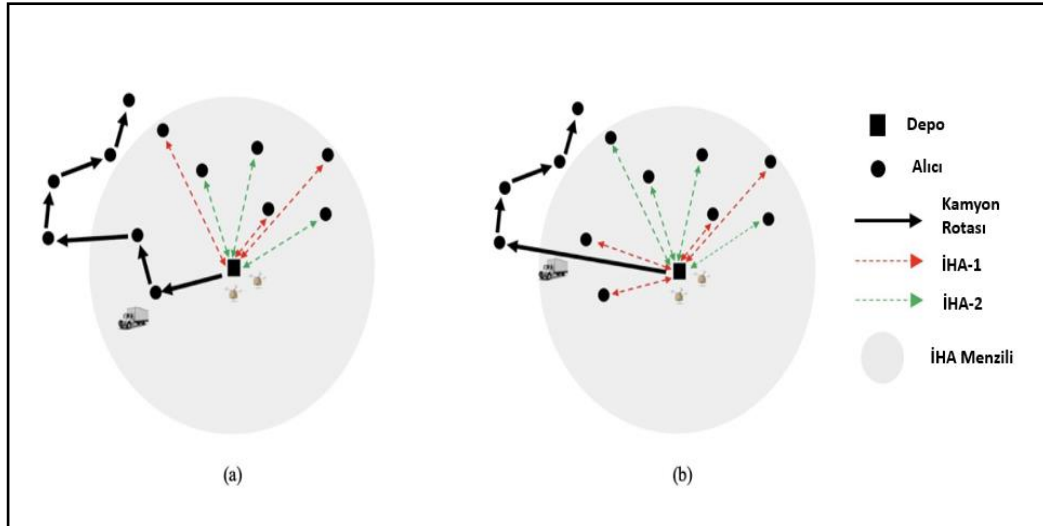
Kaynak: Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021

İHA menzili sınırlı olduğundan dolayı bu modelde, daha çok alıcı adresini kapsamak için çok sayıda depo yatırımı yapılması gerekmektedir. Bu depoların konumlandırılması İHA uçuş menziline bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Diğer taraftan uçuş menzili dışında kalan bölgelere teslimat yapabilmek için karayolunu kullanan destek araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 4.2 (a)'da temsil edilen modellemeye göre, İHA'lar teslimat yaparken destek aracı, rotası üzerinde bulunan alıcılara hizmet vermektedir. Bu modelde destek aracı olarak varsayılan kamyon, İHA'nın uçuş menzili dışında kalan alıcılara doğru hareket ederken rotasına yakın bulunan ve gri alan içerisinde olan diğer alıcılara teslimat yapabilmektedir. Böylece kamyon ve İHA birlikte bağımsız olarak çalışarak, daha geniş bir alana eş zamanlı olarak hizmet verebilmektedir.

Şekil 4.2 (b)'de ise kamyon yalnızca uçuş menzili dışında kalan alıcılara hizmet vermektedir. Rotası üzerinde bulunmasına rağmen İHA menzili içerisinde olan alıcılara teslimat yapmamaktadır. Her iki durumda da kamyon ve İHA'lar bağımsız teslimat operasyonları gerçekleştirerek hizmet alanını genişletmektedir.

Şekil 4.2. Depodan Başlatılan İHA Teslimatında Kamyon Modeli



Kaynak: Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021

#### 4.2.2. Kamyon destekli İHA teslimatı

Bu model, İHA tabanlı teslimat için gerekli olan sistem ve altyapının, kamyon gibi bir kara aracı üzerine veya içine kurularak İHA'nın kamyon üzerinden harekete geçip kolileri alıcıya ulaştırılmasına dayanmaktadır. Teslimat İHA'sı, kamyon üzerinden fırlatılmakta ve alıcıya teslimat gerçekleştikten sonra kamyonun anlık konumuna geri dönmektedir. Bu modelde kamyon hem kolilerin toplu olarak bulunduğu mobil bir depo görevi görmekte hem de İHA teslimatı için gereken altyapıyı sağlamaktadır. Ayrıca kamyon, geleneksel şekilde olduğu gibi teslimat yapabilmektedir. Kamyon, İHA'nın alıcıya en yakın veya en uygun noktada fırlatılmasından sonra farklı konuma hareket edebilir veya sabit bir konumda bekleyerek İHA'ların yüklenmesi, fırlatılması, geri dönmesi, batarya değişimi ve bataryaların şarj edilmesi gibi görevleri yerine getirebilmektedir.

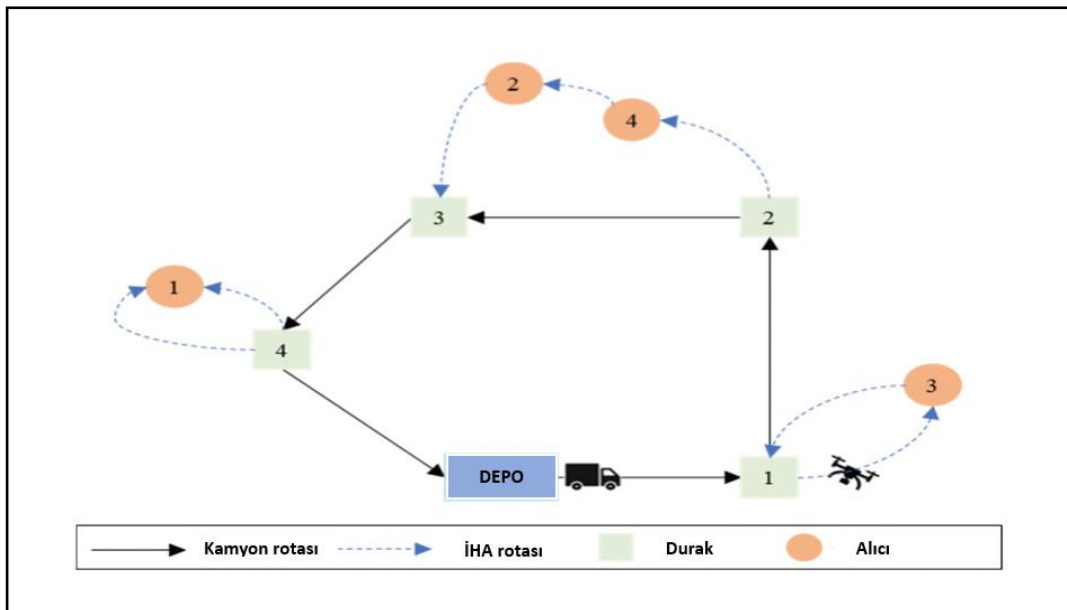
Kamyon destekli İHA teslimatında oldukça yenilikçi hibrit bir İHA-Kamyon teslimat sistemi söz konusudur. Bu sistem geleneksel kamyon teslimatı ile İHA teslimatını birleştirerek kompleks bir yaklaşım sunmaktadır. İHA'lar, kamyonu entegre edilerek her iki teslimat yöntemi karma bir şekilde uygulanmaktadır. Bu sayede, kamyonların uzun menzilli hareket kabiliyeti ile yüksek taşıma kapasitesinden faydalanırken İHA'ların hız, maliyet ve çevresel etkileri konusundaki avantajlı alanlarından da yararlanmak mümkün olmaktadır. İHA-Kamyon iş birliğinde, kamyon rotasının önemli bir ölçüde kısaltılması sağlanmaktadır. Dolayısıyla, teslimat maliyetinde ve teslimat sürelerinde azalma gerçekleşmektedir. Bu model, lojistik hizmetlerinde büyük şirketlerin ilgisini çekmektedir. Örneğin, UPS bu sistemle yıllık 100 milyon dolar tasarruf sağlanabileceğini açıklamıştır. Kamyon destekli İHA teslimat modeli, gelecekte kullanımı yaygınlaşması beklenen yenilikçi bir çözümdür (Madani & Ndiaye, 2022).

Bu model, İHA'ların teslimat menzilini genişletmek ve teslimat süreçlerini daha verimli hale getirmek için tasarlanmıştır. Temelde iki çeşit uygulama potansiyeline sahiptir. Birincisinde kamyon, İHA'ların uçuşunu sağlayan mobil bir altyapı sistemi ve

gönderilerin bulunduğu mobil bir depo görevi yapmaktadır. İHA'lar teslimat yaparken kamyon en uygun durakta bekleyerek İHA'nın geri dönmesini beklemektedir. Bu uygulamada kamyon teslimat yapmamaktadır. Bununla birlikte, birden fazla İHA taşıyarak uçuş menzili içerisinde olan tüm alıcılara en hızlı teslimatı sağlayabilmektedir. Ayrıca İHA, taşıma kapasitesine bağlı olarak tek bir sortide bir veya birden fazla alıcı adresine teslimat gerçekleştirebilmektedir. Kamyon, İHA'ların maksimum sayıda alıcıya hizmet edeceği en uygun durakta beklemektedir. Şekil 4.3'te gösterildiği gibi kamyon, İHA'yı fırlattıktan sonra aynı durakta İHA'nın dönüşünü bekleyebilir veya güzergâh üzerinde farklı bir durağa hareket ederek İHA'ya en yakın noktada durabilmektedir. İHA'lar teslimattan sonra şarj edilmek ve yeni koliler almak üzere durakta bulunan kamyonu geri dönmektedir (Madani & Ndiaye, 2022).

Ancak, bu modelde İHA kapasitesinin üstünde boyut ve ağırlığa sahip paketlerin teslimatı mümkün değildir. Kamyon rotası ve durakları belirli olduğu için İHA'nın taşıyamayacağı paketlerin teslimatında harici bir kara aracı gerekmektedir. Örneğin, e-bisiklet gibi destekleyici bir araç vasıtasıyla İHA ile taşınamayan kolilerin teslimatı yapılabilmektedir.

Şekil 4.3 Kamyon Destekli İHA Teslimat Modeli



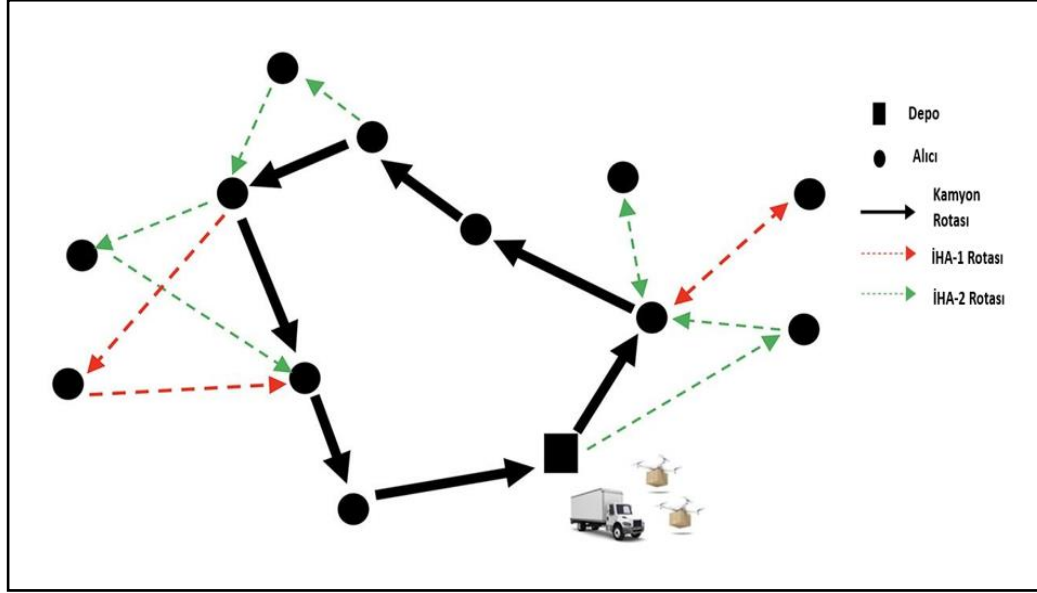
Kaynak: Madani & Ndiaye, 2022

İkinci potansiyel uygulamada, kamyon ile İHA'ların entegrasyonu daha verimli ve etkili bir teslimat sağlamaktadır. İlk uygulama modelinden farklı olarak, kamyon hem bir teslimat aracı hem de İHA'ların fırlatılması, geri alınması, bakımı ve şarj edilmesi için bir platform olarak hizmet vermektedir. Bu modelde kamyon mobil bir depo görevi görürken, İHA'ların ana görevi menzilleri dahilindeki alıcılara kargo kolisi teslim etmektedir. Kamyonun karayolu ile seyahat edebilmesi, İHA'ların daha değişken, daha geniş bir alanı kapsamasını ve daha fazla alıcıya ulaşmasını sağlamaktadır.

Diğer taraftan, İHA'ların kapasitesini aşan koliler için kamyon tarafından geleneksel yöntemlerle eş zamanlı teslimat yapılabilmektedir. Bu nedenle, her iki aracın hareketlerini koordine etmesi ve İHA'ların batarya gücü sınırlamaları ile uçuş süresi kısıtlamalarını dikkate alarak fırlatma ve geri alma noktalarının iyi hesaplanması önem taşımaktadır.

Şekil 4.4'de sunulan uygulama modeli, İHA'lar ile kamyon arasındaki eş zamanlı bir teslimat sürecini ve ardından toplanma noktasındaki buluşmayı göstermektedir. Teslimatı tamamladıktan sonra İHA'lar batarya değişimi, bakım ve bir sonraki teslimat için hazırlık yapmak üzere kamyonun bulunduğu konuma gitmektedir. Bu arada kamyon, yeni bir teslimat adresine doğru hareket halinde olabilmektedir. Bu tür durumda İHA'ların havada asılı kalarak beklemesi gerekmektedir. İş birliğine dayalı bu teslimat modelinde alıcı seçimi, taşınacak pakete ve alıcı konumuna göre planlanmaktadır. Böylece, İHA'lar ile geleneksel teslimat yöntemleri arasında koordinasyon sağlanarak genel teslimat süreçleri geliştirilmektedir (Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021).

Şekil 4.4 İHA Destekli Kamyon Teslimat Modeli



Kaynak: Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021

Bu uygulama teknikleri sayesinde, geleneksel araçlarla yapılan teslimatları en aza indirmek, İHA'ların kullanılmasıyla enerji ve yakıt maliyetlerini düşürmek ve teslimat sürelerini hızlandırmak mümkün olmaktadır. Ayrıca, geleneksel araçların daha az kullanılmasıyla sera gazı salınımının azaltılması ve teslimat hizmetlerinin yarattığı olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle, teslimat hizmetlerinde daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım elde edilmektedir. İHA kullanımı, çevresel faydalarının yanı sıra hizmet sağlayıcılar için maliyet tasarrufuna ve teslimat hızlarının geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Ayrıca, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamak amacıyla Kamyon-İHA iş birliğinde en verimli rotaları ve teslimat uygulamalarını belirlemek için literatürde çeşitli matematiksel algoritmalar ve çözümler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu matematiksel çözümlerin başında, Gezgin Satıcı Problemi (TSP), Uçan Yardımcı Gezgin Satıcı Problemi (FSTSP) ve Araç Rotalama Problemleri yer almaktadır. Bu çalışmalar, İHA ve kamyon ile senkronize bir paket teslimatı yaparak en verimli teslimat rotalarını

elde etmek ve toplam teslimat sürelerini azaltmayı amaçlamaktadır. Özetle, bu çalışmalarda, toplam teslimat sürelerini kısaltarak maliyet açısından en iyi Kamyon-İHA rotasını belirlemek, öncelikli hedef olarak görülmektedir.

### 4.3. Teslimat İHA'ları

Teslimat İHA'ları, teslimat hizmetlerinin özel gereksinimlerini karşılayacak şekilde özel olarak tasarlanmaktadır. Bu İHA'larda, dikey iniş-kalkış (VTOL) ve havada asılı kalabilme özelliği bulunması gereken kabiliyetler arasında yer almaktadır. Bu aerodinamik kabiliyetler pervanelerin hareketiyle mümkün olduğundan, teslimat İHA'larının kanat tipleri büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, çok rotorlu/pervaneli İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanım potansiyeli yüksektir. Bu durum, Amazon'un tasarımlarında da açıkça görülmektedir. Amazon, teslimat İHA'ları için yaptığı çeşitli tasarımların hemen hemen hepsinde çok rotorlu İHA modelleri üzerinde yoğunlaşmaktadır (Yoo & Chankov, 2018).

Bununla birlikte, hibrit İHA'lar da VTOL özelliklerinden dolayı teslimat amacıyla kullanılabilir. Bazı hibrit İHA'lar, uzun menzil ve yüksek taşıma kapasiteleri nedeniyle orta-uzun mesafeli teslimat İHA'sı olarak kullanılmaya daha uygundur. Bu İHA'lar, sabit kanat ve çok rotorlu VTOL özellikleri sayesinde dağıtım merkezleri arasındaki taşıma işlerinde kullanılabilir. Diğer taraftan, kısa mesafeli teslimat işlemlerinde kullanılan İHA'lar da hibrit tasarıma sahip olabilmektedir. Örneğin, Alphabet's Wing şirketi genellikle şehir içi yemek teslimatında kullanılan hibrit bir model kullanırken, FedEx'in Chaparral isimli İHA'sı, orta ve uzun mesafeler arasında toplu yük taşımak için tasarlanmış hibrit bir İHA modelidir.

Literatürdeki çoğu çalışma, İHA'ların bir seferde yalnızca tek bir paket taşıyabildiğini varsaymaktadır. Ancak bu durum, tüm İHA modelleri için geçerli değildir. Bazı İHA modelleri, kamyonu veya depoya dönmeye gerek kalmadan birden fazla teslimat yapma yeteneğine sahiptir. Örneğin, Freefly Alta X modeli maksimum 12 kg faydalı yük kapasitesine sahiptir ve tek seferde 9.1 kg'a kadar kargo taşıyabilmektedir. Benzer

şekilde, DJI FlyCart 30 modelinin maksimum taşıma kapasitesi 30 kg'dır. Bu kapasiteler, havayolu kargo teslimatında ağır paketlerin taşınması veya çoklu paket taşınması için yeterli durumdadır (DJI, 2024).

Bu bağlamda, DJI FlyCart 30 modeli, teslimat hizmetleri için tasarlanmış son derece gelişmiş bir İHA modelidir. Aşağıda bu modele ait bazı teknik özellikler sunulmaktadır (DJI, 2024):

- 30 kg faydalı yük kapasitesi
- Azami yükte 16 km uçuş menzili
- Azami yükte 18 dakika uçuş süresi
- 20 m/s maksimum hız
- 12 m/s azami rüzgâr hızı direnci
- 6.000 m azami irtifa
- Boş ağırlık 42.5 kg
- İki adet batarya ile toplam ağırlık 65 kg
- Maksimum kalkış ağırlığı 95 kg
- Kargo kutusu iç boyutu 573x416x305 mm (UxGxY)
- Vinç Modu sayesinde havadan halatla paket bırakma

Bununla birlikte, bazı PHS'ler çeşitli paket segmentleri için farklı özelliklere sahip İHA filosu oluşturmaktadır. Genel olarak, dar alanda VTOL özelliğine sahip, yatay uçuşta yüksek hızlara ulaşabilen, havada asılı kalabilen ve zorlu hava şartlarında çalışabilen, menzil ve yük taşıma kapasiteleri yüksek, İHA modelleri üreticileri ile iş birliğine gidilmektedir. Bu konuda örnek olarak UPS şirketi, Alman Wingcopter şirketiyle ortak çalıştıklarını duyurmuştur (UPS, 2020).

#### **4.4. İHA ile Taşınacak Paketler**

İHA'ların taşıma kapasiteleri sınırlıdır. İHA modeline ve kullanım amacına göre değişmekle birlikte, genellikle belirli boyut ve belirli ağırlıktaki yükler taşınabilmektedir. İHA'ların tasarımları, motor güçleri ve batarya kapasiteleri

taşınacak yükün boyutunu ve ağırlığını belirleyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle teslimatta kullanılan İHA'nın özelliklerine göre taşınacak yükün boyut ve ağırlık sınırlamaları, işletmeciler tarafından belirlenmesi gereken bir konudur. İHA tabanlı teslimatta hangi tür paketlerin taşınabileceği, bu paketlerin boyut ve ağırlıkların ne olduğu önemli bir husustur. Ayrıca hangi tür siparişlerin İHA ile öncelikli olarak taşınması gerektiği de belirlenmelidir.

Ülkemizde posta hizmetleriyle taşınan kargo kolilerinin %65'inin ağırlığı 2 kg'dan hafiftir (Şekil 1.7). Ayrıca bu oran, 2022 yılında %70 olarak gerçekleşmiştir (BTK, 2022). Benzer bir eğilim küresel olarak da gözlemlenmektedir. Amazon şirketi, taşıdığı paketlerin %86'sının 2.2 kg'dan daha hafif olduğunu, bu sayede İHA ile teslimata uygun paketlerin yoğunlukta olduğunu açıklamıştır. (Madani & Ndiaye, 2022). Bu durum, teslimat hizmetlerinde yoğunluğu oluşturan hafif paketlerin taşınmasında, İHA'ların küresel çapta yüksek potansiyel barındırdığını ifade etmektedir.

Bununla birlikte, paket boyutunun İHA teslimatına uygunluğunun da belirlenmesi önem arz etmektedir. Birçok paket ağırlık kriterini karşılayabilirken, boyut ve şekilleri teslimat İHA'larının taşıyabileceği nitelikte olmayabilir. Bu nedenle, şekil ve boyut açısından uygun olmayan veya ağırlığı yüksek olan paketlerin geleneksel yollarla taşınmaya devam etmesi, ağırlığı düşük ve İHA kapasitesiyle uyumlu boyutlara sahip paketlerin ise kargo teslimat İHA'ları ile taşınması beklenmektedir. Ayrıca, paketlerin havadan bırakıldığı bazı mevcut uygulamalarda, taşınan ürünlerin potansiyel olarak kırılabilir özellikte olmamasına dikkat edilmektedir.

#### **4.5. İHA İstasyonları**

Teslimat İHA'ları için diğer bir temel dezavantaj sınırlı uçuş süreleridir. Batarya gücü İHA menziline belirleyen temel parametredir. Günümüzdeki pil teknolojisinde, batarya

ağırlıkları<sup>1</sup> yüksek olduğundan batarya sayısının artırılması uçuş menzilini verimli olarak arttıramamaktadır.

Batarya kapasitesinin ötesinde bir kullanım sağlamak amacıyla çeşitli yöntemler önerilmektedir. Kamyon destekli İHA operasyonlarında odaklanan bir amacın da batarya değişimi ve şarj işlemleri yapılarak, İHA'nın teslimat sürelerini arttırmak olduğunun altını çizmek mümkündür. Bu yöntemde kamyon, mobil bir İHA şarj istasyonu olarak görev yapmaktadır.

Diğer bir yöntem ise sabit İHA istasyonlarıdır. İHA istasyonları ile teslimat faaliyeti sırasında İHA'ların batarya değişimi, batarya şarjı ve bakımların gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. İHA teslimat yolculuğu esnasında istasyona yüklü veya yüksüz olarak ziyaret gerçekleştirebilmektedir. İHA istasyonu konumlandırmasının İHA'lar için en uygun noktalara yapılması beklenmektedir. Ayrıca, araç rotalama hesaplamaları ile pil yönetim ve optimizasyon modellemelerinin de belirlenen istasyon konumlarına göre yapılması beklenmektedir (Huang vd., 2023).

#### **4.6. Teslimat Adresleri**

Dünya bankasının güncel nüfus verilerine göre, dünya nüfusunun büyük bir kısmı kentsel alanlarda yaşamaktadır. Dünya nüfusunun %57'si, kentsel alanlarda yaşayan şehirli nüfustan oluşmaktadır (Dünya Bankası, 2022). Şehirli nüfusun oranı, doğrusal sayılabilecek bir çizgide artmaya devam etmektedir. Yapılan araştırmalar, 2050 yılına kadar bu oranın %65 seviyelerine ulaşmasının beklendiğini göstermektedir (Yoo & Chankov, 2018).

Şehirleşme eğilimi gelişmiş ülkelerde daha belirgindir. Amerika Birleşik Devletleri'nin %83'ü, Birleşik Krallığın %84'ü, Avrupa Birliğinin %75'i ve Türkiye'nin %77'si kentsel alanlarda ikamet etmektedir (Dünya Bankası, 2022). Türkiye'de adrese dayalı nüfus

---

<sup>1</sup> DJI FlyCart 30 modeli için kullanılan iki adet batarya, toplamda 12,5 kg ağırlık oluşturmaktadır (Bölüm 4.4)

kayıt sistemi 2023 yılı verilerine göre, nüfusun yaklaşık %68'i yoğun kentsel alan olarak adlandırılan yerleşim yerlerinde yaşamaktadır (TÜİK, 2023a).

Dünyada ve ülkemizdeki hızlı kentleşme süreci, şehir merkezlerinde nüfus yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu durumun posta trafiğine önemli etkileri bulunmaktadır. Yoğunlaşan nüfus nedeniyle, gönderilerin büyük bir kısmı yoğun kentsel alanlara teslim edilmektedir. Ayrıca, şehirli nüfusun haberleşme altyapısına daha kolay erişim sağladığı, mobil iletişim teknolojilerine ilgi gösterdikleri ve e-ticaret alışverişini daha çok kullandıkları varsayılmaktadır. Bu nedenle, posta teslimat trafiğinin kentsel alanda yoğunlaştığını açıkça belirtmek mümkündür.

Bazı çalışmalara göre, kentsel alanlarda yaşayan insanların büyük bir çoğunluğu, süpermarketlere oldukça yakın konumlarda ikamet etmektedir. Örneğin, ABD nüfusunun %70'i herhangi bir süpermarkete yaklaşık 8 km mesafe içinde yaşamaktadır. Bu durum, İHA'ların son zamanlarda popülerleşen market teslimatında büyük bir potansiyel sunabileceği anlamına gelmektedir (Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021).

Bununla birlikte, kentsel alanlarda İHA tabanlı teslimatın diğer bir avantajı da küçük ve hafif paketlerin hızlı bir şekilde teslim edilebilmesi olmaktadır. Alıcı adreslerinin belli alanlarda yoğunlaşması nedeniyle bu alanların, depodan yatay mesafesi İHA menzili içinde bulunmasına imkân vermektedir. Bu durum, İHA'ların market teslimatındaki potansiyelinin benzerinin posta hizmetlerinde de var olduğunu göstermektedir.

Diğer taraftan, posta trafiğinin düşük olduğu kırsal alanlarda, uzun mesafeler kat edilmesine gerek kalmadan İHA ile çok daha verimli teslimat gerçekleştirmek mümkündür. Ayrıca, doğal afetler veya acil durumlar gibi geleneksel yöntemlerin uygulanamayacağı ulaştırılması zor kırsal alanlar için de İHA kullanımı avantaj sunmaktadır.

#### 4.7. Teslimat Süreleri

Teslimat hızı, posta ve son-adım teslimat hizmetlerinde en önemli beklentilerden biridir. Bu beklentiyi karşılamak için teslimat süreçlerinin hızlandırılması sürekli olarak geliştirilmeye çalışılan bir alandır. Teslimat sürelerinin kısaltılması ve sipariş veya gönderilerin güvenli bir şekilde en kısa sürede alıcıya ulaştırılması öncelikli hedefler arasındadır.

İHA'lar, havayolunu kullanarak karayolu taşımacılığında sıkça karşılaşılan trafik sorunlarından etkilenmeden doğrudan alıcı adresine uçabilmektedir. Potansiyel hava sahası kısıtlamaları ve hava sahası düzenlemelerine bağlı olarak hedefe en kısa rotadan ulaşım sağlayabilmektedir. Bu sayede trafikten kaynaklı gecikmeler olmadan teslimat sürelerini en aza indirmek mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalar, İHA tabanlı teslimatın geleneksel teslimat araçlarına göre daha verimli olduğunu ve teslimat sürelerini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Marshall (2021), kamyon destekli İHA tabanlı teslimat modelinin, koli başına teslimat sürelerini azalttığını ve geleneksel yöntemlere göre daha verimli olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, İHA'nın depodan fırlatılması modelinin teslimat süresini düşürmenin daha etkili bir yolu olduğunu öne sürmektedir. Bu fikir, Amazon şirketinin uygulamasıyla da uyumludur. Amazon, İHA'nın depodan havalanması ve 10 km uzaklıktaki bir alıcıya kargo teslim etmesi ve depoya geri dönmesi için toplamda 30 dakikalık bir teslimat süresi belirlemektedir (Palmer, 2020).

Avrupa'da 2017 yılında uygulanmaya başlanan İHA tabanlı bir teslimat sisteminde, market ve gıda alışverişi için arabayla ortalama 25 dakika tutan teslimat süresi, İHA kullanımıyla 4 dakikaya düşürülmüştür. Ayrıca DHL, daha önce geleneksel yöntemlerle 30 dakika süren kırsal alan teslimatını, Parcelcopter 3.0 modeli İHA kullanarak 8 dakikaya kadar indirmeyi başarmıştır (Moshref-Javadi & Winkenbach, 2021).

#### 4.8. Teslimat Maliyetleri

İHA'ların posta sektöründe kullanılmasının, teslimat sürelerini kısaltmasıyla birlikte teslimat maliyetlerini de düşürmesi beklenmektedir. Bilindiği üzere posta hizmetlerinde teslimat aşaması diğer tüm aşamaların toplamından daha yüksek maliyete neden olmaktadır. Yakıt, araç ve personel giderleri bu maliyete etki eden başlıca değişkenlerdir. Bu nedenle posta sektörünün yenilikçi teknolojilerden beklediği diğer önemli bir konu da teslimat hizmetlerinin maliyetinin düşürülmesidir. İHA'ların posta sektöründe uygulanmaya başlanmasıyla, PHS'lerin operasyonel maliyet girdilerine fayda sağlayıp sağlamayacağını tartışılması gerekmektedir.

İHA'ların ticari kullanımını içeren mevcut düzenlemeler, bir İHA pilotunun aynı anda sadece tek bir İHA'yı kontrol etmesine izin vermektedir. Bu kısıtlama, son-adım teslimatta aynı anda birden fazla İHA'nın kullanılması durumunda, havadaki her bir İHA için ayrı bir pilotun istihdam edilmesine neden olmaktadır. Bu durum, teslimat maliyetinin personel giderleri nedeniyle artmasına yol açmaktadır. Yapılan araştırmalar, mevcut düzenlemelerle İHA tabanlı teslimat maliyetinin %95 oranında personel maliyetinden kaynaklanacağını göstermektedir (Cornell vd., 2023). Bu yüksek maliyetler dikkate alındığında, daha fazla koli taşıma kapasitesine sahip ve daha az personele ihtiyaç duyulan geleneksel yöntemlerle maliyet açısından rekabet edilmesinin imkânsız olduğu görülmektedir.

Akademik çalışmalarda, İHA'nın ticari kullanımında personel maliyetlerinin genellikle hesaba katılmadığı ve çeşitli kompleks teslimat senaryolarına göre analiz yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmaların karmaşık parametreleri hesaba kattığı ancak net bir değer vermediği görülmüştür. Bu nedenle, bu konuda daha anlaşılır bir ifade içeren McKinsey danışmanlık şirketi adına yapılan Cornell ve arkadaşlarının (2023) çalışması referans alınmıştır. Bu çalışmada, teslimatta kullanılan çeşitli araçların teslimat hizmetlerindeki maliyet analizleri yapılmıştır. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2, bu analizde ele alınan senaryolara bağlı olarak elde edilen sonuçları göstermektedir. Tablo 4.1'de verilen birinci senaryoda, depodan yaklaşık 8 km (5 mil) uzaklıktaki bir alıcıya paket

teslimatında kullanılan araçlar için maliyet değerleri hesaplanmıştır. Bu analizde, paket farklı araçlar kullanılarak teslim edilmekte, her araç bir sürücü tarafından kontrol edilmekte ve İHA ise bir pilot tarafından yönetilmektedir. Analiz sonucuna göre, İHA kullanımının diğer teslimat araçlarına kıyasla enerji ve diğer maliyetlerde daha düşük maliyetlere sahip olduğu ancak işletilmesiyle ilgili yüksek işçilik maliyetlerinin İHA'ları dezavantajlı bir seçenek yaptığı görülmektedir.

Tablo 4.1 Operasyonel Maliyetler-1

	<b>Elektrikli Otomobil</b>	<b>Elektrikli Minibüs</b>	<b>Benzinli Kamyon</b>	<b>İHA</b>
<b>Paket Sayısı</b>	1 paket	1 paket	1 paket	1 paket
<b>Personel Maliyeti (\$)</b>	7.25	7.25	7.25	12.84
<b>Enerji Maliyeti (\$)</b>	0.45	0.65	2.50	0.06
<b>Diğer Maliyetler (\$)</b>	1.70	3.11	1.82	0.6
<b>Toplam Maliyet (\$)</b>	9.40	11.01	11.57	13.50

Kaynak: Cornell vd., 2023

İHA'ların maliyet konusunda rekabetçi bir konuma gelmesi önemli düzenlemelerin yapılmasına bağlıdır. Öncelikle, İHA pilotu başına kontrol edilebilen araç sayısının artırılması için gerekli izinlerin verilmesi önemlidir. Bir İHA operatörü tarafından kontrol edilen hava sahasında birden fazla İHA'nın kullanımına izin verilmesi, İHA kullanımlarının tamamen otonom hale gelmesiyle mümkün olacaktır. Böylece aynı anda çok sayıda İHA teslimat operasyonu bir operatör tarafından idare edilerek paket başına düşen işçilik maliyetinin düşürülmesi sağlanabilecektir. Mevcut durumda işçilik maliyetlerinden dolayı diğer teslimat araçlarına göre verimsiz bir durum oluşmaktadır. Ancak, otonom kullanımın gelişmesi ve BVLOS kullanıma izin verilen düzenlemelerin hayata geçmesi halinde, İHA tabanlı teslimat modellerinden maksimum verim alınması mümkün olacaktır. Bu bağlamda, bir İHA pilotununun 20 adet İHA için hava sahası operatörlüğü yaptığı durum ile diğer araçların karşılaştırıldığı birim teslimat

maliyetleri Tablo 4.2’de sunulmaktadır. Bu veriler, İHA’ların maliyet açısından diğer teslimat araçlarına göre daha etkin bir hizmet sunabileceğini göstermektedir (Cornell vd., 2023).

Tablo 4.2 Operasyonel Maliyetler-2

	<b>Elektrikli Otomobil</b>	<b>Elektrikli Minibüs</b>	<b>Benzinli Kamyon</b>	<b>İHA</b>
<b>Paket Sayısı</b>	5 paket	100 paket	100 paket	1 paket
<b>Enerji Maliyeti (\$)</b>	0.12	0.07	0.27	0.06
<b>Toplam Maliyet (\$)</b>	3.00	1.80	1.90	1.80

Kaynak: Cornell vd., 2023

Yukarıda sunulan potansiyel maliyet analizine göre, paket teslimatı başına enerji tüketimi en az olan aracın İHA olduğu görülebilmektedir. Tablo 4.2’de verilen senaryoda, İHA maliyetindeki önemli düşüş, bir operatörün aynı anda yaklaşık 20 adet İHA’nın uçuşunda görev aldığı varsayımından kaynaklanmaktadır. Bu varsayıma dayanarak paket başına personel maliyetleri daha düşük hesaplanmıştır. İHA’ların otonom olarak teslimat yaptığı ve insansız trafik yönetiminin kullanıldığı bir hava sahasında, operasyondan sorumlu pilotun paket başına işçilik maliyeti sübvansede edilebilir seviyelere ulaşacaktır. Bununla birlikte, personel maliyetleri daha düşük hesaplandığında İHA tabanlı teslimat maliyetleri daha tatmin edici düzeylere ulaşacaktır.

Paket başına teslimat maliyetlerinin düşürülmesinde, İHA tabanlı teslimat modellemesinin çeşidi en önemli husustur. İHA’nın tek başına kullanılması veya kamyonla iş birliğinde çok modlu olarak kullanılması farklı seviyelerde maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin, küçük bir teslimat bölgesinde depodan İHA, mobil kamyon-İHA ve sabit kamyon-İHA modelinin maliyetleri, kamyonla yapılan geleneksel

teslimat maliyetleriyle kıyaslandığında; depodan İHA uygulamasının %60, mobil kamyon-İHA modelinin %23 ve sabit kamyon-İHA modelinin %41 oranında tasarruf sağlayabileceği öngörülmektedir. Kıyaslama verilerinden anlaşıldığı üzere kamyon kullanımı ve hareketliliği artıkça maliyet tasarrufu seviyesinde azalma olduğu gözlemlenebilmektedir (She & Ouyang, 2023).

Ayrıca, teslimat maliyetlerinin analiz edildiği başka bir çalışmada, İHA tabanlı bir yemek dağıtım filosu ile e-bisiklet (batarya destekli bisiklet) tabanlı yemek dağıtım filosunun paket başına teslimat maliyetleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, şehir içi yiyecek dağıtımı için İHA kullanımının, e-bisiklete kıyasla iki ile üç kat arasında tasarruf sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, İHA'ların otonom seviyesinin artmasıyla operatör ve işçilik maliyetlerinin daha da düşeceği bilinmektedir. Bu durumda İHA tabanlı maliyet, e-bisiklete göre daha da azalarak yaklaşık beş kat düşük maliyet sunabileceği hesaplanmıştır (Doole vd., 2020).

#### **4.9. Çevresel Etkiler**

Birçok çalışma, teslimat süreçlerinde kullanılan İHA'ların, enerji tüketimleri ve sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda büyük potansiyel taşıdığını göstermektedir. Ancak bu konuda yapılan araştırmalar, İHA'ların yaratacağı çevresel etkilerin diğer teslimat araçlarının etkileriyle kıyaslanabilmesi için çeşitli faktörlerin belirli olması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu faktörler arasında İHA'ların enerji gereksinimi, teslimat mesafesi ve alıcı sayısı önemli bir yer tutmaktadır. İHA'ların birim mesafede sebep olduğu emisyon seviyesi çok düşük olmasına rağmen bazı durumlarda dezavantajlı konumda olduğu da görülmektedir. İHA'ların toplu teslimat yapamaması ve şimdilik aynı anda tek bir ürünün tek bir adrese taşınabilmesi nedeniyle kullanım senaryosuna bağlı olarak çevresel etkileri artabilmektedir. Bu nedenle İHA'ların diğer araçlarla kıyaslanabilmesi için gerçek bir teslimat modelinde kapsamlı analizler yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

İHA'nın enerji tüketimi, taşınan faydalı yüke, taşıma kapasitesine ve rüzgâr gibi dış değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. İHA'ların taşıma kapasitesi arttıkça enerji ihtiyaçları da artmaktadır. İHA'lar genel olarak çevre dostu hava araçlarıdır. Özellikle elektrikli İHA'lar fosil yakıtla çalışmadığı için doğrudan egzoz emisyon oluşturmazlar. Ancak, kullanılan elektrik enerjisinin üretim kaynağına bağlı olarak dolaylı yoldan karbondioksit salınımına etkileri bulunmaktadır. Elektrik enerjisinin fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilmesi durumunda bu enerjiyle çalışan İHA'ların çevresel olarak olumsuz etkileri bulunmamaktadır (Park vd., 2018).

Bu konuda yapılan bir çalışmada, teslimat amacıyla İHA kullanımının çevresel etkileri, 1 km'lik teslimat mesafesi baz alınarak geleneksel motosiklet ve elektrikli motosiklet araçları ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmada, çevresel etkilerin ölçülmesinde tüm girdileri dikkate alan Yaşam döngüsü analizi (Life Cycle Assessment-LCA) yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada başvurulan LCA yöntemi ile bir ürünün hammadde üretimi, imalatı, nakliyesi, kullanımı ve imhasını içeren kapsamlı bir analiz sunulmaktadır. Buna ek olarak, teslimatta kullanılan araçların çalışması için gereken enerjinin (elektrik veya benzin) üretilmesinin çevresel etkileri de hesaba katılmıştır. Çalışmanın sonuçları, İHA tabanlı teslimat sistemlerinde çevresel etkilerin öncelikle İHA'nın üretiminden ve elektrik enerjisinin üretiminden kaynaklandığını, İHA'nın operasyonel faaliyetlerinin tüm kategorilerde en az olumsuz etki yaratan model olduğunu göstermiştir. Ayrıca, elektrikli bir İHA'nın tüm yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkisinin, benzinli bir motosiklete göre 12 kat daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çevresel etkilerin en aza indirilmesi açısından İHA'ların potansiyel faydalarını vurgulaması açısından önem taşımaktadır (Park vd., 2018).

Başka bir çalışmada, teslimat İHA'ları ile geleneksel dizel kamyonların sera gazı emisyon seviyeleri analiz edilmiştir. Çalışmada öncelikle hem kamyon hem de İHA teslimat modeli için depo, müşteri adresleri ve senaryolar belirlenerek her iki araç için sabit tutulmuştur. Kamyon teslimat senaryoları için uygulamada sıkça kullanılan bir kamyon modelinden alınan veriler referans olarak kullanılmıştır. Ayrıca, güzergâh boyunca trafik sıkışıklığı ve dur-kalk gibi toplam emisyon salınımını etkileyen faktörler

de dikkate alınmıştır. Güzergâh belirlenirken kamyonun hizmet bölgesindeki tüm alıcılara teslimat yapacağı en hızlı rota seçilmiştir. Kamyon emisyonları farklı hızlar için simüle edilmiştir. Diğer taraftan İHA modelinde ise İHA'nın düz bir rotada ilerlediği, herhangi bir yasak/kısıtlı alanla karşılaşmadığı ve tek seferde yalnızca bir adet paket taşıdığı varsayılmıştır. Bu durumda, İHA'nın her teslimattan sonra depoya dönüp bir sonraki paketi aldıktan sonra yeni alıcıya doğru uçuşu beklenmektedir. İHA'ların doğrudan egzoz emisyonu yaymadığı dikkate alınarak İHA tabanlı teslimat için emisyon seviyesi tahmininde uçuş için gereken elektrik tüketimine odaklanılmıştır. İHA'nın tüketeceği elektrik enerjisinin üretiminden kaynaklanan emisyon değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtım sırasında ortaya çıkan enerji kayıpları ile bataryanın şarj ve deşarj verimliliğine bağlı olarak değişebilen kayıplar da hesaba katılmıştır. Çalışmada emisyon seviyelerini tahmin etmek için tüm elektrik üretim kaynaklarından üretilen kilowatt saat (kWh) başına emisyon değerleri referans alınmıştır (Goodchild & Toy, 2018).

Çalışma, İHA'nın her bir paketi depodan alıcı adresine ulaştırması ve kamyonun paketleri depodan toplu olarak alıcı adreslerine ulaştırması senaryolarına dayanmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, alıcı adresinin depoya uzaklığına bağlı olarak, İHA'nın alıcı başına kat ettiği mesafenin kamyonla kıyasla çok yüksek olduğu görülmüştür. Simülasyon sonucuna göre, İHA alıcı başına ortalama 16.4 km mesafe kat ederken, kamyon sadece 0.26 km yol gitmiştir. Bu fark, İHA'nın her paket için depo ile alıcı adresi arasında gidiş-dönüş yapması ve her teslimattan sonra depoya geri dönmesi gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Aynı durumda kamyon, paketleri toplu olarak aldığı için depoya tekrardan uğramasına gerek olmamıştır. Bu nedenle, alıcı başına kat ettiği mesafe çok düşük seviyede kalmıştır. Öte yandan zararlı emisyonların karşılaştırılmalı bir analizi yapılmış ve emisyon seviyelerinin, depo ile alıcı arasındaki mesafeye ve İHA'nın güç seviyesine bağlı olarak değiştiği sonucuna varılmıştır. Kamyonla kıyasla çok daha uzun mesafe kat etmesine rağmen, İHA bazı senaryolarda daha düşük emisyon seviyeleri göstermiştir. Ancak genel olarak kamyon, toplu yük

taşıdığı ve daha kısa mesafe kat ettiği için daha düşük seviyelerde emisyon yaymıştır (Goodchild & Toy, 2018).

Bu çalışmada, İHA'ların operasyonel kullanımının olası en dezavantajlı senaryolarına göre analiz yapılmıştır. İHA'nın çok sayıdaki paketi uzak mesafedeki alıcılara teslimat yapabilmesi için her seferinde depoya dönüş yapması gerektiğinden, kat edilen mesafeyle birlikte enerji tüketimi de çok yüksek olmaktadır. Bu durum, paket başına emisyon salınımı ne kadar az olursa olsun tüm teslimat sonunda görülen emisyon değerinin yüksek olacağı gerçeğini değiştirmemektedir. Bu nedenle, seçilen senaryoların İHA'nın çevresel etkilerini temsili şüphelidir. Bununla birlikte çalışma sonunda İHA'ların sera gazı salınımında fayda sağlayabilmesi için gereken muhtemel kullanım yöntemlerine dikkat çekilmiştir. Bu bilgilerin, teslimat aşamasında İHA operasyonlarının çevresel etkisinin minimize edilmesi adına önem taşıdığı değerlendirilmektedir. Çalışma ile;

- İHA'ların, depoya yakın olan ve az sayıdaki alıcıya sahip bölgelere teslimat yapması
- Kamyonların, depodan uzak ve çok sayıda paketin teslim edileceği bölgelere teslimat yapması
- Teslimat hizmetlerinde İHA ile kamyonun bir arada kullanıldığı, İHA'ların sadece yakın adreslere hizmet verdiği hibrit bir sistemin çevreye verilen olumsuz etkilerin azaltılmasında kullanılabilecek en iyi modeller olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, İHA'ların neden olduğu karbon emisyonlarının elektrikli araba ve motosikletlere kıyasla önemli ölçüde düşük olduğunu ve dizel araçlarla karşılaştırıldığında ise ihmal edilebilir düzeylerde olduğunu belirtmek gerekmektedir. Bu durum, İHA'ların çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir teslimat sistemine katkıda bulunma potansiyelinin vurgulanması noktasında önem arz etmektedir.

#### 4.10. Teslimat Noktaları

Son yıllardaki sınırlı İHA uygulamalarında, genellikle kırsal alanlarda bir çiftliğe veya şehir içinde bir bahçeli eve teslimat yapılmaktadır. Ancak, daha önce açıklandığı gibi yoğun kentsel alanlardaki yaşam, dünyada ve ülkemizde her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, İHA tabanlı teslimatın sadece kırsal alanlarla sınırlı kalmayacağı ve gelecekte son adım teslimat hizmetinde dağıtılan paketlerin önemli bir kısmını içereceği tahmin edilmektedir.

İHA'ların alıcı adresine ulaştıklarında paketi nasıl teslim edeceği konusu kritik bir öneme sahiptir. Bu konuda Amazon yöntemi, alıcı adresinde havadan görüşe açık bir alana yerleştirilen helikopter pisti gibi görsel referans noktası oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu referans noktası, standart bir görselin işlendiği bir mat veya paspas olabilmektedir. İHA'ların, paketi bu mat üzerine bırakması ve ardından havalanarak geri dönmesi beklenmektedir. Ancak bu yöntem, her alıcının adresinde açık bir alana sahip olmasını gerektirmektedir (Marshall, 2021).

Yoğun nüfuslu kentsel alanlarda, bahçe gibi açık dış mekanlara sahip potansiyel alıcı sayısı önemli ölçüde sınırlıdır. Bu sebepten dolayı büyük şirketler, öncelikle yeterli iniş ve bırakma alanına sahip düşük ve ortalama nüfus yoğunluğuna sahip bölgelere İHA tabanlı teslimat yapılmasını tercih etmektedirler (Wing, 2022).

Yoğun nüfuslu kentsel bölgelerde, yüksek binaların çatıları genellikle yeterince kullanılmayan alanlardır. Bu çatılar, İHA'ların iniş, kalkış ve kargoyu bırakması için önemli bir altyapı görevi görme potansiyeline sahiptir. Yüksek katlı binaların (işyeri, kat mülkiyetli apartman) çatıları, belirlenmiş teslimat alanları olarak kullanılarak, zemin seviyesindeki sınırlı alandan kaynaklı sorunların azaltılması ve kargoların daha güvenli bir şekilde teslimini sağlayabilir. Diğer taraftan, teslimatların balkon gibi daha küçük ve özel alanlara yapılıp yapılamayacağı konusu da değerlendirmesi gereken bir olasılıktır (Brunner vd., 2019).

Brunner ve arkadaşları (2019), yoğun kentsel alanlarda apartman dairelerine İHA teslimatı için bir yöntem önermektedir. Bu yöntemde, paketlerin alıcı balkonuna bırakılması düşünülmektedir. Bunun için alıcı balkonunun kapısına veya duvarına, İHA'ya görsel referans oluşturması için bir işaretleyici etiketin yerleştirilmesi öngörülmektedir. Teslimat İHA'sı, alıcının bulunduğu apartmanın çatısına kadar GNSS tabanlı navigasyon kullanarak ulaşabilmektedir. İHA, binaların üstünde kaldığı sürece GNSS verilerine güvenebilmektedir. Ancak, yoğun yapılaşmadan dolayı bina aralarında uydu sinyallerine erişim ve doğruluk sorunları ortaya çıkabileceğinden, görsel tabanlı navigasyon sistemlerinden (Görsel Odometri veya SLAM) faydalanarak inişe geçmesi gerekmektedir. Bu noktada, alıcının hedef balkonunda bulunan görsel referans sayesinde İHA balkonu bulabilmektedir. İHA, paketi bıraktıktan sonra geldiği rotadan geri dönerek görevini tamamlamaktadır.

Öte yandan, sahil veya park gibi halka açık sosyal alanlara yerleştirilen özel teslimat istasyonlarıyla da İHA tabanlı hizmet sunulan uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamada, müşteri siparişi öncelikle İHA vasıtasıyla yerleşik istasyonlara getirildikten sonra alıcı telefonuna gönderilen özel bir kodun istasyon ekranına girilmesiyle alıcıya siparişin teslimatı gerçekleştirilmektedir. Bu uygulama modeli, genellikle kalabalık alanlarda market, yemek veya içecek siparişlerinin hızlı bir şekilde teslimi için tasarlanmıştır.

#### **4.11. Gizlilik**

Mahremiyet, bir kişinin en temel ve en kişisel haklarından biridir ve kişinin kendi özel alanını koruma ihtiyacından doğmaktadır. Mahremiyet kaygısı ise kişinin kendisine ait olan bilgilerin başkalarıyla paylaşılmasına karşı duyduğu endişeyi ifade etmektedir. Bu endişe, kişinin kendi özel hayatını koruması ve gizliliğini sağlaması ihtiyacının bir göstergesidir. Kişinin izni ve rızası olmadan özel hayatıyla ilgili hassas bilgilerin elde edilmesi, kötüye kullanılması ve paylaşılması gizliliğin ihlal edilmesi anlamına gelmektedir. Bu durumlar mahremiyet kaygısına sebep olan temel ihlallerdir (Yüksel, 2003).

Günümüzdeki gelişmiş kameralar ile yüksek kalitede görüntü elde etmek, yüksek düzeyde yakınlaştırma yaparak uzaktaki nesnelere gözetlemek mümkün hale gelmiştir. Ayrıca, elde edilen görüntüler üzerinde görüntü işleme yazılımları kullanılarak yüz tanıma, plaka tanıma ve davranış analizi gibi çeşitli uygulamalar gerçekleştirmek de mümkündür. Bundan dolayı havada uçabilen bir kameranın tüketiciler üzerinde mahremiyet açısından kaygı yaratması kaçınılmaz olmaktadır.

İHA'lar, teslimat hizmetlerinde yüksekten uçarak alıcıların ev veya bahçesine kadar girmekte ve böylece teslimat yapabilmektedir. Gelişmiş video kameralar taşımaları nedeniyle uçtukları bölgede kişisel veya kurumsal gizlilik endişelerine sebep olabilirler. Gizlilik endişelerinin temelinde, İHA'ların faaliyetleri esnasında özel mülk ve özel alanlar üzerinden uçarak kişilerin mülkiyet ve özel hayatlarıyla ilgili veri toplaması veya gözetleme riskinin bulunmasıdır. Bu durumların, özel hayatın gizliliğini ihlal ve kişisel bilgilerin izinsiz toplanması gibi ciddi hukuki sonuçlar doğurması muhtemeldir (Leon vd., 2023).

Gizlilik, İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanılmasının en büyük endişelerinden biridir. Nitekim, düzenleyici kurumlar tarafından ticari İHA kullanımının yasaklanmasında güvenlikle birlikte gizlilik endişeleri de gerekçe gösterilmiştir. Müşteriler tarafından algılanan mahremiyet riski, bu yenilikçi teslimat modelinin kabulüne olumsuz etki yapabilmektedir. Bu nedenle, İHA teslimatı bağlamında kişisel mahremiyetin korunması ve güvence altına alınması büyük önem taşımaktadır (Leon vd., 2023).

Gelişmiş İHA kontrol sistemlerinde, görüş hattı ötesi (BVLOS) dahilinde gerçekleştirilen otonom İHA teslimat operasyonlarında, İHA'dan pilota canlı görüntü akışına gerek duyulmamaktadır. Bu durumda, İHA pilotuna anlık görüntü aktarımı olmadığı için İHA'ların gözetleme amacıyla kullanım olasılığı ortadan kalkmaktadır. Bunun yerine İHA pilotu, bir yer kontrol istasyonuna (YKi) İHA'dan gönderilen teknik verileri ve hava durumu gibi değişkenleri takip etmektedir (Blanks, 2022). Ancak, kamera standart bir İHA donanımı olarak bulunduğu için herhangi bir yere görüntü aktarımı olmasa bile

kamera varlığı, mahremiyet endişelerinin tamamen giderilmesi önünde büyük bir engel olarak görülmektedir.

#### 4.12. Güvenlik

İHA'ların kentsel alanlarda yerleşim yerleri üzerinde kullanımı, kamu güvenliğini potansiyel olarak tehdit edebilecek önemli riskler barındırmaktadır. İHA'ların kargo teslimatı amacıyla kullanılması da çeşitli güvenlik risklerini beraberinde getirecektir. Bu risklerin başında, İHA'nın düşme ihtimali gelmektedir. İHA'ların havada arızalanarak düşmesi veya konuta çarpması ölümcül sonuçlara yol açabilir. Taşınan kargonun ağırlığı da İHA'ların toplam ağırlığını artırdığı için çarpışma ve düşme durumları daha tehlikeli hale gelebilir. Özellikle yoğun nüfuslu alanlarda İHA'ların kaza riskleri, tüketicilerde güvenlik endişesi yaratabilmektedir.

İHA'ların batarya enerjisinin tükenmesi, motor veya pervane arızası ve iletişim kaybı gibi sorunlar İHA'ların kontrolden çıkmasına ve insanlar, canlılar, elektrik hatları ve binalara çarparak zarar vermesine neden olabilir. Ek olarak, iletişim hataları ve yazılım arızaları sonucu İHA'ların birbirleriyle çarpışması olasılığı da potansiyel güvenlik riskleri arasında bulunmaktadır (X. Li vd., 2023).

Elektromanyetik girişim ve siber saldırılar, İHA kontrolünün kaybedilmesine sebep olabilir. Kontrolün İHA operatörü dışında birinin eline geçmesiyle İHA, fiziksel bir saldırı aracı haline gelebilir. Ayrıca, İHA kullanımı yaygınlaştıkça hava sahası daha da sıkışık hale gelecektir. Bu sıkışıklık, radyo spektrumuna da yansımacaktır. İHA'ların iletişim kanallarında yüksek düzeyde sinyal parazitleri görülebilecektir. Bu tür etkenler kaza riskinin artmasına ve güvenlik açıklarına neden olabilecektir.

Bu tür güvenlik endişeleri, uçuşa yasak bölgeler oluşturularak İHA'ların sadece belli rotaları kullanmalarına izin verilmesiyle azaltılabilir. Ayrıca siber saldırılara karşı da iletişim sistemlerinde gelişmiş şifreleme ve güvenlik önlemleri alınabilir. Diğer taraftan İHA ile taşınan kargonun güvenliği ise kilit sistemleri ve gelişmiş alıcı doğrulama yöntemleri kullanılarak sağlanabilir (X. Li vd., 2023).

#### 4.13. Gürültü

İHA tabanlı ticari faaliyetlerde bir diğer zorluk da pervane gürültüsünün insanlar için rahatsız edici bir faktör olup olmadığının belirlenmesidir. Yapılan çalışmalarda İHA gürültüsünün, güvenlik ve gizlilik gibi endişelere kıyasla düşük düzeyde endişe yarattığı görülse de İHA kullanımının yaygınlaşmasıyla gelecekte büyük bir sorun haline gelmesi beklenmektedir. Bazı çalışmalar, İHA gürültüsünün, uçak veya karayolu gürültüsüne oranla daha fazla rahatsızlık yarattığını ortaya koymaktadır (Schäffer vd., 2021).

İHA'lerden kaynaklı gürültüleri çeşitli yöntemlerle daha az hissedilebilir seviyelere indirmek mümkündür. Bu yöntemlerden biri, İHA'larda sessiz pervane setlerinin kullanımı veya pervane tasarımlarında gürültü engelleyici önlemlerin alınmasıdır. Ayrıca, pervane gürültüsünün karayolundaki mevcut trafik gürültüsü tarafından etkili bir şekilde sönmülenebildiği ve algılanan İHA gürültü seviyesinin düşürülebileceği bilinmektedir. Bu nedenle, yoğun İHA trafiğinin, karayolu trafik akışına paralel olarak otoyollarının üzerinden geçecek şekilde belirlenmesiyle İHA gürültüsünün daha az hissedilebilir oranlara düşürülmesi diğer bir etkili önlem olarak görülmektedir (X. Li vd., 2023).

#### 4.14. Hava Durumu

İHA'lar; sıcaklık, kar, yağmur ve rüzgâr gibi doğal hava durumlardan etkilenebilmektedir. Teslimat İHA'ların yağmur ve kar yağışı altında çalışması konusu tartışmalı bir konu olmuştur. Bazı çalışmalar, gerekli önlemlerin alınması halinde İHA'ların kar ve yağmurda teslimat yapabileceğini savunmaktadır. Ancak rüzgâr faktörü, İHA'ların operasyonel performansını daha fazla etkilemektedir. Otonom bir İHA, hafif bir rüzgârı tolere edebilirken, sert ve ani rüzgarlarda etkisiz kalabilmektedir. FAA'nın, rüzgâr etkisini gerekçe göstererek nüfus yoğunluğu olan bölgeler üzerinde İHA uçuşunu yasakladığı bilinmektedir. (Marshall, 2021).

#### 4.15. Kamu Algısı

Her yenilikçi teknolojide olduğu gibi teslimat İHA'larının da kullanıcılar tarafından benimsenmesi ve kabulü merak konusudur. Bu yenilikçi teslimat modeli, kullanıcıların hız talebini karşılayabilirken güvenlik ve gizlilikle ilgili çeşitli endişeler barındırmaktadır. Tüketicilerin, teslimat İHA'larının kabulüne yönelik tepkilerini ve tutumlarını dikkate almak, algılarını ve endişelerini analiz etmek önemlidir.

Posta ve perakendecilik sektöründe İHA tabanlı teslimat, henüz sınırlı uygulamaları olan yeni bir yöntem olduğu için bu konudaki tüketici davranışlarının değerlendirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Tüketiciler, İHA teknolojisi ve bu yenilikçi teknolojinin teslimat hizmetlerinde kullanılması konusunda yeterli bilgiye sahip olmayabilirler. Geçmiş yıllarda yapılan bazı kamuoyu anket çalışmaları, teslimat İHA'larına karşı önyargılı ve negatif bir tutumun yaygın olduğunu göstermiştir. Örneğin, ABD'de 2016 yılında yapılan bir ankette katılımcıların %44'ünün (Yoo & Chankov, 2018) ve bir Avrupa ülkesinde yapılan anket çalışmasında katılımcıların %43'ünün (X. Li vd., 2023) teslimat hizmetlerinde İHA kullanımına mesafeli yaklaştıkları görülmüştür. Bu yaklaşımı, katılımcıların daha önce herhangi bir İHA destekli teslimat hizmetinden faydalanmamalarına ve bu sebeple bu yeni yöntem hakkında yeterli bilgiye sahip olmamalarına bağlamak mümkündür. Nitekim, bir Avrupa ülkesinde yapılan ve katılımcıların %65'inin üniversite mezunu olduğu bir araştırmada, İHA'ların kentsel teslimat hizmetlerinde kullanılabilirliğinden haberdar olanların oranı yalnızca %33 olarak gerçekleşmiştir (Melo vd., 2023).

İHA tabanlı teslimat hizmetlerini kullanma niyetleri üzerine yapılan çeşitli çalışmalar, katılımcıların İHA'ların hızlı ve çevre dostu bir teslimat sunacağına dair pozitif beklentide olduklarını göstermiştir. Bu durum, hız beklentisi ile çevresel kaygıların İHA'ların benimsenmesinde olumlu etki yaratabileceğini ifade etmektedir. Aynı zamanda katılımcıların, İHA'ların arızalanıp insanlara veya çevreye zarar verme potansiyellerinden ve kişisel mahremiyet ihlalden endişe duydukları görülmüştür. Bu çalışmalarda belirlenen diğer bir endişe de İHA'nın taşıdığı kargonun çalınması veya

kargonun hasarlı teslimi olmuştur (Yoo & Chankov, 2018). Bu endişelerin İHA teslimatının benimsenmesi üzerinde olumsuz etkileri olacaktır ancak endişelere rağmen, vatandaşların genel olarak İHA destekli teslimat hizmetlerine olumlu bir yaklaşım sergiledikleri ve evlerine İHA ile yapılacak kargo teslimatına sıcak baktıkları ortaya çıkmıştır (Melo vd., 2023).

Yoo ve Chankov (2018) tarafından ABD’de yapılan anket çalışması, teslimat İHA’larının benimsenmesinde en çok belirleyici olan tutumların; İHA kullanım avantajları, kullanılabilirliği, algılanan riskler ve bireysel yenilikçilik olduğunu ortaya koymuştur. Buna göre, İHA’ların hızlı ve çevre dostu olması tutumlara olumlu yönde etki etmiştir. Ancak, mahremiyet endişelerinin, özellikle kırsal bölgede yaşayanların tutumları üzerinde daha fazla olumsuz etki yarattığı, kentsel bölgelerde yaşayanlar üzerinde ise daha az belirleyici olduğu görülmüştür. Ayrıca, güvenlik risk algısının, kentsel alanda yaşayanlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, katılımcıların kırsal ve kentsel bölgelerde ikamet etmelerine göre mahremiyet ve güvenlik endişelerinin önem seviyelerinin değişebileceğini göstermiştir. Diğer taraftan bu çalışma ile güvenlik ve gizlilik endişelerine sahip katılımcıların İHA tabanlı teslimatı kullanma niyetlerinin daha düşük olduğu ancak yenilikçi teknolojilere ilgi duyan kişilerin, endişelerine rağmen bu teknolojiyi kullanma niyetlerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Bununla birlikte, ülkemizde yapılan bir çalışmada ise güvenlik, gizlilik ve hırsızlık gibi algılanan risklerin kullanım niyetleri üzerinde kayda değer bir olumsuz etki yaratmadığı ortaya konulmuştur (Aydın & Çelik, 2023).

Algılanan kullanım faydaları ve algılanan endişeler bağlamında, İHA tabanlı yenilikçi uygulamanın kabulüne dair işletmelere ve yasal düzenlemelerin koruyuculuğuna olan güven de bu teknolojinin benimsene yönelik önemli bir faktördür. Kullanıcıların güven duymadığı yeni bir teknolojinin topluma tam olarak entegre olması beklenemez. Güven, tüketici algılarının ve yeni teknolojileri benimseme arzusunun arkasındaki en güçlü histir (Aydın & Çelik, 2023). Teslimat hizmetlerinde yenilikçi bir teknoloji olarak

İHA kullanımının tüketiciler tarafından kabul edilmesi için öncelikle güven duygusunun oluşması gerekmektedir.

#### **4.16. İHA Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları**

İHA'lar ile kamyonlar kıyaslandığında, İHA'ların önemli ölçüde daha düşük yük taşıma kapasitesine sahip oldukları görülmektedir. Dizel motorlu minibüs tipi bir kara aracı, bir İHA'dan yaklaşık 378 kat daha fazla kargo kolisi taşıma kapasitesine ve 20 kat daha fazla menzile sahiptir. Kamyonlar genellikle bir teslimat alanına ait tüm gönderileri tek seferde taşıyabilmektedir. Ayrıca kamyonlar, beklenmedik olumsuz hava koşullarından etkilenmezler (Chauhan vd., 2019).

Öte yandan, İHA'ların operasyonel menzili batarya kapasiteleriyle sınırlıdır. Bir İHA'nın menzili veya kapsama alanı bataryasının gücüne bağlı değişmektedir. Kargo yükünün ağırlığı arttıkça bataryanın karşılayabileceği menzil mesafesi azalmaktadır. Ayrıca, günümüzün batarya teknolojisi kapsamlı teslimat hizmetleri için yeterli değildir. Teslimat hizmetlerinde İHA kullanımı için farklı konumlarda kurulmuş şarj istasyonlarına ihtiyaç olabilmektedir. Ayrıca İHA rotalarının, bu şarj istasyonlarına göre ayarlanması için karmaşık matematiksel rotalama hesaplarına da ihtiyaç duyulabilmektedir (Chauhan vd., 2019).

İHA'lar, operasyonel maliyet ve teslimat hızı açısından kamyonlara göre daha verimli bir seçenektir. İHA'ların paket başına teslimat maliyeti daha düşüktür. Daha az insan faktörü ile işletilebilir ve havayolunu kullandığı için yüksek hızda uçabilmektedir. Bununla birlikte, sınırlı taşıma kapasitesi nedeniyle sınırlı koli taşıması, seyahat mesafesinin düşük olması ve her seferinde merkezi veya mobil depoya dönmek zorunda olması dezavantajları arasındadır. Ayrıca, İHA'ların bataryalarının her teslimattan sonra değiştirilmesi ve yeniden şarj edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan mevcut düzenlemelere göre İHA'ların görsel görüş hattı içinde tutulması zorunluluğu ticari kullanımda önemli bir sınırlama oluşturmaktadır.

## 5. HAVA SAHASI KULLANIMI, DÜNYA UYGULAMALARI VE DÜZENLEMELER

### 5.1. Kentsel Hava Sahasının Kullanımı ve İnsansız Hava Trafiği Yönetiminde U-Space Örneği

İHA'ların kullandığı alçak irtifa hava sahası, günümüzde helikopterler, hava balonları, yamaç paraşütçüleri gibi çeşitli kullanıcı grupları tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Bu hava sahasındaki İHA trafiği ise her geçen gün artış göstermektedir. Bu nedenle, hava sahasının İHA kullanıcılarına daha uygun hale getirilmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması ve düşük irtifada İHA trafiğinin yönetilmesi önem arz etmektedir (Panov & Ul Haq, 2024).

Bu kapsamda İnsansız Trafik Yönetimi (İTY), İHA operasyonlarını yönetmek için geliştirilen yüksek otomasyonlu bilgi işlem altyapısıdır. Geleneksel hava trafik yönetimiyle entegre şekilde, İHA'lar tarafından kullanılan alçak irtifanın güvenli ve verimli kullanımını sağlayan geniş kapsamlı bir çerçevedir. Bu çerçeve dahilinde İHA operatörleri; düzenleyici kurumlar, veri sağlayıcılar (hava durumu, iletişim hizmeti sağlayıcıları, arazi bilgisi vb.) ile iş birliği yapmaktadır. İTY hizmeti aracılığıyla İHA operasyonlarında geçerli olan kural ve yasaklar, kayıt işlemleri ile operasyona bağlı ek gereksinimler belirlenmektedir. (Vinogradov vd., 2020).

İHA'ların sivil hava sahasına entegrasyonu ile ilgili ilk konsept çalışmalar NASA tarafından geliştirilmiştir. NASA, 2014 yılında İHA'ların düşük irtifa hava sahasına erişimini sağlamak için bir İTY konsepti geliştirmiştir. Bu konsept, İHA'ların geleneksel Hava Trafik Yöntemlerine (HTY) entegre edilerek insansız sistemlerin trafiğini kontrol etmeyi hedeflemektedir. İTY konsepti dünya genelinde çeşitli uygulama ve geliştirme çalışmalarıyla ilerletilmektedir. Avrupa'da İTY çalışmaları ise kamu ve özel sektörün ortak bir girişimi olan SESAR (Tek Avrupa Gökyüzü İTY Araştırması- Single European Sky Air Traffic Management Research) kuruluşu tarafından yürütülmektedir. AB'nin İTY konsepti U-Space olarak adlandırılmaktadır. Avrupa Komisyonu (AK), U-Space

konseptinin uygulanması için 2021 yılında bir düzenleyici çerçeve oluşturan 2021/664/665/666 sayılı yönetmelikleri kabul etmiştir (Jepsen vd., 2024).

İHA operasyonlarının yönetimi için ortak hava sahasında çeşitli düzenleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmaların öncülüğünü Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve Avrupa Birliği Havacılık Güvenliği Ajansı (EASA) gibi kuruluşlar yapmaktadır. FAA'nın İTY düzenlemeleri ve Avrupa'nın U-Space düzenlemeleri genel olarak birbirine benzer özellikler taşımaktadır. Her iki konsept de alçak hava sahasındaki İHA trafiğini yönetmek için hava sahasını zorunlu, önerilen ve isteğe bağlı olmak üzere üç kategoriye ayırmaktadır. Ayrıca, çarpışmaları önlemek amacıyla stratejik, taktiksel ve çarpışma önleme (Algıla ve Kaçın yöntemleri) olmak üzere üç ayırım katmanı belirlenmektedir. Hava sahası koordinasyonunda sürekli erişilebilir bir bilgi ağı, her iki konseptte de büyük önem taşımaktadır. Diğer taraftan kayıt, e-kimlik, ağ izleme ve arazi verilerinin sağlanması gibi konular da bu hizmetlerin ortak alanları arasında yer almaktadır (Panov & Ul Haq, 2024).

#### **5.1.1. U-Space insansız hava trafik yönetimi**

U-Space, Avrupa Birliği'nin (AB), İHA'ların hava sahasına entegrasyonunu hedefleyen en güncel İTY konseptidir. U-Space, görsel görüş hattının ötesindeki (BVLOS) uçuşları, insanların üzerinde gerçekleştirilen operasyonları, otonom uçuşları ve gece operasyonları gibi karmaşık görevlerin güvenli bir şekilde gerçekleşebilmesi için tasarlanmış özel bir hizmet sunmaktadır (Čizmarov & Lynch, 2024).

U-Space'nin uygulanması için dört aşamadan oluşan bir yol haritası belirlenmiştir. U-Space ile ilgili ilk AB düzenlemeleri 2021 yılında oluşturularak U1 aşaması için gerekli düzenleyici çerçeve tamamlanmıştır. Günümüzde U2 aşaması da tamamlanmıştır. U3 aşaması için ise test çalışmaları devam etmektedir. Bu aşamalar özet halinde aşağıda sıralanmaktadır (Tomaszewski vd., 2022) (Panov & Ul Haq, 2024).

- U1 seviyesi: Bu seviye, U-Space temel hizmetlerin oluşturulmasını kapsamaktadır. Güvenli ve etkili bir U-Space hava sahası için kayıt, kimliklendirme, ağ tanımlama ve coğrafi sınırlama hizmetlerinin belirlenmesi gibi hizmetler sağlanmaktadır.
- U2 seviyesi: U-Space başlangıç aşamasıdır. Uçuş planlaması, uçuş onayı, izleme, hava sahası dinamik bilgi alışverişi (hava durumu vb.) dahil olmak üzere gelişmiş hizmetlerin test ve uygulanması hedeflenmektedir.
- U3 seviyesi: U-Space gelişmiş hizmetlerin sağlanacağı seviyedir. Yüksek yoğunluklu, karmaşık operasyonların yönetilmesi için gelişmiş otomasyon teknolojileri kullanılmaktadır. Bu aşamada yoğun alanlarda operasyonlar, kapasite yönetimi, çatışma tespit ve kaçınma teknolojileri otomasyon dahilinde alınmaktadır.
- U4 seviyesi: Tüm hizmetlerin tamamen otomasyon dahilinde olduğu nihai aşamadır. Bu aşamada, insanlı havacılığı destekleyen sistemlerle entegrasyon sağlanarak U-Space'nin tam operasyonel kapasitesi sunulmaktadır.

U-Space'nin operasyonel konseptinde, kentsel alanlar dahil olmak üzere her türlü alçak irtifa hava sahasındaki İHA operasyonları, sertifikalı U-Space Hizmet Sağlayıcıları (USHS)<sup>2</sup> tarafından sunulan İTY hizmetiyle gerçekleştirilmektedir. USHS'ler, İHA operasyonlarını koordine etmek amacıyla insanlı hava trafiğini yönetmekten sorumlu olan Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcıları (HSHS) ile iş birliği yapmaktadırlar. Bu iş birliği, tamamen otomatik ve mevcut hava trafik yönetim sistemleriyle uyumlu bir İHA trafik yönetim sistemi oluşturmaktadır (Skeydrone, 2024). U-Space'nin konsept çerçevesi genel olarak üç ana başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklar; alçak irtifa hava sahasının sınıflandırılması, U-Space hizmetleri ve U-Space mimari tasarımıdır.

---

<sup>2</sup> USHS (U-Space Service Provider-USSP): Belirli bir bölgedeki uçuş prosedürlerini yöneten İTY sisteminin bir ya da daha fazla operatörlerdir. Uçuş planlama ve uygulama aşamalarında İTY operasyonlarının yönetilmesi için temel bilgi ve mekanizmaları sunarlar (Tomaszewski, 2022).

### 5.1.2. U-Space hava sahasının sınıflandırılması

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO), Ek-11 (Annex-11) dokümanında uçuş kuralları ve sunulan hizmetler açısından A'dan G'ye kadar yedi hava sahası sınıfı tanımlamaktadır. Buna karşılık, AB'nin İHA yönetmelikleri ise hava sahasını operasyon risklere göre açık, özel ve sertifikalı olarak üç kategoriye ayırmaktadır. Özel ve Sertifikalı olarak ayrılan hava sahasında İHA operasyonları gerçekleştirmek için ulusal havacılık otoritesinden yetkilendirilmiş olmak gerekmektedir. Ayrıca, bu tür operasyonlar için İHA sisteminin belirli gereksinimleri ve kabiliyetleri karşılaması beklenmektedir (Lieb & Volkert, 2020).

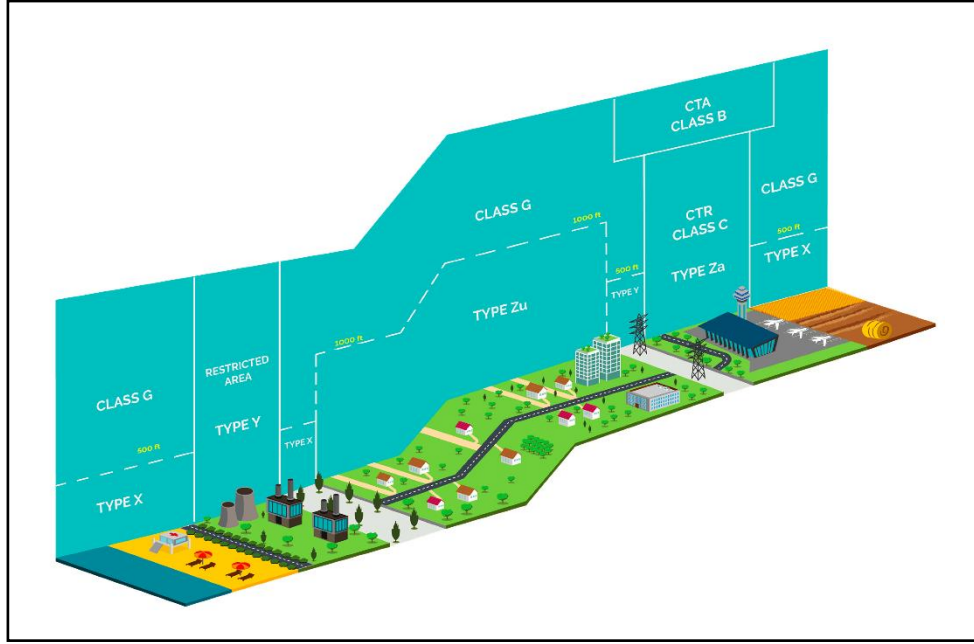
AB'nin bahsi geçen daha önceki düzenlemeleriyle uyumlu olarak U-Space hava sahası X, Y ve Z olarak adlandırılan üç farklı risk bölgesi halinde tanımlanmaktadır. Bu risk seviyelerinin belirlenmesinde aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır (Barrado vd., 2020).

- Hava sahasında beklenen tahmini İHA uçuş sayısı
- Bölgenin nüfus sayısına göre yer riski
- Hava sahasındaki insanlı veya insansız toplam uçuş hacmi
- Gizlilik, güvenlik ve diğer kamu kabul faktörleri
- Operasyonda ihtiyaç duyulan U-Space hizmetleri

X bölgesi, risk seviyesinin düşük kabul edildiği alan iken Y bölgesi riskli, Z bölgesi ise en riskli alan olarak değerlendirilmektedir. X, Y ve Z alanları temelde iki ana kategoride farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar, hava sahasında sağlanan U-Space hizmetleri ve bu alanlara giriş kuralları şeklindedir. Bu farklılıklar, izin verilen operasyon çeşidini ve alandaki güvenlik seviyesini belirlemektedir. Ayrıca bu alanlardaki en temel hizmet farkı, çarpışma önleme hizmetleridir. U-Space, İHA'ların çarpışma riskini azaltmak amacıyla iki tür çarpışma çözümü sunmaktadır. Bunlar, stratejik (uçuş öncesi) ve taktiksel (uçuş esnasında) çözümlerdir. Stratejik çözüm, uçuş öncesinde olası çarpışmaları önlemek için planlama yaparken, taktiksel çözüm uçuş sırasında gerçek zamanlı verileri kullanarak çarpışma riskini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu

kapsamda X, Y ve Z bölgelerinin belirlendiği bir örnek Şekil 5.1’de gösterilmektedir (Barrado vd., 2020).

Şekil 5.1 U-Space Hava Sahası



Kaynak: Barrado vd., 2020

#### 5.1.2.1. X hava sahası

Uçuş sayısının ve çarpışma riskinin düşük olduğu bölgelerdir. Kırsal alanlar genellikle X bölgesi olarak değerlendirilmektedir. X bölgesi hava sahasında çarpışma çözüm hizmeti sunulmamaktadır. Bu bölgelerde, VLOS operasyonlar yürütülebilirken tüm sorumluluk İHA pilotuna aittir (Hately vd., 2019).

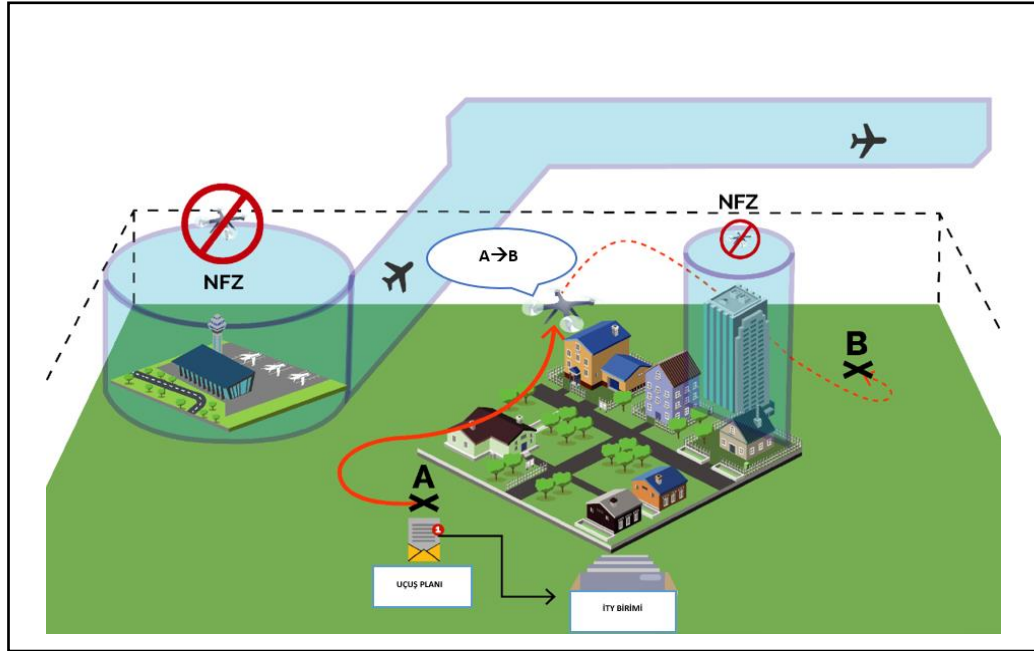
#### 5.1.2.2. Y hava sahası

Y türü hava sahasına girişler izin dahilindedir. Yalnızca onaylı operasyon planı kapsamında erişim sağlanabilmektedir. Bu bölgede VLOS ve BVLOS operasyonlar gerçekleştirilebilmektedir. Y hava sahasında uçuşlar, zaman ve mekân olarak birbirinden uzakta planlanarak uçuş öncesi stratejik çarpışma önleme hizmeti

sunulmaktadır. Ayrıca, Y hava sahasında uçuşların takibi için İHA sisteminin trafik bilgilerini yayınlayacak özellikte olması gerekmektedir (Barrado vd., 2020).

Diğer taraftan, bu hava sahasında uçak güzergahı, havalimanları veya kalabalık parklar gibi belli alanlara erişim sınırlaması belirlenerek uçuş rotaları bu kısıtlamalara bağlı olarak onaylanabilmektedir. Şekil 5.2’de Y tipi hava sahası temsil edilmektedir.

Şekil 5.2 Y Tipi Hava Sahası



Kaynak: Barrado vd., 2020

### 5.1.2.3. Z hava sahası

Kentsel alanlar gibi yoğun trafik talebinin olduğu bölgelerde Z tipi hava sahası uygulanabilmektedir. Z bölgesi, BVLOS operasyonlar için ideal bir hava sahası sunmaktadır. Diğer hava sahası türlerine göre daha fazla risk azaltma çözümü bulunmaktadır. Uçuş öncesi çarpışma önleme hizmetlerine ek olarak, uçuş esnasında taktiksel çözümler ile riskler minimize edilmektedir. Ayrıca, Y bölgesinde olduğu gibi onaylı uçuş izni gerekmektedir. Z bölgesinde faaliyet için İHA'nın belirli teknik

gereksinimleri karşılaması beklenmektedir. Uçuş izninin alınabilmesi için teknik gereksinimlerin karşılanması aranan ön koşulların başında gelmektedir (Barrado vd., 2020).

Z bölgesi, U-Space hizmetlerinin, özellikle e-kimlik ve izleme teknolojilerinin önem taşıdığı hava sahasıdır. Bu hava sahası, uçak ayırımının hangi kuruluş tarafından sağlandığına bağlı olarak iki alt bölgeye ayrılmaktadır. Bu bölgeler aşağıda sıralanmaktadır (Hately vd., 2019).

1. Za bölgesi: Z tipi hava sahasında kullanıcılar arasındaki ayırımın Hava Trafik Kontrolörleri (ATC) tarafından sağlandığı bölgelerdir. Örneğin, havalimanları Za bölgesi olarak belirlenmektedir.
2. Zu: Z tipi hava sahasındaki ayırımın USHS tarafından sağlandığı ve hava trafiği yönetiminin aktif olarak USHS tarafından gerçekleştirildiği bölgelerdir.

### **5.1.3. U-Space hizmetleri**

Avrupa Komisyonu düzenlemeleri, insansız hava trafiğinin yönetilmesi için bir dizi hizmet belirlemektedir. U-Space çerçevesinde belirlenen bu hizmetler ile uçuş planlama, yürütme ve kontrol süreçlerinde önemli bilgi ve servisler sağlanmaktadır. U-Space hizmetleri; İHA tanımlama, coğrafi kısıtlamaların belirlenmesi, uçuş yetkilendirme, hava sahası trafik bilgisinin sağlanması, hava durumu bilgisinin sağlanması ve operasyonların izlenmesi dahil olmak üzere çeşitli servislerden oluşmaktadır (Tomaszewski vd., 2022).

#### **5.1.3.1. Coğrafi sınırlama**

Coğrafi sınırlama, diğer bir tanımla coğrafi çit, İHA'ların giremeyeceği belirli alanları işaretlemek için kullanılan sanal bir engeldir. Coğrafi sınırlama, İHA operasyonlarını hem uçuş planında hem de uçuş esnasında yasaklama, kısıtlama ve sınırlama amacıyla belirli bir hava sahasına giriş ve çıkışların engellenmesidir (Alarcón vd., 2020).

U-Space servisleri, İHA operatörlerine havalimanları, askeri tesisler, enerji santralleri gibi uçuşa yasak bölgelerin hava sahası hakkında güncel bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca uçuş planlama yazılımları da belirtilen uçuşa yasak bölgeleri ve uçuşa açık hava koridorlarını işaretleyerek İHA operatörlerini bu alanlar hakkında bilgilendirebilmektedir (Butterworth-Hayes, 2023).

Kentsel hava sahasında kullanılacak coğrafi çitler çeşitli şekillerde uygulanabilmektedir. Örneğin, girilmesine izin verilmeyen hava sahası bölgelerinin önceden belirlenmesi ve uçuş hazırlığı sürecinde operatöre ilgili coğrafi çit bilgilerinin sağlanması mümkündür. Diğer yandan, uçuş sırasında değişen coğrafi çit bilgileri, operatöre uçuş bilgi paylaşım sistemi veya kontrolör arayüzü aracılığıyla iletilerek dinamik bir coğrafi sınırlama işlemi uygulanabilmektedir. Uyarı veya bildirim yöntemleriyle uçuş planları güncellenebilmekte ve uçuş planıyla ilgili değişiklikler veri bağlantısı yoluyla İHA pilotuna iletilerek uçuşun güncellenmesi mümkün kılınabilmektedir (Yılmaz & Ulvi, 2022).

#### **5.1.3.2. Doğrudan uzaktan tanımlama (Remote ID)**

Dünya genelinde kullanımı giderek artan İHA'ların faaliyetlerinin takibi ve İHA'ların ulusal hava sahalarına entegrasyonu için ihtiyaç duyulan diğer bir teknoloji de İHA kimlik bilgisidir. Doğrudan uzaktan tanımlama, diğer adıyla E-kimlik (Remote ID), İHA'nın tanımlanması, nereye uçtuğu ve kim tarafından uçurulduğu hakkında bilgi sağlamak için İHA'ya entegre edilen bir teknolojidir. E-Kimlik donanımı, İHA'nın hava sahasında faaliyet gösterirken kimlik ve konum bilgisi yayınlamasını sağlamaktadır (DITRCA, 2024b).

Geleneksel havacılıkta, uçağın konum ve pozisyon bilgisi radar sistemleri aracılığıyla belirlenirken, uçakla ilgili kimlik bilgisinin alınabilmesi için uçakla karşılıklı haberleşme yapılması gerekmektedir. Özellikle kimlik tanımlanması için uçakta bir transponder (haberleşme teçhizatı) bulunması şarttır. Transponder, RF (Radyo Frekans, uçak alma 1030 MHz, uçak gönderme 1090 MHz) bir sorgu sinyali aldığı anda bu sinyale yanıt

üreten bir cihazdır. Bu cihaz, gönderdiği yanıt sinyalinde kimlik kodu, irtifa ve 24 bitlik uçak adresi gibi birçok bilgiyi yayınlamaktadır. Uçak tarafından yayınlanan bu bilgiler hem diğer uçaklar hem de yer kontrol istasyonları tarafından alınarak işlenebilmektedir (Yılmaz & Ulvi, 2022).

Geleneksel havacılık sistemiyle benzer şekilde, E-kimlik modülü bir transponder görevi görmekte ve yeni nesil İHA'larda gömülü olarak bulunabilmektedir. Bu modülün bulunmadığı İHA'lara harici olarak (tak-çalıştır) yerleştirmek mümkündür. Bu modül, İHA'nın kalkıştan inişe kadarki faaliyetinde aşağıdaki telemetrik verileri kablosuz olarak yayınlamaktadır (FAA, 2024b):

- İHA kimliği (Seri Numarası)
- İHA konumu ve İrtifası
- İHA hızı
- Uzaktan Kontrol İstasyonu Konumu
- Zaman Damgası
- Kalkış konumu

Amerika Havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration-FAA), web sitesine kaydı yapılan her İHA'nın Remote ID ekipmanı bulundurulmasını zorunlu tutmaktadır. Bu düzenlemeye uyulmaması, para cezasının yanı sıra İHA pilotu sertifikasının askıya alınması veya iptali gibi çeşitli yaptırımlarla sonuçlanmaktadır (FAA, 2024a). Ayrıca, Avrupa Birliği'nde belirli kategorilerde faaliyet gösteren bütün İHA'larda Uzaktan kimlik donanımının 1 Ocak 2024 tarihi itibarıyla bulundurulması gerekmektedir (EASA, 2023). Diğer taraftan Japonya, 2022 yılından itibaren uzaktan kimlik teknolojisinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir (MLIT, 2022).

İHA'ların tanımlanması ve takibi için İHA kimlik donanımı kritik bir öneme sahiptir. E-Kimlik, bir araç plakası gibi İHA'nın tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu özellik, İHA'ların hava sahasına güvenli erişimini, kazaların önlenmesini ve düzenleyici standartlara uygunluğunu hedeflemektedir. Endüstride, e-kimlik donanımıyla ilgili birçok çalışma

ve yenilik bulunmaktadır. Bu çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmektedir (Butterworth-Hayes, 2023).

- Dronetag şirketinin geliştirdiği ve herhangi bir İHA'ya eklenti olarak takılabilen, 30 gr ağırlığındaki Mini ID cihazı, İHA bilgilerini 1,5 km mesafeye kadar Bluetooth üzerinden aktarabilmektedir. Ayrıca cihaz üzerinde Bluetooth antenleri dışında GNSS ve LTE (4G) antenleri de yer almaktadır. Cihaz, 14 saate kadar pil ömrü sunabilmektedir.
- Unifly şirketinin geliştirdiği Remote ID cihazı, dahili güç kaynağı ile konum, yükseklik, sıcaklık, basınç, hız ve yön sensörlerini barındırmaktadır. Cihaz, İHA'nın dikey hareketini algıladığında LTE kablosuz ağı üzerinden merkezi insansız trafik yönetimi birimine izleme verilerini otomatik olarak göndermeye başlamaktadır. Ayrıca, İHA'nın kimliğini, konumunu ve kalkış konumunu Bluetooth üzerinden de yayınlanmaktadır.
- Thales şirketinin Scaleflyt modülü, İHA'nın tanımlanmasını ve coğrafi olarak konumlandırılmasını sağlamaktadır. Bu modül, AB ve ABD standartlarını desteklerken telemetrik verileri hücresel ağ üzerinden iletmektedir.

#### **5.1.3.3. Uçuş yetkilendirme**

İHA uçuş planının, risk analizleri ve olası tehlikeler dikkate alınarak belirli kısıtlamalar ve uçuş öncelikleri doğrultusunda onaylanmasını kapsayan U-Space hizmetidir (Tomaszewski vd., 2022).

#### **5.1.3.4. Trafik bilgisi sağlama**

İHA uçuş planında onaylanan rotanın ve bu rotaya yakın hava sahasındaki insanlı ve insansız hava trafik bilgisinin İHA operatörlerine sağlanması hizmetidir (Tomaszewski vd., 2022).

#### **5.1.3.5. Hava durumu bilgisi sağlama**

Uçuş planlaması ve uçuş esnasında ilgili hava sahasındaki bölgenin hava durumu bilgisinin sağlanması hizmetidir (Tomaszewski vd., 2022).

#### **5.1.3.6. Uçuş izleme**

Onaylı uçuşların ve genel olarak hava sahasının izlenmesi hizmeti, tanımlı İHA'ların devam eden uçuşlarının takip edilmesi ve operasyonların hava sahası kısıtlamalarına, belirlenen yetkilendirme şartlarına ve AB düzenlemelerine uygunluğunun izlenmesi ve kontrolünün yapılmasıdır. (Tomaszewski vd., 2022).

#### **5.1.4. U-Space emniyet hizmetleri**

U-Space hizmetlerinin sunumunda kritik teknoloji çözümleri bulunmaktadır. Bu teknolojik çözümlerin başında operasyonel güvenliğin temini için İHA kimlik bilgisi ve coğrafi kısıtlamalar gelmektedir. Bununla birlikte, algı ve kaçın teknolojileri ile paraşüt sistemleri gibi diğer güvenlik önlemleri de hava sahasına entegrasyonu önemli bir ölçüde arttırmaktadır.

##### **5.1.4.1. Algı ve sakın**

Uçuşun temel prensibi, uçuştaki tüm aktörlerin -özellikle pilotlar ve hava trafik kontrolörlerinin- çarpışmayı önlemek adına gerekli tüm tedbirleri almasının gerekliliğidir. Çarpışmayı önleme, pilotun çakışan trafiği fark ettikten sonra aşağıda belirtilen yöntemlerden biriyle uçağı yönlendirmesi olarak sağlanmaktadır (Skybrary, 2024a):

1. Görsel İzleme: Pilot, görsel olarak çarpışmayı engelleme eylemi gerçekleştirmektedir. Bu eylem, 'Gör ve Kaçın' prensibinin uygulandığı durumu ifade etmektedir.
2. Hava Çarpışma Önleme Sistemi (ACAS) Uyarısı: Pilot, ACAS ekipmanından gelen uyarıya uygun hareket ederek çarpışmayı önlemektedir.

3. Hava Trafik Kontrolünden Alınan Trafik Bilgileri: Pilot, Hava Trafik Kontrolörünün (ATC) verdiği talimatlara uyarak çarpışmayı önlemektedir.

İnsanlı hava trafiği yönetiminde yukarıda bahsi geçen “Gör ve Kaçın” terimi, ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından Federal Düzenlemeler Kanunu’nun 14 CFR Bölüm 91.113 (b) sayılı yönetmeliğinde aşağıdaki şekilde yer verilmiştir:

Hava koşulları izin verdiğinde, bir operasyonun aletli uçuş kuralları veya görerek uçuş kuralları altında yürütülüp yürütülmediğine bakılmaksızın, bir hava aracını kullanan her kişi tarafından diğer hava araçlarını görmek ve bunlardan kaçınmak için dikkatli olmalıdır. Bu bölümdeki bir kural başka bir hava aracına geçiş hakkı verdiğinde, pilot bu hava aracına yol verecek ve hava aracının üzerinden, altından ya da önünden geçemeyecektir.

Günümüzdeki Gelişmiş Hava Çarpışma Önleme Sistemleri (ACAS), öncelikli olarak ticari uçaklar için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, İHA’ların aktif bir hava sahasına erişimi, tüm hava sahası kullanıcıları arasında etkin bir tespit ve kaçınma sistemini zorunlu kılmaktadır (Skybrary, 2024b). Ayrıca, yetkisiz İHA’ların veya kuşların İHA uçuş güzergahına girme riski nedeniyle İHA’ların belirli bir tespit ve kaçınma kapasitesine sahip olması beklenmektedir. Bu nedenle, İHA’ların çarpışma riski bulunan diğer nesnelere arasında güvenli bir mesafesinin korunması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Algıla ve Kaçın sistemleri, engelleri algılama ve konumlandırma işlemlerini gerçekleştirerek güvenli bir manevra oluşturmak için engelden kaçınma yeteneği sağlamaktadır (Aldao vd., 2022).

Algıla ve Kaçın, U-Space konseptinin önemli bir parçası olarak U3 seviyesinde tanıtılmış olup 2030 yılına kadar uygulamaya geçmesi beklenen bir taktiksel çarpışma önleme hizmetidir. Bu hizmet, esasen U-Space Hizmet Sağlayıcıları (USHS) tarafından sunulmaktadır. USHS, İHA’ya güzergâh değişikliği gibi çeşitli talimatlar verebilmektedir. Ancak, bir İHA’da Algıla ve Kaçın yeteneği entegre bir şekilde mevcut olduğunda, USHS talimatları ile yerleşik sistem arasında önceliklerin belirlenmesi için çalışmaların yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır (Geister vd., 2019).

#### 5.1.4.2. Olay ve kaza raporlama

2021/664 sayılı Yönetmeliğin 15(d) Maddesi gereği sunulan olay veya kaza raporlama hizmeti, U-Space'nin tüm hava sahalarında sağlanmaktadır. Bu hizmet, İHA operatörlerine veya diğer kullanıcılara olay ve kazaların bildirilmesi amacıyla sunulmaktadır. Ayrıca, U-Space hizmetlerindeki yasal kayıt gereği, bir İHA'nın olay ve kaza raporlarının muhafaza edilmesi gerekmektedir (SESAR, 2023).

#### 5.1.4.3. Acil durum yönetimi

U-Space acil durum yönetimi iki unsurdan oluşmaktadır. Bu unsurlar ve alt kategorileri aşağıda belirtilmektedir (SESAR, 2023):

- Acil bir durum karşısında İHA pilotuna destek verilmesi:
  - o Acil durumun raporlanmasını sağlamak
  - o Acil durumun tespiti ve uyarısını yapmak
  - o Riski en aza indirmek için önlemler almak
  - o Acil durum müdahale planlarının hatırlatılması
- Acil durum bilgisinin aynı hava sahasını kullanan diğer aktörlere iletilmesi:
  - o İHA pilotlarına
  - o Mürettebatlı havacılığa, hava trafik yönetim birimlerine
  - o İtfaiye, polis veya askeri birimlere

İHA operasyonu esnasında beklenmedik acil durumlar ortaya çıkabilmektedir. Örneğin veri bağlantısının kopması, bataryanın tükenmesi, GNSS kaybı, mekanik veya elektrik arızaları gibi durumlar yaşanabilmektedir. Bu muhtemel acil durumlar sırasında, İHA operatörü risk değerlendirmesini yapmalı ve acil durum planını hazırlamalıdır. Bu tür durumlarda, birçok otonom acil durum planı bulunmaktadır. Ancak, alternatif iniş noktalarının belirlenmesi ve paraşüt sisteminin bulundurulması büyük önem taşımaktadır. Bazı otonom acil durum planları aşağıda sıralanmaktadır (SESAR, 2023):

- Doğrudan kalkış noktasına geri uçmak
- Alternatif bir uçuş alanına uçmak ve inmek

- Varış noktasına kadar uçuş planına uymak
- Motorları kapatarak paraşüt açmak

İHA'ların paraşüt donanımıyla ilgili AR-GE çalışmaları devam etmektedir. Bu alanda dünya genelinde önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Ancak EASA, FAA veya diğer düzenleyici kurumlar tarafından İHA paraşüt sistemiyle ilgili belirlenmiş herhangi bir standart bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yakın gelecekteki uçuş şartları arasında, özellikle insanlar üzerindeki operasyonlarda, belirli İHA paraşüt sistemi bulundurmanın zorunlu olması beklenmektedir (Butterworth-Hayes, 2023).

## 5.2. Çeşitli Teslimat Uygulamaları

Dünya çapında sınırlı sayıda ticari uygulama mevcut olsa da bu uygulamaların belli bir olgunluk seviyesine ulaştığını belirtmek mümkündür. Zipline ve Wing gibi İHA teknolojilerinde uzmanlaşmış İHA üreticilerinin tescilli mobil uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalarda, tipik olarak kullanıcıların kişisel bilgilerini ve adreslerini teyit etmeleri istenmektedir. Kullanıcılar bu uygulamalar üzerinden İHA işletmecisiyle anlaşmalı olan mağaza veya restoran ürünlerini sipariş verebilmektedir. Alternatif olarak, mağaza veya yemek teslimat uygulamasından sipariş oluşturduktan sonra teslimat tercihi olarak İHA seçeneği seçilebilmektedir. Kullanıcı teslimat adresinin, İHA tabanlı teslimat ağı içinde olması durumunda, siparişin teslimatı İHA aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Kullanıcıların, siparişin anlık konumunu izleme imkanları bulunmaktadır.

### 5.2.1. Yemek teslimatı

Çinli yemek sipariş ve teslimat şirketi Meituan, 2022 yılından beri yemek teslimatında İHA kullanmaktadır. Özellikle Shenzhen şehrinde yoğun olarak bu teknolojiyi kullanan şirket, şehirde birçok noktada konumlandırılan özel kioks noktalarına İHA ile teslimat gerçekleştirmektedir.

Müşterilerin mobil uygulama üzerinden yaptıkları çevrimiçi yemek siparişleri, genellikle bir AVM restoranında hazırlandıktan sonra Meituan çalışanına teslim edilmektedir. Meituan çalışanı, siparişi alarak AVM çatısında bulunan İHA istasyonundaki İHA üzerine yerleştirmekte ve daha sonra İHA uçurularak kioks noktalarına teslimat gerçekleştirilmektedir. Müşteriler ise kioks noktalarına gelerek siparişleri bu noktalardan teslim alabilmektedir. Meituan, Shenzhen’de bugüne kadar 100.000’den fazla yemek siparişi teslimatını İHA’lar ile gerçekleştirmiştir. Şekil 5.3’de Meituan teslimat İHA’sı ve teslimat kioksu gösterilmektedir (Stonor, 2024).

Şekil 5.3. Meituan Yemek Teslimat İHA’sı ve Kioksu



Kaynak: Stonor, 2024

Çin’de faaliyet gösteren ve Alibaba şirketinin yemek dağıtım iştiraki olan Ele.me, 2018 yılından itibaren yemek teslimatlarında İHA kullanmaktadır. Şanghai’da 17 adet rotada ticari İHA kullanma yetkisi olan Ele.me, bir bölgede toplu bulunan restoranlardan alınan siparişleri İHA ile başka bölgedeki sabit istasyonlarına taşımaktadır. Buradan alınan paket, bir kurye tarafından müşteri adreslerine teslim edilmektedir (BBC, 2018)

Çevrimiçi yemek sipariş uygulaması olan Doordash, Amerika'nın Virginia eyaletinde yemek teslimatlarında İHA kullanmaya başlamıştır. Doordash, İHA teslimat şirketi olan Wing ile iş birliğine giderek seçili bir restoran zincirinden verilen yemek siparişlerini İHA ile teslim etmektedir. Uygulamada restoran şubelerine yakın evlere Wing şirketinin İHA'ları ile kısa sürede teslimat yapılabilmektedir. Siparişler, müşterilerin bahçelerine havadan sarkıtılarak bırakılmaktadır (Cost & Uvarove, 2024)

Diğer taraftan, Doordash ve Wing iş birliği, Avustralya'da da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. 2022 yılından beri Avustralya'da müşteriler, İHA teslimat seçeneğini tercih ettiklerinde, siparişlerin 15 dakika içerisinde teslimatı yapılabilmektedir (Doordash, 2022).

Domino's, Yeni Zelanda'da bazı şehirlerde pizza teslimatları için Flirtey üreticisinin Skydrop İHA teknolojisini kullanarak teslimat kapsamını genişletmeye çalışmaktadır. Şirket ayrıca, Yeni Zelanda'nın başka şehirlerinde de İHA tabanlı teslimat denemelerine başlamıştır (Dominos NZ, 2024).

Manna Aero, İrlanda ve ABD'de faaliyet gösteren bir İHA teslimat şirkettir. Manna, bahsi geçen ülkelerde anlaşmalı olduğu restoran zincirinin paket servislerini İHA ile teslim etmektedir. Şirket, yemek teslimatı dışında çeşitli perakende ürünlerinin de teslimatını İHA kullanarak gerçekleştirmektedir. Manna, İrlanda ve ABD'de yaklaşık 150.000 adet İHA tabanlı teslimat hizmeti yürütmüştür (Healy, 2024).

### **5.2.2. Kurye teslimatı**

Çin'in en büyük posta hizmet sağlayıcılarından SF Express'in bir iştiraki olan SF UAS, Çin'de teslimat İHA'sı kullanma yetkisi alan ilk şirket olmuştur. SF UAS, taze deniz ürünlerini, Shenzhen şehrinin güneyindeki bir rıhtımdan şehrin çeşitli bölgelerine hızlı bir şekilde taşımak için İHA kullanmaya başlamıştır. SF UAS, sadece Shenzhen'de belirlenen 66 adet İHA rotası üzerinden teslimat amaçlı İHA operasyonları gerçekleştirmektedir (Stonor, 2024).

Amerika Birleşik Devletlerinin (ABD) en büyük perakende şirketlerinden olan Walmart, 2021 yılından beri ABD'nin yedi eyaletinde toplamda 36 mağazasında teslimat İHA'ları kullanmaktadır. Walmart, İHA üretim ve teslimat şirketleri olan Zipline, Alphabet Wing, DroneUp ve Flytrex firmalarıyla iş birliği yapmaktadır. İHA tabanlı teslimatta, mağazalara yaklaşık 10 km mesafede bulunan alıcılara yumurta dahil düşük ağırlıklı her türlü market ürününün teslimatı yapılabilmektedir (Rajashekhar, 2023). Ayrıca, Walmart satış ürünlerinin %85'inin hacim ve ağırlık açısından İHA ile teslimata uygun olduğunu belirtmiştir. Bu da yaklaşık 20.000 adet market ürününün İHA tabanlı teslimata elverişli olduğunu göstermektedir (Walmart, 2023).

### **5.2.3. Sağlık ürünleri teslimatı**

İrlanda Dublin'de bir sağlık firması, Alphabet Wing teslimat İHA'ları ile hastanelere medikal ürün gönderimi yapmaktadır (Wing, 2024a).

Bazı Afrika ülkelerinde tıbbi ürünler, depolanması ve korunması yüksek maliyet yarattığı gerekçesiyle merkezi tesislerde tutulmaktadır. Bu nedenle her bölgede tıbbi ürünlere direkt erişim imkânı bulunmamaktadır. Ruanda ve Tanzanya gibi bazı Afrika ülkeleri, kırsal alanlara tıbbi ürün teslimatında sıklıkla İHA kullanmaktadır. Ayrıca karayolu ile ulaşımın zor ve zaman alıcı olduğu bazı bölgelere ilaçların teslimatı İHA ile yapılmaktadır. Öte yandan Gana, bazı hastanelere acil sağlık ürünlerini Zipline şirketinin teslimat İHA'ları yardımıyla ulaştırmaktadır (Benarbia & Kyamakya, 2021).

## **5.3. İHA İşleticilerinin Projeleri**

### **5.3.1. Alphabet Wing**

Alphabet Wing, başta ABD olmak üzere İrlanda, İngiltere ve Avustralya'da İHA tabanlı teslimat hizmetleri sunan bir İHA işletmecisidir (Wing, 2024b). Wing; yemek, tıbbi ilaç ve çeşitli paketlerin teslimatı gibi geniş bir ürün yelpazesinde hizmet vermektedir. 2023 yılı itibariyle, 350.000 adet teslimat gerçekleştiren Wing, belirli bir

bölgede bir günde yaklaşık 1.000 adet teslimat gerçekleştirme kapasitesine sahip bir operatör olarak dikkat çekmektedir (Wing, 2023).

### **5.3.2. Amazon Prime Air**

Amazon, 2013 yılında teslimat İHA'larını test edeceği "Amazon Prime Air" projesini tanıtmıştır. Bu proje ile paketlerin, müşterilerin kapılarına 30 dakika veya daha kısa sürede bırakılması hedeflenmiştir. Ancak, proje duyurulduğu tarihten bu yana büyük bir ilerleme kaydedilememiştir. Amazon, İHA teslimatlarının potansiyelini göstermek için 16 km'ye kadar olan mesafelerde birçok test gerçekleştirmiş ve bu konuda bir İHA teslimat sistemi için patent almıştır (Palmer, 2020).

2019 yılında düşük nüfuslu kırsal bölgelere teslimat için FAA'ye başvuruda bulunarak 400 fit (120 metre) yüksekliği aşmayacak şekilde seyrek nüfuslu alanlarda İHA kullanım yetkisi almıştır. Amazon, MK27 adı verilen çok rotorlu/pervaneli VTOL İHA modeli kullanmaktadır. Bu modelle, 2.2 kg ağırlığa kadar paketler taşınabilmektedir.

### **5.3.3. FedEx Chaparral**

FedEx Express, kargoların orta düzeyli mesafeler arasında uçtan uca taşınması için Elroy Air şirketinin ürettiği Chaparral modeli İHA'yı kullanmaktadır. FedEx, aralarında 480 km'ye kadar mesafe bulunan tasnif merkezleri arasındaki bazı lojistik operasyonlarını İHA kullanarak gerçekleştirmektedir. Chaparral modeli, boyutu ve yük taşıma kapasitesi açısından teslimat İHA'larından farklılık göstermektedir. Bu modelin ağırlığı yaklaşık 860 kg'dır. Yaklaşık 220 kg yük taşıma kapasitesine sahiptir. Hibrit elektrikli bir model olan Chaparral, gaz tribünlü motoru ve jeneratörü sayesinde hem uzun menzilli uçuşlar gerçekleştirmekte hem de dikey iniş kalkış (VTOL) özelliğini barındırmaktadır. FedEx, bu modelin kırsal bölgelere kargo teslimatında kullanılması için çalışıldığını belirtmektedir (FedEx, 2022).

#### 5.3.4. Zipline Zips

Zipline, ilk faaliyetlerini Afrika kıtasında ilaç teslimatlarıyla gerçekleştiren bir İHA teslimat şirketidir. Afrika'da yeterli ulaşım ve altyapı imkanının olmadığı bölgelere ilaç ve aşı gibi tıbbi malzemelerin İHA tabanlı taşınmasını sağlamaktadır. Son yıllardaki en yenilikçi İHA teslimat şirketlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Rogers, 2024).

Zipline, ABD'de çeşitli pazarlarda faaliyet göstermektedir. Yemek teslimatı ve kurye hizmetleri şirketin faaliyet gösterdiği alanlardır. Zipline, anlaşmalı olduğu restoranların paket servislerinin yanı sıra Walmart ve GNC<sup>3</sup> gibi perakendecilerin ürünlerini de İHA tabanlı olarak müşterilere teslim etmektedir. Şirket İHA'ları, ürünleri havadan paraşütle veya sarkıtma yöntemiyle müşterilerin bahçelerine bırakmaktadır (Stonor, 2023b)

#### 5.4. Uluslararası Düzenleme ve Gelişmeler

##### 5.4.1. Amerika Birleşik Devletleri

Aşağıda, Amerika Birleşik Devlet'lerinde İHA'lara ilişkin geçerli düzenlemelerin kısa bir açıklaması yer almaktadır (FAA, 2024c):

**Küçük İHA Kuralı (14 CFR Bölüm 107):** Bu düzenleme, birçok İHA operasyonuna izin vermektedir. Paket teslimat operasyonları belirli koşullar altında bu düzenleme çerçevesinde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, bu bölüm tehlikeli malların taşınmasını kesinlikle yasaklamaktadır.

**14 CFR Bölüm 135:** İHA'nın görsel görüş hattının ötesinde (BVLOS) tazminat karşılığında başkasının malını taşımada düzenleyici yol olarak öne çıkmaktadır. Bu bölüm, tehlikeli maddeler için bir eğitim programı ve kılavuzunun geliştirilmesini gerektiren Hava Taşıyıcısı ve Operatör Sertifikasyon Süreci'ni içermektedir.

---

<sup>3</sup> Walmart, ABD'de perakende satış yapan bir mağaza zinciridir. GNC, ABD'de sporcu besin ürünleri satan bir mağazadır.

**14 CFR Bölüm 137:** Bu düzenleme, uçuş sırasında tehlikeli maddelerin dağıtıldığı tarımsal faaliyetler veya diğer özel uçak operasyonları için geçerlidir. Bu yönetmelik kapsamında faaliyet göstermek için yetki almış olmak ve sertifika almak gerekmektedir.

FAA, BVLOS operasyonlarını daha yaygın, ekonomik hale getirmek ve uygulanabilir kılmak için çeşitli çalışmalar yürütmektedir. FAA, İHA'lar için ayrı bir hava sahası oluşturmak yerine mevcut ulusal hava sahasına entegrasyonu hedeflemektedir. Özellikle, paket teslimatı uygulamalarında yetkilendirilmiş ticari BVLOS faaliyetlerinin sayısında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. FAA; UPS ve Zipline gibi önde gelen İHA işleticilerine BVLOS operasyonlar için verilen izinlerin sayısını da arttırmaktadır (FAA, 2023a)(FAA, 2023b).

#### **5.4.2. Avrupa Birliği**

Avrupa Komisyonu (AK), ticari İHA faaliyetlerini teşvik etmek amacıyla 2014 yılından bu yana bütüncül bir AB İHA politikası için zemin hazırlamaktadır. 2019/947 sayılı Komisyon Uygulama Yönetmeliği ve 2019/945 sayılı Komisyon Delegasyonu Yönetmeliği, insansız hava araçlarının işletilmesi için ayrıntılı kurallar ve prosedürler içermekte ve insansız hava aracı sistemlerinin tasarımı ve üretimi için gereklilikleri belirlemektedir. AK, İHA teknolojisine yönelik toplumsal kabulün sağlanmasını amaçlamaktadır. Buna yönelik toplumun gürültü, güvenlik ve gizlilikle ilgili endişelerini azaltmaya önem vermektedir (Jahnz & Wartberger, 2022).

Avrupa Komisyonu, son olarak Avrupa'daki İHA pazarının büyümesi ve gelişmesi için bir yol haritası belirleyen Avrupa Dron Stratejisi 2.0'ı kabul etmiştir. Kasım 2022'de kabul edilen bu strateji, AB'nin ticari İHA'ların işletilmesi ve teknik özelliklerinin belirlenmesine yönelik düzenleyici çerçevenin ana hatları belirlemektedir. Stratejiyle birlikte yeşil ve dijital teknoloji olarak görülen İHA teknolojisinin, hava sahasına ve ulaşım sektörüne entegrasyonunu sağlamak amaçlanmaktadır (Jahnz & Wartberger, 2022).

Öte yandan, büyük ölçekli ticari İHA operasyonlarına yönelik önemli bir gelişme olan (2021/664 sayılı) U-Space Yönetmeliği, 2023 yılında yürürlüğe girmiştir. U-Space, AB üye devletlerinin alçak hava sahası bölgelerini belirlemesini sağlayan düzenlemeleri kapsamaktadır. Avrupa'nın U-Space konsepti, 2021 yılında üç önemli yönetmelikle belirlenmiştir:

- **2021/664 sayılı Yönetmelik:** U- Space için düzenleyici çerçeve belirlenmiştir.
- **2021/665 sayılı Yönetmelik:** U- Space hava sahasındaki hava trafik kontrol sağlayıcıları için gereklilikler belirlenmiştir.
- **2021/666 sayılı Yönetmelik:** U- Space hava sahasında faaliyet gösteren insanlı havacılık için gereklilikler belirlenmiştir.

İHA'lar ve üçüncü ülke operatörleriyle ilgili düzenlemeler, 2019/945 sayılı Yönetmelik ile belirlenmiştir. Bu yönetmelik, İHA'ların tasarımı ve üretimi için gerekli standartları tanımlamaktadır. 27 Nisan 2020 tarihinde yürürlüğe giren 2020/1058 sayılı Yönetmelik ile bazı güncellemeler yapılmıştır. Ayrıca, 2019/947 sayılı Yönetmelik, insansız hava araçlarının işletimi için kurallar ve prosedürler belirlemektedir. Uzaktan pilotlar ve ilgili kuruluşlar dahil olmak üzere personel için ayrıntılı hükümler sunmaktadır. Görsel görüş hattı içinde veya dışında gerçekleştirilen operasyonlara ilişkin standart senaryolar ise 2020/639 sayılı Yönetmelik ile düzenlenmektedir (Skybrary, 2024c).

#### **5.4.2.1. Avrupa Havacılık Güvenliği Ajansı (EASA)**

EASA, İHA operasyonlarını, operasyonel riskler ve işletim türlerine göre üç ana sınıfa ayırarak düzenlemektedir. Bu sınıflar; açık, özel ve sertifikalı olarak belirlenmektedir (EASA, 2015).

- **Açık Kategori:** Bu kategori, uçuş için herhangi bir havacılık otoritesinden yetki gerektirmeden, belirli coğrafi kısıtlamalar çerçevesinde kullanıma açıktır.

Operatör ve pilot için lisans şartı aranmamaktadır. Ancak, bu kategori altında uçuş gerçekleştirirken uyulması gereken bazı kurallar aşağıdaki gibidir:

- Uçuş, doğrudan görüş hattı altında (VLOS) ve 500 metre mesafede olmalıdır.
  - Yerden veya sudan 150 metreyi geçmeyen bir yükseklikte gerçekleştirilmelidir.
  - Belirli ayrılmış alanların (havaalanı, kalabalık alanlar, güvenlik bölgeleri) dışında uçuş yapılmalıdır.
- **Özel Kategori:** Bu kategori, operasyona yönelik özel sınırlamalara sahip olup, havacılık otoritesi tarafından verilecek bir operasyon yetkisi gerektirmektedir. Operasyonunun gerçekleştirilmesi için öncelikle yetkili makamdan izin alınmasını gerekmektedir. Ayrıca, operasyonel risk değerlendirmesinde belirlenen hafifletme önlemlerinin de dikkate alınması gerekmektedir.
  - **Sertifikalı Kategori:** Bu sınıfta, içerdiği riskler göz önünde bulundurularak, uygun bir güvenlik seviyesinin sağlanabilmesi için yetkili makam tarafından onaylanmış bir operatör, lisanslı bir pilot ve İHA'nın sertifikalandırılmasını gerektiren bir İHA operasyon kategorisidir. Algı ve kaçın sistemine uygunluk gerektirmektedir.

#### 5.4.3. Avustralya

Avustralya'nın sivil havacılık kurumu Civil Aviation Safety Authority (CASA), İHA'ların güvenli ve etkin kullanımı amacıyla kapsamlı düzenlemeler oluşturmuştur. Ticari İHA operasyonları gerçekleştirmek isteyen İHA işleticilerinin, CASA'dan sertifika (ReOC) alması gerekmektedir. Ayrıca, ticari İHA pilotlarının da lisans (RePL) alması istenmektedir. Avustralya'da ReOC sertifikalı iki adet İHA işletmecisi bulunmaktadır. Bu işletmeler Wing Aviation LLC (Wing) ve Swoop Aero'dur. Lisans kapsamında Wing, kalkış noktasında azami 10 km mesafeye kadar yemek, ilaç ve kurye teslimatları

gerçekleştirebilmekteyken Swoop Aero, azami 60 km mesafedeki alıcılara tıbbi malzeme taşıyabilmektedir. Her iki lisans, yalnızca belirlenen bölgelerde gündüz saatlerinde kullanıma izin vermekte ve uçuşu yasak bölgelerde ilave kısıtlamalar içermektedir (CASA, 2024).

Avustralya'nın Altyapı, Ulaşım, Bölgesel Kalkınma, İletişim ve Sanat Bakanlığı (DITRDCA), İHA ve e-VTOL gibi yeni teknolojilerin ulusal hava sahasına entegre edilmesi için altyapı planlama yönergesi geliştirmiştir. Yönergeyle, küçük İHA'ların (25 kg'dan hafif) kısa mesafeli teslimat hizmetlerinde gereken kalkış ve iniş platformları ile şarj istasyonları gibi altyapıların, arazi kullanımı ve planlaması hakkında bir çerçeve oluşturulmaktadır. Çalışmaya ağır yüklerin orta ve uzun mesafede taşındığı İHA operasyonları dahil edilmemiştir. Bununla birlikte bu operasyonlarla ilgili altyapı planlama ve kılavuz çalışmaları hazırlanma aşamasındadır (DITRDCA, 2024).

Diğer taraftan CASA, uzaktan kumandalı gelişmiş İHA modelleri (RPAS) ve gelişmiş hava hareketliliğine yönelik yol haritasını 2022 yılında yayınlamıştır. 2022-2031 yıllarını kapsayan yol haritası; kısa vadeli, orta vadeli ve uzun vadeli olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerde İHA sistemleri için hava sahası kullanımı, altyapı, güvenlik ve gizlilik konularında ana hatlarıyla geleceğe yönelik bir kılavuz sunulmaktadır. Yol haritasının ilk aşamasında belirtilen hususlardan bazıları aşağıda sıralanmaktadır (CASA, 2022):

- İHA'ların (RPAS) sertifikasyonu ve güvencesi için uluslararası standart, çerçeve ve yöntemlerin incelenmesi
- İHA'ların gelişmiş hava sahasına entegrasyonunu destekleyen yöntemlerin geliştirilmesi
- Düşük riskli İHA operasyonları ve acil durum hizmetleri için daha fazla standart senaryo ve SORA kılavuzu yayınlanması
- İHA'ların gelişmiş hava sahasında operasyonlarında gerekli veriport ve diğer altyapılar için kılavuz ve düzenlemeler geliştirilmesi

#### 5.4.4. Birleşik Arap Emirlikleri

Birleşik Arap Emirlikleri'nin (BAE) başkenti Abu Dabi'de 2022 yılından beri sağlık hizmetlerinde İHA teslimat denemeleri yapılmaktadır. Denemeler kapsamında ilaç, kan üniteleri ve aşılar başta olmak üzere çeşitli tıbbi ürünler, sağlık tesislerindeki laboratuvar, eczane, kan bankaları arasında toplamda 40 adet istasyondan İHA'lar tarafından taşınmaktadır. BAE Sağlık Bakanlığı, İHA teslimat uygulamasını; acil durumlardaki hız avantajları, sağlık tesislerindeki doluluğun azaltılması, karayolu trafiğinin hafifletilmesi ve karbon emisyon seviyelerinin düşürülmesi gibi bir dizi faydalarından dolayı tercih ettiklerini açıklamıştır. Teslimatlar, BAE'de BVLOS ticari teslimat lisansına sahip ilk İHA işletmecisi olan SkyGo tarafından Matternet şirketi ile iş birliğinde gerçekleştirilmektedir (Cullen, 2021).

BAE'de posta hizmetlerinin düzenleyici kurumu olan Emirates Post Group (EPG), İHA destekli teslimat hizmetleri için kapsamlı bir pilot program başlatmak üzere SkyGo ile anlaşma imzalamıştır. Anlaşma kapsamında, ülkenin ana posta hizmet sağlayıcısı Emirates Post, posta ağı içindeki kargoları (özellikle küçük paketleri) teslim etmek için İHA tabanlı operasyonlardan faydalanacaktır. Bu programın bir parçası olarak SkyGo tarafından bir İHA teslimat ağının kurulması planlanmaktadır (EmiratesPost, 2023).

BAE'de genel sivil havacılık alanında yetkili kurum, General Civil Aviation Authority (GCAA)'dır. BAE hava sahasında ticari İHA operasyonları için öncelikle GCAA sistemine kayıt, İHA işletmecisinin yetkilendirilmesi ve özel alanlar için özel uçuş izni başvurusunda bulunulması istenmektedir (GCAA, 2024).

Öte yandan, BAE'nin en büyük ikinci emirliği olan Dubai Emirliği'nde sivil havacılık kurumu olan DCAA (Dubai Civil Aviation Authority), Dubai'de İHA faaliyetlerine ilişkin düzenlemelerin tanımlandığı DCAR-UAS Yönetmeliğini 2023 yılında yayınlamıştır. Dubai Emirliği, DCAR-UAS yönetmeliğiyle İHA faaliyetlerini çeşitli kategorilere ayırarak tüm İHA operasyonlarının belirlenen kategoriye uygun düzenlemelere uyulması gerektiğini belirtmektedir. DCAR-UAS Yönetmeliği, 9 farklı bölüme ayrılarak her

bölümde İHA faaliyetleri için geçerli kural ve düzenlemelere yer verilmektedir. Bu kapsamda Yönetmeliğin ilgili bölümleri aşağıda sıralanmaktadır (Johnson, 2024).

- Bölüm A: İHA Operasyonları için Hava Sahası Politikaları
- Bölüm B: İHA İthalatı, İhracatı ve Ticareti
- Bölüm C: İHA Tasarımı, Üretimi, Montajı, Modifikasyonu ve Bakımı
- Bölüm D: İHA Radyo Frekansı Kullanımı
- Bölüm E: İHA Operasyon Kategorileri
- Bölüm F: İHA Operatörlerinin Sorumlulukları
- Bölüm G: Rekreatif İHA Faaliyetleri
- Bölüm H: İHA Operasyonları için Trafik Yönetimi
- Bölüm I: İHA için Havaalanları

#### **5.4.5. Çin Halk Cumhuriyeti**

2019 yılında Çin Sivil Havacılık İdaresi (CAAC), Çin'in ilk İHA teslimat lisansını, uçuş testleri ve risk değerlendirmelerinden başarıyla geçen Antwork Technology firmasına vermiştir. Antwork Technology, lisans kapsamında belirlenen rotaları %90 oranında kentsel nehirlerin üzerinden geçirmekte olup acil durum veya şiddetli hava koşullarında yavaşlama ve rota değiştirme yeteneğine sahip İHA'ları kullanmaktadır. (ROC, 2019)

Almanya'nın DHL Express ve Çin'in EHang şirketleri iş birliğiyle Çin'de ilk akıllı İHA tabanlı teslimat sistemi hayata geçirilmiştir. Bu iş birliğiyle kargo taşımacılığı ve teslimatı için DHL depolarına yaklaşık 8 km uzaklığa kadar olan teslimat dolaplarına İHA ile tamamen otonom bir şekilde sevkiyat yapılabilmektedir. EHang şirketinin Falcon isimli İHA'sı, özel olarak tasarlanmış akıllı dolaplara dikey iniş yaparak 5 kg ağırlığa kadar olan kargoları teslim edebilmektedir. Bu yöntemle, tek yönlü teslimat süresini yaklaşık 40 dakikadan 8 dakikaya indirmek ve teslimat maliyetini %80

oranında azaltmak mümkündür. Şekilde verilen görselde akıllı teslimat dolabına kargo bırakan İHA gösterilmektedir (DHL, 2019).

Şekil 5.4 Akıllı Dolap Üzerine Kargo Teslimatı



Kaynak: DHL, 2019

#### 5.4.6. Kanada

Kanada Ulaştırma Bakanlığı olan Transport Canada, İHA'ların ağırlığının 250 g ile 25 kg arasında olması ve görsel görüş hattı içinde uçuşu durumunda, operatörlerin Özel Uçuş Operasyonları Sertifikası (SFOC) almasına ihtiyaç duymayacaklarını önermektedir. Ancak, önerilen düzenlemeler kapsamında yer almayan herhangi bir operasyon için SFOC başvurusunda bulunulması gerekmektedir. Transport Canada, üç farklı İHA kategorisi için düzenlemeler belirlemektedir (TC, 2023).

- **Çok Küçük İHA (250 g'dan 1 kg'a kadar):** Pilotların 14 yaşında olması gerekmektedir. Aşağıdaki şartların yerine getirilmesi zorunludur:
  - İHA'ların adları ve iletişim bilgileriyle işaretlenmesi

- Temel bir bilgi testinin geçilmesi
  - Sorumluluk sigortasına sahip olunması
  - Havaalanlarından en az 5.5 km, helikopter pistlerinden 1.85 km, insanlardan ise 30 m uzakta uçulması gerekmektedir.
- **Sınırlı Operasyonlar (Kırsal) (1 kg'dan 25 kg'a kadar):** Pilotların en az 16 yaşında olması gerekmektedir. Diğer şartlar aşağıda sıralanmaktadır:
    - Cihazların adları ve iletişim bilgileriyle işaretlenmesi
    - Temel bir bilgi testinin geçilmesi
    - Sorumluluk sigortasına sahip olunması
    - Havaalanlarından en az 5.5 km, helikopter pistlerinden 1.85 km, açık hava insan topluluklarından (örneğin açık hava konserleri) 150 m, insanlardan, araçlardan, gemilerden 75 m ve yerleşim alanlarından 1 km uzakta uçulması gerekmektedir.
- **Karmaşık Operasyonlar (Kentsel) (1 kg'dan 25 kg'a kadar):** Kentsel alanlarda, kontrollü hava sahasında veya uçakların ve helikopterlerin iniş ve kalkış yaptığı yerlerin yakınında uçmayı planlayan kullanıcılar için pilotun en az 16 yaşında olması gerekmektedir. Ayrıca, aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir:
    - Küçük İHA'lara özgü bir pilot iznine sahip olunması
    - Sorumluluk sigortasına sahip olunması
    - Cihazların Transport Canada tarafından sağlanan benzersiz bir kimlik ile kaydedilip işaretlenmesi
    - Bir tasarım standardını karşılayan bir İHA kullanılması
    - Uçuş kurallarına uyulması

- Kontrollü hava sahasında veya havaalanlarının yakınında uçarken hava trafik kontrolünden onay alınması
- İnsanlardan, araçlardan, gemilerden en az 90 m yükseklikte ve 30 m uzakta uçulması, insanların açık hava meclislerinden (örneğin açık hava konserleri) 150 m uzakta olunması gerekmektedir.

#### 5.4.7. İngiltere

Ofcom (Office of Communications), İngiltere’de posta hizmetlerinden sorumlu kurum olarak İHA’ların posta ve paket teslimatında kullanımını yaygınlaştırmak için teknolojik yenilikleri takip etmekte ve yasal düzenlemeleri güncelleştirmektedir. Ofcom, teslimat İHA’larının görsel görüş hattı ötesindeki (BVLOS) uzun mesafeli iletişimi için yeni bir spektrum düzenlemesi gerçekleştirmiştir. Ticari İHA işleticileri yeni frekans izinleri için 2023 yılının başlarından itibaren başvuru yapabilmektedir. Lisans başvurularında, işletmecilerin İHA’ları hücresele ağlar veya uydu haberleşme ağlarına entegre etmek istemeleri durumunda mobil veya uydu iletişim hizmet sağlayıcılarıyla anlaşma yapılması ve anlaşmanın ibraz edilmesi istenmektedir. Yeni lisans düzenlemesi kapsamında, İHA’ların güvenli uçuş gerçekleştirmesi için hava seyrüsefer ve haberleşme cihazlarına ayrılan frekans bantları da belirlenmiştir (Ofcom, 2023a).

Ofcom ve İngiltere Sivil Havacılık Otoritesi’nin (CAA) birlikte yaptığı çalışma sonucunda lisansın doğrudan İHA işleticisine verilmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda telsiz lisansı, İHA veya İHA ekipmanlarına değil bir tüzel kişilik olan İHA işleticisine/üreticisine verilerek işleticinin yetkilendirilmesi yapılmaktadır. İHA işleticisi, telsiz ruhsatı kapsamında lisans hakkı alınan frekansları tüm ticari İHA’larında kullanma hakkına sahip olmaktadır. Lisans, tek sefere mahsus alınmaktadır ve her sene belli bir ücret karşılığında yenilenmektedir. Yetkilendirmenin kapsamı, İngiltere hava sahasında kullanılan bütün İHA’ları içermektedir (Ofcom, 2023a).

Yeni spektrum planlamasıyla İHA’ların mobil hücresele ağlara entegrasyonunu mümkün kılmak amaçlanmaktadır. Buna göre, mobil işletmecilerin kararına bağlı

olarak, İHA'ların hücresele ağlara bağlanabilmesi için işletmecilerin şebekelerinin kullanımına izin vermesi gerekmektedir. İHA işletmecilerinin, mobil bantlarda lisans alabilmesi için öncelikle mobil işletmecilerle anlaşma sağlanması ve anlaşma belgesinin başvuruda belirtilmesi istenmektedir. Bu kapsamda yeni spektrum planlamasında İHA modemlerine ayrılan mobil ağlar aşağıda belirtilmektedir (Ofcom, 2023a).

- 700 MHz bandı: 703-733 MHz & 758-788 MHz aralığı
- 800 MHz bandı: 791-821 MHz & 832-862 MHz aralığı
- 900 MHz bandı: 880-915 MHz & 925 ile 960 MHz aralığı
- 1800 MHz bandı: 1710-1781.7 MHz & 1805-1876.7 MHz aralığı
- 2100 MHz bandı: 1920-1980 MHz & 2110-2170 MHz aralığı
- 2.3 GHz bandı: 2350- 2390 MHz aralığı
- 3.4-3.8 GHz: 3410-3800 MHz aralığı

Diğer taraftan, İHA'ların mevcut hava trafik kontrol (Air Traffic Control- ATC) sistemlerine entegrasyonu için spektrum planlaması çerçevesinde hava seyrüsefer ve radyo navigasyon cihazları, hava trafik kontrolü ve telsiz haberleşme cihazlarında kullanılmak üzere aşağıda belirtilen bantlar ayrılmıştır.

- VHF Navigasyon 108-117.575 MHz
- VHF iletişim Sistemleri 117.975-397 MHz
- ILS (Aletli İniş Sistemi) 328.6-335.4 MHz
- DME (Mesafe Ölçüm Cihazı) 1165-1215 MHz
- Uydu haberleşme 14-14.25 GHz

Ofcom, ticari İHA operasyonlarında radyo spektrumunun kullanımına ilişkin standartları belirlerken aynı zamanda İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanımıyla ilgili teknolojik yenilikleri ve gelişmeleri de takip etmektedir. Covid-19 salgını sırasında Ofcom, iki hastane arasında tıbbi malzemelerin İHA vasıtasıyla taşınmasına teknik destek sağlamıştır (Ofcom, 2023b). Ayrıca, Birleşik Krallık'ın ana posta hizmet sağlayıcısı olan Royal Mail, uzak kırsal alanlara ve adalara BVLOS teslimat denemeleri için 2020

yılından beri çeşitli İHA işleticileriyle iş birliği yapmaktadır. Royal Mail, coğrafi olarak ulaşımı zor ve uzak bölgelere teslimatlar için İHA kullanmanın maliyet etkinliği, hız ve düşük karbon emisyonu gibi faydalarını vurgulamaktadır (Royal Mail, 2024).

#### 5.4.8. Türkiye Cumhuriyeti

Türkiye'deki İHA faaliyetleri, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından belirlenen çeşitli düzenlemelerle yönlendirilmektedir. İHA'ların hava sahasında güvenli kullanılması için SHGM, İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) adı altında kapsamlı bir dizi kural ve standart oluşturmuştur. Bu talimat, İHA'ların hem ticari hem de hobi amaçlı kullanımına dair operasyonel esasları içermektedir. SHT-İHA talimatında belirtilen bazı önemli hususlar aşağıda sunulmaktadır. (SHGM, 2020)

- **İHA Kategorileri:** Azami kalkış ağırlığına göre dört adet İHA sınıfı belirlenmiştir:
  - İHA0: 500 gr ile 4 kg arası
  - İHA1: 4 kg ile 25 kg arası
  - İHA2: 25 kg ile 150 kg arası
  - İHA3: 150 kg ve üzeri
- **Kayıt ve Tescil:** İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'ların SHGM kayıt sistemine kaydedilmesi gerekirken, İHA2 ve İHA3 sınıfı İHA'ların yalnızca tescil işlemi yapılmaktadır. Ayrıca ülkemizde üretimi yapılan bütün İHA'lar ile ithalatçı firma tarafından satılan her bir İHA (satın alan kişinin bilgileriyle) kayıt sistemine kaydetmek gerekmektedir. Tescili yapılan İHA2 ve İHA3 sınıfı İHA'lara verilen tescil işareti ile kimlik plakası hem İHA üzerine hem de yer kontrol istasyonuna sabitlenmelidir.
- **Zorunlu Teçhizat:** Ticari amaçlarla kullanılmak istenen İHA0 sınıfına dâhil olan İHA'lar, en az İHA1 sınıfına ait teknik özellikler, ekipmanlar ve sistem

bileşenlerine sahip olmalıdır. Ancak, ticari faaliyette kullanılmayan İHA0 sınıfı İHA'ların belirli bir teçhizat zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu kapsamda İHA1, İHA2 ve İHA3 sınıfları için belirlenen zorunlu teçhizatlar aşağıda sıralanmaktadır:

- İHA1 sınıfı için zorunlu donanımlar:
  - Komuta ve kontrol veri bağı'nın kesilmesi durumunda acil durum iniş veya uçuş sonlandırma kabiliyeti
  - Batarya gücü veya yakıt seviyesinin devamlı izlenebilmesi
  - Çakar lamba
  - İHA'da veya yer kontrol istasyonunda otomatik uçuş kayıt sistemi
- İHA2 sınıfı için zorunlu donanımlar, İHA1 sınıfı için gereken donanımlara ek olarak şu şekildedir:
  - Çakar lamba yerine aydınlatma lambası
  - Yedekli seyrüsefer sistemi veya yedekli uçuş kontrol sistemi veya bilgisayar
  - Yedekli komuta ve kontrol veri bağı
  - Hava trafik ünitesi ile gerektiğinde haberleşmeyi sağlayacak uygun haberleşme sistemleri
- İHA3 sınıfı için gereken teçhizat, İHA2 sınıfı için gereken donanımlara ilave olarak aşağıda sıralanmaktadır:
  - Mode-S transponder
  - TCAS veya ADS-B benzeri algıla ve sakın sistemi
- **Sigorta ve Sorumluluk:** Tüm İHA ve sistemlerinin işleticileri veya sahipleri, üçüncü şahıslara verecekleri zararlardan sorumludur. 25 kg'dan ağır İHA'lar

ile ağırlığına bakılmaksızın ticari faaliyet gerçekleştiren İHA'lar için, 15/11/2005 tarihli ve 25994 sayılı Türk Hava Sahasında Uçuş Yapan Türk ve Yabancı Sivil Hava Araçlarının Yaptırması Gereken Üçüncü Şahıs Mali Mesuliyet Sigortası Yönetmeliği uyarınca sigorta yaptırılması zorunludur. Sigorta belgeleri, tescil ve uçuşa elverişlilik başvuruları sırasında SHGM'ne sunulmalıdır.

- **Uçuşa Elverişlilik ve Uçuş İzin Belgesi:** İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'lar için Uçuşa Elverişlilik Sertifikası ile Özel Uçuş İzin Belgesi düzenlenmemektedir. Ancak, bu İHA'ların ticari amaçla kullanılmak istenmesi durumunda, talimatta belirlenen belgelerin sağlanması halinde Özel Uçuş İzin Belgesi düzenlenebilmektedir. Öte yandan, İHA2 sınıfı için Özel Uçuş İzin Belgesi verilmektedir. İHA3 sınıfı İHA'lar için ise belirli belge ve doküman şartlarını karşıladığında Uçuşa Elverişlilik Sertifikası alınabilmektedir. Bu sertifika her 3 yılda bir yenilenmektedir.
- **İHA Pilot Lisansları:**
  - İHA0 ve İHA1 sınıfında uçuş yapacak kişiler için SHGM tarafından herhangi bir lisans düzenlenmemektedir. Ancak, bu kişiler oluşturulan internet tabanlı Kayıt Sistemi'ne kayıt olmak zorundadır.
  - İHA0 sınıfı pilotların en az 12 yaşında, İHA1 sınıfı pilotların ise en az 15 yaşında olması gerekmektedir.
  - İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçlarını ticari amaçla kullanacak pilotlar, onaylı eğitim organizasyonları tarafından verilen eğitimleri almak zorundadır.
  - İHA2 sınıfındaki İHA'yı kullanmak isteyen İHA2 sınıfı pilotlar için SHGM tarafından 3 yıl süreli İHA2 Pilot Lisansı düzenlenmektedir. Bu lisansın alınabilmesi için aşağıda belirtilen yeterlilikler sağlanmalıdır:
    - En az 18 yaşında olmak

- Talimatta detayları belirtilen çeşitli kurs ve eğitimleri başarıyla tamamlamış olmak
  - İHA3 sınıfındaki İHA'yı kullanacak İHA3 sınıfı pilotlar için SHGM tarafından 3 yıl süreli İHA3 Pilot Lisansı düzenlenmektedir. Bu lisans için de aşağıdaki şartlar gereklidir:
    - En az 18 yaşında olmak
    - Talimatta belirlenen çeşitli kurs ve eğitimleri başarıyla tamamlamış olmak
- **Hafif İHA İşletici Sertifikası:** Tüzel kişiler, en az 20 adet İHA0 veya en az 5 adet İHA1 veya en az 2 adet İHA2 veya en az 1 adet İHA3 sınıfı İHA'ya sahip olmaları durumunda, "Hafif İHA İşleticisi" sertifikası almak için SHGM'ye başvurabilmektedir. Hafif İHA işleticisi şartlarını yerine getiren işleticilere, bu sertifika süresiz olarak verilmektedir. Sertifikanın geçerliliği, bu talimat ve ilgili mevzuat çerçevesinde belirlenen gereklilikler karşılandığı sürece devam etmektedir. Aşağıda bu gerekliliklerin bazıları açıklanmıştır:
  - **Uyumluluk İzleme ve Emniyet Yönetim Sistemi:** İşletici, uyumluluk izleme ve emniyet yönetim sistemini kurmalı ve sürdürülebilir bir organizasyon yapısıyla bu sistemi faaliyetleri boyunca aktif olarak devam ettirmelidir.
  - **Sorumlu Müdür ve Yönetici Ataması:** Bir sorumlu müdür atanmalı ve sorumlu müdüre doğrudan bağlı olarak, işletilen İHA sınıflarından en az birinde geçerli ticari pilot lisansına sahip operasyon yöneticisi ile tüm organizasyonun sağlıklı bir yapıda olmasını ve sürekliliğini denetleme görevini üstlenebilecek kapasitede uyumluluk izleme ve emniyet sistemi yöneticisi görevlendirilmelidir.

- **Operasyon ve İzleme Merkezi Oluşturma:** İHA operasyonlarını etkin bir şekilde yönetmek için bir operasyon ve izleme merkezi kurulmalıdır.
- **Raporlama Sistemi:** Hava Trafik Hizmetleri ile Bağlantılı Emniyet Olaylarının Rapor Edilmesi ve Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik (SHY-65.2) çerçevesinde, operasyonel faaliyetlerde yaşanan olumsuzluklarla ilgili raporlama sistemi kurulmalı ve raporlar eksiksiz bir şekilde sunulmalıdır.
- **Diğer Gereklilikler:** Ayrıca, SHGM tarafından yayımlanan diğer talimatlar çerçevesinde belirlenen ve SHT-İHA Talimatı 13. Maddesi altıncı fıkrasında belirtilen diğer şartlar yerine getirmelidir.
- **Özel İzne Tabi Bölge:** Özel izne tabi (kırmızı) bölge olarak belirlenen ve aşağıda belirtilen sahalarda, SHGM'den izin alınmadan ve risk analizi yapılmadan uçuş gerçekleştirilmesi yasaktır:
  - İrtifaya bağlı olmaksızın havalimanlarında, en yakın pistin kenarından 9 km mesafeden daha yakın alanlar
  - İrtifaya bağlı olmaksızın seyrüsefer yardımcı cihazları, heliport, heliped, hava parkı merkezlerinin ve SHGM'nin resmi internet sitesinde yayınlanmış olan denize/iniş kalkış alanlarına 9 km yarıçaplı alanlar
  - 400 fit (120 metre) üzerinde gerçekleştirilecek uçuşlar
  - Türkiye AIP'si ENR 5.1 bölümünde yer alan "Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar"
  - Askeri binalar ve tesisler, cezaevi, akaryakıt depoları ve istasyonları, silah/fişek fabrika ve depoları gibi kritik yapı, tesis ve varlıkların çevresi
  - NOTAM ile ilan edilen alanlar

- **Uçuş İzinleri:** İHA2 ve İHA3 sınıfı İHA'ların serbest, izne tabi ve özel izne tabi olmak üzere bütün sahalarda gerçekleştirileceği uçuşlar için, gerekli koordinasyonun sağlanabilmesi amacıyla, en az 10 iş günü öncesinden SHGM'ye İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılması gerekmektedir. Diğer taraftan, İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'ların ticari faaliyetler dışında gerçekleştirilen uçuşlarında, serbest (yeşil) bölgelerdeki uçuş izni, SHGM tarafından kayıt sistemi aracılığıyla otomatik olarak verilmektedir. Bu sınıflar için, mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanan yer ve zamanlarda uçuş yapılması yasaktır. Ayrıca İHA0 ve İHA1 sınıfı için aşağıdaki düzenlemeler geçerlidir:
  - Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde gerçekleştirilecek her türlü uçuş için 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte SHGM'nin resmi internet sayfasında yer alan İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılması gerekmektedir.
  - İzne tabi bölgelerde yapılacak her türlü uçuş için, 5 iş günü öncesinden SHGM'nin resmi internet sayfası üzerinden başvuru yapılmalıdır.
  - İzne tabi bölgelerde 400 fit üzerindeki her türlü uçuşta, en az 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte SHGM'nin resmi internet sayfasında yer alan İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılmalıdır.
- **Uçuş Şartları:**
  - **CTR (Kontrol Bölgesi) İçerisinde Uçuş:** Kontrol bölgesi içerisinde uçuş yapacak ve/veya ilgili ATC ünitesi ile iletişim gerektiren durumlarda, tüm İHA kategorileri ve sistemleri, UHF ve VHF kanallarda iletişim sağlayan telsiz sistemi ile donatılmalıdır.

- **Hafif İHA İşletici Sertifikası:** Uçuşun gerçekleştirileceği alanda, Hafif İHA işletici sertifikasına sahip işleticiler ile İHA2 ve İHA3 pilotları, görüş hattı ötesinde (BVLOS) gerekli tedbirleri almak şartıyla uçuş gerçekleştirebilir.
- **Havaalanı ve Heliport Gereksinimi:** İHA uçuşları için havaalanı, heliport veya hava parkı kullanımı zorunlu değildir. Ancak, sportif ve bireysel amaçlı uçuşlarda hava parkı ve/veya belirlenmiş alanların kullanımı tercih edilmelidir. İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar, sportif/amatör ve bireysel amaçlı uçuşlarda serbest (yeşil) bölgeler dışında uçuş gerçekleştiremezler.
- **Serbest (Yeşil) Bölgede Uçuş:** Serbest bölgede gerçekleştirilecek İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA uçuşlarında;
  - Yalnızca görerek uçuş koşullarının sağlandığı durumlarda, gündoğumu-günbatımı saatleri arasında ve en az 2 km görüş mesafesi olan açık havalarda uçabilir.
  - İHA, yatayda 500 metreyi geçmeyecek şekilde pilotun görüş alanında olmalıdır.
  - Yerden 400 fit (120 metre) yüksekliğin üzerine çıkılmamalıdır.
  - İnsan ve yapılardan en az 50 metre uzaklıkta uçuş gerçekleştirilmelidir.
  - **İHA2 ve İHA3 Sınıfı İHA'lar:** İHA2 ve İHA3 sınıfı İHA'lar, hava trafik usulleri açısından VFR (görerek uçuş kuralları) statüsünde kabul edilir. Bu nedenle uluslararası kurallar ve Türkiye AIP'sinde belirtilen hükümler çerçevesinde uçuş gerçekleştirebilirler. Bu İHA'lar, uygun ekipmanlara sahip olunması ve gerekli izinleri alınmış olması hariç, gece VFR uçuşu yapamazlar.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Posta teslimat hizmetlerinde İHA kullanımı, son yıllarda ilgi gören bir teknolojik yenilik olmuştur. Dünya genelinde yemek teslimatı, kurye hizmetleri, kargo teslimatı ve tıbbi malzemelerin taşınmasında çok sayıda İHA tabanlı uygulama örnekleri bulunmaktadır. İHA'ların, teslimat hizmetleri alanındaki fizibilitesinin, özellikle posta operasyonları bakımından incelenmesi ve İHA'lar için öngörülen çeşitli operasyonel modellemelerin kapsamlı analizinin yapılması önem taşımaktadır. Ayrıca İHA'ların teslimat süreleri ve maliyetleri üzerine etkilerinin, çevre üzerindeki yansımalarının ve belirli alanlarda İHA teslimatının potansiyel faydalarının da değerlendirilmesi gerekmektedir. İHA'ların potansiyel modellemelerinde hava sahası kullanımı ve teslimat İHA'ları için teknolojik gereksinimlerin ele alınması, İHA teslimat hizmetleri bağlamında gizlilik ve güvenlikle ilgili endişelerin değerlendirilmesi ve bu endişelerin kamuoyunun bu teknolojiye yönelik algı ve tutumları üzerindeki etkisinin ortaya konulması da önem arz etmektedir.

İHA'lar, posta hizmetlerinin son aşamasında karşılaşılan zorluklara yönelik önemli bir teknolojik çözümü temsil etmektedir. Ancak, İHA'ların teslimat hizmetlerinde kullanılmasının önünde üç temel zorluk bulunmaktadır. Bu zorluklar arasında teknolojik yetersizlikler, yasal kısıtlamalar ve toplumsal kabul yer almaktadır.

Teknolojik engellerin başında batarya kapasiteleri yer almaktadır. Batarya teknolojisinin mevcut durumu, İHA'ların uçuş menziline önemli bir oranda sınırlamaktadır. Ayrıca taşınan paketin ağırlığı batarya kapasitesi üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğundan ağır paketlerin İHA ile taşınmasını pratik olmaktan çıkarmaktadır. Bununla birlikte, son-adım teslimatta taşınan paketlerin ağırlıkları genellikle hafif olduğundan, batarya kısıtlamasına rağmen İHA kullanım potansiyelinin yüksek olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, İHA'ların operasyonel menzilleri sınırlı olduğu için depodan başlatılan teslimatlarda hizmet verilen alıcı sayısının düşük kalacağı düşünülmektedir. Depodan başlatılan teslimat modelinde, daha geniş bir alana hizmet verebilmek için alıcı adreslerine yakın sabit depo yatırımları gerekeceğinden altyapı

maliyetleri nedeniyle tercih edilmesinin zor olacağı yorumlanmaktadır. Ayrıca, İHA menzili dışında kalan alıcılara yapılacak teslimatlar geleneksel yöntemlerle sürdürüleceği için son-adım teslimatta karşılaşılan ilgili zorluklar, dezavantajlar ve çevresel olumsuz etkilerin görülmeye devam edeceği değerlendirilmektedir. Öte yandan, kamyon destekli İHA teslimatlarının daha etkin ve verimli olduğu düşünülmektedir. Kamyon destekli İHA teslimatında, İHA'ların optimize kullanımı ortaya çıkmaktadır. Bu modelde, her iki aracın koordineli iş birliği sayesinde daha geniş bir alana hizmet verilirken İHA'ların hız, maliyet etkinliği ve çevresel avantajlarından yararlanmanın mümkün olacağı tahmin edilmektedir.

Literatürdeki çalışmalar, İHA tabanlı teslimat sistemlerinin başlıca faydalarını, teslimat sürelerinin kısaltılması, teslimat maliyetlerinin düşürülmesi ve çevresel olumsuz etkilerin en aza indirilmesi olarak göstermektedir. Bu çalışmalarla uyumlu olarak İHA'ların teslimat sürelerini önemli ölçüde azaltabileceği değerlendirilmektedir. Mevcut pilot uygulamalar, İHA tabanlı teslimatın geleneksel yöntemlere kıyasla dört veya beş kat daha hızlı teslimat gerçekleştirebileceğini ortaya koymuştur. Buna karşılık işbu tez çalışmasının sonuçları, teslimat maliyetleri konusunda literatürün genelinde sunulanlardan farklıdır. Bu konudaki çok sayıda çalışma, İHA'ların teslimat maliyetlerini doğal olarak düşüreceğini varsaymaktadır. Ancak, İHA'ların uygun maliyetli bir yöntem olmasının görüş hattı ötesinde (BVLOS) otonom uçuş izinlerinin verilmesine dayandığı tespit edilmiştir. İHA tabanlı teslimatın enerji ve diğer maliyetler açısından önemli avantajlar sunduğu değerlendirilmekle beraber İHA'ların toplu yük taşıyamaması nedeniyle geleneksel araçlara kıyasla dezavantaj teşkil ettiği düşünülmektedir. Ayrıca, mevcut bazı düzenlemeler, her bir İHA'nın görüş hattı içinde (VLOS) bir İHA pilotu tarafından işletilmesini zorunlu kıldığından aynı anda birden fazla teslimat yapılmak istendiğinde, personel ihtiyacı ve personel maliyetlerinin artmasına neden olacağı yorumlanmaktadır. Bu durumun, İHA'ları paket başına birim maliyette geleneksel araçlardan daha maliyetli bir çözüm haline getireceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, personel maliyetlerinin optimize edildiği varsayıldığında, posta hizmetlerinde İHA teslimatının geleneksel yöntemlere kıyasla

%60'a varan tasarruf sağlayabileceği öngörülmektedir. Sonuç olarak, İHA'ların maliyet bazında diğer yöntemlerle rekabet edebilmesi için, İHA pilotları tarafından kontrol edilen hava sahasında izin verilen İHA operasyonlarının sayısında artışa ihtiyaç olduğu, bunun da İHA'ların otonom teknolojisinde yeterli seviyeye ulaşmasına ve BVLOS operasyonlar için gerekli izinlerin verilmesine bağlı olduğu düşünülmektedir. Mevcut düzenleyici çerçevede, işçilik maliyetleri nedeniyle İHA'ların teslimat hizmetlerinde uygun bir alternatif model olmasının zor olduğu değerlendirilmektedir.

İşbu tez çalışmasının bulguları, İHA'ların çevresel etkilerinin mutlak olmadığını ve kullanım senaryosuna bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir. Elektrikli İHA modellerinin doğrudan egzoz emisyon üretmediği, birim teslimatta diğer araçlara kıyasla önemli ölçüde düşük emisyonla sebep olduğu ve uygun şekilde modellendiğinde teslimat hizmetlerinde kullanılabilecek en çevre dostu araç olduğu değerlendirilmektedir. Ancak, bazı durumlarda İHA'ların geleneksel fosil yakıtlı bir kamyonla daha fazla emisyonla sebep olabileceği düşünülmektedir. İHA'ların, çok sayıda paketin uzak mesafelere taşındığı bir senaryoda aynı görevi yerine getiren standart bir kamyonla çok daha fazla mesafe kat ettiği için dolaylı yoldan daha yüksek sera gazı emisyonu yaratabileceği ortaya koyulmuştur. Bu nedenle, İHA'ların çevresel açıdan en verimli kullanımının, depoya yakın az sayıda alıcı bulunan bölgelere teslimatta veya kamyonla iş birliği içinde gerçekleşen hibrit teslimat modelinde olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan, İHA'lar, ülkemizin sera gazı emisyonlarını azaltma ve sıfıra indirme hedefleriyle son derece uyumludur. İHA'ların elektrikli ve çevre dostu bir ulaşım aracı olarak karayolu sistemlerine alternatif sunması, 2053 yılına kadar belirlenen net sıfır emisyon hedefinin gerçekleştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu bağlamda, ulaşımda karayolu sistemlerinin oranının azaltılması, sektörel dönüşüm ve sektörel elektrifikasyon gibi belirlenen hedeflerle tam bir örtüşme gösterdiği değerlendirilmektedir.

İHA kullanımı ile posta teslimat hizmetlerinde enerji ve yakıt maliyetlerinde önemli ölçüde düşüş sağlanabileceği, teslimat sürelerinin hızlandırılabilirliği ve olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilebileceği değerlendirilmektedir. Bu sayılan faydalara

ulaşılması için geleneksel araçlara olan bağımlılığın azaltılarak İHA teslimatlarının benimsenmesi ve yaygınlaşmasının önem arz ettiği düşünülmektedir. Diğer taraftan, günümüzde İHA'ların en etkili kullanımının kırsal bölgelere yapılan düşük hacimli teslimatlarda görülebileceği ortaya koyulmuştur. İHA tabanlı uygulamalar uzak ve az nüfuslu, gönderi trafik ve hacimlerinin düşük olduğu bölgelere teslimatta önemli faydalar sağlayabilecektir. Ayrıca, yoğun nüfuslu kentsel alanlarda İHA'ların geleneksel araçlarla entegre kullanımının avantajlı olacağı değerlendirilmektedir. İHA'ların fayda seviyesinin hava sahası düzenlemeleri ve operasyonel izinlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte sağladığı kolaylık ve pratiklik nedeniyle kamyon destekli otonom İHA teslimatlarının önümüzdeki yıllarda yaygınlaşacağı ve yoğun olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

İHA destekli teslimat hizmetlerinin önündeki bir diğer zorluk da kamu algısı ve toplumsal kabuldür. Toplumsal kabulü etkileyen en önemli etkenler, İHA'larla ilişkili olarak duyulan mahremiyet ve güvenlik endişeleridir. Bu kapsamda, İHA'ların kişisel ve kurumsal gizlilik endişelerine sebep olabileceği değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, İHA'ların düşme veya çarpma yoluyla insanlara veya çevreye zarar verme potansiyelinin de kamuoyu üzerinde endişe yarattığı yorumlanmaktadır. Bu endişelerin, Teslimat İHA'larının yeni bir teknoloji olarak hayata geçmesi önünde önemli bir engel teşkil edebileceği düşünülmektedir. Kamuoyunun İHA tabanlı teslimat sistemleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması nedeniyle İHA uygulamalarına mesafeli yaklaşılacağı ve bunun da İHA'ların ticari gelişimini olumsuz etkileyebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, İHA'ların çevre dostu ve hızlı bir teslimat yöntemi olmasının, kamuoyu tarafından benimsenmesini kolaylaştıracağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, endişelere rağmen toplumun genelinin İHA tabanlı bir teslimat sistemine sıcak baktığı ve gelecekte evlerine bu yöntemle teslimat yapılmasını tercih edebilecekleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda, düzenleyici kurumlara olan güvenin yeni teknolojilerin hayata geçmesinde kritik öneme sahip olduğu ve düzenleyici perspektifin gizlilik ve güvenlik endişelerine karşı kapsayıcı genel tedbirlerle önlem almasının önem arz ettiği değerlendirilmektedir.

Dünya genelinde son-adım teslimata yönelik İHA tabanlı uygulamalar ile uluslararası düzenlemeler ve gelişmelerin incelenmesi önem arz eden bir diğer husustur. Bu kapsamda İHA'ların, yemek teslimatı başta olmak üzere son-adım teslimatın her alanında giderek daha yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca, bazı posta hizmet sağlayıcılarının İHA işleticileriyle iş birliği yaparak kargo teslimat uygulamalarını başlattıkları vurgulanmaktadır. İHA işleticilerinin yetkileri kapsamında yemek, kargo ve kurye hizmetleri dahil olmak üzere çeşitli alanlarda teslimat hizmeti verdikleri tespit edilmiştir. İHA üreticilerinin ve bazı PHS'lerin İHA işletmecisi olarak faaliyet göstermek için yetkilendirildiği örnekler söz konusudur. Öte yandan İHA'ların, posta sektöründe başlangıçta uzak kırsal bölgelere teslimat hizmetlerinde tercih edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, İHA'ların sadece teslimat aşamasında değil posta hizmetlerinin dağıtım merkezleri arasındaki uzun mesafeli toplu taşıma işlerinde de kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Diğer taraftan, ülke düzenlemelerine bakıldığında, dünya genelinde birçok ülkede BVLOS operasyonlar için gerekli izinlerin verildiği görülmektedir. Bu izinlerin, sınırlı İHA işletmecisinin yetkilendirilmesi yoluyla verildiği ve izinler kapsamında genellikle gündüz saatlerinde ve sadece belirlenen alanlarda teslimat yapılabildiği ortaya koyulmuştur.

Posta teslimat hizmetlerinde yenilikçiliğin teşvik edilmesi ve İHA'ların teslimat hizmetlerinde denenmesi için destekleyici düzenlemeler yapılmasının önem arz ettiği düşünülmektedir. Bu kapsamda, İHA teslimat uygulamalarının, yerleşimin seyrek olduğu düşük nüfuslu bölgelerden başlayarak aşamalı bir şekilde hayata geçmesinin gerektiği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, PTT'nin, Ülkemizdeki evrensel hizmetler kapsamında uzak kırsal alanlara İHA tabanlı pilot uygulamalar başlatmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda verilen sonuçlar çerçevesinde posta sektörüne ilişkin ulaşılan öneriler aşağıda sıralanmaktadır. İlgili Kurum mevzuatına ve Teslimat Hizmetlerinin Uygulanmasına Yönelik Usul ve Esaslar'a aşağıda yer alan önerilerin eklenmesinin fayda sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

- Bir İHA işleticisinin teslimat hizmeti sunması için posta hizmet sağlayıcısı olarak yetkilendirilmesi veya mevcut PHS'lerin İHA tabanlı hizmet sunmak için ilgili düzenleyici kurumdan yetki alması halinde belirlenen hava güzergahı üzerinden teslimat yapabilmesinin mümkün kılınması,
- İHA'ların can ve mal güvenliği açısından tehdit yaratmayacak şekilde işletilmesini teminen arıza veya herhangi bir olumsuz durumda İHA'nın güvenli inişini sağlayacak ilave güvenlik önlemlerinin (paraşüt teknolojisi vb.) zorunlu kılınması,
- Gizlilik ve güvenlik önlemleri kapsamında yalnızca gündüz saatlerinde faaliyet gösterilmesi; kar, yağmur ve şiddetli rüzgâr gibi olumsuz hava şartlarında İHA tabanlı teslimatın yapılmaması, teslimat esnasında kötü hava koşulunun oluşması halinde anlık konumda yere güvenli inişin sağlanması ve İHA ile gönderinin çalışanlar tarafından bulunduğu yerden alınmasını sağlayacak altyapının kurulması,
- Teslimat hizmetlerinde kullanılan İHA'larda uzaktan kimlik donanımı bulundurmanın zorunlu kılınması, kimlik bilgisinin BTK tarafından oluşturulan internet tabanlı bir kayıt sistemine kaydedilmesinin sağlanması,
- PHS veya İHA işleticisi tarafından sunulan teslimat hizmetinde uzaktan kimlik teknolojisinin yayınladığı verilerin (İHA'nın anlık konumu, kalkış konumu ve iniş konumu, pilot bilgisi vb.) BTK ile paylaşılması, bu verilere BTK'nın anlık erişimini mümkün kılacak teknolojik altyapının kurulması ve BTK izni dahilinde verilerin kolluk kuvvetleri ve kamuoyuyla paylaşılmasının sağlanması,
- Posta teslimat hizmetlerinde kullanılan İHA'larda, engelden kaçınma ve çarpışma önleme teknolojisinin zorunlu kılınması,
- Teslimat hizmetlerinde yetkisiz İHA kullanımının engellenmesi adına Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ile iş birliği yapılması,

- İHA tabanlı teslimat seçeneğinin alıcıların tercihine bırakılması, bu teslimat yöntemini tercih eden alıcıların, İHA'nın anlık konumunu izleyebilmesini sağlayacak teknolojik altyapının sağlanması,
- İHA tabanlı teslimat uygulamasından kaynaklanabilecek zarar veya hasarın karşılanmasında alıcı veya tüketici menfaatinin gözetilmesi,
- Posta yoluyla gönderilmesi yasak maddelerin İHA vasıtasıyla taşınmasında, İHA tabanlı teslimat hizmeti sunan İHA işleticisi veya PHS'lerin yükümlülüklerinin güncellenmesi,
- Teslimat İHA'larında, gelişmiş batarya optimizasyon ve takip sistemlerinin bulundurulması, batarya seviyelerinin sürekli izlenmesinin sağlanması, batarya kapasitesini aşan mesafelere teslimatın yapılmaması veya batarya menzilini aşan güzergahlarda İHA istasyonu bulunması halinde teslimat operasyonuna izin verilmesi,
- Teslimat hizmetlerinde kullanılacak İHA'lar için havacılık otoritesinin belirlediği standartlara ilave teknik gereksinimlerin tanımlanması, özellikle kargo teslimatlarında kullanılacak İHA'ların sıcak-soğuk dayanıklılığı, paketin su geçirmezlik seviyesi ve rüzgâr mukavemeti ile paraşüt sistemi gibi konularda ileri düzey standartlar belirlenerek bu teknolojilerde endüstriyel gelişimin teşvik edilmesi,
- Hücresel mobil haberleşme teknolojilerinin yüksek hız ve geniş kapsama alanı, İHA'ların gerçek zamanlı veri paylaşımı ve uzaktan kontrolü için önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Bu nedenle, İHA'ların mobil şebekelere entegrasyonu için gerekli çalışma ve düzenlemelerin yapılması,
- Kentsel alanlardaki yoğun İHA trafiğinin karayolları, otoban veya nehir gibi akarsular üzerinden geçirilmesinin Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü düzenlemeleriyle sağlanması,
- İHA pilot eğitimlerinde ve sertifikasyon süreçlerinde, mahremiyet eğitimlerine önem verilmesi ve pilotların bu konuda bilinçlendirilmesi,

- Teslimat İHA'sı ve kontrol istasyonunda yüz ve nesne tanımlama yazılımları kullanılmasının engellenmesi,
- Yer kontrol istasyonuna anlık görüntü aktarımı gerektiği durumlarda iletilen görüntünün, otomatik yüz bulanıklaştırma yazılımları ile filtrelenmesinin sağlanması,
- Mahremiyet ihlallerine karşı caydırıcı nitelikte ilave cezaların hazırlanması,
- Son olarak, ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve ilgili kurum ve kuruluşlarla yenilikçi İHA teknolojileri üzerine çalıştaylar düzenlenmesi ve bu kurumlarla koordineli hareket edilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- AKBULUT Derya, 2016, Türkiye’de Karayoluyla Yapılan Kargo Taşımacılığının Yapısı ve Sektörel Değerlendirmeler, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı
- AKTEPE Hilal S., 2022, Posta Tedarik Zincirinde Pazar Yoğunlaşması ve Türkiye Örneği, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Kırıkkale
- ALARCÓN Victor vd., 2020, Procedures for the Integration of Drones into the Airspace Based on U-Space Services, Aerospace Dergisi, 7(9), 128, <https://doi.org/10.3390/aerospace7090128>
- ALDAO Enrique, GONZÁLEZ-DE Santos, GONZÁLEZ-JORGE Higinio, 2022, LiDAR Based Detect and Avoid System for UAV Navigation in UAM Corridors. Drones. <https://doi.org/10.3390/drones6080185>
- ALLEN Julian vd., 2018, Understanding the Impact of E-commerce on Last-Mile Light Goods Vehicle Activity in Urban Areas: The Case of London. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 61, 325-338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.020>,
- ANKARA KALKINMA AJANSI, 2017, E-TİCARET
- ASELSAN, 2022, Mikro/Mini İnsansız Hava Araçlarında Lazer Sensör/Görüntü Tabanlı Otonom Uçuş ve Navigasyon Uygulamaları, <https://www.aselsan.com/tr/blog/detay/388/mikromini-insansiz-hava-araclarinda-lazer-sensorgoruntu-tabanli-otonom-ucus-ve-navigasyon-uygulamaları>, (08.01.2024)
- ATTAR R. Waheeb vd., 2022, New Trends in E-Commerce Research: Linking Social Commerce and Sharing Commerce: A Systematic Literature Review. İçinde Sustainability (Switzerland) (C. 14, Sayı 23). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142316024>,

AYDIN İbrahim, ÇELİK Zübeyir, 2023, Drone ile Teslimata Yönelik Algılanan Güvenin Kullanım Niyeti Üzerindeki Etkisinde Algılanan Risk ve Ağızdan Ağza İletişimin Aracılık Rollerinin Araştırılması, 10, 49-67.  
<https://doi.org/10.48064/equinox.1254198>,

AYGÜN Erdem, 2009, Posta Hizmetlerinde Serbestleşme Süreci ve Rekabet Hukuku Uygulamaları, Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezi, Ankara

BARRADO Cristina vd., 2020, U-Space Concept of Operations: A Key Enabler for Opening Airspace to Emerging Low-Altitude Operations, Aerospace Dergisi, 24.  
<https://doi.org/10.3390/aerospace7030024>

BARRERA Nicholas, 2020, Unmanned Aerial Vehicles, Nova  
<https://widgets.ebscohost.com/prod/customerspecific/ns252343/redirector/redirector.php?publisherURL=https%3a%2f%2fsearch.ebscohost.com%2flogin.aspx%3fdirect%3dtrue%26AuthType%3dip%2csso%26db%3dnlebk%26AN%3d2660292%26authtype%3dsso%26custid%3dns252343%26lang%3dtr%26site%3eds-live%26scope%3dsite&custid=ns252343>,

BAYKAR, 2024, Bayraktar TB2, <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-tb2/>  
 (08.11.2023)

BBC, 2018, Takeaways to be Delivered By Drone in Shanghai, BBC,  
<https://www.bbc.com/news/technology-44315984> (10.02.2024)

BENARBİA Taha, KYAMAKYA Kyandoghere, 2021, A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility Sustainability, 14(1), 360. <https://doi.org/10.3390/su14010360>,

BLANKS Mark, 2022, Wing unveils first-of-its-kind Remote Operations Center for Drone Delivery, Wing, <https://blog.wing.com/2022/12/wing-unveils-first-of-its-kind-remote.html>, (05.09.2024)

- BORGHETTI Fablo vd., 2022, The Use of Drones for Last-Mile Delivery: A Numerical Case Study in Milan, Italy, Sustainability, 14(3), 1766. <https://doi.org/10.3390/su14031766>,
- BOYSEN Nils, FEDTKE Stefan, SCHWERDFEGER Stefan, 2021, Last-Mile Delivery Concepts: A Survey From An Operational Research Perspective, OR Spectrum, 43(1), 1-58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>,
- BRUNNER Gino vd., 2019, The Urban Last Mile Problem: Autonomous Drone Delivery to Your Balcony, 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 1005-1012. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2019.8798337>,
- BTK, 2022, Posta Sektörü Pazar Verileri Raporu, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara, <https://www.btk.gov.tr/posta-sektoru-pazar-verileri-raporu>
- BTK, 2023, Posta Sektörü Pazar Verileri Raporu, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara, <https://www.btk.gov.tr/posta-sektoru-pazar-verileri-raporu>, (11.07.2024)
- BUTTERWORTH-HAYES Philip, 2023, The Market for UAV Traffic Management Services 2024-2028, s.280-350, <https://www.unmannedairspace.info/uav-traffic-management-services/>, (11.06.2024)
- BÜYÜKTANIR Muhammed C., 2022, Posta Sektöründe Birleşme-Satın Almalar (Yatay-Dikey Birleşmeler) ve Posta Sektörüne Etkileri, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Uzmanlık Tezi, Ankara
- CAN Nazlı, KAHVECİ Muzaffer, 2017, İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu, Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology, 5(4), 511-535. <https://doi.org/10.15317/scitech.2017.109>,
- CASA, 2022, The RPAS and AAM Strategic Regulatory Roadmap, <https://www.casa.gov.au/resources-and-education/publications-and->

[resources/corporate-publications/rpas-and-aam-strategic-regulatory-roadmap#Download](#), (09.07.2024)

CASA, 2024, Drone Delivery Services, <https://www.casa.gov.au/drones/industry-initiatives/drone-delivery-services#Approveddeliverylocations>, (09.05.2024)

CHAUHAN Darshan, UNNİKRIŞHMAN Avinash, FİGLİOZZİ Miguel, 2019, Maximum Coverage Capacitated Facility Location Problem With Range Constrained Drones, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, s. 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.001>,

ČİZMAROV Mirjana, LYNCH Angela, 2024, What is U-space? EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE. <https://www.ecac-ceac.org/activities/unmanned-aircraft-systems/uas-bulletin/22-uas-bulletin/504-uas-bulletin-2-what-is-u-space>, (25.07.2024)

CORNELL Andrea vd., 2023, Drones Take To The Sky, Potentially Disrupting Last-Mile Delivery, <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/drones-take-to-the-sky-potentially-disrupting-last-mile-delivery>, (01.04.2024)

COST Ben, UVAROVE Alyona, 2024, Wendy's is Delivering Food By Drone For The First Time — With One Big Catch, Nypost, <https://nypost.com/2024/03/21/business/wendys-delivering-food-by-drone-for-the-first-time-with-one-catch/>, (01.06.2024)

CULLEN, 2021, Drones for Enhanced Logistics in the UAE, <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/FLGTAE20210003>, (01.07.2024)

CUSTERS Bart, 2016, Drones Here, There and Everywhere Introduction and Overview (ss. 3-20), [https://doi.org/10.1007/978-94-6265-132-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-6265-132-6_1),

ÇETİN Volkan R., 2007, Posta Hizmetlerinin Serbestleştirilmesi ve Regülasyonu: Türkiye Posta Sektörü Reformu İçin Bir Öneri, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara

- DHL, 2019, DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service, DHL Group, <https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2019/dhl-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html>, (25.07.2024)
- DHL, 2024, Saving lives one drone delivery at a time, <https://lot.dhl.com/saving-lives-one-drone-delivery-at-a-time/>, (14.03.2024)
- DJI, 2024, DJI FlyCart 30, <https://www.dji.com/global/flycart-30/specs>, (15.03.2024)
- DITRDCA, 2024, Infrastructure Planning Framework, <https://www.drones.gov.au/policies-and-programs/initiatives/infrastructure-planning-framework>, (09.07.2024)
- DOMINO'S, 2024, Domino's Drone Delivery Faqs, <https://newsroom.dominos.com.au/media/2022/1/27/look-up-dominos-drone-delivery-trial-cleared-for-take-off-in-new-zealand>, (14.05.2024)
- DOOLE Malik, ELLERBROEK Joost, HOEKSTRA Jacco, 2020, Estimation Of Traffic Density From Drone-Based Delivery in Very Low Level Urban Airspace, Journal of Air Transport Management, 88, 101862. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101862>,
- DOORDASH, 2022, DoorDash and Wing Announce Pilot Program to Make Drone Delivery Available Via DoorDash App in Australia, <https://about.doordash.com/en-au/news/doordash-and-wing-announce-pilot-program-to-make-drone-delivery-available-via-doordash-app-in-australia>, (17.06.2024)
- DÜNYA BANKASI, 2022, Urban Population (% of total population), <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2022&start=2022&view=mapd>., (17.05.2024)

- EASA, 2015, Concept of Operations for Drones A risk based approach to regulation of unmanned aircraft, <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/concept-operations-drones><https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/concept-operations-drones>, (19.08.2024)
- EASA, 2023, Remote identification will become mandatory for drones across Europe, European Union Aviation Safety Agency
- EASTLAKE Charles N., 2022, An Aerodynamicist's View of Lift, Bernoulli, and Newton, the Physics Teacher (ss. 166-173)
- ELMESEIRY Nourhan, ALSHAER Nancy, ISMAIL Tawfik, 2021, A Detailed Survey and Future Directions of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) with Potential Applications, Aerospace, 8(12), 363, <https://doi.org/10.3390/aerospace8120363>,
- EMIRATESPOST, 2023, Emirates Post Group Signs Mou With Skygo to Implement Drone-Powered Delivery Services in Abu Dhabi, <https://www.emiratespost.ae/media-center/news/epg-signs-mou-with-skygo>, (17.05.2024)
- ERGP, 2019, ERGP Report on the Development of Postal Networks and Access Practices Regarding Infrastructure Related to the Parcel Market, ERGP PL I (19)
- ESER Gülşen, 2014, Posta Hizmetleri Sektöründe Yapılan Reformlar, Posta Hizmetlerinin Serbestleştirilmesi "Ptt A.Ş Örneği", İzmir Üniversitesi, <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/637198>,
- FAA, 2023a, The FAA Authorizes UPS Flight Forward and uAvionix to Operate Drones Beyond Visual Line of Sight, [The FAA Authorizes UPS Flight Forward and uAvionix to Operate Drones Beyond Visual Line of Sight | Federal Aviation Administration](https://www.faa.gov/newsroom/story/the-faa-authorizes-ups-flight-forward-and-uavionix-to-operate-drones-beyond-visual-line-of-sight), (19.08.2024)

- FAA, 2023b, FAA Authorizes Zipline International, Inc. to Deliver Commercial Packages Using Drones That Fly Beyond Operator's Line of Sight, [FAA Authorizes Zipline International, Inc. to Deliver Commercial Packages Using Drones That Fly Beyond Operator's Line of Sight | Federal Aviation Administration](#), (19.08.2024)
- FAA, 2024a, FAA Ends Discretionary Enforcement Policy on Drone Remote Identification. Federal Aviation Administration, <https://www.faa.gov/newsroom/faa-ends-discretionary-enforcement-policy-drone-remote-identification>, (09.08.2024)
- FAA, 2024b, Remote identification (Remote ID) is here. Are you ready?, Federal Aviation Administration, [https://www.faa.gov/uas/getting\\_started/remote\\_id/3-RID-Remote\\_ID\\_Main#:~:text=Remote%20ID%20is%20the%20ability,people%20through%20a%20broadcast%20signal.](https://www.faa.gov/uas/getting_started/remote_id/3-RID-Remote_ID_Main#:~:text=Remote%20ID%20is%20the%20ability,people%20through%20a%20broadcast%20signal.), (09.08.2024)
- FAA, 2024c, Unmanned Aircraft System (UAS) or Drone Operations, [https://www.faa.gov/hazmat/air\\_carriers/operations/drones](https://www.faa.gov/hazmat/air_carriers/operations/drones), (11.08.2024)
- FEDEX, 2022, FedEx Plans to Test Autonomous Drone Cargo Delivery with Elroy Air <https://newsroom.fedex.com/newsroom/global/elroyair>, (07.07.2024)
- GCAA, 2024, UAS Registration, <https://www.gcaa.gov.ae/en/pages/UASRegistration.aspx>, (01.07.2024)
- GEÏSTER Robert vd., 2019, On-Board System Concept for Drones in the European U-space, 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 1-6. <https://doi.org/10.1109/DASC43569.2019.9081661>
- GOODCHILD Anne, TOY Jordan, 2018, Delivery By Drone: An Evaluation of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Reducing CO2 Emissions in the Delivery Service Industry, Transportation Research Part D: Transport And Environment, 61, 58-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.017>,

- GÖÇMEN Hande, 2022, İnternet Satışlarında Dikey Kısıtlamalar, Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezi, Ankara
- GÖDE Engin vd., 2024, Global Navigation Satellite System (GNSS) Independent Navigation for Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Journal of Aviation Research, 6(1), 53-88. <https://doi.org/10.51785/jar.1370785>,
- GÖKDEMİR Bülent, 2014, Posta Sektöründe Evrensel Hizmet Uygulamaları Türkiye İçin Uygun Yöntem Önerisi, Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezi, Ankara
- GU Xiaohui, ZHANG Guoan, 2023, A Survey on Uav-Assisted Wireless Communications: Recent Advances and Future Trends, Computer Communications, 208, 44-78. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.05.013>,
- GUNER Faruk, ZENK Hilmi, 2022, Classification and Regulations of Unmanned Aerial Vehicles (ss. 145-166)
- HASSANALIAN Mostafa, ABDELKEFİ Abdessattar, 2017, Classifications, Applications, and Design Challenges of Drones: A Review, Aerospace Sciences (C. 91, ss. 99-131). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003>,
- HATELY Andrew vd., 2019, U-space concept of operations, CORUS.
- HEALY Alan, 2024, Manna Completes 40,000 Drone Deliveries to Dublin Addresses in First Week, Irish Examiner, <https://www.irishexaminer.com/business/companies/arid-41343467.html>, (07.07.2024)
- HENKOĞLU Türkyay, YILMAZ Bülent, 2013, Avrupa Birliği AB Bilgi Güvenliği Politikaları, Türk Kütüphaneciliği, 27(3), 451-471. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tk/issue/48830/622049>,
- HEUTGER Matthias, KÜCKELHAUS Markus, 2024, Unmanned Aerial Vehicles in Logistics a DHL Perspective on Implications and Use Cases for the Logistics Industry

HUANG Çao, MING Zhenxing, HUANG Hailong, 2023, Drone Stations-Aided Beyond-Battery-Lifetime Flight Planning for Parcel Delivery, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, <https://doi.org/10.1109/TASE.2022.3213254>,

IRMAK Işıl, 2008, Evrensel Hizmet: Türkiye Posta Sektöründe Evrensel Hizmet Regülasyonu İçin Öneriler, Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, DPT

JAAG Christian, 2014, Postal-Sector Policy: From Monopoly to Regulated Competition and Beyond, Utilities Policy, s. 266-277, <https://doi.org/10.1016/j.iup.2014.03.002>,

JAHNZ Adalbert, WARTBERGER Anna, 2022, Drone Strategy 2.0: Creating a large-scale European drone market, European Commission. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_7076](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7076)

JEPSEN J. Hundevadt, LAURSEN K. Husum, JENSEN Kjeld, 2024, A survey of state-of-the-art U-space research, 2024 10th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA), 265-272. <https://doi.org/10.1109/ICARA60736.2024.10552989>

JIAO Shiqin vd., 2023, A Comprehensive Review of Research Hotspots on Battery Management Systems for UAVs, IEEE Access, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3301989>,

JİATİ OUSSAMA E., 2021, The Use Of Drones In E-Commerce Logistics And Supply Chain Management A Literature Review

JOHNSON Erin, 2024, A Summary of the Dubai Civil Aviation UAS Operations Articles, Murziliconsulting, <https://murziliconsulting.com/news/dubai-civil-aviation-uas-operations/>

KAMACI Kemal, 2022, Otonom Lojistik, s. 71-98

KANAT Öztürk, 2023, Dronelar ve Hava Kargo Faaliyetleri, s. 197

- KANIK Zehra B., ÖMÜRGÖNÜLŞEN Mine, SOYSAL Mehmet, 2023, Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilim ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış, Verimlilik Dergisi, 57(2), s. 393-424, <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1200766>
- KARAAĞAÇ Cengiz, 2018, Drone Kelimesi Odağında Türkçe Terminoloji Tartışması
- KARABOĞA Furkan, 2022, İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması, Turkish Defence Agency Dergisi, <https://tdefenceagency.com/insansiz-hava-araclarinin-siniflandirilmesi/>, (01.04.2024)
- KARGOPARK, 2024, Teslimat Sistemini Değiştiren Akıllı Kargo Dolabı: Kargopark, <https://kargopark.com/>, (13.06.2024)
- KARLI Halil, TANYAŞ Mehmet, 2024, Innovative Delivery Methods in the Last-Mile: Unveiling Consumer Preference, Future Transportation Dergisi, s.152-173 <https://doi.org/10.3390/futuretransp4010009>
- KAVAKLI İbrahim, 2018, E-Ticaret Rehberi
- KAVALCI Kübra, GÜZEL Dilşad, 2023, Lojistik Son Adım Teslimat Hizmetinde Tüketicilerin Akıllı Dolapları Benimseme Niyeti Üzerine Bir Araştırma, Doğuş Üniversitesi Dergisi, 24(1), s.379-398, <https://doi.org/10.31671/doujournal.1173502>
- KAZANCI Umut, TANYAŞ Mehmet, 2024, E-Ticarette Son Aşama Teslimatlarının Kentsel Lojistiğe Olan Etkileri, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetiminde Dijitalleşme ve Güncel Uygulamalar, s. 53-79
- LEON Steven, CHEN Charlie, RATCLIFFE Aaron, 2023, Consumers' Perceptions Of Last Mile Drone Delivery, International Journal of Logistics Research and Applications, s. 345-364, <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1957803>

- Lǐ Bin, FEI Zesong, ZHANG Yan, 2019, UAV Communications for 5G and Beyond: Recent Advances and Future Trends. IEEE Internet of Things Journal, 6(2), s. 2241-2263, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2887086>
- Lǐ Xueping vd., 2023, Drone-Aided Delivery Methods, Challenge, and the Future: A Methodological Review, Drones Dergisi, <https://doi.org/10.3390/drones7030191>
- LIEB Joonas, VOLKERT Andreas, 2020, Unmanned Aircraft Systems Traffic Management: A comparison on the FAA UTM and the European CORUS ConOps based on U-space, 2020 AIAA/IEEE 39th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 1-6. <https://doi.org/10.1109/DASC50938.2020.9256745>
- MADANI Batool, NDIAYE Malick, 2022, Hybrid Truck-Drone Delivery Systems: A Systematic Literature Review, IEEE Access, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3202895>
- MANGIARACINA Riccardo vd., 2019, Innovative Solutions to Increase Last-Mile Delivery Efficiency in B2C E-Commerce: A Literature Review, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, s. 901-920, <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2019-0048>
- MARSHALL Garret E., 2021, Commercial Drone Deliveries: Strategic Options and Public Opinion, ProQuest Dissertations and Theses, <https://www.proquest.com/dissertations-theses/commercial-drone-deliveries-strategic-options/docview/2645552864/se-2?accountid=15780>
- MEDINA Daniel vd., 2019, On GNSS Jamming Threat from the Maritime Navigation Perspective, 2019 22th International Conference on Information Fusion (FUSION), <https://doi.org/10.23919/FUSION43075.2019.9011348>
- MELO Sandra vd., 2023, Public Acceptance of the Use of Drones in City Logistics: A Citizen-Centric Perspective, Sustainability Dergisi, <https://doi.org/10.3390/su15032621>

- MLIT, 2022, Unmanned Aircraft Registration Web Portal/Japan., Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, <https://www.mlit.go.jp/koku/drone/en/>, (10.08.2024)
- MOHSAN Syed vd., 2022, Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review. Drones Dergisi, s. 147, <https://doi.org/10.3390/drones6060147>
- MORGANTİ Elenora vd., 2014, The Impact of E-commerce on Final Deliveries: Alternative Parcel Delivery Services in France and Germany, Transportation Research Procedia Dergisi, s. 178-190, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.014>
- MOSHREF-JAVADİ Mohammad, WINKENBACH Matthias, 2021, Applications and Research Avenues for Drone-Based Models in Logistics: A Classification and Review, Expert Systems with Applications, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114854>
- MÜLLER Stephan, RUDOLPH Christian, JANKE Christian, 2019, Drones for Last Mile Logistics: Baloney or Part Of The Solution, Transportation Research Procedia Dergisi, s.73-87, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.017>
- NAKİBOĞLU Gülsün, 2020, Drone Taşımacılığı ve Son-Adım Teslimatta Kullanımı, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24(2), s. 285-298
- OECD, 1999, Promoting Competition in Postal Services
- OECD, 2013, Electronic and Mobile Commerce OECD, <https://doi.org/10.1787/5k437p2gxw6g-en>
- OED, 2024, Oxford English Dictionary, “Queen Bee”, <https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=Queen+bee>, (17.02.2024)

- OFCOM, 2023a, New Commercial Drone Services Cleared For New Year Take-Off, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/new-commercial-drone-services-cleared-for-new-year-take-off/>, (08.06.2024)
- OFCOM, 2023b, Commercial Drones Set For Take-Off Under New Ofcom Plans, <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/innovative-use-of-spectrum/new-plans-for-commercial-drones/>, (08.06.2024)
- ÖZCAN Mehmet, 2011, Posta Hizmetlerinin Düzenlenmesi, Uluslararası Kuruluşlar ve AB Müktesebatı Çerçevesinde Türkiye'deki Durumun İncelenmesi ve Öneriler, BTK Uzmanlık Tezi, Ankara
- ÖZDEMİR Dilan, 2022, Kentsel Lojistikte Son Kilometre Teslimat ve Uygulamaları, Uluslararası Ticaret ve Lojistikte Güncel Yaklaşımlar ve Değerlendirmeler-3, s. 139-156
- PALMER Annie, 2020, Amazon Wins FAA Approval for Prime Air Drone Delivery Fleet, <https://www.cnbc.com/2020/08/31/amazon-prime-now-drone-delivery-fleet-gets-faa-approval.html> (04.07.2024)
- PANOV Ivan, UL HAQ Asim, 2024, A Critical Review of Information Provision for U-Space Traffic Autonomous Guidance. Aerospace, 11(6), 471. <https://doi.org/10.3390/aerospace11060471>
- PARK Jiyeon, KİM Solhee, SUH Kyo, 2018, A Comparative Analysis of the Environmental Benefits of Drone-Based Delivery Services in Urban and Rural Areas, Sustainability Dergisi, 10(3), <https://doi.org/10.3390/su10030888>
- PSİAKİ Mark L., HUMPHREYS Todd E., 2016, GNSS Spoofing and Detection, Proceedings of the IEEE, 104(6), s.1258-1270, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2016.2526658>
- PTT, 2024, *PTT Hakkımızda*, <https://www.ptt.gov.tr/hakkimizda-tarihce>

- PYTLİKZİLLİĞ LİSA M. vd., 2018, A Drone By Any Other Name: Purposes, End-User Trustworthiness, and Framing, but not Terminology, Affect Public Support for Drones, IEEE Technology and Society Dergisi, 37(1), s.80-91, <https://doi.org/10.1109/MTS.2018.2795121>
- RAJASHEKHAR Prathibha, 2023, Walmart and Wing Team Up To Provide the Convenience of Drone Delivery, <https://corporate.walmart.com/news/2023/08/24/walmart-and-wing-team-up-to-provide-the-convenience-of-drone-delivery>, (07.07.2024)
- REKABET KURUMU, 2022, E-Pazaryeri Platformları Sektör İncelemesi Nihai Raporu, Denetim ve Uygulama Dairesi, Ankara
- ROC, 2019, First license for drone delivery test-running granted in East China, The State Council The People's Republic Of China, [https://english.www.gov.cn/news/topnews/201910/17/content\\_WS5da7be45c6d0bcf8c4c1542b.html](https://english.www.gov.cn/news/topnews/201910/17/content_WS5da7be45c6d0bcf8c4c1542b.html), (05.08.2024)
- ROGERS Kate, 2024, Drone Startup Zipline Hits 1 Million Deliveries, Looks to Restaurants as It Continues to Grow, CNBC <https://www.cnbc.com/2024/04/19/autonomous-drone-startup-zipline-hits-1-million-deliveries.html>, (15.06.2024)
- ROYAL MAIL, 2024, Drones: Connecting Remote Communities Across the UK, <https://www.royalmail.com/sustainability/environment/drones-connecting-remote-communities-across-the-uk>, (08.07.2024)
- SANGKHIEW Noppakun, PORNSING Choosak, 2018, Last Mile Delivery: Modes, Efficiencies, Sustainability and Trends
- SAVAŞ Tamer, 2019, İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonunun Pilotaj ve Hava Trafik Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30559.74409>

- SCHÄFFER Beat vd., 2021, Drone Noise Emission Characteristics and Noise Effects on Humans—A Systematic Review, International Journal of Environmental Research and Public Health Dergisi, 18(11), <https://doi.org/10.3390/ijerph18115940>
- SEBBANE Yasmina B., 2016, Smart Autonomous Aircraft Flight Control and Planning for UAV
- SELÇUK Gizem, GÜLER Esra, 2023, Gelişen E-Ticaret Faaliyetlerinde Hizmet Kalitesi: Kargo Sektörünün Performansı Üzerine Bir Uygulama, <https://www.proquest.com/dissertations-theses/gelişen-e-ticaret-faaliyetlerinde-hizmet-kalitesi/docview/2901816081/se-2?accountid=15780>
- SESAR, 2023, U-space CONOPS 4th Edition, s.19-80, <https://www.sesarju.eu/node/4544>, (17.08.2024)
- SHE Ruifeng, OUYANG Yanfeng, 2023, Analysis of Drone-based Last-mile Delivery Systems under Aerial Congestion: A Continuum Approximation Approach, <https://doi.org/10.36501/0197-9191/23-014>
- SHGM, 2020, İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
- SKEYDRONE, 2024, January 26th, here's U-space, <https://www.skeydrone.aero/january-26th-heres-u-space/>, (22.07.2024)
- SKYBRARY, 2024a, Collision Avoidance, Skybrary.aero, <https://skybrary.aero/articles/collision-avoidance>, (11.08.2024)
- SKYBRARY, 2024b, Enhanced Detect And Avoid Systems For Unmanned Vehicles, Skybrary.aero, <https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/collision-avoidance-ifr-rpas>, (11.08.2024)
- SKYBRARY, 2024c, UAS Rules and Guidance – EU, <https://skybrary.aero/articles/uas-rules-and-guidance-eu>, (13.08.2024)

- STONOR Chris, 2023, The Use of AI in Zipline's Drone Delivery Structure, <https://evtolinsights.com/2023/07/the-use-of-ai-in-ziplines-drone-delivery-structure/>, (05.07.2024)
- STONOR Chris, 2024, China: Drone Delivery Flights Carrying Seafood Begins Operation in Shenzhen, <https://evtolinsights.com/2024/02/china-drone-delivery-flights-carrying-seafood-begins-operation-in-shenzhen/>, (07.07.2024)
- SURJANDY vd., 2021, Analysis of Product, Product Delivery Service, and Product Assurance in e-Commerce on Purchase Intention during the COVID-19 Pandemic, 2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech), s. 825-828, <https://doi.org/10.1109/ICIMTech53080.2021.9535048>
- SZABOLCSI Robert, 2016, Beyond Training Minimums – A New Concept of the UAV Operator Training Program, International Conference Knowledge-Based Organization, 22(3), s. 560-566, <https://doi.org/10.1515/kbo-2016-0096>
- TC, 2023, Flying Your Drone Safely And Legally, Transport Canada, <https://tc.canada.ca/en/aviation/drone-safety/learn-rules-you-fly-your-drone/flying-your-drone-safely-legally>, (18.08.2024)
- THK, 2024, Türk Hava Kurumu- İHA, <https://www.thk.org.tr/iha#:~:text=TSK'da%20kullan%C4%B1lan%20ilk%20%C4%B0HA,projesi%20Mart%201990%20tarihinde%20ba%C5%9Flat%C4%B1m%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r.>, (03.02.2024)
- TİCARET BAKANLIĞI, 2020, Ticaret Bakanlığı E-ticaret Bilgi Platformu, <https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler>, (27.04.2024)
- TİCARET BAKANLIĞI, 2022, Ticaret Bakanlığı E-ticaret Bilgi Platformu, <https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler>, (30.03.2024)

TOMASZEWSKI Lechoslaw, KOŁAKOWSKI Robert, DYBIEC Piotr, KUKLIŃSKI Slawomir, 2022, Mobile Networks' Support for Large-Scale UAV Services, Energies Dergisi, 15(14), 4974, <https://doi.org/10.3390/en15144974>

TORAMAN Yavuz, YÜKSEL Cenk, 2021, Covid-19 Salgını Sürecinde Tüketicilerin Yeni Teknolojileri Benimsemelerinin Teknoloji Kabul Modeli (TKM) Çerçevesinde Temassız Teslimat Özelinde İncelenmesi: Mobil Uygulamalar Üzerine Bir Araştırma, Doğu Üniversitesi Dergisi, <https://doi.org/10.31671/doujournal.928518>

TRENDYOL, 2024a, Gönderi Teslimat Taahhütlerimiz, Trendyol Express, [https://trendyolexpress.com/gonderi-teslimat-taahhutlerimiz#:~:text=Min.,Max.&text=Yurt%20i%C3%A7i%20g%C3%B6nderil%20%2D600,g%C3%BCn%C3%BCnde%20m%C3%BC%59Fteri%20adrese%20ula%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1%20hedeflenmektedir,](https://trendyolexpress.com/gonderi-teslimat-taahhutlerimiz#:~:text=Min.,Max.&text=Yurt%20i%C3%A7i%20g%C3%B6nderil%20%2D600,g%C3%BCn%C3%BCnde%20m%C3%BC%59Fteri%20adrese%20ula%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1%20hedeflenmektedir,(13.06.2024))

TRENDYOL, 2024b, Gel-al Noktası, Trendyol Express, [https://www.trendyol.com/s/gel-al-noktasi,](https://www.trendyol.com/s/gel-al-noktasi) (29.03.2024)

TUBİSAD, 2021, Ekonominin dönüştürücü gücü: e-ticaret etki analizi Haziran 2021, [https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-e-commerce impact assessment-launchpresentation.pdf,](https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-e-commerce%20impact%20assessment-launchpresentation.pdf) (05.03.2024)

TÜİK, 2023a, Kır-Kent Nüfus İstatistikleri 2022, [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Urban-Rural-Population-Statistics-2022-49755.,](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Urban-Rural-Population-Statistics-2022-49755) (02.04.2024)

TÜİK, 2023b, Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması 2023, [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2023-49407#:~:text=%C4%B0internet%20kullanan%20bireylerin%20oran%C4%B1%20%87,%83%2C3%20olarak%20g%C3%B6zlendi,](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2023-49407#:~:text=%C4%B0internet%20kullanan%20bireylerin%20oran%C4%B1%20%87,%83%2C3%20olarak%20g%C3%B6zlendi,(05.11.2023)) (05.11.2023)

- UPS, 2020, About UPS, <https://about.ups.com/us/en/newsroom/press-releases/customer-first/ups-flight-forward-and-wingcopter-to-develop-versatile-new-drone-fleet.html>, (24.06.2024)
- VINOGRADOV Evgenii, MINUCCI Franco, POLLIN Sofie, 2020, Wireless Communication for Safe UAVs: From Long-Range Deconfliction to Short-Range Collision Avoidance. IEEE Vehicular Technology Magazine, 15(2), 88-95. <https://doi.org/10.1109/MVT.2020.2980014>
- WALMART, 2023, Walmart Drone Delivery by the Numbers, <https://corporate.walmart.com/news/2023/01/05/walmart-drone-delivery-by-the-numbers>, (01.07.2024)
- WASHINGTONTIMES, 2013, Drone industry to journalists: Don't use the word 'drones', <https://www.washingtontimes.com/news/2013/aug/14/drone-industry-journalists-dont-use-word-drones/>, (01.11.2023)
- WING, 2022, How Do You Get A Package From A Drone To The Ground, <https://blog.wing.com/2022/10/how-do-you-get-package-from-drone-to.html>, (15.05.2024)
- WING, 2023, Integrating Drone Delivery into Your Supply Chain, <https://blog.wing.com/2023/07/integrating-drone-delivery-into-your.html>, (13.07.2024)
- WING, 2024a, Drone Delivery in South Dublin: Medtronic Medical Supplies Supporting Local Hospitals, <https://blog.wing.com/2024/06/medical-delivery-dublin.html>, (06.07.2024)
- WING, 2024b, Wing News, <https://blog.wing.com/>, (11.07.2024)
- XIE Ming R., JUNG Shing Y., CHEN Kuan W., 2023, Three-Dimensional Drone Exploration with Saliency Prediction in Real Unknown Environments, Aerospace Dergisi, <https://doi.org/10.3390/aerospace10050488>

YAKAR Murat vd., 2023, İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Operatörlüğü Eğitim Kitabı, Atlas Akademi, <https://doi.org/10.51534/tiha.1189263>

YILMAZ Abdullah, ULVİ Hayri, 2022, Kentsel Hava Sahasında İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi için Verilmesi Gereken Hizmetler ve Kullanılabilecek Bazı Teknolojiler, Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 8-18, <https://doi.org/10.51534/tiha.1103761>

YOO H. D., CHANKOV S. M., 2018, Drone-delivery Using Autonomous Mobility: An Innovative Approach to Future Last-mile Delivery Problems, 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), s. 1216-1220, <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607829>

YÜCETÜRK Elif E., 2000, Tanzimat'tan Cumhuriyet'e Haberleşme: Mültezimlerden Konsorsiyumlara, İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 23-24, s. 289-302.

YÜKSEL Mehmet, 2003, Mahremiyet Hakkı ve Sosyo-Tarihsel Gelişimi, Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, Ankara

2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu, T.C. Resmi Gazete, 18196

5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu, T.C. Resmi Gazete, 27050

6745 sayılı Posta Hizmetleri Kanunu, T.C. Resmi Gazete, 28655

## ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlardan her seferinde değinme yaparak yararlandığımı ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Meslek Personeli Yönetmeliğe uygun olarak hazırladığımı belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mesut ATİLLE

## ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Van'da dünyaya geldi. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında mezun oldu. 2020 yılı Eylül ayından bu yana Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunda Bilişim Uzman Yardımcısı olarak görev yapmaktadır.

