

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

**TÜRKİYE’DE HAVA SAHASININ ESNEK
YÖNETİLMESİ VE EKONOMİK, KAPASİTE,
ÇEVRESEL KAZANIMLARI**

Yüksek Lisans Tezi

Ali ALTINOK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Olcay ÖLÇEN

İstanbul – 2022

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Ali ALTINOK

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Türkiye’de Hava Sahasının Esnek Yönetilmesi ve Ekonomik, Kapasite, Çevresel Kazanımları

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Havacılık Yönetimi

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 10.05.2022

Sayfa Sayısı : 121

Tez Danışmanları : Dr. Öğr. Üyesi Olcay Ölçen

Dizin Terimleri : Hava Sahası Esnek Yönetimi, Hava Trafik Yönetimi

Türkçe Özet : Bu çalışma, Türkiye’de gerçekleştirilen uçuşların ihtiyaçlarına karşılık verebilmek için gereksiz zaman kayıplarının önüne geçen bir uygulama ile kullanıcılarının yakıt ve maliyet tasarrufuna, çevresel zararların azaltılmasına ve verimsiz hava sahası kullanımının önüne geçilmesine yönelik düşünceden yola çıkarak gerçekleştirilmiştir.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

Ali ALTINOK

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

**TÜRKİYE'DE HAVA SAHASININ ESNEK
YÖNETİLMESİ VE EKONOMİK, KAPASİTE,
ÇEVRESEL KAZANIMLARI**

Yüksek Lisans Tezi

Ali ALTINOK

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Olcay ÖLÇEN

İstanbul – 2022

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez/proje olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ali ALTINOK

.../.../2022

İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ali ALTINOK'un 'Türkiye'de Hava Sahasının Esnek Yönetilmesi ve Ekonomik, Kapasite ve Çevresel Kazanımları' adlı tez çalışması, jürimiz tarafından HAVACILIK YÖNETİMİ Anabilim Dalı ve HAVACILIK YÖNETİMİ Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan _____

Dr. Öğr. Üyesi Olcay ÖLÇEN
(Danışman)

Üye _____

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah TÜRK

Üye _____

Dr. Öğr. Üyesi Oğuz YILDIZ

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 2022

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

TÜRKİYE’DE HAVA SAHASININ ESNEK YÖNETİLMESİ ve EKONOMİK, KAPASİTE, ÇEVRESEL KAZANIMLAR

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de hava sahalarındaki hava araçlarının ihtiyaçlarına karşılık verebilmek için uçuşlardaki gereksiz zaman kayıplarının önüne geçen hava sahasının esnek uygulanması ile hava sahası kullanıcılarının yakıt ve maliyet tasarrufuna, çevresel zararların azaltılmasına ve verimsiz hava sahası kullanımının önüne geçilmesine katkı sağlamak olarak düşünülmüştür.

Son yıllarda hızla artan hava trafiği, hava sahalarında kapasite sorunlarına, uçuş maliyetlerini artmasına, çevresel sorunların artmasına sebep olmuştur. Bahsedilen sorunları ülkemizdeki hava trafik yönetimindeki problemlere alternatif çözümler üretilmesini ve mevcut hava sahası yapısının daha verimli hale getirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Ülkemiz hava sahasının mevcut kapasitenin daha etkin ve verimli kullanılarak kapasitesinin artırılmasına yönelik dinamik bir hava trafik yönetimine ve hava sahasının esnek kullanımına ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Çalışmada hava sahasının esnek kullanılması durumunda elde edilen ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımları kıyaslama yöntemi ile analiz edilmiştir.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde hava sahasının esnek kullanımı kavramının tanımlanması, tarihçesi, amacı, hedefleri, konsepti, seviyeleri, yönetimi, sivil-asker koordinasyonu ve esnek hava sahası kullanıldığında getirdiği kazanımlardan bahsedilmiştir. Bölümün son kısmında ülkemizdeki hava sahası yapısının ve havacılık endüstrisinin SWOT analizi yapılmış ve esnek hava sahası kullanımının ülkemizdeki gelişimi ve uygulamaları anlatılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümde; Hava sahasının esnek yönetilmesine ilişkin çevresel etkileri, hava sahası kapasitesine etkilerinden ve ekonomik etkilerinden

bahsedilmektedir. Ayrıca bu bölümde, bu konu üzerine literatürde yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümde; hava sahasının esnek kullanımına yönelik araştırmanın problemi ve amacı, kısıtları ve varsayımları anlatılmıştır. Sonrasında araştırmanın çevresel, kapasite ve ekonomik kazanımlarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümde; genel değerlendirme, esnek hava sahasının çevresel, ekonomik ve kapasite etkisinin değerlendirmeleri yapılmıştır. Sonrasında çalışmada seçilen rotalar için değerlendirme yapılmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hava Sahasının Esnek Kullanılması, Hava Sahası Yönetimi, Hava Trafik Yönetimi, Hava Sahası

SUMMARY

The aim of this study is to contribute to the fuel and cost savings of airspace users, to reduce environmental damage and to prevent inefficient airspace use, with an application that prevents unnecessary time losses in flights in order to meet the needs of the aircraft in the airspaces used in Turkey.

Due to the rapidly increasing air traffic in recent years, it has caused capacity problems in airspaces, increased flight costs and increased environmental problems. The aforementioned problems have made it necessary to produce alternative solutions to the problems in air traffic management in our country and to make the existing airspace structure more efficient. It is thought that there is a need for dynamic air traffic management and flexible use of airspace in order to increase the capacity of our country's airspace by using the existing capacity more effectively and efficiently.

In the study, the gains obtained in the case of flexible use of the airspace were analyzed by the comparison method.

The study consists of four parts. In the first part, the Flexible Airspace The definition of the concept of its use, its history, purpose, objectives, concept, levels, management, civil-military coordination and the benefits it brings when flexible airspace is used are mentioned. In the last part of the section, SWOT analysis of the airspace structure and aviation industry in our country was made and the development and applications of flexible airspace usage in our country were explained.

In the second part of the study; Environmental impacts of flexible airspace management, impacts on airspace capacity and economic impacts are mentioned. In addition, in this section, studies in the literature on this subject are mentioned.

In the third part of the study; The problem and purpose, limitations and assumptions of the research for the flexible use of airspace are explained. Afterwards, the environmental, capacity and economic gains of the research are mentioned.

In the fourth part of the study; overall assessment, environmental, economic and capacity impact assessments of flexible airspace were made. Afterwards, an evaluation was made for the selected routes in the study and suggestions were made for future studies.

Keywords: Flexible Use of Airspace, Airspace Management, Air Traffic Management, Airspace



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	iii
KISALTMALAR	ix
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
EKLER LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
ÖNSÖZ.....	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

HAVA SAHASININ ESNEK KULLANIMI

1.1. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Tanımı.....	3
1.2. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Tarihçesi	4
1.3. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Amacı.....	5
1.4. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Hedefleri	6
1.5. Hava Sahası Esnek Kullanımı Konsepti	6
1.6. Hava Sahası Yönetim Seviyeleri	7
1.6.1. Stratejik Hava Sahası Yönetimi.....	8
1.6.2. Planlama Düzeyi Hava Sahası Yönetimi.....	9
1.6.3. Taktik Düzey Hava Sahası Yönetimi.....	9
1.7. Hava Sahasının Esnek Kullanımı Yapıları	10
1.7.1. Şartlı Rotalar (Conditional Route-CDR)	10
1.7.1.1. Şartlı Rotaların Kategorileri	11
1.7.2. Geçici Hava Sahası Kısıtlamaları ve Tahsisi.....	12
1.7.3. Koordinasyonu Azaltılmış Hava Sahası	13
1.7.4. Koordine Edilmiş Hava Sahası.....	13
1.7.5. Sınır Aşan Hava Sahaları.....	13
1.7.6. Hava Sahası Tahditleri.	13

1.8. Hava Sahası Yönetimi Bilgilerinin Yayınlanması.....	14
1.8.1. Hava Sahası Kullanım Planı.....	14
1.8.2. Güncellenmiş Hava Sahası Kullanım Planı.....	15
1.8.3. Elektronik Hava Sahası Yönetim Bilgileri.....	16
1.9. Hava Trafik Yönetimi.....	16
1.9.1. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri.....	16
1.9.2. Hava Trafik Akış Yönetimi.....	18
1.9.3. Hava Sahası Yönetimi.....	18
1.9.4. Havacılık Bilgi Yayınları (AIP).....	20
1.10. Hava Trafik Yönetiminde Sivil-Asker İş Birliği ve Çalışabilirlik.....	20
1.10.1. Sivil-Asker Koordinasyonunun Mekanizmaları.....	20
1.10.2. Sivil-Asker Koordinasyon Aracı.....	21
1.10.2.1. Yerel ve Bölgesel Hava Sahası Yönetim Sistemi.....	21
1.10.2.2. Avrupa Sivil-Asker Performans Ölçümü Destekleyici Bilgi Deposu.....	22
1.11. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Getirdiği Kazanımlar.....	23
1.12. Türkiye Hava Sahası Yapısı ve GZFT (SWOT) Analizi.....	24
1.13. Hava Sahasının Esnek Kullanımı Kavramının Türkiye'deki Gelişimi.....	27

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA SAHASI ESNEK YÖNETİMİNİN ETKİLERİ

2.1. Çevresel Etkileri.....	31
2.1.1. EMİSYON ETKİSİ.....	32
2.1.1.1. SERA GAZI EMİSYONLARI VE SİVİL HAVACILIKTAKİ ETKİLERİ.....	33
2.1.1.1.1. KARBONDİOKSİT (CO ₂).....	34
2.1.1.1.2. SU BUHARI.....	38
2.1.1.1.3. AZOT OKSİT (NO _x).....	38
2.1.1.1.4. KARBONMONOKSİT (CO).....	39
2.2. HAVA SAHASI KAPASİTESİNE ETKİSİ.....	39
2.3. Ekonomik Etkileri.....	42

2.3.1. YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ.....	43
2.3.2. UÇUŞ GECİKMELERİNE ETKİSİ.....	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HAVA SAHASININ ESNEK YÖNETİLMESİNE İLİŞKİN

UYGULAMA

3.1. Türkiye’deki Esnek Hava Sahası Yapısına Yönelik Araştırma.....	50
3.1.1. ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ	50
3.1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	51
3.1.3. ARAŞTIRMANIN METODU.....	51
3.2. Literatürdeki Çalışmalar	53
3.3. Esnek Hava Sahası Yapısına Yönelik Uygulamalar.....	60
3.3.1. VARSAYIMLAR VE KISITLAR.....	60
3.3.2 UÇUŞLARIN HESAPLANMASI VE YORUMLANMASI	62
3.3.2.1. İSTANBUL-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ HESAPLANMASI.....	62
3.3.2.2. SABİHA GÖKÇEN-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ HESAPLANMASI... 64	
3.3.2.3. ANKARA-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ HESAPLANMASI	65
3.3.2.4. BATMAN-İSTANBUL UÇUŞLARININ HESAPLANMASI.....	67
3.2.3 UÇUŞLARIN EKONOMİK KAZANIMLARI	69
3.2.3.1. İSTANBUL-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ EKONOMİK KAZANIMLARI	70
3.2.3.2. SABİHA GÖKÇEN-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ EKONOMİK	
KAZANIMLARI.....	71
3.2.3.3. ANKARA-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ EKONOMİK KAZANIMLARI .	71
3.2.3.4. BATMAN-İSTANBUL UÇUŞLARININ EKONOMİK KAZANIMLARI.....	72
3.2.4 UÇUŞLARIN ÇEVRESEL KAZANIMLARI.....	79
3.2.4.1. İSTANBUL-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ ÇEVRESEL KAZANIMLARI.	79
3.2.4.2. SABİHA GÖKÇEN-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ ÇEVRESEL	
KAZANIMLARI.....	80

3.2.4.3. ANKARA-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ ÇEVRESEL KAZANIMLARI ..	80
3.2.4.4. BATMAN-İSTANBUL UÇUŞLARININ ÇEVRESEL KAZANIMLARI.....	81
3.2.5 UÇUŞLARIN KAPASİTE KAZANIMLARI	81
3.2.5.1. İSTANBUL-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ KAPASİTE KAZANIMLARI .	82
3.2.5.2. SABİHA GÖKÇEN-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ KAPASİTE KAZANIMLARI.....	82
3.2.5.3. ANKARA-DİYARBAKIR UÇUŞLARININ KAPASİTE KAZANIMLARI...	83
3.2.5.4. BATMAN-İSTANBUL UÇUŞLARININ KAPASİTE KAZANIMLARI.....	84

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

4.1. Genel Değerlendirme	85
4.2. Hava Sahasının Esnek Kullanımına Yönelik Değerlendirmeler	85
4.2.1 EKONOMİK ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	86
4.2.2 ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	87
4.2.3 KAPASİTE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	88
KAYNAKÇA	90
EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	100

KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ACI: Airport Council International

AIP: Havacılık Bilgi Yayını (Aeronautical Information Publication)

AIS: Havacılık Bilgi Hizmetleri (Aeronautical Information Services)

AMC: Hava Yönetim Hücresi (Air Management Cell)

ANSP: Hava Seyrüsefer Hizmet Sağlayıcısı (Air Navigation Service Provider)

ASM: Hava Sahası Yönetimi (Airspace Management)

ATC: Hava Trafik Kontrol (Air Traffic Control)

ATFM: Hava Trafik Akış Yönetimi (Air Traffic Flow Management)

ATM: Hava Trafik Yönetimi (Air Traffic Management)

ATS: Hava Trafik Servisi (Air Traffic Service)

AUP: Hava Sahası Kullanım Planı (Airspace Use Plan)

CBA: Sınır Ötesi Sahalar (Cross Border Areas)

CDM: İşbirlikçi Karar Alma (Collaborative Decision Making)

CDR: Şartlı Rota (Conditional Route)

CFMU: Merkezi Akış Yönetim Birimi (Central Flow Management Unit)

CNS: İletişim Seyrüsefer Gözetim (Communication Navigation Surveillance)

CRAM: Conditional Route Allocation Message

CRM: Ekip Kaynak Yönetimi (Crew Resource Management)

DHMI: Devlet Hava Meydanları İşletmesi

EEUP: Avrupa Hava Sahası Kullanım Planı (The European Airspace Use Plan)

ECAC: Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (European Civil Aviation Conference)

FAA: Federal Havacılık Dairesi (Federal Aviation Administration)

FMP: Akış Yönetim Pozisyonları (Flow Management Position)

LARA: Yerel ve Bölgesel Hava Sahası Yönetim Sistemi (Local and Regional Airspace Management System)

PRISMIL: Performans Ölçümü Destekleyici Bilgi Deposu (Pan-European Repository of Information Supporting Civil-Military Performance Measurement)

SES: Tek Avrupa Gökyüzü (Single European Sky)

SESAR: Hava Trafik Yönetimi Araştırma Geliştirme (Single European Sky ATM Research)

SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SMART: Türkiye Hava Trafik Kontrol Merkezi

TALPA: Türkiye Havayolu Pilotlar Derneği

UTC: Coordinated Universal Time

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Eurocontrol bölgesindeki bazı ülkelerin FUA kapsamında karşılaştırılması	7
Tablo 2: ABD havayolu şirketleri 2016 yılı için uçuş operasyonlarının ortalama maliyet kalemleri.....	47
Tablo 3: İstanbul-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg).....	73
Tablo 4: Sabiha Gökçen-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg).....	73
Tablo 5: Ankara-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg).....	74
Tablo 6: Batman-İstanbul rotası yakıt kazanımı (kg).....	74
Tablo 7: ABD havayolu şirketleri 2016 yılı için uçuş operasyonlarının ortalama maliyet kalemleri.....	75
Tablo 8: B738 uçak tipi için rota kaynaklı uçuş gecikme sürelerinin toplam maliyete etkisi.....	76
Tablo 9: B738 uçak tipi için rota kaynaklı uçuş gecikme sürelerinin toplam maliyete etkisi.....	76
Tablo 10: Uçuş gecikme sürelerinin bakım maliyetlerine etkisi.....	76
Tablo 11: İstanbul-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı.....	76
Tablo 12: Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı.....	77
Tablo 13: Ankara-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı.....	78
Tablo 14: Batman-İstanbul uçuşunun süre kazanımı.....	78
Tablo 15: İstanbul-Diyarbakır uçuşunun çevresel kazanımı.....	79
Tablo 16: Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun çevresel kazanımı.....	80

Tablo 17: Ankara-Diyarbakır uçuşunun çevresel kazanımı.....80

Tablo 18: Batman-İstanbul uçuşunun çevresel kazanımı.....81



EKLER LİSTESİ

EK-A: Türk Hava Yolları ve Pegasus Hava Yolları şirketlerinin günlük tarifeli uçuş çizelgesi.....	98
EK-B: Türkiye’de bulunan tahditli alan ve sahalar.....	99



ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1:** Hava Sahası Kullanım İhtiyaçları Değerlendirme ve Uygulama Süreci....15
- Şekil 1.2:** Türkiye’deki hava sahası yapısının GZFT (SWOT) analizi.....25
- Şekil 1.3** Türkiye’de Hava Sahası Esnek Kullanımı ve İş Akış Diyagramı.....28
- Şekil 1.4:** Hava Sahasının Esnek Kullanımı Konseptine Yönelik Yönetim Teşkilat Yapısı ve Kurum/Kuruluşları.....30
- Şekil 2.1:** 1 Saatlik Uçuş (150 Yolcu)- İki Motorlu Jet Uçağından Kaynaklanan Emisyon Miktarları.....34
- Şekil 2.2:** CO2 Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı.....34
- Şekil 2.3:** Eurocontrol bölgesindeki uçuşların 2018-2019 yıllarındaki gecikme sebepleri.....44
- Şekil 2.4:** Jet yakıtı fiyat gelişmeleri- Euro/US\$ döviz kuru hareketlerinin etkisi.....45
- Şekil 3.1:** İstanbul (LTFM)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası..62
- Şekil 3.2:** İstanbul (LTFM-Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası....63
- Şekil 3.3:** Sabiha Gökçen (LTFJ)-Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası.....64
- Şekil 3.4:** Sabiha Gökçen (LTFJ)-Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası.....65
- Şekil 3.5:** Ankara (LTAC)-Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası...66
- Şekil 3.6:** Ankara (LTAC)-Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası.....67
- Şekil 3.7:** Batman (LTCJ)- İstanbul (LTFM) arası planlanan normal uçuş rotası.....68
- Şekil 3.8:** Batman (LTCJ)-İstanbul (LTFM) arası planlanan esnek uçuş rotası.....69

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı sürdürürken, bana her zaman destek olan eşime ve çocuklarıma, yoğun akademik çalışmaları arasında zamanını ayırarak bana yol gösteren, süreç içerisinde karşılaştığım her türlü zorlukta desteğini esirgemeyen, her zaman yardımcı olan çok değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Olcay ÖLÇEN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmanın ilham noktası olarak bana ilk fikri veren yöneticilerimden Sn. Bahadır Giden'e ve bu zorlu süreçte desteğini esirgemeyen, değerli meslektaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ali ALTINOK

GİRİŞ

Günümüz teknoloji dünyasında insanlar için zaman kavramının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Kısa vadeli veya uzun vadeli iş süreçlerinde zamanın dikkatli kullanılarak hızlı bir şekilde sonuca ulaşılma gayreti içinde bulunduğu gerçek her sektörde yerini almıştır. Zaman kavramının ilk planda yer aldığı sektörlerin başında hiç şüphe yok ki ulaştırma sektörü gelmektedir. Ulaştırma sektörünü oluşturan taşıma modları arasında ise hava taşımacılığı en avantajlı durumda olanıdır.

Hava taşımacılığı sektörü son yüzyıl içerisinde en hızlı büyüyen ulaştırma alt dalı olmuştur. Hava aracı, motor, seyrüsefer, havalimanı, yer hizmetleri, güvenlik gibi faaliyet alanlarında kullanılan teknolojiadaki gelişim sektörün çok hızlı büyümesini sağlamıştır.

Ulaştırma modları arasında hız ve zaman bakımından en avantajlı durumda olan hava taşımacılığı sektöründe emniyet ve güvenlik amaçları doğrultusunda uçuş ve yer operasyonlarının hızlandırılması adına yeni teknoloji, strateji ve prosedürlerin geliştirilmesi ve uygulanması çalışmaları devam etmektedir. Sürdürülebilir, emniyetli ve çevreye duyarlı bir hava taşımacılığı sektörü oluşturulması hedeflenerek her faaliyet alanında inovatif yaklaşımlar görülmektedir.

İnovatif yaklaşımlardan bir tanesi de hava sahalarının en verimli şekilde kullanılmasıdır. Sınırsız gökyüzünde uçuş rotalarının oluşturulmasında dikkate alınan en temel amaç hava araçlarının diğer hava araçları ile çarpışmalarının ve yakın geçişlerin önlenmesidir. Bunun yanında rotalar zaman, hız ve yakıt tasarrufu açısından da en kısa mesafeyi kapsayacak şekilde dizayn edilmektedir.

Hava sahaları özellikleri itibariyle askeri ve sivil uçuşların bir arada yapıldığı sahalardır. Bunların haricinde sağlık, yardım, arama-kurtarma, eğitim, sportif vb amaçlı yapılan birçok uçuş hava sahasında trafik yoğunluğunda artışa neden olabilmektedir.

Hava trafik yoğunluğunun hızla arttığı günümüzde hava sahalarının yeniden dizayn edilmesi artık bir zorunluluktur. Uçuşların emniyetli, verimli ve ekonomik açısından yapılabilmesi amacıyla hava sahalarının özel amaçlı kullanımı konusunda yeni bir uygulamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç, hava sahası esnek kullanımı ile giderilebilecektir.

Esnek hava sahası, sivil trafiğin tahditli, tehlikeli ve yasaklı hava sahalarında emniyet ve güvenlik gözetilerek uçuşlarının yapılmasının sağlanmasıdır. Esnek hava sahası uygulaması ile uçuş rotaları kısalarak daha hızlı bir ulaşım hizmeti gerçekleştirilmiş olacaktır. Bunun yanında daha az yakıt sarfiyatı dolayısıyla daha az karbon emisyonu salınımı sağlanabilecektir.

Çalışmanın birinci bölümünde esnek hava sahasının tanımı, tarihçesi, kullanım amacı, hedefleri ve faydalarından bahsedilmiştir. Ayrıca hava sahası yönetimi ve esnek hava sahası yapıları ele alınmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise hava sahası esnek yönetimin çevresel, ekonomik ve kapasite etkilerine değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise Türkiye hava sahası analiz edilerek hava sahasının esnek uygulamasına ilişkin havayolları işletmelerinin kullanmış olduğu bir uçuş planlama programı aracılığı ile gerçek bir uçuş planı üzerinden İstanbul-Diyarbakır, Sabiha Gökçen-Diyarbakır, Ankara-Diyarbakır ve Batman-İstanbul parkurları üzerine çalışılmıştır. Sonuç bölümünde ise hava sahası esnek uygulamasının Türkiye’de hava taşımacılığı sektöründeki ekonomik, çevresel ve kapasite etkileri ortaya konulmuştur ve önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise hava sahası esnek yönetilmesinin çevresel, ekonomik ve kapasite kazanımlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

HAVA SAHASININ ESNEK KULLANIMI

Bu başlık altında, hava sahasının esnek kullanımının tanımı, tarihçesi, amacı, hedefleri, uygulanması, yapı ve prosedürleri, hava sahasının getirdiği kazanımlar açıklanmıştır.

1.1. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Tanımı

Hava Sahasının Esnek Kullanımı (FUA, Flexible Use of Airspace) belirlenen öncelikler çerçevesinde, tüm hava sahası kullanıcıları tarafından, sivil ve asker ayrımı gözetmeksizin, etkin ve esnek kullanılabilmesine karşılık verebilen bir hava saha ortamı olarak ifade edilir (SHGM, 2014).

Esnek hava sahası ile Hava Trafik Kontrol (ATC, Air Traffic Control) üniteleri tarafından daha dinamik bir hava sahası oluşturulur. Hava sahasını kullanan trafiklerin talep ve ihtiyaçlarına göre şekil alması sayesinde daha verimli bir trafik akışı ve uçuş operasyonlarının performansını önemli ölçüde artırma potansiyeli mevcuttur. Hava sahasını en yüksek seviyede kullanabilmek adına asker ve sivil uçaklar tarafından gönderilen bilgilerin eş zamanlı olarak aktarımların olması gerekmekte ve bu sayede kullanılmayan hava sahaları kullanımda olabilecektir. Esnek hava sahası ile hava sahasını kullanan trafiklerin anlık olarak kapasitelerinin ölçülmesine olanak sağlar bu sayede hava sahasında yaşanabilecek trafik sorunlarının ve tıkanıklarının da önüne geçilmiş olacaktır.

Esnek hava sahası kavramı, hava sahasının belirli bir zaman periyodu ve hava sahası hacmi dahilinde gerçek kullanım ihtiyacı esas olmak üzere günlük olarak tahsis edilmesini sağlar (SHGM, 2015).

1.2. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Tarihçesi

Esnek hava sahası kavramı, Avrupa'da tek hava sahası düşüncesiyle birlikte Eurocontrol teşkilatının kuruluşu ile aynı zamanda ortaya çıkmış olup, 1960 yılında Eurocontrol teşkilatı kuran devletlerin ana amacının "tek bir hava sahası" oluşturmak olduğu bilinmektedir (DHMI, 2006). Esnek hava sahası, Eurocontrol'un Avrupa'da tek hava sahası oluşturmak için, hava trafiği ile hava seyrüseferin uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak için gelişmiş sistemler ve ilgili prosedürler oluşturulmuştur.

Esnek hava sahası, Avrupa'da 10 Mart 2004 tarihli ve 551/2004 sayılı Tek Avrupa Gökyüzü (SES, Single European Sky) mevzuatın 7. maddesinde yer almaktadır. SES, esasında 1960'lı yıllarda başlar; 2002 yılında Avrupa Birliği (AB) Adalet Divanı kararıyla yasal dayanağını alır; 2003 yılında yasa tasarısı onaylanır ve 31 Mart 2004 tarihinde AB Resmî Gazetesinde yayımlanır ve 20 Nisan 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Tek hava sahası oluşturmak, devletlerin egemenliği fikrinin çok ötesinde olması sebebiyle SES'e üye devletlerin tek başına gerçekleştiremeyeceği, bundan dolayı hedefin AB antlaşmasına uygulanabileceği ve üyesi olmayan devletlerin ise yapılan anlaşmalarla ya da Eurocontrol üyeliği vasıtasıyla SES inisiyatifine ilave edilebileceği belirtilir. Bu bağlamda Türkiye, AB tam üyesi olmamakla birlikte Eurocontrol üyesidir. Devlet egemenliği anlayışı ötesinde olan hedefe Türkiye'yi dâhil etmenin yolu açılır.

Türkiye'de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün (SHGM) havayolu şirketlerinden gelen yoğun isteklerinden dolayı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI), Genelkurmay Başkanlığı ve Hava Kuvvetleri Komutanlığı ve ilgili kurumlarla görüşerek Türk hava sahasını yeniden yapılandıracağı haberleri, oluşum sürecini işaret etmektedir. AB'nin 2006 senesinde hayata geçirdiği politika, yedi yıl sonra Türkiye'de gündeme getirilmiştir.

Türkiye Havayolu Pilotları Derneği (TALPA) yaptığı bir açıklamada, askeri amaçlı kullanılan hava sahalarının sivil trafiklere kullanıma açılmasıyla 607 milyon dolar tasarruf edilebileceğini belirtir (İL Gazetesi, 2013).

AB, Türkiye'yi medya ve baskı grupları üzerinden Esnek hava sahası politikasını uygulaması için zorlamaktadır. SHGM, AB tüzüğüne sekiz yıl sonra 2014 yılında Hava Sahasının Esnek Kullanımı Yönetmeliği (Sivil Havacılık Yönetmeliği, SHY-FUA) (RG: 18.04.2014, 28976) yayınlarak katılır.

Türkiye'de 2014 yılında resmî gazetede yayımlandıktan sonra 2015 yılında rotaların kısaltılması hedefi doğrultusunda 3 rota kısaltılmıştır. Yapılan çalışma ile hava sahasının esnek kullanılması için mevzuatta mutabakata varılmış olup nihai onay için Başbakanlığa gönderilmiştir (SHGM Performans Raporu, 2014). 2016 yılında, 2017 yılı için bu çalışmalar için bütçe ayrılmaya başlanmıştır. 2017 yılında pilot bölgede faaliyetlerin başlama oranı yüzde 15, 2018 yılında yüzde 25, 2019 yılında yüzde 30 oranlarına sahiptir (SHGM Performans Raporu, 2019).

1.3. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Amacı

Hava sahasının esnek kullanılmasının amacı, sivil-asker iş birliği ile etkin ve verimli planlama yoluyla hava sahası dinamizmini artırmak, rotaların kısalmasına bağlı olarak uçaklarda yakıt miktarının azaltılmasını sağlamak, zaman tasarrufuna bağlı olarak uçuş maliyetlerini azaltmak, en uygun uçuş rotalarının kullanılmasına olanak sağlamaktır. Hava sahası esnek uygulaması, hava sahalarının gereksiz kullanımını azaltılmasına bağlı olarak uçaklardan gelen karbon salınımını en aza indirmek, hava trafik kontrol ile etkin bir koordinasyon sağlanıp uçuş operasyonlarında daha uygun rotaya ve daha verimli uçuş rotalarının kullanılmasına olanak sağlamaktır. Bu uygulama ile, askeri kullanımlar için kapatılan hava sahalarını kullanılmadığı zamanlarda şartlı rotalarla sivil trafiklerin kullanımına açarak direkt uçuş rotası olanağı sağlamaktır. Esnek hava sahasının bu yapısı ile hava sahası kapasitesinde ciddi ölçüde artış sağlanması amaçlanmaktadır (Eurocontrol, 2022).

1.4. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Hedefleri

Ülkemizde 18 Nisan 2014 tarihinde Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren hava sahasının esnek kullanımının hedefleri;

- İleri seviye asker-sivil koordinasyon ortamı oluşturarak ve asker-sivil ayrımı gözetilmeksizin ihtiyaçlara göre direkt rota tahsis etmek sureti ile uçuş rotalarının kısaltmak,
- Kullanıcılar için daha etkin ve verimli hava sahası oluşturmak,
- Kullanılmayan hava sahaları sayesinde ilave uçuş rotaları oluşturmak,
- Hava trafik hizmetlerinde çalışanların iş yükü azaltmak,
- Zaman tasarrufu sağlanmak,
- Bakım maliyetlerinin azaltılmak,
- Daha az yakıt tüketmek,
- Karbondioksit gazı salınımının azaltılması bakımından çevre kirliliği ile birlikte küresel ısınma etkisinin azaltılması olarak sıralanabilir.

1.5. Hava Sahası Esnek Kullanımı Konsepti

Hava sahası esnek kullanımının tüm kullanıcılar tarafından muntazam bir şekilde uygulanabilmesi için üye devletler Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC), sivil-asker iş birliğini geliştireceklerini; askeri gereklilikleri dikkate alarak birbirleriyle koordinasyon içerisinde olacaklarını; komisyonun temsilcisi tarafından yönetilen ve her üye devletin iki temsilcisinden oluşan Tek Avrupa Gökyüzü (SES) Komitesine yardımcı olacaklarını; hava trafik yönetimiyle ilgili olarak Eurocontrol'ü otorite kabul edeceklerini beyan ederler.

Hava Sahasının esnek kullanımının pratik olarak uygulanması için esnek hava sahası yapılarının günlük olarak tahsis edilmesi ve ilan edilmesi için ulusal ya da alt bölgesel hava sahası yönetim sistemlerine ve ağ yönetimine (Network Manager) dayanır.

Ağ yöneticisi, özellik serbest rota uçuşları hava sahasını ilgilendiren, uçuş planı (FPL, Flight plan) için bağlantılı bilgiler (örneğin tahditler, zorunlu ara noktalar vs.)

dahil olmak üzere sürekli olmayan hava trafik servisinin (Air Traffic Service) günlük kullanılabilirliğini yayılmasından ve sahaların günlük tahsisinden sorumludur (SHGM, 2014).

1.6. Hava Sahası Yönetim Seviyeleri

Hava sahası esnek kullanım kavramı ihtiyaçlara dayalı olarak hava sahasının en etkin ve verimli şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla üç Hava Sahası Yönetimi (ASM, Airspace Management) seviyesinde oluşturulmuştur. Her bir seviye diğer seviyeler ile ilişkili olup, birbiri ile etkileşim halindedir. Hava Sahasının Esnek Kullanımının tüm seviyelerde sivil ve askeri otoritelerin hava trafik yönetimi koordinasyon sorumluluğu bulunmaktadır (SHGM, 2015).

- a. Stratejik Hava Sahası Yönetimi (Airspace Management-ASM) Seviye 1
- b. Ön Taktiksel Hava Sahası Yönetimi (Airspace Management-ASM) Seviye 2
- c. Taktiksel Hava Sahası Yönetimi (Airspace Management-ASM) Seviye 3

Eurocontrol kontrol bölgesinde yer alan bazı ülkelerin esnek hava sahası uygulaması kapsamında 2021 yılı itibarıyla seviye 1, 2, 3'ü uygulayıp uygulamadıkları ve ülke bazında uygulanabilen oran tablo-1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Eurocontrol bölgesindeki bazı ülkelerin FUA kapsamında karşılaştırılması

Ülke Adı	FUA'daki Durumu
Arnavutluk	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %83
Avusturya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %29
Belçika	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %62
Bosna Hersek	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %92
Bulgaristan	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %90
Danimarka	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %100
Finlandiya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %53
Hırvatistan	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %81

İspanya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %60
İsveç	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %52
İsviçre	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %38
Ülke Adı	FUA'daki Durumu
İngiltere	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %46
İtalya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %48
Letonya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %65
Litvanya	Seviye 1, 2 uygulanmakta ve uygulanma oranı %77
Makedonya	Seviye 1, 2 uygulanmakta ve uygulanma oranı %100
Moldova	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %38
Norveç	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %70
Polonya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %100
Portekiz	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %73
Romanya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %51
Slovakya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %83
Slovenya	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %1
Ukrayna	Seviye 1, 2, 3 uygulanmakta ve uygulanma oranı %39

Kaynak: <https://www.eurocontrol.int/service/local-single-sky-implementation-monitoring>

1.6.1. Stratejik Hava Sahası Yönetimi

Stratejik Seviye Hava Sahası Yönetimi, ulusal ve uluslararası hava sahası kullanıcılarının ihtiyaçları dikkate alınarak dinamik bir hava sahası planı oluşturulması, hava sahası yönetimine ilişkin gerekli stratejik planlamaların ve ulusal esasların belirlendiği yönetim seviyesidir. Stratejik Hava Sahası Yönetimi, sivil-asker koordinasyonu ile Hava Sahası Yürütme Kurulu aracılığı yürütülür. Bu kurul çalışmalarında Havacılık Üst Kurulu tarafından tanımlanan politikalara hareket eder. Hava Sahası Yürütme Kurulu tarafından; Hava Sahası Yönetim Ünitesinin, çalışma usulleri, görevleri, yetki ve sorumlulukları ile hava sahası planlamalarında izlenecek

hareket tarzları, tahsis öncelikleri ve koordinasyon usulleri belirlenir. Görev ve sorumlulukları arasında; kullanılan esnek hava sahası yapıları ve uçuş rota taleplerinin sürekli olarak değerlendirilmesi, hava sahası kullanıcılarının uçuş emniyeti değerlendirilmesinin yapılması, Geçici Ayırılmış Saha , Şartlı Rota, Sınır Ötesi Sahaları, Geçici Ayırılmış Saha yapıları belirlenirken uçuş emniyetinin göz önünde bulundurulması, ASM seviye 2 ve 3 yapılarının planlanabilir ve uygulanabilir olması, komşu devletler ile koordinasyon kurarak hava sahası planlama ve yönetim görevlerini yerine getirmek (SHGM, 2015).

1.6.2. Planlama Düzeyi Hava Sahası Yönetimi

Planlama Düzeyi Hava Sahası Yönetimi, Hava Sahası Yürütme Kurulunca tanımlanan hava sahası kullanım usul, strateji ve öncelikleri çerçevesinde; haftalık ve günlük hava sahası planlamalarının ve geçici hava sahası tahsislerinin gerçekleştirildiği yönetim seviyesidir. ASM-2, hava sahası yönetimince yürütülür ve bu hava sahası yönetimi Türk hava sahasına ilişkin olarak belirlenen önceliklere göre planlama ve tahsis yetkisine sahip sivil-asker koordinasyonu olan bir ünedir. Bu ünite, kullanıcıların taleplerini toplar, tanımlanmış kurallara ihtiyaçları analiz eder, ihtiyaçlar arasında çakışma olması durumunda söz konusu talepleri ihtiyaç sahibi sivil ve askerî otoriteler ile tekrar koordine eder ve sahasının kullanımına dair planını oluşturur, yayımlar ve Eurocontrol Merkezi Akış Kontrol Yönetim Ünitesi (CFMU)'ne gönderir. Kullanım istekleri gün içerisinde değerlendirir ve gerekli görülmesi durumunda, kullanım planını güncelleyerek yayımlar ve Merkezi Akış Yönetim Birimine (CFMU, Central Flow Management Unit) gönderir (SHGM, 2015).

1.6.3. Taktik Düzey Hava Sahası Yönetimi

Taktik Hava Sahası Yönetimi, yayımlanan hava sahası kullanım planı çerçevesinde yapılan hava sahası tahsislerinin gerçek zamanlı olarak takip ve koordine edildiği seviyedir. Takip ve koordinasyon Hava Sahası Yönetim Ünitesince yürütülür. Yayımlanan kullanım planı ile tahsis edilen sahalari, yayımlanmış plan doğrultusunda, ilgili üniteler tarafından gerçek zamanlı olarak kullanıma açılır ve kapatılır. Hava

Sahası Kullanım Planı ile tahsis edilerek askeri kullanıma verilen sahalardan dışındaki Türk Hava Sahası herhangi bir koordinasyona gerek olmadan sivil hava trafik kontrol üniteleri tarafından kullanılır. Hava trafik kontrolü ile temas kurmayan veya tanımlanmamış trafiklere ilişkin bilgiler ilgili sivil/asker ünitelerine bildirilir (SHGM, 2014).

1.7. Hava Sahasının Esnek Kullanımı Yapıları

Hava Sahası Esnek kullanımında farklı sahalardan kullanılabilmekte olup aşağıda listelenmiştir. Bu hava sahalardan geçici tahsis şekilleri ile uygulanır:

- a) Şartlı Rotalar
- b) Geçici Rezerve Edilmiş Sahalar
- c) Geçici Ayrılmış Sahalar
- ç) Sınır Aşan Hava Sahaları
- d) Koordinasyonu Azaltılmış Hava Sahaları
- e) Koordine Edilmiş Hava Sahalarıdır.

Mevcut uçuş rotalarında kullanılan bir hava sahasında rotaların kullanımını daha üst seviyelere çıkarmak için bu yapılar hava sahası kullanacak trafiklerin ihtiyaçlarına göre tercih edilir (SHGM, 2014).

1.7.1. Şartlı Rotalar (Conditional Route-CDR)

Şartlı rotalar, temelinde normal hava trafik hizmeti verilen rotalardan farkları yoktur fakat belirlenmiş koşullar altında uçuş planlaması ve kullanımı için uygun olan hava koridorlarıdır. Bu rotalar Hava Sahası Yürütme Kurulu tarafından, sivil hava trafiği ihtiyaçları ile askeri ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak oluşturulur. Bu rotaların kategorileri, üst ve alt irtifa limitleri ve tanıma kodları Türkiye Havacılık Bilgi Yayınında (AIP, Aeronautical Information Publication) yayımlanır. Bu rotalar; Kategori 1 (Conditional Route-CDR1), Kategori 2 (CDR2) ve Kategori 3 (CDR3) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

1.7.1.1. Şartlı Rotaların Kategorileri

a) Uçuş Planlanabilen Kalıcı Şartlı Rotalar (CDR1):

Ülkelerin AIP'lerinde belirtilen koşullarda, belirli alanlarda ve zamanlarda sürekli uçuş planlanabilen hava koridorlarıdır. CDR1'ler 24 saatlik bir zaman periyodunda belirli aralıklarla veya belirli uçuş irtifaları aralıklarında kullanılabilir.

CDR1'ler hava sahası kullanıcıları tarafından uçuş planlaması safhasında kullanılır ve uçuş planını etkileyen bir durum olduğunda uygulanabilirliği göz önünde tutularak hava sahasından sorumlu hava trafik birimleri için daha önceden belirlenen koordinasyon uygulamaları ile şartlı rota kullanımına müsaade edilir.

b) Uçuş Planlanabilen Geçici Şartlı Rotalar (CDR2):

Ülkelerin AIP'lerinde belirtilen koşullarda, günlük Şartlı Rota Uygunluk Mesajı (CRAM, Conditional Route Allocation Message) ile iletilmesi koşuluyla, uçuş planlamalarında kullanılabilen uçuş rotalarıdır. CDR2 hava koridorları, Hava Sahası Yönetim Planında yayımlanır.

CDR2'lerin kullanılırken kapasite problemi olma durumunda Akış Yönetim Pozisyonları (FMP, Flow Management Position) tarafından değerlendirilmeye alındıktan sonra hava trafiği dengelemek için talep edilebilir. Bu rotaların kullanıma izin verildiği zaman, hava sahasından sorumlu sivil ve askeri birimleri tarafından değerlendirmeye tabi olur.

c) Kategori 3 Uçuş Planlanamayan Şartlı Rotalar (CDR3):

1) Uçuş planlamalarında kullanılmayan, sadece taktik seviye hava trafik yönetimi kapsamında, tahsisli sahaları etkilemeyecek şekilde Hava Trafik Kontrolörleri talimatı ile kullanılan rotalardır. Bu rotalardan uygun görülenler AIP'de yayımlanır.

2) Hava Sahası Kullanım Planında bildirilmiş uçuşlardır fakat herhangi bir sebeple iptal edilmesi durumunda ilgili saha Hava Sahası Yönetim Ünitesi tarafından ilgili sivil-asker hava trafik üniteleri ile koordinasyon kurularak kullanıma açılır.

3) Hava Sahası Kullanım Planında bildirilmiş uçuşlardır fakat ilgili saha sivil uçuşların artmasına bağlı olarak ATC tarafından o sahadan sorumlu askeri kontrol üniteleri ile koordinasyon kurulması halinde anlık olarak kullanıma açılır.

1.7.2. Geçici Hava Sahası Kısıtlamaları ve Tahsisi

Geçici Hava Sahası Tahsisi;

1. Hava Sahası Yönetim Kurulu tarafından önceden betimlenmiş ve tahsis edilmesi için ilgili üniteye yetki verilmiş sahalarının geçici olarak tahsis edilmesi işlemidir.

2. Tehlikeli hava sahaları ve geçici tahsisli/ayrılmış hava sahaları kullanılmadıkları zamanlarda sivil trafiklerin istekleri doğrultusunda tahsis edilebilir.

3. İcra edilecek uçuşların türüne göre iki farklı tipte geçici hava sahası tahsis edilebilir. Bunlar;

a) İlgili hava sahasında icra edilecek faaliyetlerin diğer uçuşları tehlikeye atma durumlarında oluşturulan Geçici Ayrılmış Sahadır.

b) İlgili sahada icra edilecek faaliyetin diğer uçuşlara tehlike oluşturmayacağı durumlarda tahsis edilen Geçici Tahsisli Sahadır.

4. Geçici Ayrılmış Saha ve Geçici Tahsisli Sahalar Hava Sahası Yürütme Kurulu tarafından oluşturulur. Hava Sahası Yönetim Ünitesi tarafından, hava sahasını kullanacak trafiklerin istekleri dikkate alınarak, günlük olarak tahsis edilir ve kullanıma açılır, uçuş bittikten sonra kapatılır.

5. Geçici Ayrılmış Sahalar ve Geçici Tahsisli Sahalar; sivil ve asker faaliyetler için araştırma-geliştirme, eğitim ve test uçuşlarının yapılması amacıyla geçici olarak oluşturulur. Hava sahası yönetiminde belirlenmiş kurallara göre oluşturulan bu sahalarla ilişkin kullanım istekleri Hava Sahası Yönetimine yapılır. İlgili yönetim tarafından değerlendirildikten sonra kullanıcılara tahsisi gerçekleştirilir.

6. İcra edilen görevler göz önüne alınarak, askeri uçuş eğitim koridoru, Geçici Ayrılmış Saha olarak oluşturulur. Bu sahaların kullanımında, tahsisler fiili uçuş sürelerine uygun olarak yapılır. Bu sahalar AIP’de yayınlanır (SHGM, 2014).

1.7.3. Koordinasyonu Azaltılmış Hava Sahası

Hava trafiğinin ön koordinasyon ihtiyacı duyulmadan rota dışı uçabilecekleri, hava koridoru önceden belirlenmiş sahalarıdır. Bu sahalar askeri uçuşların fazla olmadığı veya hiç olmadığı sahalarıdır. Koordinasyonu Azaltılmış Hava Sahasında ve uçuş seviyesi 29.000 ve üzerinde sivil asker koordinasyonu yapılmadan Genel Hava Trafiğinin rota dışı uçuşuna izin verilir (SHGM, 2014).

1.7.4. Koordine Edilmiş Hava Sahası

Sivil ve asker üniteler arasında sağlanacak ön koordinasyon ile hava trafiğinin rota dışı uçuşlarına izin verilen hava koridoru önceden belirlenmiş sahalarıdır. Diğer sahalarından farklı olarak bu sahalarda ilgili üniteler arasında yapılan Anlaşma mektuplarında belirlenen şartlar altında genel hava trafiğinin uçuşlarına izin verilebilir (SHGM, 2014).

1.7.5. Sınır Aşan Hava Sahaları

Sınırı aşan hava sahaları, ilgili sahaların kullanımına ihtiyaç duyulduğunda birden fazla ülkenin ortak sınırlarını da içine alan ortak hava sahalarıdır. Bu sahaların yapısı geçici ayrılmış/tahsis edilmiş hava saha yapıları ile aynı yapıda olmakla birlikte bu tür sahaları operasyonel trafikleri ve askeri eğitim uçuşları için birden fazla ülkenin ortak sınırlarını da kapsayacak şekilde tahsis edilebilir. Bu sahaların tahsis edilebilmesi için diğer ilgili ülke veya ülkeler ile ortak saha oluşturulmasına ilişkin politik, yasal, teknik ve operasyonel anlaşmaların önceden yapılmış olması gereklidir (SHGM, 2014).

1.7.6. Hava Sahası Tahditleri

Hava sahasını kullanacak trafikler için bir risk oluşturan bazı havacılık faaliyetlerin uçuştan önceki gün planlanması mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda

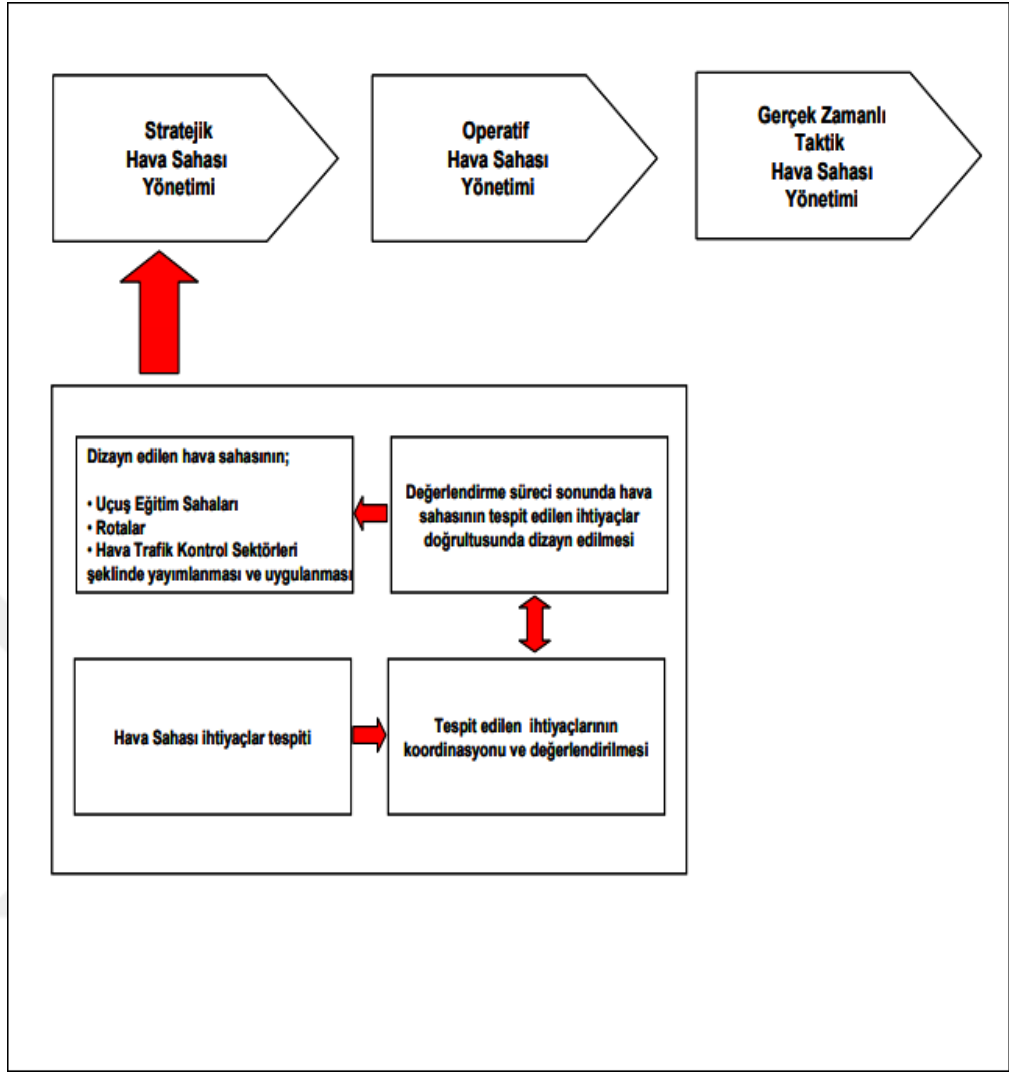
ülkenin savunma sebepleri ile tehlikeli (D, Dangerous), sınırlı (R, Restricted) ve yasaklı (P, Prohibited) sahaları oluşturabilir veya yenisini oluşturabilir. Bir hava sahası tahdidi ASM Seviye-2’de yönetilebilir olduğu durumda ve Esnek Hava Sahası konsepti uygulanabilir olduğunda, bu sahalarının Geçici Ayrılmış Sahalar veya Geçici Tahsis edilmiş Sahalar olarak değiştirilmesine olanak sağlar. Fakat, R ve D sahalarını sürekli olarak bu sahaları kapatma ihtiyacı içinde bulunan ülkelerin bu sahaları Geçici Ayrılmış Sahalar ve Geçici Tahsis edilmiş Sahalar olarak tahsis etmeleri gerekir. Yönetimleri uygun olmayan R, D, P sahaları, değişiklik olmadığı süre içinde kalır ve AIP’de yayınlanır (SHGM, 2014).

1.8. Hava Sahası Yönetimi Bilgilerinin Yayınlanması

Hava Sahası Esnek kullanımı kapsamında bilgiler kullanıcılara, Hava Sahası Kullanım Planı (AUP, Airspace Use Plan), Güncellenmiş Hava Sahası Kullanım Planı (EUUP, The European Updated Airspace Use Plan) ve Elektronik Hava Sahası Yönetim Bilgileri kanalıyla farklı zamanlarda yayınlanmaktadır.

1.8.1. Hava Sahası Kullanım Planı

Hava Sahası Kullanım Planı, esnek hava sahası kavramının önemli bir ögesi olup etkin bir şekilde uygulanması hava sahası yönetimi seviye 2 hava sahası tahsisine göre yayınlanır. Hava sahası hücrelerinin her biri tarafından bir ulusal hava sahası kullanım mesajı yoluyla günlük olarak zamanında ve doğru bir şekilde yayınlanmasını gerektirir. Hava sahası kullanım planı, network ağıyla ve hava sahası yönetimi için ayrılmış uygun format ile iletilir. Bir sonraki gün 06.00 UTC (Coordinated Universal Time) ile daha sonraki gün 06.00 UTC arasındaki 24 saatlik süreyi kapsayacak şekilde mümkün olan en kısa sürede ve en geç 15.00 UTC itibarıyla yayınlanır. Hafta sonu ya da tatil günlerinde her bir günü kapsayacak şekilde hava sahası hücrelerinin kapanışından önceki son gün birkaç hava sahası kullanım planı tek bir dizi halinde gönderilebilir. Ancak bu süre birbirini izleyen maksimum 7 günlük bir süre olabilir (SHGM, 2014). Hava sahası kullanım planı, değerlendirme ve uygulama süreci **Şekil 1.1**’de belirtilmiştir.



Şekil 1.1: Hava Sahası Kullanım İhtiyaçları Değerlendirme ve Uygulama Süreci

Kaynak: SHY-FUA

1.8.2. Güncellenmiş Hava Sahası Kullanım Planı

Hava sahası hücresi tahsis işlemlerini bitirdikten sonra, önceden tahsis edilmiş ve planlanmış herhangi bir hava sahasının iptal edilmesiyle oluşan hava sahası boşluklarından yararlanmak için hava sahası üzerinde yeni düzenlemeler yapılabilmektedir. Hava sahası tahsisi üzerindeki değişiklikler hava sahası hücresi tarafından güncellenmiş hava sahası kullanım planı yoluyla yapılacaktır.

Güncellenmiş hava sahası kullanım planları, prosedürde belirtilen geçerlilik süresine göre mevcut hava sahası kullanım planı ve daha önceki güncellenmiş hava sahası kullanım planı yerine geçecektir. Bu güncellenmiş hava sahası statüsünün farkındalığını geliştirmek amacıyla yeni bir planı yansıtmaktadır. Güncellenmiş hava sahası kullanım planları bilgileri network tarafından mesaj yoluyla sunulacaktır (SHGM, 2014).

1.8.3. Elektronik Hava Sahası Yönetim Bilgileri

Elektronik hava sahası yönetim bilgileri, tüm hava sahası tahsislerini hava sahası yönetim seviye 1 & 2, CDR 1 & 2 ve hava trafik servisi yollarının kapanışlarını teyit eden bir elektronik mesajdır. Kullanıcılar, elektronik hava sahası yönetim bilgileri yoluyla şartlı rotaların kullanılabilirlik bilgilerine ve hava sahası ayırımlarına network yoluyla ulaşabilmektedirler.

1.9. Hava Trafik Yönetimi

1.9.1. Hava Trafik Kontrol Hizmetleri

Hava Trafik Hizmetleri, Hava Trafik Akış Yönetimi ve Hava Sahası Yönetimi yapıları işlev olarak her biri birbirinden farklı gibi görünse de hava sahası yönetimi konularında birleşmektedirler. Bu yapılar devamlı birbirleri ile etkileşim halindedir ve amaçları hava trafiğini emniyetli, güven içinde hızlı, etkili ve verimli uçuş operasyonlarını yönetmektir. Ayrıca Hava Trafik Hizmetleri, hava trafik akışını etkin yönetmek için; havada, taksi bölgelerinde ve apronda uçakları standartlara göre ayırımı yapmak, uçuş emniyetini sağlamak, acil durumlarda arama kurtarma ekipleriyle iletişim halinde olmak, kurtarma ekiplerini sevk edilmesini sağlayan hizmetlerin bütünüdür.

Hava trafik kontrol hizmetinde temel unsur emniyettir. Yapılacak her bir görev, belirli kurallar içerisinde yapılır. Hava trafik hizmeti veren kişilere hava trafik kontrolörü olarak adlandırılır. Hava Trafik Kontrol görevindeki kişiler, hava trafiğinin emniyetli, etkili ve hızlı bir şekilde icra edilmesini gerçekleştirmekle yükümlüdür.

Hava Trafik Kontrol Hizmetlerinin amaçları şunlardır;

- Yerdeki ve havadaki hava araçlarının birbirleri ile çarpışmasını önlemek,
- Yerde iken meydan manevra sahasında hareket eden hava araçları ve diğer araçların çarpışmasını önlemek,
- Hızlı, etkili, düzenli bir trafik akışı sağlamak,
- Uçuşların verimli ve güvenli olarak gerçekleşmesi için bilgi ve tavsiye hizmeti sağlamak,
- Arama kurtarma hizmet ihtiyacı duyan hava araçlarını ilgili birimlere bildirmek ve koordinasyonu sağlamaktır.

Hava Trafik Kontrol Hizmetleri üçe ayrılmaktadır:

1) Meydan Kontrol: Apronda uçakları birbiriyle emniyetli bir şekilde trafik akışını sağlayan birimdir. Meydan kontrol kulesi, trafik yoğunluğuna bağlı olarak ATC müsaadesi, yer, iniş, kalkış gibi farklı pozisyonlardan oluşur. Yer birimi de trafik yoğunluğuna ve meydanın yapısına uygun olarak bölünebilir. Meydan kontrol biriminde görev yapan kontrolör iniş kalkış pistlerini ve apronun manevra alanlarını görebilmelidir.

2) Yaklaşma Kontrol: Havalimanının merkez alınıp belirli bir mesafeye göre önceden belirlenmiş ve irtifa olarak sınırları belli olan bir alanda verilen hizmettir. Uçaklar kalkış yaptıktan hemen sonra yaklaşma kontrol ile iletişime geçer ve birimler arası uçuş seviyesine kadar bu birim tarafından kontrol edilir. Yine aynı şekilde iniş yapan uçaklarda belirlenen uçuş seviyesinden pisti gördükten sonra meydan kontrol birimine devir yapıncaya kadar bu birimce kontrol edilir. Bu birim, hava sahasının yapısına ve trafik yoğunluğuna göre birden çok birime ve sektöre ayrılabilir. Burada birimden ya da sektörden maksat birimlerde çalışan kişi sayısıdır.

3) Saha Kontrol: Meydan Kontrol ve Yaklaşma Kontrol sahaları dışında kalan kontrollü sahalarda verilen hava trafik hizmetinin sağlandığı birimdir.

1.9.2. Hava Trafik Akış Yönetimi

Hava taşımacılığının günden güne büyümesiyle birlikte hava trafiğinin de buna bağlı olarak devamlı büyümesi hava trafikteki kullanılan sistemlerin kapasitesini zorlamaktadır. Mevcut sorunların yanı sıra günlük veya anlık gelişen meteorolojik kaynaklı olaylar da hava trafik hizmetlerinin kapasitesindeki düşümlere sebep olmaktadır, istenmeyen gecikmelerle sonuçlanmaktadır. Bu gecikmeler ise maddi kayıplara neden olmaktadır (Skorupski, 2011).

Hava trafik akış yönetimi maddi kayıpları, hava trafikteki sistem tıkanıklıklarını ve hava trafik kontrolör yükünün artışı engellemenin sebebiyle önemli bir bileşen olarak görülmektedir.

Hava trafik kapasitesi, hava sahasının rota yapısı, hava sahasının kullanım sıklığı, meteorolojik olaylar ve hava trafik kontrolörün iş yükü gibi faktörlere bağlıdır. Hava trafik kapasitesi, hava trafikteki oluşan yoğunluğu kaldıramamaya başladığında sistem uygulanmaya başlanır. Hava trafik akış yönetimi, hava trafik kapasitesini maksimum seviyede kullanmasıyla hava trafik akışının hızlı, düzenli ve emniyetli bir şekilde sağlanmasıdır. Hava trafik akış yönetimi için uygulanacak kapasite ve limitlerini yetkili hava trafik otoritesi tarafından belirlenir. Hava trafik akış yönetimi yapı olarak merkezi bir organizasyona sahiptir ve yönetim pozisyonları genellikle saha kontrol merkezlerinde bulunmaktadır. Hava Sahası Yönetimi ile koordineli çalışılması gerektiği düşünüldüğünde aralarında koordinasyon anlamında olumlu katkı sağlamaktadır (ICAO, 2007).

1.9.3. Hava Sahası Yönetimi

Hava sahası yönetimi; hava sahaların kullanan trafiklerin verimli şekilde kullanılmasını hedefleyen bir planlama fonksiyonudur. Planlama yapılırken zaman paylaşımı ve kısa dönemli kullanıcıların ihtiyaçlarına göre kalıcı veya geçici olarak

hava sahası bölümlendirilerek kullanıcılara tahsis edilerek kullandırılması ile yönetilmesi hedeflenir. Hava sahasının esnek kullanımı ile birlikte, Hava Sahası yönetimi üç seviyede (stratejik, ön-taktik ve taktik) gerçekleştirilmektedir. Hava sahasının esnek kullanılması, hava sahası yönetiminin etkin ve verimli kullanılması açısından önemlidir. Hava sahası esnek kullanımı konseptine göre hava sahaları hem sivil uçuşlara hem de askeri uçuşlara aittir. Hava sahasını esnek kullanım konsepti hem hava sahasının esnekliğini hem de hava trafik sisteminin kapasitesini artırmaktadır (Eurocontrol, 2010).

Hava sahası yönetiminde süreçler yerine getirilirken aşağıdaki temel işlevleri göz önünde bulundurulur;

1. Hava trafik akışı içerisinde gelen talebi ve var olan kapasiteyi dengede sağlamak,
2. Verimli ve emniyetli uçuş operasyonları oluşturmak,
3. Hava sahasının dinamik ve verimli kullanımı için hava trafik sistemi kapasitesini artırmak,
5. Uçuş operasyonlarındaki olası çarpışmalara mâni olmak,
6. Uçakları uygun seviyelere yönlendirmek,
7. Hava sahasını esnek kullanarak uçuş operasyonlarına destek sağlamak,
8. Havayolu işletmelerinin uçuş planlamalarını kolaylaştırmak,
9. Hava trafik sisteminde koordinasyon sağlamak,
10. Hava trafik kapasitesinin maksimum seviyede kullanılmasını ve hava trafik sayısının artışını da dikkate alarak uçuş operasyonlarının her safhasında gelen talepleri kapasite dengesini tahmin eden dinamik bir hava trafik sistemini oluşturmaktır.

1.9.4. Havacılık Bilgi Yayınları (AIP)

Havacılık Enformasyon yayını olarak da bilinen havacılık bilgi yayınları; pilotlara, hava trafik kontrolörlerine, uçuş harekât uzmanlarına veya diğer kişi ve kurumlara önceden bilgi vermek için yayınlanan, hava sahalarında meydana gelen değişiklikleri, tahditli ve yasak sahaları, hava sahasında geçerli kuralları ortaya koyan yayınlardır. AIP (Aeronautical Information Publication), uluslararası hava trafiğine temel teşkil eden kalıcı nitelikteki havacılık bilgileri ile uzun süreli geçici değişikliklerin yayınlandığı temel havacılık dokümanıdır. Ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi ve belirli konularda Hava Kuvvetleri Komutanlığı bu yayınları ortaklaşa yapmakla görevlidirler. Bu yayınlar AIP yayınları olarak yayınlanır. Belirli durumlarda NOTAM (Notice to Airmission) olarak yayınlanabilir. AIP GEN (Genel Bilgiler), ENR (Yol Bilgileri) ve AD (Havalimanları) bölümlerinden oluşmaktadır (Akça, 2011).

1.10. Hava Trafik Yönetiminde Sivil-Asker İş Birliği ve Çalışabilirlik

Kriz durumları hariç askeri hava trafiğindeki uçuşlarda çok fazla artış olmaz iken bunun aksine sivil hava trafiği günden güne artış sağladığı görülmektedir. Bu durum hava sahalarının ortak kullanımını mecbur hale getirmektedir. Ayrıca ICAO tarafından da kabul edilmiş hedefler arasında yer alan daha ucuz maliyetli operasyon, daha az karbon emisyon salınımı, hava sahası kapasitesinin artırılması, operasyonel etkinliğin artırılması, asker-sivil hava trafiklerinin emniyet seviyelerine uygun ve global olarak ortak çalışılabilir bir hava trafik yönetim sistemi gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Buna göre hava sahaları mümkün olduğunca kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kullanılır (ICAO, 2012).

1.10.1. Sivil-Asker Koordinasyonunun Mekanizmaları

Eurocontrol kuruluşu havacılığın ihtiyaçları karşılanırken hava sahasında kapasitenin, esneklik ve etkinliğin, emniyet ve güvenliğin geliştirilmesi amacıyla şu konulara yoğunlaşmıştır (Eurocontrol, 2015).

- Hava sahası yönetim performansını artırılmasına ve desteklenmesine,
- Sivil-Asker ortaklaşa karar verme mekanizmalarının geliştirilmesine,
- Sivil-Asker ortaklaşa operasyonlarının geliştirilmesine,
- ATM güvenliğinin artırılmasına,
- Uçuş ağlarında askeri uçuşların adaptasyonun sağlanmasına,
- Hava Trafik Yönetimi Araştırma Geliştirme (SESAR, Single European Sky ATM Research) programı çerçevesinde sivil-asker unsurların koordinasyonunun sağlanmasına yoğunlaşmıştır.

1.10.2. Sivil-Asker Koordinasyon Aracı

Dünyada özellikle 11 Eylül ikiz kulelere saldırının sonrasında kaçırılan uçakların silah olarak kullanılabilmesi anlaşılmıştır. Bunun üzerine Haziran 2014 tarihinde ülkeler arası Hava sahası iş birliği teşebbüsü projesi başlatılmıştır. Bu projenin amacı asker-sivil hava resimlerinin paylaşılmasıyla hava trafik sisteminde, sistemin oluşturabilecek kanun dışı ve terör faaliyetler ile mücadele etmektir (Eurocontrol, 2016).

"Sivil-Asker Koordinasyon Aracı" bu amaçla yazılmış bir programdır. Bu program, uçuş güvenliği noktasında her ülke için ulusal boyutta ülke savunması konusunda önemlidir. Asker-sivil iş birliğinde bu sistemlerin entegre edilmesi birimler arasındaki koordinasyonu güçlendirir ve bu sayede hava sahalarında gerçekleşecek kanunsuz girişim, terör eylemi derhal bertaraf edilebilir.

1.10.2.1. Yerel ve Bölgesel Hava Sahası Yönetim Sistemi

Eurocontrol'ün hava sahası kullanıcılarına sağladığı bir yazılım olan Yerel ve Bölgesel Hava Sahası Yönetim Sistemi (LARA, Local and Regional Airspace Management System), hava sahası yönetim süreçlerini geliştirmeyi, desteklemeyi hava sahası kullanıcıları için hava sahası yönetim bilgilerinin eş zamanlı

paylaşılmasını sağlamayı, ortaklaşa karar vermeye olanak sağlar ve durumsal farkındalığı artırır (Eurocontrol, 2016).

Bu sistem, asker ve sivil tarafların taleplerinin bilinmesine olanak sağlayarak, tarafların birbirlerini daha iyi anlama noktasına etkileşim sağlayarak ve ortak karar vermek yetilerinin etkinleştirerek hava sahası yönetimini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Sistem kullanıcılarına; hava sahası planlamasında kullanıcılara online olarak hava sahası rezervasyonu yapmalarını, anlık olarak hava sahasının kullanım durumunu, taktik seviyede planlama kolaylığını, bilgileri depolanma ve bu bilgileri istatistiksel araştırmalarda kullanabilme imkânı sağlamaktadır.

1.10.2.2. Avrupa Sivil-Asker Performans Ölçümü Destekleyici Bilgi Deposu

Avrupa Sivil-Asker Performans Ölçümü Destekleyici Bilgi Deposu (PRISMIL: Pan-European Repository of Information Supporting Civil-Military Performance Measurement) online olarak hizmet veren ve performans yönetimini ölçer. Hava sahası kullanıcıları kendi performans göstergelerinin analiz edip yönetebilirler. Başlıca performans göstergeleri (Eurocontrol, 2016):

- Eğitim maliyetleri hesaplama,
- Önceden tahsis edilmiş hava sahalarının gerçek kullanımlarını değerlendirme,
- ATM sisteminin ihtiyaçları nasıl karşılayacağını değerlendirme,
- Geçici olarak tahsis edilmiş hava sahalarının gerçek kullanım durumlarını değerlendirme,
- Esnek hava sahası yapılarının kullanım durumları görebilme,

Performans göstergeleri ile kullanıcılar; kullanılmayan sahalarını veya kullanılmadığı halde tahsisli olan hava sahalarını tespit ederek hava sahalarının daha verimli ve etkin yönetilmesine olanak sağlayabilmektedirler.

1.11. Hava Sahasının Esnek Kullanımının Getirdiği Kazanımlar

1. Hava sahasını kullanan trafiklerin ihtiyaçları doğrultusunda hava sahasının verimli ve etkin bir şekilde kullanılma ve yönetilme olanağı sunar.

2. Esnek kullanım sayesinde hava sahasını kullanan trafiklere daha uygun uçuş rotaları imkânı sağlayarak trafik sıkışıklığı oluşması durumunda daha verimli çözüm olanağı sağlar.

3. Hava trafiği yoğun bir hava sahasında yapılan uçuşlarda hava sahasına ilişkin tahditleri en aza indirme olanağı sağlar.

4. Hava sahasını kullanan trafiklerin ihtiyaçlarını karşılamak ve uçuş operasyonuna etki edebilecek kısıtlamalarını en aza indirme olanağı sağlar.

5. Sivil ve askeri otoriteler arasındaki iş birliği ve uçuş operasyonlarının verimliliğini geliştirmeyi amaçlayan bir değerlendirme olanağı sağlar.

7. Hava sahası, hava trafik, hava trafik akış yönetimleri ve hava trafik hizmetleri arasındaki tutarlılığa olanak sağlar.

8. Hava sahalarındaki kolaylıklar ile hava trafik hizmet birimleri ve kullanıcıları mevcut hava sahalarının en iyi şekilde kullanmalarına olanak sağlar.

9. Hava sahası yönetiminde stratejik, ön taktik ve taktik aşamalarında birimlerinin birbirleriyle koordinasyon içerisinde karar almalarına olanak sağlar.

10. Ulusal hava sahasının güvenliğinin oluşabilecek değişken koşullarda daha üst bir seviyeye çıkartılmasına olanak sağlar.

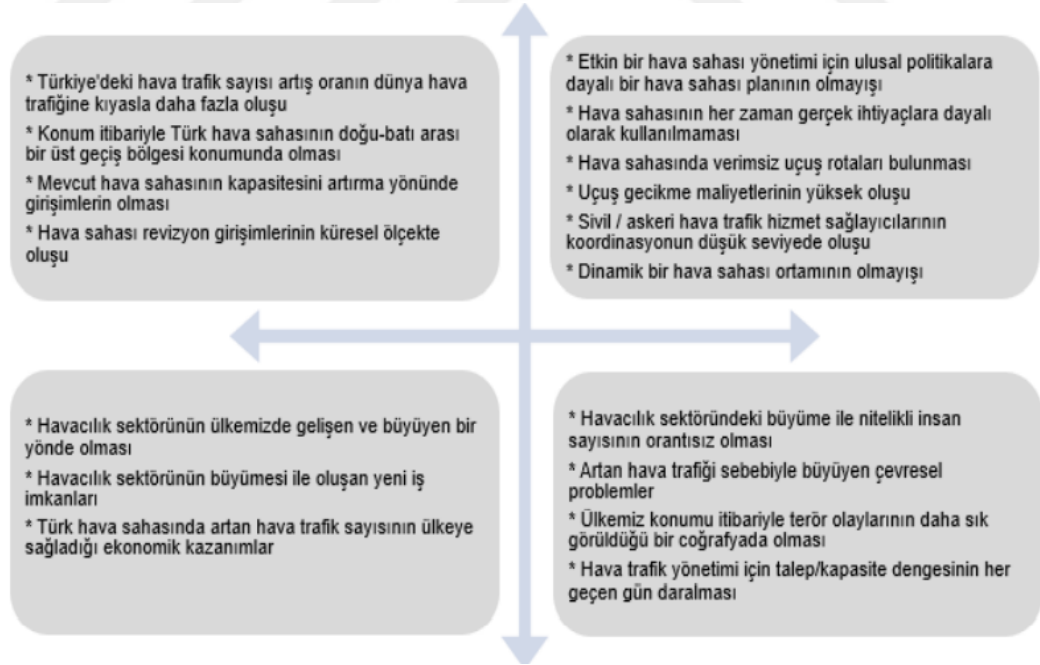
1.12. Türkiye Hava Sahası Yapısı ve GZFT (SWOT) Analizi

Ülkemiz hava sahasındaki hava trafik sayısındaki artış oranı dünya hava trafiği ile kıyaslandığında artışın oranının çok daha hızlı oluşu ülkemiz hava sahası yoğunluğunun daha fazla artırmasına sebep olmaktadır. Türkiye'deki dış hat uçuşlar 2003 yılında ülkemizden dış hat uçuşlarda 60 farklı nokta iken 2019 itibariyle %447 artış ile 328 noktaya uçuş olduğu görülmektedir. Yine 2003 yılında iç hat uçuşlarda 2 merkezden 26 farklı noktaya uçuş yapılabilirken 2019 yılı itibarıyla merkez sayısı 7'ye yükselmiş ve 56 farklı noktaya uçuş yapılmıştır. Özellikle 2009-2019 yılları arasındaki dönemde yeni açılan hatlar ve uçuş ağına eklenen yeni uçuş noktalar ile havacılıkta doğrudan ve dolaylı bağlantılarını en fazla gelişen ülke haline gelmiştir (SHGM Performans Raporu, 2019).

2020 yılına kadar büyük bir ivme ile hem dünyada hem de ülkemizde gelişimini sürdüren havacılık sektörü 2020 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisinin etkisiyle durma noktasına gelmiştir. COVID-19 pandemisinin hızlı bir şekilde yayılması; ülkeleri sınırlarda önlem almaya zorlamış, ülkelerin öncelikle dış hat ve akabinde iç hat uçuşlarını sınırlama ve durdurma yönünde karar almalarına neden olmuştur. Türkiye'de 5 Şubat 2020 tarihinde Çin uçuşlarıyla başlayarak 27 Mart 2020 tarihinde tüm dış hat uçuşları, 3 Nisan 2020 tarihi itibariyle ise iç hat uçuşları durdurulmuş olup alınan tedbirlerin sonucu olarak uçak ve yolcu trafiğinde düşüş yaşanmıştır. Bu kapsamda, 2019 yılında 2.034.430 olan uçak trafiği (overflight uçuşlar dahil) 2020 yılında %48 azalışla 1.057.247 olarak, 208.911.338 olan yolcu trafiği ise yaklaşık %61 azalışla 81.657.070 olarak gerçekleşmiştir. COVID-19 pandemisi nedeniyle havacılık sektöründe yaşanan gerilemeye rağmen ülkemiz Eurocontrol verilerine göre Avrupa ülkeleri arasında en az trafik kaybı yaşayan 8. ülke konumundadır. ACI (Airport Council International)'nın kesin olmayan verilerine göre ise ülkemiz yolcu trafiğinde Avrupa'da 3'üncü, dünyada 9'uncu sıraya yükselmiştir (DHMI, 2020).

Son yıllarda sivil havacılık sektörü dünya genelinde önemli bir büyüme gerçekleştirirken Türkiye’de sivil havacılığın gösterdiği performans çok daha etkileyici olmuştur. 2003 yılında atılan liberalleşme adımları ve 2003’te uygulanmaya başlanan hava taşımacılığında liberalizasyon uygulamaları ve buna yönelik vergi indirimleri, 2003’ten sonra havayolu taşımacılığının hızla gelişmesi ile sonuçlanmıştır. Bu hızlı gelişmenin Türk hava sahasındaki gelecekte oluşacak ihtiyaçlara cevap verebilen dinamik ve etkin bir yapıda olması için olası kapasite problemlerinin çözülmesi adına önceden önlem alınmalıdır. Kapasite sorunlarının yanı sıra yoğun hava trafiğinin ekonomik ve çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Büyüme hızı ülke açısından bazı kazanımlar sağlasa da bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu durumun analizi için GZFT (SWOT) analiz çalışması yapılmış ve buna göre Türk hava sahasının mevcut yapısı üzerinde havacılığın güçlü yönlerini, zayıf yönlerini, tehditlerini ve fırsatlarını ortaya koymaktadır.

Şekil 1.2’de Türkiye’deki hava sahası yapısının temel konu başlıkları ile GZFT (SWOT) analiz çalışması gösterilmektedir.



Şekil 1.2: Türkiye’deki hava sahası yapısının GZFT (SWOT) analizi.

Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konumu itibarıyla üst geçiş yol güzergahında olması önemli bir avantaj olarak görülmektedir. Havacılık otoriteleri tarafından hava trafiklerin ve hava sahalarının iyileştirme girişimlerinin global ölçekte oluşu, gelecekte havacılığın ülke açısından daha büyük bir güç olacağını göstermektedir.

Havacılık sektörü, dünya havacılık faaliyetlerine oranla ülkemizde gelişen bir sektör olduğundan, ulusal politika ve mevzuatlara dayalı uzun vadeli bir hava sahası planı oluşturulması gereklidir. Asker-sivil hava trafik hizmeti veren kuruluşların iş birliğinin düşük seviyede oluşu, hava sahasını kullanan trafiklerin gerçek ihtiyaçlarına yönelik verimsiz uçuş rotaları veya uçuş rotalarının kullandırılmaması hava sahası kullanıcıların uçuş maliyetlerini artırmaktadır.

Ülkemizde eğitim kurumlarında ve üniversitelerin havacılık ile ilgili bölümlerinin eğitim kalitesinin düşük olması, havacılık alanında tecrübeli akademisyen sayısının az olması, yeterli Türkçe akademik kaynak ve eğitim materyali bulunmaması sektördeki hızlı büyüme ile nitelikli personel sayısının orantısız büyümesine sebep olduğu göz önünde bulundurulursa, bu durumun akademik seviyede üzerinde çalışılması ve geliştirilmesi gereken konu olarak görülmektedir.

Dünyada bazı ülkelerce uygulanmaya başlanan emisyon, gürültü gibi çevresel kısıtlamaların henüz ülkemizde istenilen seviyeye ulaşmaması ve artan hava trafiğine göre yeterli önlem alınmaması çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Hava trafikteki talep/kapasite dengesinin her geçen gün azalması sıklıkla uçuş gecikmelerine sebep olmasına, hizmet kalitesinin düşmesine, yolcu memnuniyetinde azalma olmasına bunun neticesinde havayolu şirketlerinin emniyet, kalite ve kurumsal politikalarından ödün vermelerine yol açmaktadır. Bununla birlikte ülkemizin coğrafi konumu yönü göz önüne alındığında terör olaylarının daha sık görülmesi havacılık sektörünün gelişimi ve geleceği için büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır.

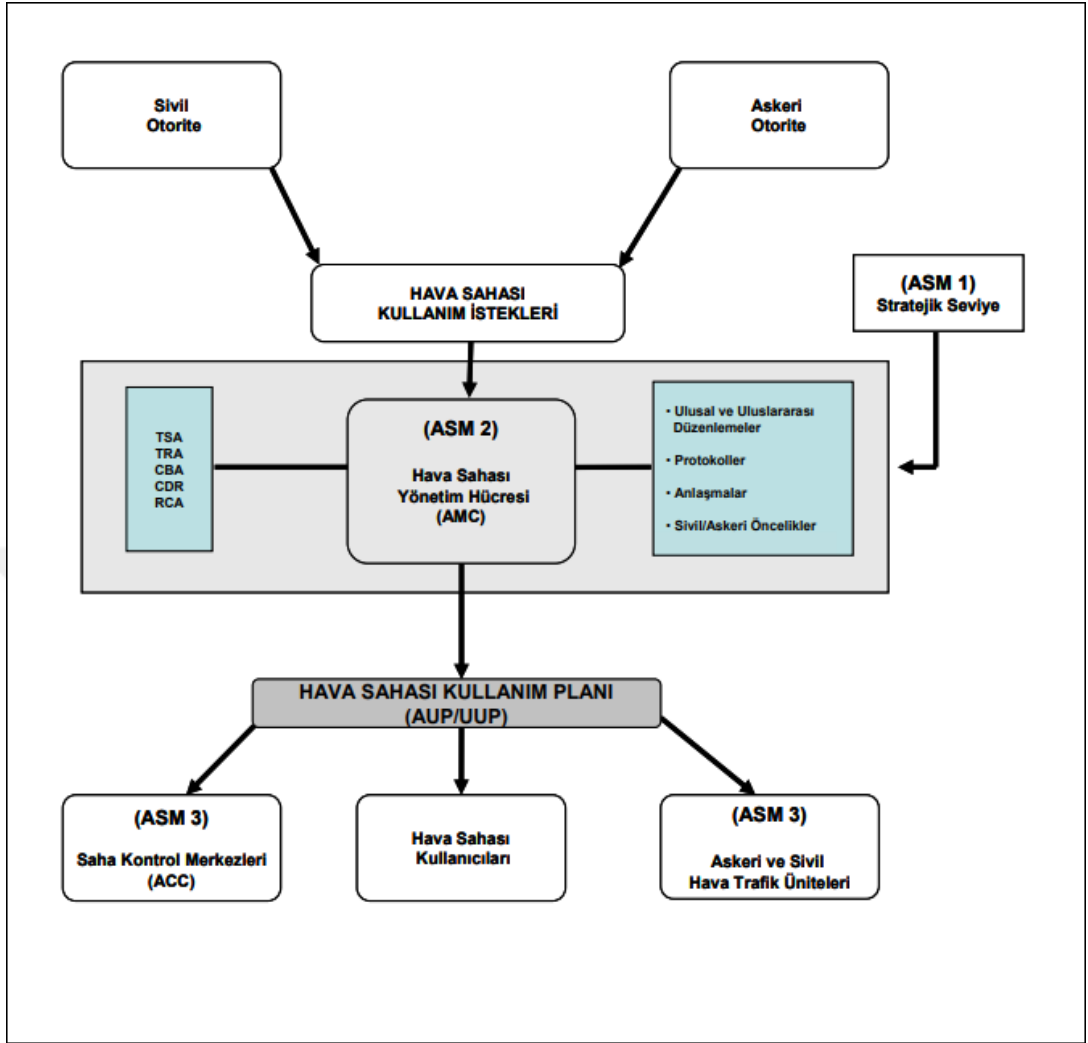
Ülkemizde her geçen gün büyüyen havacılık sektörünün olumlu etkilerinin olmasının yanı sıra olumsuz etkileri olsa da çeşitli girişimler sayesinde zaman içerisinde bu olumsuz etkilerin azaltılabileceği değerlendirilmektedir. Bu

girişimlerden biri esnek hava sahası yoluyla kapasite sorunlarının daha alt seviyelere indirgenebileceği, çevresel etkilerinin azaltılabileceği, ekonomik kazanımlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Hava sahası esnek kullanılması ile birlikte operasyonel olarak sık kullanılan rotalar üzerinde olup sık kullanılan sahalar ve darboğaz oluşturan diğer hava sahaları değerlendirmeye alınarak uygulanabilecek hava sahası koridorlarına göre dikey ve yatay tekrar belirlenmesi işlemleri devam etmektedir. Hava sahasının dinamik kullanılmaması, verimsiz kullanılması, hava araçlarının düz uçuşlarda, alçalma ve kalkış uçuş safhalarında terminal kontrol sahalarında hava trafiğini olumsuz etkilediği görülmektedir.

1.13. Hava Sahasının Esnek Kullanımı Kavramının Türkiye’deki Gelişimi

Hava Sahası Esnek Yönetmeliği 18 Nisan 2014 tarihinde yayınlanması ile birlikte hava esnek sahası projesinde uygulanabilecek 183 askeri sahasının özellikle sivil trafik kontrol sahası içerisinde kalan 42 adet hava sahasının dikey ve limitlerinin sivil ve askeri hava trafik kontrol merkezleri ve Devlet hava Meydanları İşletmesi (DHMI) Genel Müdürlüğü temsilcileri tarafından değerlendirilmesi ile 141 adet hava sahasının ise esnek hava sahası ile yönetilebilir olmasıyla Türkiye AIP’inde yayınlanması kararlaştırılmıştır. Esnek hava sahası ile birlikte Türk hava sahasının Kontrol, Yürütme, Planlama, Koordinasyon ve iş birliği esaslarına göre yürütülmesi planlanmıştır. Türkiye’de hava sahası esnek kullanımı ve iş akış diyagramı *şekil 1.3*’te gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Türkiye’de Hava Sahası Esnek Kullanımı ve İş Akış Diyagramı

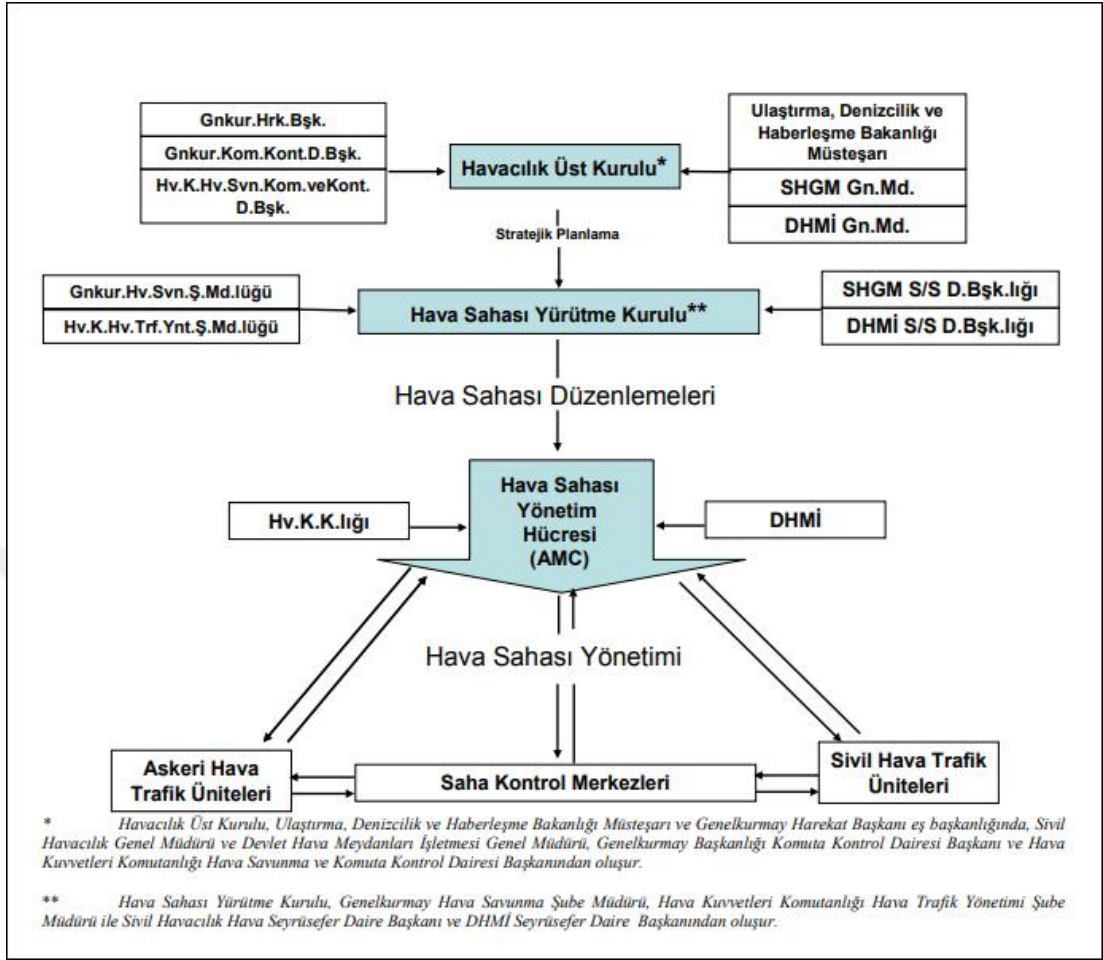
Kaynak: SHY-FUA

Hava sahasının esnek olarak uygulanabilmesi için projesine 2006 yılında başlanan, 2007 yılında ara modernizasyonu tamamlanan ve 2014 yılında tam olarak operasyona başlayan Türkiye Hava Trafik Kontrol Merkezi (SMART) projesi, asker ve sivil hava trafik ünitelerinin iş birliğini ileri seviyeye taşınmıştır. SMART projesi ile Türk hava sahasındaki trafiğini; düzenli, hızlı, emniyetli, insana ve çevreye duyarlı, kaliteli ve güvenli, hava trafik teknolojileri ve sistemlerine yönelik olarak tek merkezden etkin yönetme projesidir (DHMI, 2015).

Hava sahasının esnek olarak uygulanabilir hale getirilmesi için notam'ların güncellenmesi yapıldığı görülmüştür. Fakat, hava sahası esnek olarak uygulamasının ülkemizde uygulanabilirliğine yönelik süreçleri devam etmesine rağmen çok fazla ilerleme kaydedemediği görülmüştür.

SHGM, Türkiye'de sivil havacılığın AB kural ve kaidelerine uyumlu olduğunu, askeri çalışma sahaslarının askeri trafikler tarafından kullanılmadığı zamanlarda sivil hava kullanıcıların kullanımına imkân sağlayan esnek hava sahası uygulaması, Türkiye'de uygulanmasına yönelik çalışmaların 2023 yılında tamamlanmasını öngörmektedir (DHMI, 2018). Eurocontrol tarafından hayata geçirilmek istenen Avrupa bölgesinde tek hava sahası oluşturma projesinin aşamalarından biri olan esnek hava sahası uygulaması şu an için geçiş aşamasında olduğundan ülkemizde tam anlamıyla hayata geçirilmiş değildir.

Esnek hava sahasının uygulanmasında otorite olarak SHGM Hava Seyrüsefer Daire Başkanı görülmektedir. Fakat iş birliği anlamında ise Türkiye'de uygulanmasında DHMI ve Hava Kuvvetleri temsilcileridir. Türkiye'de hava sahasının esnek kullanım konseptine yönelik yönetim teşkilat yapısı ve kurum kuruluşlar *şekil 1.4*'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4: Hava Sahasının Esnek Kullanımı Konseptine Yönelik Yönetim Teşkilat Yapısı ve Kurum/Kuruluşları

Kaynak: SHY-FUA

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA SAHASI ESNEK YÖNETİMİNİN EKTİLERİ

Tüm oluşabilecek bu olumsuzların daha alt seviyelere çekilmesine yönelik hava sahası esnek kullanımının tam olarak uygulanması ve hava sahasındaki ihtiyaçlar doğrultusunda havayolu şirketlerinde uçuş planlarını hazırlayan uçuş harekât uzmanlarının uçuş rotaları kıyaslayarak buna göre rotası oluşturması ve kapasite durumuna göre daha kısa olan rotaları seçmesi bu problemin önüne geçebilecektir. Bu amaçla 2014 yılında Hava Sahası Esnek Yönetmeliği (SHY-FUA) yürürlüğe konulmuştur. Yapılan analiz ve sonuçlara göre 2014 yılında yürürlüğe giren bu yönetmeliğin bugüne dek henüz tam anlamıyla Türk hava sahasındaki problemler ve darboğazlar nedeniyle aktif olarak kullanılmadığı değerlendirilmiştir.

2.1. Çevresel Etkileri

Sivil havacılık sektörünün bulunduğu çevre üzerinde ekonomik, istihdam, ticaret, yatırım ve turizm gibi birçok olumlu etkilere sahip olduğu görülmektedir. Her gün artan trafik sayısı göz önünde bulundurulursa bu olumlu etkileri çevreye verdiği zararları da bir o kadar önemli ölçüdedir. Özellikle uçak yakıtlarından çıkan emisyonlar, çevre kirliliğine, hava kirliliğine, iklim değişikliğine, uçak gürültülerinin artmasına ve özellikle havaalanı yakınlarında yaşayan kişilerin sağlık durumları üzerinde negatif etki oluşturmaktadır. Ayrıca ekolojik dengeyi de etkileyerek toprak ve su kirliliğine, yaşayan canlı türlerine ve türlerin yaşam alanları üzerinde olumsuz birçok etkiye sahiptir. Bir hava aracının havada kalış süresi ne kadar artarsa çevreye vereceği olumsuz etkileri de artması hava trafiği yönetim sisteminin çevre üzerindeki etkilerini bu denli önemli olduğunu göstermektedir. Uçakların sabit olan uçuş rotalarından ziyade daha esnek bir hava sahasında uçmaları ve buna bağlı olarak zamandan tasarruf edilerek olumsuz etkileri en aza indirmek istenilen bir operasyon

anlayışından geçmektedir. Bu sebeple hava sahalarının esnek kullanımlarının çevresel açıdan da önemini daha da artırmaktadır.

2.1.1. Emisyon Etkisi

Uçak emisyonları, uçakların uçuş seviyelerine bağlı olarak, yerel hava kalitesi kirleticisi veya sera gazı olarak isimlendirilmektedirler ([FAA], 2020).

Bir uçak motorunda 1 kilogram (kg) jet yakıtı yanması sonucunda 3,16 kg karbondioksit (CO₂) üretilmektedir. Uçaklar tarafından atmosfere bırakılan karbondioksit miktarı ve emisyonlar, uçağın verimliliği ve bakımına diğer bir değişle motor tipine, model ve yapılandırmasına bağlıdır. Ayrıca yayılan emisyon, uçuş mesafesine, taşınan yük (yolcu/yük) miktarına, uçağın hız ve irtifasına ve hava koşulları gibi bir dizi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir ([IATA], 2015).

Uçak çoğunlukla kerosene ile çalışır ve güç sağlar. Kerosene, genellikle sanayilerde kullanılan petrolün bir türevidir ve petrolün damıtılmasından elde edilen yanıcı bir hidrokarbon karışımıdır. Petrol ürünlerinin içerisinde bulunan benzin, motorin gibi yakıtlarda bulunan parafin maddesi dizel araçlarda kullanıldığında düşük sıcaklık durumunda sıvı akışkanlığını dondurana kadar sıvılık özelliğini kaybeder. Bundan dolayı uçak motorlarında dizel tarzı yakıt modeli kullanılmamaktadır ("Uçak Yakıtı Olarak Neden Kerosen", 2022).

Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar ise; Karbondioksit (CO₂), Kükürt oksit (SO_x), Karbonmonoksit (CO), Diazaot Monoksit (N₂O), Azot Oksitler (NO_x), Metan (CH₄), Metan Haricindeki Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC), Kükürt Dioksit (SO₂), Hidrokarbon (HCS) olarak ifade edilmiştir. Atmosferin içerisine yayılan bu emisyonlar atmosferin kimyasal bileşimini doğrudan ve dolaylı olarak değiştirirler. Emisyonlar uçakların düz uçuş esnasında troposferin üst kısmına yani dünya yüzeyinin 9 ila 13 kilometre üzerine yayılır. Uçakların emisyonlar etkisi Stratosfer veya Troposferdeki uçuş seviyesine göre değişiklik gösterir. Düz uçuş esnasında uçakların emisyon salınımı atmosfere doğrudan etkisi olmasından dolayı önem arz etmektedir.

Uçak yakıtı olan kerosenin yanması ile birlikte atmosfere su buharı, hidrokarbon, karbondioksit, kükürt oksit, azot oksit, parçacıklar ve diğer partiküller yayılmaktadır.

2.1.1.1. Sera Gazı Emisyonları ve Sivil Havacılıktaki Etkileri

İnsanların faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan ve atmosfere yayılan sera gazları, 18. Yüzyılda Avrupa'da başlayan sanayi devriminin başlarından itibaren, atmosferdeki CO₂ oranı %30 artmış, CH₄ oranı iki katından fazla artmış, N₂O oranı ise %15 kadar yükselmiştir. Sera gazının oluşumunda önemli etkenlerden birisi de ulaşım sektörüdür. Sivil havacılıkta trafiğin artışı ekonomik anlamda ülkelerin gelişimini olumlu yönde etkilese de sera gazı salınımı nedeniyle çevreyi olumsuz olarak etkilemiştir. Sivil havacılık faaliyetlerinde, insanların sağlığı ve çevre üzerinde etkisi olabilecek gazlar ve partikül emisyonları gibi çeşitli hava kirleticileri vardır ([ICAO] I. C., 2011).

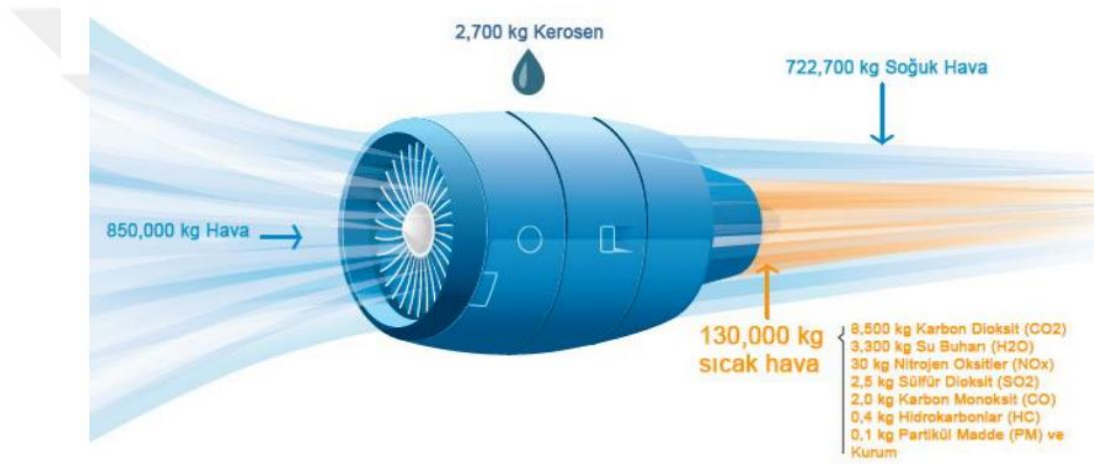
Sera gazı emisyonu içerisinde çevre kirliliğini artıran CO₂ salınımı en önemli faktörlerden biri olarak dünyada dikkat çeken sorunlardan biri haline gelmeye başlamıştır. Ulaştırma sektörünün, dünyada karbondioksit emisyonlarının takribi %25'ini oluşturduğu ifade edilmektedir. 2018 yılında sanayi sektöründen ikinci sırada olduğu ifade edilmiş ve enerji tüketimine %27,6 katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple ulaşım sektörünün ve buna bağlı olarak da havacılık sektörünün çevre ile yakından ilişkisi bulunmaktadır (T.C. Strateji ve Bütçe Bakanlığı, 2021).

Araştırmalara göre atmosferde bulunan CO₂'nin %2'si havacılık kaynaklıdır ve 2050 yıllarında bu oranın %5'i olacağı öngörülmektedir. Hava araçlarının karbon salınımı çok ciddi kirlilik oluşturmaktadır, iklimbilimciler küresel ısınmada en büyük sebeplerinden birini uçakların olduğunu bildirmişlerdir. Avrupa bölgesinde karbon salınımı, 1990 yılından bu yana ciddi bir artış göstererek %87 oranında artmıştır. Bu artışın çoğunun havacılıktan kaynaklı olduğu tespit edilmiş ve bu oranın 2020'li yıllarda iki katına çıkacağı beklenmektedir. Avrupa Birliği havayolu işletmelerine, karbon salınımlarıyla ilgili limitler belirlenmekte ve bu limitler içerisinde uçuş

yapmalarına izni vermektedir. Sivil havacılığı, sera gazı salınımında Avrupa’da %3 ila %8’ini oluşturmaktadır (Özdemir, 2016).

Karbondiyoksit emisyonları, doğrudan uçak yakıtının yanmasının neticesinde oluşmaktadır. Bu nedenle yakılan miktarının azaltılması, karbondiyoksit salınım miktarını da azaltır (GAO, 2009).

Sürdürülebilir havacılık yakıtlar, sivil havacılıkta çevresel etkisinin en aza indirilmesi ve toplam CO2 ayak izinin azaltılması, birçok uçak üreticisinin temel ilkesi haline gelmiştir (Mrazova, 2014).



Şekil 2.1: 1 Saatlik Uçuş (150 Yolcu)- İki Motorlu Jet Uçağından Kaynaklanan Emisyon Miktarları

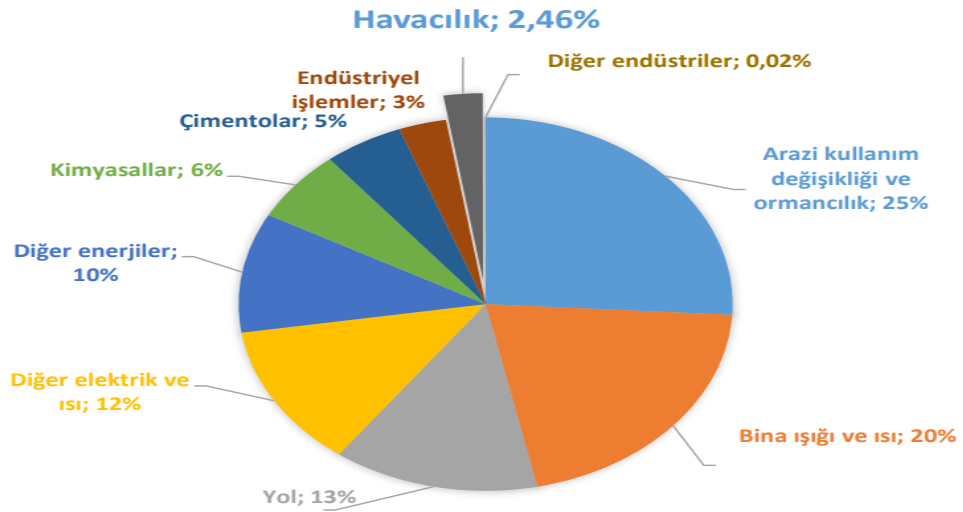
Yayılan emisyonların yaklaşık %70’ini karbondiyoksit oluştururken, %29’luk kısmını su buharı, %1’lik kısmını ise karbonmonoksit, kükürt oksitler, azot oksitler, metan olmayan uçucu organik bileşikler, diğer gazlar, partikül maddeler (PM) ve kurum (is) oluşturmaktadır (Eurocontrol, The European Organisation for the Safety of Air Navigation, 2018).

2.1.1.1.1. Karbondiyoksit (CO2)

Karbondiyoksit, atmosferde bulunan ve küresel ısınmaya sebep olan bir sera gazıdır. Fakat, sanayileşmenin artmasıyla birlikte yakılan fosil yakıtlar nedeniyle

karbondioksit miktarı yüksek miktarda arttığından atmosferdeki sera gazlarının artmasına ve sıcaklıkların artmasına buna bağlı olarak da küresel ısınma problemleri ortaya çıkmaktadır. Uçaklardan salınan karbondioksit iklim değişikliğine sebep olan önemli bir faktördür (EPA, 2022).

Havacılık kaynaklı CO₂ emisyonları yaklaşık %2,46 civarındadır. Fakat 2050 yılına kadar karbon salınımının %3'e artması ve toplam sera gazı emisyonlarının %5'e artması beklenmektedir. Verilen bu rakamlar yüzdelik dilimde düşük olsa da havacılık sektörünün dünyada ve hızla büyümesinden kaynaklı etkilerini azaltmak için emisyon azaltma önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Mrazova, 2014).



Şekil 2.2: CO₂ Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı (Mrazova, 2014)

IPCC raporuna göre, ulaştırma sektöründe 2010 yılında CO₂ emisyonu %27'sini oluştururken 2050 yılına kadar yaklaşık %50'lere ulaşacağı tahmin edilmiştir (IPCC, 2020).

Sivil havacılık sektörü hızla büyüyen hizmetler sınıfının önemli bir bileşeni olmakla birlikte hızlı ulaşım ağı, sağladığı istihdam, turizm ve ticareti canlandırması, getirdiği altyapı yatırımları ve ekonominin diğer sektörleri üzerindeki pozitif etkileri

göz önüne alındığında insan hayatı için olumlu katkıları bulunmaktadır. Başka bir deyişle havacılık sektörü, okyanusları, kıtaları, ülkeleri, şehirleri ve insanları birbirine bağlamaktadır. IATA'nın 2018 verilerine göre sektörün büyüklüğü 3,5 trilyon dolara ulaşırken, 90 milyondan fazla kişiye istihdam olması sebebiyle küresel bir endüstri olmuştur (IATA, Climate Change & CORSIA, 2020).

Fakat, doğa ve insan üzerinde çeşitli olumsuz etkileri de olmaktadır. Uçaklardan yayılan emisyonlar gerek iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya gerekse gürültü ve hava kirliliğine, çevresel ekosistem üzerinde ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Havacılık sektörünün hızlı büyümesi ve buna bağlı olarak emisyonlarının artması sektör kaynaklı iklim değişikliği açısından önemli bir olumsuz etken olmayı devam ettirecektir. Havacılık kaynaklı bir başka etkisi ise egzoz gazlarının salınımından kaynaklı uçak yoğunlaşma izlerinin atmosferde Cirrus bulutlarının artırmasına ve buna bağlı olarak ek bir ısınmaya sebep olabilecektir. Havacılık kaynaklı emisyonların iklim değişikliğine ve küresel ısınma üzerindeki etkileri bilim insanı tarafından araştırılmıştır (EEA, 2016).

Dünyadaki hava trafiğinin yıllık %4-5 civarında büyüme gerçekleştireceği göz önünde bulundurulursa sivil havacılık kaynaklı emisyonlarının da buna bağlı olarak büyümesinden dolayı endişe oluşturacak boyutlara ulaşacaktır. Endişelerin artması üzerine 2012 yılında Avrupa Birliği, Emisyon Ticaret Sistemine havacılık sistemini dâhil etmiş ve havacılık emisyonları artık küresel bir konuma taşımıştır. Avrupa Havacılık Güvenliği Ajansı (European Union Aviation Safety Agency-EASA) teknolojik gelişmeleri ve operasyonel anlamdaki iyileştirmeler sonucunda havacılık kaynaklı karbon ayak izinin azaltılması için büyük çabalar sarf edilmektedir (Johnson, 2018). 2016 yılında sivil havacılık sektörü kaynaklı salınım 815 mt karbondioksit emisyonu ile küresel karbondioksit emisyonunun %2,5 'ini oluşturmuştur (IATA, 2017).

Sektördeki hızlı büyüme ve devamındaki artan emisyon oranları aynı şekilde devam eder yani havacılık emisyonlarını önlemeye yönelik politikalar üretilmez ve ileri teknoloji teknikleri kullanılmaz ise 2050 yılında sektör kaynaklı emisyonlarının

küresel emisyon içindeki payının yüzde 22 seviyelerine çıkacağı tahmin edilmektedir (Larsson, 2018).

Sektörden kaynaklı emisyonların azaltılabilmesi için sürekli gelişen teknoloji sayesinde yakıt verimliliği yüksek, daha hafif malzemelerden aerodinamik geliştirmesi yapılmış uçak tasarımları, performansı daha yüksek motor gibi önlemlerle emisyonların azaltılmasına yönelik bazı çözümler üretilmiştir.

Havayolu şirketleri gelişen teknoloji ile yakıt tasarrufu daha yüksek ve daha çevreci motorların kullanıldığı uçakları filolarına katsalar da filodaki bütün uçakların değiştirilmesi maliyetlerinden dolayı hemen mümkün olamayacağı için teknolojiye bağlı çözümler havacılık sektöründe çevresel sorunları hemen çözemeyecektir. Tasarruflu teknolojiler ve verimli yakıtların kullanılması sayesinde kilometre bazında emisyonlarda düşüşe neden olsa da sektörünün günden güne büyümesi ve sektöre artan talebin emisyonları artırdığı gerçeğini değiştirmemektedir (European Commission, 2020).

Havacılık kaynaklı çevresel sorunların oluşturduğu endişe verici gelişmeler nedeniyle Avrupa'da bazı ülkeler hem gürültü hem de hava kirliliği ile iklim değişikliğinin negatif etkilerini minimum seviyelere indirmek için bazı önlemlere başvurmuşlardır. Avrupa'daki 92 havalimanı, Karbon Akreditasyon Programına katılmış ve bu havalimanlarından sadece 20 tanesi karbon nötr olmayı başarmışlardır. Sivil havacılık sektöründe küresel iklim değişikliği ile ilgili mücadelenin sorumluluğu ICAO'ya aittir. ICAO, havacılık kaynaklı emisyonlarının azaltılmasına yönelik Küresel Pazar Bazlı Mekanizma ve Uluslararası Havacılık İçin Karbon Telafi ve Azaltım Planını uygulanması için çaba sarf etmektedir. ICAO, havayolu şirketlerine daha tasarruflu motor ve daha verimli yakıtların kullanılması yönünde tavsiyelerde bulunmuştur. Ancak, ICAO tarafından düşünülen planlar havacılık emisyonlarında direk bir azalma sağlamayacağı yönündedir. Çünkü havayolu şirketleri, yayılan emisyonları absorbe etmek için farklı alanlarda emisyonları azaltmaya yönelik

girişimlerde buldukları için havacılık kaynaklı emisyonların önümüzdeki yıllardaki artışına engel olmayacağı yönündedir (EEA, 2016).

2.1.1.1.2. Su Buharı

Su buharı, hidrokarbon yakıtın yanmasıyla oluşan ve suyun ışıma özelliğinden dolayı küresel ısınmayı tetikleyen bir sera gazıdır. Uçaklardan kaynaklı yayılan emisyonların çoğu troposferde meydana gelir ve kısa bir süre kalabilmektedir. Su buharı dünyada en fazla bulunan sera gazıdır ama su buharını önemli kılan dünyadaki sıcaklık değişimi karşısında kimyasal olarak tepki vermesidir. Su buharı Atmosfer ısındıkça su buharı artar bu da sera gazı etkisiyle bulutların ve yağışların olmasına sebebiyet vermektedir (NASA, 2020).

Uçakların uçuş esnasında arkalarında kalan beyaz bulutumsu şekilde görünen su buharı hem güneşten gelen ışınları yansıtır hem de emme özelliğinden dolayı sera gazları içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. NASA'nın çalışmalarında su buharının troposferin yaklaşık 12.000 m-14.000 m üstünde biriktirdiğini ve bunu da küresel ısınmadan dolayı meydana gelen buharlaşmada olduğunu ifade etmişlerdir.

2.1.1.1.3. Azot Oksit (NOx)

Troposferin üst tabakası ile Stratosferin alt tabakasında yer alan ve ozon kimyası için önemli olan azot emisyonları, uçak emisyonları içerisinde 1 kg içerisinde 5 gr ile 25 gr arasında olup karbondioksit ve su buharından sonra havaya salınan en çok salınan emisyon türüdür (IPPC, 2018). Azot emisyonunu oluşturan birçok etken vardır. Fakat tam yanma neticesinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak ve sıcaklığın istenilen seviyenin üzerine çıkması neticesinde oksijen moleküllerinde oluşan ayrışım ile azot oluşum süreci hızlanmaktadır (Heywood, 2018).

Havacılıkta ise uçuşların troposfer tabakasında gerçekleşmesinden dolayı ortaya çıkan azot emisyonları, ozonların bu tabakada yoğunlaşmasına etki etmektedir ve ses hızını aşan uçuşlarda ise stratosfer tabasında bulunur. Azotun küresel ısınmaya %5'lik

etkisi olup ozon tabakasına zarar vererek incelmeye sebep olmaktadır (Pham & Van, 2010).

2.1.1.1.4. Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit (CO), karbonlu bileşiklerin yanması neticesinde ortaya çıkan, atmosferdeki kalma süresi az olan, kandaki oksijen miktarını değiştirebilen ve çeşitli fizyolojik hasarlara sebep olabilecek tatsız, renksiz, kokusuz, toksit ve kararlı bir gazdır (Nasresfahani & S., 2020).

İnsan sağlığına çeşitli negatif etkileri vardır. Karbonmonoksit solunduğunda kandaki oksijenin hareketini kısıtlamakla birlikte beyin ve kalp gibi önemli organların sağlıklı çalışmasına mâni olmakta ve bu gazı soluyan insanlarda uyku hali, baş ağrısı, görme bozuklukları vb. etkiler görülmektedir (Dorman, Drewry, & Guang, 2003).

Havacılıkta ise nadir de olsa uçuş mürettebatı veya yolcu ölümlerine sebep olan karbonmonoksit gazı, uçak yakıtının tam yanmaması sonucu ortaya çıkar. Başka bir deyişle motorlarının çalışmaya başlaması sırasında motorlardaki tutuşma sıcaklığı, oksijen eksikliği, yüksek sıcaklıkta gazın kalma zamanı ve yanma odasındaki türbülans kaynaklı olarak karbon içeren materyallerin tam yanmaması neticesinde oluşur. Havaalanı etrafında, iniş-kalkış sırasında veya düşük seviye ile uçulduğunda salınan karbonmonoksit emisyonları yerel hava kalitesine de olumsuz etkilemektedir (Lister, 1999).

2.2. Hava Sahası Kapasitesine Etkisi

Sivil havacılık sektörünün özellikle son 40 yılda sürekli ve hızlı bir şekilde büyüdüğü görülmektedir. Sektör 2019 yılında 57,6 milyon metrik ton kargo yaklaşık 92 milyon uçuş operasyonu, 9,2 milyar yolcu transferi faaliyetlerini yerine getirmiştir. Ayrıca havacılık sektörünün büyüme hızının 2030 yılına kadar yaklaşık %4,7-5,1 artacağı öngörülmektedir (ICAO, 2019).

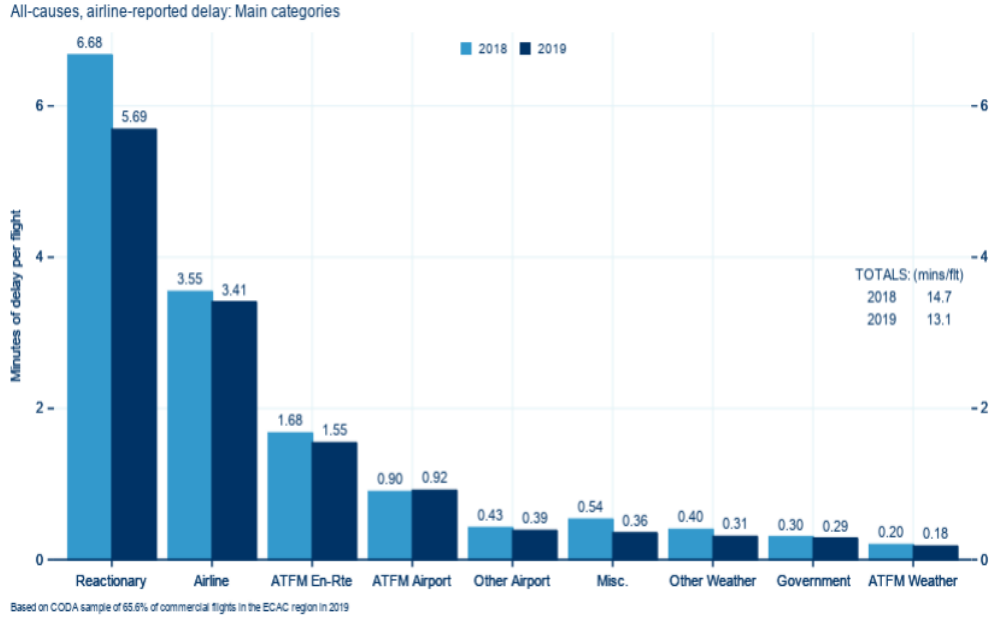
Bu hızlı artış, hava trafik hizmetlerindeki büyümeyi, operasyonel verimliliği ve hava sahası kapasite yönetimini daha önemli hale getirmiştir. FIR içerisindeki hava

sahaları hava trafik hizmet sağlayıcıları tarafından farklı sektörlere ayrılarak yönetilir. Hava sahasında trafik sayısı kapasite üstüne çıktığında ciddi gecikmeler meydana gelmektedir. Bu gecikmeler, uçuşların gecikmesine, hava sahası tıkanıklarına, kapasite düşmesine, havayolu şirketlerine ilave maliyetlere ve yolcu memnuniyetsizliğine sebep olur (Janić, 1999).

2019 yılı için Avrupa bölgesinde gecikmelerin yıllık maliyeti yaklaşık 7 milyar Euro olarak tahmin edilmektedir (Cook A. , 2019). 2019 yılı için ABD bölgesinde ise gecikmelerin maliyeti 33 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir ([FAA], 2019).

Hava sahalarındaki gecikmeleri minimuma indirmek için o sahayı verimli ve etkin kullanmakla mümkün olabilmektedir. Esnek bir hava sahası oluşturulması durumunda bu gecikmeler daha minimum seviyelerde olur. Bu sayede hem uçuş verimliliği ve operasyonel etkinlik artar hem de uçuş maliyetleri azaltılmış olur. Hava sahalarındaki trafik yönetme konularında farklı senaryolar üretilmiş olup, verimli ve etkin hava sahası yönetimi sayesinde %10'a varan performans artışı sağlanmış olduğu gözlemlenmiş ve gecikme sürelerinde önemli kazanımlar elde edilmiştir (Çeçen, 2017).

Şekil 2.3'de 2019 yılındaki uçuş gecikmelerinin 2018 yılına kıyasla, ortalama gecikme zamanı ve gecikmelerin sebepleri gösterilmiştir (Eurocontrol, All-Causes Delay to Air Transport in Europe, 2019).



Şekil 2.3: Eurocontrol bölgesindeki uçuşların 2018-2019 yıllarındaki gecikme sebepleri (Eurocontrol, All-Causes Delay to Air Transport in Europe, 2019).

Avrupa bölgesindeki uçuşlar için 2019 yılı uçuş başına ortalama 13,1 dk. gecikme görülmüştür. Tüm sebepleriyle beraber gecikmeler 2018 yılına kıyasla yaklaşık %10,8 azalma göstermiştir (Eurocontrol, All-Causes Delay to Air Transport in Europe, 2019).

İlk üç sırada yer alan gecikme sebeplerinin analizi, uçakların geç gelmesi nedeniyle oluşan gecikmelerin uçuş başına 5,69 dakika ile gecikmelere en çok etki eden faktördür. Havayolu şirketi kaynaklı gecikmeler, uçuş başına 0,14 dakika ve hava trafik hizmeti kaynaklı gecikmeler, uçuş başına 0,13 dakika ile 2018 yılına göre azalma göstermiştir. Uçuş faaliyeti içerisinde tüm operasyonlardaki gecikmelerin yaklaşık %11'ine hava sahası en-route problemi sebep olmaktadır (Eurocontrol, 2006).

Bir hava sahası kapasitesi, hava sahasındaki uçaklara verebileceği hava trafik hizmetini verebilme hacmini ifade eder ve çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Farklı faktörlere göre değişkenlik gösterdiği için sahanın planlanması ve tahmin edilmesi zordur. Hava sahaslarını daha iyi yönetebilmek için

hava sahaları çeşitli sektörlere ayrılabilir ve bu sektör kapasiteleri, meteorolojik şartlara, seyrüsefer cihazlarına, ATC prosedürlerine, yatay ve dikey ayırma minimumlarına, rota yapısına, sektör geometrisine, yol boyu sektör kapasitesine, uçak performans durumuna ve birçok faktöre değişiklik gösterir. Faktörler iyileştirilmediği müddetçe kapasite sınırı olması kaçınılmazdır. Hava sahasının verimli ve etkin kullanılmak için kısa, orta, uzun vadeli planlamalar yapmak gerekmektedir. Aksi takdirde kapasite sorunları kaçınılmaz olacaktır.

Hava sahalarındaki ayırma mesafeleri ATC tarafından yönetilmektedir ve uçuş emniyeti için uçaklar yatay ve dikey olarak ayrılırlar. ATC, kapasiteyi optimize etmek için en uygun şekilde yönetmeli ve hava sahasının yapısına göre verimli ve etkin kullanılmalıdır. ATC, uçuş emniyeti ve kapasite açısından uçaklar ile temas halinde değildir. ATC ile temas geçmeyen uçakların gecikmelere sebep olduğu ve bu gecikmelerin havayolu şirketlerine ilave maliyet getirdiği ve ulusal hava seyrüsefer servisi sağlayıcılarına yılda yaklaşık 250.000 saat uçuş gecikmesine sebep olduğu bilinmektedir (Learnmount, 2007).

Hava sahasındaki arz/talep dengesizliği olması durumunda havayolu şirketlerine ilave maliyet, uçuş emniyeti ve verimliliği gibi birçok konuda olumsuz etkiler oluşturacağı düşünülmektedir.

2.3. Ekonomik Etkileri

Havacılık, büyük yatırımlar gerektiren ve karşılığında düşük karlara rağmen her geçen gün gelişip hem dünyada hem de ülkemiz ekonomisinde önemli paya sahip olan bir sektördür. Diğer işletmelerde olduğu gibi havayolu işletmeleri de hem varlıklarını sürdürebilmek hem de kâr maksimizasyonu elde etmek amacıyla uçuş emniyetinden taviz vermeden maliyetlerini kontrol altında tutmayı ve hatta maliyetlerini azaltmayı hedeflemektedirler.

Hava trafik yönetimi havayolu işletmelerinin üretkenliğini ve performansını etkileyen etkenler arasındadır. Uçuşları emniyeti, düzenli ve ekonomik olmasını

sağlamak hava trafik yönetiminin temel amaçlarından. Hava trafik yönetimindeki aksamalar, uçuş planlarından sapmalara, gecikmelere, ek zaman-yakıt maliyetlerine, düz uçuştaki verimsiz uçuş rotası seçimleri ilave zaman kayıplarına sebep olmaktadır bu da havayolu işletmelerinin maliyetlerini artırmaktadır. Hava trafik yönetimi, uçuş hatları ve tarifeleriyle ilgili planlamaları üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Uslu, 2002).

Havacılık sektörünün gelişmesi ülkelerin ekonomisinin gelişmesinde ve ulaşım sistemlerinin gelişmesinde önemli bir yere sahiptir. Havacılık sektörü ekonomik gelişimlere katkı sağlarken birçok maliyeti karşılamak durumundadır. Bir havayolu şirketi için önemli maliyet yakıttır. Petrol fiyatlarındaki dalgalanma ve artışlar diğer maliyet unsurlarını, hizmetin kalitesini etkilemektedir. Havayolu şirketlerinin havacılıktaki arz ve talep dengesi havayolu şirketleri için önemli yere sahiptir ve oluşacak maliyetler şirketin filo ve ağ yapısını etkilemektedir. Havacılığın ekonomik ve sosyal faydası değerlendirildiğinde ihtiyaçları karşılayabilen dinamik bir hava trafik sistemi, verimi ve etkin bir hava sahasına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.1. Yakıt Tüketimine Etkisi

Yakıt fiyatlarının her geçen gün artması, havayolu işletmeleri için yakıt tüketimi konusunda uçuş emniyetinden ödün vermeden daha ekonomik ve optimum bir uçuş planlamasını gerektirir. Uçaklardaki yakıt tüketiminin azalması, salınan emisyonun azalması ile çevredeki olumsuz etkilerinin de azalması anlamına gelmektedir. Havayolu işletmelerinin en büyük operasyonel maliyet kalemi yakıt gideri olarak göz önünde bulundurulduğunda ve yakıt tedarikinde dışa bağımlılık söz konusu ise bu maliyet unsuru daha da önemli olabilmektedir. Özellikle kaynaklar kıt ve maliyetlerinin yüksek ise üretim en uygun şartlarda en yüksek verimi alacak biçimde kullanılıp tüketilmesi gerekmektedir.

Yakıt tüketimi, havayolu işletmelerinin operasyonel maliyetlerini artırması artan fiyatlar nedeniyle yolcu ve kargo taleplerini de etkileyecektir. Yakıt maliyetleri, havayolları işletmeleri için o kadar büyük bir maliyettir ki bu maliyetleri düşürebilmek

için yeni yöntemler aranmaktadır. Yakıt maliyetleri, operasyonel maliyetlerinin yaklaşık %25-35'ini oluşturmaktadır (Lenoir, 2011). Yakıt maliyetleri, fiyatlardaki değişkenliğine bağlı olarak operasyonel maliyetleri içindeki payı %50'ye kadar çıkabilmektedir. Havayolları, yakıt fiyatlarındaki değişikliğin etkisini minimum düzeye indirmek için yakıt tasarrufu girişimi içeresindedirler. Sera gazının en büyük kaynaklarından biri havacılıktır. Havacılık sektörünün her geçen gün büyüyeceği ve buna bağlı olarak yakıt taleplerinin de her yıl yüzde 1,9 ile yüzde 2,6 arasında artacağı tahmin edilmektedir. Bu sebeplerle yakıt tüketiminin yönetilmesi son derece önemlidir.

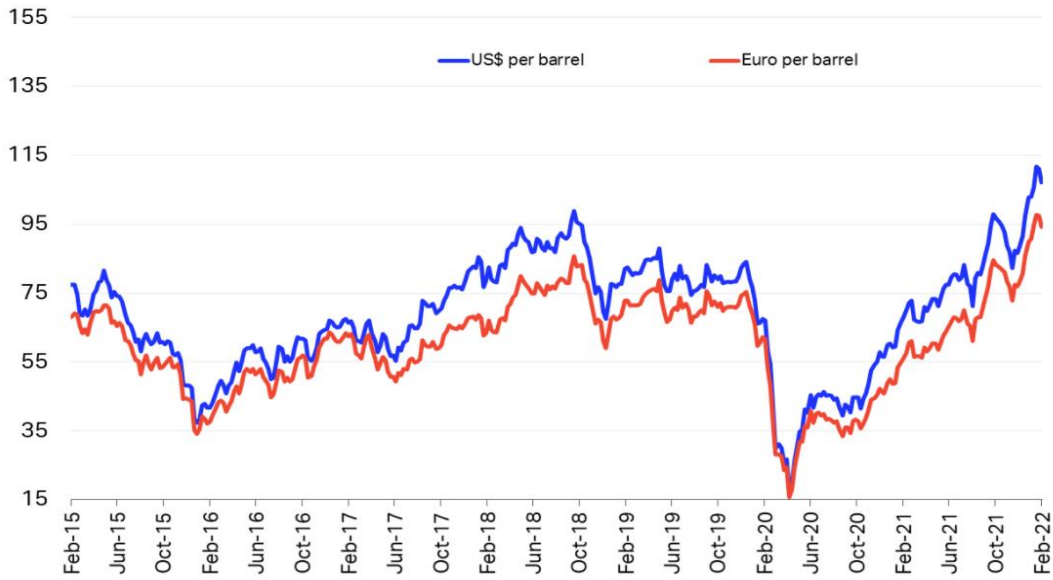
Yakıt tüketimini optimize etmek, havacılıktaki hemen hemen tüm işletmeler için bir zorluktur. İşletmeler bu optimizasyonu sadece yakıt harcamalarını aza indirmek için değil aynı zamanda verimliliği artırmak ve çevresel endişeleri minimuma indirmek için yaparlar. Çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik endişeler, son yıllarda havayolu işletmelerini yakıt verimliliği iyileştirmesinde önemli bir aşama kaydetmişlerdir (IATA, "Aircraft Technology Roadmap to 2050", 2020).

Hava trafik yönetimi açısından verimli ve etkin operasyonel uçuş prosedürleri uygulanabilmesi için esnek bir hava sahası oluşturulması ve tasarlanması ile uçuş rotalarının kısaltılıp daha az yakıt sarfiyatı ile havayolu işletmeleri açısından hem de daha az karbon salınımı ile çevreye olumlu anlamda katkısı olacaktır. Uçuş rotalarının optimum şekilde tasarlanması ile hem havadaki hem de yerdeki gecikmelerin yaşanması da önlenerek yakıt tüketiminden tasarruf sağlanabilmektedir.

Uçaklar, tırmanma, düz uçuş ve inişe kadar uçuş rotalarında ayırma minimumları, saha tahditleri, meteorolojik olaylar nedeniyle uçuş sürelerini olumsuz etkileyecek ve yakıt tüketim miktarını artıracak sebeplere maruz kalırlar. Ayrıca jet yakıt fiyatlarındaki ve kurlardaki dalgalanmalar havacılık sektörü için büyük riskler oluşturmakla beraber, hava trafik yönetiminin ve sahasının bu anlamda esnek kullanılmasının önemini daha da arttırmıştır.

Yakıt fiyatlarının zaman zaman dalgalanması sebebiyle havayolu işletmelerinin kapasite disiplini sağlayamadıkları gözlemlenmiştir. 2010 yılındaki yakıt fiyatlarındaki düşüş, havayolu işletmelerinde %4'lük bir uçuş kapasitesini artırdığı görülmüştür. 1990'lı yıllardaki kriz nedeni ile dalgalanmalar 2000 yılında fiyatların artmasına ve havayollarında kısmen kapasite düşüklüğüne neden olmuştur (IATA, Jet Fuel Price Monitor, 2022).

Operasyonel maliyetler içerisinde yer alan yakıt maliyetleri değişken giderdir. Fakat, diğer değişken maliyetlere göre bu değişkenlik daha fazladır ve yakıt miktarı uçulan mesafeye göre değişkenlik gösterir. Yakıt fiyatlamaları aylar itibari ABD Doları bazında Platts tarafından açıklanmakta ve değişkenlik arz etmektedir. Gelirinin büyük bir kısmı ABD Doları dışında olan bir işletme için yakıt fiyatının yanında kur riski de etki etmektedir. **Şekil 2.4'de** yakıt fiyatlarının Euro/US\$ döviz kuru hareketlerinin etkisi verilmiştir. Jet yakıt fiyatlarının her iki para biriminde fiyat azalış ve artış oranlarının aynı olmadığı görülmektedir. Bu sebeplerden ötürü yakıt maliyetlerinin öngörülmesi diğer maliyet giderlerine göre daha zor olmaktadır.



Şekil 2.4: Jet yakıtı fiyat gelişmeleri- Euro/US\$ döviz kuru hareketlerinin etkisi

Kaynak: Platss, Datastream

Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC) hava sahalarında açılacak yeni rotalar açılması ve verimsiz rotaların yeniden düzenlenmesi ve iyileştirilmesi ile havacılık sektörünün maliyetlerini yılda yaklaşık 2,5 milyar USD azaltabileceği IATA tarafından ileri sürülmüştür. Ayrıca, havayolu şirketleri bireysel çabalarıyla yakıt verimliliğinde konusunda yapacağı her %1'lik iyileşme, yakıt faturalarında yılda yaklaşık 800 milyon USD düşürebileceği öngörülmektedir (IATA, 2016).

Havayolu şirketleri için son derece önemli olan yakıt tüketimi, iki nokta arasındaki uçuş süresince uçulan irtifa ve hız, uçağın tipi ve ağırlığına, rotanın yapısına, uçtuğu seviyedeki rüzgâr, basınç ve sıcaklık gibi faktörlere göre değişmektedir. Ayrıca uçuş fazları arasındaki yakıt tüketim miktarı farklılık gösterse de bu farklılık içerisinde rotaların uzaması ve kısalması yakıt maliyetleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Esnek olarak kullanılmayan bir hava sahasında, verimsiz ve gereksiz hava sahası kapasite kayıpları ve uçuş rotalarının uzaması nedeniyle yakıt maliyetleri üzerinde etkili olacaktır. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) yayınlamış olduğu rapora göre uçakların kullanmış olduğu yakıtların %18'den fazlası operasyonlardaki verimsizlik nedeniyle boşa harcanmaktadır (IPCC, 1999).

2.3.2. Uçuş gecikmelerine Etkisi

Tüm şirketlerde olduğu gibi havayolu şirketlerinde de yönetsel kararlar verilebilmek, yaşanan problemlere çözüm bulabilmek için maliyet verilerini bilmeye ve maliyetler üzerinde etkili olan faktörlere duyarlı olması gerekmektedir. Havayolu şirketleri maliyeti yüksek ve kâr marjı düşük işletmelerdir. Bu sebepten dolayı havacılık sektöründeki işletmeler maliyetlerini iyi analiz edip en küçük maliyeti bile dikkatle inceleyip kontrol altına almayı bilir duruma gelmişlerdir (Oyman, 1996).

Havayolu işletmelerinin maliyetleri kalemleri incelendiğinde en önemli maliyet faktörlerinden biri de uçuş gecikmeleridir. Uçuş gecikmeleri, maliyet artışının yanı sıra yolcu tatminsizliğini de beraberinde getirmektedir. Hava sahası yönetimi, hava sahasının esnek kullanımı, uçuş gecikmelerinin azaltılması ve operasyonel

aksaklıkların önceden tahmin edilebilmesi gibi konular havayolu işletmelerinin yoğunlaştığı konulardır.

Havayolu işletmeleri, bünyesinde görev alan uçuş harekât uzmanları tarafından hazırlanan uçuş planlarında o günün hava koşullarına, uçağın ağırlığına ve performansına bağlı olarak daha az yakıt harcayacakları uçuş seviyeleri olan 33.000-39.000 feet seviyeleri arasında uçmak isterler. Bu uçuş seviyelerinde uçan uçakların hızları ise, ortalama 400 knot'tır. Bir hava sahasındaki hava yolundan aynı uçuş seviyesinde uçan bir uçağın hızı düşük ve arkadaki uçak daha hızlı ise arkadaki uçağın öndeki uçağa yaklaşmaması için daha yavaşlaması ya da belirli bir noktada bekletilmesi gerekecektir. Bu sebeple, arkada uçağın uçuş süresi uzayacak dolayısıyla uçuş gecikmesi artacak ve hava yolunun kapasitesi düşecektir (Cavcar, 1998).

Uçuş gecikmeleri, operasyonel sebeplerin yanı sıra tsunami, kasırga, sel deprem, volkanik patlama gibi doğal sebeplerle de meydana gelebilir ve havayolu işletmeleri tahmin edemediği boyutta ilave maliyetlerle de karşılaşabilir. Gecikme maliyetleriyle bağlantılı olarak yakıt, personel, bakım, kiralama, sigorta maliyetleri, havaalanı giderleri, yolcu ödenen tazminatlar ve amortisman giderleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Eurocontrol raporuna göre, Avrupa'nın en yoğun 25 havalimanında 15 dakikadan fazla gecikme yaşanan uçuşların sayısı 2018 yılına kıyasla %5,7 azalırken ülkemiz 2019 yılında ATFM gecikmelerini (en-route ve havalimanı) %60,5 oranında azaltmıştır. 2019 yılında, Avrupa Havalimanlarından yapılan uçuşların %27'si gecikmeli olarak gerçekleşmiştir ve yıl boyunca toplam 24 milyon dakika gecikme yaşanmıştır (SHGM Performans Raporu, 2019).

Tablo 2'de ABD havayolu şirketlerinin 2016 yılı için uçuş operasyonlarında dakikalık ortalama maliyet kalemleri USD cinsinden gösterilmiştir (U.S. Passenger Carrier Delay Costs, 2016).

Tablo 2: ABD havayolu şirketleri 2016 yılı için uçuş operasyonlarının ortalama maliyet kalemleri

<i>2016 yılı</i>	<i>İşletme Maliyeti (dk.)</i>
Mürettebat	\$21,24
Yakıt	\$18,44
Bakım	\$12,01
Uçak Sahipliği	\$8,06
Diğer	\$2,8
Toplam Doğrudan İşletme Giderleri	\$62,55

Uçuş gecikmeleri, havayolu işletmelerinde makro ekonomik bir etkiye sahip olup ve havayolları şirketleri, havaalanı içerisindeki diğer paydaşları ve yolcuları için olumsuz etkilemektedir. Yolcular bilet alırken fiyatı yansira havayolu şirketlerinin performans göstergelerini de bakmaktadırlar. Havaalanlarındaki tıkanıklıklar, bazen uzun kuyrukların oluşmasına, uçuşların ertelenmesine ve hatta uçuş iptallerine sebebiyet verebilmektedir. Uçuş gecikmeleri; meteorolojik, uçak, uçucu personel, yolcu, grev, anlık hava sahası kapalılığı veya havalimanı otoritesi kaynaklı olabilmektedir. Örneğin, aynı günde farklı parkurlara atanmış bir uçağın ilk parkurundaki gecikme sonraki uçuşlarını da gecikmeli uçuşmasına sebep olabilmektedir. Gün içerisinde kısa uçuşlara atanmış bir uçuş ekibi uçuşlar arasında geçiş yapıyorsa, uçuş ekibinin önceki uçuşlardan geç gelmesi durumunda devamındaki uçuşların gecikmesine ve yayılmasına neden olabilir. Topla-dağıt sistemini kullanan havayolu şirketlerinde, yolcuların bağlantılı uçuşlardan gelmesine bağlı olarak önceki uçuşlardaki yaşanan gecikmeler, yeni uçuş için yolcularının beklenmesine ve gecikmelerin sonraki uçuşlara sirayet etmesine sebep olabilmektedir. Özetle, uçuşun başlangıcındaki küçük bir gecikme o uçağın ya da o ekibin gün içerisindeki yapılacak daha büyük gecikmelere sebep olabilmekte ve bu gecikmeler önlem alınmazsa gün içerisinde devam edebilmektedir.

Hava sahalarındaki yoğun uçuş trafiği, hava trafik hizmetlerinde aksamalara, gecikmelere neden olabilmektedir. Hava sahasındaki bu yoğun trafik, uçakların yerdeyken taxi-out ve taxi-in sürelerinin artmasına, uçak içinde beklemelere, gecikmeyi an aza indirmek için uçakların optimum olmayan rota ve uçuş seviyelerinden uçmalarına, günlük-haftalık uçuş programı ve filo planlamalarındaki problemlere, extra maliyet risklerine, terminal binasında beklemelere ve yolcu memnuniyetsizliklerine sebep olabilmektedir. Gecikmeler sonucu ortaya çıkabilecek bu istenilmeyen olaylara çözüm bulunabilmesi, hava trafik yönetiminin kapasite planlaması yapmasını ve esnek hava sahası kullanımının önemini artırmaktadır (Belge, 2022).

Hava trafik yönetimi, uçuş gecikmelerinde önemli bir yere sahiptir. Hava trafik için zorluklar, ani gelişen meteorolojik koşullar, gün içindeki saatlerdeki talep dalgalanmaları ve tahmin edilemeyen birçok etkenin kapasite dengesizliklerine sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Olumsuz hava şartları ve rota kaynaklı sorunlar hava sahaları ve havaalanlarının kapasitelerinde düşüşler meydana getirebilmektedir.

ABD'deki ulaştırma faaliyetleri istatistikleri kurumu 2004-2020 yılları için yapmış olduğu analize göre hava trafik yönetimi kaynaklı gecikmelerin %26,2 olduğu görülmüştür (Understanding the Reporting of Causes of Flight Delays and Cancellations, 2022).

Operasyon gecikmeleri; yolculara, havayollarına ve havalimanlarındaki etkileri göz önünde bulundurulduğunda, yolcular için gitmek istedikleri yere daha geç gitmek zorunda kalması, seyahat masraflarının artması, havayolu işletmeleri için cezai müeyyide, ek havaalanları ücretleri, uçuş ekibi maliyetleri, operasyon maliyetleri, uçuşların devamı için extra zaman kaybı gibi birçok olumsuzluğa neden olabilmektedir. Ayrıca gecikmeler havayolu işletmelerinin pazarlama stratejilerini de riske atmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HAVA SAHASININ ESNEK YÖNETİLMESİNE İLİŞKİN UYGULAMA

3.1. Türkiye'deki Esnek Hava Sahası Yapısına Yönelik Araştırma

Ülkemizde 2014 yılında resmî gazetede yayınlanan esnek hava sahası yönetmeliği şu an için tam olarak uygulanmamaktadır. Türkiye'deki esnek hava sahası yapısı kapsamında rotalar için ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımları üzerine yerli ve yabancı kaynaklar incelendiği kadarıyla kapsamlı bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada esnek hava sahası uygulamasının farklı güzergâhlar için uygulanması durumunda zaman ve yakıt tasarrufu, mesafe kazanımları ve ülke açısından hava sahası kapasite kazanımları, çevresel ve ekonomik kazanımları üzerine belli kısıtlar ve varsayımlar dâhilinde, gerçek uçuş planından alınan veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

3.1.1. Araştırmanın Problemi

Türkiye'nin son yıllarda havacılıkta göstermiş olduğu hızlı gelişme ve ilerleme ve Türkiye'nin coğrafi konum itibarıyla önemli bir konumda olması hava sahasındaki hızla artan trafik nedeniyle hava sahası için çeşitli düzenlemeler yapılmış fakat trafik sayısındaki artışa oranla yapılan düzenlemelerin yetersiz kalması zamanla hava trafiği yönetmede yeni problemleri beraberinde getirmiş bu sebeple ülkemiz hava sahası içerisinde verimli ve etkin bir hava sahası kullanımını tam anlamıyla uygulanmadığı gözlemlenmiştir. Hava sahasındaki bu durumun temel nedenleri sıralanacak olursa ilk sırada asker-sivil hava trafiğinin ve diğer hava sahası kullanıcılarının aralarındaki koordinasyonunun düşük seviyede olması olarak görülmektedir. Diğerleri ise hava saha yapısının sistematik olmaması, havayolu şirketlerinin ekonomik kaygılarının olması, askeri trafiğin anlık olarak ülke savunması için ihtiyaç duyduğu gereksinimlerin ortak platformda buluşturulamamasıdır. Aynı zamanda Türk hava sahasında kullanıcıların gerçek ihtiyaçlarına ve kullanım zamanlarına göre saha

taahsisleri ve kullanamama durumlarında notamların zamanında yayımlanamaması hava sahasındaki kısıtların oluşmasına neden olmaktadır.

Hava sahalardaki bu problemler trafiklerin tahmini kalkış ve iniş zamanlarında gecikmelere neden olmakta, hava sahasını kullanacak diğer trafikler için de olumsuz bir etki oluşturmaktadır. Ülkemizin hava sahasının yapı olarak esnek olmaması nedeniyle rotaların gerçekleşen kullanım oranlarına bakıldığında uzun uçuş rotaları ve verimsiz uçuşlar gerçekleştiği görülmüştür. Uçakların havada daha uzun uçmaları özellikle sivil hava taşımacılığı yapan havayolu şirketleri için ilave yakıt maliyetlerine, ilave personel maliyetlerine, yer gecikmesi maliyetlerine, zaman maliyetleri dışında kapasite problemlerine bağlı olarak uçaklar arası ayrımlarda istenmeyen durumların oluşmasına ve uçuş emniyetini tehlikeye düşürecek yakın geçişlerin oluşmasına, çevreye verdiği emisyon oranlarının artışına sebep olmaktadır.

3.1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, hava sahası esnek uygulanması kapsamında, hava sahası dinamiklerine karşı doğru ve hızlı reaksiyon verebilmek için uçuş rotasındaki hava sahası kısıtları değerlendirilerek uçuş planlama safhasında en verimli ve etkin rota mantığı ile uçuş planı üzerinden en verimli rotanın bulmasında sistematik bir çözüm üretmek, uçuş rotaları üzerinden uçuş operasyonlarının daha etkin ve verimli hale getirilmesini sağlamaktır. Ayrıca hava sahası esnek yapısı uygulandığı durumlarda kısılanan uçuş rotalarının hava sahası kapasite, çevresel ve ekonomik kazanımlarını ortaya koymaktır.

3.1.3. Araştırmanın Metodu

Bir uçuş için rota seçimi yapılırken, takip edilmesi gereken uçuşun rotası, süresi, uçuş için gerekli olan toplam yakıt miktarı içerisinde bulunan taxi yakıtı, yedek meydan yakıtı, olası bir bekleme veya kaçınma durumunda kullanılması için ilave yakıt vb. hesaplanarak uçağın tahmini kalkış ağırlığı belirlenmektedir. Uçuş planlarında uçağın ağırlığına ve rotasına göre o uçuş için hesaplanmış yakıt bilgileri yer almaktadır. Uçuş planları, havayolu şirketlerinde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

tarafından lisanslandırılmış olarak çalışan uçuş harekât uzmanları tarafından hazırlanır ve uçulacak parkurlardaki rotalar oluşturulur. Rotalar oluşturulduktan sonra rotalar arasında mesafe, süre ve yakıt miktarları kıyaslanır. Kıyaslama neticesinde en verimli (uçuş süresi kısa ve/veya yakıt miktarı az olan) rota seçilerek uçuş planı oluşturulur.

Bu çalışmada üretilen rotalar ve veriler uçuş planlama programı olan FPM (Flight Plan Manager) programı kullanılarak elde edilmiştir. Veriler elde edilirken gerçek uçuş mesafelerine göre, rüzgâr değişkenlerine, aktif kullanılan pist konfigürasyonuna, ortalama yolcu ağırlık değerlerine göre yakıt ve süre hesapları FPM programı üzerinden kıyaslama yönetimi yapılarak elde edilmiş ve rota seçimi buna göre yapılmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye’de iç hat uçuşlarında en fazla kullanılan ve tercih edilen uçak tipi olan Boeing 737-800 tipi uçak kullanılmış ve tarifeli olarak gerçekleştirilen aynı parkurda iki farklı uçuş rotası incelenmiştir. Çalışmada kullanılan uçuş verileri ülkemizde iç hat taşımacılığı yapan Pegasus Havayolları, Türk Havayolları ve alt markası olan Anadolu Jet şirketlerinin web adreslerinden alınan tarifeler baz alınmıştır. Hava sahası esnek olarak uygulanması noktasında en kuvvetli muhtemel rotalar olan *İstanbul-Diyarbakır*, *Sabiha-Gökçen Diyarbakır*, *Ankara-Diyarbakır* ve *Batman-İstanbul* rotaları incelenerek kıyaslanmıştır.

Çalışmada yakıt miktarı, rotanın mesafesine göre, uçağın ağırlığına göre uçuş planlama programı üzerinden otomatik olarak hesaplanmıştır. Çevresel faktörü ise yakıtla bağlı olarak karbon salınımı ise yakıt miktarının 3,16 ile çarpılmasından elde edilerek hesaplanmıştır.

Çalışmada özellikle uçuş süresi farklı olan iki rotanın analiz edilmesinin nedeni, hava sahası esnek uygulaması yapıldığında oluşan süre miktarına bağlı olarak yakıt tüketiminde gösterdiği etki, çevresel etkisi ve kapasite etkisinin önemini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda mevcut verilerin içerdiği parametreler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. İki uçuş arasındaki etkin olan değişkenler belirlenmiş ve değişkenler arasındaki ilişki dikkate alınarak kıyaslama yapıp yorumlanmıştır.

3.2. Literatürdeki Çalışmalar

Wang ve Snow (2006), Ulusal hava sahası sisteminin simülasyonu için hava sahası geometri ve 4D uçuştan yakınlık algılama çalışması, uçakların rotası ve hızı bilindiği varsayılarak anahtar geçiş noktalarını ile uçağın yakınlığını belirlemek için bir simülasyon oluşturmuştur. Simülasyonda kapalı formdaki denklemler ile dört boyutlu 4D uzay-zaman alanı içindeki iki uçak arasındaki minimum mesafe hesaplamak için bir model geliştirilmiştir. 4D uçuş yakınlık bilgisinin, sınırlı bir hava sahası boyunca çok sayıda tarifeli güzergahı değerlendirerek trafik akış yönetimi stratejilerinin etkilerini tespit etmek için kullanılabileceğini ortaya koyarak bu yöntemle iki uçuş arasındaki mesafeyi hesaplayan bir örnek sunulmuştur.

Rui ve Peng (2007), Hava sahası yönetimi için dinamik hava yolu açma-kapama problemi çalışmasında DROP adlı bir tam sayılı program modeli sunulmuştur. DROP, ATFM modellerinde dikkate alınmayan yolların en kısa doluluk süresi gibi kısıtlamaları dikkate alan maliyet esaslı bir hedef fonksiyona sahiptir. DROP'un amacı belirli bir süre boyunca belli bir kullanıcıya hangi güzergahların açılacağını belirlemektir. Simülasyon sonuçları DROP'un hava yollarının kullanılmasını kolaylaştırabildiğini ve hava sahasının veremliliğini artırdığını göstermektedir.

Haralddottir, Scharl ve Berge (2007), 3D kısa yol ve hız kontrolü ile varış yönetiminin performans analizi makalesi, gelişmiş Uçuş Yönetim Sisteminin ve gelişmiş hava trafik yönetiminin otomasyon araçları kullanımını entegre eden rota tabanlı varış yönetimi kavramını açıklamaktadır. Varış yönetiminde zemin tabanlı otomasyon sistemi, sayaç sabitlemelerinde ve pistlerde optimum varış zamanlamasını hesaplayarak çizelgeyi karşılayan rotayı seçer ve ayrımı sağlamaktadır. Çalışmada önerilen rotalar, uçağın doğru navigasyon performansına ve en iyi dikey profillere sahip olduğundan, açık uçlu vektörlerin kullanılması durumunda uygun olmadığı görülmüştür. Ayrıca Boeing yörünge analizi ve modelleme ortamı (TAME) kullanılarak varış yönetiminin performans analizi ele alınmıştır. Uçak performansını temsil etmek için Eurocontrol (BADA) veri tabanını kullanılmıştır.

Lopez, Cano ve Escalonilla (2009), Gelecekteki hava trafiği yönetim sistemindeki hava sahası yapılandırma yönetimi çalışması, askeri hava sahası rezervasyonunda ani bir değişiklik olduğunda kısa vadeli aşamada ve kısmen orta vadeli aşamada odaklanan işbirlikçi karar alma müzakere süreçlerini açıklamaktadır. SESAR kavramının, askeri-sivil tüm aktörlerin uygun katılımını ile hava sahası talebindeki değişiklikleri gidermek için hava sahası çözümlerini ele almışlardır.

Lanshou ve Fiqing (2010), Uçuş talebine dayalı dinamik hava yolu yönetimi çalışmasında, hava trafik akış yönetim sistemi ve uçuş talebi ile hava sahası kaynağı arasında dinamik bir havayolu yönetimi modeli önermiştir. Bu model, ATFM modellerinde dikkate alınmayan en kısa doluluk süresi, rota açma ücreti gibi kısıtlamaları hesaba katarak maliyet esaslı bir hedef fonksiyona sahiptir. Dinamik havayolu yönetimi modeli uçuş gecikmelerini azaltarak ve geçici güzergahları kullanarak güzergâh kapasitesini optimize etmektedir.

Paul, Lee, Prevot, Homola, Kessell ve Smith (2010), Esnek hava sahası yönetiminde hava sahası karmaşıklığı, tanımlanan trafik eşliğini aşan sektörlerin yanı sıra yetersiz kullanılan sektörleri belirlemek için sektörleri birkaç saat öncesinden değerlendirmektedir. Ayrıca çeşitli hava sahası optimizasyon algoritmalarını kullanarak hava sahası, uçakları kullanıcıları tarafından tercih edilen rotalar dışına çıkmadan mevcut trafik talebini yönetimini açıklamıştır. Çalışmada hava sahasının yeniden yapılandırmasının hava trafik kontrol cihazları üzerindeki etkisini değerlendirmek için 2009 yılında halkalı simülasyon çalışması yapılmıştır. Nesnel verilerden elde edilen sonuçlar, rota değişiminin kabul edilebilirliğini ve buna bağlı iş yükünün, hava sahası hacmi tarafından etkilendiğini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, gözlemler ve öznel geri bildirim yoluyla sektörler arasındaki mekânsal ilişkiler gibi diğer bilişsel temelli faktörlerin de rol oynayabileceği gösterilmiştir. Ayrıca hava sahası ve hava sahası geçişleri tasarlanırken dikkate alınması gereken insan faktörleri konularını da incelenmiştir.

Lee, Brasil, Homola, Kessell ve Mainini (2011), Esnek hava sahası yönetiminin fizibilitesi ve faydaları isimli çalışmasında, hava sahasının potansiyel kullanıcı ve sistem faydalarını değerlendirmek için esnek hava sahasının yeniden yapılandırması fizibilitesi ve hava durumu sapmalarını temel duruma göre açıklamıştır. Çalışmada uçuş seviyesinin FL340 olduğu ve tüm uçakların iletişim, otomatik veri aktarım, gelişmiş çakışma algılama ve çözünürlük yetenekleri kontrol istasyonları verileriyle tam donanımlı olması varsayılmıştır. Çalışma sonuçlarında hem uçuş hem de kullanıcı yararları, uçuş mesafesi, daha az yeniden yönlendirme ve artan hava sahası kullanımı gözlemlenmiştir.

E. Lee ve Jung (2011), Esnek hava sahası yönetiminde hava sahası tasarımlarının kullanıcı seçim kriterleri çalışmasında, hava sahası kalite metriğini kullanarak algoritma tarafından oluşturulan yapılandırmaların hava sahası özelliklerini nesnel olarak ölçmenin ve onları simülasyondan elde edilen katılımcıların kabul edilebilirlik dereceleri ile karşılaştırmanın yollarını ortaya koyulmuştur. Esnek hava sahası avantajları ve kalite ölçümleri katılımcıların puanlarıyla açıklanmıştır.

Meo, Cavallo ve Chiesa (2013), SESAR ve askeri Hava Trafik Yönetimi (ATM) entegrasyonuna doğru makalesinde, sivil-askeri birlikte çalışabilirlik sorununu çözmek için yapılan çalışmaların sonuçlarını sunulmuştur. Makalede askeri uçaklar için bir referans ile hava sahası kullanımı sunulmuş, iletişim, seyrüsefer ve gözetim gereksinimleri vurgulanmıştır. Birlikte işlerlik problemine yaklaşım ve önerilen çözüm sunulmuştur. Birlikte işlerlik problemine en iyi çözümün bir yenileme çözümü olmadığını mevcut aviyonik ekipmanların yükseltilmesine dayalı bir çözüm olduğunu açıklamıştır.

Reynolds (2014), Uçuş verimsizlik ölçümlerini kullanarak hava trafiği yönetim performans değerlendirmesi analiz edip uçakların en uygun dört boyutlu rotalarına daha yakın uçmalarına ve uçuşun yüksek yakıt verimsizliklerin azalmasına ilişkin önemi vurgulamıştır. Aynı zamanda, yakıt tüketimini ve çevresel etkisinin azalmasını

sağlamak için hangi operasyonel ve teknik olanakların uygun olabileceği üzerinde durmuştur.

Dessens, Köhler, Rogers, Jones ve Pyle (2014), Havacılığın iklim değişikliğine katkısının mevcut durumunu tanımlayarak havacılıktan kaynaklanan emisyonları ve buna bağlı gelişmeler karşılaştırılmıştır. İklim değişikliğinin nicelleştirilmesi için kullanılan farklı analitik yöntemler birbirleriyle olan ilişkilerini ve belirsizliklerini gösterilmiştir. Havacılık kaynaklı CO ve CO₂ sera gazlarının olumsuz etkilerinden bahsetmiştir.

Turgut, Kara, Usanmaz, Canarslanlar, Dögeroğlu, Armutlu ve Yay (2014), İç hatlarda ticari uçakların yakıt tüketimini daha iyi anlamak için kullanılabilen yakıt akışını denklemler üzerinde açıklamıştır. Türkiye'de ana iç hatlar ve en sık kullanılan dar gövdeli ticari uçaklar incelenmiştir. Denklemler, Türk hava sahasında A319, A320, A321 ve B737, B738 uçakları tarafından gerçekleştirilen 3857 gerçek uçuş verilerini kullanarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yakıt akışında seyir yüksekliği, kütle ve hız olmak üzere üç ana performans parametresinin etkisi karakterize edilmiştir. Sonuçlar, gereksiz kütlelerin taşınması, uygun seyir irtifasından ayrılma veya seyir uçuşunun hızlandırılması yoluyla verimsiz yakıt kullanımı miktarını göstermektedir.

Grote, Williams ve Preston (2014), Sivil uçaktan doğrudan karbondioksit emisyonları makalesi, uçaklardan CO₂ emisyonlarını azaltmak ve sivil havacılık endüstrisi için mevcut önlemler üzerine olan literatür hakkında bir inceleme sunmuştur. Makale problem tedbirler, politikalar, yasal önlemler, teknolojik ve operasyonel önlemler kategorinde ele alınmıştır. İncelemenin sonuçları, karşılaşılan zorluklara ilişkin hava trafikteki güçlü büyüme tahminlerinin, sivil havacılığın insan kaynaklı CO₂ emisyonların giderek önemli ölçüde artacağını göstermektedir.

Chao (2014), Hava kargo taşımacılığında karbon emisyonu maliyetlerinin değerlendirilmesi çalışmasında, hava kargo taşımacılığında bireysel uçuş evrelerinde karbon emisyonlarını hesaplayan, uçak tipine ve uçuş rotasına bağlı karbon izlerini

araştıran ve karbon vergilerine bağılı olarak havayolları için ulaşım maliyetlerinde meydana gelen artışları tahmin eden bir dizi model sunmuştur. Farklı güzergâhlarda uçak teslimi havayollarında ve yeni alımlar için uçak seçiminde yararlı referanslar sağlayacağı 6 güzergâh ve 6 uçak tipi için hava kargo taşımacılığı maliyetleri üzerindeki potansiyel etkisini incelenmiştir. Sonuçlar, hava kirliliği, uçak başına birim karbon emisyonu, havayolu için havacılık emisyonu ödenekleri ve karbon ticaret fiyatları gibi çeşitli faktörlere bağılı olabilmekte olduğunu ve hava kargo taşımacılığı maliyetlerindeki artış, uçak başına %0-5,27 arasında olduğunu göstermiştir.

Toth ve Takacs (2014), 4D uçuş rotası optimizasyonu için dinamik bir programlama yaklaşımında, yakıt tüketimine ve gecikmeye bağılı toplam maliyetin olabildiğince düşük olmasını sağlamak için uçuş rotalarını en iyi duruma getirmeyi amaçlamıştır. Hava aracı pozisyonları ve varış yerleri, hava durumu bilgileri ve diğer veriler dahil olmak üzere, çeşitli veri tablolarını girdi olarak kullanılarak her uçuş için enlem, boylam, irtifa, hız bilgilerini veren bir uçuş planı üretmiştir. Uçuş planlarının maliyeti bir açık kaynak simülatörü ile değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemde kısıtlı bölgelerin önüne geçmek için Dijkstra algoritması dinamik programlama ve yerel arama teknikleri kullanılarak çözüm daha da geliştirilmiştir.

Yen (2015), Gerçek zamanlı bilgileri kullanarak havayollarının uçuş rotasını optimize edilmesi çalışması, en-route gerçek zamanlı hava durumu bilgilerini kullanarak bir havayolunun yakıt maliyetlerini azaltmayı amaçlamaktadır. Belli bir uçuş için bir uçağın uçuş işletme maliyetlerini (yakıt masrafları, havayolu masrafları, ekip maaşları, bakım, amortisman ve vb. maliyetleri) en aza indirgeyen optimum uçuş yolunu aramak için bir tamsayı programlama modelini kullanmıştır. Modelde, en uygun rotanın araştırılması için havayolu seçimi ve uçuş seviyesi seçimi de dikkate alınarak ilk aşamada, yakıt tüketimi kazanmak için, önceden belirlenmiş koşullara dayanan hesaplamasına göre, ilgili havayolu, kalkıştan önce uygun bir hava yolu seçmektedir. Matematiksel olarak, yakıt tüketimini en aza indirgeyen objektif bir fonksiyon sunulmuştur. Araştırma, havayollarının yakıt maliyetlerini azaltmak için

gerçek zamanlı hava durumu bilgilerini kullanmasının mümkün olduğunu göstermiştir.

Vaaben ve Larsen (2015), Hava sahası tıkanıklığını azaltılmasının hava yolu ağlarına etkisi çalışması, uçak gecikmeleri yönetiminin uçuş planlaması ile nasıl birleştiğine dair bir yaklaşımı değerlendirmiştir. Tıkanıklıkların hava sahasından kaynaklanan kesintilerin daha proaktif bir şekilde ele alınarak orta büyüklükte bir Avrupalı taşıyıcıdan gelen verileri kullanarak değerlendirme yapmıştır.

Chen, Hu, Zhang, Yin ve Han (2016), Hava trafik talebindeki dalgalanma dikkate alınarak, hava sahasındaki havacılık emisyonlarının kısa-orta vadeli tahminleri makalesinde hava sahasında havacılık emisyon dağılımı için yeni bir tahmin yöntemi önermişlerdir. Trafik artışının değişkenliği ve belirsizliğinin tahmin edildiği gerçek trafik talebinin hem dinamiklerini hem de dalgalanmalarını karakterize eden bir trafik yoğunluğu talep modeli geliştirmişlerdir. Trafik talep tahminine ve yol gazı emisyon tahminine dayanarak, belirsizlik sınırlarıyla birlikte güzergâh emisyonlarının üretilmesini tahmin etmek için kullanılabilen bir havacılık emisyon tahmin modeli oluşturulmuşlardır. Yıllık ve aylık zaman ayrıntıları ile emisyon tahmini ile ilgili belirsizlik sınırlarını doğrulamak için FAA ve Eurocontrol tarafından geniş kabul gören regresyon modelinden türetilen gelecek trafik taleplerine dayanan tahmin sonuçları da sunulmuştur. Vaka analizi önerilen yöntemin yol emisyonlarının dinamiklerini ve dalgalanmalarını iyi karakterize edebildiğini böylece uygun belirsizlik sınırlarıyla tatmin edici tahmin sonuçlarının sağlandığı gösterilmiştir. Tahmin sonuçları, yıllık ortalama %7,74 oranında kademeli bir büyüme göstererek aylık tahmin sonuçları büyümedeki belirgin dalgalanma kalıpları ortaya koyulmuştur.

Gaxiola ve Barrado (2016), Serbest rota hava sahası ve yeni hava trafik kontrol ihtiyaçları makalesinde, Tek Avrupa Gökyüzü Hava Sahası Araştırma Programı (SESAR)'nin bir parçası olarak, yeni bir operasyonel araç olduğunu anlatarak, Serbest Rota Hava Sahasının kullanıcının hava yollarına veya zorunlu geçiş noktalarına tabi olmayan en iyi performans rotalarına karar verebileceği hava sahası alanlarını

tanımlamıştır. Çalışmada özel olarak düşük yoğunluklu alanlarda ve düşük yoğunluklu zaman dilimlerinde yaklaşık günde 32.000 deniz mili (nm) kadar tasarruf sağlayabildiği ve hava trafik kontrolörlerinin görüşleri ile kazanımlar değerlendirilmiştir.

Cai, Zhang ve Xiao (2017), Hava trafik ağ akışı yönetiminde hava sahası tıkanıklığının ve uçuş gecikmesinin eş zamanlı optimizasyonu çalışmasında, hava sahası tıkanıklığının hafifletilmesi ve aynı anda ATFM'deki uçuş gecikmelerinin azaltılması sorunu ele alınmıştır. Bu sorunu, çok objektif bir Hava Trafiği Ağ Akış Optimizasyonu problemi olarak formüle etmektedir. Çalışmada kapsamlı ATFM eylemleri, yeniden yönlendirme ve hız kontrolü gibi konular ele alınarak sorunu çözmek için sistematik bir yaklaşım ile rota ve Zaman Aralığı Tahsisi algoritması geliştirilmiştir. Hem rota arama modülü hem de zaman düzeltme modülü algoritmaya gömülüdür. Ayrıca, bir ön seçim operatörü çözümleri belirlemek ve bir sektör dengesini tanımlayarak arama alanını azaltmak için sezgisel bir strateji önerilmiştir. Çin hava sahasının gerçek verileri üzerinde yapılan denemeler, RTA algoritmasının mevcut çok amaçlı evrim algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Sandamali, Su ve Zhang (2017), Hava trafik akış yönetiminde gidiş belirsizlikleriyle uçuş rotası ve zaman çizelgesi çalışmasında, hava trafik sistemdeki talep belirsizliğini dikkate alarak yeni bir uçuş yönlendirme ve zamanlama şeması önerilmiştir. Talep belirsizliği altında bile tüm bağlantı kapasitesi kısıtlamalarını tatmin ederken genel ağ gecikmesini en aza indirmek için uçuşları rotaya planlamak ve zamanlama işlemlerini yerine getirilmiştir. Yer ve zaman gibi uçuş parametrelerini tahmin ederken, ayrık tek bir değer yerine gidiş belirsizliğinden dolayı uçuşun alabileceği çeşitli değerler düşünülerek sorun Karışık Tamsayılı İkinci Dereceden Programlama problemi olarak formüle edilmiştir. Simülasyon yardımı ile önerilen yaklaşım sisteminde kapasite ihlalini tamamen ortadan kaldırdığı ve düşük uçuş gecikmesini sağladığını göstermişlerdir.

Kökhan ve Ahmet (2017), Türk hava sahasının esnek hava sahası yaklaşımı ile etkin kullanımı için algoritmik bir uygulama çalışmasında, hava sahasının esnek kullanımının sağlanması ve sağlıklı rota seçimi konusunda karar destek sistemlerinden faydalanılması ile ekonomik, çevresel, kapasite etkisi ve diğer etkileriyle beraber Türk hava sahasında önemli kazanımlar sağlanacağı sonucuna varmıştır.

Yücel ve Volkan (2020), Hava Sahası Egemenliği'nde Dönüşüm: Türkiye'de hava sahası esnek kullanımı çalışmasında, hava sahası esnek yönetilmesinin kolayca uygulanabileceğini ve bu uygulama ile zamandan ve yakıttan tasarruf sağlayabileceği değerlendirilmiştir.

3.3. Esnek Hava Sahası Yapısına Yönelik Uygulamalar

Türkiye'deki esnek hava sahası yapısı kapsamında dört parkur üzerinden gerçek bir uçuş planlama sistemi olan ve Sabre firmasının geliştirdiği FPM (Flight Planning Manager)'den alınan verilere dayalı uygulamalar yapılmıştır. Hava sahası esnek olarak uygulanması noktasında en kuvvetli muhtemel rotalar olan *İstanbul-Diyarbakır*, *Sabiha Gökçen-Diyarbakır*, *Ankara-Diyarbakır* ve *Batman-İstanbul* parkurları çalışılmıştır. Diyarbakır ve Batman noktaları askeri hava sahası olup en fazla uçuş yapılan noktalar olduğu için seçilmiştir.

3.3.1. Varsayımlar ve Kısıtlar

1. Araştırma için ülkemiz hava sahasında uçuşların yoğun olarak uçulduğu ve gelecek dönemlerde de hava trafiği sayısının artacağı varsayılmıştır. Ayrıca İstanbul yeni havalimanının yapılmasıyla beraber hava sahalarındaki kapasite problemi oluşacağı düşünülen rotalardan seçilmiştir.

2. Uçuş rotaları için uçuş seviyeleri, doğu yönlü uçuşlar için uçuş seviyesi 35.000 feet, batı yönlü uçuşlar içine ise 34.000 feet irtifa seviyeleri baz alınmıştır.

3. Uçuş safhası "TAS (True Air Speed: 453kts.)" hız değeri dikkate alınmıştır.

4. Türkiye’de iç hatlarda havayolu işletmeleri tarafından en çok tercih edilen uçak tipi olan Boeing 737-800 uçak tipinin performans değerleri referans alınmıştır.

5. İstanbul havalimanı için aktif pist yönleri: kalkış pisti 35L, iniş pisti 34L referans alınmıştır.

6. Sabiha Gökçen havalimanı için aktif pist yönleri: kalkış ve iniş için 06 pisti referans alınmıştır.

7. Ankara (Esenboğa) havalimanı için aktif pist yönleri: kalkış pisti 03L, iniş pisti 03R referans alınmıştır.

8. Diyarbakır havalimanı için aktif pist yönleri: kalkış ve iniş için 34 pisti referans alınmıştır.

9. Batman havalimanı için aktif pist yönleri: kalkış ve iniş için 02 pisti referans alınmıştır.

10. Çalışmada İstanbul- Diyarbakır, Sabiha Gökçen-Diyarbakır, Ankara-Diyarbakır ve Batman-İstanbul parkurları tek yön için örneklem alınmıştır.

11. Uçakların ağırlık değerleri 59.000 kg ortalama değeri referans alınmıştır.

12. Yolcu ağırlığı 84 kg olarak alınmıştır.

13. 17.04.2022 tarihli, IATA Jet yakıt fiyatı (bbl/\$): 140\$ ve USD Kuru: 14,64₺, Euro Kuru: 15,82₺ olarak kabul edilmiştir.

14. 1 litre yakıt, 0,8 kg olarak kabul edilmiştir.

15. Uluslararası kabul edilmiş değerler olan basınç ve sıcaklık değerler kabul edilerek, deniz seviyesi basınç değeri: 1013,25 hPa, Sıcaklık: 15,0 degC değerleri dikkate alınmıştır.

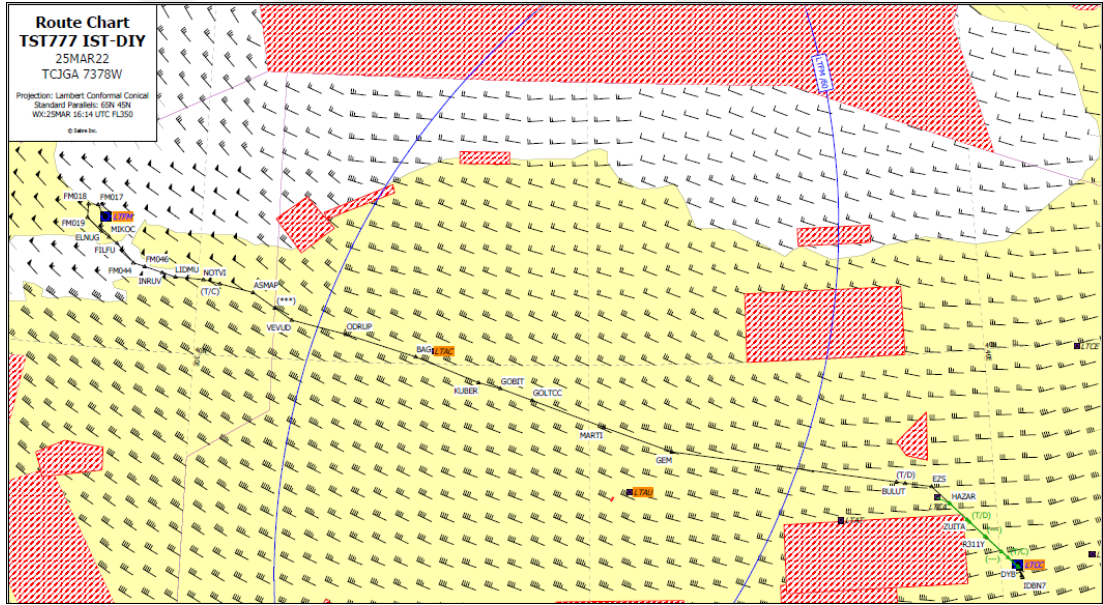
16. Çalışmadaki uçuş sayıları dönemsel olarak değişkenlik göstermekte olup, tarife olarak Türk Hava Yolları ve Pegasus Hava Yolları şirketlerinin internet sitelerinden alınmıştır. Günlük tarifeli uçuş çizelgesi **Ek-A**'da gösterilmiştir.

17. Çalışmada Diyarbakır ve Batman havalimanı civarındaki askeri bölgelerin yoğunluğu ve bu illere yapılan uçuşların fazlalığı nedeniyle bu havalimanları seçilmiştir. Ayrıca, Türkiye'de yer alan tahditli alan ve sahalar **Ek-B**'de gösterilmiştir.

3.3.2 Uçuşların Hesaplanması ve Yorumlanması

3.3.2.1. İstanbul-Diyarbakır Uçuşlarının Hesaplanması

Hava sahası esnek olarak kullanılmadığı durumlarda, İstanbul-Diyarbakır arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 13 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 598 NM ve uçuş süresi 1 saat 33 dakikadır. **Şekil 3.1**'de İstanbul (LTFM)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan uçuş normal rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.

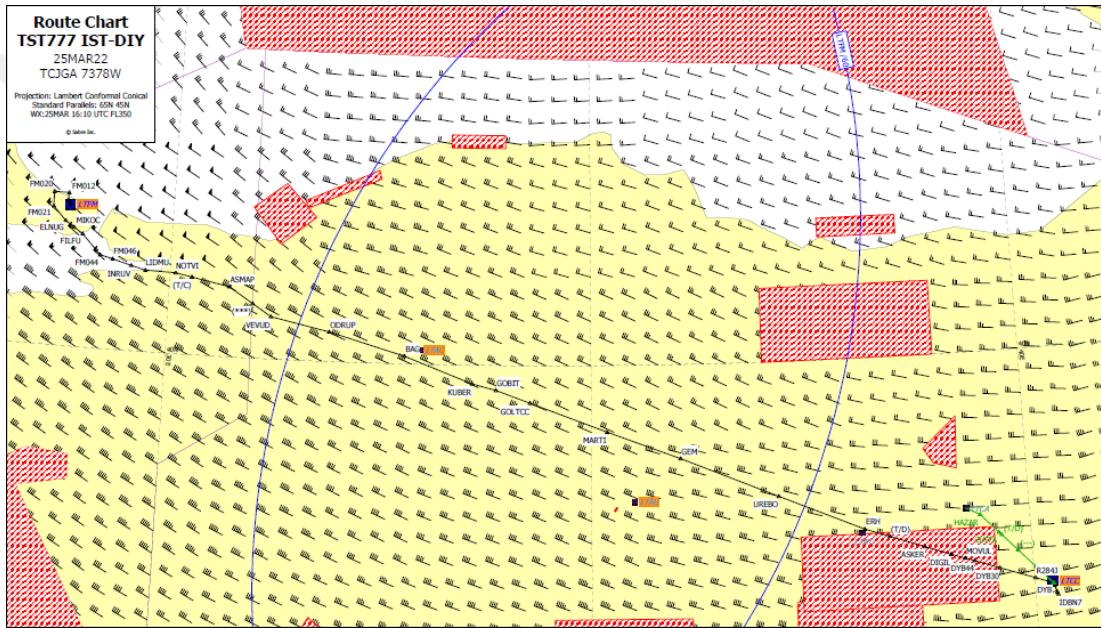


Şekil 3.1: İstanbul (LTFM)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası

Kaynak: FPM Programı

**IST==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==>
GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==>
ZUITA==>DIY**

Hava sahasının esnek olarak uygulandığı durumunda ise, İstanbul-Diyarbakır arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 12 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 590 NM ve uçuş süresi 1 saat 31 dakikadır. **Şekil 3.2’de İstanbul (LTFM)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan uçuş rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.**

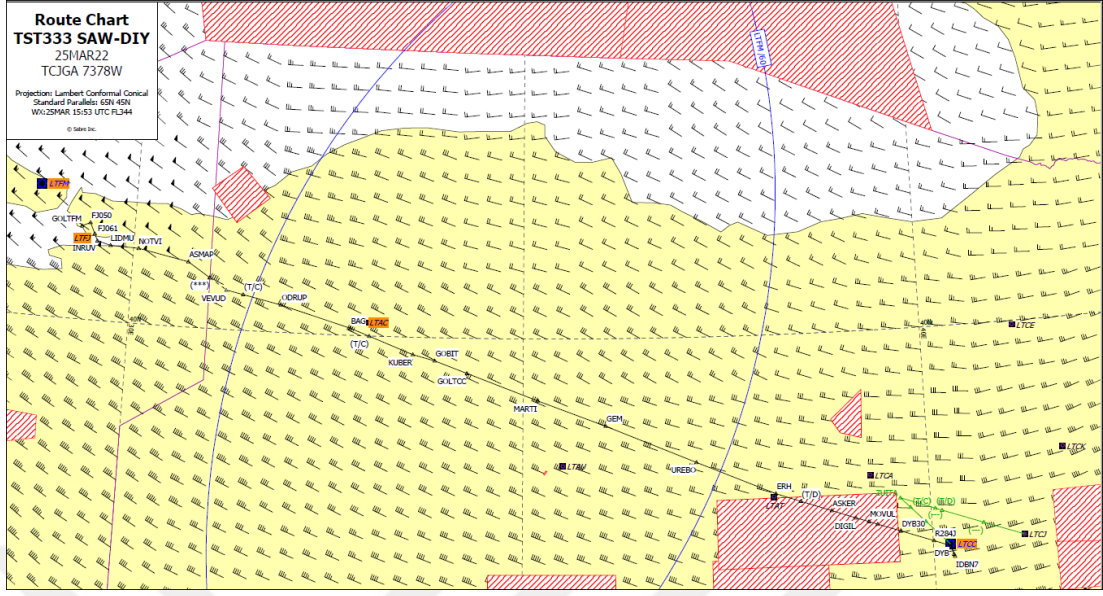


Şekil 3.2: İstanbul (LTFM)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası

Kaynak: FPM Programı

**IST==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==>
GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==>
MOVUL==> DIY**

Her iki rota karşılaştırıldığında, esnek hava sahası kullanılması durumunda bir uçuş için 8 NM’lik mesafe kazanımı, 2 dakikalık uçuş süresi kazanımı sağlandığı görülmektedir.



Şekil 3.4: Sabiha Gökçen (LTFJ)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası

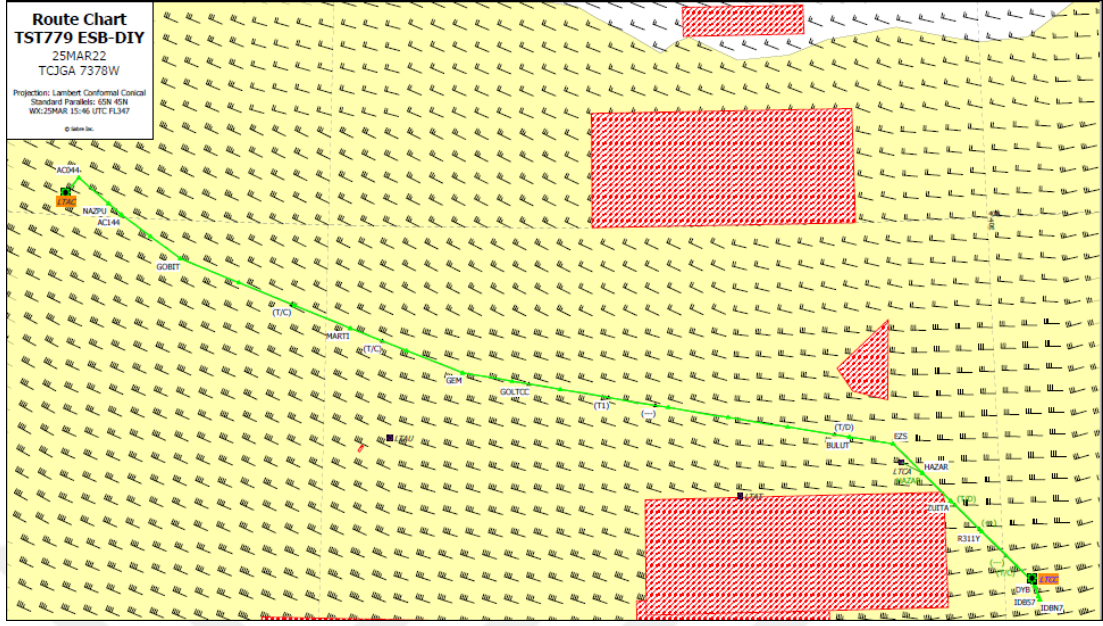
Kaynak: FPM Programı

SAW==> ASM==> VEV==> ODR==> BAG==> KUBER==>
 GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==>
 MOVUL==> DIY

Her iki rota karşılaştırıldığında, esnek hava sahası kullanılması durumunda bir uçuş için 11 NM'lik mesafe kazanımı, 2 dakikalık uçuş süresi kazanımı sağlandığı görülmektedir.

3.3.2.3. Ankara-Diyarbakır Uçuşlarının Hesaplanması

Hava sahasının esnek olarak kullanılmadığı durumlarda, Ankara-Diyarbakır arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 8 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 380 NM ve uçuş süresi 1 saat 2 dakikadır. **Şekil 3.5'de** Ankara (LTAC)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.

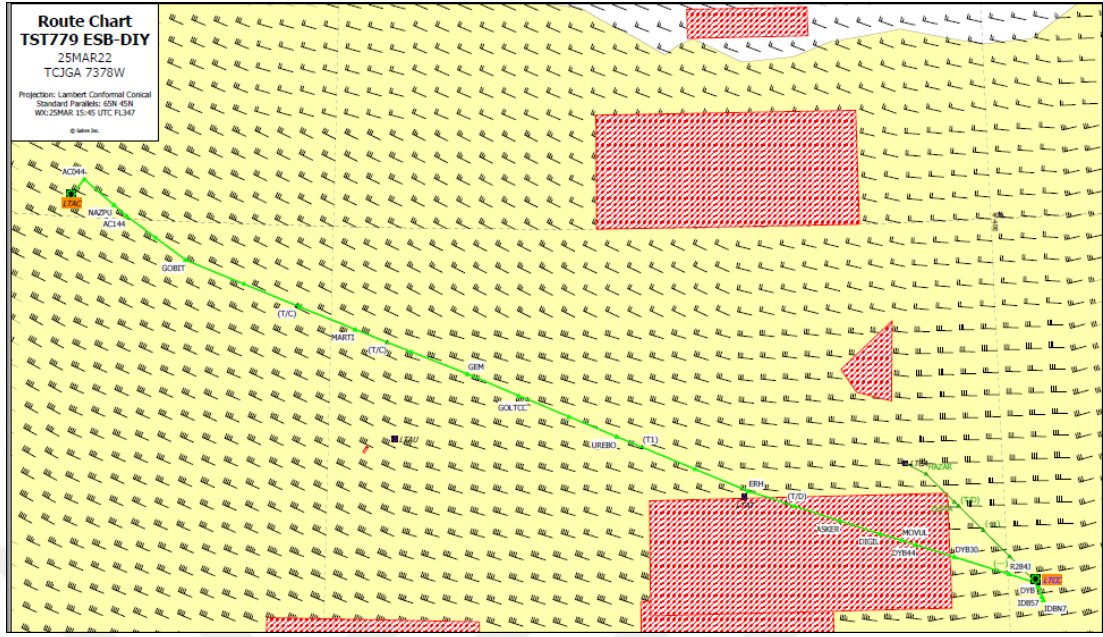


Şekil 3.5: Ankara (LTAC)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan normal uçuş rotası

Kaynak: FPM Programı

**ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==>
 HAZAR==> ZUITA==>DIY**

Hava sahasının esnek olarak uygulandığı durumlarda, Ankara-Diyarbakır arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 12 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 372 NM ve uçuş süresi 1 saattir. *Şekil 3.6'de* Ankara (LTAC)- Diyarbakır (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Ankara (LTAC)- Diyarbakir (LTCC) arası planlanan esnek uçuş rotası

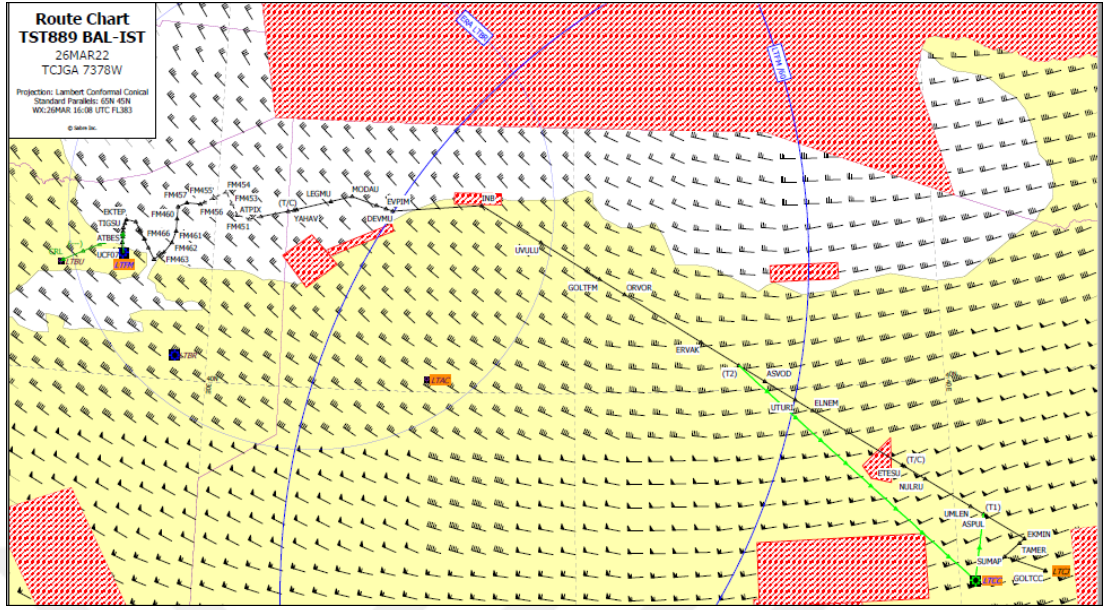
Kaynak: FPM Programı

**ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==>
ASKER==> MOVUL==> DIY**

Her iki rota karşılaştırıldığında, esnek hava sahası kullanılması durumunda bir uçuş için 8 NM'lik mesafe kazanımı, 2 dakikalık uçuş süresi kazanımı sağlandığı görülmektedir.

3.3.2.4. Batman-İstanbul Uçuşlarının Hesaplanması

Hava sahasının esnek olarak kullanılmadığı durumlarda, Batman-İstanbul arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 21 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 785 NM ve uçuş süresi 2 saattir. **Şekil 3.7'de** Batman (LTCJ)- İstanbul (LTFM) arası planlanan normal uçuş rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.

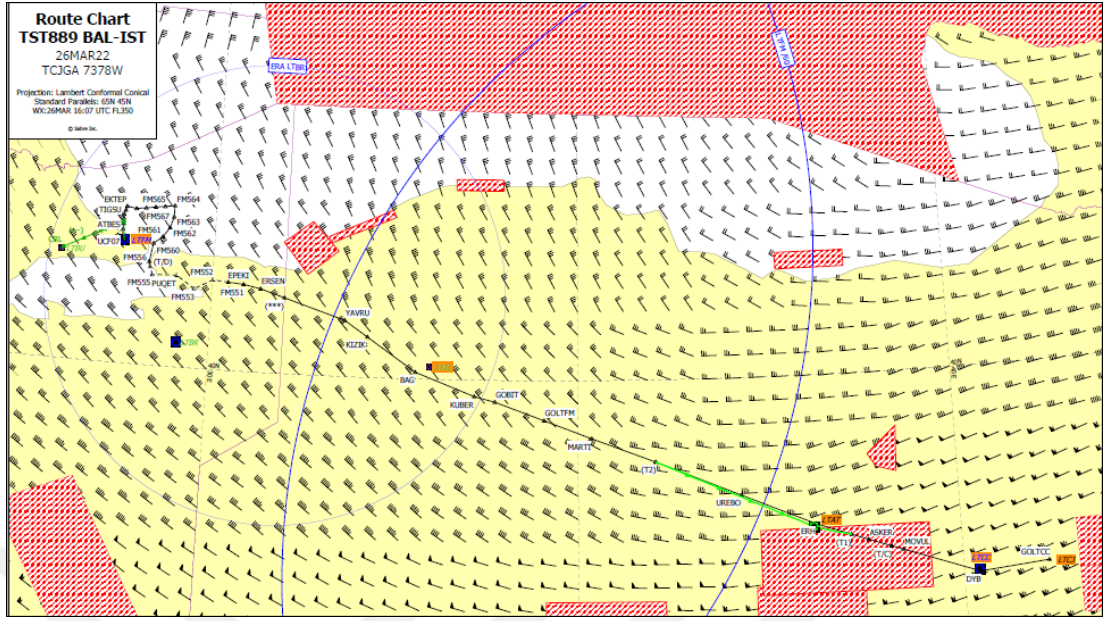


Şekil 3.7: Batman (LTCJ)- İstanbul (LTFM) arası planlanan normal uçuş rotası

Kaynak: FPM Programı

**BAL==> SUMAP==> TAMER==> EKMIN==> ASPUL==> UMLEN==>
 NULRU==> ETESU==> ELNEM==> ASVOD==> ERVAK==> ORVOR==>
 UVULU==> INB==> DEVMU==> EVPIM==> BEDOP==> MODAU==>
 LEGMU==> YAHAV==> ATPIX==> IST**

Hava sahasının esnek olarak kullanıldığı durumlarda, Batman- İstanbul arası uçuş rotası başlangıç ve bitiş noktasıyla beraber 14 noktadan geçmektedir. Bu güzergahın toplam mesafesi 762 NM ve uçuş süresi 1 saat 55 dakikadır. *Şekil 3.8'de* Batman (LTCJ)- İstanbul (LTFM) arası planlanan uçuş rotası ve hava aracının geçeceği tüm noktalar gösterilmiştir.



Şekil 3.8: Batman (LTCJ)- İstanbul (LTFM) arası planlanan esnek uçuş rotası

Kaynak: FPM Programı

**BAL==> DYB==> MOVUL==> DIGIL==> ASKER==> ERH==> UREBO==>
GEM==> MARTI==> GOBIT==> KUBER==> BAG==> KIZIK==>
YAVRU==> IST**

Her iki rota karşılaştırıldığında, esnek hava sahası kullanılması durumunda bir uçuş için 23 NM'lik mesafe kazanımı, 5 dakikalık uçuş süresi kazanımı sağlandığı görülmektedir.

3.3.3 Uçuşların Ekonomik Kazanımları

Uçuşların normal rotaya kıyasla esnek hava sahası kullanılması durumunda mesafe, zaman ve yakıt kazanımları hesaplanmıştır.

Havayolu işletmelerinin en büyük operasyonel maliyet kalemi yakıt olarak bilinmektedir. Yakıt tedarikinde dışa bağımlılık söz konusu ise bu maliyet unsuru daha da önemli olmaktadır. Kaynakların azaldığı ve maliyetlerin arttığı günümüzde, üretimin en uygun şartlarda en yüksek verimi alacak biçimde kullanılıp tüketilmesi gerekmektedir. Daha az yakıt kullanma stratejisi havayolu işletmelerinin maliyeti

düşürmenin kullandığı yollardan birisidir. Önemli maliyet unsuru olan yakıt harcamaları, havayolu işletmelerindeki diğer maliyet unsurlarını, hizmet kalitesini ve ülke ekonomisi açısından da önemlidir. Petrol fiyat maliyetlerindeki yüzde 10'luk bir artış, işletme maliyetlerinde yüzde 3'lük bir artışa yol açmaktadır bu da karlılığın sürdürülmesini zorlaştırmaktadır. Avrupa'da faaliyet gösteren Rynair havayolu şirketi, 2020 yılında petrol vadeliilerindeki pozisyonu nedeniyle petrol fiyatlarındaki çöküşün ardından 300 milyon Euro'luk darbe almıştır. Yine birçok havayolu şirketi 2020 yılında yakıt vadeliileri nedeniyle büyük kayıplar yaşamıştır. Korona virüs pandemisiyle birlikte talebin de düşmesiyle birlikte ve şirketler fiyatların üzerindeki kontratları kullanmak zorunda kalmışlardır. Birçok havayolu şirketi vadeli pozisyonlarını azaltmış ya da tamamen durdurmuştur, bu da yakıt maliyetlerinde sert yükseliş karşısında savunmasız kalmalarına neden olmuştur (Özbek, 2021).

3.3.3.1. İstanbul-Diyarbakır Uçuşlarının Ekonomik Kazanımları

Tablo 3'de *İstanbul-Diyarbakır* güzergahındaki uçuş rotası toplam uçuş mesafesi, toplam uçuş zamanı, mesafe kazanımı, yakıt kazanımı (kg), yakıt kazanımı (₺) değerleri gösterilmiştir.

İstanbul-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı: **IST==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==>DIY** Toplam uçuş mesafesi: 598 NM ve 1 saat 33 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

İstanbul-Diyarbakır uçuşunun hava sahasının esnek uygulanması durumundaki güzergâhı: **IST==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY** Toplam uçuş mesafesi: 590 NM ve 1 saat 30 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

3.3.3.2. Sabiha Gökçen-Diyarbakır Uçuşlarının Ekonomik Kazanımları

Tablo 4'de Sabiha Gökçen-Diyarbakır güzergahındaki uçuş rotası toplam uçuş mesafesi, toplam uçuş zamanı, mesafe kazanımı, yakıt kazanımı (kg), yakıt kazanımı (₺) değerleri gösterilmiştir.

Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı: SAW==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==> DIY Toplam uçuş mesafesi: 544 NM ve 1 saat 25 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: SAW==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY Toplam uçuş mesafesi: 535 NM ve 1 saat 23 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

3.3.3.3. Ankara-Diyarbakır Uçuşlarının Ekonomik Kazanımları

Tablo 5'de Ankara-Diyarbakır güzergahındaki uçuş rotası toplam uçuş mesafesi, toplam uçuş zamanı, mesafe kazanımı, yakıt kazanımı (kg), yakıt kazanımı (₺) değerleri gösterilmiştir.

Ankara-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı: ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==>DIY Toplam uçuş mesafesi: 380 NM ve 1 saat 02 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

Ankara-Diyarbakır uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY Toplam uçuş mesafesi: 372 NM ve 60 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.

3.3.3.4. Batman-İstanbul Uçuşlarının Ekonomik Kazanımları

Tablo 6'de Batman-İstanbul güzergahındaki uçuş rotası toplam uçuş mesafesi, toplam uçuş zamanı, mesafe kazanımı, yakıt kazanımı (kg), yakıt kazanımı (₺) değerleri gösterilmiştir.

*Batman-İstanbul uçuşunun normal güzergâhı: **BAL==> SUMAP==> TAMER==> EKMIN==> ASPUL==> UMLLEN==> NULRU==> ETESU==> ELNEM==> ASVOD==> ERVAK==> ORVOR==> UVULU==> INB==> DEVMU==> EVPIM==> BEDOP==> MODAU==> LEGMU==> YAHAV==> ATPIX==> IST** Toplam uçuş mesafesi: 785 NM ve 2 saat olarak tablolarda gösterilmiştir.*

*Batman-İstanbul uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: **BAL==> DYB==> MOVUL==> DIGIL==> ASKER==> ERH==> UREBO==> GEM==> MARTI==> GOBIT==> KUBER==> BAG==> KIZIK==> YAVRU==> IST** Toplam uçuş mesafesi: 762 NM ve 1 saat 55 dakika olarak tablolarda gösterilmiştir.*

Yakıt Kazanımları:

2022 yılı yaz tarifesine göre THY'nin İstanbul'dan Diyarbakır'a günde 4 uçuşu bulunmaktadır. İstanbul-Diyarbakır parkuru 1 uçuş için yakıt kazanımı uçuş başına 87 kg olup, Türk Lirası karşılığı 1.385,127₺'ye eşittir. 1 günde 4 uçuş için 5.540,508₺, 1 haftada 4 uçuş için 38.783,56₺'lik yakıt tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 2.016.745₺'lik tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 3: İstanbul-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg)

İSTANBUL-DIYARBAKIR ROTASI ve YAKIT KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)
NORMAL ROTA	6687	87
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	6600	

2022 yılı yaz tarifesine göre Sabiha Gökçen'den Diyarbakır'a Anadolu Jet şirketinin günde 2 uçuşu ve Pegasus havayollarının günde 2 uçuşu bulunmaktadır. Sabiha Gökçen'den Diyarbakır'a parkurunda 1 uçuş için yakıt kazanımı uçuş başına 58 kg olup, Türk Lirası karşılığı 923,418₺'ye eşittir. 1 günde 4 uçuş için 3.693,672₺, 1 haftada 4 uçuş için 25.855,7₺'lik yakıt tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 1.344.497₺'lik tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 4: Sabiha Gökçen-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg)

SABIHA GÖKÇEN DIYARBAKIR ROTASI ve YAKIT KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)
NORMAL ROTA	6538	58
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	6480	

2022 yılı yaz tarifesine göre Ankara'dan Diyarbakır'a Anadolu Jet şirketinin günde 2 uçuşu ve Pegasus Havayollarının günde 1 uçuşu bulunmaktadır. Ankara'dan Diyarbakır'a parkurunda 1 uçuş için yakıt kazanımı uçuş başına 45 kg olup, Türk Lirası karşılığı 716,445₺'ye eşittir. 1 günde 3 uçuş için 2.149,335₺, 1 haftada 3 uçuş için 15.045,35₺'lik yakıt tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 782.235,9₺'lik tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 5: Ankara-Diyarbakır rotası yakıt kazanımı (kg)

<i>ANKARA DIYARBAKIR ROTASI ve YAKIT KAZANIMI</i>	<i>TOPLAM YAKIT (KG)</i>	<i>YAKIT KAZANIMI (KG)</i>
NORMAL ROTA	5325	45
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	5280	

2022 yılı yaz tarifesine göre Batman'dan İstanbul'a THY'nin günde 2 uçuşu bulunmaktadır. Batman-İstanbul parkurunda 1 uçuş için yakıt kazanımı uçuş başına 158 kg olup, Türk Lirası karşılığı 2.515,518₺'ye eşittir. 1 günde 2 uçuş için 5.031,036₺, 1 haftada 2 uçuş için 35.217,25₺'lik yakıt tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 1.831.297₺'lik tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 6: Batman-İstanbul rotası yakıt kazanımı (kg)

<i>BATMAN İSTANBUL ROTASI ve YAKIT KAZANIMI</i>	<i>TOPLAM YAKIT (KG)</i>	<i>YAKIT KAZANIMI (KG)</i>
NORMAL ROTA	7501	158
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	7343	

Zaman Kazanımları:

Havayolu işletmelerinin maliyetleri kalemleri incelendiğinde en önemli maliyet faktörlerinden biri de uçuş gecikmeleridir. Uçuş gecikmeleri, maliyet artışının yanı sıra yolcu tatminsizliğini de beraberinde getirmektedir. Hava sahası yönetimi, hava sahasının esnek kullanımı, uçuş gecikmelerinin azaltılması ve operasyonel aksaklıkların önceden tahmin edilebilmesi gibi konular havayolu işletmelerinin yoğunlaştığı konulardır (Sinnott, 1998).

ABD'de uçuş gecikmelerinin maliyeti her yıl 30 milyar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Uçak seferlerindeki gecikmeler beraberinde yakıt ve bakım masrafları,

mürettebat giderlerine ve çeşitli kaynakların fazladan kullanımına da sebep olmaktadır ([FAA], 2019).

Tablo 7'de ABD havayolu şirketlerinin 2016 yılı için uçuş operasyonlarında dakikalık ortalama maliyet kalemleri USD cinsinden gösterilmiştir. Uçuş operasyon maliyetinin toplam işletme giderlerine direk etkisi, dakikada 62,55 USD olduğu görülmektedir (U.S. Passenger Carrier Delay Costs, 2016).

Tablo 7: ABD havayolu şirketleri 2016 yılı için uçuş operasyonlarının ortalama maliyet kalemleri

<i>2016 yılı</i>	<i>İşletme Maliyeti (dk.)</i>
Mürettebat	\$21,24
Yakıt	\$18,44
Bakım	\$12,01
Uçak Sahipliği	\$8,06
Diğer	\$2,8
Toplam Doğrudan İşletme Giderleri	\$62,55

Eurocontrol verilerine göre hava sahalarındaki trafik gecikmeleri için bir dakikalık uçuş gecikme maliyetinin ortalama 81 Euro olduğu tahmin edilmektedir (Eurocontrol, The cost of passenger delay to airlines in Europe, 2019).

Ülkemizde iç hat uçuşlarında genellikle tercih edilen uçak tipi Boeing 737-800 olup *Tablo 8*, *Tablo 9*, ve *Tablo 10'da* B738 uçak tipinin, rota kaynaklı gecikme sürelerinin dakikada toplam maliyete olan etkisi, saatlik bakım ve personel maliyetlerine etkisi gösterilmiştir (Cook A. T., 2002).

Tablo 8: B738 uçak tipi için rota kaynaklı uçuş gecikme sürelerinin toplam maliyete etkisi

Gecikme Süresinin Toplam Maliyete Etkisi									
Gecikme Süresi (dk.)	5	15	30	60	90	120	180	240	300
B738	210 €	860 €	2.430 €	8.900 €	22.270 €	40.660 €	55.130 €	73.470 €	96.870 €

Tablo 9: B738 uçak tipi için rota kaynaklı uçuş gecikme sürelerinin toplam maliyete etkisi

Gecikme Süresinin Bakım Maliyetine Etkisi (saat)			
Senaryolar	Alt Senaryo	Orta Senaryo	Yüksek Senaryo
B738	290 €	620 €	11.160 €

Tablo 10: Uçuş gecikme sürelerinin bakım maliyetlerine etkisi

Gecikme Süresinin Personel Maliyetine Etkisi (saat)			
Senaryolar	Alt Senaryo	Orta Senaryo	Yüksek Senaryo
B738	210 €	400 €	720 €

Tablo 11’de İstanbul-Diyarbakır uçuşunun normal ile esnek hava sahasına göre kıyasla toplam uçuş zamanları ve zaman kazanımları gösterilmiştir.

Tablo 11: İstanbul-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı

İSTANBUL DIYARBAKIR ROTASI ve SÜRE KAZANIMI	TOPLAM UÇUŞ SÜRESİ (DAK.)	SÜRE KAZANIMI (DAK)
NORMAL ROTA	93	3
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	90	

2022 yılı yaz tarifesine göre THY’nin İstanbul’dan Diyarbakır’a günde 4 uçuşu bulunmaktadır. İstanbul-Diyarbakır parkuru 1 uçuş için zaman kazanımı uçuş başına 3 dakika olup, 1 günde 4 uçuş için *12 dakika*, 1 haftada 4 uçuş için *84 dakikalık* zaman tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda *4.368 dakikalık*, yüzdelik bazda ise %3.23’lük bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

İstanbul-Diyarbakır rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 3 dakikalık bir kazanım söz konusudur. Bu kazanımın uçuş operasyonu toplam maliyetine etkisi uçuş başına yaklaşık 1.993₺'dir. Ayrıca bakım maliyetlerine etkisi yaklaşık 490,4₺, personel maliyetlerine etkisi yaklaşık 316,4₺ 'dir. Kazanımlar değerlendirildiğinde bir uçuş için ortalama 2.800₺' ve bir günde 4 uçuş için 11.200₺'lik bir kazanım sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yıl bazında 4.088.204,4₺'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 12: Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı

SABIHA GÖKÇEN DIYARBAKIR ROTASI ve SÜRE KAZANIMI	TOPLAM UCUŞ SÜRESİ (DAK.)	SÜRE KAZANIMI (DAK)
NORMAL ROTA	85	2
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	83	

2022 yılı yaz tarifesine göre Sabiha Gökçen'den Diyarbakır'a Anadolu Jet şirketinin günde 2 uçuşu ve Pegasus havayollarının günde 2 uçuşu bulunmaktadır. Sabiha Gökçen'den Diyarbakır'a parkurunda 1 uçuş için zaman kazanımı uçuş başına 2 dakika olup, 1 günde 4 uçuş için 8 dakika, 1 haftada 4 uçuş için 56 dakikalık zaman tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 2.184 dakikalık, yüzdelik bazda ise %3,23'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Sabiha Gökçen-Diyarbakır rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 2 dakikalık bir kazanım söz konusudur. Bu kazanımın uçuş operasyonu toplam maliyetine etkisi uçuş başına yaklaşık 1.328,9₺'dir. Ayrıca bakım maliyetlerine etkisi yaklaşık 326,95₺, personel maliyetlerine etkisi yaklaşık 210,93₺ 'dir. Kazanımlar değerlendirildiğinde bir uçuş için ortalama 1866,76₺' ve bir günde 4 uçuş için 7.467,04₺'lik bir kazanım sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yıl bazında 2.725.469,6 ₺'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 13: Ankara-Diyarbakır uçuşunun süre kazanımı

ANKARA-DIYARBAKIR ROTASI ve SÜRE KAZANIMI	TOPLAM UCUŞ SÜRESİ (DAK.)	SÜRE KAZANIMI (DAK)
NORMAL ROTA	62	2
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	60	

2022 yılı yaz tarifesine göre Ankara'dan Diyarbakır'a Anadolu Jet şirketinin günde 2 uçuşu ve Pegasus Havayollarının günde 1 uçuşu olup toplam günde toplam 3 uçuş bulunmaktadır. Ankara'dan Diyarbakır'a parkurunda 1 uçuş için zaman kazanımı 2 dakika olup, 1 günde 3 uçuş için 6 dakika, 1 haftada 3 uçuş için 42 dakikalık zaman tasarrufu sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 2.184 dakikalık, yüzdeler bazda ise %3,23'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Ankara-Diyarbakır rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 2 dakikalık bir kazanım söz konusudur. Bu kazanımın uçuş operasyonu toplam maliyetine etkisi uçuş başına yaklaşık 1.328,9₺'dir. Ayrıca bakım maliyetlerine etkisi yaklaşık 326,95₺, personel maliyetlerine etkisi yaklaşık 210,93₺ 'dir. Kazanımlar değerlendirildiğinde bir uçuş için ortalama 1.866,76₺' ve bir günde 3 uçuş için 5.600,28₺'lik bir kazanım sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yıl bazında 2.044.102,2₺'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 14: Batman-İstanbul uçuşunun süre kazanımı

BATMAN-İSTANBUL ROTASI ve SÜRE KAZANIMI	TOPLAM UCUŞ SÜRESİ (DAK.)	SÜRE KAZANIMI (DAK)
NORMAL ROTA	120	5
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	115	

2022 yılı yaz tarifesine göre Batman'dan İstanbul'a THY'nin günde 2 uçuşu bulunmaktadır. Batman-İstanbul parkurunda 1 uçuş için zaman kazanımı 5 dakika olup, 1 günde 2 uçuş için 10 dakika, 1 haftada 2 uçuş için 70 dakikalık zaman tasarrufu

sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yılda 3.640 dakikalık, yüzdeler bazda ise %4,16'lık bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

Batman-İstanbul rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 5 dakikalık bir kazanım söz konusudur. Bu kazanımın uçuş operasyonu toplam maliyetine etkisi uçuş başına yaklaşık 3.322,2₺'dir. Ayrıca bakım maliyetlerine etkisi yaklaşık 817,36₺, personel maliyetlerine etkisi yaklaşık 527,33₺ 'dir. Kazanımlar değerlendirildiğinde bir uçuş için ortalama 4.666,9₺ ve bir günde 2 uçuş için 9.333,8₺'lik bir kazanım sağlanacağını göstermektedir. Bu rakam yıl bazında 3.406.837₺'lik bir tasarruf sağlanacağını göstermektedir.

3.3.4 Uçuşların Çevresel Kazanımları

3.3.4.1. İstanbul-Diyarbakır Uçuşlarının Çevresel Kazanımları

Tablo 15'de İstanbul-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı ile esnek hava sahası rotasına kıyaslama yapılarak yakıt kaynaklı emisyon kazanımları gösterilmiştir.

Tablo 15: *İstanbul-Diyarbakır* uçuşunun çevresel kazanımı

İSTANBUL DIYARBAKIR ROTASI ve ÇEVRESEL KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)	ÇEVRESEL KAZANIM (KG)
NORMAL ROTA	6687	87	274,92
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	6600		

Tablo 15'de gösterilen *İstanbul-Diyarbakır* rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 1 uçuşa karşılık 87 kg, ortalama %1,3'lük yakıt kazanımı sağlanmıştır. Bu kazanım karşılığında 274,92 kg daha az karbondioksit (CO₂) emisyonu salınmıştır. 1 günde 4 uçuş için 1.099,68 kg daha az karbondioksit (CO₂) emisyonunun daha az salınacağı değerlendirilmektedir. Bu rakam yıllık yaklaşık olarak 401.383,2 kg karbondioksit (CO₂) emisyonuna eşittir.

3.3.4.2. Sabiha Gökçen-Diyarbakır Uçuşlarının Çevresel Kazanımları

Tablo 16'da Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı ile esnek hava sahası rotasına kıyaslama yapılarak yakıt kaynaklı emisyon kazanımları gösterilmiştir.

Tablo 16: Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun çevresel kazanımı

SABIHA GÖKÇEN DIYARBAKIR ROTASI ve ÇEVRESEL KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)	ÇEVRESEL KAZANIM (KG)
NORMAL ROTA	6538	58	183,28
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	6480		

Tablo 16'da gösterilen Sabiha Gökçen-Diyarbakır rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 1 uçuşa karşılık 58 kg, ortalama %0,9'luk yakıt kazanımı sağlanmıştır. Bu kazanım karşılığında 183,28 kg daha az karbondioksit (CO₂) emisyonu salınmıştır. 1 günde 3 uçuş için 549,84 kg daha az karbondioksit (CO₂) emisyonunun daha az salınacağı değerlendirilmektedir. Bu rakam yıllık yaklaşık olarak 200.691,6 kg karbondioksit (CO₂) emisyonuna eşittir.

3.3.4.3. Ankara-Diyarbakır Uçuşlarının Çevresel Kazanımları

Tablo 17'de Ankara-Diyarbakır uçuşunun normal güzergâhı ile esnek hava sahası rotasına kıyaslama yapılarak yakıt kaynaklı emisyon kazanımları gösterilmiştir.

Tablo 17: Ankara-Diyarbakır uçuşunun çevresel kazanımı

ANKARA DIYARBAKIR ROTASI ve ÇEVRESEL KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)	ÇEVRESEL KAZANIM (KG)
NORMAL ROTA	5325	45	142,2
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	5280		

Tablo 17’de gösterilen *Ankara-Diyarbakır* rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 1 uçuşa karşılık 45 kg, ortalama %0,85’lik yakıt kazanımı sağlanmıştır. Bu kazanım karşılığında 142,2 kg daha az karbondioksit (CO2) emisyonu salınmıştır. 1 günde 3 uçuş için 426,6 kg daha az karbondioksit (CO2) emisyonunun daha az salınacağı değerlendirilmektedir. Bu rakam yıllık yaklaşık olarak 155.709 kg karbondioksit (CO2) emisyonuna eşittir.

3.3.4.4. *Batman-İstanbul Uçuşlarının Çevresel Kazanımları*

Tablo 18’de *Batman-İstanbul* uçuşunun normal güzergâhı ile esnek hava sahası rotasına kıyaslama yapılarak yakıt kaynaklı emisyon kazanımları gösterilmiştir.

Tablo 18: *Batman-İstanbul* uçuşunun çevresel kazanımı

BATMAN İSTANBUL ROTASI ve ÇEVRESEL KAZANIMI	TOPLAM YAKIT (KG)	YAKIT KAZANIMI (KG)	ÇEVRESEL KAZANIM (KG)
NORMAL ROTA	7501	158	499,28
ESNEK HAVA SAHASI ROTA	7343		

Tablo 18’de gösterilen *Batman-İstanbul* rotasında esnek hava sahası kullanıldığında 1 uçuşa karşılık 158 kg, ortalama %2,2’lik yakıt kazanımı sağlanmıştır. Bu kazanım karşılığında 499,28 kg daha az karbondioksit (CO2) emisyonu salınmıştır. 1 günde 2 uçuş için 998,56 kg daha az karbondioksit (CO2) emisyonunun daha az salınacağı değerlendirilmektedir. Bu rakam yıllık yaklaşık olarak 364.474,4 kg karbondioksit (CO2) emisyonuna eşittir.

3.3.5 Uçuşların Kapasite Kazanımları

Hava sahası esnek yapısı ile uçuş rotaları daha dinamik ve esnek kullanılabilir. Esnek hava sahası kapsamında oluşturulan şartlı rotalar, TSA, TRA sahaları ile hava sahalarının gerçek ihtiyaçlara ve taleplere dayalı olarak kullanım kapasitesi artırılmaktadır. Çalışmada, uçuş planlarını hazırlayan uçuş harekât

uzmanları tarafından en uygun rota seçilerek hava sahası kapasite kazanımları açıklanmıştır.

3.3.5.1. İstanbul-Diyarbakır Uçuşlarının Kapasite Kazanımları

İstanbul-Diyarbakır normal uçuş rotası **IST==> ASMAP==>VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==>DIY** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 598 NM olarak hesaplanmıştır.

İstanbul-Diyarbakır uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: **IST==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 590 NM olarak hesaplanmıştır.

Uçuşu planlama safhasında havayolu şirketinin uçuş harekât uzmanı tarafından rotalar karşılaştırıldığında esnek hava sahası rotası kullanılması durumunda uçuş rotasının arasında 8 NM daha kısa olduğu ve 3 dakika daha kazanım sağladığı görülmektedir. Hava sahasının müsait olduğu varsayıldığında ve günlük 4 uçuş operasyonu göz önüne alındığında, hava sahasının 12 dakika ilave kullanım imkânı oluşmaktadır. Bu da yılda 4.380 dakika zaman kazanımı ve bu rotada yılda ilave yaklaşık 47 uçuş faaliyeti imkânı daha sunabilmekle beraber ciddi bir ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımı da sağlayacaktır.

3.3.5.2. Sabiha Gökçen-Diyarbakır Uçuşlarının Kapasite Kazanımları

Sabiha Gökçen-Diyarbakır normal uçuş **SAW==> ASMAP==>VEVUD==> ODRUP==> BAG==> KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==>DIY** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 544 NM olarak hesaplanmıştır.

Sabiha Gökçen-Diyarbakır uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: **SAW==> ASMAP==> VEVUD==> ODRUP==> BAG==>**

KUBER==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 535 NM olarak hesaplanmıştır.

Uçuşu planlama safhasında havayolu şirketinin uçuş harekât uzmanı tarafından rotalar karşılaştırıldığında esnek hava sahası rotası kullanılması durumunda uçuş rotasının arasında 9 NM daha kısa olduğu ve 2 dakika daha kazanım sağladığı görülmektedir. Hava sahasının müsait olduğu varsayıldığında ve günlük 3 uçuş operasyonu göz önüne alındığında, hava sahasının 6 dakika ilave kullanım imkânı oluşmaktadır. Bu da yılda 2.190 dakika zaman kazanımı ve bu rotada yılda ilave yaklaşık 36 uçuş faaliyeti imkânı daha sunabilmekle beraber ciddi bir ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımı da sağlayacaktır.

3.3.5.3. Ankara-Diyarbakır Uçuşlarının Kapasite Kazanımları

Ankara-Diyarbakır normal uçuş **ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> BULUT==> EZS==> HAZAR==> ZUITA==>DIY** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 380 NM olarak hesaplanmıştır.

Ankara-Diyarbakır uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: **ESB==> NAZPU==> GOBIT==> MARTI==> GEM==> UREBO==> ERH==> ASKER==> MOVUL==> DIY** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 372 NM olarak hesaplanmıştır.

Uçuşu planlama safhasında havayolu şirketinin uçuş harekât uzmanı tarafından rotalar karşılaştırıldığında esnek hava sahası rotası kullanılması durumunda uçuş rotasının arasında 8 NM daha kısa olduğu ve 2 dakika daha kazanım sağladığı görülmektedir. Hava sahasının müsait olduğu varsayıldığında ve günlük 3 uçuş operasyonu göz önüne alındığında, hava sahasının 6 dakika ilave kullanım imkânı oluşmaktadır. Bu da yılda 2.190 dakika zaman kazanımı ve bu rotada yılda ilave

yaklaşık 36 uçuş faaliyeti imkânı daha sunabilmekle beraber ciddi bir ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımı da sağlayacaktır.

3.3.5.4. Batman-İstanbul Uçuşlarının Kapasite Kazanımları

Batman-İstanbul normal uçuş noktaları **BAL==> SUMAP==> TAMER==> EKMIN==> ASPUL==> UMLEN==> NULRU==> ETESU==> ELNEM==> ASVOD==> ERVAK==> ORVOR==> UVULU==> INB==> DEVMU==> EVPIM==> BEDOP==> MODAU==> LEGMU==> YAHAV==> ATPIX==> IST** üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 785 NM olarak hesaplanmıştır.

Batman-İstanbul uçuşunun esnek hava sahası uygulanması durumundaki güzergâhı: **BAL==> DYB==> MOVUL==> DIGIL==> ASKER==> ERH==> UREBO==> GEM==> MARTI==> GOBIT==> KUBER==> BAG==> KIZIK==> YAVRU==> IST** noktaları üzerinden bir güzergâh izlemekte olup toplam mesafesi: 762 NM olarak hesaplanmıştır.

Uçuşu planlama safhasında havayolu şirketinin uçuş harekât uzmanı tarafından rotalar karşılaştırıldığında esnek hava sahası rotası kullanılması durumunda uçuş rotasının arasında 23 NM daha kısa olduğu ve 5 dakika daha kazanım sağladığı görülmektedir. Hava sahasının müsait olduğu varsayıldığında ve günlük 2 uçuş operasyonu göz önüne alındığında, hava sahasının 10 dakika ilave kullanım imkânı oluşmaktadır. Bu da yılda 3.650 dakika zaman kazanımı ve bu rotada yılda ilave yaklaşık 60 uçuş faaliyeti imkânı daha sunabilmekle beraber ciddi bir ekonomik, çevresel ve kapasite kazanımı da sağlayacaktır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

4.1. Genel Değerlendirme

Bu çalışmada hava sahalarının verimsiz kullanılmasından kaynaklı oluşan çevresel, ekonomik ve kapasite problemlerinden bahsedilmiş olup, problemlerin çözümü için esnek hava sahası uygulaması önerilmiştir. Çalışmada *İstanbul-Diyarbakır*, *Sabiha Gökçen Diyarbakır*, *Ankara-Diyarbakır*, *Batman-İstanbul* uçuşları için gerçek bir uçuş planı üretilerek rotalarda oluşturulan senaryoların çevresel, ekonomik ve kapasite kazanımları ile problemin esnek hava sahası ile çözülebileceği doğrulanmıştır. Esnek hava sahasını kullanılması öngörülen uçuşlar için rota seçimi konusunda doğru karar verebilmek, kıyaslama yapabilmek, gereksiz zaman ve yakıt kayıplarının önüne geçebilmek, daha dinamik ve etkin çözümler üretebilmek için, günlük operasyonel kısıtları değerlendirip gerçek bir uçuş planlama sistemi üzerinden planlanması gerektiği değerlendirilmiş, rota seçimi konusunda kıyaslama yapılabileceği anlaşılmıştır. Probleme çözüm olarak uygulama rotaları olarak seçilen *İstanbul-Diyarbakır*, *Sabiha Gökçen Diyarbakır*, *Ankara-Diyarbakır*, *Batman-İstanbul* güzergahlarında kıyaslama modeli kullanılarak bu rotalarda hava sahası kapasitesine önemli ölçüde katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir. Esnek hava sahası için seçilen uçuş rotaları ile normal rotalar kıyaslanarak çevresel, ekonomik ve kapasite kazanımları yorumlanmış ve hava sahası verimliliğine olan etkisi gösterilmiştir.

4.2. Hava Sahasının Esnek Kullanımına Yönelik Değerlendirmeler

Bu çalışma ile hava sahası kapasite kullanım oranının iyileştirilebilen ve kapasitesini arttırabilen bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Hava sahalarının esnek kullanılarak, hava sahalarının kapasitesi ve uçuş verimliliği elde edilerek hava sahalarının kullanımının daha ileri seviyeye çıkarmak amaçlanmıştır. Ayrıca esnek hava sahası yapılarının Stratejik, Taktik Öncesi ve Taktik seviyelerde planlanarak hava

sahaların belirli bir zaman dilimi içerisinde ve o hava sahasının kapasitesi dâhilinde gerçek kullanımda olmasını sağlayabilmesi açısından ve uçuş sayılarının günden güne arttığı göz önünde bulundurulduğunda hava trafik yönetimi için büyük öneme sahip olduğu değerlendirilmiştir. Hava trafik kontrol merkezlerinin, esnek hava sahası yapıları ile birlikte hava sahası kapasitelerinin artacağı, bunun sonucu olarak uçuş operasyonlarının daha verimli ve emniyetli olarak gerçekleştirileceği düşünülmektedir. Ayrıca esnek hava sahası uygulaması ile ülkemizdeki hava sahası kapasite problemlerinin daha azalacağı, yakıt kaynaklı çevresel etkilerinin azalacağı ve ekonomik açıdan ciddi tasarruflar sağlanacağı değerlendirilmiştir.

4.2.1 Ekonomik Etkilerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki esnek hava sahası uygulaması ile *İstanbul-Diyarbakır, Sabiha Gökçen Diyarbakır, Ankara-Diyarbakır, Batman-İstanbul* parkurlarında oluşturulan uçuş planları ile senaryolar ile test edilmiş, sonrasında senaryo sonuçları değerlendirilerek hava sahasında ciddi ekonomik kazanımlar elde edildiği görülmüştür. Esnek hava sahası uygulamasının ekonomik etkisinin değerlendirilebilmesi için normal rota ile kıyaslamaları yapılarak yakıt, mesafe ve zaman kazanımları hesaplanmış, sonrasında yorumlanmıştır.

İstanbul-Diyarbakır parkurunda, uçuş başına 87 kg yakıt tasarrufu ile 1.385,127 ₺, 8 NM mesafe ve 3 dk. zaman tasarrufu sağlanacağı ve yıllık bazda ise 31.755 kg yakıt tasarrufu ile 505.571,355 ₺ tasarruf sağlanacağı sonucuna;

Sabiha Gökçen-Diyarbakır parkurunda, uçuş başına 58 kg yakıt tasarrufu ile 923,418 ₺, 9 NM mesafe ve 2 dk. zaman tasarrufu sağlanacağı ve yıllık bazda ise 21.170 kg yakıt tasarrufu ile 337.047,57 ₺ tasarruf sağlanacağı sonucuna;

Ankara-Diyarbakır parkurunda, uçuş başına 45 kg yakıt tasarrufu ile 716,445 ₺ , 8 NM mesafe ve 2 dk. zaman tasarrufu sağlanacağı ve yıllık bazda ise 16.425 kg yakıt tasarrufu ile 261.502,425 ₺ tasarruf sağlanacağı sonucuna;

Batman-İstanbul parkurunda uçuş başına 158 kg yakıt tasarrufu ile 2.515,518, 23 NM mesafe ve 5 dk. zaman tasarrufu sağlanacağı ve yıllık bazda 57.670 kg yakıt tasarrufu ile 918.164,07 ₺ tasarruf sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Bu sonuçlara göre esnek hava sahası uygulamasının aktif olarak kullanılmasıyla ve uygun rota seçimi ile ülke ekonomisine önemli kazanımlar sağlanacağı değerlendirilmektedir.

4.2.2 Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi

Araştırmalara göre Eurocontrol hava sahasında 1 NM'lık mesafe tasarrufu yıllık yaklaşık 4 milyon NM mesafeye, yaklaşık 24.000 ton yakıt tasarrufuna, 76.000 ton CO₂'nin daha az salınmasına ve 20 milyon Euro'ya eşit olduğu tahmin edilmektedir ([ICAO], 2019).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)'nin yayınladığı rapora göre göre havacılıkta, yakıtın %18'den fazlası hava sahalarındaki verimsizlik nedeniyle boşa harcanmaktadır ve yılda 100 milyon tondan fazla karbondioksit ve havacılık emisyonların %6-12'sinin hava sahalarındaki verimsizlik nedeniyle oluşmaktadır (IPCC, 2018).

Bu çalışmada esnek hava sahası uygulaması kapsamında çevresel kazanımlar incelendiğinde, *İstanbul-Diyarbakır* parkurunda uçuş başına 274,92 kg karbondioksit (CO₂) kazanımı sağlandığı ve yıllık bazda ise 90.490 kg daha az salınım yapılacağı sonucuna,

Sabiha Gökçen-Diyarbakır parkurunda uçuş başına 183,28 kg karbondioksit (CO₂) kazanımı sağlandığı ve yıllık bazda ise 66.897,2 kg daha az salınım yapılacağı sonucuna,

Anakara-Diyarbakır parkurunda uçuş başına 142,2 kg karbondioksit (CO₂) kazanımı sağlandığı ve yıllık bazda ise 51.593 kg daha az salınım yapılacağı sonucuna,

Batman-İstanbul parkurunda uçuş başına 499,28 kg karbondioksit (CO₂) kazanımı sağlandığı ve yıllık bazda ise 182.237,2 kg daha az salınım yapılacağı sonucuna varılmıştır.

4.2.3 Kapasite Etkilerinin Değerlendirilmesi

Havayolu şirketlerinin işletme maliyetleri dakikada yaklaşık 125 USD olduğu tahmin edilmektedir. IATA'ya göre havayolu şirketleri daha iyi hava sahası yönetimi sayesinde uçuş başına 1 dakika zaman tasarruf ettiğinde, toplam işletme maliyetlerini yılda yaklaşık 1 milyar dolar azaltabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca Eurocontrol verilerine göre hava sahalarındaki trafik gecikmeleri için bir dakikalık uçuş gecikme maliyetinin ortalama 81 Euro olduğu tahmin edilmektedir (Eurocontrol, The cost of passenger delay to airlines in Europe, 2019).

Bu çalışmada esnek hava sahası kapsamında kapasite kazanımları incelendiğinde, *İstanbul-Diyarbakır* parkurunda uçuş başına 3 dakika kazanım ve yıllık bazda 1.095 dakikalık kazanım sonucuna, *Sabiha Gökçen-Diyarbakır* ve *Ankara-Diyarbakır* parkurlarında parkurunda uçuş başına 2 dakika ve yıllık bazda 730 dakikalık kazanım sonucuna, *Batman-İstanbul* parkurunda uçuş başına 5 dakika ve yıllık bazında 1.825 dakikalık kazanım sonucuna varılmıştır.

Hava taşımacılığını ekonomik krizler, salgınlar, savaşlar, politik olaylar, sosyal ve teknolojik faktörler ve iklim değişiklikleri gibi birçok faktör etkilemektedir. Bu bağlamda havacılığın sosyal ve çevresel etkileri, ekonomik etkileri üzerine çalışmalar devam etmektedir. Son yıllarda havacılıktaki hızlı büyüme karşısında havacılıktan

kaynaklı iklim değişiklikleri, çevresel konular üzerinde çalışmalar daha da fazlaşmıştır. Özellikle hava kirliliği, iklim değişikliği, havacılık emisyonları konuları hava taşımacılığının çevresel problemleridir. Bu çevresel problemlerin etkilerini azaltmak için ülkeler yakıt vergileri, emisyon ücretleri, zorunlu havalimanı gürültü yalıtımları gibi önlemler almaya başlamışlardır. Havacılıktaki bu hızlı büyüme karşısında ülkelerin girişimlerinin yetersiz kalmaları nedeniyle kısa, orta ve uzun vadelerde iklim politikalarının ve çevresel etkisinin yönetilmesi için özellikle hava trafik yönetiminde iyileştirme yapılması, verimli ve dinamik bir esnek hava sahasının oluşturulması gerekmektedir.

Türkiye’de esnek hava sahasının uygulanması ve uygun uçuş rotası seçimi noktasında havayolu işletmelerindeki uçuşu planlayan uçuş harekât uzmanlarının kıyaslama yöntemini kullanarak esnek hava sahasının çevresel, ekonomik, kapasite etkileriyle beraber Türk hava sahasında ciddi kazanımlar sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada esnek hava sahası uygulamasına yönelik elde edilen sonuçlar ve seçilen rotalar için kıyaslama modeli örnek alınarak, gelecek dönemde yapılacak yeni çalışmalarda güzergahlarda uygulanması ve geliştirilmesi önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Airlines-and-Airports. (2022). www.bts.gov: <https://www.bts.gov/topics/airlines-and-airports/understanding-reporting-causes-flight-delays-and-cancellations#q5> adresinden alındı
- Akça, İ. (2011). *İstanbul Üniversitesi*. <http://auzefkitap.istanbul.edu.tr:>
http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/sivilhava_ao/havatrafikkurvehiz.pdf adresinden alındı
- Belge. (2022). <https://9lib.net>: <https://9lib.net/article/kapasite-ve-gecikme-havaalanlarinda-kapasi%CC%87te-ve-talep.q7wx9vvnv> adresinden alındı
- Cavcar, A. (1998). Temel Hava Trafik Yönetimi. *Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Yayınları*(7).
- Cook, A. (2019). *European airline delay cost reference values*. Brussels: Department of Transport Studies University of Westminster.
- Cook, A. T. (2002). *Airline delay cost reference values Final Report*. University of Westminster.
- Çeçen, R. K. (2017). En-Route Airspace Capacity And Traffic Flow Enhancement Using Genetic Algorithms. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*.
- DHMI. (2006). *SES Durum Raporu*. Hava Trafik Müdürlüğü. Ankara: DHMİ Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı: Devlet Hava Meydanları İşletmesi.
- DHMI. (2015). *DHMI*. <https://www.dhmi.gov.tr:>
<https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/HavaTrafik/GenelBilgiler.aspx> adresinden alındı
- DHMI. (2018). 2019-2023 Stratejik Plan. 01 24, 2022 tarihinde https://www.dhmi.gov.tr/Lists/StratejikPlan/Attachments/21/Stratejik_Plan_2019_06_01_20.pdf adresinden alındı

DHMI. (2020). *DHMI FAALİYET RAPORU*. Ankara: Devlet Hava Meydanları İşletmesi.

https://www.dhmi.gov.tr/Lists/FaaliyetRaporlari/Attachments/21/DHMI_2020_Faaliyet_Raporu.pdf adresinden alındı

Dorman, D., Drewry, A., & Guang, Y. (2003). The clinical toxicology of carbon monoxide. *Toxicology*.

EASA. (2021). 12 10, 2021 tarihinde Our Mission: Your Safety: <https://www.easa.europa.eu/light/easa> adresinden alındı

ECAC. (2021). 12 10, 2021 tarihinde About ECAC: <https://www.ecac-ceac.org/about-ecac> adresinden alındı

EEA. (2016). <https://www.eea.europa.eu:https://www.eea.europa.eu/signals/signals2016/articles/aviation-and-shipping-in-the-spotlight> adresinden alındı

EPA. (2022). EPA. 04 18, 2022 tarihinde <http://www.epa.gov:http://www.epa.gov/climatechange> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2006). *Flight Prioritisation Prototype*. (A. & Murillo, Editör) <https://www.eurocontrol.int:https://www.eurocontrol.int/publication/flight-prioritisation-prototype> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2010). *Eurocontrol*. <https://www.eurocontrol.int:https://www.eurocontrol.int/concept/advanced-flexible-use-airspace> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2015). *Eurocontrol*. <http://www.EUROCONTROL.int:http://www..int/civil-military-atm-coordination> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2016). *Eurocontrol*. 01 22, 2022 tarihinde <http://www.eurocontrol.int:>

<http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/single-sky/cm/civil-milcoordination/cimact-newsletter-cimact-contribution-to-vigilant-skies> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2016). *Eurocontrol*. 01 22, 2022 tarihinde [https://www.eurocontrol.int/ https://www.eurocontrol.int/software/local-and-sub-regional-airspace-management-support-system](https://www.eurocontrol.int/https://www.eurocontrol.int/software/local-and-sub-regional-airspace-management-support-system) adresinden alındı

EUROCONTROL. (2016). *LARA*. [https://www.lara-eu.org: https://www.lara-eu.org/uploads/PDFs/BrochureLARA2016.pdf](https://www.lara-eu.org/https://www.lara-eu.org/uploads/PDFs/BrochureLARA2016.pdf) adresinden alındı

EUROCONTROL. (2018). *Eurocontrol*. [https://www.eurocontrol.int: https://www.eurocontrol.int/archive_download/all/node/10454](https://www.eurocontrol.int/https://www.eurocontrol.int/archive_download/all/node/10454) adresinden alındı

EUROCONTROL. (2019). *All-Causes Delay to Air Transport in Europe*. Eurocontrol Network Manager. Eurocontrol.

EUROCONTROL. (2019). *The cost of passenger delay to airlines in Europe*. Eurocontrol.

EUROCONTROL. (2021). 12 10, 2021 tarihinde About us: <https://www.eurocontrol.int/about-us> adresinden alındı

EUROCONTROL. (2022). *Specification for the application of the Flexible Use of Airspace*. [https://www.eurocontrol.int: https://www.eurocontrol.int/concept/advanced-flexible-use-airspace](https://www.eurocontrol.int/https://www.eurocontrol.int/concept/advanced-flexible-use-airspace) adresinden alındı

European Commission. (2020). [https://ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en](https://ec.europa.eu/https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en) adresinden alındı

- FAA. (2019). *FAA, Federal Aviation Administration*. https://www.faa.gov:https://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics/media/cost_delay_estimates.pdf adresinden alındı
- FAA. (2020). *FAA, Federal Aviation Administration*. https://www.faa.gov:https://www.faa.gov/airports/environmental/air_quality/carbon_emissions_reduction/ adresinden alındı
- GAO. (2009). *United States Government Accountability Office*. <https://www.gao.gov:https://www.gao.gov/new.items/d09554.pdf> adresinden alındı
- Heywood, J. B. (2018). *Internal combustion engine fundamentals* (2 b.). McGrawHill Education.
- IATA. (2015). International Air Transportation Association. *IATA Carbon Offset Program*. MONTREAL, CANADA: IATA.
- IATA. (2016). *Supporting Airline Industry Achievement of Sustained Financial Health*. (M. & Doersam, Editör) <https://www.iata.org:https://www.iata.org/contentassets/eadb6ae846fa4e608bd66772bc684921/iata-financial-committee-white-paper.pdf> adresinden alındı
- IATA. (2017). *IATA*. <https://www.iata.org:https://www.iata.org/contentassets/713a82c7fbf84947ad536df18d08ed86/fact-sheet-climate-change.pdf> adresinden alındı
- IATA. (2020). *Climate Change & CORSIA*. <https://www.iata.org:https://www.iata.org/contentassets/713a82c7fbf84947ad536df18d08ed86/fact-sheet-climate-change.pdf> adresinden alındı
- IATA. (2020). <https://www.iata.org:https://www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/Technology-roadmap-2050.pdf> adresinden alındı

IATA. (2021). 12 10, 2021 tarihinde The Founding of IATA:
<https://www.iata.org/en/about/history/> adresinden alındı

IATA. (2022). *IATA*. <https://www.iata.org:https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor> adresinden alındı

ICAO. (2007). *ICAO*. The International Civil Aviation Organization. Air traffic management: procedures for air navigation services.

ICAO. (2012). *ICAO*. https://www.icao.int:https://www.icao.int/apac/meetings/2012_cmc/cir330_en.pdf adresinden alındı

ICAO. (2016). 12 10, 2021 tarihinde Manuel on The Regulation of International Air Transport (Doc 9626):
https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Provisional_Doc_9626.pdf
adresinden alındı

ICAO. (2019). *Environmental-Protection*. ICAO. https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2019/ENVReport2019_pg138-144.pdf adresinden alındı

ICAO. (2019). *ICAO*. https://www.icao.int:https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC_2019_Air%20Transport%20Statistics.pdf adresinden alındı

ICAO. (2021). 12 06, 2021 tarihinde Effects of Novel Coronavirus (COVID- 19) on Civil Economic Impact Analysis:
https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID19/ICAO_Coronavirus_Econ_Impact.pdf. adresinden alındı

- ICAO. (2021). 12 10, 2021 tarihinde The History of ICAO and the Chicago Convention: <https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx> adresinden alındı
- IPPC. (1999). *IPPC*. <https://www.ipcc.ch:https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/av-en-1.pdf> adresinden alındı
- IPPC. (2018). *IPPC*. <https://www.ipcc.ch:https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/av-en-1.pdf> adresinden alındı
- IPPC. (2020). <https://www.ipcc.ch>: <https://www.ipcc.ch/about/> adresinden alındı
- İL Gazetesi. (2013). *İL Gazetesi*. <http://www.ilgazetesi.com.tr:http://www.ilgazetesi.com.tr/talpa-turk-hava-sahasi-etkin-kullanilirsa-607-milyon-dolar-geri-kazanilir-198127h.htm> adresinden alındı
- Janić, M. &. (1999). En Route Sector Capacity Model. 299-307.
- Johnson, M. E. (2018). *Estimating cost savings for aviation fuel and CO2 emission reductions strategies*, 31(2). The Collegiate Aviation Review International.
- Larsson, J. K. (2018). *Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country's residents methodological development and application for Sweden*, 72, 137-144.
- Learmount, D. (2007). Single Sly is the holy grail. *Flight International*, 13.
- Lenoir, N. (2011). *Introduction to Air Transport Economics*. ENAC.
- Lister, D. G. (1999). *Aviation and the Global Atmosphere: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Mrazova, M. (2014). *Incas Bulletin*(6).
- NASA. (2020). <https://climate.nasa.gov>: <https://climate.nasa.gov/causes/> adresinden alındı

Nasresfahani & S., Z. &. (2020). Improvement of the carbon monoxide gas sensing properties of polyaniline in the presence of gold nanoparticles at room temperature. *Synthetic Metals*.

Oyman, K. (1996). "Havayolu Taşımacılığında Maliyet Faktörü ve Maliyet Kontrolü.

Özbek, T. (2021). <https://tolgaozbek.com:https://tolgaozbek.com/haberler/havayollari/yakit-fiyati-havaciligi-tehdit-ediyor/> adresinden alındı

Özdemir, İ. (2016). <https://www.airlinehaber.com:https://www.airlinehaber.com/havaalani-ve-ucaklar-cevre-kirliligi-yaratiyor/> adresinden alındı

Pham, & Van, V. (2010). Aviation emission inventory development and analysis. 25(12). <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.04.004> adresinden alındı

SHGM. (2014). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*. (SHGM) https://web.shgm.gov.tr/documents:https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/performans/performans_2014.pdf adresinden alındı

SHGM. (2014, 04 18). *Sivil Havacılık Genel Mdürlüęü*. (SHGM) [https://web.shgm.gov.tr:https://web.shgm.gov.tr/documents/havacilik/files/mevzuat/sektorel/yonetmelikler/SHY-FUA\(1\).pdf](https://web.shgm.gov.tr:https://web.shgm.gov.tr/documents/havacilik/files/mevzuat/sektorel/yonetmelikler/SHY-FUA(1).pdf) adresinden alındı

SHGM. (2014, 04 18). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*. (SHGM) [https://web.shgm.gov.tr/:https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/yone tmelikler/SHY-FUA\(1\).pdf](https://web.shgm.gov.tr/:https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/yone tmelikler/SHY-FUA(1).pdf) adresinden alındı

SHGM. (2015). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*. (SHGM) https://web.shgm.gov.tr:https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/Hava_Sahasi_Yonetimi.pdf adresinden alındı

SHGM. (2019). *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*. (SHGM). https://web.shgm.gov.tr:https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/performans/2019-performans_programi.pdf adresinden alındı

Sinnott, J. H. (1998). *Impact of Air Traffic Management on Airspace User Economic Performance*. Orlando.

Skorupski, J. (2011). *Dynamic methods of air traffic flow management* (Cilt Transport Problems).

T.C. Strateji ve Bütçe Bakanlığı. (2021). *On Birinci Kalkınma Planı Raporu*. Ankara: T.C. Strateji ve Bütçe Bakanlığı. https://www.sbb.gov.tr:https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Cevre_ve_DogalKaynaklarinSurdurulebilirYonetimiCalismaGrubuRaporu.pdf adresinden alındı

U.S. Passenger Carrier Delay Costs. (2016). [www.airlines.org](http://airlines.org): <http://airlines.org/dataset/per-minute-cost-of-delays-to-u-s-airlines> adresinden alındı

"Uçak Yakıtı Olarak Neden Kerosen". (2022, 02 07). <https://teknolojirojeleri.com:https://teknolojirojeleri.com/teknik/ucak-yakiti-kerosen-gaz-yagi> adresinden alındı

Uslu, S. &. (2002). Havayolu İşletmelerinde Bir Maliyet Unsuru: Avrupa Hava Sahası'nda Hava Trafik Yol Ücretleri. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 81.

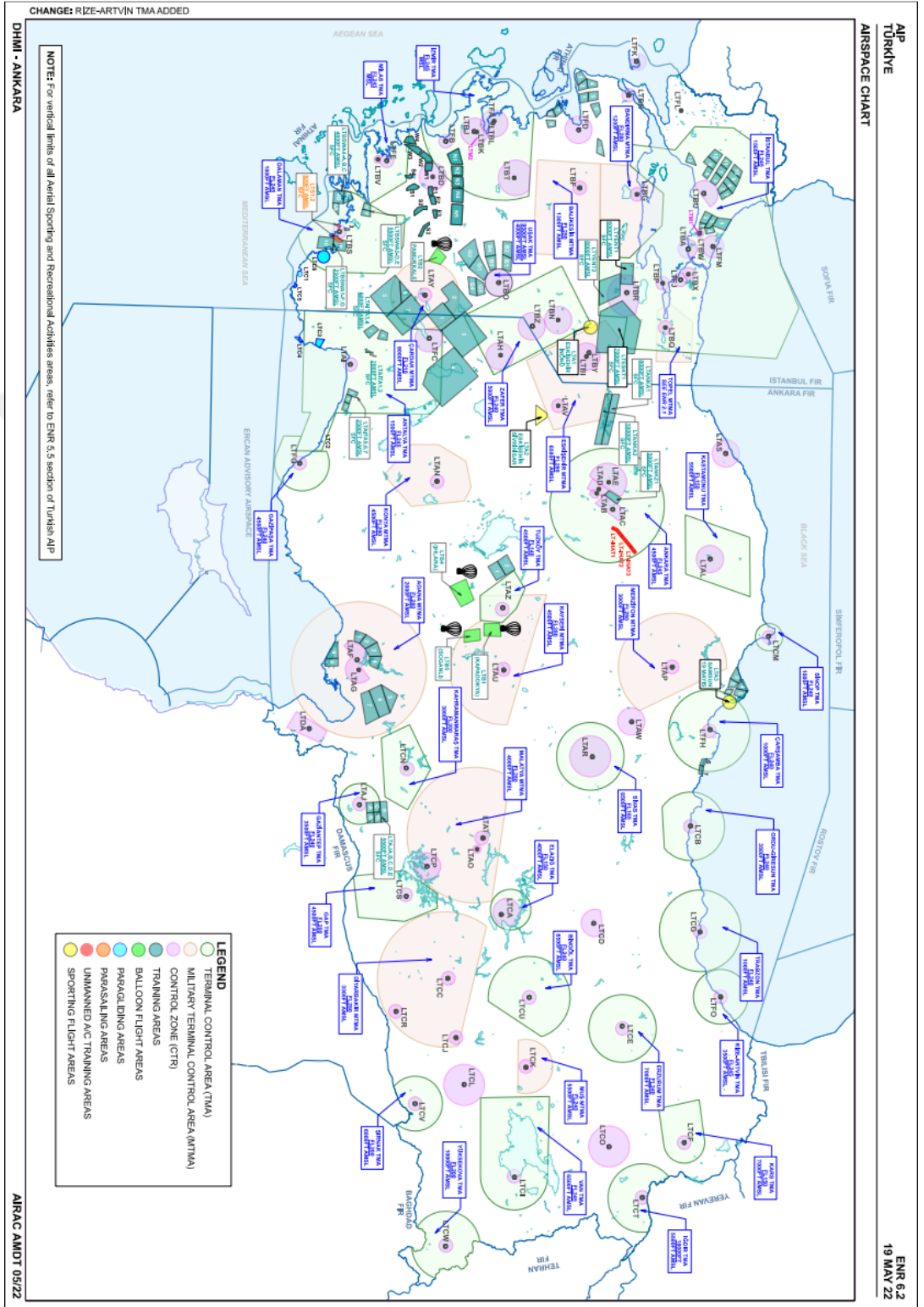
EKLER

EK-A: Türk Hava Yolları ve Pegasus Hava Yolları şirketlerinin günlük tarifeli uçuş çizelgesi

	HAVAYOLU	NEREDEN	NEREYE	KALKIŞ ZAMANI	İNİŞ ZAMANI
1	TÜRK HAVAYOLLARI	IST	DIY	08:50	10:40
2	TÜRK HAVAYOLLARI	IST	DIY	13:05	14:55
3	TÜRK HAVAYOLLARI	IST	DIY	17:15	19:05
4	TÜRK HAVAYOLLARI	IST	DIY	19:35	21:30
5	ANADOLU JET	SAW	DIY	07:10	08:50
6	ANADOLU JET	SAW	DIY	17:40	19:20
7	PEGASUS	SAW	DIY	06:45	08:40
8	PEGASUS	SAW	DIY	18:05	20:00
9	ANADOLU JET	ESB	DIY	10:40	12:05
10	ANADOLU JET	ESB	DIY	19:45	21:05
11	TÜRK HAVAYOLLARI	BAL	IST	09:20	11:25
12	TÜRK HAVAYOLLARI	BAL	IST	18:00	20:05

Çalışmadaki parkurlardaki uçuş sayıları dönemsel olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Tarifeli uçuşlar için 01.04.2022 tarihli çizelgede gösterilen uçuş değerleri esas alınmıştır ve ilgili havayolu şirketlerin internet siteleri üzerinden erişim sağlanmıştır.

EK-B: Türkiye’de bulunan tahditli alan ve sahalar



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALTINOK, Ali

Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü-Havacılık Yönetimi	2022
Lisans	Anadolu Üniversitesi-Havacılık Yönetimi	2001
Lise	Isparta Gazi Lisesi	1995

İş Deneyimi:

Yıl	Şirket ve Yer	Görev
2009 yılından beri	THY- İstanbul	Dispatcher (Uçuş Harekât Uzmanı)
05.12.2007- 13.09.2009	Sky Havayolları- Antalya	Uçak Performans Mühendisi & Dispatcher
28.06.2004- 04.12.2007	Onur Havayolları- Antalya	Dispatcher (Uçuş Harekât Uzmanı)
02.03.2004- 27.06.2004	Havaş- Antalya	Operasyon Memuru
01.03.2002- 10.03.2003	Çelebi Hava Servisi-Antalya	Yolcu Hizmetleri Memuru