DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİNİN ANALİZİ: SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI

Yiğit NELİK

Ekim, 2022

İZMİR

HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİNİN ANALİZİ: SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Lojistik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yiğit NELİK

Ekim, 2022

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

YİĞİT NELİK tarafından **PROF. DR. OKAN TUNA** yönetiminde hazırlanan **"HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİNİN ANALİZİ: SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

……

Prof. Dr. Okan TUNA

Yönetici

…… ……..

Prof. Dr. Ömür Yaşar SAATÇİOĞLU Prof. Dr. Muhittin Hakan DEMİR

Jüri Üyesi Jüri Üyesi

……..

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşumunda yaptığı katkılar ve eğitim sürecimde desteklerinden dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Okan Tuna'ya, ilk danışman hocam Prof. Dr. Ayşe Güldem Cerit'e, çalışma süresince akademik ve sosyal açıdan tüm desteklerinden dolayı Dr. Öğr. Üyesi Volkan Yavaş, Öğr. Gör. Levent Uslu, Suat Oral ve Gamze Nelik' e teşekkür ederim.

Yiğit NELİK

HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİNİN ANALİZİ: SİSTEM DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI

ÖZ

Ticari uçuşların başladığı yıllarda havayolu şirketleri kendi imkanları ile gerçekleştirdikleri yer operasyonlarını sektörün büyümesi ile bugün artık büyük oranda Yer Hizmetleri Şirketleri vasıtasıyla yürütmektedirler. Özellikle uluslararası geniş uçuş ağları ile dünya çapında yüzlerce farklı destinasyona uçan Havayollarının farklı ülkelerdeki havalimanlarında yer operasyonlarını yürütebilmesi ancak yerel hizmet sağlayıcılarla iş birliği yapılması ile mümkündür. Harekât ve Apron Hizmetleri, Yolcu Hizmetleri, Kayıp ve Bulunan Eşya, Bilet Satış gibi pek çok alanda hizmet alınan Yer Hizmetleri Şirketleri sunulan hizmet kalitesinin yanında Havayollarının karlılığına da doğrudan veya dolaylı olarak etki etmektedirler.

Havayolu şirketlerinin en büyük gider kalemlerinden biri yakıt tüketimidir. Bu nedenle yakıt tasarrufu alanında pek çok çalışma yapılmakta olup, havayolları yakıt tüketimini düşürmeye yönelik pek çok yeni uygulamayı hayata geçirmektedir.

Bu çalışma ile sefere hazırlanan bir uçağa verilen standart hizmetlere yapılacak küçük katkılarla fark yaratılabileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

Sistem dinamikleri yaklaşımı kullanılarak elde edilen sonuçlar, ortalama ağırlık değerlerini gerçekleşme değerlerine yaklaştıran, uçuş planının anlık verilere göre güncellenmesini sağlayan, uçak üzerindeki yük dağılımını ideal CG aralığında planlayan Yer Hizmetleri personelinin yakıt tasarrufuna katkıda bulunulabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın sonunda alınan örneklem üzerinden sefer başına elde edilebilecek ortalama kazancın ortaya konularak, farklı uçak tipleri ve farklı uçuş hatlarında da yapılacak benzer hesaplamalarla, çalışmanın hava yollarına büyük ölçekte ne oranda katkı sağlayabileceğini gösterebilmek amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hava yolları, Yer Hizmetleri Şirketleri, Yer Hizmetleri personeli, yakıt tasarrufu

ANALYSIS OF GROUND SERVICES FOR AIR CARRIERS: SYSTEM DYNAMICS APPROACH

ABSTRACT

In the years when commercial flights started, airline companies carry out their ground operations with their own means, with the growth of the sector, today they are mostly carried out by Ground Service Agents (GSA). Airlines flying to hundreds of different destinations around the world with their wide international flight networks can carry out ground operations at airports in different countries, only by cooperating with local service providers. Ground Service Agents, which receive services in many areas such as Ground Operations, Passenger Services, Lost and Found, Ticket Sales, directly or indirectly affect the profitability of the airlines as well as the quality of service provided.

One of the biggest expense items of airline companies is fuel consumption. For this reason, many studies are being carried out in the field of fuel saving, and airlines are implementing many new applications to reduce fuel consumption.

With this study, it is aimed to show that difference can be made by small contributions during the standard services given to an aircraft prepared for flight.

The results obtained by using the system dynamics approach show that ground services personnel can contribute to fuel savings, due to reducing the difference between the average weight values and the real values, by updating the flight plan according to actual data, and planning the load distribution on the aircraft in the ideal CG range.

The aim is to show how much the study can contribute to the airlines with similar calculations to be made for different aircraft types and different flight routes, by revealing the average earnings that can be obtained per flight over the sample taken at the end of the study.

Keywords: Airlines, Ground Service Agents (GSA), Ground Service Personnel, Fuel Saving

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ..... **II**
TEŞEKKÜR ..... **III**
ÖZ ..... **IV**
ABSTRACT ..... **V**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **VIII**
TABLO LİSTESİ ..... **IX**
KISALTMALAR ..... **X**
BÖLÜM BİR **1**
HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİ: KAVRAMSAL YAKLAŞIM **1**
1.1 Havacılık Tarihi 1
1.2 Havayolu Sektörünün Gelişimi 3
1.3 Yer Hizmetleri Personeli 5
1.4 Havayolu ile Seyahat Süreçleri 6
1.5 Havayolu Ulaştırma Sistemi Çevresi 7
1.6. Yer Hizmetleri 9
1.6.1 Yolcu Hizmetleri *10*
1.6.1.1 Bilet Satış 10
1.6.1.2 Check-in 10
1.6.1.3 Boarding 10
1.6.1.4 Kayıp ve Bulunan Eşya 10
1.6.2 Harekât ve Apron Hizmetleri *11*
1.6.2.1 Sefer koordinasyonu 11
1.6.2.2 Yük ve Denge planlama 11
1.6.2.3 Yükleme Boşaltma 11
1.6.2.4 Temizlik 11
1.6.3 Operasyon Kontrol Merkezi *12*
BÖLÜM İKİ **15**
YAKIT TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER **15**
2.1 Uçuş ve Ağırlık Değişkenleri 15
2.1.1 Uçuş Değişkenleri *15*
2.1.1.1 Trip Fuel 16

2.1.1.2 Holding Time 16
2.1.1.3 Taxi Time 16
2.1.1.4 Safety Amount of Fuel 16
2.1.1.5 Alternate Fuel (ALTN) 16
2.1.2 Ağırlık Değişkenleri (Operasyonel Ağırlıklar) *17*
2.1.2.1 Basic Weight (BW) 17
2.1.2.2 Dry Operating Weight (DOW) 17
2.1.2.3 Operating Weight (OW) 17
2.1.2.4 Zero Full Weight (ZFW) 17
2.1.2.5 Actual Zero Fuel Weight (AZFW) 18
2.2 Jet Yakıtı Maliyetleri 18
2.3 Yakıt Verimliliği 20
BÖLÜM ÜÇ 25
ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ 25
3.1 Sistem Dinamikleri Yaklaşımı 25
3.2 Araştırmanın Amacı 27
3.3 Araştırmanın Kapsamı 27
3.4 Araştırma Kısıtları 27
UYGULAMA 29
4.1 Uçağa Kalkış Öncesi Alınan Blok Yakıt Sistem Dinamiği Modeli 29
4.2 İdeal CG (Center of Gravity) Aralığı 32
4.3 Gerçek Zamanlı Uçuş Verilerinin Takibi 33
4.4 Yakıt Tasarrufuna Katkı Sağlayan Uygulama Örnekleri 54
BÖLÜM BEŞ 56
SONUÇLAR 56
KAYNAKLAR 59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 2004-2022 tarifeli seferlerle seyahat eden hava yolu yolcuları (milyon) 4
Şekil 1.2 Havacılığın Küresel İstihdama ve GSYİH Etkisi, 2014 5
Şekil 1.3 Hava yolu ile yolculukta yer hizmetleri süreçleri 6
Şekil 1.4 Havayolu Taşımacılığında Hizmet Süreci (SHGM Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması) 7
Şekil 1.5 Havayolu Ulaştırma Sistemi Çevresi 9
Şekil 1.6 Yer Operasyon Süreçlerinin Yönetilmesi (İzmir Ekonomi Üniversitesi, Ustalar Çıraklarla Buluşuyor Etkinliği sunumu, Suat Oral, 27.03.2018) 14

Şekil 2.1 Jet yakıtı fiyatlarının değişimi – uzun dönem perspektifi..... 19
Şekil 2.2 Yakıt verimliliğinden elde edilen kazanımlar..... 20
Şekil 2.3 THY Biyoyakıt Uçağı Duyurusu (27.04.2022) 24

Şekil 3.1 Belirlenmiş bir çevrede nüfus artış nedenini gösteren diyagram (Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World, p285, John D. Sterman, 2000, MIT MGraw Hill Companies) 26

Şekil 4.1 Uçağa kalkış öncesi alınan blok yakıt sistem dinamiği örnek modeli (Vensim)..... 30
Şekil 4.2 Uçuş Profili ve Aşamaları (AOF Harekât Performans) 31
Şekil 4.3 THY Operational Flight Plan – Yakıt Hesaplamaları..... 32
Şekil 4.4 Güvenli saha ve CG aralığı 32
Şekil 4.5 B737-800 Yükleme Talimatı / Raporu (THY AHM560) 34
Şekil 4.6 DCS Yolcu Hizmetleri Koordinasyon ekranı (02:01) 35
Şekil 4.7 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (02:01)..... 36
Şekil 4.8 DCS Harekât Koordinasyon ekranı-2 (02:01) 37
Şekil 4.9 OFP – EZFW görüntüsü 37
Şekil 4.10 Bagaj Takip Sistemi Ekranı (02:27) 38
Şekil 4.11 Kabin içi koltuk planı (02:01)..... 39
Şekil 4.12 Koltuk renklerinin anlamı 40
Şekil 4.13 DCS Harekât Koordinasyon ekranı (03:03)..... 41

Şekil 4.14 DCS Harekât Koordinasyon ekranı-2 (03:03) 42
Şekil 4.15 Kabin içi koltuk planı (03:03)..... 44
Şekil 4.16 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (04:12)..... 45
Şekil 4.17 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı-2 (04:12)..... 46
Şekil 4. 18Kabin içi koltuk planı (04:12)..... 47
Şekil 4.19 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (05:12)..... 48
Şekil 4.20 Kabin içi koltuk planı (05:11)..... 49
Şekil 4.21 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (05:12)..... 50
Şekil 4.22 Kabin içi koltuk planı (05:11)..... 52

TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1 Türk Hava Yolları Yakıt Gideri Analizi 18

Tablo 4.1 B737-800 Yakıt tasarruf verileri..... 53

KISALTMALAR

SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
DHMİ	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
THY	Türk Hava Yolları
BT	Bilgisayar Teknolojisi
TGS	Turkish Ground Services
BP	British Petroleum
PO	Petrol Ofisi
IKM	İstasyon Kontrol Merkezi
OCC	Operation Control Center – Operasyon Kontrol Merkezi
SGT	Scheduled Ground Time – Tarifeli Yerde Kalış Süresi
MGT	Minimum Ground Time – Minimum Yerde Kalış Süresi
GMT	Greenwich Mean Time
ALTN	Alternate Fuel – Yedek Meydan Yakıtı
OFP	Operational Flight Plan – Operasyonel Uçuş Planı
IST	İstanbul Havalimanı (IATA kodu)
SAW	İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı (IATA kodu)
ADB	İzmir Adnan Menderes Havalimanı (IATA kodu)
BW	Basic Weight
OW	Operating Weight
DOW	Dry Operating Weight
ZFW	Zero Fuel Weight
AZFW	Actual Zero Fuel Weight
TOF	Take-Off Fuel

FIT	Fuel in Tank
STF	Start and Taxi Fuel
TIF	Trip Fuel
TTL	Total Traffic Load – Toplan Trafik Yükü
USD	Amerikan Doları
IATA	International Air Transport Association – Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
LCC	Low Cost Carrier
SAF	Suistainable Aviation Fuel – Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı
MIT	Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
CG	Center of Gravity
LS	Loadsheet
DCS	Distributed Control System
YKO	Yüksekova Selahaddin Eyyubi Havalimanı (IATA kodu)
AYT	Antalya Havalimanı (IATA kodu)
VAS	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı (IATA kodu)
NKT	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı (IATA kodu)
TRST	Transit
EZFW	Estimated Zero Fuel Weight
CPT	Compartment – Kompartıman
VIP	Very Important Person
FOCC	Flight Operation Control Center – Uçuş Operasyon Kontrol Merkezi
APU	Auxilary Power Unit
GPU	Ground Power Unit
ER	Extendet Range

BÖLÜM BİR

HAVAYOLU İŞLETMELERİNDE YER HİZMETLERİ: KAVRAMSAL YAKLAŞIM

1.1 Havacılık Tarihi

Havacılık tarihini insanlığın ilk ilkel uçuş denemelerinden 1903 yılında Wright Kardeşlerin havadan ağır motorlu hava araçları ile gerçekleştirdikleri ilk modern uçuşu dahil tüm insanlı uçuşun gelişiminin tamamı olarak ifade edebiliriz (NASA, 2022). Dünya genelinde havacılık tarihini incelediğimizde Wright Kardeşlerden önce de Da Vinci'den, Lilientham gibi isimlere kadar birçok öncü bilim adamı ve girişimcinin uçma hayalini gerçekleştirmek adına çeşitli çalışmalara imza attığı bilinmektedir (Burkett, 2001) Bu girişimlerinin tarihteki bazı öncü isimleri de Türk ve Osmanlı tarihinde de karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, Gazneliler döneminde doğmuş Türk Bilgini Farablı İmam İsmail Cevheri'nin 1010 yılında kendi yaptığı kapıyı andıran kanatları kollarına bağlayarak Nişabur Ulu Camii üzerinden atlaması bu denemelerden biri olarak tarihe geçmiş, İsmail Cevheri de bu uçuş girişiminde hayatını kaybederek bilinen ilk Türk hava şehidi olarak bazı kaynaklarda yer almıştır (Kansu, 1971)

Türk tarihindeki bir başka girişim ve bazı kayıtlara göre Dünyada uçmayı başaran ilk Türk ise Hezarfen Ahmet Çelebi'dir. 17. Yüzyılda Sultan 4. Murad zamanında yaşadığı bilinen Hezarfen Ahmed Çelebi, yaptığı çeşitli denemelerin sonucunda bir gün İstanbul halkının önünde Galata Kulesi'nden kendini bırakarak yaptığı kanatların sayesinde boğazı aşmış ve Üsküdar'a inmeyi başardığı rivayet edilmektedir (MGM, 2009). Türk tarihi ve havacılık tarihindeki bir başka kesişime konu olan isim, füzeciliğin de atası olarak kabul edilen Lagari Hasan Çelebi'dir. 17. Yüzyılın ortalarında barut dolu bir hazneye sahip basit bir havaaracı ile yaklaşık 300 metre yükseklikte ve 20 saniye kadar havada kaldığı ve daha sonra emniyetli bir şekilde iniş yaptığına dair bilgilere tarih kitaplarında rastlanmaktadır (Tayyareci, 2022).

18. yüzyıla gelindiğinde havacılık tarihi açısından büyük bir çoğunluğun kabul ettiği şekilde ilk insanlı uçuşun Paris Fransa'da gerçekleştirildiği düşünülmektedir. 1783 yılında Montgolfier kardeşler tarafından icat edilen ilkel sıcak hava balonu sayesinde o dönemde yolcu anlamında yani pilot dışında hava aracında bulunan ilk insanlı uçuşun gerçekleştirildiği kabul edilmektedir (The Museum of Flight, 2022).

Devamında benzer şekilde çeşitli hava aracı girişimleri olmuşken en dikkat çekici olanlardan biri de 1900'de ilk olarak havalanan, 128 metre uzunluk ve 11 metre çapa sahip, alüminyum iskelet ve pamuk bir bezle kaplı, içinde hidrojen taşıyan gaz baloncukları sayesinde havalanan zeplinlerdi (stephenson, 2012).

20. yüzyılda ise günümüzdeki modern havacılığın miladı olarak kabul edilen ilk uçuş gerçekleşmiştir. 1903 yılında ilk motorlu uçakları olan Flyer'ı tamamlayan Wright Kardeşler, düz bir yüzeyden herhangi bir kalkış düzeneği olmadan havalanarak havacılık tarihinin motorlu ve denetimli ilk uçuşunu gerçekleştirmiş, daha sonrasında ise bu uçuşu daha da geliştirerek dünya genelinde tanınan ve bilinen havacılar olarak hayatlarına devam etmişlerdir (Howard, 2013).

Havacılık tarihindeki en büyük spekülasyonlardan biri olan ilk motorlu uçuşun kim tarafından yapıldığıdır. Wright kardeşlerin 1903 yılındaki uçuşunun yanı sıra 1906 yılında Alberto Santos Dumont tarafından geliştirilen bir havaaracı ile yapılan uçuş kimi kaynaklar tarafından ilk motorlu uçuş olarak kabul edilmektedir (Bush, 2011). 1908 yılında ise Henry Farman ve John William Dunne adlı iki İngiliz mucit, birbirlerinden habersiz motorlu havaaraçları üzerine çalıştıkları bilinirken, Farman'ın 1 km'den daha uzun yaptığı uçuş ile Grand Prix d'Aviation ödülünü kazandığı bilinmektedir. Havacılık tarihindeki benzer şekilde bu dönemde sık ve çeşitli farklı olaylara da şahitlik edilmiştir. 1908 yılında Thérèse Peltier, İtalya Milano'da, Leon Delagrange ile yaklaşık 200 m uçarak ilk yolcu olarak uçan kadın olmuştur (AirJournal, 2017). Yine 1908 yılında Orville Wright'ın Virginia'da iki kişilik uçağını test ederken kazaya uğramış ve bu kazada Thomas Selfridge motorlu bir uçuşta ölen ilk insan olmuştur (Maksel, 2021). 1908 yılın sonlarında ise Wilbur Wright ile birlikte Fransa'da uçan Hart O. Berg, yolcu olarak uçan ilk A.B.D.li kadın olmuştur (NewYorkTimes, 1908). 1909 yılında ise Raymonde de Laroche, havadan ağır motorlu bir uçakla uçuş yapan ve dünya üzerinde pilotluk lisansı alan ilk kadın olmuştur (Beresnevicius, 2019).

Havacılık teknolojisine dair yaşanan bu gelişmelerin akabinde havaaraçları askeri hizmetlere de dahil edilir hale gelmiş, başta 1. Balkan Savaşı ve Dünya Savaşları olmak üzere birçok ülke saldırı, savunma veya keşif amacıyla hava araçlarına askeri amaçlar için kullanmaya başlamıştır (Yalçın, 2016).

Ticari Havacılık, II. Dünya Savaşı'ndan sonra eski askeri uçakları kullanarak insan ve eşya taşımacılığı yapılarak gelişmeye başladı. Bu dönem ve sonrasında yaşanan bazı gelişmeler ise şöyle özetlenebilir. De Havilland Comet, İngiliz De Havilland şirketi tarafından "*dünyanın ilk jet motorlu yolcu uçağı*" olarak lanse edilen ve ilk uçuşunu 1949 yılında ve ilk ticari uçuşunu Mayıs 1952'de yapan yolcu uçağıdır (Withey, 2001).

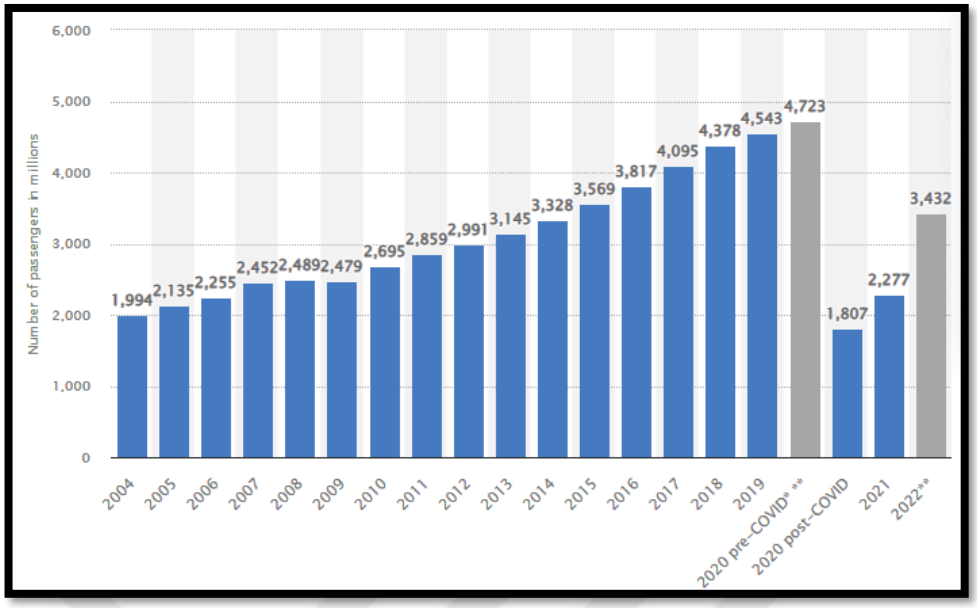
1950li yılların sonu ve 1960lı yıllar ise havacılık teknolojisini artık havacılık ve uzay teknolojisi haline getirecek adımların atıldığı yıl olmuştur. 1961 yılında, gökyüzü insanlı uçuş için artık bir sınır oluşturmaktan çıktı ve Yuri Gagarin dünyadan ayrılıp, 108 dakikalık bir yörünge uçuşunu yapmıştır bile. Bu aşama, 1957 yılında Sputnik 1'in Sovyetler Birliği tarafından uzaya fırlatılmasıyla başlamış olan uzay yarışını hızlandırmıştır. Birleşik Devletler, buna yanıtı Merkür uzay kapsülü ile Alan Shepard'ı bir yörünge altı uçuş için uzaya göndererek vermiştir. Aloutte 1'in 1963 yılı da uzay gönderilmesiyle Kanada uzaya bir uydu gönderen üçüncü ülke olmuştur. ABD ve SSCB arasındaki bu uzay yarışı, insanoğlunun 1969 yılında aya inmesiyle insanlı uçuşun doruk noktasına ulaşmasına neden olmuştur (SHGM, 2015).

1.2 Havayolu Sektörünün Gelişimi

İlk küresel gezginler, yolculuklarını planlamak için aylar harcamışlar ve bu yolculuklarını tamamlamaları yıllarını almıştır. Bu yolcular bir gemi veya kervanla yolculuk edecekleri zaman, bir daha asla eve dönemeyebileceklerini bilerek yola çıkmaktaydılar. John Cook'un dünyanın etrafını dolaşmak üzere İngiltere'den ayrıldıktan sonra denizde iki yıldan fazla kaldığı tahmin edilmektedir. Marco Polo, bugün "İpek Yolu" olarak bilinen yolu bulmadan önce aylarca seyahat etmiştir.

Günümüzde, sadece gözü pek maceracılar benzer yolculukları göze alabilir. Uzun mesafe yolculuk yapacak insanların çoğu artık uçmayı tercih etmektedir. İş amaçlı veya kişisel amaçlarla seyahat edecek bir kişi, gideceği yere sabah karar vermesine müteakip aynı gün öğleden sonra uçağa binerek yolculuğuna başlayabilmektedir.

Peki nasıl? Bunun nedeni, bir milyondan fazla insanın lojistiği çözmesi, hizmetleri geliştirmesi ve sefer saatlerini müşterilerine hizmet edecek şekilde ayarlamasıdır. Bugün ulaştırma kavramı artık uzaya doğru adım adım ilerlemektedir. (Colin C. Law, 2014, s. 2)



Şekil 1.1 2004-2022 tarifeli seferlerle seyahat eden hava yolu yolcuları (milyon)

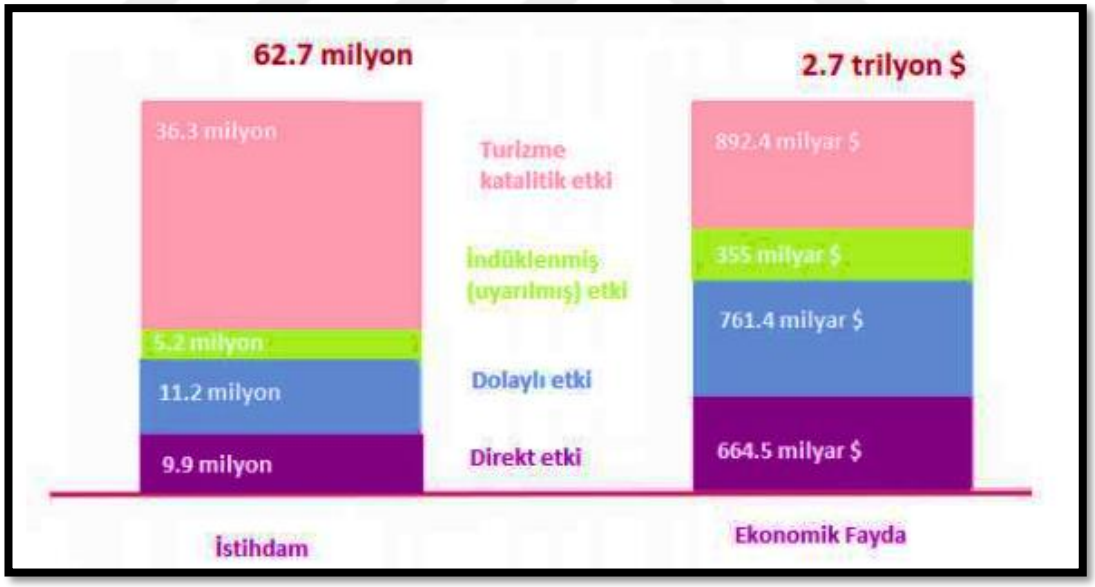
Bu büyüklükteki insan kitlelerinin hareketi, son yüzyılda tamamen yeni bir endüstri yarattığı gibi önemli sayıda yeni iş ve kariyer imkanlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Hava yolu endüstrisi, dünyada 62,7 milyon işi desteklemektedir. Bu işler doğrudan, dolaylı, teşvik ve turizm işleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Doğrudan hava yolu endüstrisinde çalışan yaklaşık 9,9 milyon kişi bulunmaktadır. Havaalanı operatörleri (havaalanı işletmecisi için çalışanlar), havaalanında yer alan diğer kurum ve kuruluşlarda çalışanlar (araba kiralama şirketleri, gümrük ve göçmenlik büroları gibi devlet kurumları, nakliye firmaları, hediyelik eşya, yiyecek içecek satışı yapan perakendeciler), havayolu çalışanları (uçuş ve kabin ekipleri, yöneticiler, yer hizmetleri personeli, eğitimciler, teknik destek personeli, uçak teknisyenleri), sivil havacılık çalışanları (sivil uçak ve motor bileşenleri mühendisleri, tasarımcılar, kalite kontrol uzmanları) ve havayolu seferleri için servis sağlayıcılar (hava alanı otoritesi çalışanları, hava trafik kontrolörleri, yöneticiler) bu iş alanlarını oluşturmaktadır.

Dolaylı iş ile hava taşımacılığı endüstrisi tedarikçileri ifade edilmektedir. Yakıt tedarikçileri, havaalanı tesisleri inşa eden inşaat şirketleri, uçaklarda kullanılan alt bileşenlerin tedarikçileri, havaalanı perakende satış mağazalarında satılan mal üreticileri ve çeşitli hizmet sağlayıcılar (çağrı merkezleri, bilgi teknolojisi ve muhasebe gibi) örnek olarak verilebilir. Havayolu taşımacılığı sektöründeki şirketler

tarafından mal ve hizmet satın alınması yoluyla 11,2 milyondan fazla dolaylı istihdam desteklenmektedir. Ayrıca dünya çapında, kendi ulaşımları için mal ve hizmet satın almak için gelirlerini kullanarak havayolu taşımacılığı endüstrisindeki çalışanlar aracılığıyla (doğrudan veya dolaylı olsun) küresel düzeyde 5,2 milyon teşvikli iş desteklenmektedir. Havayolu endüstrisi turizmde ise 36,3 milyon mesleği desteklediği görülmektedir (ATAG, 2014). Turistlik amaçlı tüketim harcamaları da başta doğrudan havacılık olmak üzere, dolaylı yoldan da turizm sektörüne istihdam imkânı sağlamaktadır. Havacılık vasıtasıyla oluşan turizmden kaynaklı istihdam etkisi, ülke içindeki genel istihdamı da arttırmaktadır (Tutar, 2013, s. 15)

Sonuç olarak ekonomik etkileri büyük olan havacılık sektöründe her ne kadar son teknoloji harikası uçaklar, görkemli havalimanları, yüksek teknolojili donanımlarla yolculara hizmet götürülmekte olsa da alanında bilgi ve beceriye sahip bireylere olan ihtiyaç büyüktür. Sektör faaliyetlerini belirleyecek olan insan bilgi ve gücüne ihtiyaç duyan havacılık endüstrisi de ciddi bir istihdam ve gelir kaynağı olanağı sunmaktadır (Özdemir, 2016).



Şekil 1.2 Havacılığın Küresel İstihdama ve GSYİH Etkisi, 2014 [1]

1.3 Yer Hizmetleri Personeli

Bahsi geçen mesleklere, macera tutkusu olanlar için popüler seçenekler arasında yer alan pilot ve uçuş görevlisi de (önceden hostes olarak biliniyordu) dahildir. Daha

[1] Kaynak: ATAG, Aviatıon: Benefits Beyond Borders, Global Summary, June 2016

az görünür olan diğer meslekler arasında teknisyenler, bilgi teknolojisi (BT) uzmanları, yiyecek içecek servisi çalışanları, temizlikçiler, uçak mühendisleri ve hatta tasarımcılar gibi perde arkası destekleyici roller üstlenenler yer alır. Hava yolculuğu sektörü temelde bir hizmet sektörü olmakla birlikte, aynı zamanda modern, kazançlı ve yaratıcı bir meslek seçimi olarak görülmektedir. Bir uçaktaki her bir mürettebata karşılık, destekleyici rollerde kelimenin tam anlamıyla yüzlerce çalışan vardır. Bu tür bir destek pozisyonu çalışanı, yaygın olarak yer hizmetleri personeli olarak bilinir. Bu basit iş unvanı, dünya çapındaki Yer Hizmetleri Şirketleri tarafından yerine getirilen çok sayıda iş sürecini ve sorumluluğu kapsamaktadır. Yer Hizmetleri Şirketleri, hava yolculuğunun verimli ve etkin yönetimi için kritik öneme sahiptir (Colin C. Law, 2014).

1.4 Havayolu ile Seyahat Süreçleri

Yer Hizmetleri çalışanlarının farklı görev ve sorumluluklarını anlamak için öncelikle yolcuların havayolu ile seyahat süreçlerini anlamak gerekir. Bir yer hizmetleri şirketinin ana rolü her yolcuya sorunsuz bir kalkış, transfer ve varış deneyimi sunmaktır.

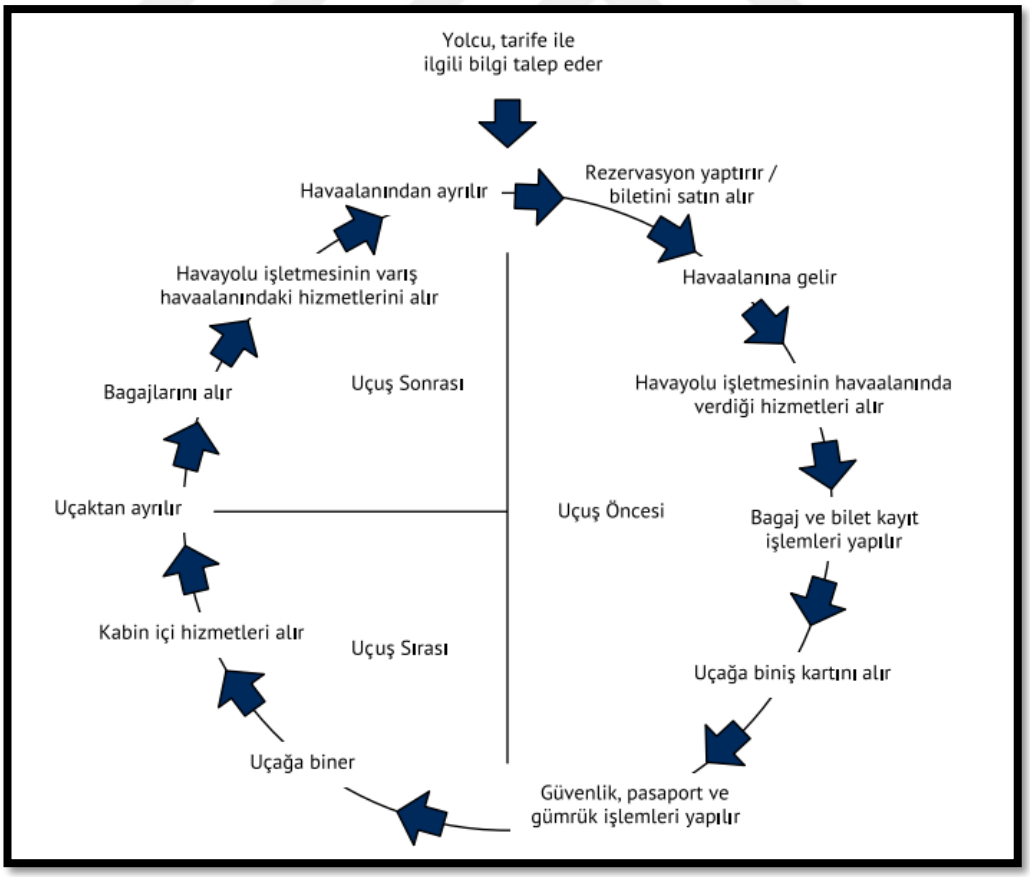
Havayolu ile seyahat süreci üç ana kategoride değerlendirilebilir. Uçuş öncesi, uçuş sırası ve uçuş sonrası süreçlere ait pek çok alt süreçte ve farklı alanlarda görev yapan hizmet sağlayıcıların, pozitif bir deneyim sunabilmeleri takım halinde çalışmayı gerektirir. (Colin C. Law, 2014)

Şekil 1.3 Hava yolu ile yolculukta yer hizmetleri süreçleri

1.5 Havayolu Ulaştırma Sistemi Çevresi

Uçuş öncesi, transfer/transit (aktarmalı uçuşlar için) ve uçuşun sona ermesi ile yolcunun havaalanı terminalinden ayrılmasına kadar geçen süreçlerin tamamı pek çok kurum ve kuruluşun bulunduğu havaalanlarında geçer. Bu süreçlerde tahmin edileceği üzere yolcunun temas ettiği noktaların dışında da pek çok hizmet yürütülmektedir.

Havayolu ürününün (havayolu taşımacılık hizmetinin) en belirgin özelliklerinden birisi bunun bir hizmet süreci içinde gerçekleşmesidir. Satın alınan sadece fiziksel özellikleri olan ve iki nokta arasında yolcuyu taşıyan bir koltuk değil, dokunulmaz özellikleri olan bir hizmet sürecidir (Dempsey, 1997). Bu nedenle, hizmet sunumu sürecindeki aşamalar havayolu ürününün parçasını oluşturmaktadır. Eğer düzenlemeler bu hizmet sürecindeki aşamaları etkilerse havayolu yönetimini de etkileyecek anlamına gelir. Bu nedenle, havayolu taşımacılığında hizmet sürecini açıklamakta fayda görülmüştür. Şekil 1.3'te havayolu taşımacılığı hizmet süreci görülmektedir. (Gerede, 2015)



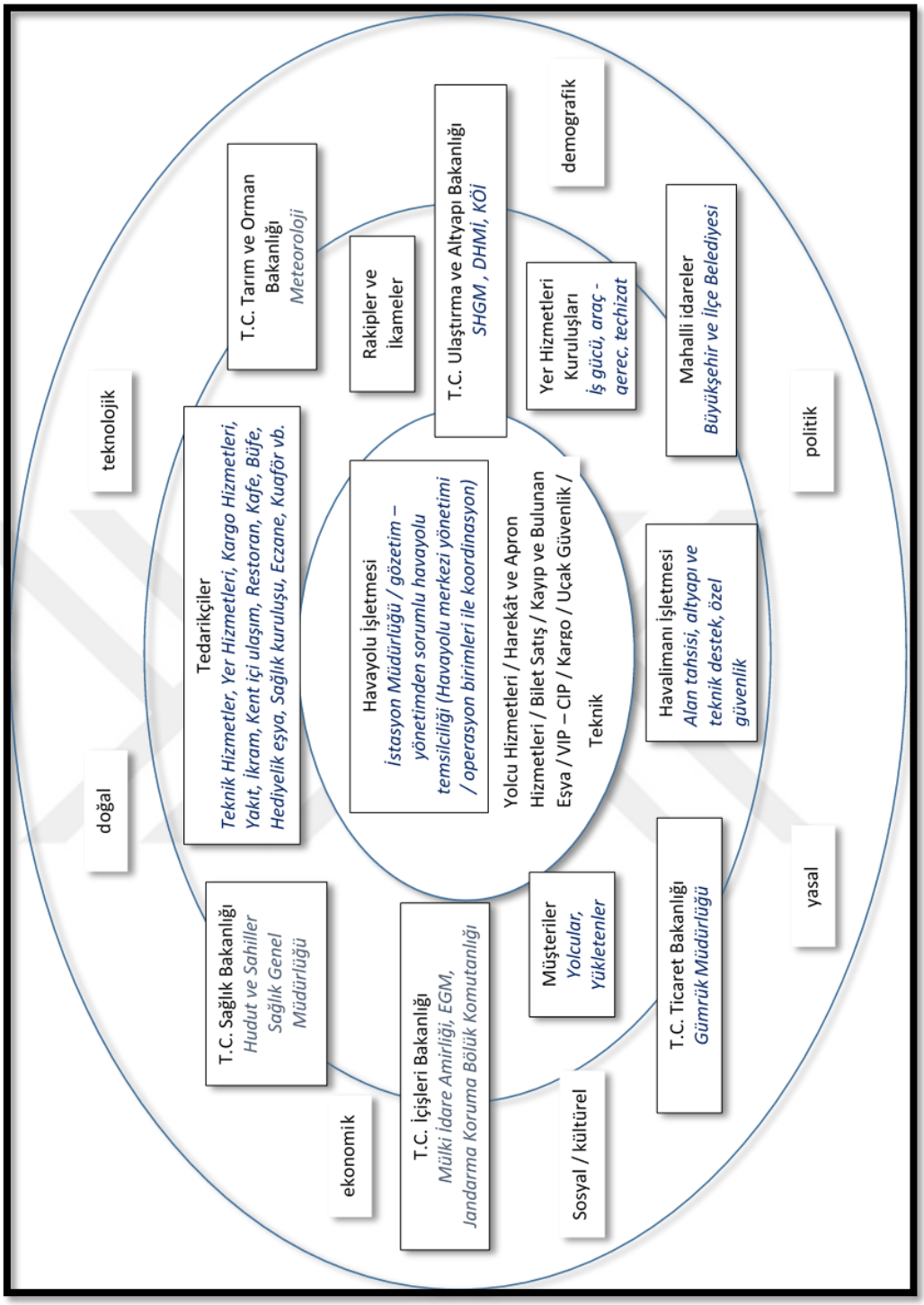
Şekil 1.4 Havayolu Taşımacılığında Hizmet Süreci (SHGM Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması)

Havayolu ulaştırma sistemi içerisinde, yer hizmetlerini yürütenlerin yanı sıra yürütülen hizmetlerin konforlu ve güvenli şekilde, ulusal ve uluslararası mevzuata uygun olarak yürütülmesini sağlayan kurumlar bulunmaktadır. Birçok bileşenden oluşan bu kompleks sistem içerisine havalimanlarını esasen küçük birer şehir gibi düşünmek mümkün. Örneğin şehir yönetiminde hiyerarşisinin en üstünde bulunan Valiler gibi havalimanlarında da Vali veya Vali Yardımcısı unvanı taşıyan Mülki İdari Amirleri görev yapmaktadır. Havayolu işletmesini merkezine koyduğumuz bu sistem çevresi içerisinde ekonomik, teknolojik, demografik, sosyal/kültürel, doğal, yasal, politik pek çok bileşen bulunmaktadır.

ÖRNEK: Adnan Menderes Havalimanı

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ)	Havalimanı otoritesi
TAV A.Ş.	Havalimanı işletmecisi
Türk Hava Yolları (THY), Sunexpress, Pegasus	Havayolları
TGS, HAVAŞ, Çelebi	Yer Hizmetleri Şirketleri
OPET, BP, SOCAR, PO	Yakıt Tedarikçileri
Turkish Do & Co, Sancak, LSG	İkram firmaları

Bunların yanı sıra Şekil 5 de gösterildiği gibi yöneten, denetleyen, güvenliği sağlayan, sağlık, yeme/içme/alışveriş/otopark/vale hizmetleri sunan, meteorolojik gelişmeleri raporlayan, hudut giriş/çıkışlarını takip eden, hava ve yer trafiğini (Apron sahasında) düzenleyen pek çok kurum ve kuruluş bulunmakta ve havayolu sistemi çevresi içerisindeki alanlarda tek bir havalimanında dahi binlerce çalışan görev yapmaktadır. Uluslararası bir havalimanı olması ve 7/24 esasına göre çalışılan (gece uçuş kısıtlamaları olmamasına bağlı olarak) Adnan Menderes Havalimanında çalışanların büyük bir bölümü de vardiyalı olarak görev yapmaktadır.



Şekil 1.5 Havayolu Ulaştırma Sistemi Çevresi

1.6. Yer Hizmetleri

Yer Hizmetleri havalimanı terminali içerisinde, hava ve kara tarafında havayolu yolcularına ve uçaklara verilen hizmetleri kapsamaktadır. Genel itibariyle yer hizmetleri şirketleri tarafından aşağıda yazılı maddeleri kapsamaktadır. Bu hizmetlerin

yanı sıra yer hizmetleri şirketleri dışında farklı kuruluşlardan alınan çeşitli tedarikleri kapsayan yakıt alımı, ikram yüklenmesi, teknik gibi hizmetlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bunlar bahsi geçen yer hizmetleri şirketlerinin alanına girmediğinden bu bölümde detaylandırılmamıştır.

1.6.1 Yolcu Hizmetleri

Yolcu Hizmetleri seyahatini gerçekleştirmek üzere havalimanına gelen yolcunun bilet satış, check-in, boarding işlemleri ile uçuş sonrası ihtiyaç duyabileceği Kayıp ve Bulunan Eşya hizmetlerinin tamamını kapsamaktadır.

1.6.1.1 Bilet Satış

Günümüzde havayollarının satış ofisleri ve acenteler dışında internet, mobil veya call center aracılığıyla yapılan satışlar gibi pek çok bilet satış kanalı bulunmaktadır. Havayolları, bu hizmetleri havalimanlarındaki satış ofisleri aracılığıyla kendi personeli veya yer hizmetleri personeli aracılığıyla vermeye de devam etmektedir.

1.6.1.2 Check-in

Biletini satın almış olan yolcuların seyahatlerine başlamadan önce check-in işlemlerini tamamlamaları ve varsa bagajlarını uçağa yüklenmek üzere teslim etmeleri gerekmektedir. Check-in işlemleri yine bilet satış işlemlerinde olduğu gibi çeşitli kanallardan (on-line, mobil, kiosk, call center) yapılabilmektedir. Havalimanlarında da yine yer hizmetleri şirket çalışanları bu işlemleri kontuarlarda gerçekleştirmekte ve uçağa yüklenecek bagajları kayıt altına alarak etiketlemektedirler.

1.6.1.3 Boarding

Yolcular önceden aldıkları veya check-in kontuarında kendilerine verilen boarding kartları ile sefere yolcu kabulü yapılan boarding kapılarına gittiklerinde burada kontrollü olarak uçağa geçişleri yine yer hizmetleri şirketi çalışanlarınca sağlanmaktadır.

1.6.1.4 Kayıp ve Bulunan Eşya

Uçaktan indikten sonra bagajlarını teslim aldıklarında, bagajlarının hasarlandığını tespit eden / bagajlarını eksik veya hiç teslim alamayan yolculara uçuş sonrası verilen hizmetlerdir.

1.6.2 Harekât ve Apron Hizmetleri

Harekât ve Apron Hizmetleri uçağın park yerine yanaşması ile park yerinden ayrılması arasında geçen süre zarfında uçağa verilen hizmetleri kapsamaktadır.

1.6.2.1 Sefer koordinasyonu

Seferde görevli Harekât koordinatörü yer hizmetleri şirketince ve diğer kuruluşlar tarafından uçağın yerde kaldığı süreçte verilen tüm hizmetleri takip eder, denetler, birimler arasında koordinasyonu sağlayarak uçağın zamanında eksiksiz ve güvenli olarak kapatılmasını sağlar. Uçağın yükleme talimatı/raporu ve yük/denge formunu hazırlayan İstasyon Koordinasyon merkezinde görevli Harekât personeli ile devamlı irtibat halindedir ve karşılıklı bilgi paylaşımı ile güncel veri ve gelişmelerin anlık takibinin sağlanması ile yükümlüdür.

1.6.2.2 Yük ve Denge planlama

Sefere yüklenecek bagaj, kargo, posta gibi yüklerin, alınan yakıtın, yüklenen ikramın takibinin yapılması Harekât biriminde görev yapan personelin sorumluluğundadır. Gerekli eğitimleri tamamlamış ve bu alandaki yetkinliklere haiz yer hizmetleri personeli yüklerin kompartımanlara dengeli şekilde dağıtılmasını sağlayacak planlamayı yaparak uçağa verilecek güvenli ve ideale yakın CG değerinde yük ve denge planını hazırlar. Ayrıca sefer koordinatörü ile birlikte tüm süreçlerin planlandığı şekilde ilerlediğinin kontrol ve takibini yapmakla sorumludur.

1.6.2.3 Yükleme Boşaltma

Apronda görev yapan yükleme/boşaltma personeli varışta gelen yüklerin boşaltılması ve terminale sevki, gidiş yüklerinin uçak başına getirilerek planlandığı şekilde uçağa yüklenmesinden sorumludur. Yükleme posta başı IKM Harekat personeli ile devamlı bilgi alış verişi yaparak, anlık değişiklikleri raporlamak ve yapılan planlama dahilinde yüklerin uçağa doğru şekilde yüklenmesinden sorumludur.

1.6.2.4 Temizlik

Apron hizmetlerine bağlı görev yapan temizlik ekibi yolcu inişine müteakip uçağın temizlenmesi işlemlerini gerçekleştirir. Havacılık dilinde “turnaround” olarak tabir edilen, uçağın iniş yapıp akabinde tekrar uçuş gerçekleştirmesi arasında yerde geçen süre içerisinde alınan temizlik hizmetine transit temizlik denilmektedir. Bir uçağın

yerde kalış süresi 2 saat üzerindeyse daha detaylı olan yatı temizliği uygulanmaktadır. Ayrıca uçaklara belirli periyotlarda derin temizlik işlemi yapılmaktadır. Bu temizlik işlemi uzun saatler süren detaylı bir uygulamayı gerektirdiğinden önceden planlanması ve belirli bir takvimin izlenmesini gerektirmektedir.

1.6.3 Operasyon Kontrol Merkezi

Yer Hizmetleri tarafından bir uçağın inişi ve kalkışı arasında geçen süre boyunca yürütülen tüm faaliyetler OCC (Operation Control Center) veya Türkçe adıyla Operasyon Kontrol Merkezi denilen ünitede çalışan personelce yönetilmektir.

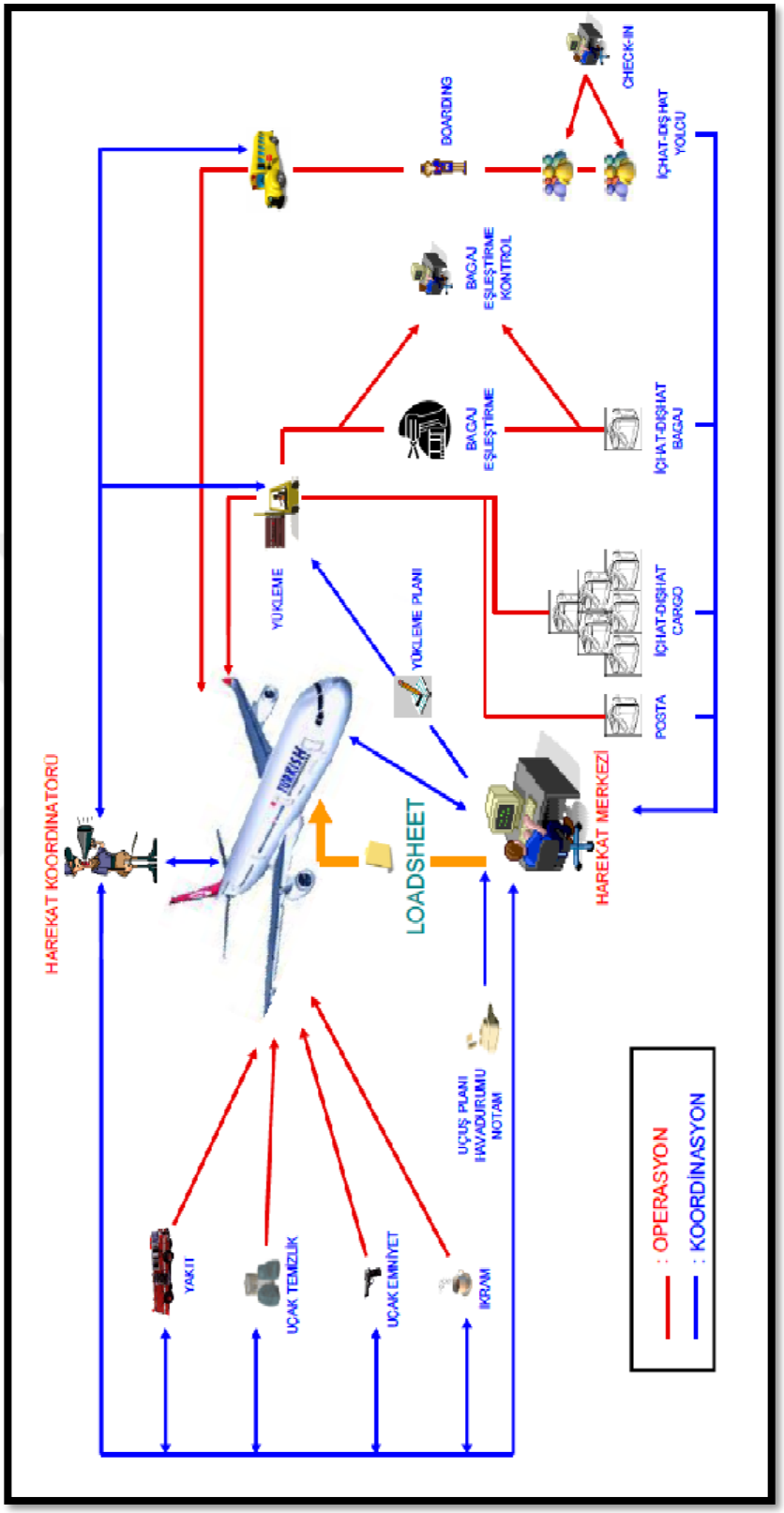
IKM (İstasyon Kontrol Merkezi) olarak ta bilinen bu merkezde aslında ilgili sefere dahi işlemler iniş-kalkış arası süreçle de sınırlı değildir. Burada yer hizmetleri ve diğer kurum kuruluşlarla yürütülecek faaliyetlerle ilgili koordinasyon süreçleri ve planlama seferin varışı öncesinde başlamakta ve kısmen kalkış sonrasında da devam etmektedir.

Bir seferin HUB ve ara İstasyonlarda kalış süresi uçak tipine ve diğer koşullara bağlı olarak sınırlandırılmıştır. Örneğin iç hat seferi yapan bir B737-800 uçağının İzmir İstasyonunda yerde kalış süresi 00:45 dakikadır. MGT (Minimum Ground Time) olarak adlandırılan uçağın kapı açması ile kapı kapaması arasında geçen bu süre dahilinde uçağa verilen tüm hizmetlerin zamanında, eksiksiz ve en önemlisi güvenli bir şekilde yürütüldüğünü kontrol ve koordine etmek uçak başında görev yapan sefer koordinatörüyle birlikte İstasyon Koordinasyon Merkezinde çalışan Yer Hizmetleri personelinin sorumluluğundadır. Seferler için belirlenen minimum yerde kalış süreleri uçak tipi, yolcu/yük kapasitesi, ülke koşulları, havalimanı olanakları gibi pek çok kritere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Havayolları bu değişkenleri gözeterek yerde kalış süresini belirlediği gibi, bu süre dahilinde uçağa verilen hizmetlerin standart sürelerini de belirler ve yer hizmetler kuruluşlarıyla paylaşarak sürelere uyulduğunu denetler.

Diğer önemli bir konu da seferlerin rötarsız, yani tarifeli kalkış saatinde icra edilmesidir. Bir seferin tarifesi yapılırken planlanan tarifeli yerde kalış süresi (SGT – Scheduled Ground Time) en az MGT süresi kadar olmalıdır. Tarifeli varış saatinden geç kapı açan uçaklarda genelde zaman baskısını da beraberinde getiren MGT devreye girer (yerde kalış süresi uzun olan veya yatı seferleri hariç). Bu nedenle işlemlerin ve hizmetlerin aksamaması, uçağa hizmet verecek tüm birim personelinin ve teçhizatın

vaktinde park sahasında olması gerekmektedir. Rötar nedenleri belirlenerek, gecikme kodları tayin edilirken MGT tablolarında yazılı hizmet kalemlerine ait standart sürelerin aşılıp aşılmadığına bakılmaktadır.

İstasyon Kontrol Merkezinde yürütülen operasyonun büyüklüğüne ve yoğunluğuna göre farklı birimlerden çok sayıda personel koordinasyon içerisinde görev yapar. Tüm bilgiler IKM de toplanır ve ilgili birim ve personele buradan dağıtılır.



Şekil 1.6 Yer Operasyon Süreçlerinin Yönetilmesi (İzmir Ekonomi Üniversitesi, Ustalar Çıraklarla Buluşuyor Etkinliği sunumu, Suat Oral, 27.03.2018)

BÖLÜM İKİ

YAKIT TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yakıt tüketimini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır ancak bunları iki ana kategoride değerlendirmek mümkündür. Ağırlık değişkenleri ve uçuş değişkenleri. Araştırmada yer hizmetleri personelinin etki edebileceği hususlar incelendiğinden daha çok ağırlık değişkenlerine odaklanılmıştır, ancak yer işletme süreçlerinden etkilenebilecek bazı uçuş değişkenleri de bulunmaktadır. Ağırlık değişkenlerinden bazıları uçağın temel ağırlığı, mürettebat ağırlığı, yolcu ağırlıkları, yük ağırlıkları, ikram ağırlığı, yakıt ağırlığı, su ağırlığı vb.

Yapılan çalışmada ağırlık değişkenlerinin yanı sıra ağırlığın uçak üzerindeki dağılımının etkisi de gözlemlenmiştir.

Uluslararası sahada faaliyet gösterilmesi ve iletişim kurulması söz konusu olduğundan risklerin bertaraf edilmesi, hata ve yanlış anlaşılmalara mahal verilmemesi amaçlanarak Havacılıkta ortak alfabe (fonetik), ortak saat (GMT – Greenwich Mean Time) ve ortak İngilizce terimler kullanılmaktadır. Bu nedenle bundan sonraki bölümlerde bahsedilecek olan Uçuş ve Ağırlık Değişkenleri ile ilgili kavramlar havacılık alanında kullanıldığı şekilde ve özgün kısaltmalarıyla İngilizce yazılacak, Türkçe açıklanacaktır.

Yakıt tüketimini etkileyen faktörler dikkate alınarak, yer hizmetleri çalışanlarının hangi değişkenler üzerinde yoğunlaşarak yakıt tasarrufu sağlanmasına ne oranda katkıda bulunabileceği sahada gözlemlenecektir. Sefer bazında sunulabilecek ortalama katkı miktarı ile ilgili veriler ışığında ve üzerinde çalışılan uçak tipinden hava yolu filosunda kaç adet bulunduğu, ne kadar uçuş yaptığı araştırılarak, elde edilebilecek mali katkının ortaya konulması (güncel JET A-1 fiyatları baz alınarak) hedeflenmektedir.

2.1 Uçuş ve Ağırlık Değişkenleri

2.1.1 Uçuş Değişkenleri

Araştırmaya konu olmayacak değişkenler olsa da oluşturulan sistem dinamikleri modelinin daha iyi anlaşılabilmesi için bunların bazılarına oluşturulan modelde yer verilmiştir.

2.1.1.1 Trip Fuel

Uçuş süresince tüketilmesi öngörülen yakıt miktarıdır. Uçuş süresi, uçağın teker kesmesi ile teker koyması arasındaki geçen süreye karşılık gelir (Trip Time).

2.1.1.2 Holding Time

Uçağın herhangi bir sebeple fazladan havada kalmasını gerektirecek durumlar öngörülerek hesaplanan ilave uçuş süresidir. Bu ilave süreye karşılık gelecek yakıt miktarı da kalkış öncesi alınacak yakıta ilave edilir. Varış saatinde varış meydanında beklenen olası trafik yoğunluğu, iniş güzergahı veya Havalimanı sahasındaki olumsuz hava koşulları gibi etkenler dikkate alınarak hesaplanır.

2.1.1.3 Taxi Time

Uçağın kalkış öncesi park pozisyonundan pist başına kadar, varış sonrası park yerine kadar yol alırken geçen toplam süreyi ifade eder. Havaalanına göre değişkenlik gösterir, ancak her havaalanı için belirlenmiş standart sürelere göre hesaplanır. Güncel bilgiler dahilinden standart sürelerin üzerine süre ilave edilir. Örneğin inşaat çalışmaları nedeniyle belli bir taxi yolunun kapalı olması, varış/kalkış saatlerinin yoğun operasyon dilimine denk gelmesi, olumsuz hava koşulları sürenin uzamasına sebep olacaktır. Bu gibi durumlarda her zaman hesaplamalarda dikkate alınır.

2.1.1.4 Safety Amount of Fuel

Modelde “safety amount of fuel” olarak gösterilen yakıt miktarı Operasyonel Uçuş Planını (OFP – Operational Flight Plan) hazırlayan/onaylayan Dispatcher tarafından gerekli görmesi halinde planlanan ilave yakıt, yedek meydan yakıtı, sorumlu kaptanın talep ettiği ilave yakıt ve “final reserve” diye adlandırılan ilave yakıtlardır. Tamamı ilave güvenlik önlemleri gözetilerek planlanan yakıttır (Final Reserve, Dispatch extra, Commander Extra, Alternate).

2.1.1.5 Alternate Fuel (ALTN)

Yedek meydan yakıtını ifade eder. Seçilen yedek meydanın varış meydanına olan uzaklığına göre hesaplanır.

Hava Yollarının son yıllarda eskiye göre yedek meydan seçimi ile ilgili geliştirmeler yaparak yakıt tasarrufuna büyük katkı sağladığı görülmüştür. 2000li

yılların başında İzmir' den İstanbul'a icra edilecek bir seferin yedek meydanı Ankara veya çıkış meydanı olan İzmir olarak belirlenirken, günümüzde varış meydanı İstanbul Yeni Havalimanı olan bir seferin yedek meydanı Çorlu veya Yenişehir olarak belirlenebilmektedir. (İlgili yedek meydanlarda hava koşullarından kaynaklı veya herhangi farklı olumsuz bir durum olmadığı sürece).

Bu sayede uçağa alınan kalkış öncesi yakıt miktarlarında %15-%20 arasında düşüş sağlanmıştır. Bu da ortalama 1000kg gibi ciddi bir miktara tekabül etmektedir.

İstanbul Yeni Havalimanının (IST) yedeği olabilecek bir diğer meydan da Sabiha Gökçen Havalimanıdır (SAW). Ancak an itibariyle kapasite sorunlarına bağlı olarak standart yedek meydan olarak atanamamaktadır. SAW Havalimanı ilave pist ve kapasite arttırma çalışmaları devam etmekte olup, tamamlandığında IST Havalimanı için planlamada yakıt tasarrufu açısından iyi bir alternatif olacaktır.

2.1.2 Ağırlık Değişkenleri (Operasyonel Ağırlıklar)

2.1.2.1 Basic Weight (BW)

Uçağın sabit teçhizatı, kullanılmayan yakıt, hidrolik yağlar, kokpit dokümanları ve galley yapısı dahil ağırlığıdır.

2.1.2.2 Dry Operating Weight (DOW)

Basic Weight e ekip ve ikram ağırlıkları ilave edilmiş ağırlıktır. Hesaplamalarda her bir kokpit ekibinin ağırlığı 85kg, her bir kabin ekibinin ağırlığı 75kg olarak kabul edilir.

2.1.2.3 Operating Weight (OW)

DOW a kalkış yakıt ağırlığı (TOF – Take-off Fuel) ilave edilmiş ağırlıktır.

Kalkış yakıt ağırlığı (TOF), uçağın park sahasındaki toplam yakıt ağırlığından (FIT–Fuel in Tank) motor çalıştırma ve pist başına gidişi esnasında harcadığı yakıt (STF–Start and Taxi Fuel) çıkarılarak elde edilir. TOF = FIT – STF

Uygulama bölümünde, uçağın varış meydanına kadar yolda harcayacağı yakıt ağırlığı (TIF – Trip Fuel) üzerinden yakıt tasarrufu hesabı yapılacaktır.

2.1.2.4 Zero Full Weight (ZFW)

Uçağın yakıtsız fakat diğer tüm yükleri yüklenmiş gerçek ağırlığıdır.

2.1.2.5 Actual Zero Fuel Weight (AZFW)

AZFW = DOW (Dry Operating Weight) + TTL (Total Traffic Load)

Trafik Yükü (Traffic Load), yolcu ve kuru yükün (deadload) toplam ağırlığından oluşur. Kuru yük ise; uçuştaki bagaj, kargo, posta ve şirkete ait ücretsiz taşınan yüklerin (lastik, yedek parça, alet çantası gibi ekipmanlar veya konteynırlar vb.) toplamıdır.

Operasyonel Uçuş Planı (OFP) hazırlanırken uçağa alınacak yakıt miktarı hesaplamalarında bahsi geçen sabit ve ilave olan tüm ağırlık değişkenleri dikkate alınmaktadır. Uygulamada tüm yolcu işlemlerini tamamlamadan ve tüm yüklerin kabulü gerçekleşmeden önce uçağa alınacak yakıtın belirlenmesi için öngörülmesi gereken tahmini AZFW ile yakıt tasarrufu arasındaki ilişki de incelenecektir.

2.2 Jet Yakıtı Maliyetleri

Hava taşımacılığı pazarının 2022 yılına kadar yaklaşık 1336,56 Milyar $ değerine ulaşması ve tahmin döneminde %9,9'luk bir CAGR'de önemli ölçüde büyümesi bekleniyor. Hava taşımacılığı pazarındaki büyüme, artan harcanabilir gelirden ve gelişmekte olan pazarlarda artan kamu özelinden kaynaklanmaktadır. Ancak, hava taşımacılığı pazarının artan akaryakıt fiyatları ve yüksek işletme maliyetleri gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanan bazı kısıtlamalarla karşılaşması bekleniyor. (TheBussinessResearchCompany, 2022)

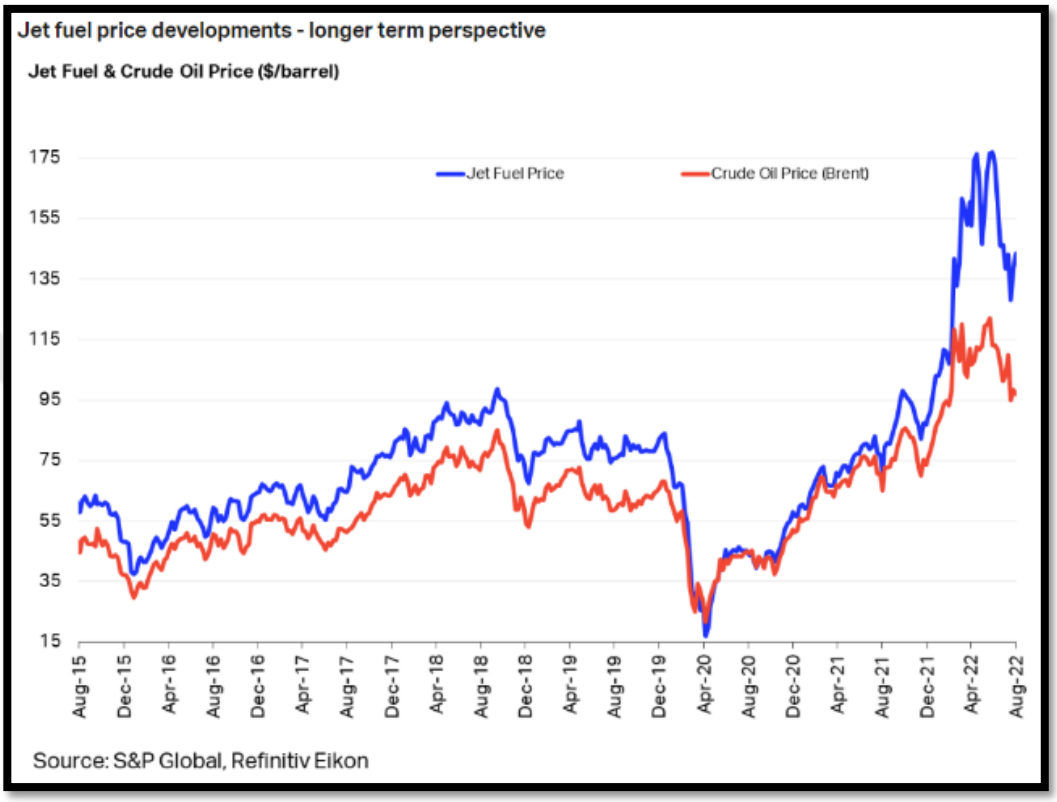
Yakıt, en büyük havayolu işletme maliyeti olarak kabul edilmektedir. Jet yakıtı fiyatlarının alışılmadık bir şekilde artması korkusu, havayolu yöneticilerinin zihninde her zaman mevcuttur (Teixeira, 2017).

Tablo 2. 1 Türk Hava Yolları Yakıt Gideri Analizi[2]

AKARYAKIT MALİYET ANALİZİ	2018	2019	2020	2021	6A'21	6A'22
Akaryakıt Gideri (ABD Doları)	3.768	3.873	1.638	2.756	981	2.779
Akaryakıt Tüketimi (Bin Ton)	5.278	5.525	2.803	4.156	1.672	2.564
Ortalama Birim Maliyet (ABD Doları /Ton)	714	701	584	663	587	1.084
Birim Maliyetteki Ortalama Değişim (%)	21%	-2%	-17%	13%	-12%	85%
Faaliyet Giderleri İçindeki Akaryakıt Payı (%)	32%	31%	23%	29%	25%	40%

[2] (THY 2022 2.çeyrek faaliyet raporu)

Havayolları COVID-19 pandemisinden toparlanmaya başlarken, sektör başka bir zorlukla karşılaştı: akaryakıt fiyatlarında hızlı bir artış. 2022'nin başlangıcından bu yana, jet yakıtının fiyatı yaklaşık yüzde 90 arttı ve ortalama olarak 2021'e göre yaklaşık yüzde 120 daha pahalıya mal oldu. (McKinsey&Company, 2022)



Şekil 2.1 Jet yakıtı fiyatlarının değişimi – uzun dönem perspektifi[3]

Türkiye'de satışa sunulan güncel JET A-1 uçak yakıtı fiyatı 1 ton için 1068.1 USD olup, farklı ülkelere sefer yapan uçakların, bu ülke hava limanlarında da yakıt ikmali yapması ve hava yollarının yakıt tedarikçileriyle özel ücret anlaşmaları yapmaları göz önünde bulundurularak bu çalışmada yapılan hesaplamalarda ton başı yakıt fiyatı 1000 USD olarak alınmıştır (Jet-A1-Fuel-Price, 2022).

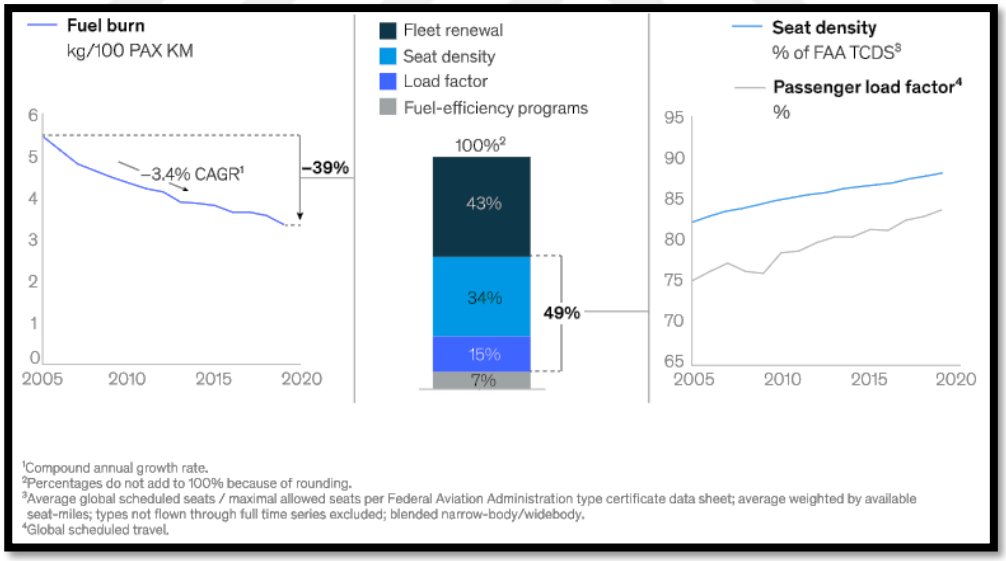
[3] https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/

2.3 Yakıt Verimliliği

İşgücünden sonra yakıt, havayolu operasyonlarında en büyük maliyet bileşenini temsil eder. Maliyetleri düşürmenin etkili ve verimli bir yolu daha az yakıt tüketmektir. (IATA, 2022)

Havayolu endüstrisi, son 15 yılda yakıt verimliliğini önemli ölçüde geliştirdi. Gelecekte bu kazanımları elde etmek daha zor olacaktır. Havayolu endüstrisi, yakıt verimliliği açısından büyük adımlar attı. Bunun bir nedeni maliyetleri azaltmaktır- yakıt pahalıdır -ancak bir diğer önemli faktör de endüstrinin çevresel performansıyla ilgili endişeler artmakta olduğundan sürdürülebilirliktir. Bir McKinsey analizine göre, taşıyıcılar 2005 ve 2019 yılları arasında (COVID-19 öncesi) yolcu-kilometre başına yakıt tüketimini yaklaşık yüzde 39 azalttı ve bu, yıllık yaklaşık yüzde 3,4'lük bir bileşik yıllık büyüme oranıydı.

Yakıt verimliliği kazanımları, koltuk yoğunluğu ve yük faktörü olmak üzere iki ana faktörde de doğal sınırlarına ulaşıyor.



Şekil 2.2 Yakıt verimliliğinden elde edilen kazanımlar

Önümüzdeki süreçte karşılaşılacak olan zorluk, kolay kazanımların zaten yakalanmış olması ve havayollarının bu kazanımları elde etmek için kullandıkları bazı iyileştirme kaldıraçlarının doğal sınırına dayanmış olmasıdır. Sonuç olarak, gelecekte iyileştirmeler yapmak daha zor olacak. Bu nedenle sektör daha hırslı olmalı, farklı kaldıraçlar kullanmalı ve daha fazla dönüşümsel değişiklik peşinde koşmalı.

McKinsey, gelecekteki ilerlemenin neden geçmiş performansla eşleşmeyebileceğini anlamak için 2005 ve 2019 yılları arasında yakıt verimliliği kazanımlarının altında yatan faktörleri analiz etti. Bu dönemdeki iyileştirmelerin yaklaşık yarısı filo geliştirmelerinden geldi (yüzde 43). Yeni nesil bir uçak, önceki nesle göre yaklaşık yüzde 15 ila 20 daha fazla yakıt tasarrufu sağlamaktadır ve daha fazla yakıt verimli motorlar, daha hafif malzemeler, geliştirilmiş aerodinamik ve benzer önlemler dahil olmak üzere yeni gelişmelerin bu trendi sürdürmesi beklenebilir.

Diğer bir yüzde 7'lik kısım ise taksi esnasında düşük devirde motor çalıştırma, yaklaşmada sürekli alçalma ve optimize edilmiş rotalar gibi yakıt verimliliği programlarından geldi; bu alanlarda daha fazla kazanım sağlamak için halen fırsatlar mevcut.

Verimlilik artışının diğer yarısı, uçak kabini içindeki alanın kullanımıyla ilgili iki kaldıraçtan geldi: koltuk yoğunluğu ve yük faktörü. Bir uçak kabinindeki gerçek koltukların, uçağın sertifikalandırıldığı maksimum potansiyel koltuk sayısına göre yüzdesi olarak tanımlanan koltuk yoğunluğu, 2005'te yüzde 82'den 2019'da yüzde 88'e yükseldi. Düşük maliyetli taşıyıcılar (LCC'ler) her zaman daha yüksek koltuk yoğunluğu ve son yirmi yılda pazar paylarındaki büyüme, endüstri için genel koltuk yoğunluğunun artması anlamına geliyordu. Tam hizmet veren taşıyıcılar, LCC'lerin büyümesine ekonomi sınıflarındaki koltuk yoğunluğunu artırarak ve ekonomi ve birinci sınıflarını küçülterek yanıt verdi. Aynı zamanda, ikinci iyileştirme kolu (sektörün yük faktörü veya belirli bir uçuşta satılan koltukların payı) yüzde 75'ten yüzde 83'e yükseldi.

Bunlar etkileyici kazanımlar, ancak sınırlarına yaklaşıyorlar ve sektör önümüzdeki 15 yıl içinde benzer bir geliştirmeye güvenemeyecek. Bu iki kaldıraçta da daha fazla fırsat yok. Çoğu ekonomi sınıfı kabindeki koltuk aralığı daha fazla küçülemez ve bazı havayolları ekonomik nedenlerle business ve first class kabinleri elinde tutmak isteyecektir. Benzer şekilde, havayollarının yüksek ücretli kurumsal müşteriler için son dakika müsaitlik durumunu korumak istemesiyle birlikte mevsimsel talep değişimi, yük faktörü oranının iyileştirilmesini sınırlayacaktır.

Sonuç olarak, taşıyıcılar hızlandırılmış filo değişimi, dönüştürücü altyapı iyileştirmeleri veya benzer şekilde cesur önlemler gibi daha iddialı eylemlerde

bulunmadıkça, sektör için genel yakıt verimliliği kazanımlarının yılda yaklaşık yüzde 3,4'ten yüzde 1,5 ila 2'ye düşeceğini tahmin ediyoruz. Uzun vadede, bir enerji kaynağı olarak fosil yakıtı değiştirmek ve sürdürülebilir havacılık yakıtlarına geçiş, endüstrinin yolculuğunun kritik bir parçası ve bu alandaki önlemler arasında en önemli itici güç olabilir. Ancak endüstrinin yakıt verimliliğini artırmak için bugünden yapacağı her şey, geçişi çok daha kolay hale getirecektir. (McKinsey&Company, 2022)

IATA üyesi havayolları ve daha geniş havacılık endüstrisi, toplu olarak iddialı emisyon azaltma hedeflerine bağlıdır. Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı, bu hedeflere ulaşılmasına yardımcı olan kilit unsurlardan biri olarak tanımlanmıştır. Endüstrinin iklim hedeflerine ulaşmak için sürdürülebilir havacılık yakıtlarının kullanılması için devlet desteği şarttır.

- SAF (Suistainable Aviation Fuel) kullanarak 450.000'den fazla uçuş gerçekleştirildi.
- 7 teknik yol geliştirildi.
- 2021'de 100 milyon litreden fazla SAF üretildi
- SAF, tüm yaşam döngüsü boyunca emisyonları %80'e kadar azaltabilir
- 2022'de yaklaşık 17 milyar USD SAF vadeli satın alma anlaşması yapıldı.
- 50'den fazla havayolu artık SAF deneyimine sahip (IATA, 2022)

Yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla havayolları yıllar boyunca pek çok önlem almış, farklı uygulamalar geliştirmişlerdir. Bunlardan bazıları kompozit malzemeden üretilen hafif konteynerlerin kullanıma sokulması, low cost havayollarının uçak üzerindeki kullanılmayan fırınları söktürmesi, ikram ağırlıklarının azaltılması, kısa mesafeli uçuşlarda uçaklara gereğinden fazla su yüklenmemesi vb. Günümüzde artık uçak gövdeleri de kompozit malzemelerden imal edilmeye başlanmış (B787, A350) olup, biyoyakıt kullanımı gibi çevreci çözümler de devreye alınarak bu alandaki geliştirmeler hız kesmeden sürmektedir.

Türkiye’nin bayrak taşıyıcı hava yolu Türk Hava Yolları da çevreci yakıt kullanımına başladığını ilk olarak 27.04.2022 tarihinde duyurmuş ve operasyonlarında aktif bir şekilde sürdürülebilir havacılık yakıtı kullanmaya başlamış ve yakın zamanda Global SAF (Sustainable Aviation Fuel) Deklarasyonunu imzalamıştır.

Global SAF Deklarasyonu, havacılık, uzay ve yakıt sektöründeki paydaşlar tarafından sürdürülebilir havacılık yakıtının karbondan arındırılması için oluşturulmuş ortak bir çalışma bütünlüğünü ifade ediyor. Deklarasyon ile sürdürülebilir havacılık yakıtlarının tamamen karbondan arındırılması hedefleniyor.

Türk Hava Yolları bu kapsamda, teknik, düzenleyici, güvenlik ve ticari uygulanabilirlik sınırları dahilinde SAF kullanımını en üst düzeye çıkarmayı planlıyor.

Türk Hava Yolları Genel Müdür (Yatırım ve Teknoloji) Yardımcısı Levent Konukçu konuya ilişkin olarak, "Yeni nesil uçakların filoya dahil edilmesine ilişkin yaptığı yatırımlarıyla, operasyonel iyileştirmeleriyle ve ileri düzey yakıt tasarrufu uygulamalarıyla emisyonlarını önemli derecede azaltan Türk Hava Yolları, sürdürülebilir havacılık yakıtlarına yatırım ve desteğini sürdürmeye devam edecek." dedi.

Airbus Ticari Uçaklar ve Airbus International Başkanı Christian Scherer, "Airbus, uçmanın çevresel etkisini azaltacak, değer zinciri boyunca sürdürülebilir bir havacılık endüstrisi geliştirmeye kendini tamamen adamıştır. Bu bildirge de tam olarak bunu desteklemekte. Bugün Türk Hava Yolları bu girişime katılma çağrısına yanıt vererek, sıfır emisyonlu uçak yolculuğumuzda tüm paydaşlarla birlikte çalışmak üzere imza attı. Türkiye'nin bu çabadaki kararlılığını göstermesinden mutluluk duyuyorum." dedi.

Rolls-Royce Teknoloji' den Sorumlu Başkanı Grazia Vittadini konuyla ilgili, "Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları'nın kullanımını teşvik etmek için değer zincirimizdeki endüstri ortaklarımızla birlikte çalışmalarımızı sürdürüyoruz. Bu çalışmalar, Rolls-Royce'un sürdürülebilirlik stratejisinin önemli bir parçası. Türk Hava Yolları'nın SAF Deklarasyonu'nu imzalamasından büyük mutluluk duyuyoruz. Bu anlaşmanın imzalanması, Türkiye'nin küresel havacılıkta sürdürülebilir bir geleceğe doğru yöneldiğinin bir göstergesi." dedi.

2022 yılında ilk olarak İstanbul Havalimanı- Paris Charles De Gaulle hattında sürdürülebilir havacılık yakıtı kullanmaya başlayan Türk Hava Yolları, Paris, Oslo, Göteborg, Kopenhag, Londra ve Stockholm hatlarında haftada bir gün olacak şekilde bu yakıtı düzenli olarak kullanırken, ilerleyen süreçte de artan frekanslara ve farklı destinasyonlara bağlı olarak aktif kullanımını yaygınlaştırmayı planlıyor. Ayrıca

Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı, aynı orandaki geleneksel kerosen yakıta kıyasla sera gazı emisyonunda %87'ye varan azalma sağlıyor.

Bunlara ek olarak Türk Hava Yolları, fosil kaynaklı uçak yakıtı kullanım miktarının azaltılması için üniversitelerle iş birliği yaparak sürdürülebilir biyo-yakıt araştırma ve geliştirme çalışmalarına destek sağlıyor. Bu kapsamda, Boğaziçi Üniversitesi ile "Mikroalg Tabanlı Sürdürülebilir Biyo-Jet Yakıtı Projesi (MİKRO-JET)" başlıklı, TÜBİTAK öncelikli alan projesini yürütmektedir. Projenin tamamlanması akabinde tamamen sürdürülebilir kaynaklardan üretilen ve 2022 yılı içerisinde Türk Hava Yolları Teknik A.Ş. tarafından motor testleri tamamlanan biyo yakıtın harmanlanarak uçuşlarda kullanılması hedefleniyor. (iDealHaberMerkezi, 2022)

Biyoyakıt Uçağımız Göklerde!

Filomuzda bulunan TC-JSU kuyruk kodlu Airbus 321 uçağımızla çevreci yakıt operasyonuna başlayan markamız, uçağımıza yaprak desenlerinden oluşan özel bir tasarım uyguladı.

Bugün yeni tasarımıyla ilk uçuşunu gerçekleştiren uçağımızda, "Green Class" konsepti çerçevesinde sürdürülebilirlik faaliyetleri ve çevreci uygulamalar gerçekleştiriliyor.

Markamız, 8.5 yaş ortalamasına sahip genç filomuza katılacak yeni nesil uçaklar ve sürdürülebilir havacılık yakıtı ile sefer gerçekleştirdiği Stockholm, Oslo, Göteborg, Kopenhag, Paris ve Londra şehirlerine zamanla yenilerini ekleyerek karbon emisyonu azaltma çalışmalarına devam edecek.

Uçağımızın boyanma süreçlerine ait videoyu görsele tıklayarak izleyebilirsiniz.

Sürdürülebilir bir dünya için el ele!

Şekil 2.3 THY Biyoyakıt Uçağı Duyurusu (27.04.2022)

BÖLÜM ÜÇ
ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

3.1 Sistem Dinamikleri Yaklaşımı

Sistem dinamikleri, karmaşık sistemlerin davranışını anlamayı ve istenen yönde değiştirmeye yönelik politikalar geliştirmeyi amaçlayan sayısal bir modelleme yöntemidir.

Sistem dinamiği; sistem parametrelerinin birbirleri ile etkileşimlerini ve zamanla nasıl değiştiğini bilgisayarlı simülasyon modelleme tekniklerini kullanarak açıklayan bir metodolojidir. 1950'li yıllarda Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT)'nden Dr. Jay Forrester tarafından geliştirilmiştir. Asıl olarak, şirket yöneticilerinin endüstriyel süreç anlayışlarını geliştirmelerine yardım etmek üzere geliştirilmiş olan sistem dinamikleri şimdilerde politika/yöntem analizi ve tasarımı için kamu ve özel sektörde kullanılmaktadır (Martin, 1997).

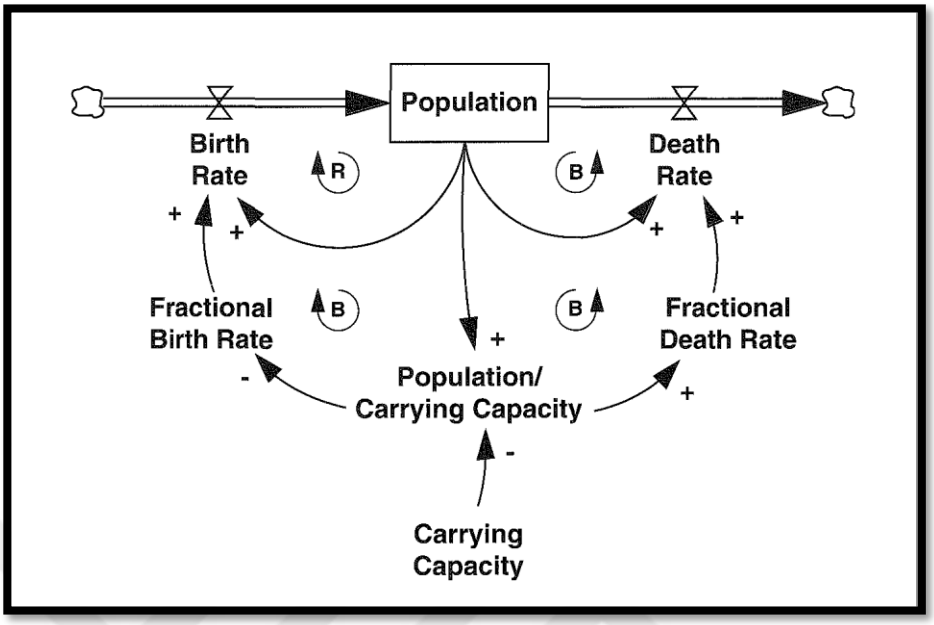
Massachutes Teknoloji Enstitüsünde DYNAMO adlı programlama dilini geliştiren Forester, bir imalat şirketinin davranışları ile ilgilenen Endüstriyel Dinamikler kitabını yayınladı (Forrester, 1961).

DYNAMO kullanıcı dostu bir ara yüze sahip olmaması nedeniyle sınırlı sayıda kullanıcı tarafından tercih edilmiştir. 1980 yılında High Performance Systems tarafından iThink isimli ilk sistem dostu sistem dinamikleri yazılımı geliştirilmiştir. Macintosh işletim sistemini kullanan bilgisayarlar için geliştirilmiş olan bu yazılım daha sonra farklı şirketlerce Windows işletim sistemine uyarlanmıştır.

Norveçli Powersim tarafından geliştirilen Powersim ve Ventana tarafından geliştirilen Vensim bu alanda en sık kullanılan yazılımlardır. (Özkil, 2002). Vensim indeksleme özelliğine sahip olduğundan büyük ölçekli modellemelerde kullanılabilmektedir.

Sistem Dinamikleri yaklaşımı üretim, bakım satış, pazarlama, operasyon vb. uygulamaların yürütüldüğü işletmelerde kullanıldığı gibi, günlük hayattaki pek çok alanda da kullanılmaktadır. Örneğin bir caddedeki trafik akışının veya yoğunluğunun analiz edilerek nedenlerinin incelenmesi, oluşturulan model ile detaylı analiz yapılarak Belediyenin ne gibi önlemler alması gerektiğinin saptanmasında veya sabit bir çevrede

dış etkenlerden bağımsız nüfus artışının incelenmesinde sistem dinamikleri kullanılabilir.



Şekil 3.1 Belirlenmiş bir çevrede nüfus artış nedenini gösteren diyagram (Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World, p285, John D. Sterman, 2000, MIT MGraw Hill Companies)

Bu tez uygulamasında da Vensim programı ile oluşturulan basit sistem dinamikleri modeli ile bir B737-800 uçağına alınacak blok yakıt miktarı hesaplanırken hangi faktörlerin dikkate alındığından yola çıkılarak, etki edilebilecek girdiler üzerinden yer hizmetleri personelinin öncelikle efektif yük dağılımı planlaması yaparak ve uçağa yüklenecek yüklerin gerçek ağırlıklarının girilmesini sağlayarak yakıt tüketiminden tasarruf edilmesine ne şekilde katkı sağlayabileceği incelenmiştir. Burada gerçek ağırlıkların girilmesi ile kast edilen, uçağa alınacak blok yakıt miktarında belirleyici olan ve sistem dinamikleri modelinin ağırlık değişkenleri girdilerini oluşturan ikram, ekip, yolcu, bagaj, kargo, posta, uçak ekipmanları vb. yüklerin ağırlıkları ile ilgili hesaplamaları etkileyecek hatalı veri girişinin önüne geçilmesi, sahada yapılan gözlemlerde fark edilen olağan dışı durumların dikkate alınarak, ortalama veya tahmini ağırlık değerleriyle yapılan hesapların gerçek verilerle değiştirilmesinin sağlanmasıdır.

3.2 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmada, havayolları yer hizmetleri süreçlerini incelenerek, günümüz havacılığında, havayolunun en büyük gider kalemlerinin başında gelen yakıt tüketimini etkileyen faktörler ve farklı değişkenlerin yakıt tüketimine hangi oranda etki ettiğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaca yönelik olarak, bir uçağın uçuşa hazırlanması aşamasında alınan yer hizmetlerinin yakıt tüketimine doğrudan ve dolaylı etkilerinin araştırılması ve yapılan doğru uygulamalarla yakıt tasarrufuna ne ölçekte katkı sağlanabileceğinin sayısal verilerle ortaya konulması hedeflenmektedir.

3.3 Araştırmanın Kapsamı

Araştırma, yakıt tasarrufu sağlayarak gider azaltmayı amaçlayan hava yollarına yönelik yapılmıştır. Bu sebeple, araştırmada Adnan Menderes Havalimanına tarifeli uçuş gerçekleştiren bayrak taşıyıcı havayolu ile ona hizmet veren yer hizmetleri şirketlerinden veri toplanmıştır.

Bir uçağın uçuşa hazırlanması sırasında yer hizmetleri çalışanlarının yakıt tüketimine doğrudan ve dolaylı etkilerinin araştırılması ve doğru uygulamalarla yakıt tasarrufuna ne kadar katkı sağlanabileceğinin ortaya konulması amaçlandığından süreçler yerinde incelenerek, yer hizmetleri personelinin dahil olduğu süreçlerin yanı sıra havayolu şirketinin bu yönde hayata geçirdiği uygulamalar incelenmiştir.

3.4 Araştırma Kısıtları

Araştırma, bir HUB İstasyona kıyasla kısıtlı sayıda dış hat uçuşu yapılan Adnan Menderes Havalimanında gerçekleştirildiğinden, belirli rotada dar gövde uçaklarla yapılan kısa uçuşlar incelenebilmiştir. Farklı irtifada, geniş gövde uçaklarla yapılan uzun süreli uçuşlar ve bu uçaklara verilen hizmetler araştırma kapsamına dahil edilmemiştir.

Firma politikaları gibi bazı engeller araştırma sırasında detaylı verilere ulaşmayı kısıtlamaktadır, ancak benzer koşullardaki uçuşları sahada takip edebilme imkânı, sistem dinamiği modelimize veri sağlayabilecek karşılaştırılabilir sonuçlar vermektedir.

Araştırmada karşılaşılan kısıtlar nedeniyle sistem dinamikleri modelinin oluşturulma, veri toplama, karşılaştırma ve analiz etme süreçleri sahada ve havayolunun İstasyon Koordinasyon Merkezinde yapılan gözlemlerle mümkün olabilmiş ve uzun bir sürece yayılmıştır. Çok sayıda sefere verilen hizmetler takip edilmiş, bu seferlerde yapılan işlemler, farklı uygulamalar ve karşılaşılan darboğazlar karşısında alınan aksiyonlar izlenmiştir.

Süreç boyunca yapılan gözlemlerden elde edilen verilerin ve yapılan gözlemlerin daha iyi aktarılabilmesi amacıyla B737-800 tipinde bir uçağın sefere hazırlanması aşamalarının, uçağın kapanışına kadar anlık olarak takip edilmesinin, belirli periyotlarda gözlemlenen veri değişimlerinin ve alınan anlık aksiyonların etkilerinin canlı örnek üzerinden anlatılmasının çalışmayı daha anlaşılır kılacağı düşünülmüştür.

Gün içerisinde eş zamanlı olarak birden çok sefere hizmet veriliyor olması ve operasyonun yoğun seyretmesi nedeniyle detaylı izleme ve sorgulama imkanının daha fazla olduğu, sabaha karşı (06:40) kalkan TK2307 seferi örnek olarak seçilmiştir.

BÖLÜM DÖRT

UYGULAMA

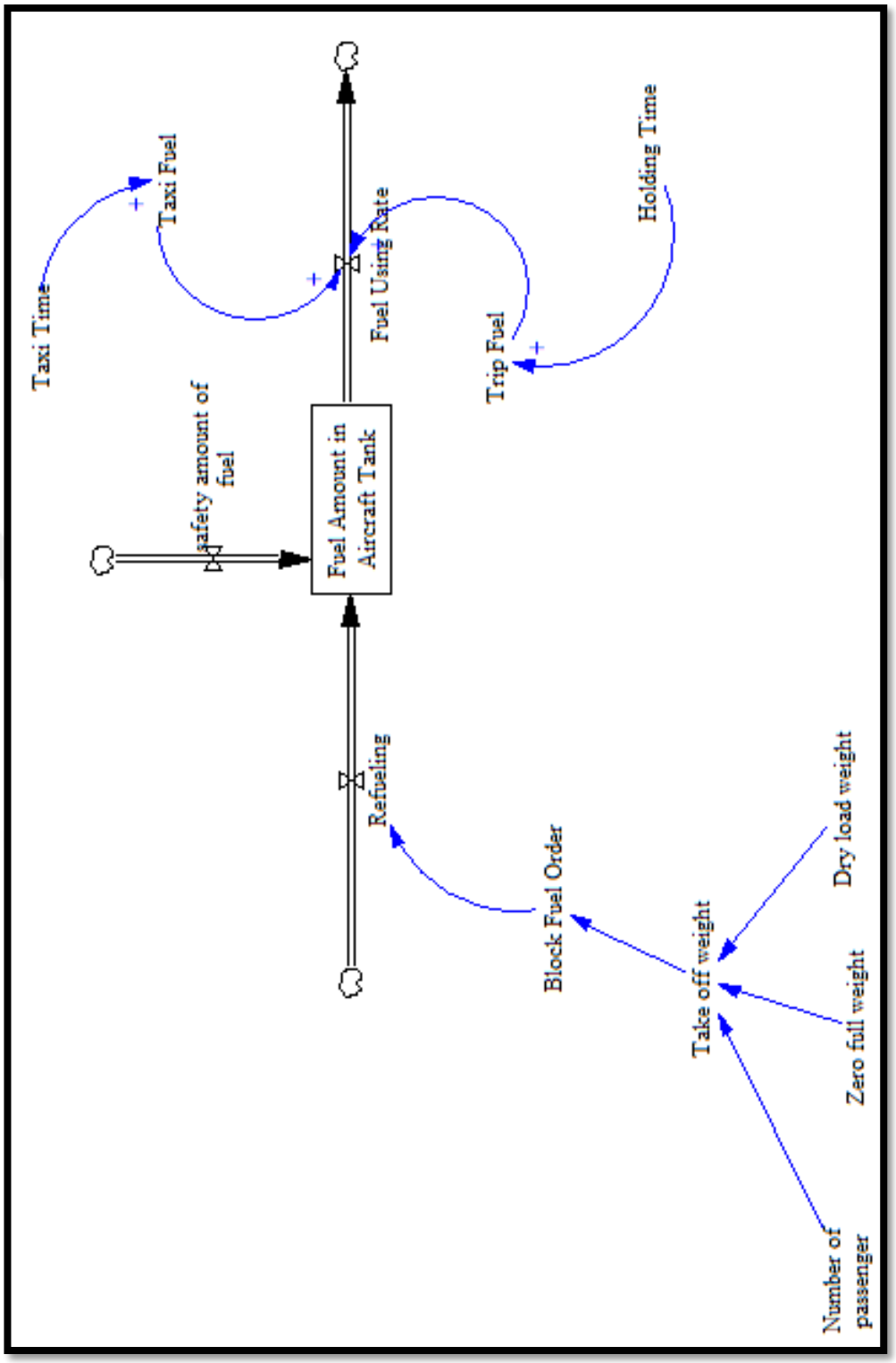
Adnan Menderes Havalimanında THY farklı tipte dar ve geniş gövde uçaklarla operasyon yürütmektedir (B738, B777, A320, A321, A350 vb.). Tüm uçak tiplerine verilen hizmetler gözlemlenmiş, ancak gözlem ve araştırmalar ilgili meydandan en sık uçuş yapılan Boeing 737-800 üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Sunexpress ve Pegasus Hava Yollarının yanı sıra pek çok charter şirketinin de operasyonlarının neredeyse tamamını bu uçak tipinde gerçekleştiriyor olmaları da B737-800 uçağının seçilmesinde etkendir.

4.1 Uçağa Kalkış Öncesi Alınan Blok Yakıt Sistem Dinamiği Modeli

Vensim programı ile oluşturulan basit sistem dinamikleri modeli ile bir B737-800 uçağına alınacak blok yakıt miktarı hesaplanırken hangi faktörlerin dikkate alındığından yola çıkılarak, etki edilebilecek girdiler üzerinden yer hizmetleri personelinin ağırlık azaltarak yakıt tüketiminden tasarruf edilmesine ne şekilde katkı sağlayabileceği incelenmiştir.

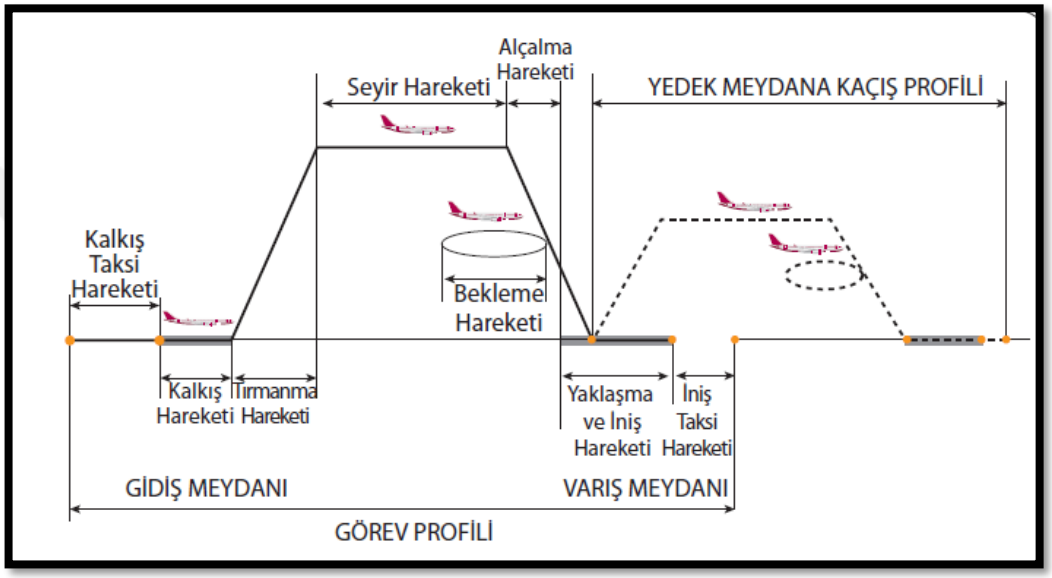
Model oluşturulurken bir bütünü teşkil etmesi açısından üzerinde çalışılacak ağırlık değişkenlerinin yanı sıra uçuş değişkenlerinin bir kısmına da yer verilmiştir.

Uçuş öncesi ihtiyaç duyulan yakıtı hesaplarken dikkate alınacak ağırlık değişkenlerinden bir tanesi de yakıtın kendisi yani bir başka deyişle yakıt yüküdür. Blok yakıt, rampa yakıtı ya da toplam yüklü yakıt olarak ta adlandırılır.



Şekil 4.1 Uçağa kalkış öncesi alınan blok yakıt sistem dinamiği örnek modeli (Vensim)

İzmir – İstanbul arası uçuş gerçekleştirecek bir Boeing 737-800 uçağının kalkış öncesi alacağı yakıt miktarı hesaplanırken ağırlık hesaplamalarının yanı sıra pek çok farklı değişken de dikkate alınmaktadır. Bunlardan bazıları uçuş süresi, uçuş rotası, hava koşulları (burun veya kuyruk rüzgârı şiddeti dahil), bekleme süresi, yedek meydan gibi yakıt alımı öncesi ilave hesaplamaları gerektiren değişkenlerdir. Yakıt hesaplaması yapılırken hesaplamalara dahil edilmesi gereken süreçler Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Uçuş Profili ve Aşamaları (AOF Harekât Performans)

Şekil 4.3'te İzmir – İstanbul seferini yapacak bir B737-800 uçağına ait bir OFP (Operational Flight Plan) yakıt planlama verileri gösterilmiştir. Tüm sabit ve tahmini değişkenler dikkate alınarak hazırlanmış olan planda uçağa alınması planlanan total yakıt miktarı 5168kg olarak belirlenmiştir.

Paylaşılan OFP, Bölüm 4.3'te incelenecek olan 13.10.2022 tarihli TK2307 seferine ait olup, ilgili bölümde İstasyon Koordinasyon Merkezinde görev yapan yer hizmetleri personelinin öncelikle güvenli saha içerisinde (safe support zone), sonrasında ideal CG değerine yakın indeks ile ağırlık ve denge formu üretmek amacıyla takip ettikleri veriler ve aldıkları aksiyonlar irdelenecektir. Güvenli saha ve ideal CG kavramları bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

5MINUTES	FUEL	TIME	DISPATCH LOAD:				
TRIP	2507	00:57			PAYLOAD:		14341
CONT5MINUTES	186	00:05	EZFW:	58107	MZFW:(S)		62731
ALTN (LTBU)	894	00:20	ETOW:	63076	MTOW:(S)		79000
FINAL RESERVE	1084	00:30	ELDW:	60569	MLDW:(S)		66360
ETOPS/ADDNL	0	00:00	REMF:	2462	**MIN DIV:**		**1978**
DISP.EXTRA	298	00:08	**FMS INIT LOAD:**				
TAXI	120	00:10	LTBJ/LTFM				
APU	79	00:45	LDG ELEV:0325FT		PRF FACTOR%:0.8		
COMNDR.EXTRA	0	00:00	CI: 14		TROPO:38124		
REQUIRED FOB	5168	02:00	**ALTN**	**DIST**	**TIME**	**FL**	**FUEL**
TANKERING	0	00:00	LTBU (F)	85	00:20	120	894
TOTAL RAMP FOB	5168	02:00					
PENALTIES:	**FUEL**	**TIME**	**DSPTCH EXTRA REASON:** 298				
1000 KGS	+40KGS		WX AT DESTINATION				
10 KTS	+80KGS	+00:02	**COMNDR EXTRA REASON:**				
CI:0 (ZERO)	-4KGS	+00:00					

I CERTIFY THAT THIS FLIGHT HAS BEEN DISPATCHED IN ACCORDANCE WITH APPLICABLE SHT-OPS/EASA AIR OPS/FARS. ALL PAGES OF THE OPERATIONAL FLIGHT PLAN ARE AN INTEGRAL PART OF THE FLIGHT RELEASE.

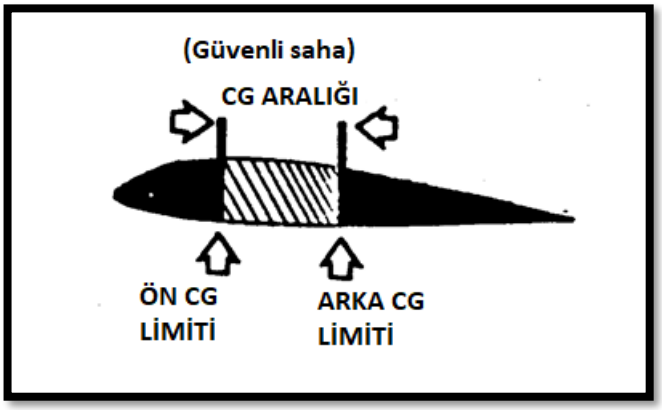
COMMANDER:				**DISP.:**
[redacted]	[redacted]			[redacted]

Şekil 4.3 THY Operational Flight Plan – Yakıt Hesaplamaları

4.2 İdeal CG (Center of Gravity) Aralığı

Yolcu uçakları genelde ağırlık merkezleri kanat hizasında olacak şekilde tasarlanmıştır. Kanatlar yakıt deposu olduğundan uçağa alınan yakıtın denge merkezine etkisi yok denecek kadar azdır. Gövde altında bulunan ilave yakıt deposu da yine kanat hizasında olduğundan etkisi düşüktür. Ancak bazı geniş gövde uçaklarda ilave yakıt deposu kuyruğa yakın bölümdedir ve moment yaklaşımıyla bakıldığında bu yakıt deposuna alınacak yakıt denge merkezine fazlaca etki yaparak, ağırlık merkezinin arkaya doğru kaymasına neden olacaktır.

CG aralığının uçak tipine göre belirlenmiş güvenli alanda olması gerekmektedir.



Şekil 4.4 Güvenli saha ve CG aralığı

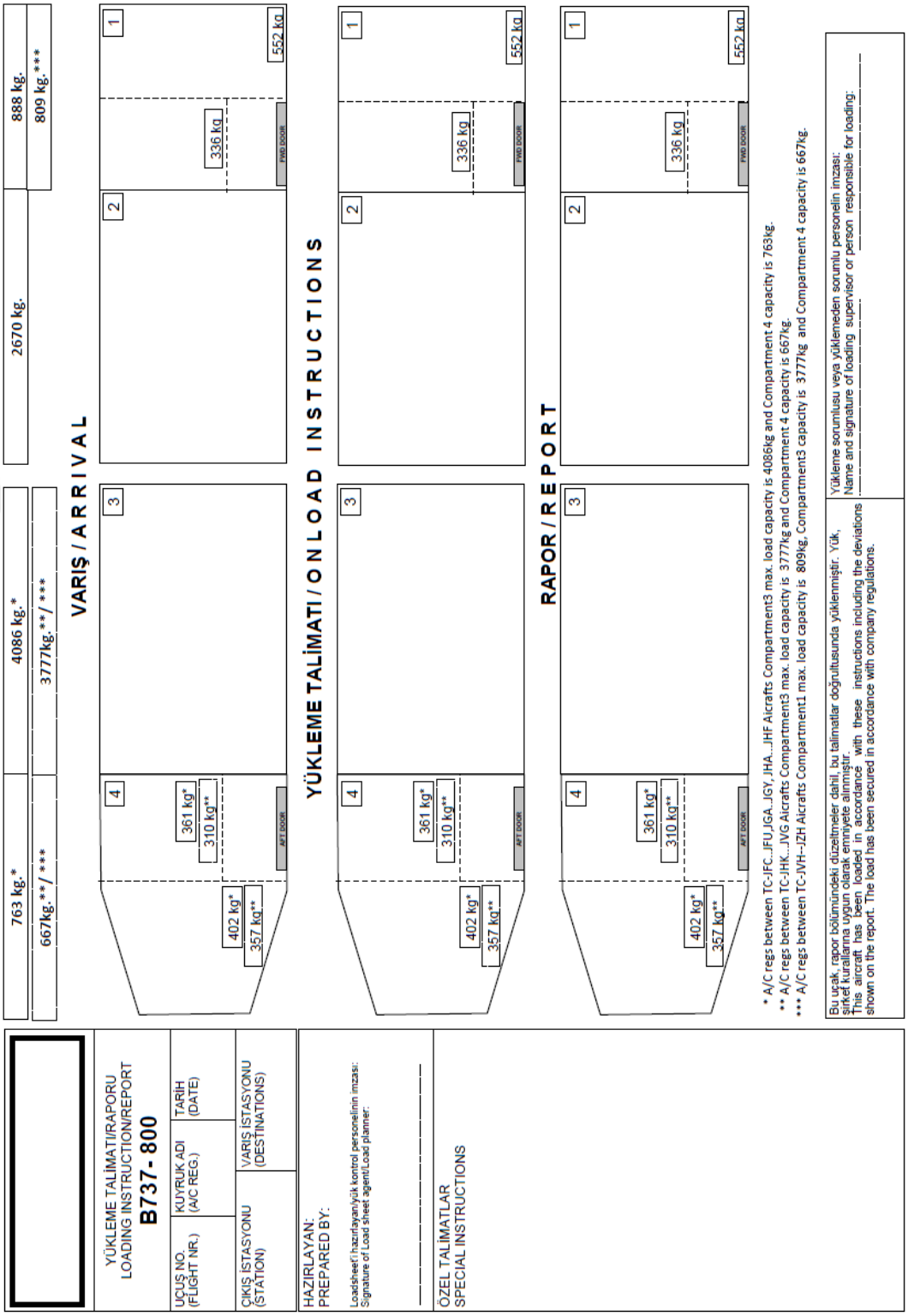
IKM de görev yapan Harekât personeli tarafından kalkış öncesi sefer sorumlu kaptanına teslim edilen Yük ve Denge formunda (load and trimsheet) güncel gerçekleşme değerlerine göre hesaplanan CG değerleri bu güvenli saha içerisinde olmalıdır. Aksi durumda uçak sefere verilemez. Böyle bir durumda DCS sistemi LS (Loadsheet) oluşturulmasına izin vermez.

Güvenli sahada hesaplanmış değerlerle LS alınabilir ve sefer icra edilebilir. Bununla birlikte yük planlamasının mümkün olduğunca daha kısıtlı bir değer aralığına sahip ideal CG aralığı içerisinde yapılması istenir. Bunun nedenlerinden biri uçağın iniş, kalkış ve uçuş esnasında bu şekilde daha az yakıt tüketecek olmasıdır.

4.3 Gerçek Zamanlı Uçuş Verilerinin Takibi

13.10.2022 tarihli TK2307 İzmir/İstanbul seferi sistem verileri 02:00 itibariyle izlenmeye başlanmıştır.

Sefer sayısı	:	TK2307
Parkur	:	ADB/IST
Tarih	:	13 OCT 2022
Uçuş tipi	:	Tarifeli (Yolcu)
Tarifeli kalkış saati (STD – Scheduled Time of Departure)	:	06:40 (lokal)
Uçak tipi	:	B737-800 / 78D
Kanat adı (Registration)	:	TC-JHZ
Koltuk konfigürasyonu (Bussiness / Economy)	:	16C/135Y
Rezervasyonlu yolcu sayısı (Bussiness / Economy)	:	16C/137Y (-2Y)
Toplam transfer yolcu sayısı	:	48

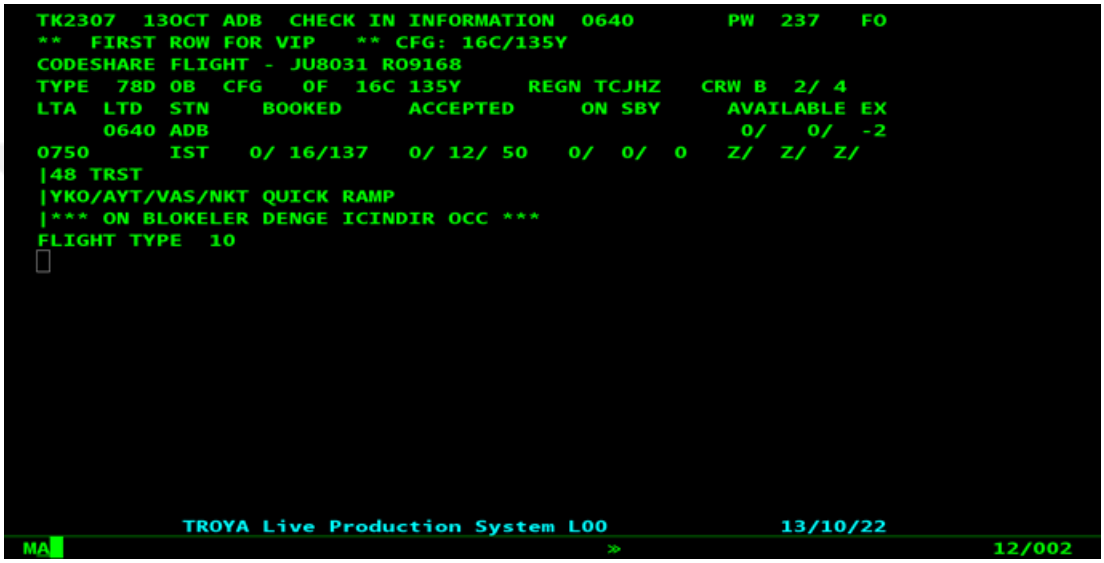


Şekil 4.5 B737-800 Yükleme Talimatı / Raporu (THY AHM560)

İzmir İstasyon Koordinasyon Merkezinde göre yapan Yolcu Hizmetleri, Harekât ve Apron personelinin ekran kayıtları belirli periyotlarla alınarak, uçuşa kabul edilen yolcu ve yük miktarlarının değişimine göre ZFW (Zero Fuel Weight) değerinin artışı, uçağın denge noktasındaki değişim takip edilmiştir.

Tahmini verilere göre yapılan planlama sonrası gerçekleşme verileri karşılaştırılmış, alınan aksiyonlar takip edilmiştir.

Saat : 02:01L



Şekil 4.6 DCS Yolcu Hizmetleri Koordinasyon ekranı (02:01)

Check-in yaptırmış yolcu sayısı “ACCEPTED” başlığı altında 62 (12C/50Y) olarak görünmektedir. Burada Yolcu Hizmetleri IKM personelinin diğer birimler için bazı notlar düştüğü görülmektedir.

YKO (Yüksekova), AYT (Antalya), VAS (Sivas), NKT (Şırnak) yolcuları için “QUICK RAMP” bilgisi girilmiş. Yani İstanbul sonrasında devamı olan bu bagajlara işlem yapılırken ara İstasyonda diğer seferlere hızlı transferlerinin sağlanması için “quick ramp” etiketi takılması gerektiğini belirtmiş.

Bu aynı zamanda Harekât IKM personelinin yükleme planını hazırlarken ilgili boşaltma işleminde kolaylık olması açısından bagajları kapı ağzına yakın bir bölüme planlaması için girilmiş bir bilgi.

“48 TRST” notuyla da 48 bağlantılı yolcu olduğu hatırlatılmış. İç hat ve dış hat bağlantılı yolcu bagajları da planlama yapılırken dikkate alınmalıdır.

Burada girilmiş olan en önemli notlardan birisi “ön blokeler denge içindir”. Harekât IKM personeli eldeki veriler ışığında denge merkezinin öne kayacağını öngördüğünden ön koltukları Yolcu Hizmetleri IKM personeline BLOKE ettirmiş ve check-in personeline bilgi vermeden son ana kadar bu koltuk blokelerini kaldırarak işlem yapmaması konusunda ikaz etmektedir.

```
TK2307  13OCT ADB LOAD DISTRIBUTION                    FO
ADB ZFW    57604    49.0       15.8     58.9     72.7
1.    809/40   2.   2670/146  3.   3777/207  4.    667/39
CPT1
CPT2
CPT3
CPT4
UNLOCATED LOAD
 18. IST  BC   33/2       BULK
 19. IST  BY  554/31      BULK
 20. IST   C  600/30      BULK
```

Şekil 4.7 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (02:01)

Yukarıda gösterilen “LOAD DISTRIBUTION” ekranından görüleceği üzere tahmini yük ağırlık ve parça sayıları “UNLOCATED LOAD” başlığı altında yer almaktadır. Yük dağılım planlaması henüz yapılmadığından, kargo ve bagaj yükü bilgisi bu hanede gösterilmektedir. Yük dağılımı planlanarak CPT1, CPT2, CPT3 ve CPT4 olarak gösterilmiş olan kompartımanlara dağıtıldığında “UNLOCATED LOAD” hanesinden silinecek ve yükler atanmış oldukları kompartımanlarda gözükecektir. Burada bussiness ve ekonomi yolcuların bagajları ayrı olarak gösterimiştir. Yükleme planı hazırlanırken farklı özellikteki yüklerin birbirinden ayrı olarak yüklenmesi esastır. Burada sadece 2 kategoriye ayrılmış olarak gösterilse de bagajlar kendi içerisinde tekrar özelliklerine göre ayrılır (transfer, VIP, öncelikli vb.) ve mümkün olduğu kadar ayrı kompartımanlara yüklenir. Yükleme talimatına bu bilgiler detaylı şekilde yazılmalıdır (Örnek : VIP bagajlar CPT1 e, Transfer bagajlar CPT2’ye, dahili öncelikli bagjlar CPT3 kapı ağzına vb.)

Şekil 4.5 de gerçek zamanlı takip edilen uçağa ait yükleme talimatı/raporu yer almaktadır. DCS ekranından görüleceği üzere uçağın yükleme bölümünde (Lowerdeck) 2 önde ve 2 arkada olmak üzere 4 kompartıman bulunmaktadır. Henüz yük dağılımı planlaması yapılmadığından CPT1, CPT2 ,CPT3 ve CPT4 karşısı boş görünmektedir. 1 ve 4 nolu kompartımanlarda ağlarla ayrılmış bölümler bulunmaktadır (section). Boeing 737-800 kompartıman kapakları içeriye doğru açıldığından yine ağlarla ayrılmış olan kapı ağzı alanına yükleme yapılmaz.

```
TK2307  13OCT ADB LOAD DISTRIBUTION                    FO
ADB ZFW    57604    49.0      15.8     58.9     72.7
1.    809/40   2.   2670/146  3.   3777/207  4.    667/39
CPT1
CPT2
CPT3
CPT4
UNLOCATED LOAD
 18. IST  BC   33/2       BULK
 19. IST  BY  554/31      BULK
 20. IST   C  600/30      BULK
```

Şekil 4.8 DCS Harekât Koordinasyon ekranı-2 (02:01)

DISPATCH LOAD:			
		PAYLOAD:	14341
EZFW:	58107	MZFW: (S)	62731
ETOW:	63076	MTOW: (S)	79000
ELDW:	60569	MLDW: (S)	66360
REMF:	2462	MIN DIV:	1978

Şekil 4.9 OFP – EZFW görüntüsü

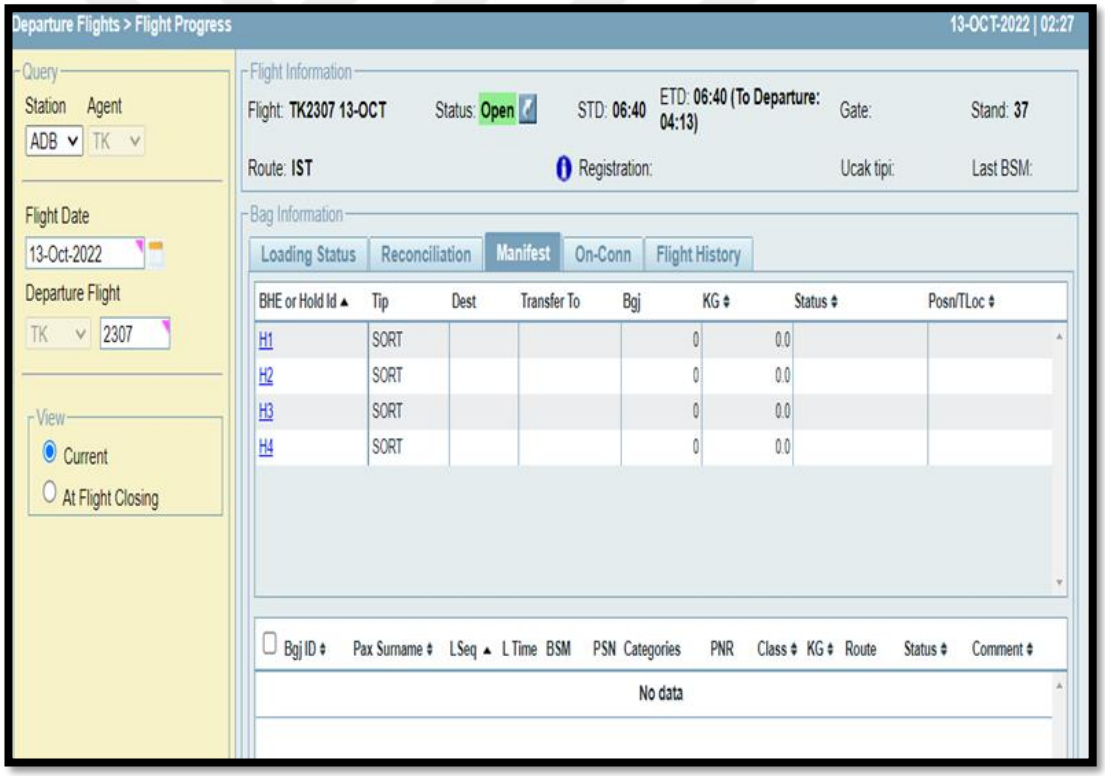
Henüz yük dağılımı yapılmamışken sistemin tahmin ettiği ZFW (Zero Fuel Weight) ağırlığı 57604kg dır. TK2307 seferi için oluşturulmuş 1 numaralı OFP de ise (Şekil 4.2) tahmini ZFW (EZFW – estimated ZFW) 58107kg olarak yazılmış ve blok yakıt miktarı da bu değer üzerinden hesaplanmıştır.

Ayrıca DCS ekranında kutu içerisinde gösterilmiş olan 49.0 index değeri olması gereken anlık ideal CG değerine karşılık gelmektedir. Anlık olarak gerçekleşmiş CG değeri ise 15.8 (Forward CG limit) ile 58.9 (After CG limit) arasındaki 58.9 index değeridir. Limitler kesinlikle aşılamaz.

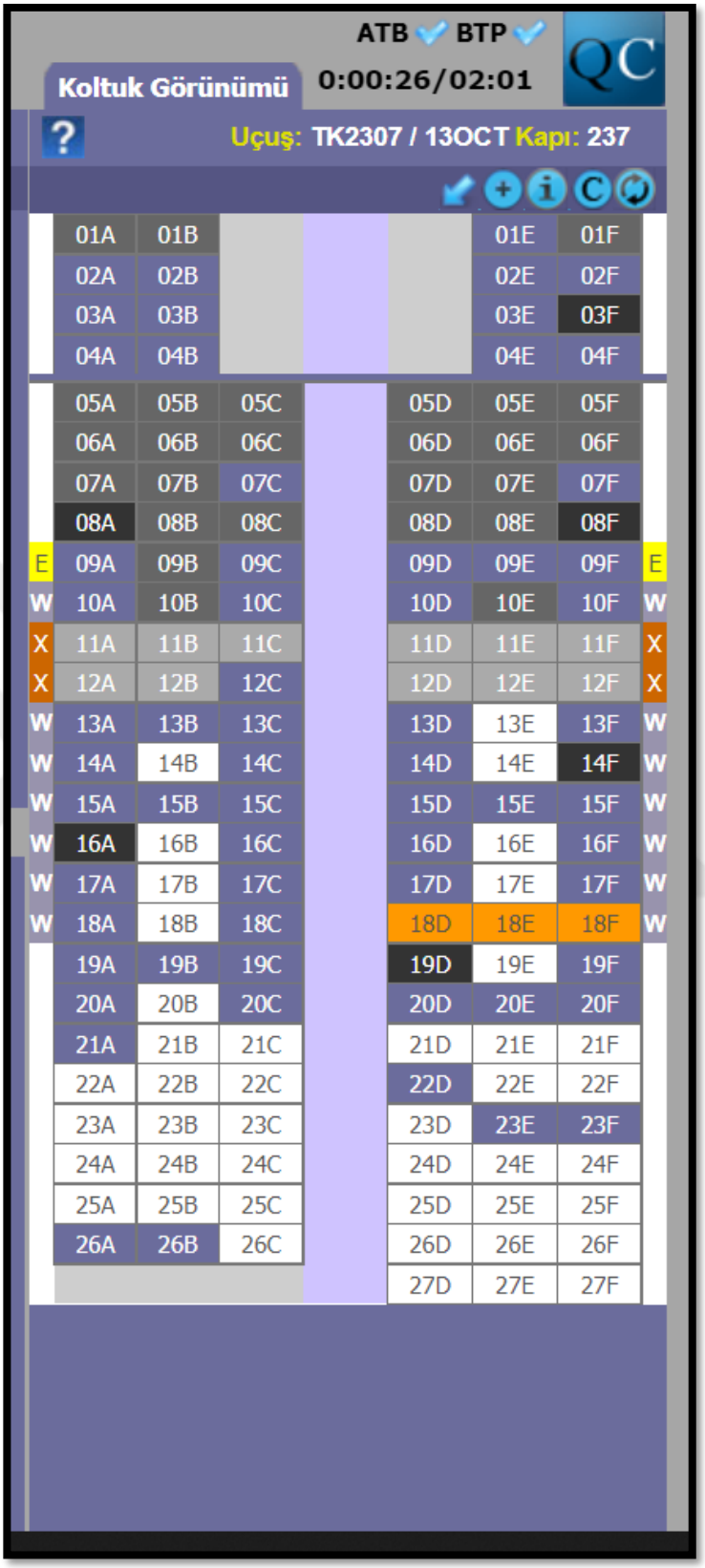
Harekat Merkezinde görev yapan personelin, yakıt tasarrufuna katkı yapması için uçuş işlemlerinin kapandığı saate kadar takip etmesi gereken 2 madde vardır.

1. 58,9 değerini mümkün olduğu kadar 49.0 değerine yaklaştırmak (İdeal CG)
2. 57604kg olan ZFW değerini OFP üzerinde yazılı EZFW değerine (58107kg) +/-300kg yakın tutmak.

Yük dağılımı yapıldıktan sonra uçuş saati yaklaştıkça (check-in işlemleri devam ettikçe ve kargo verileri arttıkça) değerler sürekli olarak değişecektir.



Şekil 4.10 Bagaj Takip Sistemi Ekranı (02:27)



Şekil 4.11 Kabin içi koltuk planı (02:01)

Kabin içi koltuk planı üzerinden anlık olarak kullanılmış olan koltukların takibi yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda renklendirmelerden bir kısmının anlamı gösterilmiştir.

14B	**Boş koltuk**	
14B	**Boş Koltuk (En son verilmesi gereken)**	
14B	**Check-in yapılmış koltuk**	
14B	**Seçili koltuk (Soft Bloke / Yolcu var) / RG Edit**	**Koltuk No**

Şekil 4.12 Koltuk renklerinin anlamı

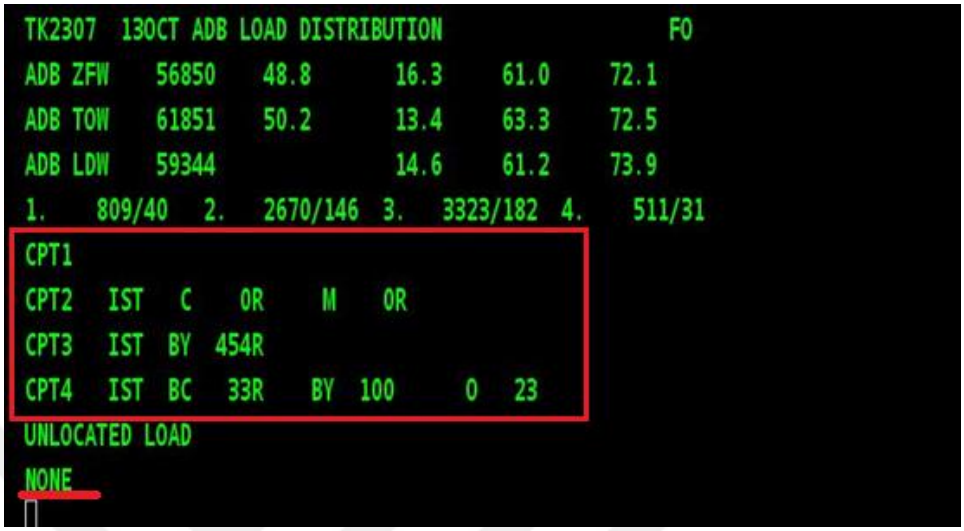
Burada 1. sırada ve 5 ila 10. sıralarda koyu gri işaretlenmiş görünen koltuklar IKM personeli tarafından bloke edilmiştir. Bununla ilgili check-in ana ekranına not düşülmüş ("ön blokeler denge içindir") ve check-in personeli uçağın arka bölümündeki koltuklara işlem yapmaya yönlendirilmiştir (beyaz renkli koltuklar). Check-in kapanış saati yaklaştıkça, bloke edilmiş koltuklar arkadan öne doğru kullanıma açılacaktır. Ağırlık merkezinin arkaya doğru kayması ve ideal CG değerine yakın index ile işlemlerin kapatılması için takibi yapılan önemli hususlardan bir tanesi yolcunun kabin içerisindeki dağılımının takip altında tutulmasıdır.

Bussiness ve ekonomi yolcu kabinlerinin tamamen dolması durumunda IKM personelinin kabin içi yolcu dağılımına etki etme şansı bulunmamaktadır. Ancak rezervasyonda tamamen dolu görünen bir seferde dahi çeşitli nedenlerle çok sayıda koltuğun boş kalması söz konusudur. Check-in veya boardinge müracaat etmeyen, uçağını kaçıran, uçmaktan vazgeçen veya gecikme nedeniyle alternatif uçuşlara alınan yolcular gibi pek çok neden uçağın doluluk oranını son ana kadar düşürebilmektedir. Bu nedenle her koşulda (tüm koltuklar satılmış olsa da) ağırlık merkezi gerekliliğine göre kabin içerisindeki yolcuların dağılımının takibine devam edilmesi önem arz etmektedir.

Kabin içi koltuk planında görüleceği üzere kabul edilebilir CG aralığı kanat hizası olan 10 ila 18. sıralar arasında daha dar bir alanda yer almaktadır. Burada yapılan iş, aslında basit moment prensibiyle denge merkezini istenilen değerde tutmaktır. Orta sıraların etkisi yok denecek kadar az iken, denge merkezine uzak olan ön ve arka

sıralarda yer alan koltuklara yolcu işlemi yapıldığında CG indeks değerinin değişimi açıkça görülmektedir.

Saat: 03:03



Şekil 4.13 DCS Harekât Koordinasyon ekranı (03:03)

Yüklerin kompartımanlara dağıtıldığı, kargo ve posta yükünün 2 numaralı kompartımana planlandığı görülmektedir. Bu yüklerle ilgili henüz kargo biriminden bilgi gelmemesi nedeniyle "C" (kargo) ve "M" (posta) karşısında "0" yazmaktadır. "0" yanındaki "R" harfi "REST" anlamına gelmektedir. Kargo ve Posta yükünün tamamının 2 numaralı kompartımana yükleneceği anlamına gelmektedir.

"BY" nin (ekonomi sınıfı bagajları) 100kg 4 nolu kompartımana yüklenirken kalanının 3 nolu kompartımana yüklenmesi planlanmıştır. "454" ün yanındaki "R" (REST) de anlık tahmini yük artsa dahi 4 numaraya ayrılmış olan 100kg harici tüm ekonomi bagajlarının 3 nolu kompartımana yükleneceğinin planlandığını göstermektedir. 100kg BY, 4 numara kapı ağzına yüklenmesi planlanan tahmini öncelikli ekonomi bagajlar olup, bussiness bagajlar (BC) da bu kompartımana planlanmıştır. 4 numarada ayrıca uçak üzerinde yüklü olan 23kg ağırlığındaki "Flight Tool Kit" "O" harfi karşısında gösterilmiştir. Uçağın sefer gerçekleştirdiği hatlardaki ihtiyaca göre takım çantası haricinde yedek lastik yüklemesi de yapılabilmektedir. O nedenle Harekat IKM personelinin yükleme başlamadan önce uçak üzerindeki bu gibi ekipmanların ve/veya demirbaşların kompartıman içerisinde yüklenip yüklenmediğinden emin olması ve yüklü olduğu pozisyonunu bilmesi gerekmektedir.

Bunun için uçak altındaki sefer koordinatörünün ve/veya yükleme posta başının kompartımanları kontrol ettiğinden ve kendisindeki bilgilerle gerçek durumun örtüştüğünden emin olmalıdır.

Aşağıdaki ekran görüntüsünden işlem yaptıran Bussiness ve ekonomi yolcu sayıları ile bu yolcuların kaçının bay, bayan, çocuk veya bebek olduğu görüntülenebilmektedir (M : Male , F : Female, C : Child, I : Infant). Ayrıca sol alt köşede yolcuların, yolcu kabininin hangi bölümlerinde (A,B,C section) oturduğu bilgisi yer almaktadır.

```
TK2307  13OCT ADB JOINING
PAX          CLASS F        CLASS C        CLASS Y
STN   M   F   C   I   M   F   C   I   M   F   C   I  WEIGHT
IST   0   0   0   0   6   6   0   0  29  21   0   0   4970

BAG          CLASS F        CLASS C        CLASS Y
STN   P     W    H    P     W    H    P     W    H
IST   0     0         0     0         0     0

TOT   0     0         0     0         0     0        4970

A12.B52.C21.
```

Şekil 4.14 DCS Harekât Koordinasyon ekranı-2 (03:03)

An itibariyle işlem yaptırmış yolcu sayısı 85 tir. (12+52+21). Anlık toplam yolcu ağırlığının 4970kg olduğu da bu ekrandan görülebilmektedir.

Tarifeli seferde yolcu ağırlıkları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

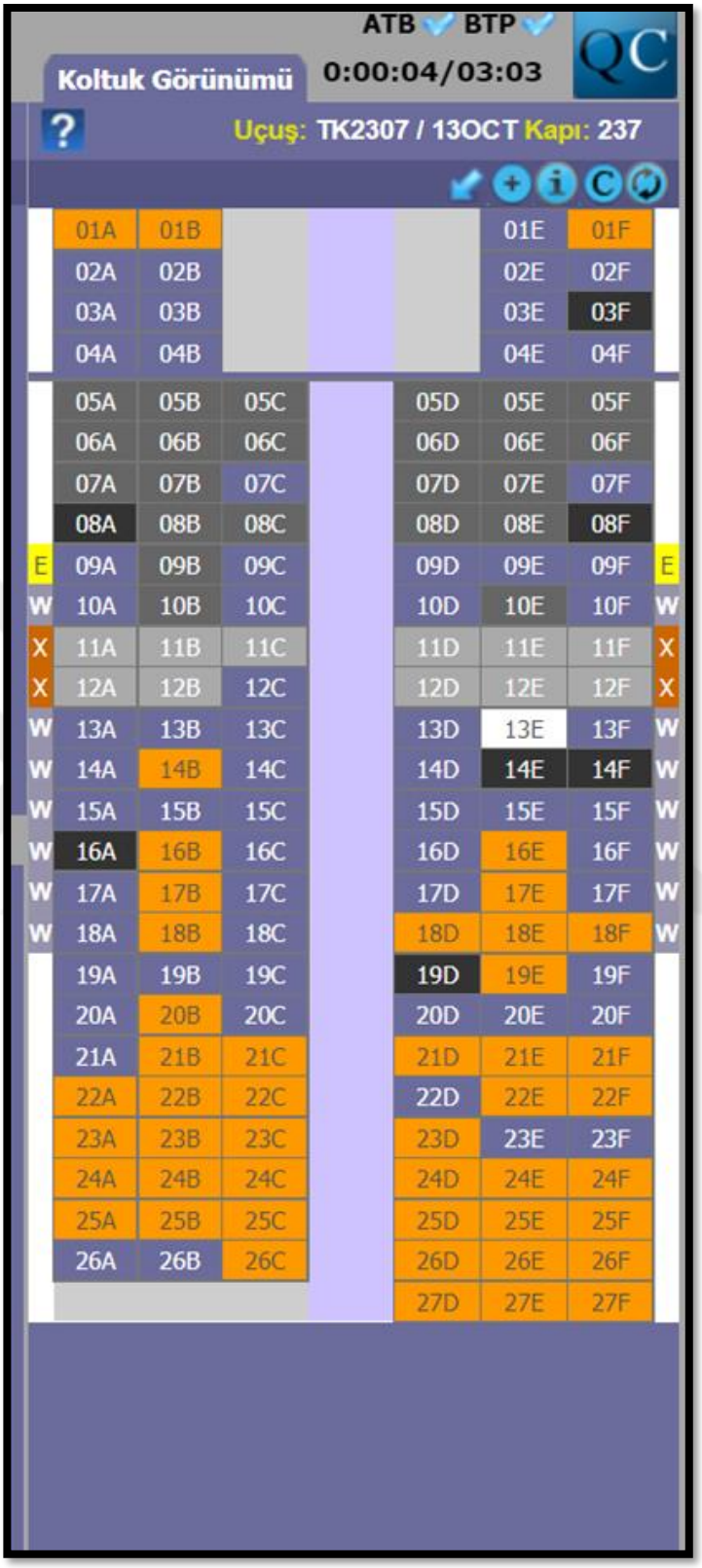
M (Male – bay)	: 88kg	F (Female – bayan)	: 70kg
C (Child- çocuk)	: 35kg (3-12 yaş)	I (Infant – bebek)	: 10kg (0-2 yaş)

Saat 03:03 e kadar check-in işlemi yaptırmış olan yolcu ağırlığı:

(bay yolcu sayısı x 88kg) + (bayan yolcu sayısı x70kg)

(35x88) + (27x70) = 4970kg (Bussiness ve ekonomi kabinde seyahat eden yolcu sayıları toplanmıştır)

Harekat IKM personeli farklı komutlarla anlık olarak diğer değişkenleri de kontrol ederek, gidişata göre diğer birimlerle bilgi alış verişini sürdürerek gerekli gördüğünde güncel veriler ışığında planlama değişikliği yapmalıdır.

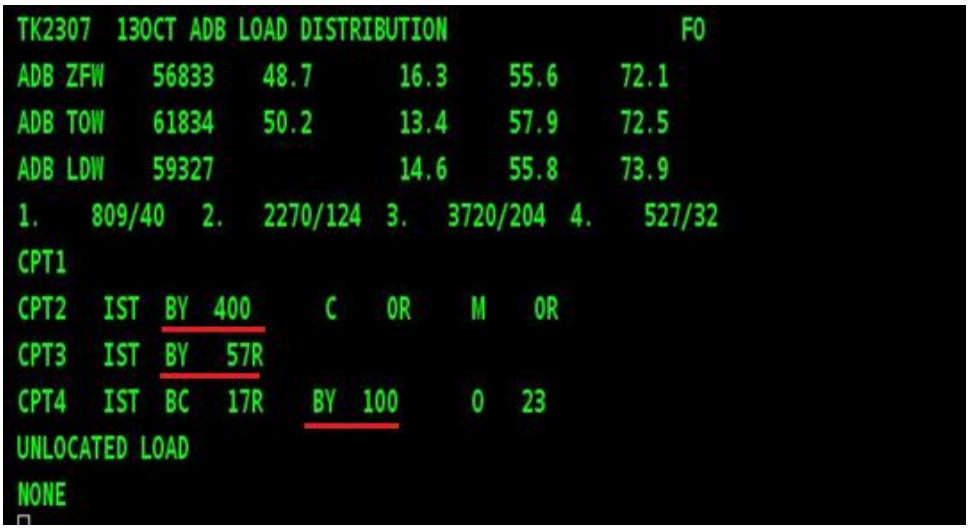


Şekil 4.15 Kabin içi koltuk planı (03:03)

Saat 03:03 te görüntülenen kabin içi koltuk planında bir önceki koltuk planında boş görünen koltukların (beyaz renk), turuncuya döndüğü görülmektedir. Yolcu hizmetleri personeli, yolcular henüz check-in e müracaat etmeden özelliklerine göre yolculara boş olan bu koltukları atamış olması nedeniyle bu şekilde bir değişiklik gözlemlenmektedir. Bunun, check-in kapanış saatine yakın gelecek olan çocuklu aileler için yan yana oturacakları koltuk kalmaması, sandalyeli yolculara uygun yer verilebilmesi, yolcu özel taleplerinin karşılanabilmesi için uygun koltuk kalması gibi pek çok nedeni bulunmaktadır. Ayrıca bu sefer özelinde, denge için kapatılmış koltukların son ana kadar korunabilmesi açısından da önem arz etmektedir.

Saat: 04:12

Seferin tarifeli kalkış saatine yaklaşık iki buçuk saat kala, kargo yetkili personeli ile kargo ve posta yükü olmayacağı hususunda mutabık kalındığından, IKM harekat personeli daha önce yapılan yük planlamasında değişiklik yapılması gerektiğini öngörmektedir. İlk planlamada kargo ve postanın 2 numaralı kompartımana yüklenmesi kararı alınmıştır. Ancak kargo ve posta yükü olmaması nedeniyle arka bölümdeki ağırlığın azaltılması amacıyla (denge için), bagaj yükünün büyük çoğunluğun 2 numaralı kompartımana kaydırılması uygun olacaktır.

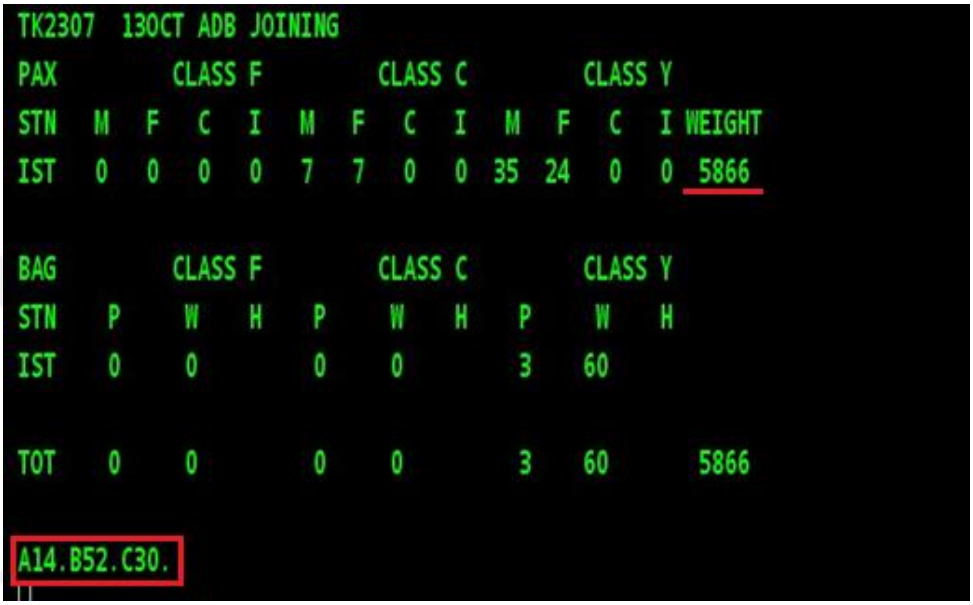


Şekil 4.16 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (04:12)

Yukarıdaki ekranda görüldüğü üzere özelliklerine göre (dahili, transfer, öncelikli, VIP) bagajlar farklı kompartımanlara dağıtılarak, adet ve ağırlık olarak fazla olan bagaj yükü 2 numaralı kompartımana alınmıştır.

Bagaj yükünün az olması, kargo ve posta olmaması, bakıldığında planlamayı yapan personel açısından dezavantajlı bir durumdur. Elde CG ye etki edecek ne kadar çok enstrüman olursa ideal CG ye yakın yük planlaması yapmak o denli kolaylaşmaktadır.

Aşağıdaki ekrandan görüleceği üzere geçen yaklaşık 1 saatlik süreçte ilave olarak 11 yolcunun işlem yaptırdığı ve buna bağlı olarak toplam yolcu ağırlığının 896kg arttığı görülmektedir.



TK2307 13OCT ADB JOINING

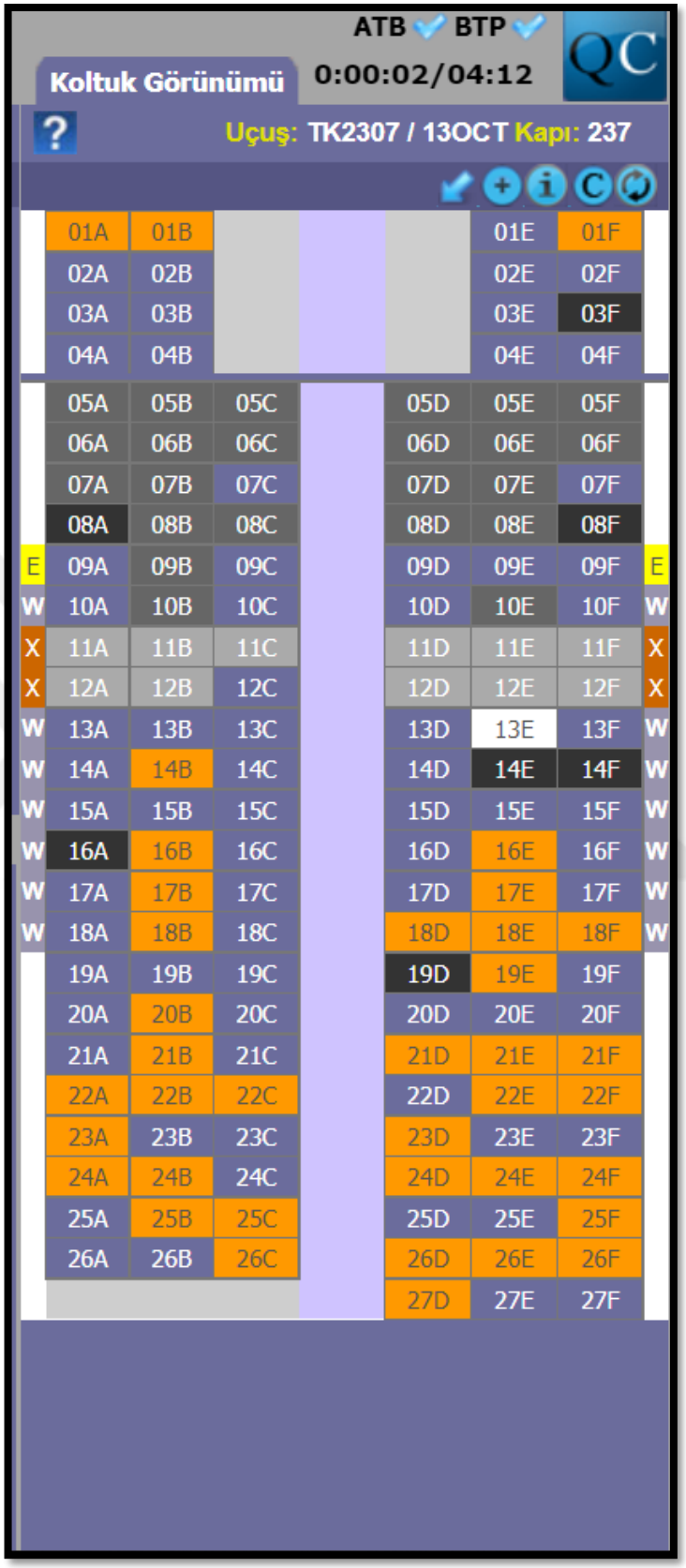
PAX	CLASS F				CLASS C				CLASS Y				
STN	M	F	C	I	M	F	C	I	M	F	C	I	WEIGHT
IST	0	0	0	0	7	7	0	0	35	24	0	0	5866

BAG	CLASS F			CLASS C			CLASS Y		
STN	P	W	H	P	W	H	P	W	H
IST	0	0		0	0		3	60	
TOT	0	0		0	0		3	60	5866

A14.B52.C30.

Şekil 4.17 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı-2 (04:12)

Kabin içi koltuk planına bakıldığında bu yolculara planlandığı şekilde kontrollü olarak uçağın arka bölümünden yer verildiği görülmektedir.



Şekil 4.18 Kabin içi koltuk planı (04:12)

Saat : 05:11

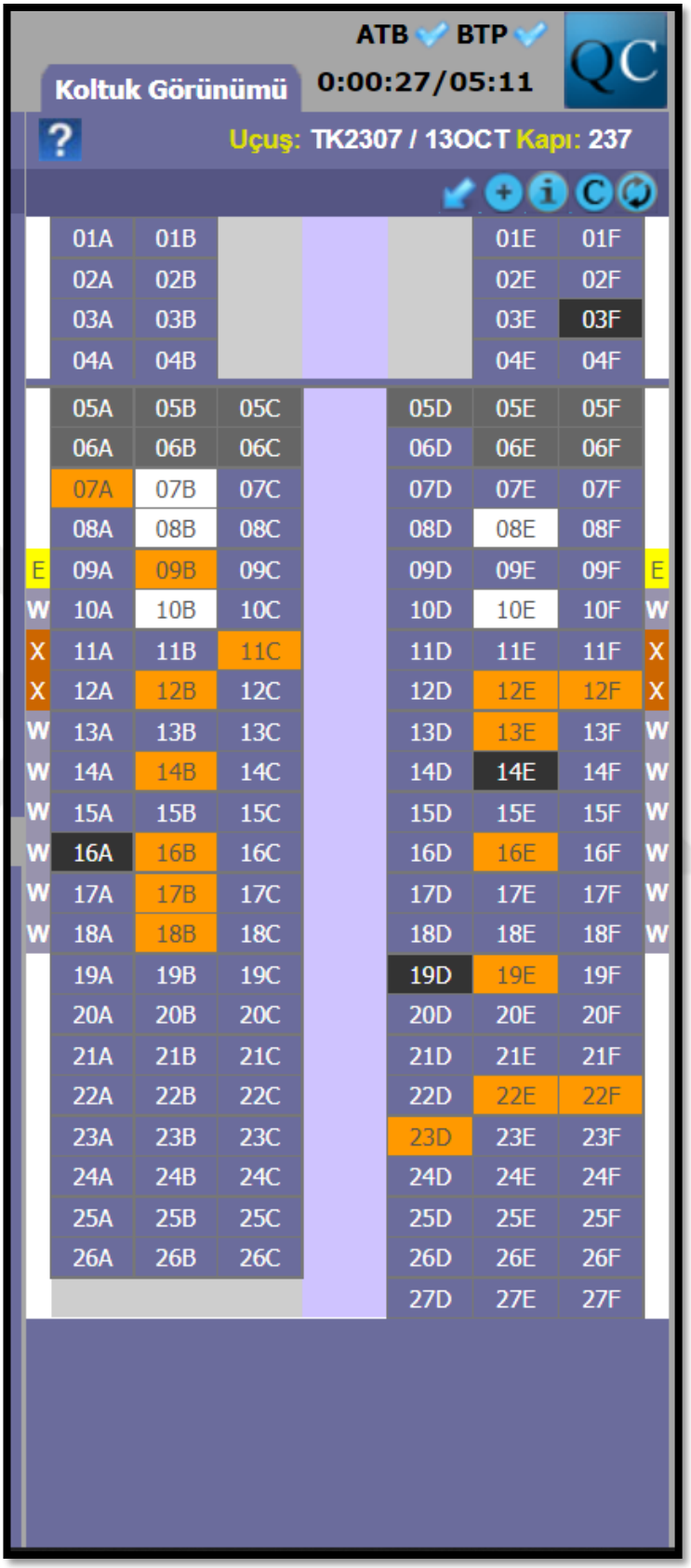
Yüklerin ilk olarak kompartımanlara dağıtıldığı saatte (03:03) 61.0 olan ZFW (Zero Fuel Weight) CG indeksinin, check edilen yolcu sayısının artması ve yük planlamasının güncellenmesine müteakip 53.2 değerine kadar düşürüldüğü görülmektedir. Bu esnada Bussiness bagajlar kendi içerisinde özelliğine göre (dahili-transfer) ayrıştırılarak, 1 ve 4 numaralı kompartımanlara planlanmış, 2 numaradaki ekonomi bagajları 600kg ile sınırlandırılarak, artanının (REST) 3 numaraya yüklenmesi kararı alınmıştır. Anlık olarak 3 numaralı kompartımanda 232kg olarak görünen ekonomi bagajlarının ağırlığına bu saatten sonra kabul edilen ekonomi bagajlarının ağırlıkları sistemde otomatik olarak yansıyacaktır ("R" ibaresi bunu anlatmaktadır).

```
TK2307  13OCT ADB LOAD DISTRIBUTION                    FO
ADB ZFW    57141    48.8       16.1     53.2     72.3
ADB TOW    62142    50.2       13.6     55.5     72.9
ADB LDW    59635               14.4     53.4     74.1
1.    741/36   2.   2070/113  3.   3545/195  4.    516/32
CPT1   IST  BC   68
CPT2   IST  BY  600      C    OR     M    OR
CPT3   IST  BY  232R
CPT4   IST  BC   28R    BY  100      0   23
UNLOCATED LOAD
NONE
```

Şekil 4.19 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (05:12)

Yapılan değişiklerle sahada görev yapan harekat koordinatörü ve posta başı da anlık olarak bilgilendirilmekte, yükleme talimatı üzerinde bilgiler güncellenmektedir (gerekli hallerde yükleme talimatı güncellenerek, yenisi basılır ve ilgili seferin yüklemesinden sorumlu posta başı ve harekat koordinatörüne iletilir)

Bu esnada ZFW değer artışı da eşzamanlı olarak izlenmektedir. Beklenmedik bir artış olması halinde aksiyon alınması, FOCC (Flight Operation Control Center – Uçuş Operasyon Kontrol Merkezi) ilgili birimleri ile görüşülerek uçuş planının güncellenmesi için talep yapılmalıdır.

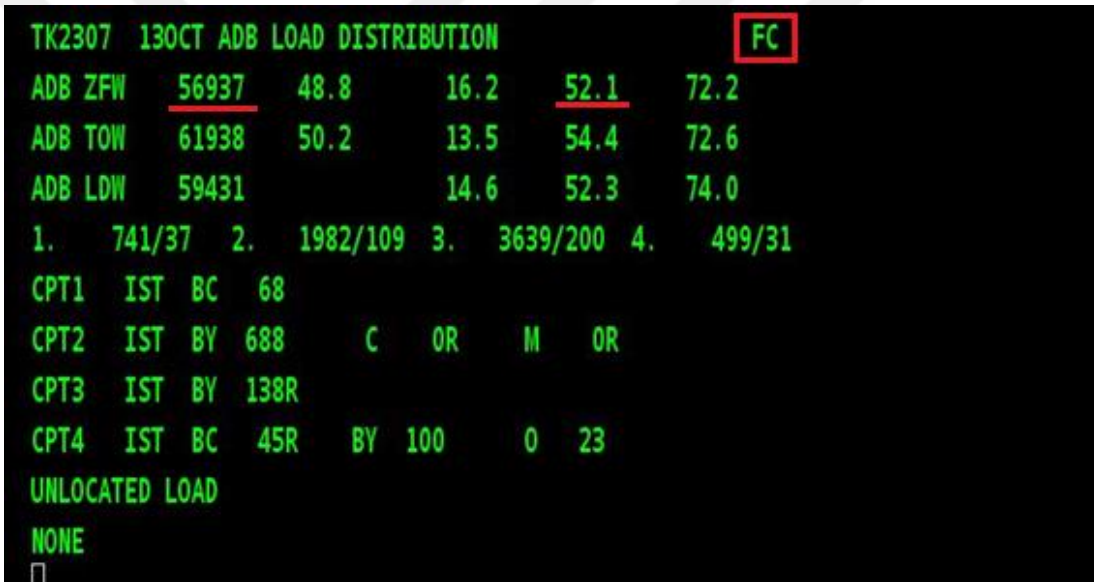


Şekil 4.20 Kabin içi koltuk planı (05:11)

Kabin içi koltuk planından görüleceği üzere kanat hizası arkasında bulunan koltukların tamamına yakını kullanılmıştır. Denge amaçlı ön bölümde blokeli olan koltukların bir kısmının bussiness yolcuların tamamına yakının gelmiş olması ve özel yolcu taleplerine istinaden kullanılmış olduğu görülmektedir. Ancak halen 5. Ve 6. Sırada blokeli bekleyen koltuklar olması işlemlerin kontrollü şekilde sürdürüldüğünü göstermektedir.

Saat: 06:10

Tarifeli kalkışı 06:40 olan TK2307 seferinin 06:10 da alınan Harekat ekranı görüntüsünde sağ üst köşede yer alan "FC" (Flight Closed) ibaresi uçuşun işleme kapatıldığını göstermektedir.



Şekil 4.21 DCS Harekat Koordinasyon Ekranı (05:12)

Indeks değerine bakıldığında ilk yük dağılımına göre -8.9 değişim göstererek, yapılan yük dağılımı değişiklikleri ile ideal CG değeri olan 48.8 yaklaştırıldığı görülmektedir.

-2 fazla satışı olan seferin 3 boş koltukla kapanmış olması, 3 yolcu ve bagajlarının ağırlıkları düşünüldüğünde beklenen ZFW değerine yaklaşık 300kg etki etmiştir. Ayrıca sistemin TK2307 seferi geçmiş verilerine dayanarak, belli parametreler çerçevesinde hesapladığı yaklaşık yük miktarında da bir miktar sapma olduğu görülmektedir. Sapmanın kaynağı kargo, posta yükü olmaması kaynaklı değildir. Çünkü bu bilgi OFP (On Flight Plan – uçuş planı) hazırlanırken ZFW

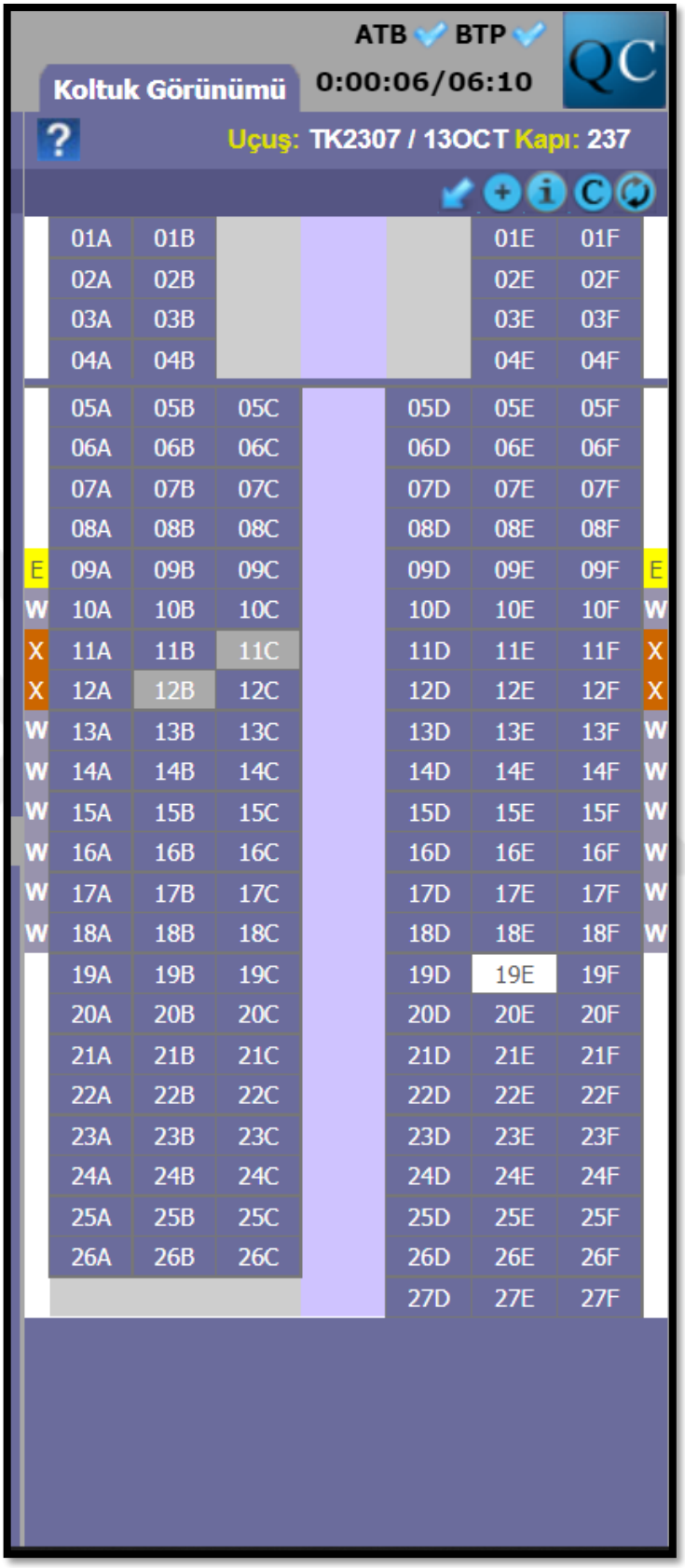
hesaplamalarında dikkatte alınmıştır. 148 yolcunun seyahat ettiği seferde 151 yolcu kapasiteli uçakta toplam bagaj ağırlığı 1039kg olarak gerçekleşmiştir. OFP de öngörülen 58107kg ZFW ile gerçekleşme değeri olan 56937kg arasında 1170kg lık fark ortaya çıktığı görülmektedir. Sistemin öngördüğü kayıtlı bagaj toplam ağırlığının gerçekleşenden fazla olması bu farkın oluşması neden olmuştur.

Öngörülen ZFW 57000kg olmuş olsaydı, uçağa alınacak blok yakıt miktarı yaklaşık 45kg düşürülebilirdi. Dar gövde uçaklarda planlanan ile gerçekleşen ZFW arasındaki farkın +/- 300kg ı geçmemesi beklenmektedir.

Burada IKM Harekat personeli gidişatı takip ederek ZFW nin 1000kg düşük hesaplanmasını ve yeni uçuş planı gönderilmesini talep edebilirdi. Ancak uçağa yakıt alımı yapıldığı esnada yolcu check-in işlemleri devam ettiğinden ZFW nin işlemler tamamlandığında 57000kg ın üzerinde çıkması halinde bir kez daha güncel plan talep edilmesi ve ilave yakıt alınması gerekecektir. Uçağa ilave yakıt alınması, yakıt alımına itfaiyenin eşlik etmesi (uçağa yolcu geçişi başladığından - prosedürler gereği), seferin gecikmeli icra edilmesi gibi pek çok olumsuz duruma neden olacağından ZFW nin planlanandan fazla çıkması, düşük çıkmasına göre tercih edilmelidir. Dolayısıyla bu sefer özelinde ortaya çıkan koşullara bakılarak personelin doğru yolu izlediği söylenebilir.

Kabin içi koltuk yerleşim planından görüleceği üzere, sadece 3 boş koltuk kalmıştır. Bu durum IKM personelinin ağırlık merkezine etki edecek bir dağılım yapmasına olanak tanımamıştır. Kargo ve posta yükünün olmaması ve yolcu sayısına göre az denilebilecek miktarda bagaj çıkması da bu açıdan bir dezavantaj oluşturmuştur.

Ancak her şeye rağmen takip edilen süreç içerisinde eldeki yükün dağılımında yapılan değişikliklerle ideal CG ye yakın indeks değerine yaklaşıldığı görülmektedir.



Şekil 4.22 Kabin içi koltuk planı (05:11)

Plan performans verilerinden, B737-800 tipindeki bir uçağına, (gerçekleştirdiği uçuşların ortalama menziline göre) ideal CG ye yakın indeks değerinde üretilen yük/denge formunun, trip yakıtının %0,82 si oranında yakıt tasarrufuna katkı sağladığı bilinmektedir. Trip yakıtı kalkış-varış noktası arasında tüketilen yakıt miktarıdır.

13.10.2022 tarihli TK2307 seferi için uçuş planında hesaplanmış olan uçuş süresi 00:57 dakika olup, trip yakıtı 2507kg dır. Dolayısıyla bu seferde ortalama 20,55kg yakıt tasarrufu yapılmasına katkı sağlanmıştır. (2507kg * %0,82 = 20,55kg)

Sefere hazırlanış süreci takip edilen TCJHZ kanat isimli uçak kayıtlara göre, 1.1.2022- 24.12.2022 tarihleri arasında (başlangıç ve bitiş tarihleri dahil – 1 takvim yılından 1 hafta eksik) 2567 saat ve 1684 bacak (cycle) uçuş gerçekleştirmiştir.

Haftada ortalama 32 sefer (1684/52) gerçekleştiren TCJHZ nin, bu hesaplamadan yola çıkarak 2022 yılı içerisinde toplam 1716 sefer icra ettiğini varsayılabilir.

Gerçek zamanlı takip edilen TK2307 İzmir/İstanbul seferi için hesaplanmış olan uçuş süresi (00:57 dakika) ve trip yakıtından (2507kg) yola çıkarak aşağıdaki ortalama verileri ölçek kabul ettiğimizde;

Uçak tipi	sefer sayısı (cycle)	Uçuş süresi	Trip yakıtı	Yakıt tasarruf oranı	Gerçekleşen yakıt tasarrufu
B737-800	1	1 saat	2500kg	%0.82	20kg

Tablo 4.1 B737-800 Yakıt tasarruf verileri

B737-800 tipinde bir uçağın doğru yük dağılımı ve ideal CG ye yakın İndeks değeri ile icrası halinde yılda 34.32 ton yakıt tasarrufu sağlanması mümkün görünmektedir. (1716 x 20kg)

Bugün THY filosunda, TCJHZ ile aynı özelliklere sahip 40 adet B737-800 bulunmaktadır. Yani THY filosundaki B737-800 uçakları ile yapılabilecek yıllık toplam yakıt tasarrufu 1372,8 tondur.

Türkiye pazarında ilan edilen güncel JET A-1 uçak yakıtı fiyatı 1068.1 USD dir. (27.12.2022). Ancak uçakların sefer yaptığı farklı ülkelerden de yakıt aldığını ve havayolları ile yakıt sağlayıcıları arasında yapılan özel ücret sözleşmelerini göz

önünde bulundurarak bu rakam ortalama 1000USD olarak kabul edildiğinde, THY'nin sadece filosundaki 40 adet B737-800 uçakları ile uygulamada anlatılan yol ile sağlayacağı yakıt tasarrufundan elde edilecek kazanç 1 milyon 372 bin 800 USD dir.

Yine THY filosunda bulunan 40 adet çoğu yeni nesil B737 (B737-800MAX, B737-900MAX, B737-900ER) ile yukarıda hesaplanan tutara yakın bir tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir.

4.4 Yakıt Tasarrufuna Katkı Sağlayan Uygulama Örnekleri

Bir uçak park halindeyken, uçağın elektrik sistemlerine gerekli gücü sağlayan Auxiliary Power Unit (APU) adı verilen ve uçağın kuyruk bölümünde yer alan güç kaynağı, güç üretebilmek uçak yakıtını kullanmaktadır. Motor ilk çalıştırılmaya başlandığı esnada da gücünü APU dan almaktadır. OFP yakıt hesaplamalarında kullanılmaktadır ancak "blok yakıt sistem dinamiği modeli" ne dahil edilmemiştir.

Park yerinde 00:45 dakika APU kullanan bir B737-800 yaklaşık 79kg Jet A-1 yakıtı tüketmektedir. Bu nedenle APU kullanımının azaltılmasının, hava yollarının yakıt tasarrufu sağlamadaki önemli kalemlerinden biri olduğu söylenebilir.

Burada kokpit ekibi ve yer hizmetleri personelinin koordineli şekilde vakit kaybetmeden uçağa Havalimanı İşletmecisi veya Yer Hizmetleri Kuruluşlarından temin edilen GPU bağlatması gerekmektedir. Havalimanlarında uçaklar yerdeyken genelde ihtiyaç duyulan enerjiyi körüklerden uçağa bağlanan 400HZ kabloları ile temin etmektedirler. Daha çevreci bir uygulama olmasına karşın farklı ülkelerdeki 400HZ maliyetleri uçağın yerde kalış süresine bağlı olarak APU kullanımı maliyetinden yüksek olabilir. Yer Hizmetleri personeli bu hususu da dikkate alarak ne şekilde hizmet verilmesinin uygun olduğuna karar vermelidir.

Türk Hava Yollarının yanı sıra Adnan Menderes Havalimanında faaliyet gösteren diğer Havayolu şirketlerinin de bu konulara azami dikkat gösterdikleri ve yıllar içerisinde farklı uygulamalar ve geliştirmelerle APU kullanımını ve kullanım sürelerini takip ederek park sahasında bekleyen uçağın yakıt tüketimini azaltmada önemli yol kat ettikleri gözlemlenmiştir.

- THY yakın zamanda yaptığı geliştirme sayesinde sistemden alınan uyarı ile 400HZ kullanımının başlama bitiş saatlerinin takibini kolaylaştırmıştır.

- Uçak park yerine geldiğinde motor susturmadan 400HZ bağlanması, APU nun hiç devreye alınmaması Sunexpress tarafından uygulanmaktadır. Bu uygulama APU nun bakım periyodunu uzattığından farklı alanda da tasarruf yapılmasına katkı sağlamaktadır.

Yakıtla bağlantısı olmayan bir başka tasarruf konusu Havayolu teknik personeli ve yer hizmetleri personeline verilen eğitimle 400HZ hizmetinin, havalimanı işletme şirketi personelinin uçağa gelmesi beklenmeden uçağın harici enerji kullanımı bittiği anda sonlandırılmasıdır. Havalimanı İşletmecisi tarafından beher dakika için ücret alındığından her uçakta bu şekilde tasarruf edilecek birkaç dakika bile önem arz etmektedir.

Ayrıca araştırma esnasında incelenen veriler, her 1000 kg ağırlık azaltmada yaklaşık 40 kg'a kadar yakıt tasarrufu yapılabileceğini göstermiştir. Havayolları, özelikle de LCC ler bu nedenle yakıt tasarrufu sağlayabilmek adına nasıl ağırlık azaltabilecekleri konusunda çalışmaktadırlar (kullanılmayan ekipmanların uçaklardan sökülmesi, kompozit malzemeden üretilen konteyner ve hatta uçakların tercih edilmesi, uçağa gerektiği kadar temiz su yüklenmesi, basılı dergi dağıtımının sonlandırılması, kokpit manuellerinin elektronik ortama taşınması vb.)

Diğer önemli bir konuda da hayalet ağırlıklar diye adlandırılan ağırlıkların personel tarafından tespit edilmesidir. Örneğin 40 kişilik bir öğrenci grubu (sınıf: 8 / yaş: 13-14) grup indirimli biletleri ile seyahat etmektedirler. Check-in sistemi 12 yaşından büyük her öğrenciyi yetişkin olarak kabul etmektedir. (Tarifeli seferlerde erkek : 88kg, kadın: 70kg, çocuk: 35kg ve bebek 10kg olarak hesaplanmaktadır). Burada bir yer hizmetleri check-in personelinin farkındalığı yakıt tasarrufu konusunda bize yardımcı olabilir. Yukarıda bilgiler ışığında yer hizmetlerinde yük dağılımı ve denge hesaplamalarından sorumlu personel, öğrencilerin ortalama ağırlığını daha gerçekçi bir değerle değiştirme kararı alarak yakıt tasarrufuna katkı sağlayabilir. Her bir öğrencinin ortalama ağırlığını 64kg olarak tayin ederek uçakta toplamda 800kg (20x40) daha az ağırlık olacağını ve böylece uçuş planında yazılı blok yakıtın düşürülerek uçağın yaklaşık 40kg daha az yakıt alması için uçuş planının güncellenmesini talep edebilir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Filosunda bulunan Boeing ailesine ait 80 adet dar gövde uçak ile gerçekleştirdiği operasyonlarda sadece güvenli sahada (safe area) değil, ideal CG aralığında (ideal CG range) hedefleyerek, bunu yapabilecek eğitim ve tecrübeye sahip personelin teşvik edilmesi ile en az 2.5 milyon USD üzerinde tasarruf edilmesi olası görünmektedir.

Okyanus aşırı (ER – Extendet Range) uçan geniş gövde bir B777-300 ER uçağında trip yakıtından benzer şekilde yapılacak tasarruf oranının %1 in üzerinde olduğu bilinmektedir. 350 yolcu kapasiteli bu uçağın İzmir/İstanbul parkurunda yaktığı yakıt miktarı yaklaşık 8000kg' dır. Yani ideal CG aralığında yük/denge formu hazırlanması ile 80kg üzerinde tasarruf sağlanabilir.

Ancak özellikle farklı irtifalarda uzun uçuş yapan geniş gövde uçaklarla ilgili yukarıda kabaca yapılmış 1 saatlik uçuşla sınırlı hesaplama yanıltıcı olacaktır (B777-300 ER). Çok farklı yükleme koşullarına, geniş kompartımanlara sahip bu uçaklarda yükler farklı tipteki konteyner ve paletlerle kompartıman içerisindeki belirli alanlara yüklenebilmektedir. Yük planlaması dar gövde uçaklara göre çok daha komplike uçaklardır.

Eldeki kısıtlı veriler nedeniyle THY filosundaki farklı tipteki uçaklar için (Airbus A319,A320,A321,A330,A350 / Boeing B777,B787) benzer yakıt tassarufu hesaplamaları yapılamamıştır.

THY filosundaki uçak sayısının 400 e yaklaştığı düşünülürse sadece bu uygulamada yer alan yakıt tasaruffu kaleminin dahi milyonlarca USD tasarrufa katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ancak her koşulda ideal CG değerine yakın indeksle bir ağırlık ve denge formu üretmek kolay değildir. İncelenen seferde (gece uçuşu olması nedeniyle) yer almayan farklı ebatlarda ve özelliklerdeki kargo yükleri zaman zaman efektif yük dağılımı yapılmasını oldukça zorlaştırabilir. Tepkimeye girme ihtimalleri olan, birbirine olumsuz etkileri olan özellikli yükler ve tehlikeli maddelerin ayrı bölümlere yüklenmesi gereği, alan kaybettiren hacimli yükler, cenazeler, bağlanarak sabitlenmesi gereken ağır kargolar, sadece belirli kompartımana yüklenebilen bozulabilir kargolar,

etrafının boş bırakılması gereken canlı hayvanlar, önceliği olan VIC kargolar dengeli bir planlama yapılmasını güç hale getirebilmektedir. Ayrıca operasyon esnasında teknik nedenlerle ön veya arka bölüme yükleme yapılamaması, yolcu sayısının az olması veya uçağın tamamen dolu olması, olumsuz hava koşulları nedeniyle fazladan yakıt alınması gibi onlarca darboğazla karşılaşılmaktadır.

Bazı koşullar altında ideal CG değerinin yakalanmasının imkansız olduğu durumlar olsa da (özellikle belirli uçak tiplerinde), çoğunlukla karşılaşılan darboğazlara önlem alınması ve çözüm bulunması sağlanabilmektedir.

Buradaki en kritik nokta, eğitimli, IKM de görev yapmadan önce sahada bilfiil görev yaparak tecrübe kazanmış yetkin yer hizmetleri personelinden hizmet alınmasıdır.

Diğer örneklerden de görüleceği üzere havayollarının yer hizmetleri personelinin katkısı ile tasarruf sağlaması veya karlılığını arttırması mümkündür.

Bu çalışma ile asıl amaçlanan havacılık sektöründe arka planda çalışan personelin farkındalığının artmasını sağlayacak bir bakış açısı sunarak, mesai saatleri içerisinde yapacağı küçük katkılarla büyük kazanımlar sağlayabileceğini göstermektir.

Çalışmadan elde edilecek veriler ışığında yapılacak hesaplamalar genişletilerek farklı uçuş rotaları, uçuş süreleri, havayolu bünyesindeki farklı uçak tipleri gibi değişkenler de dahil edilip günlük, aylık, yıllık uçuş sayıları bazında etkinin ne kadar büyük olduğu görülebilir.

Yeni bir teknolojik değişim ve yenilik dalgası ortaya çıktıkça, havacılık endüstrisinde önümüzdeki 30 yılın daha çalkantılı olması muhtemel görünmektedir. Bazıları, Uber gelmeden önce taksi endüstrisini, internetten indirmeden önce müzik endüstrisini ve bilgisayar tasarım yazılımından önce matbaa endüstrisini emsal olarak göstererek bu dalganın havayolu endüstrisinde benzer değişimi yaşatacağını düşünmektedir.

Yeni zorluklar her zaman ufuktadır. Beklenmedik gelişmeler veya kurallardaki değişikliklerle, bir noktada zora girmeyen bir sektör bulmak zor. Değişim ani ve bunaltıcı ya da kademeli ve fark edilmeden olabilir; her iki durumda da sonuç

yönetilmesi zor ve buna aktif olarak hazırlanmayan kuruluşlar için bazen ölümcül olabilir (IATA Havayolu Endüstrisinin Geleceği, 2018).

Gelecekte havacılık sektöründeki maliyetlerin ve dar boğazların git gide artması beklendiğinden, büyük faydalar sağlayabilecek küçük dokunuşlara daha fazla ihtiyaç duyulacaktır.

KAYNAKLAR

AirJournal. (2017). *LE 8 JUILLET 1908 DANS LE CIEL : DELAGRANGE PREND THÉRÈSE PELTIER DANS SON AÉROPLANE,.* air-jounal.fr: https://www.air-journal.fr/2017-07-08-le-8-juillet-1908-dans-le-ciel-delagrange-prend-therese-peltier-dans-son-aeroplane-5184382.html adresinden alındı

ATAG. (2014). *Aviation Benefits.*

Beresnevicius, R. (2019). *The First Licensed Woman Pilot – Raymonde de Laroche.* aerotime.aero: https://www.aerotime.aero/articles/23357-raymonde-de-laroche-first-licensed-pilot adresinden alındı

Burkett, M. &. (2001). *Gökyüzünün Öncüleri.* Alkım.

Bush, E. (2011). *The Fabulous Flying Machines of Alberto Santos-Dumont. , 65(2), 81-82.* Bulletin of the Center for Children's Books.

Colin C. Law, M. R. (2014). *Introduction to Airline Ground Service.* Cengage Learning Asia Pte, Ltd.

Dempsey, G. C. (1997). *Airline Transportation Process.*

Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics.* Massachusetts: The MIT Press.

Gerede, E. (2015). *SHGM Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması.* Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.

Howard, F. (2013). *Wilbur and Orville: a biography of the Wright brothers.* Courier Corporation.

IATA, I. A. (2022, 3 22). *Developing Sustainable Aviation Fuel (SAF).* International Air Transport Association: https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/ adresinden alındı

IATA, I. A. (2022, 3 18). *Fuel Efficiency*. International Air Transport Association: https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/fuel/fuel-efficiency/ adresinden alındı

iDealHaberMerkezi. (2022). *tr.investing.com/news/markets*. tr.investing.com: https://tr.investing.com/news/markets/thy-global-saf-deklarasyonunu-imzalad-2361997 adresinden alındı

Jet-A1-Fuel-Price. (2022, 12 27). *Jet A-1 Price Turkey*. jet-a1-fuel.com: https://jet-a1-fuel.com/price/turkey adresinden alındı

Kansu, Y. (1971). Havacılık Tarihinde Türkler En Eski Çağlardan 1. Dünya Savaşına Kadar. *Hava Kuvvetleri Basım*.

Maksel, R. (2021). *After Thomas Selfridge.* smithsonianmag.com: https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/after-lt-thomas-selfridge-180975437/ adresinden alındı

Market, G. A. (2022, 3 8). *Global Air Transportation Market*. The Business Research Company: Air Transportation Global Market Report 2020 adresinden alındı

Martin, L. (1997). *The First Step.* clexchange.

McKinsey&Company. (2022, 3 19). *Fuel efficiency: Why airlines need to switch to more ambitious measures*. McKinsey&Company: https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/fuel-efficiency-why-airlines-need-to-switch-to-more-ambitious-measures adresinden alındı

McKinsey&Company. (2022, 3 12). *Fuel price hikes put the airline industry under strain*. McKinsey&Company: https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/why-rising-fuel-prices-might-not-be-as-bad-for-the-airline-sector-as-it-seems adresinden alındı

MGM, M. G. (2009). *Hezârfen Ahmed Çelebi Kimdir ?* hezarfen.mgm: https://hezarfen.mgm.gov.tr/Genel/HezfAhmet.aspx adresinden alındı

NASA. (2022). *Wright 1903 Flyer.* NASA Glenn Research Center: https://wright.grc.nasa.gov/airplane/air1903.html adresinden alındı

NewYorkTimes. (1908). *WOMAN FLIES WITH WRIGHT.; Mrs. Hart O. Berg First of Her Sex to Ride in an Aeroplane*. nytimes.com:

https://www.nytimes.com/1908/10/08/archives/woman-flies-with-wright-mrs-hart-o-berg-first-of-her-sex-to-ride-in.html adresinden alındı

Özdemir. (2016).

SHGM, S. H. (2015). *Sivil Havacılık Harekat Kitabı.* Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları.

stephenson, C. (2012). *Zeppelins: German Airships 1900–40.* Bloomsbury Publishing.

Tayyareci. (2022). *Lagari Hasan Çelebi*. tayyareci.com: http://www.tayyareci.com/lagari.htm adresinden alındı

Teixeira, M. (2017). *Center of Gravity Position Optimization for Fuel Savings.* Covilha: DCA-UBI.

The Museum of Flight. (2022). *The Montgolfier Brothers' Balloon*. https://www.museumofflight.org/Exhibits/montgolfier-brothers-balloon adresinden alındı

TheBussinessResearchCompany. (2022, 3 12). *Air Transportation Global Market Report 2020*. The Bussiness Research Company: https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/air-transportation-global-market-report adresinden alındı

Tutar. (2013).

Withey, P. (2001). *Fatigue failure of the de havilland comet i. In Failure Analysis Case Studies II.* Pergamon.

Yalçın, O. (2016). Havacılı, Hava Gücünün Doğuşu ve Birinci Dünya Savaşı Etkisi. *Atatürk Yolu Dergisi, 15*, 59.