

**SARAYBOSNA UÇUŞ BİLGİ
BÖLGESİ HAVA TRAFİK AKIŞ ANALİZİ**

Lejla NİKSİC

Yüksek Lisans Tezi

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Haziran 2015

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Lejla Niksic'in "Saraybosna Uçuş Bilgi Bölgesi Hava Trafik Akış Analizi" başlıklı **Hava Trafik Kontrol** Anabilim Dalındaki Yüksek Lisans Tezi 29.06.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Aydan CAVCAR	
Üye	: Doç. Dr. Öznur USANMAZ	
Üye	: Yard. Doç. Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı
kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**SARAYBOSNA UÇUŞ BİLGİ BÖLGESİ HAVA TRAFİK AKIŞ
ANALİZİ**

Lejla NİKSİC

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Aydan CAVCAR
2015, 42 sayfa

Bu tez çalışmasının amacı Bosna Hersek hava sahası kapasitesinin araştırılmasıdır. Bosna Hersek hava sahası tanımlanmış ve 2013 yılı içerisindeki Saraybosna FIR'ına ait uçuşların analizi yapılmıştır. Bu analizler hava trafiğinin uçak kategorilerine göre, Saraybosna FIR'ına giriş ve çıkış noktalarına göre dağılımını kapsamaktadır. Analiz sonucunda aylara, günlere ve saate göre trafiğin dağılımına ilave olarak pik gün ve pik saat bulunmuştur. Bosna Hersek hava sahası için SIMMOD programında model oluşturulmuştur ve trafik analizleri sonucu bulunan pik saat için model üzerinde farklı senaryolar kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu hava sahasındaki toplam dört senaryoda 26, 60, 80 ve 100 uçuş hızlı zamanlı simülasyon ortamında SIMMOD programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucu ile gecikme nedenleri belirlenmiş ve hava sahasındaki hava yollarının kapasitesi bulunmuştur. Bu çalışma ile araştırılan FIR'da verilen saha ve yaklaşma kontrol hizmetlerinin Bosna Hersek tarafından verilebileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava Sahası, Hızlı Zamanlı Simülasyon, Hava Sahası Gecikmeleri, Hava Sahası Kapasitesi.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

Air Traffic Flow Analysis of Sarajevo Flight Information Region

Lejla NIKSIC

**Anadolu University
Graduate School of Science
Air Traffic Control Program**

**Supervisor: Prof.Dr. Aydan CAVCAR
2015, 42 pages**

The aim of the study process is to find capacity of air space that belongs to Bosnia and Herzegovina. Air space of Bosnia and Herzegovina is described in this research, hence flight data for year 2013 are analyzed. In analysis that are done are also the analysis of flights according to aircraft categories and entry and exit points of Sarajevo FIR. Analysing flight data together with distribution of air traffic according to months, days and hours, also peak day and peak hour has been found. Model of airspace of Bosnia and Herzegovina has been made in SIMMOD program with couple of different scenarios in which numbers of flights have been changed, as experimental values. Four different scenarios have been evaluated, for this particular airspace with these numbers of flights: 26, 60, 80 and 100. With these analysis and experiments delay time has been set and conclusion has been made describing why these delays occur, as well as capacity of this air space. Bosnia and Herzegovina is capable to offer air traffic services for this particular air space above, is presented as a conclusion of this research.

Keywords: Airspace, Fast Time Simulation, Air Delay, Airspace Capacity.

TEŐEKKÜR

Tez alıőmamın her aőamasında katkıları, gürőő, önerileri ve değerlendirmeleri ile bana yön veren, destekleyen değerli tez danıőmanım Sayın Prof.Dr. Aydan CAVCAR'a en içten teőekkürlerimi sunarım. Danıőmanım severek her yazdığımı desteklemeseydi ve bana yardım etmeseydi, tez çalıőmam çok zor olurdu. Onun yardımı olmadan tezimin bitmesi imkansızdı. Bütün yardımları, desteği ve sabırı için Sayın Aydan Hocama teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalıőmam için gereken bilgileri verdiği için BHANSA safety expert, Sayın Vlado JURIC'e ve BHANSA süpervizörü, Edhem FULURIJA'a teőekkür ediyorum.

Lejla NIKSIC
Haziran, 2015

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amaçları.....	1
1.2. Araştırmanın Önemi.....	1
1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	2
2. HAVA SAHALARI	3
2.1. Bosna Hersek Hava Sahası.....	4
2.2. Hava Sahası Sınıfları.....	6
2.2.1. Kontrolsüz hava sahası- G sınıfı hava sahası.....	7
2.2.2. Kontrol bölgeleri – D sınıfı hava sahası.....	7
2.2.3. Terminal kontrol sahaları – E sınıfı.....	7
2.2.4. C sınıfı hava sahaları.....	7
2.3. Bosna Hersek’te Sunulan Hava Trafik Hizmetleri.....	8
3. SARAYBOSNA UÇUŞ BİLGİ BÖLGESİNE AİT	
TRAFİK ANALİZLERİ	10
3.1. 2013 Yılı Trafik Dağılımları.....	10
3.2. Uçak Tiplerine Göre Trafiğinin Dağılımı.....	12
3.3. Saraybosna FIR’ı Giriş ve Çıkış Noktalarına Göre Trafiğinin Analizi.....	14
3.3.1. Giriş ve çıkış noktalarına göre kalkışların analizi.....	17

3.3.2. Giriş ve çıkış noktalarına göre inişlerin analizi.....	19
3.3.3. Giriş ve çıkış noktalarına göre transit uçuşların analizi.....	20
3.3.4. Saraybosna FIR'ine giriş ve çıkış noktalarına göre pik gün ve pik saatteki hava trafiğinin analizi.....	21
4. SİMÜLASYONLAR	24
4.1. SIMMOD.....	24
4.2. Simülasyon Modelinin Hazırlanması.....	25
4.3. Pik Saat için Senaryo.....	31
4.3.1. Pik saate göre model sonuçları.....	32
4.4. Altmış Uçuş ile Bir Saatlik Senaryo.....	33
4.4.1. Altmış uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları.....	33
4.5. Seksen Uçuş ile Bir Saatlik Senaryo.....	35
4.5.1. Seksen uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları.....	35
4.6. Yüz Uçuş ile Bir Saatlik Senaryo.....	37
4.6.1. Yüz uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları.....	37
4.7. Simülasyon Sonuçları.....	39
4.8. Sunulan Hava Trafik Hizmetleri.....	39
5. SONUÇ	41
KAYNAKLAR.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. ICAO'a göre hava sahası sınıflandırması [5].....	4
2.2. Bosna Hersek hava sahasındaki hava yolu yapısı [8]	5
2.3. Saraybosna FIR'ı [9].....	6
2.4. ICAO Saraybosna FIR'ı Hava sahası sınıflandırılması [9]	6
2.5. Bosna Hersek Hava Sahası sınırları ve hava trafik hizmet sağlayıcıları.....	8
3.1. Toplam trafiğin aylara göre dağılımları	11
3.2. Günlere göre trafik dağılımları.....	11
3.3. 22 haziran günü için trafiğin saatlik dağılımı	12
3.4. Uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı	13
3.5. Pik gün için uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı	13
3.6. Pik saat için uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı	14
3.7. Saraybosna FIR'ı alt hava sahası rotaları.....	16
3.8. İniş, kalkış ve transit uçuşlarına göre trafiğin dağılımı.....	16
3.9. Pik gün (solda) ve pik saat (sağda) iniş, kalkış ve transit uçuşlara göre trafiğin dağılımı	22
3.10. Pik günde dört havalimanındaki kalkış ve iniş trafiğinin analizi.....	22
4.1. SIMMOD programında oluşturulan Bosna Hersek hava sahası modeli	25
4.2. SIMMOD programındaki uçak tipi sınıflandırması.....	26
4.3. SIMMOD programında kullanılan rota tipleri	27
4.4. Rota tipi ve uçak kategori grupları.....	27
4.5. Kategorilerine göre iniş uçakların hızı.....	28
4.6. Kategorilerine göre kalkış uçaklarının hızı	29
4.7. Kategorilerine göre transit uçuşların hızı	30
4.8. SIMMOD programındaki rota örneği	30
4.9. Pik saati senaryo rotalara göre uçuş süreleri	32
4.10. İkinci senaryoya ait uçuş süreleri.....	34
4.11. İkinci senaryo rotalara göre gecikme süresi.....	34
4.12. Üçüncü senaryo uçuş süreleri.....	36
4.13. Üçüncü senaryo için rotalara göre gecikme süresi.....	36
4.14. Dördüncü senaryoya ait uçuş süreleri	38
4.15. Dördüncü senaryo rotalara göre gecikme süresi	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1. 2007 ve 2013 yılları arası Bosna Hersek hava sahasındaki uçuş sayısı.....	2
2.1. D Sınıfı hava sahası bileşenleri	7
2.2. E sınıfı hava sahası bileşenleri	7
2.3. C sınıfı hava sahası bileşenleri	8
2.4. İki sektör arasındaki koordinasyon noktalarının koordinatları	9
3.1. Çıkış noktalarına göre Saraybosna Havalimanındaki kalkışların analizi.....	17
3.2. Çıkış noktalarına göre Banja Luka Havalimanındaki kalkışların analizi.....	18
3.3. Çıkış noktalarına göre Mostar Havalimanındaki kalkışların analizi.....	18
3.4. Çıkış noktalarına göre Tuzla Havalimanındaki kalkışların analizi	19
3.5. Giriş noktalarına göre Saraybosna havalimanındaki inişlerin analizi.....	19
3.6. Giriş noktalarına göre Mostar havalimanındaki inişlerin analizi.....	20
3.7. Giriş noktalarına göre Banja Luka Havalimanındaki inişlerin analizi.....	20
3.8. Giriş noktalarına göre Tuzla Havalimanındaki inişlerin analizi	20
3.9. Giriş ve çıkış noktalarına göre transit uçuşların analizi	21
4.1. Uçak kategorilerine göre, iki uçak arasında gereken mesafeler.....	25
4.2. Uçak kategorileri.....	26
4.3. SIMMOD simülasyonunda kullanılan veriler	31
4.4. Simülasyon sonuçları	39

KISALTMALAR DİZİNİ

AGL	:	Yer Seviyesinin Üzerinde Above Ground Level
AIP	:	Havacılık Bilgi Yayını Aeronautical Information Publication
CCL	:	Hırvatistan Kontrol Ltd. Croatia Control Ltd.
CTA	:	Kontrol Alan Control Areas
CTR	:	Kontrol Zon Control Zone
EUROCONTROL	:	Hava Seyrüseferinin Emniyeti için Avrupa Teşkilatı European Organisation for the Safety of Air Navigation
FIR	:	Uçuş Bilgi Bölgesi Flight Information Region
FL	:	Uçuş Seviyesi Flight Level
FT	:	Feet
GA	:	Genel Havacılık General Aviation
H	:	Ağır Kategori Uçak Heavy
ICAO	:	Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı International Civil Aviation Organization
Knt	:	Knot
L	:	Hafif kategori uçak Light
LQBK	:	Banja Luka Havalimanı kodu
LQMO	:	Mostar Havalimanı kodu
LQSA	:	Saraybosna Havalimanı kodu
LQTZ	:	Tuzla Havalimanı kodu
M	:	Orta kategori uçak
MSL	:	Deniz Seviyesinin Üzerinde Mean Sea Level

NM	:	Deniz Mili Nautical Mile
RNAV	:	Alan Seyrüseferi Area Navigation
SID	:	Standart Aletli Kalkış Standard Instrument Departures
SMATSA	:	Sırbistan ve Karadağ Hava Trafik Hizmetleri Serbian and Montenegro Air Traffic Services
STAR	:	Standart Geliş Yolları Standard Arrival Routes
TMA	:	Terminal Kontrol Alanı Terminal Control Area

1. GİRİŞ

Hava sahası, hava araçlarının uçuş operasyonlarını gerçekleştirdikleri yerdir. Uçuş bilgi bölgesi (FIR- Flight Information Region) içerisinde uçuş bilgi hizmeti ve ikaz hizmetinin sağlandığı, sınırları belirli bir hava sahasıdır.

Hava sahası kapasitesi ve akış yönetimi pek çok akademik çalışmada konu alınmıştır. Juričić ve ark. hava trafiğinin yoğun olduğu saatlerde hava trafik kontrolörü iş yükünü göz önüne alarak simülasyon yöntemi ile Zagreb hava sahası kapasitesini incelemiştir [1]. R.A. Hill SIMMOD üzerinde Çek Cumhuriyeti sektörizasyon çalışması yapmıştır [2].

Bosna Hersek'in komşusu olan ülkelerdeki hava sahaları üzerinde birçok çalışmalar yapılmış olmasına rağmen Bosna Hersek hava sahası üzerinde yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Hava sahaları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Bosna Hersek'e komşu hava sahaları ile ilgili yapılan çalışmalar o ülkelerdeki hava sahaları planlanmasına, hava sahasında çalışacak personel istihdamı gibi konularda destek sağlamaktadır. Ancak Bosna Hersek hava sahası ile ilgili hiçbir çalışma yapılmaması bu sektörün yapılandırılması, sektörde çalışacak personel sayısı belirlenmesi, hava sahasından geçecek uçak sayısına göre planlama yapılmasına imkân vermemektedir.

1.1. Araştırmanın Amaçları

Bu çalışmanın amacı; Bosna Hersek hava sahasının kapasite kullanımı incelemektir. Bu amaca ulaşmak için aşağıda belirtilen sorulara cevap aranacaktır.

- ICAO uçak ağırlık kategorisine (hafif, orta, ağır) göre durum nedir?
- Bosna Hersek hava sahasında geçen uçakların günlük / aylık/ yıllık geçiş saatlerine göre durumu nasıldır?
- Uçakların giriş ve çıkış noktalarına göre durum nedir?

1.2. Araştırmanın Önemi

2007 yılından 2013 yılına kadar geçen süreçte; bütün dünyada olduğu gibi Bosna Hersek hava sahasında da hava trafiği her geçen gün artış göstermektedir

(Çizelge 2.1). Bu durum, Bosna Hersek hava sahasındaki hava trafiğinin mevcut durumu ve geliştirilmesi için yapılabilecekler konusunun araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada farklı değerler ile simülasyon yaparak uçuş seviyesi (FL- Flight Level) 270'e kadar Bosna Hersek hava sahasındaki yolların kapasitesi incelenecektir.

Çizelge 1.1. 2007 ve 2013 yılları arası Bosna Hersek hava sahasındaki uçuş sayısı.

YIL	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
UÇUŞ SAYISI	200592	217922	224427	250218	266898	257089	248083

1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmada kullanılan, Saraybosna hava sahasına ait 2013 yılı hava trafik istatistikleri EUROCONTROL'den temin edilmiştir. Araştırmada 2013 yılı içerisinde ve 27000 feet'e kadar olan seviyelerdeki uçuşların istatistikleri kullanılmaktadır.

Çalışmada terim olarak hem Bosna Hersek Hava Sahası hem de Saraybosna FIR'ı terimi birlikte kullanılacaktır. Gerçekte tüm Bosna Hersek Hava Sahası tek bir FIR'dır. Saraybosna FIR'ı yeni kurulduğu için; çalışmada yerine göre Bosna Hersek Hava Sahası veya Saraybosna FIR'ı kullanılmıştır.

2. HAVA SAHALARI

Hava sahası, hava araçlarının uçuş operasyonlarını gerçekleştirdikleri yerdir. Hava sahaları kullanım ve tasarım amaçlarına göre çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. En genel şekliyle hava sahaları kontrollü hava sahası ve kontrolsüz hava sahası olarak ikiye ayrılmaktadır: Kontrollü hava sahaları; sınırları ve boyutları belirlenmiş, içerisinde ilgili hava sahası sınıflandırmasına uygun olarak hava trafik kontrol hizmetlerinin verildiği hava sahalarıdır [3]. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO – International Civil Aviation Organization) tarafından yayınlanan Hava Trafik Hizmetleri başlıklı 11.Ekinde hava sahaları ile ilgili olarak tüm tanımlar verilmiştir ve burada kısaca bu tanımlara yer verilecektir. Kontrolsüz hava sahaları, ilgili hava sahası sınıflandırmasına uygun olarak içerisinde pilotlara hava trafik kontrol hizmeti sağlanmayan hava sahalarıdır. Bu tür hava sahalarında hava trafik kontrol ünitelerinin trafik idare etme sorumluluğu yoktur. Pilotlar uçuşlarından ve uçuş emniyetinden kendileri sorumludurlar. Bu hava sahalarında uçan hava araçlarına sadece uçuş bilgi hizmeti, hava trafik tavsiye hizmeti ve ikaz hizmeti verilir. Kontrollü hava sahaları, içerisinde gerçekleşen operasyonlara ve verilen hizmetlere göre, hava alanı kontrol bölgesi, terminal hava sahası, hava yolları ve uçuş bilgi bölgeleri olarak sınıflandırılabilir. Kontrol zon (CTR-Control Zone), havaalanını çevreleyen, boyutları ve geometrisi tanımlanmış kontrollü hava sahasıdır. Bu bölgeler genellikle havaalanını merkezine alacak şekilde konumlandırılmış, belirli bir yarıçapa ve yüksekliğe sahip silindirik hava sahaları olarak tasarlanmaktadır. Kontrol bölgesinde verilen hava trafik kontrol hizmeti, ilgili hava sahası sınıfının gereklerine göre sunulmaktadır.

Terminal kontrol sahası (TMA-Terminal Control Area) bir ya da daha çok büyük hava alanı etrafındaki hava trafik rotalarının birleştiği bölgede kurulu olan kontrollü hava sahasıdır. Terminal kontrol sahaları, ilgili hava alanlarına iniş veya kalkış operasyonu düzenleyecek tüm uçakların alçalma ve tırmanma hareketlerini, iniş uçakları için trafik sıralamasının yapıldığı karmaşık hava sahalarıdır [4]. Ayrıca terminal kontrol sahası limitleri içerisindeki bir hava alanına operasyon düzenlemeyecek fakat aletli seyrüsefer uçuşu bu limitler içinde olan uçaklara da hava trafik kontrol hizmeti verilir.

Hava yolu, radyo seyrüsefer cihazlarıyla veya hava seyrüsefer cihazlarıyla donatılmış koridor şeklinde tesis edilmiş kontrollü bir saha ya da kontrollü bir sahanın bir bölümüdür. Uçaklar uçuşlarını tanımlanmış bu yollar üzerinden planlarlar ve gerçekleştirirler. Hava yolları birleşerek hava trafik yol ağı sistemini oluştururlar.

Uçuş bilgi bölgesi (FIR- Flight Information Region) içerisinde uçuş bilgi hizmeti ve ikaz hizmetinin sağlandığı sınırları belirli bir hava sahasıdır.

Hava sahaları içerisinde sunulan hava trafik hizmetlerinin türüne göre ayrıca sınıflandırılmıştır ve bazı ülkeler bu sınıflamayı kullanmaktadırlar.

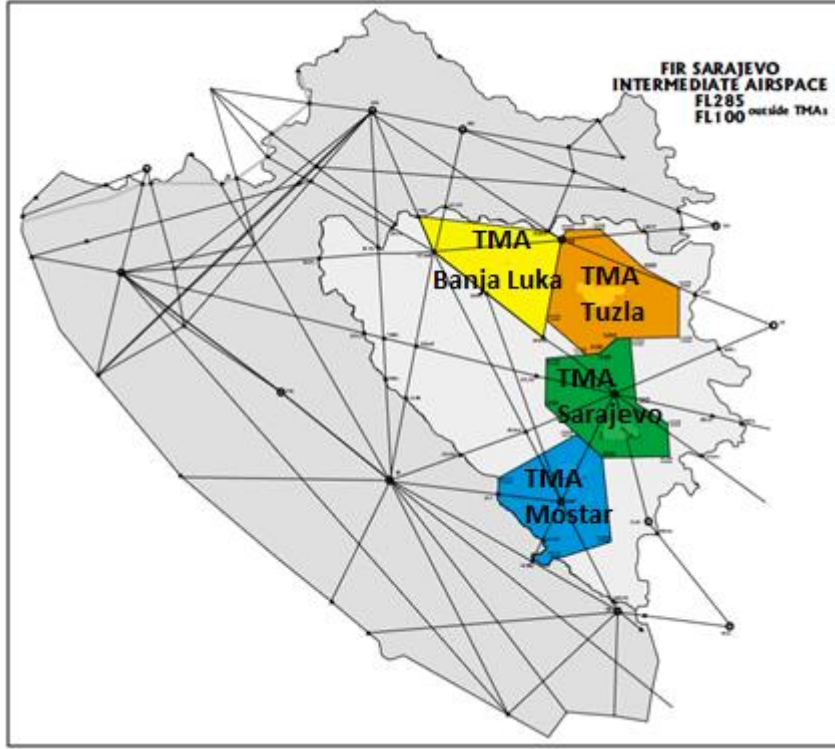


Şekil 2.1. ICAO'a göre hava sahası sınıflandırması [5]

Çalışmanın konusu Bosna-Hersek hava sahası olduğu için bu sahanın tanıtımı bu bölümde yapılacaktır.

2.1. Bosna Hersek Hava Sahası

Çalışma konusunu oluşturan Bosna-Hersek hava sahası Şekil 2.2'de verildiği gibi Bosna-Hersek üzerindeki kara ve karasuları üzerindeki bölgedir [6]. Bu bölgedeki FIR Saraybosna FIR olarak isimlendirilmiştir. Bosna-Hersek Havacılık Bilgi Hizmeti ünitesi Saraybosna FIR'ı hakkında tüm bilgileri toplayıp, sürekli güncelleyip yayınlamaktan sorumludur [7].



Şekil 2.2. Bosna Hersek hava sahasındaki hava yolu yapısı [8]

Saraybosna FIR'ı için uçuş bilgi ve uyarı hizmetleri sunulmaktadır. Bosna-Hersek hava sahasının dışına uzayan Saraybosna FIR'ı için uluslararası anlaşmalar mevcuttur. FIR içerisinde 4 adet TMA, 4 adet CTR mevcuttur. TMA'ler 4 adet CTR'lar 4 adet olup buradaki hava alanları ise Banja Luka, Tuzla, Saraybosna ve Mostar hava alanlarıdır.

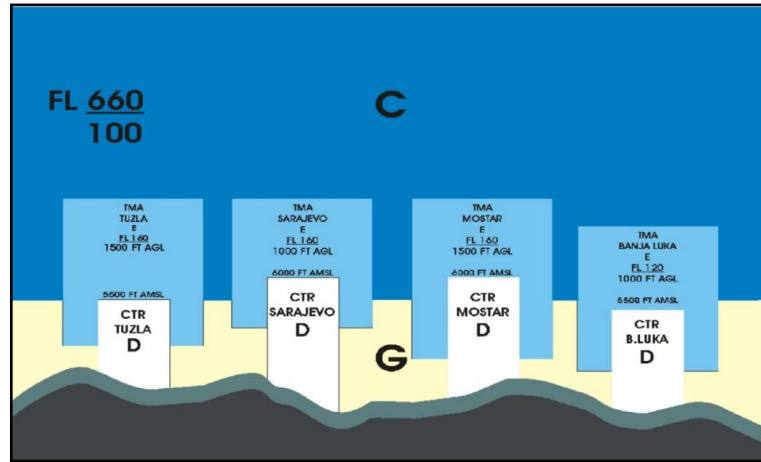
Şekil 2.3'de verildiği gibi Saraybosna FIR'ı, Belgrad ve Zagreb FIR'ları ile çevrilidir.



Şekil 2.3. Saraybosna FIR'ı [9]

2.2. Hava Sahası Sınıfları

Saraybosna hava sahası için hava sahası sınıflandırılması yapılmış durumdadır. Saraybosna FIR'ı üst hava sahası C, D, E ve G tipi olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. ICAO tarafından belirlenmiş hava sahası sınıflandırılmasına göre Bosna-Hersek dört adet CTR, D sınıfı, E sınıfı TMA ve G sınıfi kontrolsüz hava sahasından oluşmaktadır. Terminal kontrol alanlarının dışında yer alan C sınıfı kontrol alanı (CTA-Control Areas) FL 100 ve FL 660 irtifaları ile sınırlandırılmıştır. Saraybosna FIR'ın mevcut hava sahası sınıflandırılması Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.4. ICAO Saraybosna FIR'ı Hava sahası sınıflandırılması [9]

2.2.1. Kontrolsüz hava sahası – G sınıfı hava sahası

Saraybosna FIR'ında yer alan G sınıfı kontrolsüz hava sahası TMA ve CTR'ların dışında kalan bölgeler olup yerden FL100'e kadar uzanmaktadır.

2.2.2. Kontrol bölgeleri – D sınıfı hava sahası

D sınıfı hava sahası yerden 9500 feet'e kadar uzanmaktadır. Tüm CTR'lar için aletli yaklaşma ve kalkış prosedürleri ICAO'nun 8168, Vol-2 numaralı dökümanı referans alınarak geliştirilmiştir. D sınıfı hava sahasına ait bilgiler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. D Sınıfı hava sahası bileşenleri

İSİM	TİP	ALT SEVİYE	ÜST SEVİYE
BANJA LUKA	CTA	100 FT AGL	5500 FT AMSL
BANJA LUKA	CTR	GND	5500 FT AMSL
MOSTAR	CTR	GND	6000 FT AMSL
SARAYBOSNA	CTR	GND	6000 FT AMSL
TUZLA	CTR	GND	5500 FT AMSL

2.2.3. Terminal kontrol sahaları – E sınıfı

TMA'lar CTR'lerin etrafında farklı şekil ve farklı düzey sınırlarda tesis edilirler. Tüm TMA'lar geleneksel Standart Aletli Kalkış (SID-Standard Instrument Departures) ve Standart Geliş Yolları (STAR – Standard Arrival Routes) yol ağlarından oluşur.

E sınıfı hava sahasına ait bilgiler Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. E sınıfı hava sahası bileşenleri

İSİM	TİP	ALT SEVİYE	ÜST SEVİYE
BANJA LUKA	TMA	1000 FT AGL	FL 120 (dahil)
MOSTAR	TMA	1500 FT AGL	FL 160
SARAYBOSNA	TMA	1000 FT AGL	FL 160
TUZLA	TMA	1500 FT AGL	FL 160

2.2.4. C Sınıfı hava sahaları

Saraybosna FIR'ı içerisinde C sınıfı hava sahası, alt hava sahası ve üst hava sahası olmak üzere iki sektöre ayrılmıştır.

Alt hava sahası – C sınıfı:

Saraybosna FIR'ı alt hava sahası FL 100 ve FL285 arasındaki TMA'lar dışında kalan hava sahasıdır. Yeni sınıflamaya göre yeni düşey sınırların deniz seviyesine göre 9500 feet'den FL 285'e kadar uzanması planlanmaktadır. Yol ağı Saha Seyrüseferi (RNAV – Area Navigation) prensiplerine göre RNP5 yollardan oluşmaktadır.

Üst hava sahası – C sınıfı:

Saraybosna FIR'ına ait üst hava sahası sınırları FL 285 ve FL 660 arasındadır. Bu hava sahası uluslararası transit hava trafiği tarafından kullanılmaktadır. Üst hava sahası yol ağı RNP5 yollardan oluşmakta olup, Zagreb ve Belgrat FIR'ı ile komşudur.

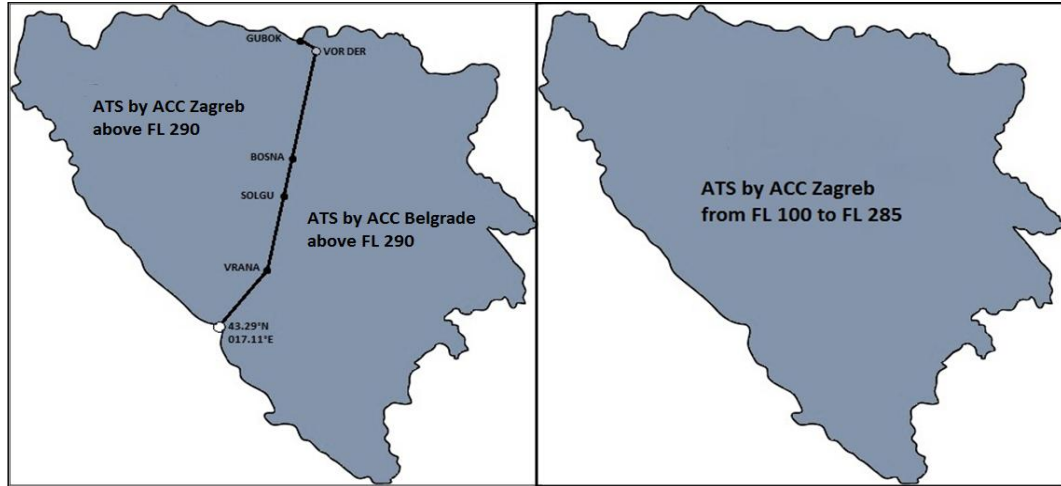
C sınıfı hava sahasına ait bilgiler Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. C sınıfı hava sahası bileşenleri

İSİM	TİP	ALT SINIR	ÜST SINIR
SARAYBOSNA	CTA	FL 100	FL 660

2.3. Bosna Hersek'te Sunulan Hava Trafik Hizmetleri

Bosna Hersek'in hava trafik hizmet sağlayıcıları Hırvatistan (CCL - Croatia Control Ltd.) ve Sırbistan Karadağ (SMATSA-Serbia and Montenegro Air Traffic Services) seyrüsefer hizmet sağlayıcılarıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Bosna Hersek Hava Sahası sınırları ve hava trafik hizmet sağlayıcıları

CCL FL 100 ve FL 285 irtifaları arasında terminal kontrol alanları dışındaki hava sahalarında hava trafik hizmeti sağlamaktadır. Bosna-Hersek hava sahasında

FL 290 üzerindeki hava sahalarında hava trafik hizmetleri aşağıdaki noktalarda CCL ve SMATSA arasında bölünmüştür.

- GUBOK
- DER - VOR Derventa
- BOSNA
- SOLGU
- VRANA

Her iki sektör arasındaki koordinasyon noktasının koordinatları ise 43.2900N - 017.1100E şeklindedir.

“Bosna Hersek üst hava sahasındaki hava trafik hizmetlerinin sunulmasındaki geçici yetki anlaşması”na göre Bosna Hersek ve Hırvatistan Sivil Havacılık Otoriteleri; FL 290 ve FL 660 irtifaları arasında hava seyrüsefer hizmetlerinin sağlanmasında aşağıdaki koordinatların batısında kalan havasahası için CCL, doğusunda kalan havasahası için ise SMATSA yetkili kılınmıştır.

Çizelge 2.4. İki sektör arasındaki koordinasyon noktalarının koordinatları

KOORDİNASYON NOKASI	KUZEY KOORDİNATI	GÜNEY KOORDİNATI
GUBOK	450241N	0175142E
DER	445900N	0175830E
BOSNA	442218N	0174554E
SOLGU	440700N	0174000E
VRANA	434518N	0173218E
KOORDİNASYON NOKTASI	432900N	0171100E

Bosna-Hersek alt hava sahasındaki hava trafik hizmetlerinin sunulmasındaki geçici yetki anlaşmasına göre Bosna-Hersek ve Hırvatistan sivil havacılık otoriteleri; FL 100 ve FL 285 irtifaları arasında ve TMA'ların dışında kalan Banja Luka, Mostar, Saraybosna ve Tuzla'da, hava seyrüsefer hizmetlerinin sağlanmasında CCL yetkili kılınmıştır [10].

3. SARAYBOSNA UÇUŞ BİLGİ BÖLGESİNE AİT TRAFİK ANALİZLERİ

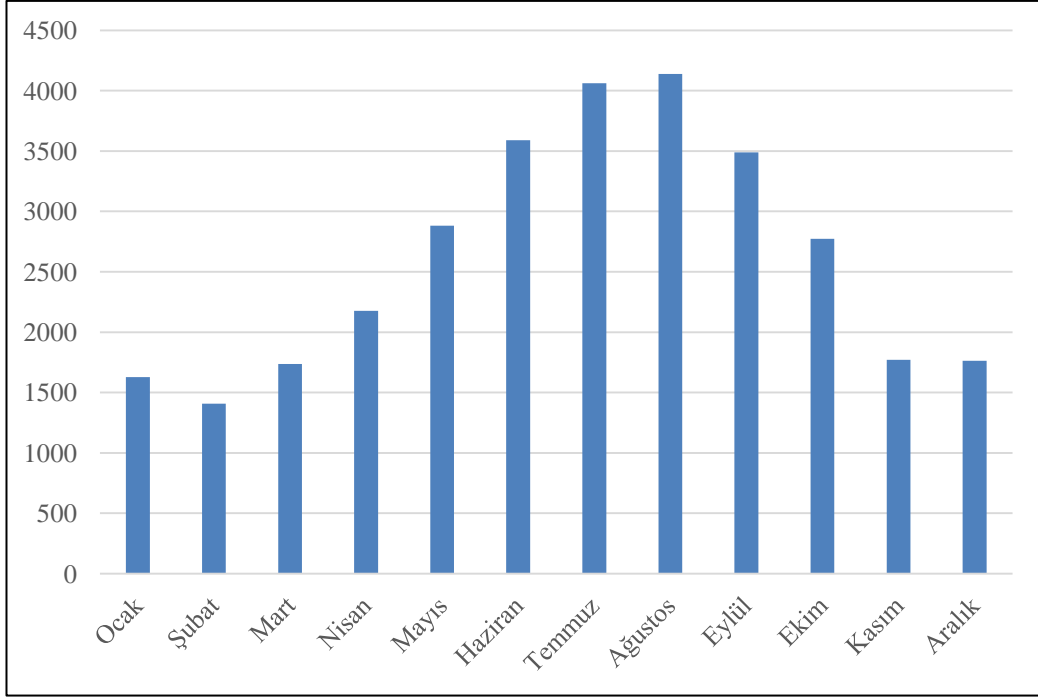
Saraybosna hava sahasına ait, 2013 yılı hava trafiği istatistikleri bu bölüm içerisinde detaylı olarak incelenecektir. İstatistikler Eurocontrol'den temin edilmiştir. İncelenecek hava sahasına ait bilgiler bir önceki bölümde verilmiştir. 2013 yılı içerisinde 27000 feet'e olan uçuş seviyelerinde toplam 31417 uçuş gerçekleşmiştir. Eurocontrol istatistiklerinde tüm uçuşlara ait şu bilgiler bulunmaktadır:

- (a) Hava yolu şirketi,
- (b) Uçak tipi,
- (c) Saraybosna FIR'ına giriş noktaları,
- (d) Saraybosna FIR'ından çıkış noktaları,
- (e) Saraybosna FIR'ına giriş zamanı,
- (f) Saraybosna FIR'ından çıkış zamanı,
- (g) Saraybosna FIR'ına giriş yolu,
- (h) Saraybosna FIR'ından çıkış yolu,
- (i) Uçakların hızı.

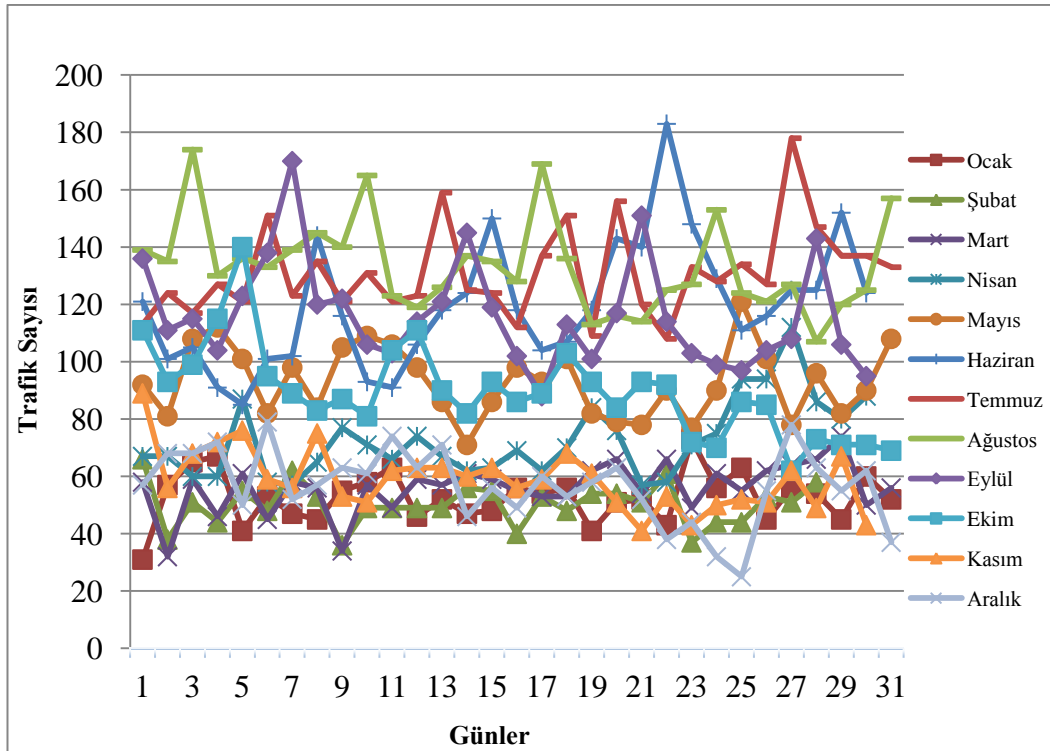
Eldeki bu veriler ile yapılmış olan analizler bu bölümde sunulmuştur. Bu şekilde incelenecek olan hava sahasının hava trafiği yapısına ait bilgiler elde edilecektir.

3.1. 2013 Yılı Trafik Dağılımları

2013 yılındaki ilgili hava sahası için aylara göre trafiğin toplam dağılımı Şekil 3.1'de verildiği gibi gerçekleşmiştir. Bu yıldaki aylara göre trafiğin dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir. En yoğun trafik Ağustos ayında 4138 hava trafiği olarak gerçekleşmiştir. Doğal olarak yaz ayları olan Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında diğer aylara göre trafik yoğunluğunda artış görülmektedir. Trafiğin dağılımı her ayın günlerine göre incelenecek olursa, bu durumun Şekil 3.2'de verildiği gibi gerçekleştiği görülecektir. Bu incelemede, 2013 yılı için pik günün 22 Haziran'da 183 hava trafiği olarak gerçekleştiği Şekil 3.2'den görülmektedir.



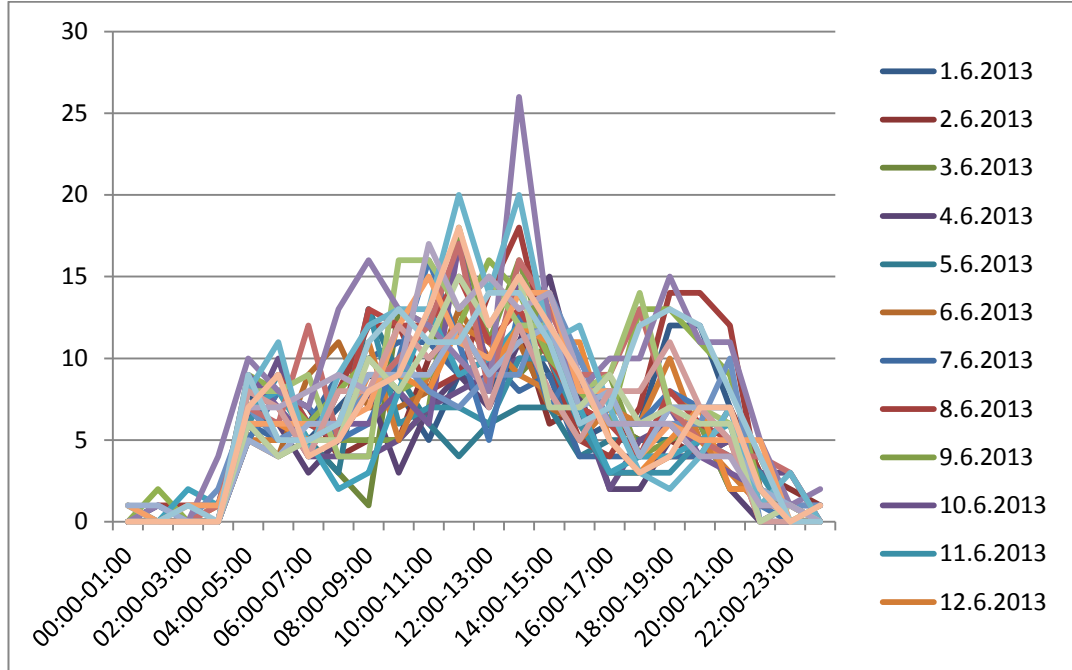
Şekil 3.1. Toplam trafiğin aylara göre dağılımları



Şekil 3.2. Günlere göre trafik dağılımları

Pik gün saptandıktan sonra pik saati saptamak amacı ile yılın her bir günü için saatlik trafik analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda pik saatin yine 22 Haziran gününe ait olduğu bulunmuştur. 22 Haziran gününe ait trafiğin günün

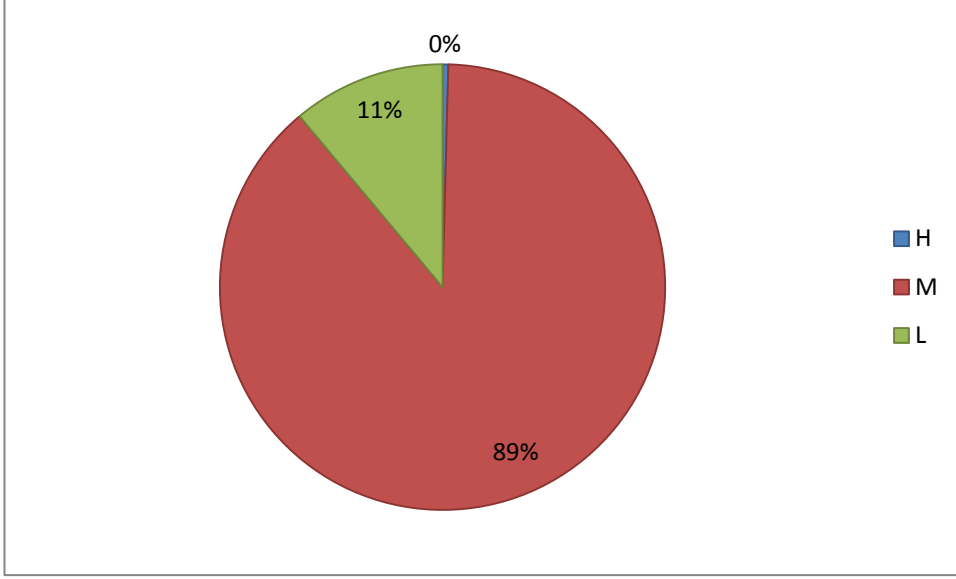
saatlerine göre dağılımı Şekil 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.3'den de görüleceği üzere pik saat 13:00 ve 14:00 arasında 26 trafik olarak gerçekleşmiştir. Örneğin Ocak ayına ait incelemede 10 trafik olarak pik saat bulunmuştur. Benzer şekilde Şubat ayı için de pik saat yalnızca 10 hava trafiği ile gerçekleşmiştir.



Şekil 3.3. 22 Haziran günü için trafiğin saatlik dağılımı

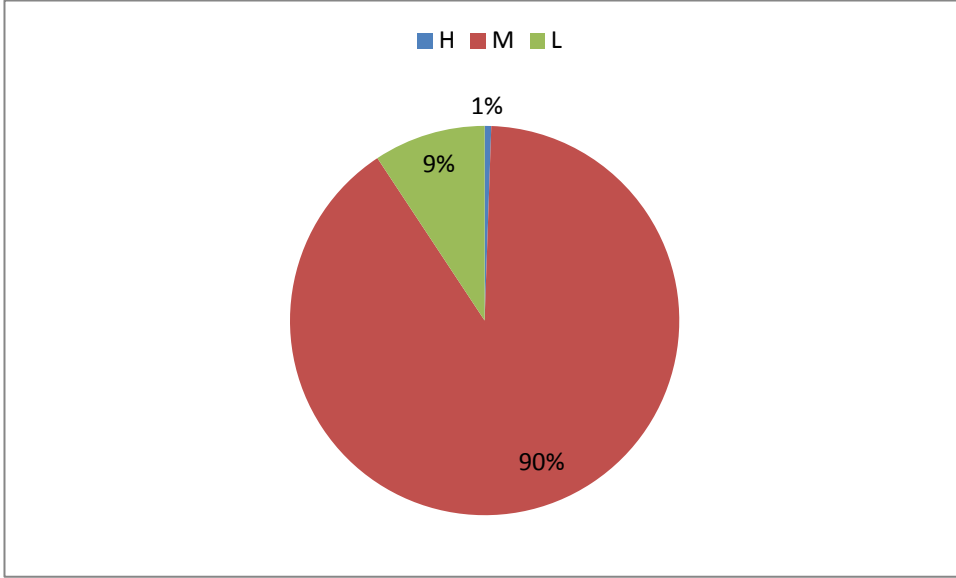
3.2. Uçak Tiplerine Göre Trafiğin Dağılımı

Uçak tipleri analizinde, öncelikle tüm yıl boyunca gerçekleşen uçuşların uçak tiplerine göre dağılımı incelenmiştir. Burada özellikle hava trafiği açısından önemli olan uçak ağırlık kategorilerine göre hafif, orta ve ağır olmak üzere üç kategorideki uçakların dağılımı bulunmuştur. Sonuçta 31417 uçuştan 120 uçağın ağır (H-Heavy) kategori, 25307 uçağın orta (M- Medium) kategori ve 3172 uçağın hafif (L-Light) kategoriye sahip uçak olduğu saptanmıştır.

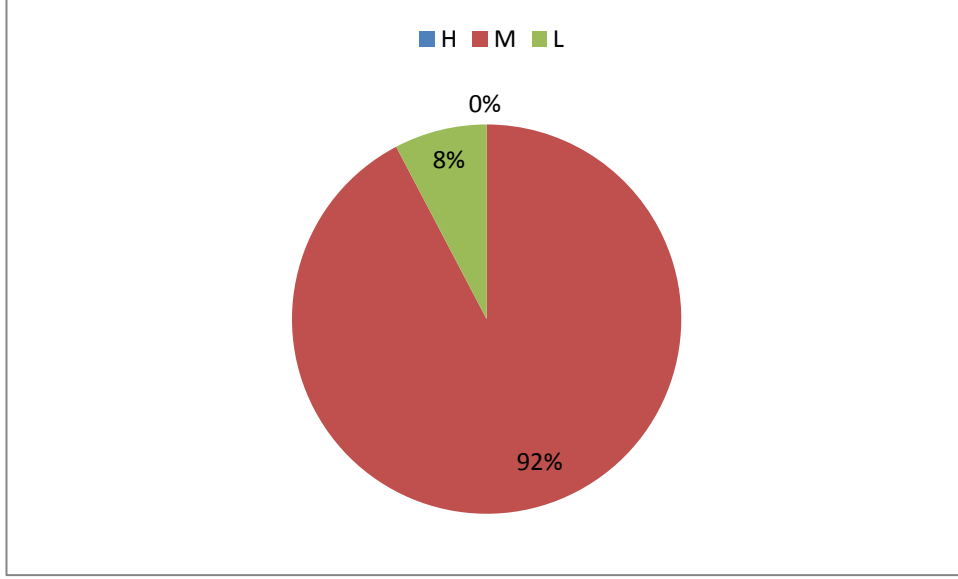


Şekil 3.4. Uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı

22 Haziran olarak saptanmış olan pik gün ve pik saat için de aynı dağılım geçerlidir. Bu durum Şekil 3.5. ve Şekil 3.6'da verilmiştir. Yalnızca Şekil 3.6'den de görüleceği üzere pik saat içerisinde ağır kategoride uçuş yaşanmamıştır.



Şekil 3.5. Pik gün için uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı



Şekil 3.6. Pik saat için uçak kategorilerine göre trafiğin dağılımı

3.3. Saraybosna FIR'ı Giriş ve Çıkış Noktalarına göre Trafiğin Analizi

İlgilenilen hava sahası için hava sahasına giriş ve çıkış noktaları BARIT, BATRU, BOSNA, DEPET, DER, DEVUL, DIMSI, DIXUM, DOBOT, DRVAR, EDALA, ETELI, GAC, GILUK, GORAV, GUBOK, IDASI, KEB, KENEM, KOMAR, KOREX, KUKUN, KUTAK, LOPKU, LOPLI, LQBK, LQMO, LQSA, LQTZ, LURID, MADOS, MARIL, MITNO, MONID, NAVSU, NENAD, NEPSI, NESUX, NETKO, NIVES, NOVLO, ODLET, OSNIP, PERAN, PESAK, PEVON, PIXAL, PODOB, RASTU, REMPI, REMSO, RUDAR, RUDIK, SIRMI, SIVLA, SOLGU, SOMUN, SONIK, SUDIM, TEBLI, TUPUS, UNIPA, VEBAR, VELIT, VIBOP, VRANA, XELMI dır. Bu noktaları bağlayan hava yolları ise 24 rotadan oluşmaktadır. Şekil 3.7.'de gözüktüğü gibi, alt hava sahası rotaları, aynı zamanda SIMMOD programındaki modelde kullanılacak rotalar olup şu şekildedir:

L187: TEBLI-KOKOMAR-IDASI-VRANA-BARIT-ETELI-MADOS (çift yönlü rota)

L196: UNIPA- DRVAR-KOMAR-NOVLO (çift yönlü rota)

L603: LURID-DOBOT-VEBAR (çift yönlü rota)

L604: PERAN –GAC-LOPKU-GILUK-BOSNA-NOVLO (çift yönlü rota)

L608: PODOB-KEB-BOSNA-MARIL-KOMAR (çift yönlü rota)

L614: SONIK-NENAD-DRVAR- SOLGU-KEB-MITNO-PESAK (tek yönlü rota)

L615: KOKUN-VEBAR-BOSNA-KOREX (tek yönlü rota)

M725: RUDIK-MONID-NENAD-SIRMI (çift yönlü rota)

M730: BARIT-VELIT (çift yönlü rota)

M867: MONID-IDASI-SEDALA-SOLGU-GILUK-RUDAR-GORAV (tek yönlü rota)

N131: GUBOK-DER-SOMUN- DIMSI (çift yönlü rota)

N748: PIXAL-DEVUL-RUDIK-DEPET (çift yönlü rota)

N978: SOMUN-OSNIP (tek yönlü rota)

P10: NETKO-BARIT-XELMI-KEB-VIBOP (çift yönlü rota)

P11: RASTU-MONID-KOMAR-DER-VIBOP (çift yönlü rota)

P738: VEBAR-NESUX (tek yönlü rota)

T229: KEB-RUDAR-KUTAK-GAC (çift yönlü rota)

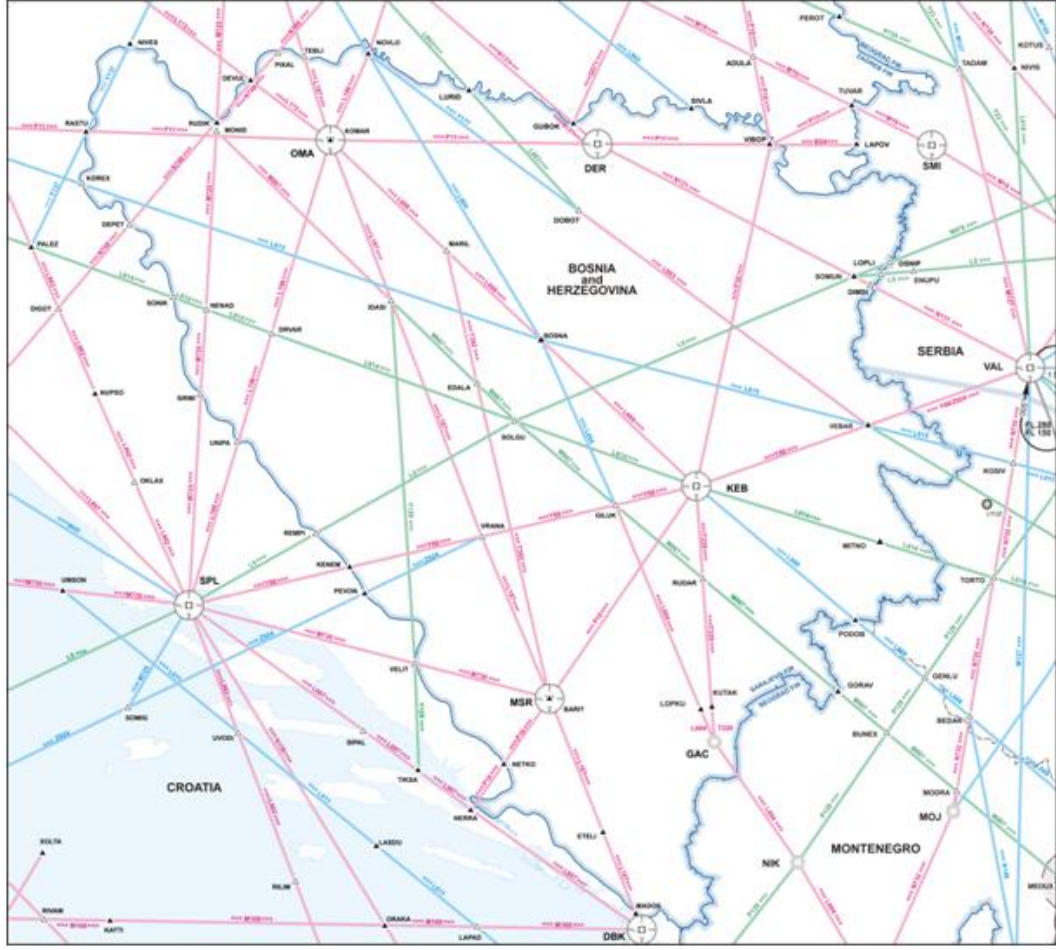
T392: MARIL-EDALA-BARIT (çift yönlü rota)

Y88: KENEM-VRANA-GILUK-KEB-VEBAR-BATRU (çift yönlü rota)

Y128: IDASI-VELIT (tek yönlü rota)

Y177: NIVES-RASTU (tek yönlü rota)

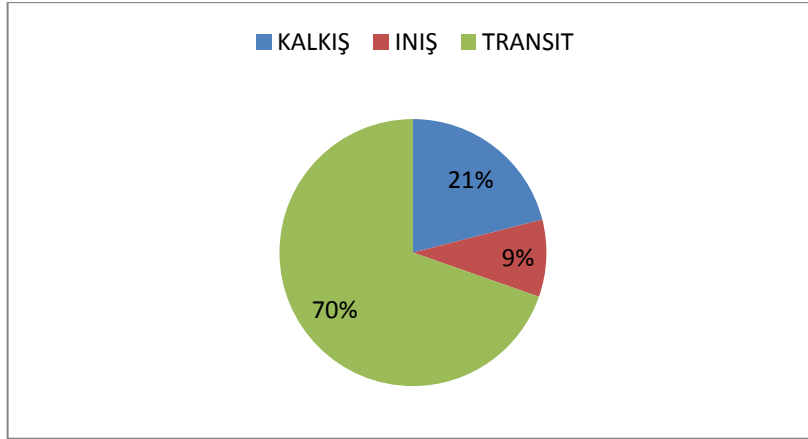
Z924: BATRU-VEBAR-KEB-GILUK-VRANA-PEVON (çift yönlü rota)



Şekil 3.7. Saraybosna FIR'ı alt hava sahası rotaları

22 Haziran günü ve pik saat için bu noktalar arasındaki uçuşlar Çizelge 3.1'de verildiği şekildedir.

Giriş ve çıkış noktalarına göre trafiğin analizinde transit, kalkış ve iniş uçuşları ayrı ayrı analiz edilmiştir. Şekil 3.8'de görüleceği gibi 2013 yılındaki hava trafiğinin %70'i transit, %21'i kalkış ve %9'u iniş olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 3.8. İniş, kalkış ve transit uçuşlarına göre trafiğin dağılımı

3.3.1. Giriş ve çıkış noktalarına göre kalkışların analizi

2013 yılı içerisinde dört havalimanı arasında en fazla hava trafiği Saraybosna havalimanında (LQSA) (Çizelge 3.1) gerçekleşmiştir. Bu havalimanından kalkan uçaklar FIR'ı en çok doğudaki noktadan terk etmiştir. Banja Luka havalimanından (LQBK) (Çizelge 3.2) en çok Saraybosna havalimanına doğru uçuş gerçekleşmiştir. Ondan sonraki kalkışlar için çıkışlar en çok kuzeybatı tarafına doğru gerçekleşmiştir. Mostar havalimanındaki (LQMO) (Çizelge 3.3) uçuşların çoğu güneybatı yönüne gerçekleşmiştir. Tuzla havalimanından (LQTZ) (Çizelge 3.4) kalkan uçuşlar Saraybosna FIR'ından çıkışta en çok kuzeydeki noktaları kullanmışlardır.

Çizelge 3.1. Çıkış noktalarına göre Saraybosna Havalimanındaki kalkışların analizi.

Kalkış	Toplam Uçuş Sayısı	Gittiği Yer/Yön	Uçuş Sayısı
LQSA	5235	LQBK	203
		LQMO	6
		LQTZ	1
		Kuzey	532
		Kuzeydoğu	8
		Doğu	745
		Güneydoğu	15
		Güney	0
		Güneybatı	2
		Batı	216
		Kuzeybatı	357

Çizelge 3.2. Çıkış noktalarına göre Banja Luka Havalimanındaki kalkışların analizi

Kalkış	Toplam Uçuş Sayısı	Gittiği Yer/Yön	Uçuş Sayısı
LQBK	647	LQMO	5
		LQSA	201
		LQTZ	0
		Kuzey	64
		Kuzeydoğu	17
		Doğu	0
		Güneydoğu	2
		Güney	0
		Güneybatı	1
		Batı	0
		Kuzeybatı	94

Çizelge 3.3. Çıkış noktalarına göre Mostar Havalimanındaki kalkışların analizi

Kalkış	Toplam Uçuş Sayısı	Gittiği Yer/Yön	Uçuş Sayısı
LQMO	496	LQBK	5
		LQSA	6
		LQTZ	0
		Kuzey	3
		Kuzeydoğu	0
		Doğu	1
		Güneydoğu	0
		Güney	4
		Güneybatı	114
		Batı	1
		Kuzeybatı	4

Çizelge 3.4. Çıkış noktalarına göre Tuzla Havalimanındaki kalkışların analizi

Kalkış	Toplam Uçuş Sayısı	Gittiği Yer/Yön	Uçuş Sayısı
LQTZ	226	LQBK	0
		LQMO	0
		LQSA	0
		Kuzey	57
		Kuzeydoğu	5
		Doğu	1
		Güneydoğu	0
		Güney	0
		Güneybatı	0
		Batı	0
		Kuzeybatı	1

3.3.2. Giriş ve çıkış noktalarına göre inişlerin analizi

Diğer havalimanlarına göre en çok iniş Saraybosna havalimanında gerçekleşmiştir (Çizelge 3.5). Bu uçaklar doğudan giriş yapmışlardır. Mostar havalimanına en çok güneybatıdaki giriş noktalarından uçak gelmiştir (Çizelge 3.6). Banja Luka'ya ise kuzey tarafından (Çizelge 3.7) ve Tuzla'ya doğu tarafından en çok iniş gerçekleşmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.5. Giriş noktalarına göre Saraybosna havalimanındaki inişlerin analizi

Giriş Yönü	Uçuş Sayısı	Hava-Limanı	Uçuş Sayısı
Kuzey	410	LQSA	2316
Kuzeydoğu	12		
Doğu	1577		
Güneydoğu	22		
Güney	4		
Güneybatı	5		
Batı	86		
Kuzeybatı	197		

Çizelge 3.6. Giriş noktalarına göre Mostar havalimanındaki inişlerin analizi

Giriş Yönü	Uçuş Sayısı	Hava-Limanı	Uçuş Sayısı
Kuzey	106	LQMO	433
Kuzeydoğu	0		
Doğu	2		
Güneydoğu	1		
Güney	38		
Güneybatı	282		
Batı	2		
Kuzeybatı	0		

Çizelge 3.7. Giriş noktalarına göre Banja Luka Havalimanındaki inişlerin analizi

Giriş Yönü	Uçuş Sayısı	Hava-Limanı	Uçuş Sayısı
Kuzey	71	LQBK	157
Kuzeydoğu	6		
Doğu	1		
Güneydoğu	6		
Güney	4		
Güneybatı	0		
Batı	5		
Kuzeybatı	62		

Çizelge 3.8. Giriş noktalarına göre Tuzla Havalimanındaki inişlerin analizi

Giriş Yönü	Uçuş Sayısı	Hava-Limanı	Uçuş Sayısı
Kuzey	9	LQTZ	29
Kuzeydoğu	2		
Doğu	13		
Güneydoğu	0		
Güney	1		
Güneybatı	0		
Batı	3		
Kuzeybatı	1		

3.3.3. Giriş ve çıkış noktalarına göre transit uçuşların analizi

Transit uçuşların çoğu güneyden gelip kuzeybatı yönünde uçuş yapmışlardır. Daha sonra en çok transit uçuş batı yönünden sektöre giriş yapmış ve Saraybosna FIR'ının kuzeybatı noktasından da çıkış yapmıştır. Giriş noktalarından en yoğun

olanları güneydeki ve batıdaki noktalar olup, çıkış noktalarında ise en yüksek yoğunluk kuzeybatı yönündeki noktalarda gerçekleşmiştir.

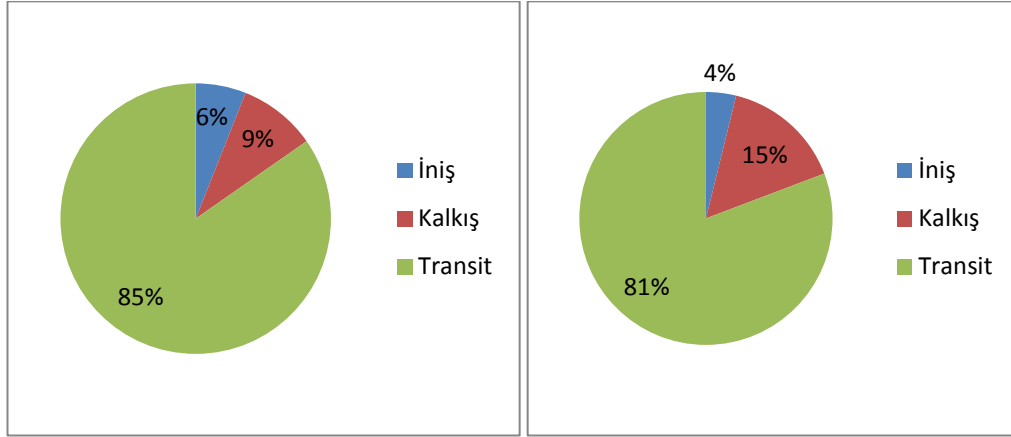
Çizelge 3.9. Giriş ve çıkış noktalarına göre transit uçuşların analizi

Giriş Yönleri	Uçuş Sayısı	Çıkış Yönleri	Uçuş Sayısı	Giriş Yönleri	Uçuş Sayısı	Çıkış Yönleri	Uçuş Sayısı
Kuzey	988	Kuzeydoğu	28	Güney	3029	Güneybatı	198
		Doğu	16			Batı	2
		Güneydoğu	10			Kuzeybatı	788
		Güney	22			Kuzey	348
		Güneybatı	2			Kuzeydoğu	15
		Batı	3			Doğu	11
		Kuzeybatı	106			Güneydoğu	348
Kuzey-doğu	71	Doğu	0	Güney-batı	279	Batı	0
		Güneydoğu	1			Kuzeybatı	0
		Güney	0			Kuzey	1
		Güneybatı	2			Kuzeydoğu	0
		Batı	5			Doğu	4
		Kuzeybatı	21			Güneydoğu	0
		Kuzey	15			Güney	2
Doğu	642	Güneydoğu	3	Batı	2577	Kuzeybatı	1487
		Güney	0			Kuzey	91
		Güneybatı	5			Kuzeydoğu	92
		Batı	93			Doğu	27
		Kuzeybatı	101			Güneydoğu	1
		Kuzey	29			Güney	0
		Kuzeydoğu	0			Güneybatı	24
Güney-doğu	1125	Güney	0	Kuzey-batı	1015	Kuzey	22
		Güneybatı	0			Kuzeydoğu	28
		Batı	3			Doğu	40
		Kuzeybatı	8			Güneydoğu	8
		Kuzey	219			Güney	1
		Kuzeydoğu	0			Güneybatı	2
		Doğu	81			Batı	23

3.3.4.Saraybosna FIR'ı giriş ve çıkış noktalarına göre pik gün ve pik saatteki hava trafiğinin analizi

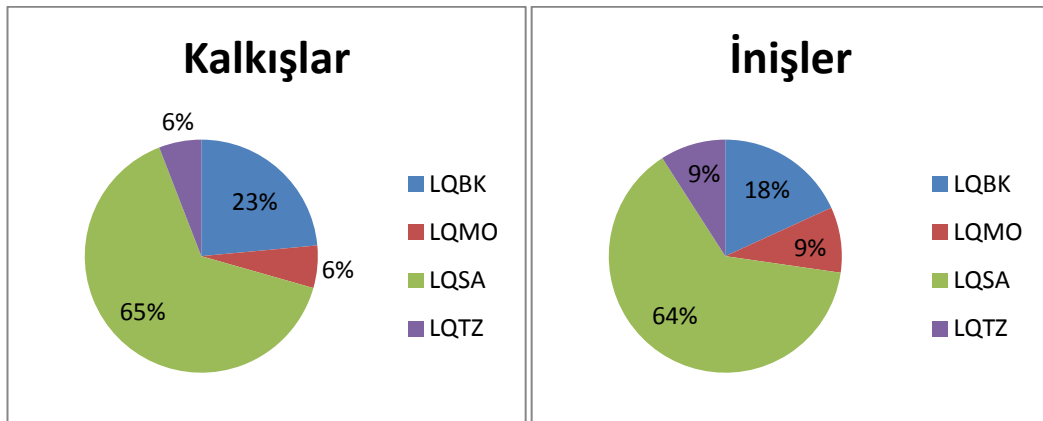
22 Haziran olarak saptanmış pik gün ve pik saat için kalkış, iniş ve transit uçuş için trafiğin dağılımı bulunmuştur. Sonuçta pik gün için 183 uçuştan 17

kalkış, 11 iniş ve 155 transit uçuş olarak trafik gerçekleşmiştir. Pik saatteki 26 uçuştan 4 kalkış, 1 iniş ve 21 transit uçuş saptanmıştır.



Şekil 3.9. Pik gün (solda) ve pik saat (sağda) iniş, kalkış ve transit uçuşlara göre trafiğin dağılımı

Pik gün içerisinde toplam 17 uçaktan biri Tuzla ve Mostar havalimanlarından, 4 adeti Banja Luka havalimanından ve 11 adeti ise Saraybosna havalimanından kalkmıştır. Saraybosna havalimanından pik gün boyunca en çok uçuş doğu tarafına doğru gerçekleşmiştir. İnişler incelenecek olursa; Banja Luka havalimanında 2 adet, Tuzla ve Mostar havalimanında tek iniş gerçekleşmiştir. Saraybosna havalimanı ise 7 uçakla inişlerin de en fazla gerçekleştiği havalimanı olmuştur.



Şekil 3.10. Pik günde dört havalimanındaki kalkış ve iniş trafiğinin analizi

Transit uçuşlara bakılacak olursa; giriş noktalarından en yoğunu batıdaki noktalardır, çıkış noktalarından ise kuzeybatıdaki noktalar en yoğun noktalardır.

Pik saat içerisindeki 4 kalkıştan birisi Banja Luka havalimanında, 3 tanesi ise Saraybosna havalimanında gerçekleşirken, Saraybosna havalimanına 1 iniş olmuş, bunlara ilave olarak da 21 adet transit uçuş gerçekleşmiştir.

Yapılan bu analizler simülasyon ortamına aktarılacaktır. Simülasyon uygulamasına ait detaylar sonraki bölümde verilmiştir.

4. SİMÜLASYONLAR

Simülasyon karmaşık dinamik sistemlerin davranışlarını incelemek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Hava trafik sistemlerinin incelemesinde hızlı zamanlı ve gerçek zamanlı olmak üzere iki tür simülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı simülasyonlar sistemlerde, insanları da çevrim içine katarak problem inceleyen yöntemlerdir. Örneğin, havasahasındaki hava trafik akışının gerçek zamanlı simülasyonu yapılırken, kullanılan gerçek ekipmanı temsil eden sistemlerin yanında, bu sistemleri kullanan hava trafik kontrolörleri de deneylere katılmaktadır. Hızlı zamanlı simülasyonlar ise genellikle hava trafik uygulamalarına özel olarak geliştirilmiştir ve çoğunlukla kesikli zaman simülasyonu tekniğine dayalı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilir. Kesikli zaman simülasyon tekniğinde, ilgili sistemin belirli kritik noktaları ve anlarındaki davranışları incelenir. Hava trafik sistemlerinin incelenmesinde kullanılan bu yazılımlara SIMMOD, CAST, TAAM ve RAMS örnek verilebilir [12].

Tez çalışmasında analiz yöntemleri arasından, hızlı zamanlı simülasyon araçlarından biri olan SIMMOD kullanılmıştır.

Tanımlanmış Bosna-Hersek havasahası için SIMMOD programında model oluşturulmuştur ve trafik analizleri sonucu bulunan pik gün için model üzerinde farklı senaryolar kullanılarak deneyler yapılmıştır.

4.1. SIMMOD

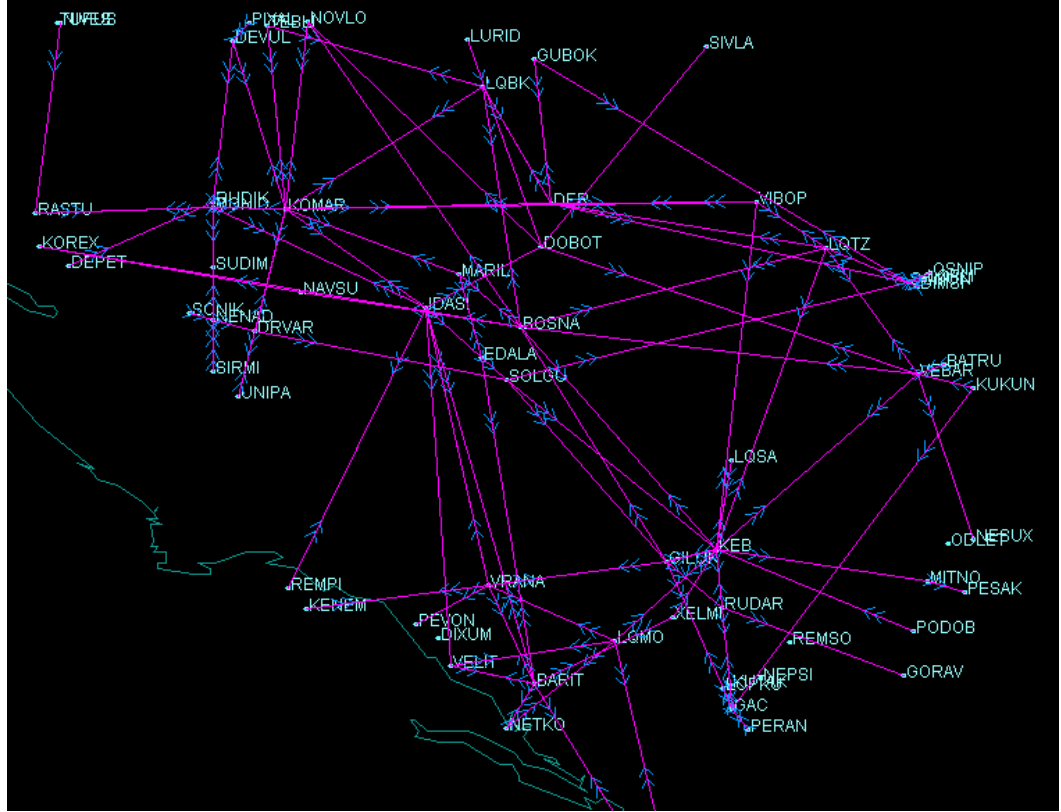
SIMMOD Amerika Birleşik Devletlerindeki ATAC firması tarafından geliştirilen hava alanı ve hava sahası modellemesi amacıyla üretilmiş bir kesikli zaman simülasyon modelidir [12].

SIMMOD programında oluşturulan hava sahası modeline girdi olarak hava yolları ve uçaklar tanımlanmaktadır. Uçak performans verileri program içerisinde tanımlanmıştır. Gerek duyulduğu takdirde bu parametreler değiştirilebilir ya da yeni performans verileri yaratılabilmektedir. Model çıktıları olarak tasarlanan her bir noktadaki ve toplam sistemdeki gerçekleşen uçuş zamanları ve gecikmeleri verilmektedir. Bu veriler ile hava sahasının gecikme analizi yapılabilmektedir. Ayrıca belirli saat aralıklarında hizmet verilen uçak sayısı model raporu olarak

verilmektedir. Belirli saat aralığında hizmet verilebilen uçak sayısı hava sahası kapasitesi olarak değerlendirilmektedir.

4.2. Simülasyon Modelinin Hazırlanması

Bosna Hersek havasahasının SIMMOD programı üzerinde tasarım sürecinde Havacılık Bilgi Yayını (AIP - Aeronautical Information Publication) referans olarak alınmıştır [13]. AIP’de bütün hava sahasındaki noktaların, rotaların ve diğer elemanların koordinatları bulunmaktadır. Bu koordinat bilgileri ışığında hava sahasının modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan Bosna Hersek hava sahası modeli Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. SIMMOD programında oluşturulan Bosna Hersek hava sahası modeli

Ayrırma minimumları simülasyon koşullarına uygun olacak şekilde kademeli olarak 3 deniz milinden (NM) 6 deniz miline (NM) çıkacak şekilde simülasyona girdi olarak tanıtılmıştır. SIMMOD uygulamasına göre herhangi iki uçak arası gereken mesafe, uçak kategorilerine göre her kombinasyonu tanımlanmış olması gerekir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Uçak kategorilerine göre, iki uçak arasında gereken mesafeler

UÇAK KATEGORİ	AĞIR	ORTA	HAFİF	GENEL HAVACILIK
AĞIR	4 NM	5 NM	6 NM	6 NM
ORTA	3 NM	3 NM	4 NM	3 NM
HAFİF	3 NM	3 NM	3 NM	3 NM
GENEL HAVACILIK	3 NM	3 NM	3 NM	3 NM

Şekil 4.2. SIMMOD programındaki uçak tipi sınıflandırması

Çizelge 4.2. Uçak kategorileri

MAKSİMUM KALKIŞ AĞIRLIĞI	UÇAK KATEGORİSİ
< 10,000 LB	Genel Havacılık
10,000 LB - 100,000 LB	Hafif
100,000 LB - 300,000 LB	Orta
>300,000 LB	Ağır

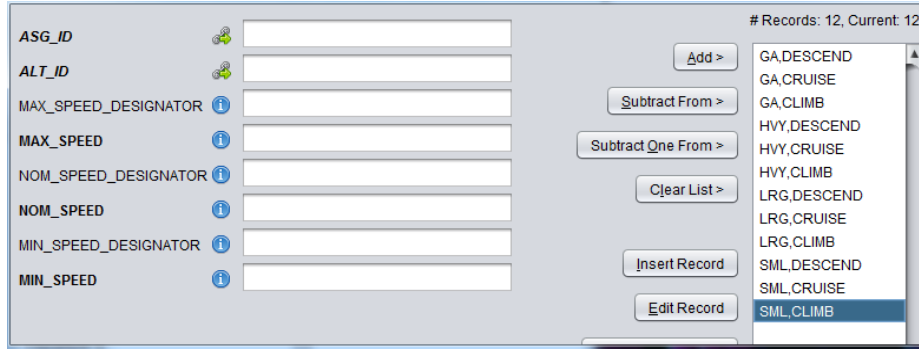
Uçakların maksimum kalkış ağırlığına göre uçak kategorileri Çizelge 4.2'de yer almaktadır.

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi üç farklı rota belirlenmiştir. Kalkış uçakları CLIMB rota tipini kullanır, iniş uçakları ise DESCEND rota tipini kullanır ve transit uçaklar CRUISE rota tipini kullanır.



Şekil 4.3. SIMMOD programında kullanılan rota tipleri

Herhangi bir rota tipi için bütün uçak tiplerinin tanıtılması gerekmektedir. Tanımlanması gereken uçakların hızı, uçağın gerçek hava hızı veya Mach sayısı olarak uçağın kullanabileceği maksimum, ortalama ve minimum hızlar ayrı ayrı tanımlanır.



Şekil 4.4. Rota tipi ve uçak kategori grupları

İniş uçakları genel havacılık uçakları ise, DESCEND rotaları kullanırken maksimum 130 knt ve minimum 80 knt uçabilir. 100 knt hızı yalnızca tavsiyedir. Ağır kategori uçaklar maksimum 350 knt ve minimum 150 knt uçabilir. Orta kategori uçaklar 350 knt ve 130 knt hızı arasındaki hızları kullanabilirler. Hafif kategori uçaklar 150 ve 100 knt hızı ile arasında DESCEND rotasında bulunmaktadır.

ASG_ID	GA	Prior	ASG_ID	HVY	Prior
ALT_ID	DESCEND	Next	ALT_ID	DESCEND	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update	MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	130.0000000	Cancel	MAX_SPEED	350.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I		NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	100.0000000		NOM_SPEED	250.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I		MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	80.0000000		MIN_SPEED	150.0000000	
ASG_ID	LRG	Prior	ASG_ID	SML	Prior
ALT_ID	DESCEND	Next	ALT_ID	DESCEND	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update	MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	350.0000000	Cancel	MAX_SPEED	150.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I		NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	200.0000000		NOM_SPEED	130.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I		MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	130.0000000		MIN_SPEED	100.0000000	

Şekil 4.5. Kategorilerine göre iniş uçakların hızı

Kalkış uçakları genel havacılık uçakları ise maksimum 250 knt, minimum 150 knt uçabilir. Normal koşullarda 200 knt uçuş hızı kullanılmaktadır. Ağır kategori uçakları 600 ve 450 knt arasında uçabilir. 500 knt tavsiye niteliğindeki hızdır. Orta kategori uçaklar maksimum 400 knt, minimum 250 knt bu rotadayken uçabilirler, genelde 300 knt uçar. Hafif kategori uçaklar CLIMB rotasında 250 ve 150 knt arasında uçabilir, normal koşullarda 200 knt uçmaktadır.

ASG_ID	GA	Prior	ASG_ID	HVY	Prior
ALT_ID	CLIMB	Next	ALT_ID	CLIMB	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update	MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	250.0000000	Cancel	MAX_SPEED	600.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I		NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	200.0000000		NOM_SPEED	500.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I		MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	150.0000000		MIN_SPEED	450.0000000	
ASG_ID	LRG	Prior	ASG_ID	SML	Prior
ALT_ID	CLIMB	Next	ALT_ID	CLIMB	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update	MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	400.0000000	Cancel	MAX_SPEED	250.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I		NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	300.0000000		NOM_SPEED	200.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I		MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	250.0000000		MIN_SPEED	150.0000000	

Şekil 4.6. Kategorilerine göre kalkış uçaklarının hızı

Transit uçaklar genel havacılık uçakları ise 250 ve 150 knt arasında hızla uçmaktadırlar. Ağır kategori uçaklar maksimum 550 knt ve minimum 400 knt ulaşabilir. Orta kategori uçaklar 500 knt ve 300 knt hızı arasında uçacaktır. Normal koşullarda 400 knt hızla uçmaktadır. Hafif kategori uçaklar 300 ve 150 knt hız ile arasında CRUISE rotasında bulunmaktadır.

ASG_ID	GA	Prior
ALT_ID	CRUISE	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	250.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	200.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	150.0000000	

ASG_ID	HYY	Prior
ALT_ID	CRUISE	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	550.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	450.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	400.0000000	

ASG_ID	LRG	Prior
ALT_ID	CRUISE	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	500.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	400.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	350.0000000	

ASG_ID	SML	Prior
ALT_ID	CRUISE	Next
MAX_SPEED_DESIGNATOR	I	Update
MAX_SPEED	300.0000000	Cancel
NOM_SPEED_DESIGNATOR	I	
NOM_SPEED	200.0000000	
MIN_SPEED_DESIGNATOR	I	
MIN_SPEED	150.0000000	

Şekil 4.7. Kategorilerine göre transit uçuşların hızı

Şekil 4.8.'de rotanın bir bölümü verilmektedir. Başlangıç ve bitiş noktaları da burada verilmektedir. Rota'nın uzunluğu ve uçuş başı bilgileri de bu kısımdadır.

Bunlara ilave olarak, rota tipi de belirtilmektedir. BOSNA-TO-MARIL rotanın bir bölümüdür. L608 rotasının bir parçasıdır.

ASL_ID	BOSNA-TO-MARIL	Prior
ASN_INITIAL_ID	BOSNA	Next
ASN_FINAL_ID	MARIL	Update
LENGTH_FLOAT	14.4696064	Cancel
HEADING	311	
ALT_ID_USED	CRUISE	
SCT_ID_USED		
WDS_ID_USED		
OVERTAKE_FLAG	PROHIBIT_PASSING	
WAKE_TURB_FLAG	NO_SEQUENCING_TEST	
MAX_AC_ON_LINK	28	
MAX_DELAY_ABSORBED	1.0000000	

Şekil 4.8. SIMMOD programındaki rota örneği

4.3. Pik Saat için Senaryo

SIMMOD programını kullanarak oluşturulan Bosna-Hersek hava sahası modelinde bir saatlik simülasyon için pik saat verileri kullanılmıştır. SIMMOD programında model oluşturulurken 26 uçuş için gerçek zaman, kullandığı rota, uçak tipi, havayolları şirketi ve kategorisine göre hız ortalaması verileri kullanılmıştır.

SIMMOD programında oluşturulan Bosna-Hersek hava sahasının bir saatlik simülasyonu için kullanılan veriler Tablo 4.3.'de bulunmaktadır. Aynı zamanda bu kullanılan veriler aslında pik saat verileridir.

Çizelge 4.3. SIMMOD simülasyonunda kullanılan veriler

	HAVAYOLLARI ŞİRKETİ	UÇAK TİPİ	UÇAK KATEGORİSİ	SIMMOD'DE KULLANILDIĞI UÇAK TİPİ	ZAMAN	GİRİŞ NOKTASI	ROTA	ÇIKIŞ NOKTASI	HIZI	SIMMOD'DE KULLANILDIĞI ROTA TİPİ
1	CTN	A319	M	L (A320)	13:01	SIRMI	M725	RUDIK	423,5	CRUISE
2	ELO	DH8D	M	L (707)	13:02	GUBOK	N131	DIMSİ	285,4	DESCEND
3	AUA	DH8D	M	L (707)	13:02	MARIL	T392	BARIT	353,7	DESCEND
4	CTN	DH8D	M	L (707)	13:03	BATRU	Y88_1	KELEM	306,4	CRUISE
5	PGT	B738	M	L (707)	13:04	NIVES	Y137	RASTU	267,1	DESCEND
6	CTN	DH8D	M	L (707)	13:05	LQSA	LQSA_D1	BOSNA	283,9	CRUISE
7	CTN	A319	M	L (707)	13:08	LQSA	LQSA_D2	BOSNA	370,9	CRUISE
8	AUA	A319	M	L (707)	13:13	LQBK	LQBK_D1	TEBLI	306,0	CLIMB
9	MGX	F900	M	L (707)	13:16	TEBLI	L187	MADOS	347,5	CLIMB
10	JAT	C525	L	S (DC3)	13:19	UNIPA	L196	NOVLO	277,9	CLIMB
11	MGX	F100	M	L (707)	13:20	PERAN	L604_1	NOVLO	384,7	CRUISE
12	JAT	AT72	M	L (707)	13:20	NETKO	P10	VIBOP	263,2	CRUISE
13	AUA	A321	M	L (707)	13:21	UNIPA	L196	NOVLO	388,6	CRUISE
14	SWR	A320	M	L (707)	13:24	VEBAR	L603_1	NOVLO	439,0	CRUISE
15	TVS	B738	M	L (707)	13:24	MADOS	L187_1	TEBLI	415,4	CRUISE
16	JAT	AT72	M	L (707)	13:27	RASTU	P11	VIBOP	242,3	DESCEND
17	TVS	E190	M	L (707)	13:29	SOMUN	N978	OSNIP	286,8	CRUISE
18	CTN	DH8D	M	L (707)	13:30	SIRMI	M725_1	RUDIK	314,2	CRUISE
19	AUA	DH8D	M	L (707)	13:37	SIRMI	M725_1	RUDIK	292,1	CRUISE
20	BER	DH8D	M	L (707)	13:37	KENEM	LQSA_A4	LQSA	301,5	DESCEND
21	CTN	DH8D	M	L (707)	13:39	SONIK	L614	PESAK	333,3	CRUISE
22	CTN	AT72	M	L (707)	13:40	SIRMI	M725_1	RUDIK	231,1	DESCEND
23	AUA	BE9L	L	S (DC3)	13:40	BATRU	Y88_1	KENEM	188,5	CRUISE
24	AUA	A320	M	L (707)	13:49	DOBOT	Y177	NOVLO	451,8	CRUISE
25	GWİ	BE40	M	L (707)	13:51	KOMAR	L608	KEB	378,9	CRUISE
26	GWİ	A319	M	L (707)	13:55	LQSA	LQSA_D3	BOSNA	277,9	CLIMB

4.3.1. Pik saate göre model sonuçları

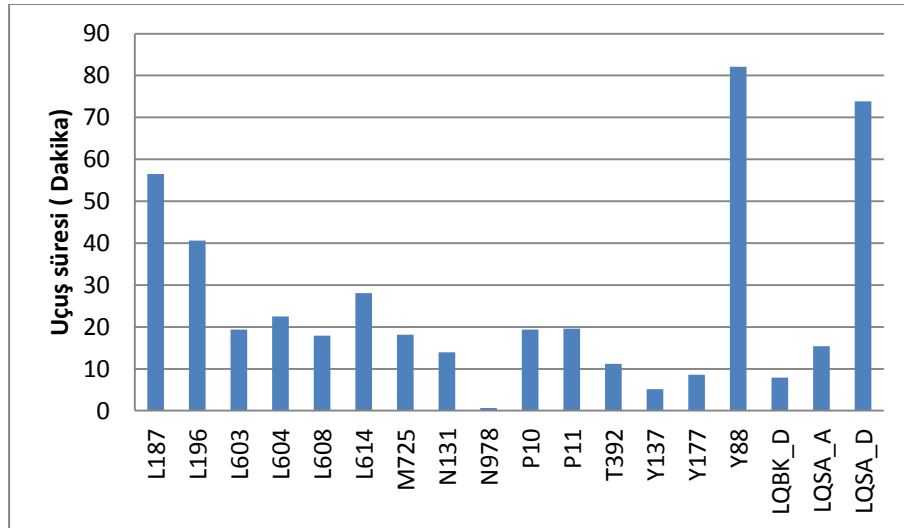
Çizelge 4.1.de görüldüğü gibi toplam 26 uçuştan 24 orta kategoriden, iki hafif kategoriden ve sıfır ağır kategoriden uçuş gerçekleştirmiştir. SIMMOD programındaki uçak tipi sınıflandırmasına göre 24 LRG (Large) ve 2 SML (Small).

Pik günü senaryoda, Bosna Hersek uçuş bilgi bölgesinde olan uçuşlar tekrarlanan simülasyon ile analiz edilmiştir. Bütün tekrarlamalarda mevcut simülasyon koşulları ve uçuş verileri aynı tutulmuştur. Burada verilecek olan sonuçlar pik saat verilerinin simülasyon sonuçlarından oluşmaktadır.

Uçuş süreleri olarak uçuşun simülasyona giriş yaptığı andan çıkış yaptığı ana kadarki havada kalma süreleri hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen 26 uçuş, en yoğun trafik olarak, toplam uçuş süresi ise 461 dakikadır. Tüm uçuşlar aslında bir saatlik, 60 dakikalık bir senaryoda incelenmiştir.

Pik saatlik senaryoda gerçekleştirilen 26 uçuşa ait uçuş sürelerinin uçak tiplerine göre dağılımı Şekil 4.9.'da verilmektedir.

Belirtilen uçuş süreleri simülasyonda incelenen tüm pik saati içerisinde kullanılan rotalar ile birlikte verilmektedir. Şekil 4.9.'de görüldüğü gibi en fazla kullanılan rotalar L187, Y88 ve Saraybosna havalimanından kalkan uçakların kullandığı rotalardır.



Şekil 4.9. Pik saati senaryo rotalara göre uçuş süreleri

Bir saatte 26 uçuş gerçekleştiği ve yoğun trafik ortamı olmadığı için oluşturulan model simüle edildiğinde herhangi bir nokta ya da rotada tıkanıklık

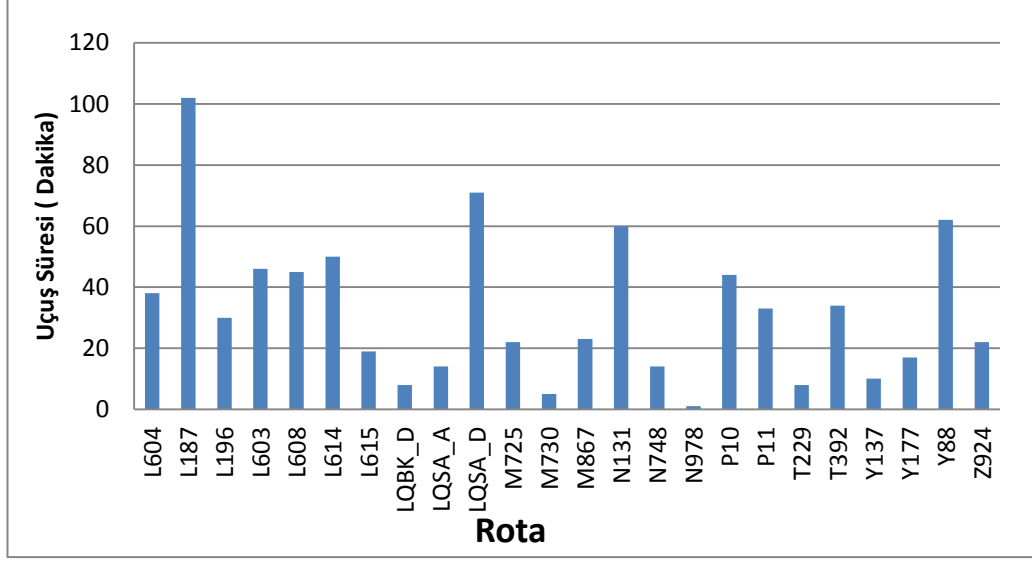
yaşanmamaktadır. Bundan sonraki analizlerde uçak sayısı artırılarak bir saatte 60, 80 ve 100 uçak olmak üzere, üç farklı senaryo da durum incelenecektir.

4.4. Altmış Uçuş ile Bir Saatlik Senaryo

İkinci senaryo da SIMMOD programında oluşturulan Bosna-Hersek hava sahası modelinde altmış uçuşun simüle edilmesi planlanmıştır. İkinci senaryo ile pik saati senaryonun kıyaslanabilir olması için ikinci senaryodaki tüm koşullar pik saati senaryodaki koşullar aynıdır. Kullanılan rotalar, uçakların hızı, iki uçak arasında gereken mesafe parametreleri sabit tutulmuştur. İkinci senaryoda farklı olan yalnızca uçuşların sayısıdır. Pik saatindeki 26 uçuşun simülasyonu ile ikinci senaryodaki 60 uçuşun simülasyonu karşılaştırılacaktır. Bosna-Hersek hava sahasındaki uçuşların sayısı artınca gecikme süreleri, aşırı rotalar ve rotaların kapasitesini incelemek için ikinci senaryo 60 uçuşla yapılmıştır. İkinci senaryo için kullanılan SIMMOD programında oluşturulan model Şekil 4.1.'de belirtilen pik saati senaryosundaki ile aynıdır.

4.4.1. Altmış uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları

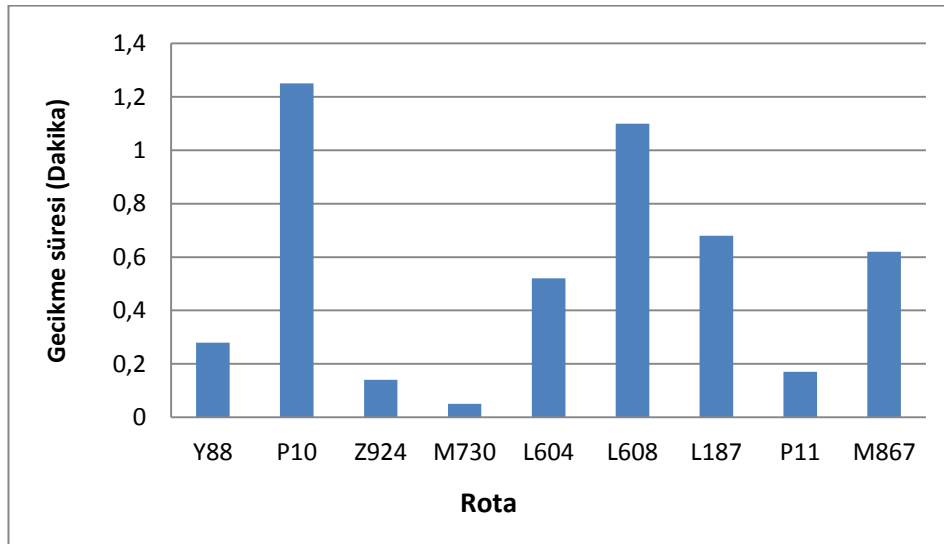
Oluşturulan ikinci senaryo modeline girilen 60 uçuş, simülasyon ortamında incelenmiştir. İkinci senaryoda yer alan uçuşlara ait uçuşların süreleri Şekil 4.10.'da yer almaktadır. Bir saatlik süre ile gerçekleştirilen ikinci senaryo simülasyonunda toplam uçuş süresi 931 dakikadır. Tüm uçuşlar aslında bir saatlik senaryoda incelenmiştir. Burada belirtilen uçuş süreleri her bir uçağın havada kalma sürelerinin toplamıdır.



Şekil 4.10. İkinci senaryoya ait uçuş süreleri

İkinci senaryoda; simülasyon sonucu yapılan analizde saat sonunda gerçekleşen 60 uçuştan toplam 4,8 dakikalık bir gecikmenin yaşandığı görülmüştür. Bu gecikme toplam dokuz uçak nedeni ile oluşmuştur.

Gecikme yaşayan uçak sayısı ve gecikme sürelerinin yanında bir diğer önemli parametre de gecikmelerin daha çok hangi rotalarda yaşandığıdır. Gecikme yaşayan 9 uçuşun rotalara göre dağılımı Şekil 4.11.'de yer almaktadır. Gecikme yaşayan uçakların rotalarına bakıldığında, gecikmenin büyük kısmının P10 ve L608 kullanan uçuşlarda yaşandığı görülmektedir.



Şekil 4.11. İkinci senaryo rotalara göre gecikme süresi

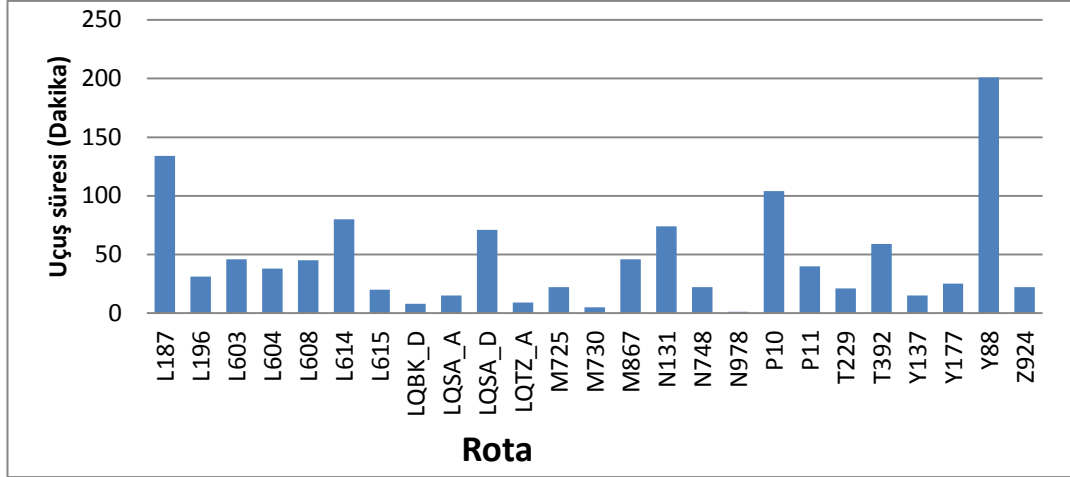
Uçuşlar tarafından en fazla gecikme süresi 6 rotadan üç rotanın içerisinde KEB noktası kesişim noktası nedeni ile oluşmaktadır (P10, L608, Y88). L187 rotası en çok kullanılan ve en uzun rota olmasından dolayı bu rotada da gecikme yaşanmaktadır. M867 ve L604 rotalarındaki gecikme sebebi ise, M867 ve L604 rotalarının bir kısmının aynı olmasından dolayıdır (Edala- Solgu-Giluk).

4.5. Seksen Uçuş İle Bir Saatlik Senaryo

Üçüncü senaryo da SIMMOD programında oluşturulan Bosna-Hersek hava sahası modelinde seksen uçuşun simüle edilmesi planlanmıştır. Üçüncü senaryo ile pik saati ve ikinci senaryonun kıyaslanabilir olması için üçüncü senaryodaki tüm koşullar pik saati senaryo ve ikinci senaryodaki koşullar aynıdır. Kullanılan rotalar, uçakların hızı, iki uçak arasında gereken mesafe ve buna benzeyen koşullar üç senaryoda da sabittir. Üçüncü senaryoda farklı olan sadece uçuşların sayısıdır. Pik saatindeki 26 uçuşun simüle edilmesi, ikinci senaryoda 60 uçuşun simüle edilmesi ve üçüncü senaryoda 80 uçuşun simüle edilmesi kıyaslanacaktır. Bosna Hersek havasahasındaki uçuşların sayısı yükselince gecikme süreleri, aşırı rotalar ve rotaların kapasitesini icelenmek için üçüncü senaryo 80 uçuşla yapılmaktadır. Üçüncü senaryo için kullanılan SIMMOD programında oluşturulan model Şekil 4.1.'de belirtilen pik saati senaryosundaki ile aynıdır.

4.5.1. Seksen uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları

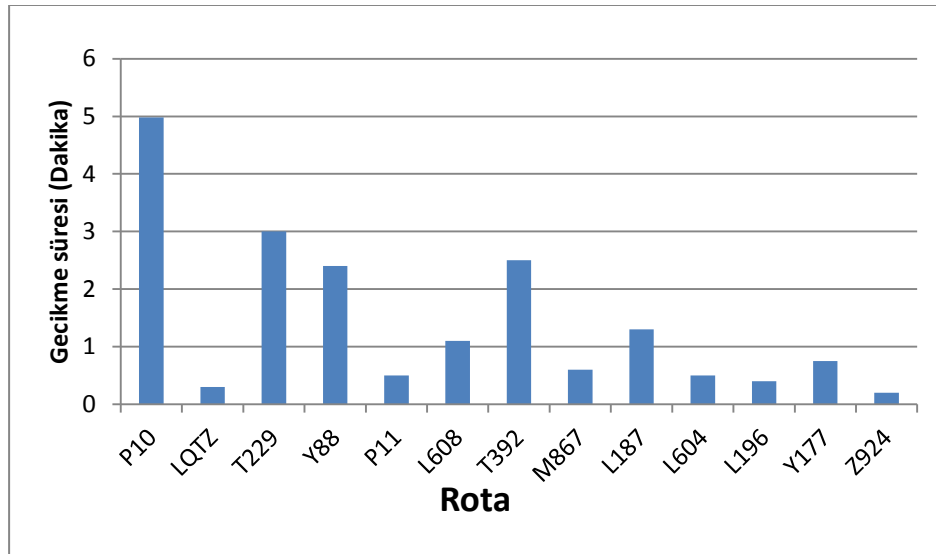
Oluşturulan üçüncü senaryo modeline girilen 80 uçuş, simülasyon ortamında incelenmiştir. Üçüncü senaryoda yer alan uçuşlara ait uçuşların süreleri Şekil 4.12.'de yer almaktadır. Bir saatlik süre ile gerçekleştirilen üçüncü senaryo simülasyonunda toplam uçuş süresi 1268 dakikadır. Tüm uçuşlar aslında bir saatlik senaryoda incelenmiştir. Burada belirtilen uçuş süreleri her bir uçağın havada kalma sürelerinin toplamıdır.



Şekil 4.12. Üçüncü senaryo uçuş süreleri

Üçüncü senaryoda simülasyon sonucu yapılan analizde saat sonunda gerçekleşen 80 uçuştan toplam 19,9 dakikalık bir gecikmenin yaşandığı görülmektedir. Bu gecikme toplam 25 uçak tarafından yapılmaktadır.

Gecikme yaşayan uçak sayısı ve gecikme sürelerinin yanında bir diğer önemli parametre de gecikmelerinin daha çok hangi rotalarda yaşandığıdır. Gecikme yaşayan 25 uçuşun rotalara göre dağılımı Şekil 4.13.'de yer almaktadır. Gecikme yaşayan uçakların rotalarına bakıldığında, gecikmenin büyük kısmının, bir önceki senaryodaki gibi, P10 kullanan uçuşlarda yaşandığı görülmektedir. Bir önceki senaryoda 9 uçak tarafından gecikmeler farklı 9 rotada yaşanmaktadır. Bu senaryoda 25 uçak tarafından gecikme farklı 13 rotada bulunmaktadır.



Şekil 4.13. Üçüncü senaryo için rotalara göre gecikme süresi

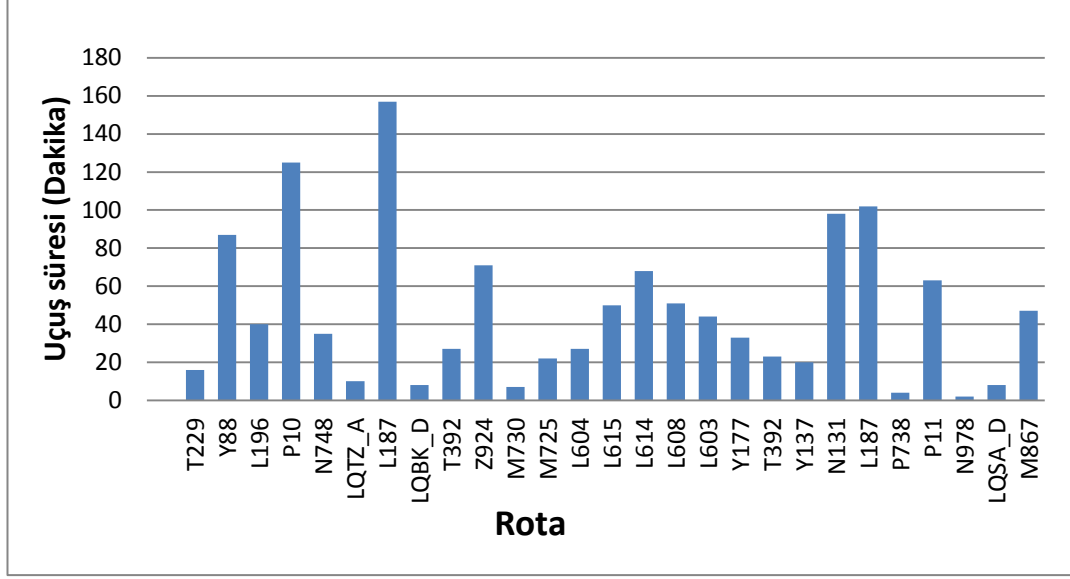
Üçüncü senaryoda altı rotadan gecikme yaşanan dört rotanın içerisinde KEB noktası bulunmaktadır. Önceki senaryodaki gibi bu rota yoğun olduğu için bu rotalarda gecikme yaşanmaktadır. Beşinci gecikme yaşanan rota L187 rotası, en uzun ve en fazla kullanılan rotalardan biridir. T392 Maril- Edala-Barit ortasındaki bir rotadır.

4.6. Yüz Uçuş ile Bir Saatlik Senaryo

Dördüncü senaryo da SIMMOD programında oluşturulan Bosna-Hersek hava sahası modelinde yüz uçuşun simüle edilmesi planlanmıştır. Dördüncü senaryo ile pik saati, ikinci ve üçüncü senaryonun kıyaslanabilir olması için dördüncü senaryodaki tüm koşullar pik saati senaryo, ikinci senaryo ve üçüncü senaryodaki koşulların aynısıdır. Kullanılan rotalar, uçakların hızı, iki uçak arasında gereken mesafe ve buna benzeyen koşullar dört senaryoda da sabittir. Dördüncü senaryoda farklı olan sadece uçuşların sayısıdır. Pik saatindeki 26 uçuşun simüle edilmesi, ikinci senaryoda 60 uçuşun simüle edilmesi, üçüncü senaryoda 80 uçuşun simüle edilmesi ve dördüncü senaryoda 100 uçuşun simüle edilmesi kıyaslanacaktır. Bosna-Hersek hava sahasındaki uçuşların sayısı artınca gecikme süreleri, aşırı rotalar ve rotaların kapasitesini incelemek için, dördüncü senaryo 100 uçuşla yapılmaktadır. Dördüncü senaryo için kullanılan SIMMOD programında oluşturulan model Şekil 4.1.'de belirtilen pik saati senaryosundeki ile aynıdır.

4.6.1. Yüz uçuş ile bir saatlik simülasyon sonuçları

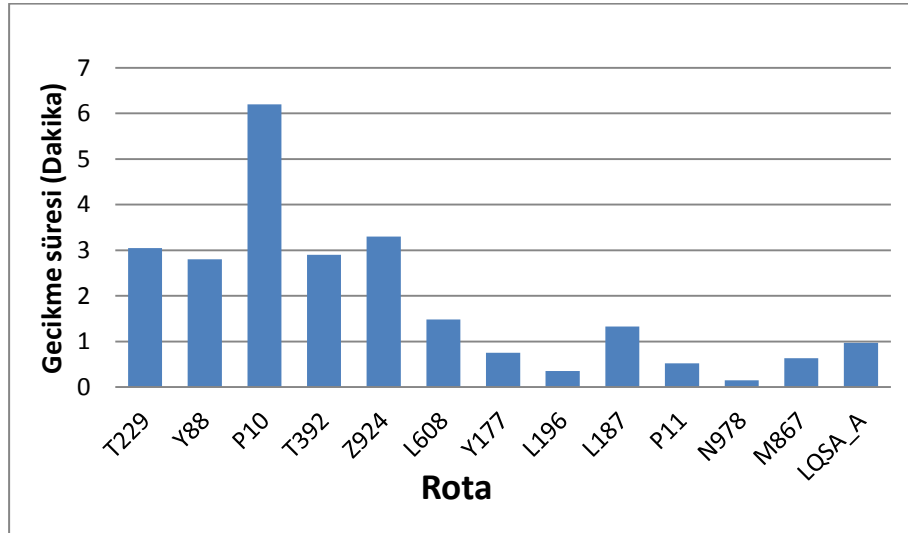
Oluşturulan dördüncü senaryo modeline girilen 100 uçuş, simülasyon ortamında incelenmiştir. Dördüncü senaryoda yer alan uçuşlara ait uçuş süreleri Şekil 4.14.'da yer almaktadır. Bir saatlik süre ile gerçekleştirilen dördüncü senaryo simülasyonunda toplam uçuş süresi 1330 dakikadır. Tüm uçuşlar aslında bir saatlik senaryoda incelenmiştir. Burada belirtilen uçuş süreleri her bir uçağın havada kalma sürelerinin toplamıdır.



Şekil 4.14. Dördüncü senaryoya ait uçuş süreleri

Dördüncü senaryoda simülasyon sonucu yapılan analizde saat sonunda gerçekleşen 100 uçuştan toplam 22 dakikalık bir gecikmenin yaşandığı görülmektedir. Bu gecikme toplam 31 uçak tarafından yapılmaktadır.

Gecikme yaşayan uçak sayısı ve gecikme sürelerinin yanında bir diğer önemli parametre de gecikmelerin daha çok hangi rotalarda yaşandığıdır. Gecikme yaşayan 31 uçuşun rotalara göre dağılımı Şekil 4.15.'de yer almaktadır. Gecikme yaşayan uçakların rotalarına bakıldığında, gecikmenin büyük kısmının, önceki senaryolarda gibi, P10 kullanan uçuşlarda yaşandığı görülmektedir.



Şekil 4.15. Dördüncü senaryo rotalara göre gecikme süresi

Dördüncü senaryoda gecikme yaşanan altı rotadan beş rotanın içerisinde KEB noktası bulunmaktadır (P10, Z924, T229, Y88 ve L608 rotaları). Önceki senaryoda gibi bu rota yoğun olduğu için bu rotalarda gecikme yaşanmaktadır. Burada T392 rotası Maril- Edala-Barit ortasındaki bir rotadır.

4.7. Simülasyon Sonuçları

Toplam 4 senaryo SIMMOD programında incelenmiştir. Çizelge 4.4.'te simülasyona ait sonuçlar verilmektedir. Bir saat içerisinde talep edilen 100 uçuşun 71 tanesi gerçekleşmiştir, geriye kalanı gecikme almıştır. Uçuş sayısı arttıkça, 120 uçuş olduğunda bir saat içerisinde yalnızca gerçekleşen uçuş sayısı 41 uçuşa düşmektedir. Bu durumda bu modeldeki hava sahası rotaların kapasitesi saatte 71 uçuştur.

Çizelge 4.4. Simülasyon sonuçları

UÇUŞ SAYISI	TOPLAM UÇUŞ SÜRESİ	TOPLAM GEÇİKME SÜRESİ	BİR SAATTE GERÇEKLEŞTİREN UÇUŞ SAYISI
26	461 dakika	0	26
60	961 dakika	4,8 dakika	43
80	1267 dakika	19,9 dakika	58
100	1330 dakika	22 dakika	71

4.8. Sunulan Hava Trafik Hizmetleri

Kasım ayı, 2014 yılına kadar Bosna Hersek'in hava trafik hizmet sağlayıcıları Hırvatistan (CCL - Croatia Control Ltd.) ve Sırbistan Karadağ (SMATSA-Serbia and Montenegro Air Traffic Services) seyrüsefer hizmet sağlayıcılarıdır.

CCL, FL 100 ve FL 285 irtifaları arasında terminal kontrol alanları dışındaki hava sahalarında hava trafik hizmeti sağlamaktadır. Bosna Hersek hava sahasında FL 290 üzerindeki hava sahalarında hava trafik hizmetleri belli noktalarda CCL ve SMATSA arasında bölünmüştür.

2014 Kasım ayından itibaren Bosna Hersek'in FL 100 ve FL 325 irtifaları arasında terminal kontrol alanları dışındaki hava sahasında, hava trafik hizmeti

Bosna Hersek sağlanmaktadır. Gelecek yılların içerisinde FL 660'a kadar Bosna Hersek'in hava trafik hizmeti vermeye başlamasını beklenmektedir.

Bosna Hersek halen meydan kontrol ve yaklaşma kontrol hava trafik hizmeti vermektedir. 2014 yılından itibaren FL 325'e kadar hava sahasında da hava trafik hizmet vermeye başlamıştır. Bunu gerçekleştirmek için çoğu şartlar yerine getirilmiştir. Gereken hava trafik radar sistemi Bosna Hersek'te kurulmuştur ve ATC simülatörü çalışmaya başlamak üzeredir. 2015 yılının sonuna kadar gereken sayıda hava trafik kontrolörünün eğitim alıp hava trafik kontrol ünitelerinde çalışmaya başlaması beklenmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı Bosna Hersek hava sahasının kapasite kullanımının incelenmesidir. Çalışmanın ikinci bölümünde Bosna Hersek hava sahası tanımlanmıştır. Saraybosna FIR'ına ait 2013 yılı hava trafik istatistikleri EUROCONTROL'den temin edilmiş ve hava sahası trafik karakteristiklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Araştırmada 2013 yılı içerisinde ve 27.000 feet olan uçuş irtifalarındaki uçuşların istatistikleri kullanılmıştır. Üçüncü bölümde, belirtilen veriler analiz edilmiştir ve sonuçları sunulmuştur. Bu analizlerin içerisinde uçak kategorilerine göre, Saraybosna FIR'ına giriş ve çıkış noktalarına göre analizler de bulunmaktadır.

Uçuşlar analiz edilerek aylara, günlere ve saate göre trafiğin dağılımının yanında, pik gün ve pik saat bulunmuştur. Bosna Hersek havasahası için SIMMOD programında model oluşturulmuştur ve trafik analizleri sonucu bulunan pik saat için model üzerinde farklı senaryolar kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu hava sahasındaki toplam dört farklı senaryoda 26, 60, 80 ve 100 uçuş hızlı zamanlı simülasyon ortamında SIMMOD programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Farklı senaryoların sonuçları karşılaştırılmıştır ve tüm senaryolar için uçuş sayısı, toplam uçuş süresi, gecikme süresi ve bir saatlik simusasyonda gerçekleşebilen uçuş sayısı verilmiştir.

Bu analiz sonucu ile gecikme nedenleri belirlenmiştir ve hava sahasındaki hava yollarının kapasitesi bulunmuştur. FL 270'e kadar hava trafiğinde bir tıkanma yaşanmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ile araştırılan FIR'da verilen yaklaşma ve saha hava trafik hizmetlerinin Bosna Hersek tarafından verilebilir olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Juričić, B., Babić, R.,S., Francetic, I., “Zagreb Terminal Airspace Capacity Analysis, Zagreb“, Traffic Management Priliminary Communication, Promet – Traffic & Transportation, Vo.23, No.5, 367-375, Faculty of Traffic and Transport Sciences, University of Zagreb, Hırvatistan, 2011.
- [2] Mr R.A. Hill, “A Report Into the Check Republic Sectorisation Using the SIMMOD Simulation Tool.“ Eurocontrol Experimental Center, EEC Tack No. AE09, EEC Note No 14/94
- [3] ICAO, Annex 11, “*Air Traffic Services*”, ICAO Publications, 2009.
- [4] Cavcar, A. “*Temel Hava Trafik Yönetimi*“. Anadolu Üniversitesi Yayınları, No.1024, Eskişehir.
- [5] 29 Mayıs 2015 tarihinde alınmıştır:
<http://lyonsharestudios.com/airspace2.shtml>
- [6] BiH Official Gazette, The Aviation Law of Bosnia and Herzegovina, No.2/042009
- [7] AIP BIH,
LQ_GEN_3_1_AERONAUTICAL_INFORMATION_SERVICES_14_MAR_2014, page 2
- [8] Summary of discussions of ANSBH-TP/2, 2001
- [9] Eurocontrol, Local Single Sky Implementation (LSSIP) Bosnia and Herzegovina, 2013.
- [10] AIP BIH, LQ_ENR_2_2_OTHER_REGULATED_AIRSPACE, page 1
- [11] ICAO, Annex 1, “*Personnel Licensing*”, ICAO Publications, 2009.
- [12] Anonim, “ATAC”, Haziran 2012, <http://www.atac.com>].
- [13] Bosnia, Herzegovina, AIP Bosnia and Herzegovina, 2015.