

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAVALİMANI YAKLAŞMA USULLERİ VE ILS SİSTEMİNİN
RİSK BAZLI İNCELENMESİ**

FURKAN KABA

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

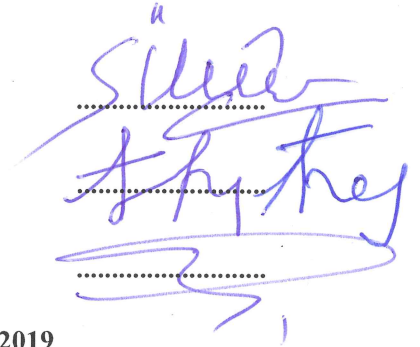
HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVALİMANI YAKLAŞMA USULLERİ VE ILS SİSTEMİNİN
RİSK
BAZLI İNCELENMESİ

FURKAN KABA

Doç. Dr. Satılmış ÜRGÜN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Faruk ARAS
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Serhat AYDOĞAN
Jüri Üyesi, Kapadokya Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 10.06.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, havacılıkta kullanılan yaklaşma sistemleri ile bu sistemlerden birisi olan ILS sisteminin nasıl çalıştığı ve bu sistem sayesinde düşük görüşlü günlerde meydana gelen iptaller ve bunların maliyetini ortaya koymuştur.

Tezin bütün aşamalarında desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Doç. Dr. Satılmış ÜRGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca katkıda bulunan, halen çalışmakta olduğum Türk Hava Yolları A.O.'ya, destek veren çalışma arkadaşlarıma ve yöneticilerime teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana güç veren en büyük destekçim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili eşim Reyhan UYSAL KABA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Nisan – 2019

Furkan KABA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ	1
1. RADYO TEORİ.....	3
2. YAKLAŞMA VE YAKLAŞMA TÜRLERİ	7
2.1. Yeryüzü Temelli Yaklaşma Sistemleri	8
2.1.1. Hassas yaklaşma sistemleri.....	8
2.1.1.1. ILS	8
2.1.1.2. MLS	9
2.1.2. Hassas olmayan yaklaşma sistemleri.....	11
2.1.2.1. VOR.....	11
2.1.2.2. DME	14
2.1.2.3. LORAN C.....	15
2.1.2.4. DECCA.....	17
2.1.2.5. NDB.....	18
2.2. Uydu Temelli Yaklaşma Sistemleri	21
2.2.1. RNAV	21
3. ILS.....	25
3.1. Yer Tesisleri	26
3.2. ALS	32
3.3. GPS.....	34
4. HAVACILIK HARİTALARI	37
4.1. Havacılık Haritaları Çeşitleri	44
4.1.1. Havaalanı vaziyet planı (ADC).....	52
4.1.2. Hava aracı park planı (PRKG).....	54
4.1.3. Hassas yaklaşma arazi planı (PATC).....	55
4.1.4. Standart kalkış usulleri (SID)	56
4.1.5. Standart varış usulleri (STAR)	57
4.1.6. Aletli yaklaşma planları (IAC)	59
4.1.7. Yol planı (En-Route)	62
4.1.8. Diğer özel amaçlı haritalar.....	63
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	64
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR	79
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	82
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Elektromanyetik spektrum	3
Şekil 2.1.	Yaklaşma türleri	6
Şekil 2.2.	ILS ve MLS sistemleriyle yaklaşımı	9
Şekil 2.3.	VOR'un temel çalışma prensibi	10
Şekil 2.4.	VOR cihazı ve uçağın konumu	11
Şekil 2.5.	7 Eylül 2018'de Frankfurt Havalimanı için VOR yaklaşması	12
Şekil 2.6.	DME istasyonu ve çalışma prensibi	13
Şekil 2.7.	ILS/DME'e ait bir yaklaşma prosedürü	14
Şekil 2.8.	LORAN C Sinyal iletimi	15
Şekil 2.9.	LORAN ağı	16
Şekil 2.10.	DECCA kartı örneği	17
Şekil 2.11.	NDB istasyonu ve uçak içi göstergeler	18
Şekil 2.12.	Zaporizhzhia Havalimanı için 18 Mayıs 2018 tarihli NDB Chart'ı	19
Şekil 2.13.	Geleneksel Seyrüsefer Sistemi(Sol), RNAV Sistemi(Sağ)	20
Şekil 2.14.	B-RNAV Sistemi	21
Şekil 2.15.	P-RNAV Sistemi	21
Şekil 2.16.	Frankfurt Havalimanı için 7 Eylül 2018 tarihli RNAV Chart'ı	22
Şekil 2.17.	Katmandu Havalimanı, 1 Haziran 2018 tarihli RNP AR yaklaşması	23
Şekil 3.1.	ILS Sistemi	24
Şekil 3.2.	GS ve LOC değerlerinin uçaktaki görünümü	26
Şekil 3.3.	Markerların etki alanları	26
Şekil 3.4.	7 Eylül 2018 tarihli Frankfurt Havalimanı için ILS CAT II/III Chartı	29
Şekil 3.5.	6 Kasım 2014 tarihli Denver Havalimanı için hazırlanmış LIDO ILS/LOC Chartı	30
Şekil 3.6.	CAT I, CAT II ve CAT III sistemleri için yaklaşma ve pist ışıklandırma düzeni	31
Şekil 3.7.	Havaalanı ışıklandırma sistemlerinin, havaalanı krokilerinde gösterimi	32
Şekil 3.8.	PAPI Sistemi ve uçak yükseklik durumu	33
Şekil 3.9.	VASI Sistemi ve uçak yükseklik durumu	33
Şekil 3.10.	GPS istasyonları	34
Şekil 3.11.	GPS çalışma prensibi	35
Şekil 4.1.	Havacılık haritalarında kullanılan Topoğrafya Sembolleri	37
Şekil 4.2.	Havacılık haritalarında kullanılan Hidrografi Sembolleri	38
Şekil 4.3.	Havacılık haritalarında kullanılan Havaalanı Sembolleri	38
Şekil 4.4.	Havacılık haritalarında kullanılan Havaalanı Pist Sembolleri	39
Şekil 4.5.	Havacılık haritalarında kullanılan Seyrüsefer Tertibatlarının Sembolleri	39
Şekil 4.6.	Havacılık haritalarında kullanılan Geçiş Sembolleri	40
Şekil 4.7.	Havacılık haritalarında kullanılan Uçuş Seviye Sembolleri	40

Şekil 4.8. Havacılık haritalarında kullanılan hava sahası sınıflandırma sembolleri	41
Şekil 4.9. Havacılık haritalarında kullanılan formlardaki temel havaalanı bilgileri	41
Şekil 4.10. Havacılık haritalarında kullanılan temel renk bilgileri	42
Şekil 4.11. Havacılık haritalarının temel kısımları.....	43
Şekil 4.12. Tanıtıcı bilgiler kısmı	44
Şekil 4.13. İletişim bilgileri kısmı	44
Şekil 4.14. Yaklaşma kısa bilgilendirmesi	45
Şekil 4.15. Yaklaşma planı kısmı	46
Şekil 4.16. Yaklaşma profil planı kısmı	48
Şekil 4.17. Hava Durumu Minimaları kısmı	50
Şekil 4.18. Atatürk Havaalanı vaziyet planı.....	53
Şekil 4.19. Atatürk Havaalanı park yerleri haritası	53
Şekil 4.20. Hamad Uluslararası Havalimanı PATC haritası	55
Şekil 4.21. Atatürk Havaalanı SID haritası	55
Şekil 4.22. Atatürk Havaalanı STAR Haritası.....	57
Şekil 4.23. Atatürk Havaalanı IAC Haritası	59
Şekil 4.24. Yol haritası	61
Şekil 4.25. Atatürk Havaalanı kuş göç yolları ve yoğunluğu haritası	62
Şekil 5.1. Odesa (ODS) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları	65
Şekil 5.2. Bişkek (FRU) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları	67
Şekil 5.3. Priştine (PRN) Havalimanı Aylara göre düşük görüş oranları.....	69
Şekil 5.4. Rostov (ROV) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları	71
Şekil 5.5. ERZ Havalimanı için CAT I risk değeri aralığı	72
Şekil 5.6. ERZ Havalimanı için CAT II risk değeri aralığı.....	73
Şekil 5.7. Örnek Havalimanı için CAT I risk değeri aralığı.....	74
Şekil 5.8. Örnek Havalimanı için CAT III risk değeri aralığı	75

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Markerların özellikleri.....	28
Tablo 5.1. Odesa (ODS) Havalimanı görüş mesafesinin 550 m'nin altına düştüğü zamanlar.....	65
Tablo 5.2. Odesa (ODS) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı.....	66
Tablo 5.3. Bişkek (FRU) Havalimanı görüş mesafesinin 350 m'nin altına düştüğü zamanlar.....	67
Tablo 5.4. Bişkek (FRU) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı.....	68
Tablo 5.5. Priştine (PRN) Havalimanı görüş mesafesinin 300 m'nin altına düştüğü zamanlar.....	69
Tablo 5.6. Priştine (PRN) Havalimanı Günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı.....	70
Tablo 5.7. Rostov (ROV) Havalimanı görüş mesafesinin 300 m'nin altına düştüğü zamanlar.....	71
Tablo 5.8. Rostov (ROV) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

€	: Avrupa Birliği para birimi, Euro
kHz	: KiloHertz
MHz	: MegaHertz

Kısaltmalar

ADC	: Aerodrome Chart (Havaalanı vaziyet planı)
ADF	: Automatic Direction Finder (Otomatik Yön Bulucu)
ALS	: Aerodrome Lighting System (Havaalanı Işıklandırma Sistemi)
ALSF-I	: Approach Light System with Sequenced Flashing Lights I (Sırayla Yanan Flaşörlü Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
ALSF-II	: Approach Light System with Sequenced Flashing Lights II (Sırayla Yanan Flaşörlü Yaklaşma Aydınlatma Sistemi II)
AM	: Amplitude Modulation (Genlik Modülasyonu)
APV	: Approach with Vertical Guidance (Dikey Rehberli Yaklaşma)
AWOS	: Automated Weather Observing System (Otomatik Hava Gözlem Sistemi)
BAL	: Batman Havalimanı IATA kodu
BDS	: BeiDou Navigation Satellite System (BeiDou Navigasyon Uydu)
B-RNAV	: Basic Regional Navigation (Temel Saha Seyrüseferi)
CAT	: Category (Kategori)
CVOR	: Geleneksel VOR
DEN	: Denver Havalimanı IATA kodu
DME	: Distance Measurment Equipment (Mesafe Ölçüm Donanımı)
DVOR	: Doppler VOR
ERZ	: Erzurum Havalimanı IATA kodu
FAP	: Final Approach Point (Son Yaklaşma Noktası)
FM	: Frekans Modulation (Frekans Modülasyonu)
FRA	: Frankfurt Havalimanı IATA kodu
FRU	: Bişkek Havalimanı IATA kodu
GLONASS	: Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
GS	: Glide Slope (Süzülüş Hattı)
HF	: High Frequency (Yüksek Frekans)
HIALS	: High Intensity Approach Lighting System (Yüksek Yoğunluklu Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
HIALS II	: High Intensity Approach Light System II (Yüksek Yoğunluklu Kategori II ye Uyumlaştırılmış Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
IAC	: Instrument Approach Chart (Aletli Yaklaşma Planları)
IATA	: International Air Transport Association (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği)

ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
ILS	: Instrument Landing System (Aletli İniş Sistemi)
IRNSS	: Indian Regional Navigation Satellite System (Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi)
IST	: İstanbul IATA kodu
KFS	: Kastamonu Havalimanı IATA kodu
LDIN	: Lead- in Lights (Sırayla Yanan, Flaşörlü Yönlendirme Aydınlatmaları)
LF	: Low Frequency (Düşük Frekans)
LOC	: Localizer
LORAN	: Long Range Navigation (Uzun Mesafeli Navigasyon)
LTP	: Landing Threshold Point (İniş Eşiği Noktası)
MALS	: Medium-Intensity Approach Light System (Orta Yoğunluklu Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
MALSR	: Medium Intensity Approach Lighting System with Runway Alignment Indicator Lights (Pist Belirleme Göstergesi, Aydınlatmalı Orta Yoğunluklu Yaklaşma İniş Sistemi)
MF	: Medium Frequency (Orta Frekans)
MLS	: Microwave Landing Sistem (Mikrodalga İniş Sistemi)
MM	: Middle Marker (Orta Marker)
NDB	: Non Directional Beacon
NGA	: Global Positioning System Monitor Station Metadata (Uydu Yer İzleme İstasyonu)
NM	: Nautical Miles (Deniz Mili)
OCA(H)	: Obstacle Clearance Altitude (Height) (Mania Klerasans Yüksekliği)
ODALS	: Omni-Directional Approach Light System (Çok Yönlü Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
ODS	: Odessa Havalimanı IATA kodu
OM	: Outer Marker (Dış Marker)
OZH	: Zaporizhzhia Havalimanı IATA kodu
PAPI	: Precision Approach Path Indicator (Hassas Yaklaşma Yol Göstergesi)
PAR	: Precision Approach Radar (Hassas Yaklaşma Radarı)
PATC	: Precision Approach Terrain Chart (Hassas Yaklaşma Arazi Planı)
PRKG	: Parking Position Chart (Hava Aracı Park Planı)
PRN	: Priştine Havalimanı IATA kodu
P-RNAV	: Precision Regional Navigation (Kesin Saha Seyrüseferi)
QDM	: Magnetic Bearing to a Station
QZSS	: Quasi-Zenith Satellite System (Kuazi Zenit Uydu Sistemi)
RNAV	: Regional Navigation (Saha Seyrüseferi)
ROV	: Rostov Havalimanı IATA kodu
SALS	: Short Approach Lighting System (Kısa Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
SHF	: Super High Frequency (Süper Yüksek Frekans)
SID	: Standard Instrument Departure (Standard Kalkış Usulleri)
SJJ	: Sarajevo Havalimanı IATA kodu
SMA	: Segment Minimum Altitude (Segment Minimum Yüksekliği)

SSALS	: Simplified Short Approach Lighting System (Basitleştirilmiş, Kısa Yaklaşma Aydınlatma Sistemi)
STAR	: Standard Terminal Arrival Route (Standart Varış Usulleri)
TACAN	: Tactical Air Navigation System (Taktik Hava Navigasyon Sistemi)
TAF	: Terminal Aerodrome Forecast (Terminal Havaalanı Tahmini)
TVOR	: Terminal VOR
UHF	: Ultra High Frequency (Ultra Yüksek Frekans)
UTC	: Coordinated Universal Time (Koordine Edilmiş Evrensel Zaman)
VASI	: Visual Approach Slope Indicator (Görerek Süzülüş Hattı Göstergesi)
VFD	: Variable Frequency Drive (Değişken Frekanslı Sistem)
VFR	: Visual Flight Rules (Görerek Yaklaşma Prosedürü)
VHF	: Very High Frequency (Çok Yüksek Frekans)
VLf	: Very Low Frequency (Çok Düşük Frekans)
VOR	: Very High Frequency Omnidirectional Range (Çok Yüksek Frekanslı Çok Yönlü Radyo Yayını)
YKO	: Hakkari Yüksekova Havalimanı IATA kodu

HAVALİMANI YAKLAŞMA USULLERİ VE ILS SİSTEMİNİN RİSK BAZLI İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, havalimanı yaklaşma sistemleri hakkında genel bir bilgi vermek ve dünyada en yaygın kullanılan aletli iniş sistemlerinden biri olan ILS' in önemini ortaya koymaktır. Ayrıca düşük görüş mesafesinin olduğu durumlarda ILS sisteminin sağlayacağı faydayı ve maddi kazancı incelemektir.

Bir uçağın uygun doğrultuda ve süzülüş açısıyla inmesi için gereken veriler, büyük ölçüde, inilen havalimanında bulunan yaklaşma sisteminden temin edilmektedir. Bu çalışmada yer temelli ve uydu temelli seyrüsefer sistemleri, havacılıkta kullanılan haritalar ve ILS sisteminin çalışma prensipleri, CAT I, CAT II ve CAT IIIa,b,c yaklaşma sistemleri ve bunların kullanım sahaları anlatılmıştır. Uçuşa yardımcı olan havaalanı yaklaşma sistemlerinden olan ve hassas yaklaşma türleri içinde en yaygın olarak kullanılan ILS oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır. Düşük görüş mesafesinin ekonomik anlamda oluşturduğu kayıplar niceliksel olarak hesaplanarak ortaya koyulmuştur. Bu hesaplar için Kosova Priştine, Ukrayna Odessa, Rusya Rostov ve Kırgızistan Bişkek havalimanları seçilmiştir. Ayrıca seçilen örnek havalimanlarına dair veriler üzerinde yapılan hesaplamalar aracılığıyla, ILS kategorilerinin yükseltilmesinin önemi belirtilmiştir. Limit altı görüş nedeniyle yapılamayan veya geciken uçuşların sebep olduğu maliyetlere dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CAT, Düşük Görüş, Gecikme Maliyeti, Hassas Yaklaşma, ILS.

AIRPORT APPROACH PROCEDURES AND RISK BASED EXAMINATION OF ILS SYSTEM

ABSTRACT

The aim of this study is to give general information about airport approach systems and to specify the importance of ILS, which is one of the most widely used instrument landing systems in the world. Furthermore, to analyze the advantages and the financial benefits of the ILS system when used in low visibility.

The data required for the descent of an airplane in the proper direction and gliding slope are, to a great extent, obtained from the approach system established at the descended airport. In this study, ground-based and satellite-based navigational systems, maps used in aviation and working principles of ILS system, CAT I, CAT II and CAT III a, b, c approach systems, and their usage areas are described. ILS, which are the most commonly used in the precision approach types and support the flight navigationally provide considerable advantages. Economic losses caused by low visibility have quantitatively been calculated and presented. For these calculations, Kosovo Pristina, Ukraine Odessa, Russia Rostov, and Kyrgyzstan Bishkek airports were selected. In addition, the importance of upgrading the ILS categories, as indicated by the calculations, was specified based on the data of selected sample airports. The costs caused by flights that could not be made or delayed due to the low visibility were highlighted.

Keywords: CAT, Low Visibility, Delay Cost, Precision Approach, ILS.

GİRİŞ

İnsanlık tarihi kadar eski olan uçma hayali adına birçok kez denemeler yapmıştır. Kayıtlara giren ilk uçuş 9.yüzyılda Armen Firman'ın yaptığı paraşüt uçuşudur. 11. yüzyılda Abbas Ibn Firnas'ın planörüyle yaptığı ise ilk kısa mesafeli uçuştur [1]. 15. yüzyılda ise İtalyan sanatçı, mimar ve mühendis Leonardo da Vinci tarafından uçan-makine tasarımı yapılmıştır. Günümüz helikopterinin atası sayılan "Leonardo da Vinci's Ornithopter"ini tasarlamıştır [2]. 17. Yüzyılda ise Hezarfen Ahmet Çelebi Galata Kulesi'nden Üsküdar'a uçarak tarihteki yerini almıştır [1]. 1871 yılında yapısal dengeli model uçağı ile Alphonse Pénau, ilk defa 11 saniyede 40 metre uçurarak havacılıkta yeni bir çığır açmıştır. Wright kardeşler'in 17 Aralık 1903'te havalanan ilk uçakları havacılık tarihine damga vurmuştur.

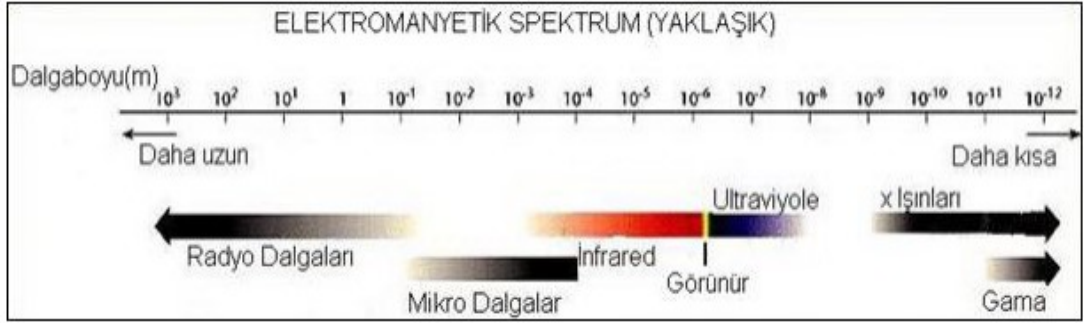
Günümüzde ise havacılık teknolojileri her geçen gün gelişmekte ve havayolu taşımacılığı, ulaşım sektöründe en büyük paya sahip olmaktadır. Uçağın güvenli şekilde uçuşu ve inişinde en önemli rol oynayan faktörlerden biri de kullanılan seyrüsefer ve yaklaşma sistemleridir. Yaklaşma kısaca uçağın belirli bir hat boyunca süzülerek havalimanına inişini tamamlaması süreci olarak tanımlanabilir. Bu prosedür sırasında uçağın ve pilotun yaklaşmayı gerçekleştirmesi için gereken bilgiler inilen havalimanında bulunan yaklaşma sisteminden temin edilmektedir. Yaklaşma sistemleri, farklı türdeki verileri referans alarak uçağın havalimanına olan mesafesi ve yaklaşma sırasında izlenmesi gereken süzölüş açısı, pistin coğrafi yönü gibi bilgileri uçağı gönderir. Bu sistemler temelde hassas ve hassas olmayan yaklaşma olmak üzere iki başlıkta incelenebilir. Hassas olmayan yaklaşma; yanal yönlendirmenin kullanıldığı fakat dikey yönlendirme bulunmayan bir aletli yaklaşma ve iniş sistemleridir [3]. Bu yaklaşma sistemi VOR veya NDB gibi cihazlarla sağlanır. Bu cihazlar yer konuşlu olup radyo sinyalleriyle çalışan ve VFR uçuşlar dâhil olmak üzere, hava seyrüseferinde yol gösterme araçları olarak da kullanılırlar [4]. Hassas yaklaşma; uçağın, operasyonel kategorilere göre yanal ve dikey bilgi sağlayarak yaptığı bir alet yaklaşması ve inişidir [3]. Operasyonel Kategoriler, havalimanı yaklaşma prosedürlerine göre farklılık gösterip temelinde bulut tavanı ve

görüş mesafesine göre sınıflandırılır. Pilot, ilgili havalimanındaki yaklaşma kategorisinin minimalarını kontrol edip, hali hazırdaki en güncel hava durumuyla kıyaslar ve iniş yapıp yapamayacağına bulut tavanı ve görüşe bağlı olarak karar verir. Aletli hassas yaklaşma sistemi olan ILS (Instrument Landing System) uzun yıllardır kullanılmaktadır. ILS iniş sistemi, görüşün çok düşük olduğu şartlarda bile pilota ve uçağa referans sağlayarak güvenli bir şekilde inişe yardımcı olur bu nedenle günümüzde yaygın olarak kullanılmakta ve tercih edilmektedir. ILS alet alçalması sırasında, inilecek olan ilgili pist konfigürasyonu için dikey ve yatay olmak üzere bilgi vererek, hatasız şekilde yaklaşma ve inişi sağlar. ILS sağladığı düşük görüş minimumları sayesinde, diğer yaklaşma türlerine kıyasla operasyonel açıdan çok daha uygun ve yararlı bir iniş destek sistemidir. Havalimanında ILS kurulumu belli (yeryüzü şekilleri, yükselti, doğal ve suni mânialar) şartlara bağlıdır. Bu şartlar yerine getirilip kurulum yapılabilirse, havayolu şirketlerinin uçuşlarını iptal etmeden, ya da gecikme yaşanmadan yapabilmesi daha fazla oranda mümkün olacaktır. Günümüzde artan yakıt, teknik bakım gibi maliyetler nedeniyle uçuğu süre boyunca para kazanan uçaklar, uçmadıkları ya da gecikme yaşadıkları zamanlarda şirketlere ciddi mali kayıplar yüklemektedir. Düşük ILS kategorisine bağlı olarak birçok meydana uçakların inişi gecikmekte veya o meydana iniş yapılamamaktadır. Havayolu taşımacılığı söz konusu olduğunda bir uçuşun gecikmesinden doğacak maliyetin hesaplaması oldukça karmaşık bir işlem olup ilk etapta akla gelmeyecek pek çok faktör bu maliyete etki etmektedir. Maliyet hesabı en temelde yakıt, uçağın bakımı, filo giderleri, personel maliyeti ve yolcu maliyetlerine dayanmaktadır. Bu parametrelerden doğan masraflar, uçağın uçuşun hangi aşamasında gecikme olduğuna göre de değişmektedir. Havadaki gecikme ile taksi sırasındaki veya park pozisyonunda beklemenin maliyeti aynı olmamaktadır. Ayrıca gecikmeye konu olan uçağın tipi (B738, B744, A319, A321 gibi...) de bu maliyetleri etkilemektedir. Avrupa'daki havayollarını esas alarak gecikme maliyetleri için referans değerleri hesaplayan rapora göre 2014 yılı esas alındığında bir uçağın gecikme maliyeti dakika başına 100 € olarak belirlenmiştir. Bu rakam yukarıda sözü edilen tüm değişkenlerin yaklaşık değerlerine dayalı olarak hesaplanmıştır. Uçağın modeli vb. faktörlere göre bu ortalama değer değişmekte olup, yakıt, bakım, personel veya yolcu giderlerinin bu değere yaptığı katkı da farklılaşmaktadır [5].

1. RADYO TEORİ

Radyo dalgaları günümüzde havacılık sektörünün vazgeçilmez unsurlarının başında gelmektedir. Uçakların iniş ve kalkış sistemlerinde, seyrüsefer sırasında arazinin topoğrafya bilgisinin edinilmesinde, hava trafiğinin düzenlenmesinde ve uçakların konum bilgisinin bulunması gibi birçok yerde kullanılmaktadır. Bu bölümde radyo dalgalarının yapısı, özellikleri, çeşitleri ve sınıflandırılmaları anlatılacaktır. Radyo dalgalarının özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Radyo Dalgaları Elektromanyetik Spektrumda en uzun dalga boyuna sahip olan dalgalarıdır. Şekil 1.1’de Elektromanyetik Spektrum verilmiştir. Şekil incelendiğinde spektrumun 7 ana kısma ayrıldığı görülmektedir. En uzun dalga boyundan en kısa dalga boyuna doğru bir sıralama ise Radyo, Mikro, Infrared, Görünür, Ultraviyole, X ışınları ve Gama Işınları şeklindedir.
- Bu dalgalar sinüs dalgaları gibidirler.
- Radyo dalgaları ışık hızında hareket ederler.
- Frekansları düşüktür. Frekans, birim zamandaki (1saniye) periyod sayısıdır. Periyod ise bir dalganın herhangi bir noktasından başlayarak tekrar aynı noktaya gelmesidir.
- Dalganın frekansı arttıkça menzili düşer.
- Dalganın yayıldığı ortam çok önemlidir. Deniz yüzeyi gibi engel ve sürtünmenin az olduğu ortamlarda dalganın menzili fazla iken dağ, şehir gibi engel ve sürtünmenin yüksek olduğu ortamlarda menzil daha kısadır.
- Radyo Dalgalarının frekansı 3 kHz’den büyüktür. Radyo dalgalarının frekansları genel olarak düşük, orta ve yüksek frekanslı olarak ayrılmasına karşın toplamda 8’e ayrılmaktadır.
- Radyo Dalgalarına Elektrik ve Manyetik alanlar eşlik etmekte ve bu iki alan birbirlerine diktir. Dalganın yayılma yönü ise bu ikisine diktir.
- Radyo dalgaları yansıma, kırınım ve kırılma özelliklerine sahiptir.
- Radyo dalgaları yansıma, kırılma ve kırınım sırasında emilebilir, sönmülenebilir veya enerji kaybedebilir [6].



Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum [7]

Radyo Dalgalarının yayılması sırasında ortam şartlarından dolayı bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu problemler;

- Fading Olayı; Frekansı ve enerjisi aynı olan iki radyo dalgasının aynı alıcıya aynı anda gelmesi sonucunda gelen dalga için iki durum söz konusu olabilmektedir. Birinci durumda iki dalga aynı fazda ise dalga güçlenmesi olur. İkinci durumda ise faz farkından dolayı dalganın gücünde zayıflama olur [6].
- Sessizlik Konisi; Dikey doğrultuda $\pm 45^\circ$ 'lik bir alanda (koni biçimde) istasyon tarafından gönderilen sinyaller uçaklar tarafından güvenilir bir şekilde alınmazlar. Uçakların bulunduğu irtifa ve konuma göre sinyal değişimlerinden kaynaklı olarak azalma görülebilmektedir [6].

Radyo Dalgalarını yayınımına göre 3'e ayrılmaktadırlar. Bunlar;

- Gök Dalgaları; Atmosferin en dış katmanı olan iyonosfer seviyesine kadar çıkıp yansıyan dalgalardır. Geceleri bu dalgalar daha uzun menzile sahiptirler. Gök dalgaları vericinin gücü, açısı, rakımına ve gün içerisindeki zaman durumuna bağlı olarak menzili değişir.
- Yer Dalgaları; Kaynaktan itibaren gücünü tamamen yitirene kadar yer yuvarlağına paralel bir yörünge takip eden dalgalardır. Toprağın nemlilik oranı, vericinin frekansı ve gücü menzili etkilemektedir.
- Optik Dalgalar; Frekansı 30 MHz'den yüksek olan ve yansımaya uğramadan iyonosfer tabakasını delerek uzaya geçen dalgalardır. Bunlar doğrusaldırlar [6].

Radyo Dalgaları 7 farklı frekansa sahip çeşitleri bulunmaktadır [6]. Bunlar,

VLF;

- 3 – 30 kHz frekansına sahiptirler.

- 4000 deniz mili menzile sahiptirler.
- Yer ve gök dalgalarını kullanmaktadırlar.
- Radyo yayınları için kullanılırlar.
- Hava koşullarından etkilenirler.

LF;

- 30 – 300 KHz frekansına sahiptirler.
- Yer dalgaları 1500 deniz mili, gök dalgaları ise 3000 deniz mili menzile sahiptirler.
- Yer ve gök dalgalarını kullanmaktadırlar.
- NDB ve LORAN yayınları için kullanılırlar.
- Hava koşullarından etkilenirler.

MF;

- 300 kHz – 3 MHz frekansına sahiptirler.
- 300 ila 1000 deniz mili arasında yüzey yapısına göre menzili vardır.
- Yer, direkt ve gök dalgalarını kullanmaktadırlar.
- NDB ve LORAN yayınları için kullanılırlar.
- Fading problemi vardır.

HF;

- 3 – 30 MHz frekansına sahiptirler.
- 300 ila 1000 deniz mili arasında gece gündüze göre değişen menzili vardır.
- Direkt ve gök dalgalarını kullanmaktadırlar.
- Uzun menzilli haberleşme yayınları için kullanılırlar.

VHF;

- 30 – 300 MHz frekansına sahiptirler.
- 100 ila 300 deniz mili arasında irtifaya göre değişen menzili vardır.
- Direkt dalgaları kullanmaktadırlar.
- VOR, ILS Marker, VFD, FM Radyo ve televizyon yayınları için kullanılırlar.

UHF;

- 300 MHz – 3 GHz frekansına sahiptirler.

- 200 deniz milinden fazla irtifaya göre değişen menzili vardır.
- Direkt dalgaları kullanmaktadırlar.
- DME, ILS Glide Path, TACAN, GPS yayınları için kullanılırlar.

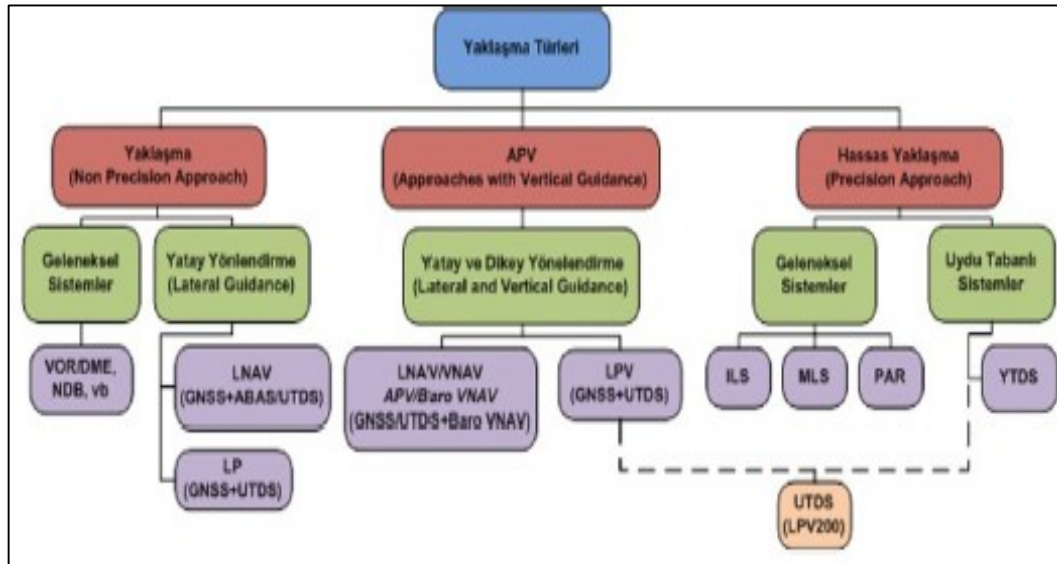
SHF;

- 3 GHz – 300 GHz frekansına sahiptirler.
- 200 deniz milinden fazla irtifaya göre değişen menzili vardır.
- Direkt dalgaları kullanmaktadırlar.
- MLS, radar sistemleri yayınları için kullanılırlar.

Radyo Dalgaları ile çalışan sistemler 3 temel prensipten birini kullanarak çalışmaktadır. Bu sistemlerden birisi olan dairesel sistemler, yerde ki vericiden gönderilen radyo dalgasının gidiş-geliş süresini hesaplayarak, uçağın konumunun bulunmasına imkân vermektedir [6]. Radar ve DME sistemleri bu sistemlerden bazılarıdır. Diğer bir sistem olan hiperbolik sistemler, bir uzak ve bir yakın vericiden gelen sinyallerin alıcıda oluşturduğu zaman farkının ölçülmesiyle uçağın konum bilgisi bulunur. LORAN sistemi bu sistemi kullanmaktadır. Diğer bir sistem ise açısal sistemlerdir. Açısal sistemler, sinyalin verici ve uçağa göre açısal konumunun hesaplanması prensibine dayanarak çalışmaktadır [6]. VFD, ILS ve VOR gibi sistemler bu sistemi kullanmaktadır.

2. YAKLAŞMA VE YAKLAŞMA TÜRLERİ

20. yüzyılın başından itibaren gelişmeye başlayan havacılık araçları hızlı bir şekilde karmaşık ve güvenilir bir hal almaya başlamışlardır. Hava araçlarının teknolojik bakımdan gelişmesinin yanı sıra bu araçlara hizmet eden yapılarında teknolojiyle beraber gelişme göstermesi kaçınılmazdır. Burada gelişen teknolojiyle beraber değişen ve değişmekte olan hava araçları seyrüsefer yardımcı elemanlarından olan yaklaşma sistemleri ele alınacaktır. Yaklaşma türleri 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; Hassas Olmayan Yaklaşma, Hassas Yaklaşma ve Dikey Rehberli Yaklaşma (APV)'dır. Hassas olmayan yaklaşma sistemleri kendi içerisinde geleneksel ve yatay yönlendirmeli olarak ikiye ayrılmaktadır. Hassas yaklaşma sistemleri, geleneksel ve uydu tabanlı sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. APV sistemleri ise yatay/dikey yönlendirme olarak isimlendirilmektedir. Şekil 2.1'de yaklaşma türleri ayrıntılı olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada hassas olmayan yaklaşma türlerinden geleneksel sistemler ve hassas yaklaşma sistemlerinden geleneksel sistemler ayrıntılı olarak incelenecektir.



Şekil 2.1. Yaklaşma türleri [8]

Hassas olmayan yaklaşma, elektronik süzülüş hattının sağlandığı standart alet yaklaşma prosedürüdür. VOR, TACAN, NDB vb. sistemler hassas olmayan

yaklaşma sistemleridir. Hassas yaklaşma, elektronik süzülüş hattının sağlandığı standart alet yaklaşma prosedürüdür. ILS, MLS ve PAR gibi sistemler ise hassas yaklaşma sistemleridir. Uydu yardımıyla yapılan yaklaşımlarda yatay ve dikey referans sağlansa da henüz hassas yaklaşma olarak ifade edilememektedir.

2.1. Yeryüzü Temelli Yaklaşma Sistemleri

Tüm hava araçları seyrüsefer sırasında yeryüzünde bulunan sistemler vasıtasıyla kalkış, iniş ve uçuş esnasında yardım almaktadır. Bu uçuşa yardımcı sistemler genelde temel olarak elektromanyetik dalgalardan biri olan radyo dalgalarını kullanmaktadır. Yeryüzünde bulunan bir verici ile hava aracında bulunan alıcı arasındaki veri akışı sayesinde sistem entegre bir şekilde çalışmaktadır. Bu sistemler genel olarak hassas ve hassas olmayan yaklaşma sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Hassas yaklaşma sistemleri ILS ve MLS, hassas olmayan yaklaşma sistemleri ise VOR, NDB, LORAN C ve TACAN gibi sistemlerdir. Bu sistemlerin yanında yeryüzü tabanlı olarak çalışan radarlar da mevcuttur. Bu bölümde hassas ve hassas olmayan yaklaşma sistemleri ayrı ayrı başlıklar halinde incelenecektir.

2.1.1. Hassas yaklaşma sistemleri

2.1.1.1. ILS

1949 yılında ICAO tarafından izin verilen uçağın piste iniş yapması için kullanılan “aletli iniş sistemine” ILS denilmektedir. ILS sistemi uçağın iniş yaparken uçakta ve yerde bulunan sistemler sayesinde pist başına kadar hassas bir şekilde yaklaşmasını sağlamaktadır. Günümüzde birçok havalimanında kullanılmaktadır. Sistem temel olarak iki radyo vericisinin yayınladığı dalgaların yardımı ile çalışır. Meydanda bulunan radyo vericisinin bir tanesi yatay düzlem yayını yaparken diğeri dikey düzlemde yayın yapmaktadır. Uçakta bulunan radyo sinyallerini algılayan sistem sayesinde güvenli bir iniş yapılabilmektedir. ILS sisteminin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları [9];

- Diğer iniş sistemlerine göre maliyetleri düşüktür.
- Görüş mesafesi 0 metre’ye kadar düşmesine rağmen sorunsuz bir iniş gerçekleştirilebilir.
- Birçok havayolunun uçakları bu iniş sistemi uygulayabilmektedir.

- Dikey ve yatay mesafe bilgisi pilot açısından olumlu fayda sağlamaktadır.

ILS sisteminin avantajları yanı sıra bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar;

- 40 kanala sahip olması.
- Düşey ve dikey yönlerde taradığı alanın dar olması.
- Helikopter ve düşük sürate sahip araçlarını desteklememesi.
- Kar ve şiddetli yağışların radyo dalgalarının enerjisini düşürmesi sistemin verimini düşürmesi.
- Kurulması planlanan havalimanı çevresini engebesiz, düz ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olması nedeniyle her yere kurulamaması [9].

2.1.1.2. MLS

1978’de ICAO tarafından onay verilen MLS, ILS’in dezavantajlarını bertaraf etmek amacıyla kullanıma başlanmıştır. Dünya üzerinde günümüzde Almanya, Hollanda, İsviçre, İngiltere ve Fransa’da ki bazı havalimanlarında kullanılmaktadır. MLS sistemi ufki yol gösterme alanı her iki tarafta da 40°’lik alan ve en az 20 NM’lik menzile sahiptir. Dikey yol gösterme de ise yer seviyesinden ± 30 derecelik bir alanı kapsamaktadır. MLS sistemi 5030-5090 MHz frekansını kullanarak, M harfi ile başlayan ve mors alfabesini kullanan 4 harfli bir tanıtım sistemine sahiptir. MLS temel verisi istasyon tanıtması, ufki ve dikey konum, yer cihazı performansı ve DME-P kanalı ve durumunu içermektedir. Bunun yanı sıra yardımcı veri olarak da pist ve hava durum bilgisi, koordinatları ve MLS cihazlarının yerleşimleri de verilebilmektedir. Yaklaşma prosedürü sırasında bu kod dakikada en az 6 kez yayınlanmaktadır [10]. MLS sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir;

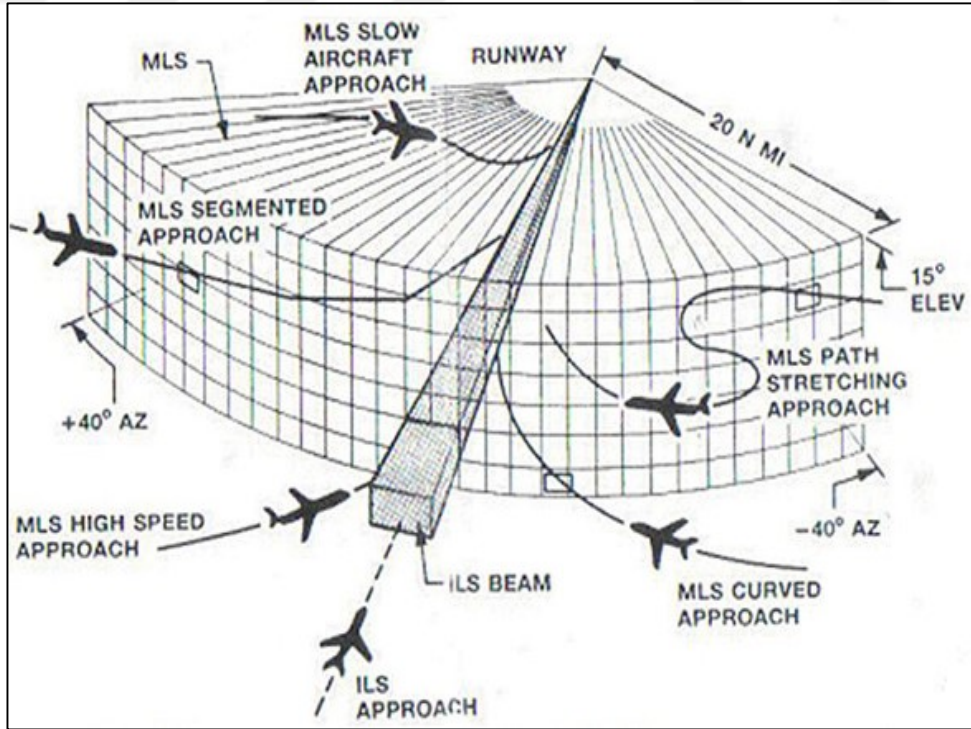
- ILS 40 kanallık bantta çalışırken MLS 200 kanallık bant kullanmaktadır.
- ILS sisteminde bir sonraki alçalma için sistem tekrar kullanılmadan önce belli bir zaman aralığı olması gerekmektedir. MLS sisteminde buna gerek yoktur. Bundan dolayı aynı süre içerisinde ILS’e göre daha fazla uçağa hizmet verebilmektedir.
- ILS sisteminde pistin orta hattı boyunca alçalma yapılabildiğinden dolayı alçalma yapan uçak sayısı kısıtlıdır ancak MLS sistemi pist orta hattından itibaren en az ± 40 derecelik QDM ve 0,9 ile 20° arasında glideslope tolereansına sahiptir. Kritik sahası ILS’e göre çok daha iyidir.

- Mobil olarak kullanılabilir. Kurulumu kolay ve boyutları küçüktür. Mevcut sistemler ile uyumlu bir şekilde çalışabilir.
- CAT III kriterlerine uygundur.
- Topoğrafyadan fazla etkilenmez ve zararlı enterferanslardan etkilenmez.
- Hemen hemen tüm havacılık araçlarına hizmet verebilmektedir [10].

MLS sisteminin avantajları yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır [10]. Bunlar;

- Maliyeti ILS sistemine göre çok fazladır.
- Mikro dalga kullanıldığı için çevre ve insanlar için oldukça zararlıdır.
- MLS yaygın değildir. Yaygın olmamasının en önemli sebebi birçok havayolunun uçaklarında maliyetlerinden dolayı MLS donanımının bulunmamasıdır.

Şekil 2.2’de ILS ve MLS sistemlerinin yaklaşma yapış biçimleri gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde ILS sisteminin pistin merkez hattı boyunca kısıtlı sayıda iniş izni verdiği görülmektedir. MLS sisteminin ise aynı anda pistin merkez doğrultusu ve çevresinde ki farklı hızlarda ki birçok uçağı kontrol edebildiğı görülmektedir.

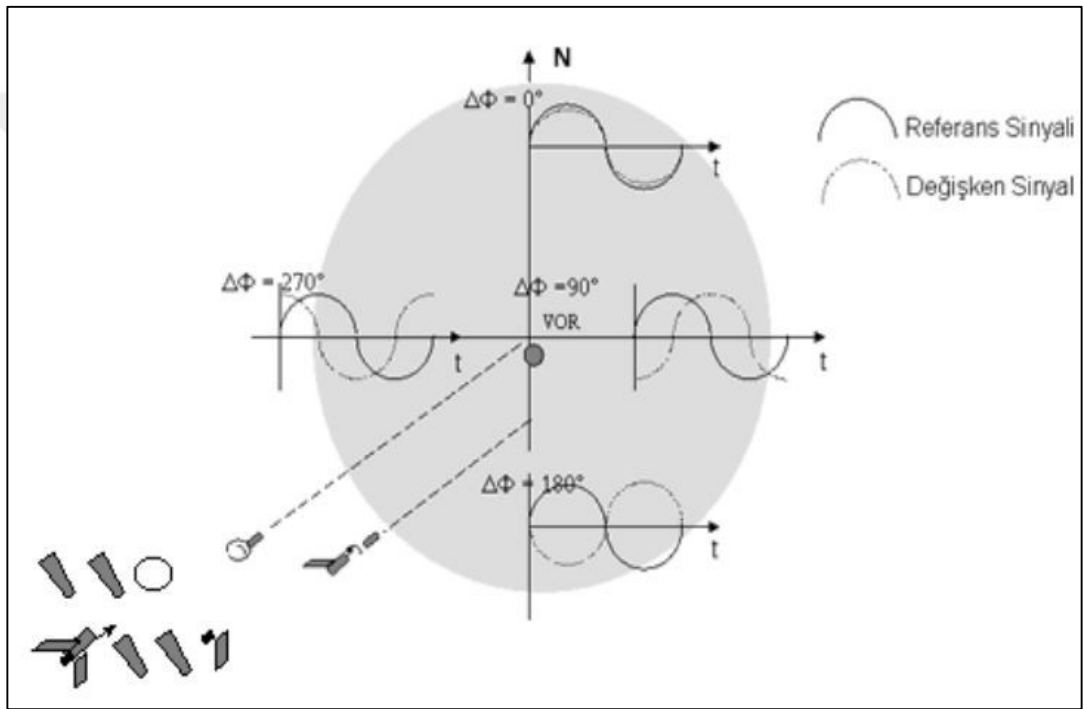


Şekil 2.2. ILS ve MLS sistemleriyle yaklaşma [11]

2.1.2. Hassas olmayan yaklaşma sistemleri

2.1.2.1. VOR

Çok yüksek frekanslı ve çok yönlü radyo yayını olan VOR, kısa ve orta menzilli navigasyon cihazıdır. VOR sistemi 108.00 ile 117.95 MHz aralığında ki çok yüksek frekanslarda çalışmaktadır. Uçuşlarda VOR, uçuşun yapılacağı iki meydan arasında pilotlara, manyetik kuzeye göre açı bilgisini sağlar [12]. VOR sisteminin çalışma prensibi Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. VOR’un temel çalışma prensibi [13]

Şekil 2.3’den de anlaşılacağı iki farklı sinyal arasındaki faz farkından yararlanılmaktadır. Sinyallerin birisi referans kabul edilmektedir. Bu referans sinyal 360° yayın yapmaktadır. Diğer sinyal ise saniyede 30 defa döner ve her bir derece değişim bir derecelik faz farkına sebep olur. Etkileşim halinde olan faz farkına sahip yer sistemi ve uçakta bulunan sistem sayesinde manyetik kuzeye göre açı elde edilmiş olur. VOR, tanıma işareti genellikle mors alfabesi kullanılarak üç harften meydana gelerek yayınlanmaktadır [13]. Örneğin; SEAFORT / SKF 115.0.

VOR sisteminin uçak içi parçaları ise anten, frekans seçici ve indicator’dür. Anten, yer sistemleri ile sinyal alışverişini sağlamaktadır. Frekans seçici, kullanılan

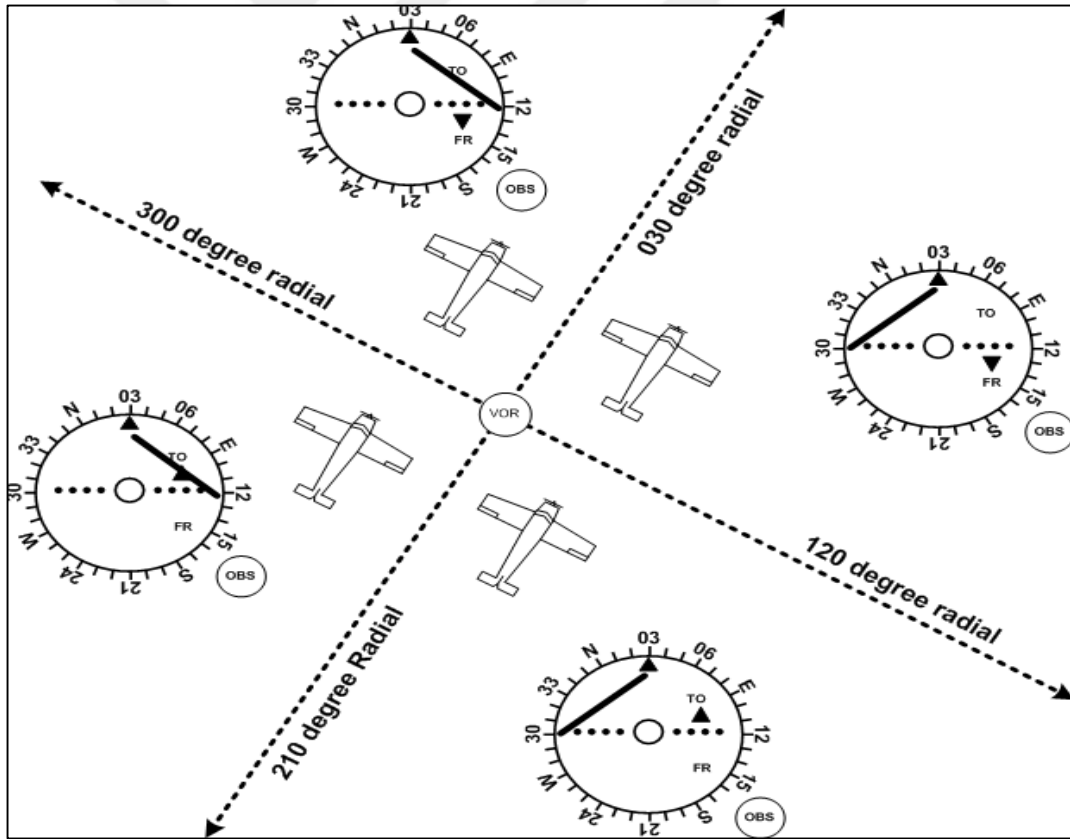
frekansın seçilmesini sağlamaktadır. Indicator ise alınan sinyalleri göstermektedir. 3 çeşit VOR bulunmaktadır [13]. Bunlar;

a- Geleneksel VOR (CVOR): Referans sinyali olarak FM, değişken sinyal olarak ise AM kullanan VOR tipidir. Alet diyagramı saat yönünde dönmektedir.

b- Doppler VOR (DVOR): Referans sinyali olarak AM, değişken sinyal olarak ise FM kullanan VOR tipidir. Alet diyagramı saat yönünün tersine dönmektedir. Geleneksel VOR'a göre daha hassastır.

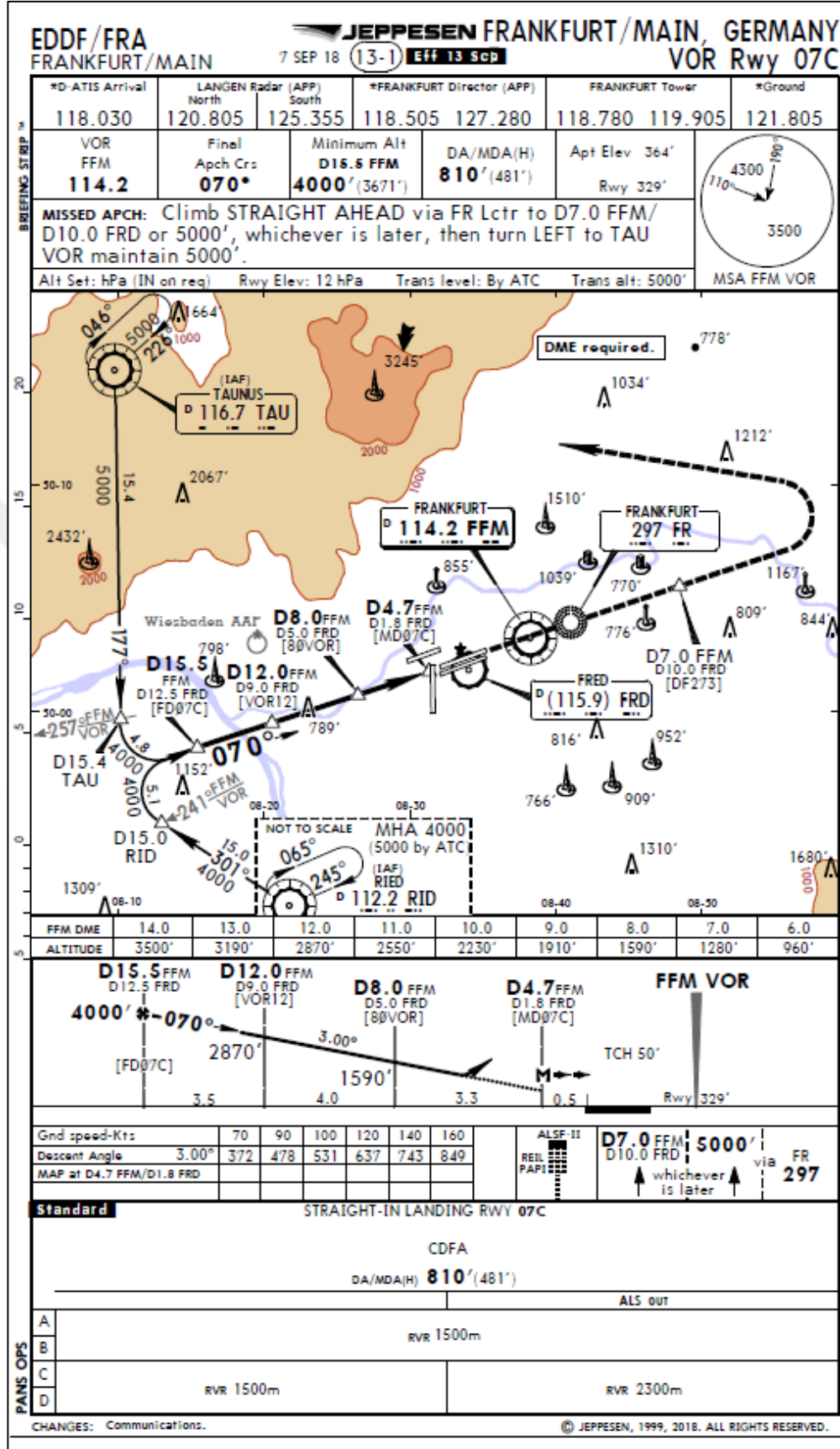
c- Terminal VOR (TVOR): Terminalde bulunmaktadır. 25 NM kadar yatay, 1000-12000 feet arası dikey çalışabilmektedir.

Şekil 2.4'de VOR cihazına göre uçaakta bulunan göstergedeki değişim görülmektedir. Şekilde 300, 210, 120 ve 30 derecelere göre değişim bariz bir şekilde görülmemektedir. VOR cihazını hava araçları için önemi bir kez daha görülmektedir.



Şekil 2.4. VOR cihazı ve uçağın konumu [14]

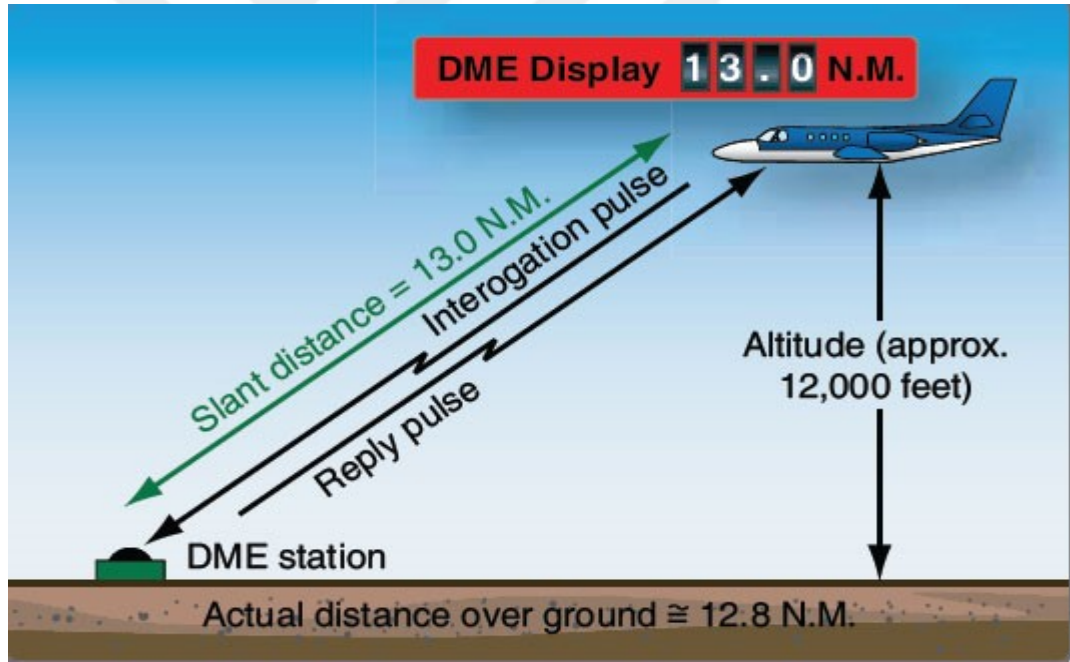
Şekil 2.5'de ise Frankfurt Havalimanı için Jeppesen firması tarafından hazırlanan VOR örneği bulunmaktadır.



Şekil 2.5. 7 Eylül 2018'de Frankfurt Havalimanı için VOR yaklaşması [15]

2.1.2.2. DME

DME, uçağın kalkış yaptığı andan itibaren iniş yapacağı havalimanına kadar ki mesafeleri hesaplayan donanımdır. Uçakta bulunan DME vericisi anlık olarak radyo dalgalarını yerde bulunan DME alıcısına göndermektedir. Alıcıya gelen bu veriler tekrar vericiye gönderilir. Gidiş-gelişte geçen bu süreden yola çıkarak varılacak olan havalimanına olan uzaklık hesaplanır. Bir radyo sinyali 12,36 milisaniye de 1 deniz mili(nm) yaklaşık 1,852 m yol almaktadır. DME cihazları 960 – 1215 MHz gibi çok yüksek radyo frekanslarında çalışmaktadır [16]. Şekil 2.6’da DME yer istasyonu ve çalışma prensibinin şeması gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde DME cihazından elde edilen verinin rakamsal ve deniz mili cinsinden olduğu görülmektedir. DME sadece mesafe bilgisi verdiği için yön gösteren VOR, ILS gibi cihazlarla birlikte kullanılır.

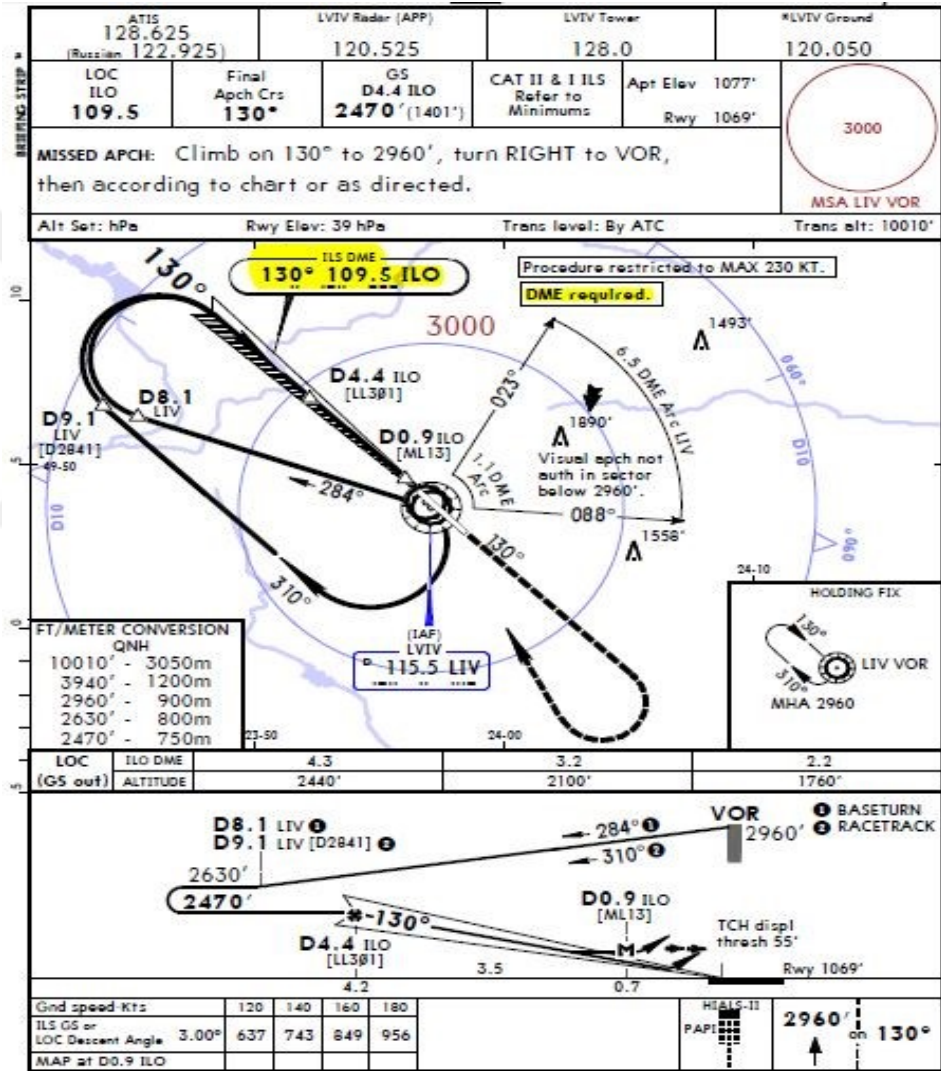


Şekil 2.6. DME istasyonu ve çalışma prensibi [17]

DME kullanımının birçok avantajı bulunmaktadır [18]. Bunlar;

- Radar tanınmasında yardımcı olmaktadır.
- Radar cihazının bulunmadığı hava sahalarında hava araçlarının birbirini tanınmasını ve ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır.
- Hassas olmayan yaklaşımlarda mesafe ve yükseklik bilgisi vermektedir.

DME sisteminin kullanılması sırasında bazı problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu problemlerin başında sinyallerin araziden etkilenmesi gelmektedir. Yüksek arazi yapısı ve binalar sinyallerin kesilmesine sebep olmaktadır. Bu sinyal kesilmesinden kurtulmak için yankı koruma devresi ilave edilmiştir. Bu problemin yanında sistemin doğruluğu %95 ihtimalle hata mesafesi maksimum $\pm 0,2$ nm'dır. Bu oran hava aracının cinsine, modeline, güncel teknoloji kullanıp kullanmamasına, yer tesislerinin özellikleri gibi etkenlere bağlıdır [18].

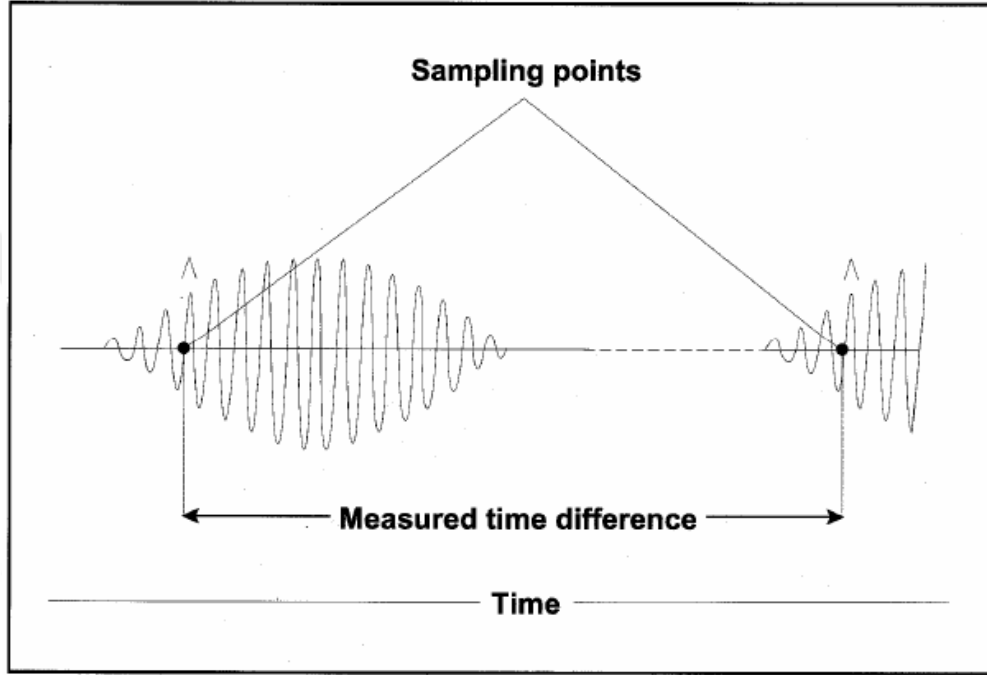


Şekil 2.7. ILS/DME'e ait bir yaklaşma prosedürü [19]

2.1.2.3. LORAN C

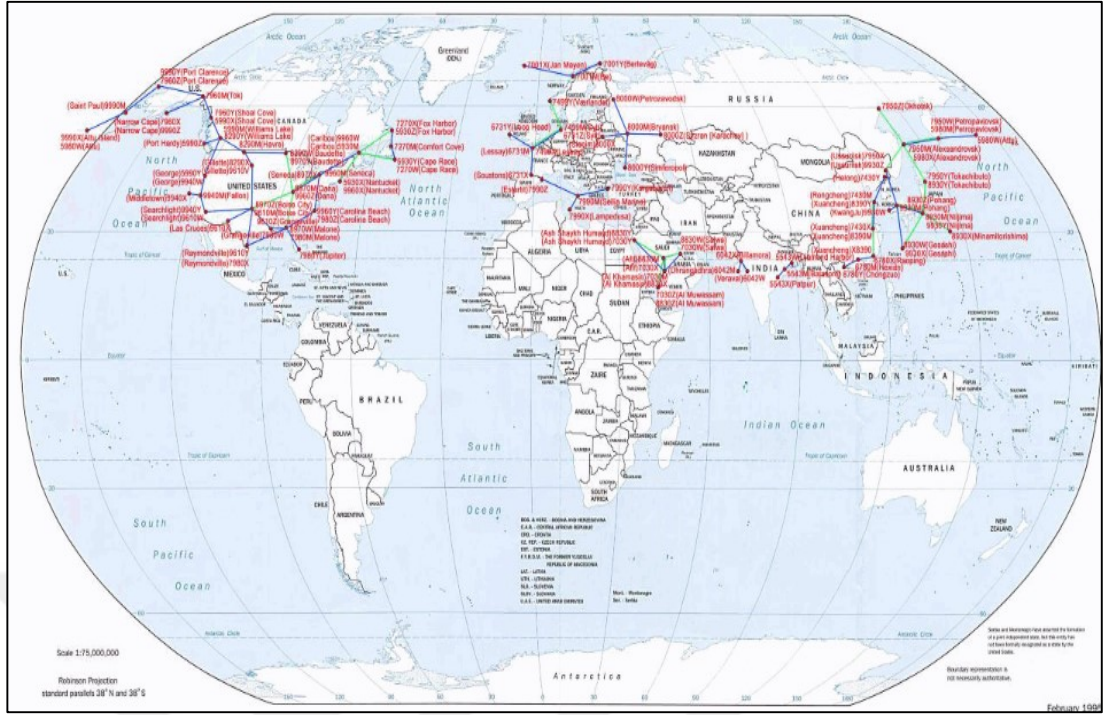
LORAN C, uçağın konumunu bulmaya yarayan hassas olmayan yaklaşımlarda kullanılan bir cihazdır. 100 kHz frekansında çalışan bir hiperbolik sistemdir. Farklı istasyonlardan gönderilen sinyallerin zaman farkından yararlanarak uçağın

konumunun bulunmasını sağlar. Sistem ana bir istasyon ve buna bağı olarak çalışan birkaç yardımcı istasyon bütününden oluşmaktadır. LORAN, mikro saniye cinsinden tanımlanan tek tip bir grup tekrarlama aralığı ile bir birincil istasyon ve en az iki ikincil istasyondan oluşan entegre bölgesel diziler veya zincirlerde uygulanır. Bir sonraki darbe setini iletmeden önce geçen süre, birincil iletimin başlamasının bir sonraki birincil sinyal iletiminin başlamasına olan mesafe ile tanımlanır [20].



Şekil 2.8. LORAN C Sinyal iletimi [20]

İkincil istasyonlar bu darbe sinyalini primerden alır, daha sonra bir yanıt sinyali iletmek için ikincil kodlama gecikmesi olarak bilinen önceden belirlenmiş bir milisaniye bekler. Belirli bir zincirde her ikincilin kodlama gecikmesi farklıdır ve her ikincil sinyalinin ayrı tanımlanmasına izin verir. Bu sinyallerin yayılmasını meteorolojik faktörler, çevresel gürültüler ve uçak üzerindeki statik oluşumlar etkilemektedir [20]. Şekil 2.9’da dünya üzerinde kurulu olan LORAN istasyonları gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde LORAN ağının ticari uçuşların çok sayıda yapıldığı Kuzey Amerika, Avrupa ve Güneydoğu Asya Bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir.



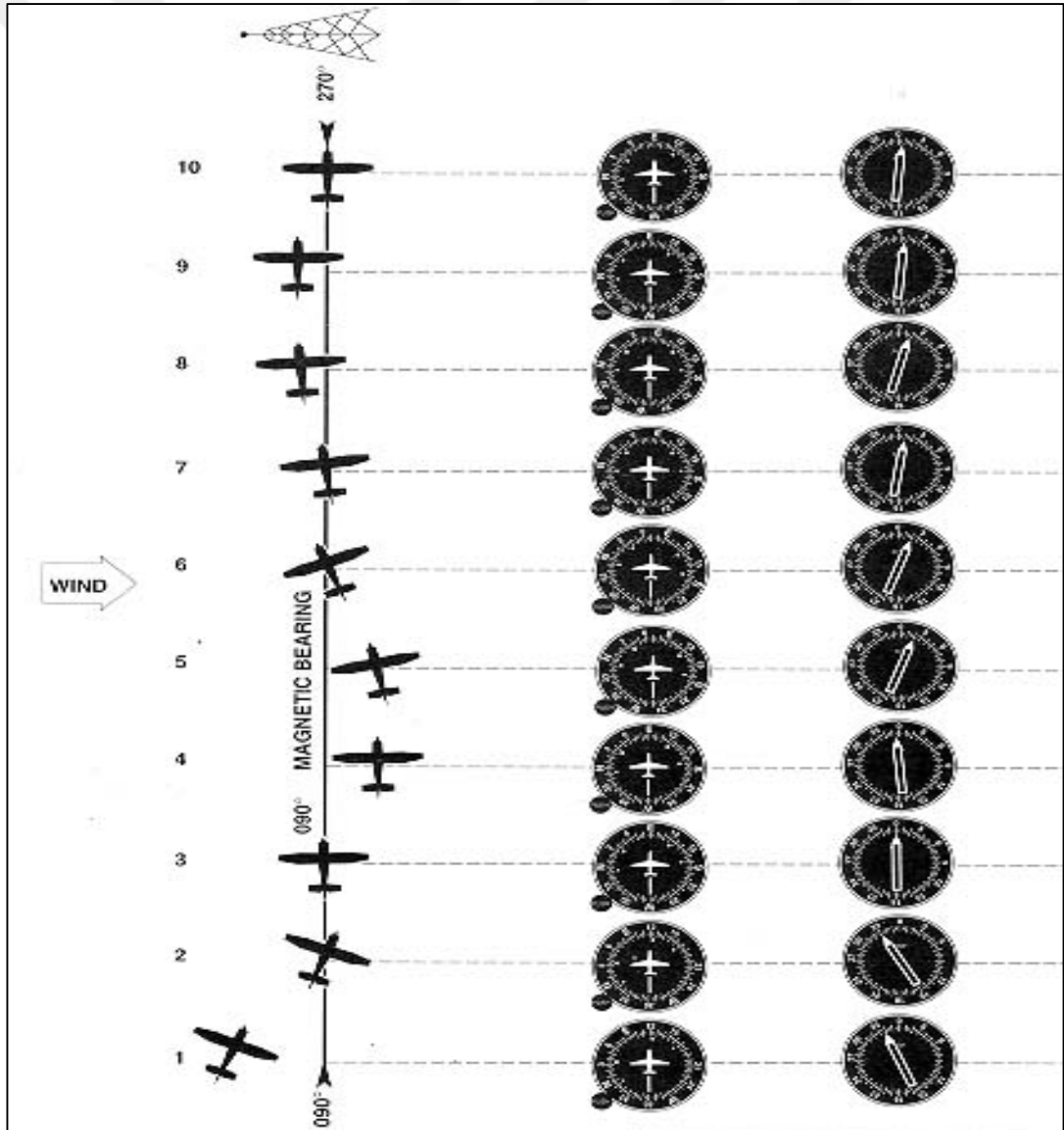
Şekil 2.9. LORAN ağı [21]

2.1.2.4. DECCA

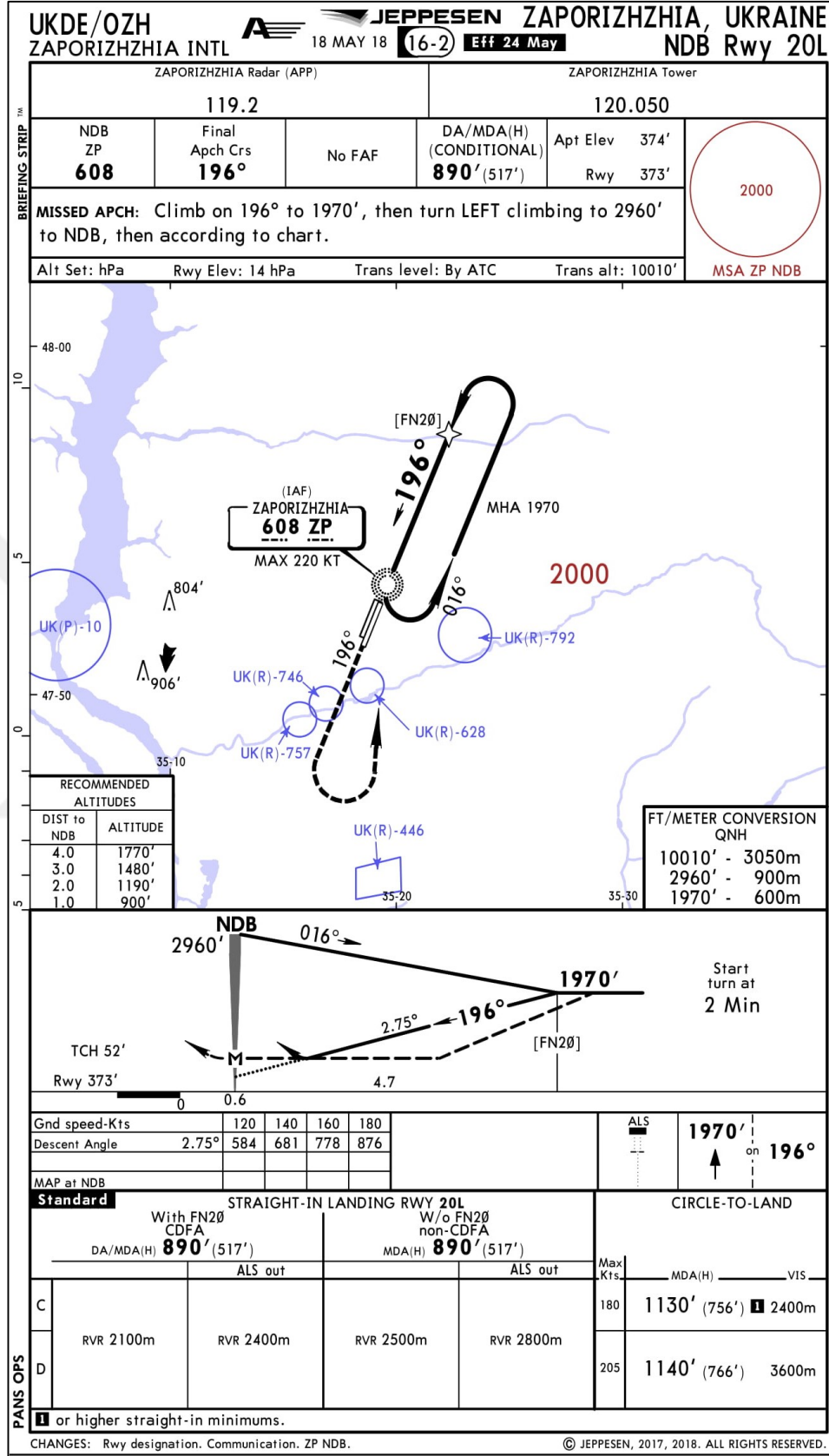
Decca, 2000 yılından itibaren kullanımdan kaldırılan konum tespit etme sistemidir. Sistemde ana ve buna bağlı yardımcı sinyal gönderici noktalar vardır. Ana ve yardımcı vericilerin oluşturduğu her yapı aile olarak isimlendirir. Birden fazla ailenin oluşturduğu bu zincire de Decca Zinciri denir. Her ana ve bağlı vericilerin yaydığı radyo dalgaları bir hiperbol oluşturmaktadır [22]. Sinyallerde ki faz farkı kullanılarak uçağın konumu harita üzerinde belirlenebilmekteydi. Şekil 2.10'da verilen Decca kartı incelendiğinde Decca kartlarının özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz. 2008 yılında yayınlanan Türk Hava Yolları Anonim Ortaklığı Uçuş Eğitim Akademisi Müdürlüğü eğitim dokümanına göre [22];

- Bölge genişlikleri tamamen frekanslarla ilişkili olup, kırmızı, yeşil ve mor istasyonlar için ayrıdır.
- Bölgenin genişliği, merkez hattı boyunca kullanılan frekansın dalga boyu uzunluğun yarısıdır.
- Bölgeler A'dan J'ye kadar harflerle kodlanmıştır. Bölgeler harf kodlarıyla düzenli olarak koridorlara bölünmüştür.

yön belirlemek için kullanılmaktadır [23]. Uçaklar ADF sistemleriyle istenilen NDB frekansına bağlandığında o istasyonun uçağa göre nerede olduğunu öğrenebilirler. Günümüzde kullanımdan büyük oranda kalkmış olsa da bazı havaalanlarında halen uygulanmaktadır. Kullanılmalarının sebepleri ise ucuz olması, havalimanının az kullanılmasından dolayı gelişmiş sistemlerin olmaması, düşük teknolojik donanıma sahip hava araçları ve yedek seyrüsefer sistemi olmasıdır. NDB sinyalleri eğrilebilme özelliğinin olmasından dolayı VOR sinyallerine göre daha uzak mesafelere ulaşabilmektedirler [24]. Şekil 2.11’de rüzgârın olduğu bir zaman aralığında uçağın hareketi ve NDB istasyonuna göre uçak içi göstergelerde ki değişimler görülmektedir.



Şekil 2.11. NDB istasyonu ve uçak içi göstergeler [25]

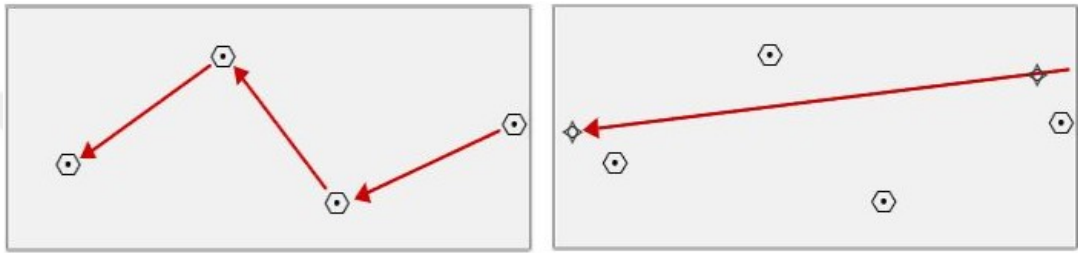


Şekil 2.12. Zaporizhzhia Havalimanı için 18 Mayıs 2018 tarihli NDB Chart'ı [26]

2.2. Uydu Temelli Yaklaşma Sistemleri

2.2.1. RNAV

Saha Seyrüseferi (RNAV); 1960'lı yıllarda ABD'de uçaktaki cihazların kendi seyrüsefer limitleri dâhilinde ya da bunların birleşimi sayesinde istenilen herhangi bir uçuş güzergâhında uçağın operasyonuna olanak veren bir seyrüsefer yöntemi olarak geliştirilmiştir [27]. Geleneksel seyrüsefer sistemleri ile RNAV sistemi arasında ki fark Şekil 2.13'de gösterilmiştir.

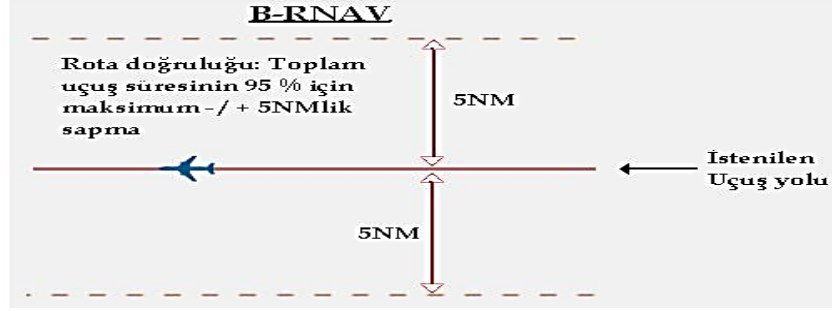


Şekil 2.13. Geleneksel Seyrüsefer Sistemi(Sol), RNAV Sistemi(Sağ) [28]

Geleneksel seyrüsefer sisteminde hava araçları, seyrüsefer yardımcılarının üzerinde geçmesi gerekmektedir. Şekil 2.13'de incelendiğinde bu durum görülmektedir. RNAV sisteminde ise sistem tarafından uçuş yolu optimize edilerek bu yardımcıların üzerinden geçme zorunluluğu kalkmıştır ve böylece daha etkin bir hava trafiği sağlanmış oldu. RNAV Sisteminin temelde iki çeşidi bulunmaktadır. Bunlar B-RNAV ve P-RNAV dır.

2.2.1.1. B-RNAV

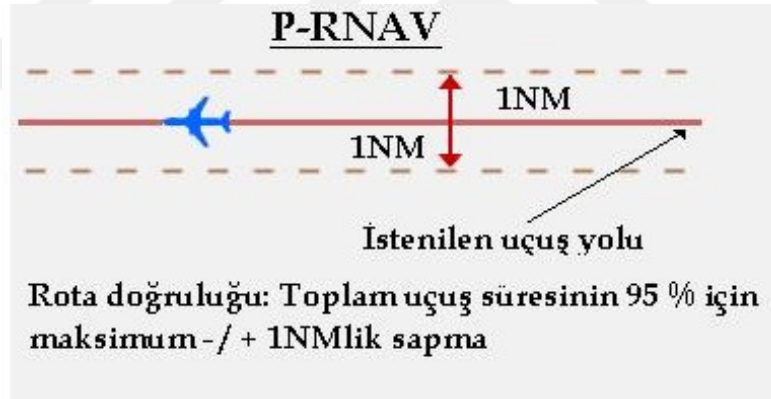
Basic Regional Navigation (B-RNAV) sisteminde, uçuş zamanının %95'i süresinde hata payı ± 5 NM hassasiyetle takip edilmelidir. Bu oranlar avrupa uçuş sahasında istenilen oranlardır. Bu sistemin kullanabilmesi için gerekli donanımların uçak bulunması gerekmektedir [28]. Avrupa'da bu sistem 1998'den beri yol boyu hava trafik hizmetlerinde kullanılmaktadır. B-RNAV sisteminin tüm yol boyu uçuş seviyelerindeki uçuşlarda zorunlu hale getirilmesi planlanmaktadır. Terminal Kontrol Sahası operasyonları için tasarlanmamıştır.



Şekil 2.14. B-RNAV Sistemi [28]

2.2.1.2. P-RNAV

Precision Regional Navigation (P-RNAV) sisteminde, uçuş zamanının %95'i süresinde hata payı ± 1 NM hassasiyetle takip edilmelidir. Bu oranlar avrupa uçuş sahasında istenilen oranlardır. Bu sistemin kullanabilmesi için gerekli donanımların uçak bulunması gerekmektedir [28]. Şekil 2.15'de P-RNAV sisteminin gösterimi mevcuttur.

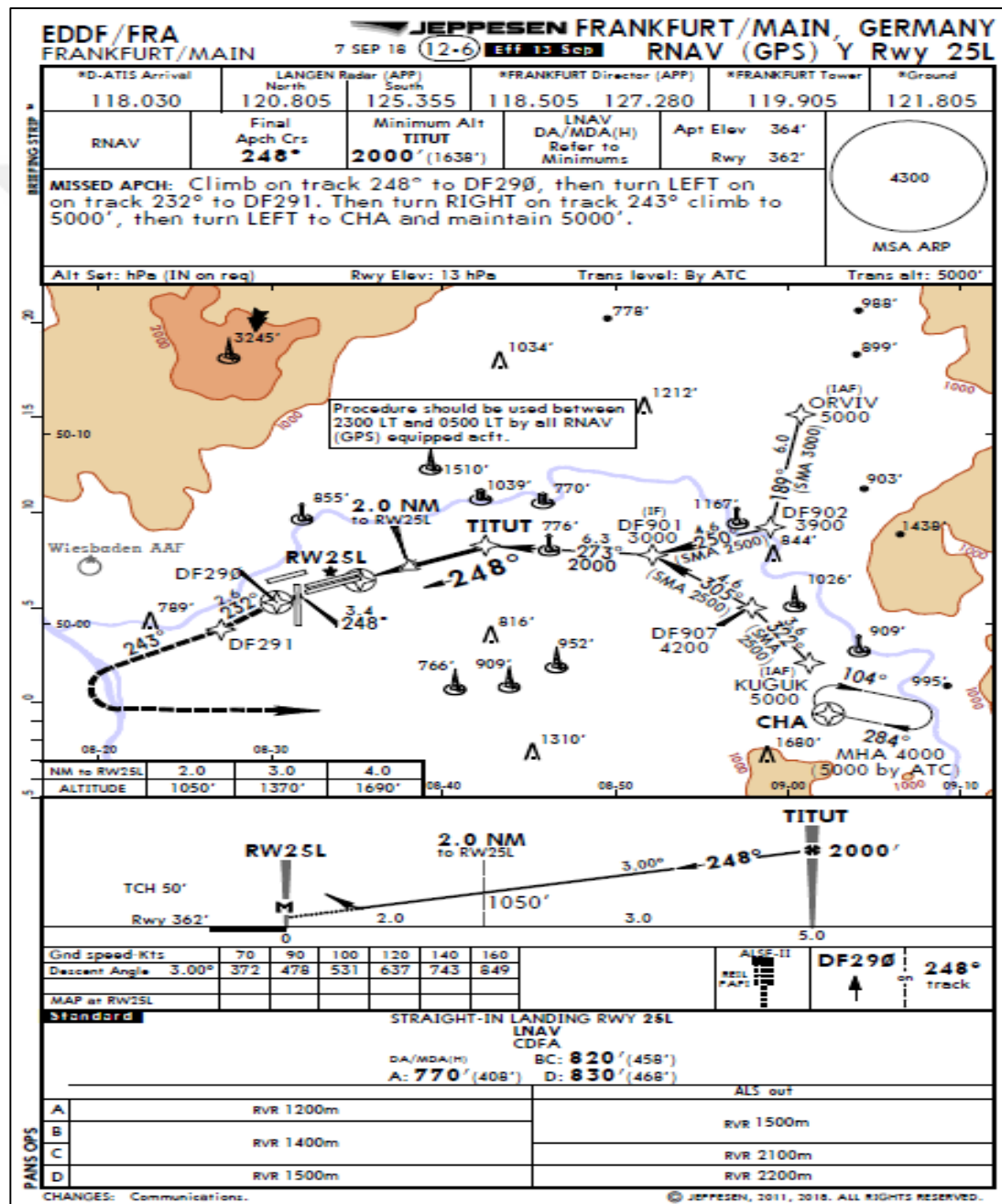


Şekil 2.15. P-RNAV Sistemi [28]

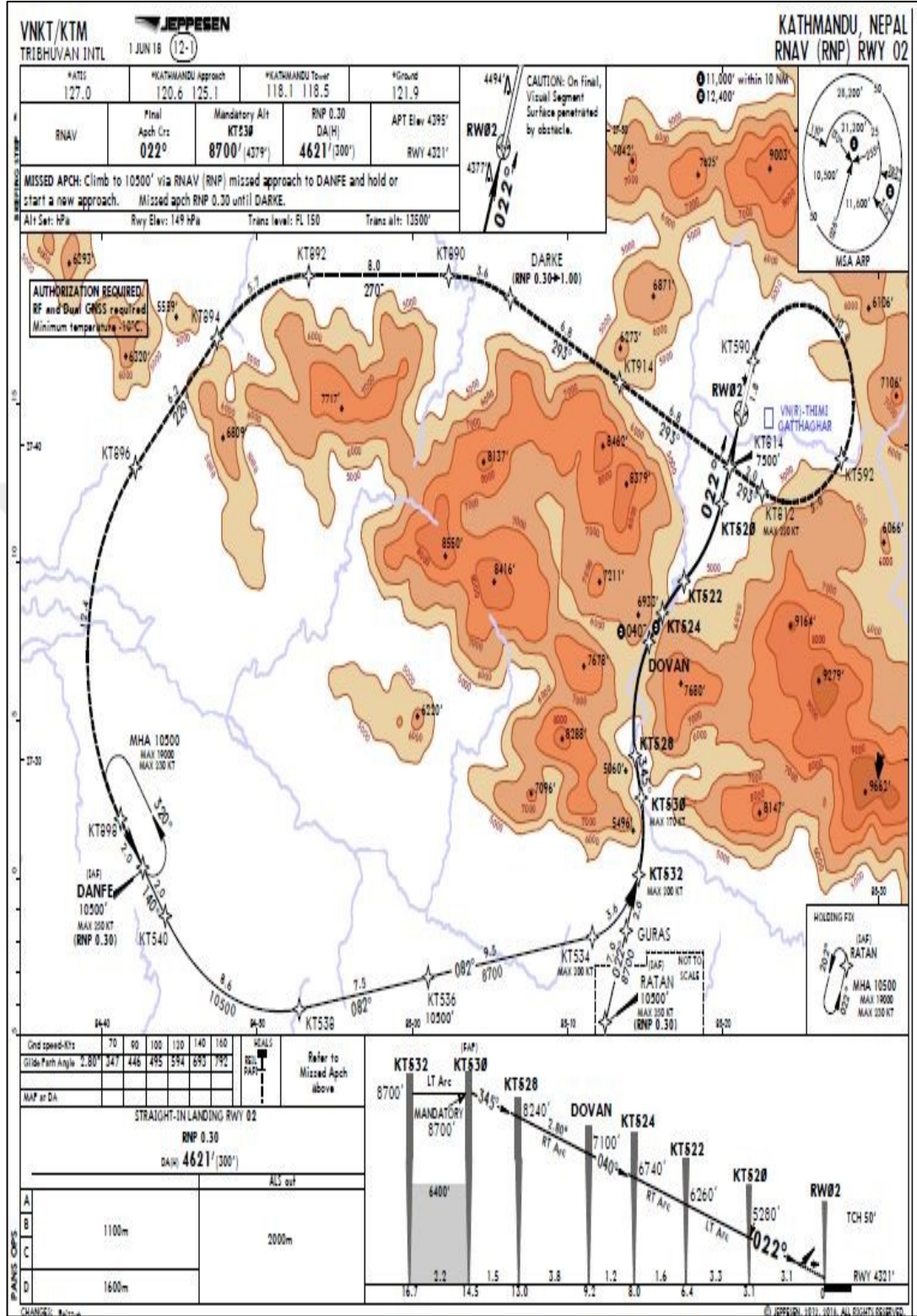
RNAV sistemlerinin kullanılması uçuş güvenliği açısından birçok faydayı da beraberinde getirmektedir. Bu faydalar [29];

- Sistem tarafından sağlanan bilgiler otomatik pilot tarafından kullanılabilir.
- Radyo dalgası kullanan sistemlerde oluşan belirsizlik konisi bu sistemde olmamaktadır. Sistem bir bütün halindedir.
- Birden çok kaynaktan sisteme veri girildiğinden dolayı sistemin hata oranı düşüktür.

- Klasik rota sağlayan sistemlere kıyasla optimum fayda sağlayan rotaları oluşturdukları için seyahat süresinin kısalması ve maliyetlerin düşmesine yardımcı olmaktadır.
- Hava sahalarının en üst seviye de verimle kullanılmasını sağlamaktadır.

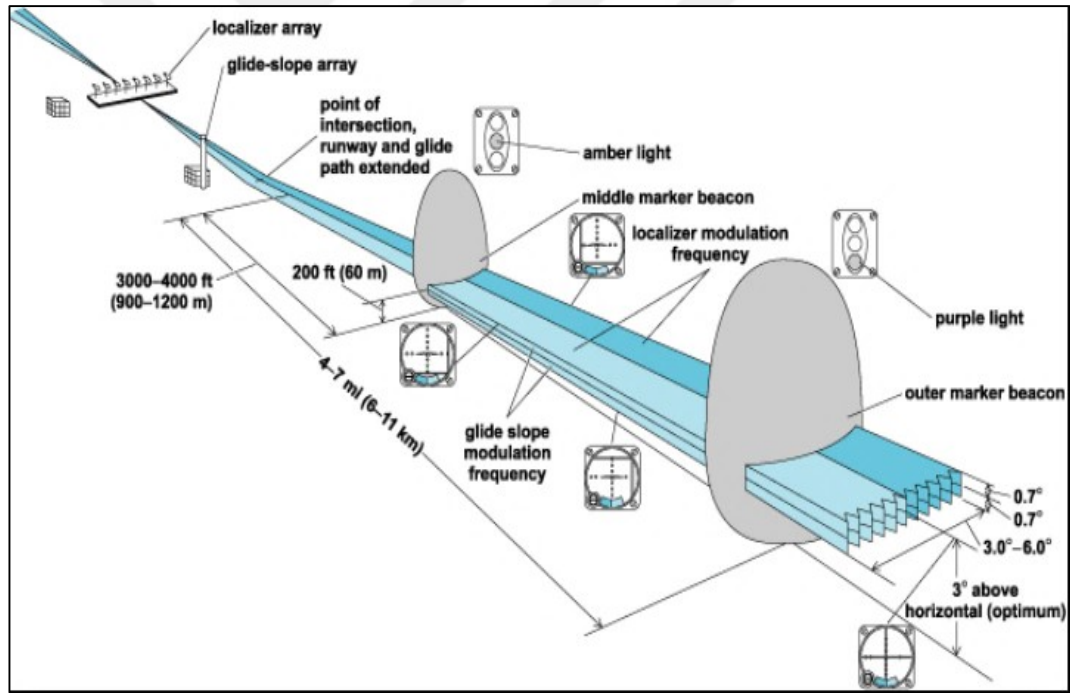


Şekil 2.16. Frankfurt Havalimanı için 7 Eylül 2018 tarihli RNAV Chart'ı [30]



3. ILS

Aletli İniş Sistemi (ILS), pist başlarına yerleştirilmiş aletler yardımıyla uçağın pist başına kadar hassas ve güvenilir bir şekilde yaklaşmasına yardımcı olan bir sistemdir. Görüş mesafesi kısıtlayan hava koşulları altında uçağın piste yaklaşmasını ve güvenli bir şekilde iniş yapmasını sağlamaktadır [9]. Şekil 3.1’de ILS ile yaklaşma prosedürü gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde localizer, glide path ve markerların yeri gösterilmiştir. Her marker farklı renkte ışık yayınlamaktadır. Uçakta bulunan localizer cihazlarının iç ve dış kesimlerdeki görüntüsü şekilde görülmektedir.



Şekil 3.1. ILS Sistemi [33]

ILS Sistemi her havaalanına kurulamaz. Havaalanına kurulacak ILS Sistemi havalimanının fiziki, meteorolojik ve bazı özellikler göz önüne alınarak belirlenmelidir. Görüş mesafesinin 1200 metrenin altına düşmediği düz arazi yapısına sahip yerlerde sistemin kurulmasına gerek yoktur. Havaalanının çevresinde ki topoğrafyanın sistemin kurulmasına olanak vermesi lazımdır. Havaalanının çevresindeki arazinin eğimi yani mânia (engebe) kriterleri, kalkış için % 2, iniş için

%2,5 eğimin altında olmalıdır. ILS sistemi, pilotun inişi monitör etmesini kolaylaştırarak inişe etkin bir şekilde yardımcı olmaktadır [9]. ILS sisteminin parçaları aşağıda verilmiştir:

3.1. Yer Tesisleri

Yerde ki tesis ana ve yardımcı parçalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ana parçalar; localizer (LOC), süzülüş hattı (glide slope) (GS), dış marker (OM) ve orta marker (MM)'dir [34];

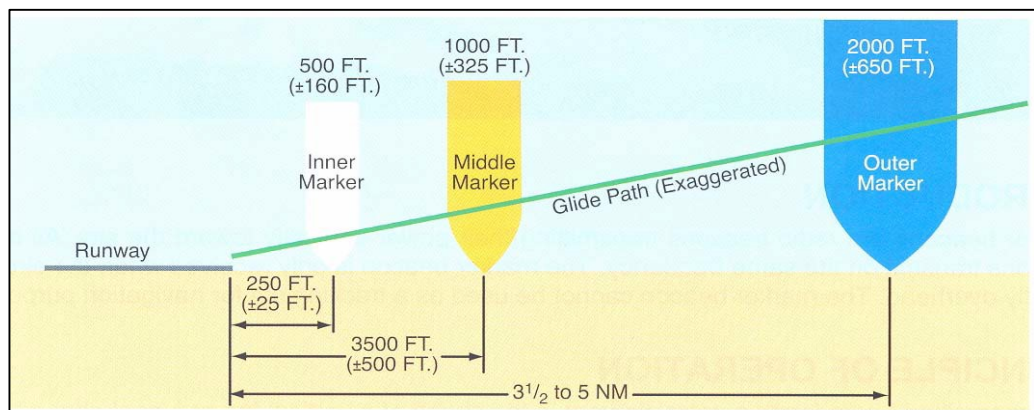
- Localizer (LOC); LOC anteni, pistin merkez ana hattı doğrultusunda pist sonundan 200-360 m ileriye yerleştirilir. Bu antenle 90-150 Hz genliğe sahip 108-112 MHz frekansında bir radyo sinyali üretilir. Bu sinyal $\pm 35^\circ$ 'lik alanda yaklaşık 31 km ve $\pm 10^\circ$ 'lik alanda ise yaklaşık 46 km'lik bir alanı kapsamaktadır [34]. LOC vericisi ise antenin yanındaki yapıda bulunur. Anten tarafından üretilen bu sinyaller uçakta bulunan alıcılar tarafından alınırlar. Localizer istasyonları 4 harfli bir istasyon tanıtıcısı ile kullanılır ve I harfi ile başlar. LOC, yaklaşma sırasında uçağın pistin merkez hattı doğrultusunda, pist genişliğini göz önünde bulundurarak yatay konumunu düzenler. Yaklaşma hattı boyunca uçağa istikamet bilgisi verir ve yaklaşma esnasında yanıl kaymayı önleyerek uçağın sabit bir hat boyunca yaklaşmasını sağlar [34].

- Glide Slope (GS); GS antenle, 90-150 Hz genliğe sahip 328-336 MHz frekansında bir radyo sinyali üretilir. Bu sinyal $\pm 8^\circ$ 'lik dikey açıda yaklaşık 18.5 km'lik bir mesafede sinyal gönderirler. GS vericisi ise antenin yanındaki yapıda bulunur [34]. Anten tarafından üretilen bu sinyaller uçakta bulunan alıcılar tarafından alınırlar. GS, yaklaşma sırasında uçağın pistin merkez hattı doğrultusunda, pistin dikeyinde yaklaşık $3,0^\circ$ açıyla uçağın pist başına doğru süzülüş yapmasını ve bu şekilde dikey olarak yaklaşma stabilitesinin oluşturulmasını sağlayan cihazdır [34]. Şekil 3.2'de bir uçaktaki GS ve LOC değerleri görülmektedir.



Şekil 3.2. GS ve LOC değerlerinin uçaktaki görünümü [44]

- Markerlar; LOC ve GS sinyallerini belli mesafelerde dikine kesen aletlerdir. Dış Marker, pist başına 7240 m mesafeye yerleştirilir. Saniyede iki çizgi şeklinde sürekli ses yayını olarak yayımlanır. Orta Marker, pist başından itibaren 3500 feet (1050 m) mesafede ki uçağın konumunu ve pistten 200 feet yükseklikte ki pozisyonunu gösterir. Dakikada 95 nokta/çizgi şeklinde ses yayını yapar. Markerlar yön bilgisi vermezler sadece uçak üzerinden geçerken sesli sinyal verirler [9]. Aşağıdaki Şekil 3.3’de bir pist doğrultusunda Markerların sinyal paternleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Markerların etki alanları [9]

Tablo 3.1’de Markerlar ve özellikleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde dış markerın eşik uzaklığının 3,5 ila 5 nm arası, ışık renginin mavi, sinyalinin sürekli ve

modulasyonun 400 Hz olduğu görülmektedir. Orta markerın eşik uzaklığının 3500 feet standart sapmasının ± 500 feet, ışık renginin amber, sinyalinin noktalı, kesikli ve modulasyonun 1300 Hz olduğu görülmektedir. İç markerın eşik uzaklığının 250 feet, standart sapmasının ± 25 feet, ışık renginin beyaz, sinyalinin sürekli noktalı ve modulasyonun 3000 Hz olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Markerların özellikleri [9]

Marker	Position		Light	Signal	Modulation
	Distance from Threshold	Deviation Allowed			
Outer	3,5 to 5nm	-	Blue	Continuous dashes	400Hz
Middle	3500 ft	± 500 ft	Amber	Alternate dots and dashes	1300 Hz
Inner	250 ft	± 25 ft	White	Continuous dots	3000 Hz

Yer tesislerinde yardımcı parçalar ise transmissometer, radarlar, mesafe ölçme teçhizatı (DME), görerek süzülüş hattı göstergesi (VASI), ILS ışıklandırmaları ve pist işaretleridir. Transmissometer cihazı, pist görüş mesafesini hesaplayan cihazdır. DME, mesafe ölçümünü sağlar. VASI ise süzülüş hattı alt ve üst kesimini göstererek bir yaklaşma sırasında görerek süzülüş bilgisini sağlar. Pist işaretleri ise yanıp sönen ışık sistemi, pist kenar ışıkları, teker koyma bölgesi ışıkları, pist orta hattı ışıkları, taksi ışıkları ve pist sonu ışıkları olarak sayılabilir.

ILS Sistemi ile yaklaşma 3 kategori kullanılarak yapılmaktadır. Bu kategoriler CAT I, CAT II ve CAT III şeklinde isimlendirilmektedir. CAT III kategorisi kendi içerisinde a, b ve c olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Her havaalanı her kategoriyi desteklememektedir. CAT III kategorisinde hizmet veren havaalanı sayısı hem kurulum hem de işletme maliyetlerinden dolayı azdır. Bu 3 Kategorinin ILS ile yaklaşma sınır değerleri ve kullandığı yardımcı cihazlar aşağıda verilmiştir [9];

- 1- CAT I; Bu kategorinin uygulanması için karar yüksekliğinin 200 feetten fazla ve pist görüş mesafesinin 550 metreden az olmaması gerekmektedir.
- 2- CAT II; Bu kategorinin uygulanması için karar yüksekliğinin 200 ila 100 feet arasında ve pist görüş mesafesinin 300 metreden az olmaması gerekmektedir.
- 3- CAT III;

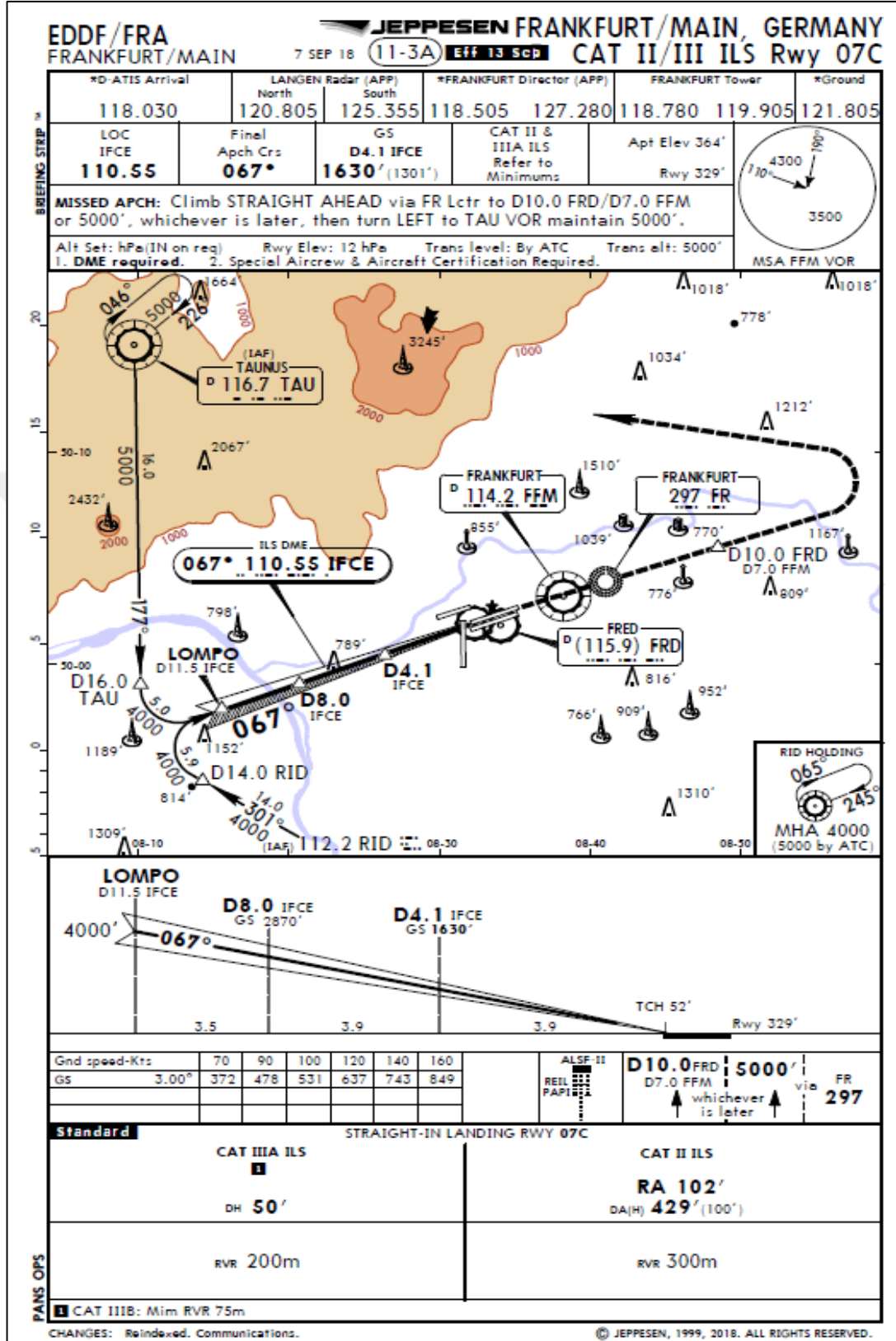
- III-A kategorisi için karar yüksekliği 100 feetten az ve pist görüş mesafesi 200 metrenin üzerinde olması gerekmektedir.
- III-B kategorisi için karar yüksekliği 50 feetten az ya da hiç yok ve pist görüş mesafesi 220 ila 75 metre arasında olması gerekmektedir.
- III-C kategorisi için karar yüksekliği ve pist görüş mesafesi için minimum bir değer yoktur.

ILS Sisteminin inişte birçok avantajının olmasının yanı sıra bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar [9];

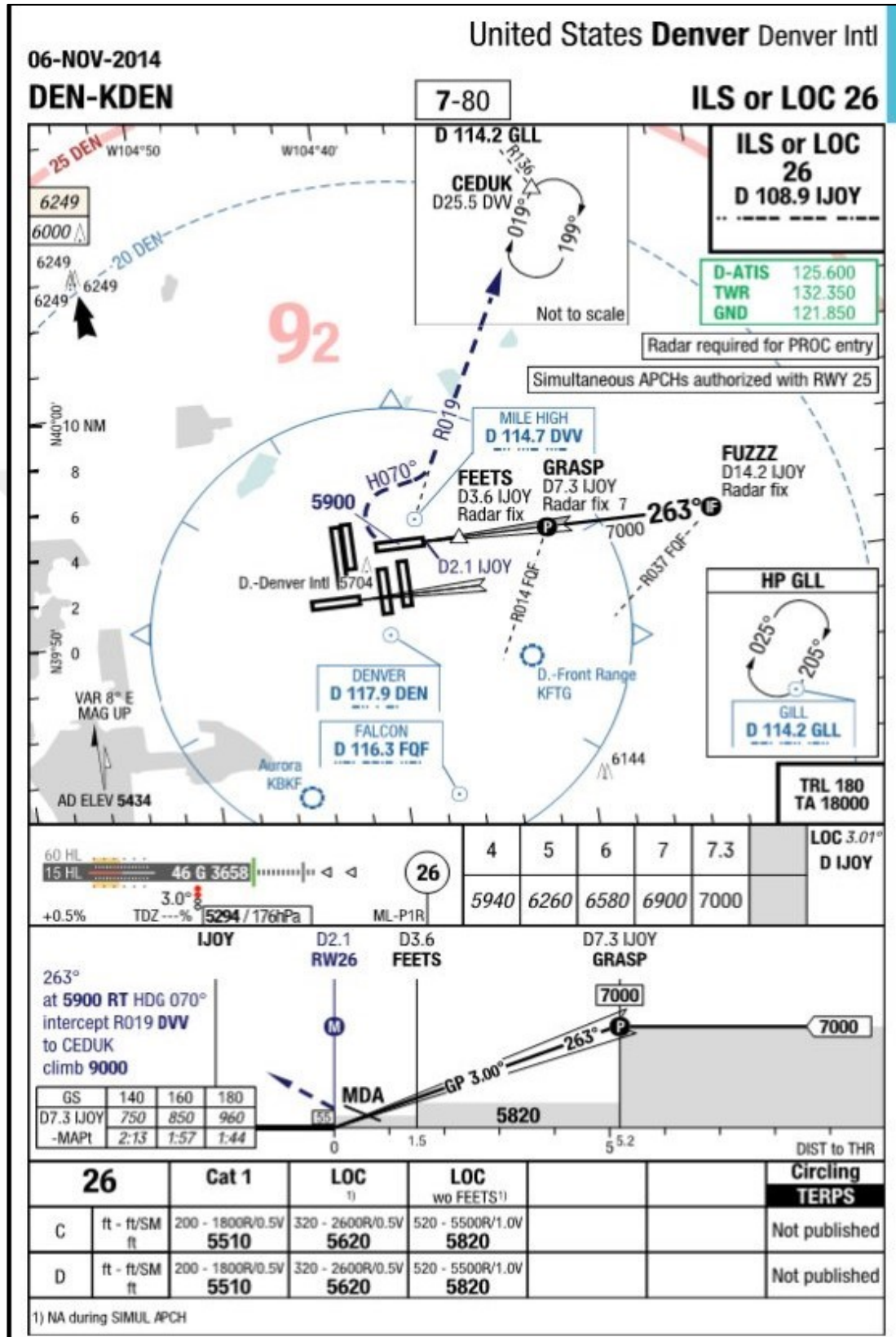
- 40 Kanala sahip olması
- Sürati az olan araçlar için özel sisteminin bulunmaması
- Engeli arazinin ILS Sistemi için uygun olmaması
- Azimut ve GS beam'leri sabit ve dardır.
- Gürültü çıkaran araçlar sistemi etkilemektedir.
- Hüzme eğilmesinden dolayı sinyallerin alınmasında bazı zamanlarda hatalar olabilmektedir.
- ILS beam'leri atmosferik şartlardan etkilenebilmektedir.
- ILS beam'lerin vericilerinde parazitler meydana gelebilmektedir.

Şekil 3.4'de ise Frankfurt Havalimanı için Jeppesen firması tarafından hazırlanan ILS Chart örneği bulunmaktadır.

Seyrüsefer sistemleri, bağımsız olarak çalışan bir izleme sistemi tarafından sürekli takip edilmelidir. CAT I için tek , CAT II/III için ise çift monitör tarafından sinyal izleme yapılır. Sinyaller monitor divider switch tarafından ayrılır ve monitör edilir. Sinyallerin gerçek değerleri işlemci tarafından nominal değerleri ile kıyaslanır ve belirtilmiş olan tolerans eşiklerini aşan nominal değerden sapmalar, her zaman bir alarmla ve otomatik olarak yedek vericiye geçme veya sistemin kapatılması ile sonuçlanır. Uzak Saha Monitörü localizer course sinyalinin izlenmesi için ek olarak istenildiği zaman temin edilebilir. Bu sinyallerin değerlendirilmesi sadece bir alarm çıktısında gösterilecektir ve yedek vericide bir değişiklik başlatmayacaktır. Monitör bağımsız olarak çalışır ve localizer verici paneli ile bağlantıları yoktur[34].



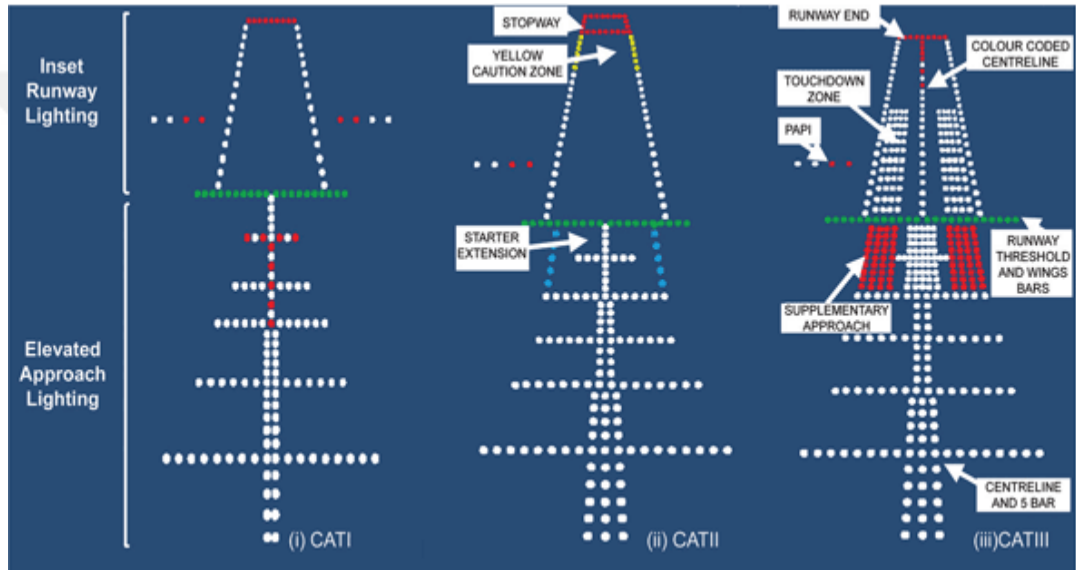
Şekil 3.4. 7 Eylül 2018 tarihli Frankfurt Havalimanı için ILS CAT II/III Chartı [35]



Şekil 3.5. 6 Kasım 2014 tarihli Denver Havalimanı için hazırlanmış LIDO ILS/LOC Chartı [36]

3.2. ALS

ALS, havaalanı yaklaşma aydınlatma sistemidir. Hava araçları pistte yaklaşma yaparken ışıklandırmalar inişin güvenli olması için yardımcı olan sistemlerin başında gelmektedir. Işıklıdırmanın eşliğinde uçaklar pist başı, pist sonu, pisti, taksi yolları gibi tüm havaalanı yer elemanları görebilmektedir. Pist ışıklandırılmalarında genel olarak kırmızı ve beyaz ışık kullanılmaktadır [38]. Şekil 3.6’da CAT I, CAT II ve CAT III sistemleri için yaklaşma ve pist ışıklandırma düzeni verilmiştir. Bu ışık sistemlerinin kısaltmaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.6. CAT I, CAT II ve CAT III sistemleri için yaklaşma ve pist ışıklandırma düzeni [37]

Şekil incelendiğinde CAT III ışıklandırılmasının temeli Calvert sistemine dayanmaktadır. Merkezde bir sıra beyaz ışık ve kenarlarda ise 5’li beyaz ışık dizisi şeklindedir. Işıklıdırma pist başından 900 metre önce başlamaktadır.

ALS – Yaklaşma aydınlatma sistemidir. Beyazdan başka bilinen ışık varsa renkleri belirtilir.

HIALS – Yüksek yoğunluklu yaklaşma aydınlatma sistemidir.

HIALS II – Yüksek yoğunluklu kategori II ye uyumlaştırılmış yaklaşma aydınlatma sistemidir.

ALSF-I - Sırayla yanan flaşörlü yaklaşma aydınlatma sistemidir.

ALSF-II - Sırayla yanan flaşörlü yaklaşma aydınlatma sistemi ve en az 1000 feet kırmızı taraf sıralı

SSALR – Pist belirleme göstergesi aydınlatmalı, basitleştirilmiş kısa yaklaşma iniş sistemi

MALSR - Pist belirleme göstergesi, aydınlatmalı orta yoğunluklu yaklaşma iniş sistemidir.

SALS – Kısa yaklaşma aydınlatma sistemidir.

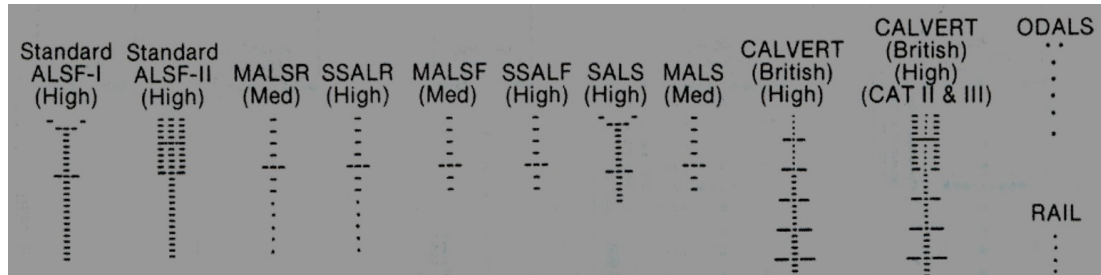
SSALS – Basitleştirilmiş, kısa yaklaşma aydınlatma sistemidir.

MALS – Orta yoğunluklu yaklaşma aydınlatma sistemidir.

LDIN – Sırayla yanan, flaşörlü yönlendirme aydınlatmalarıdır.

ODALS – Çok yönlü yaklaşma aydınlatma sistemidir.

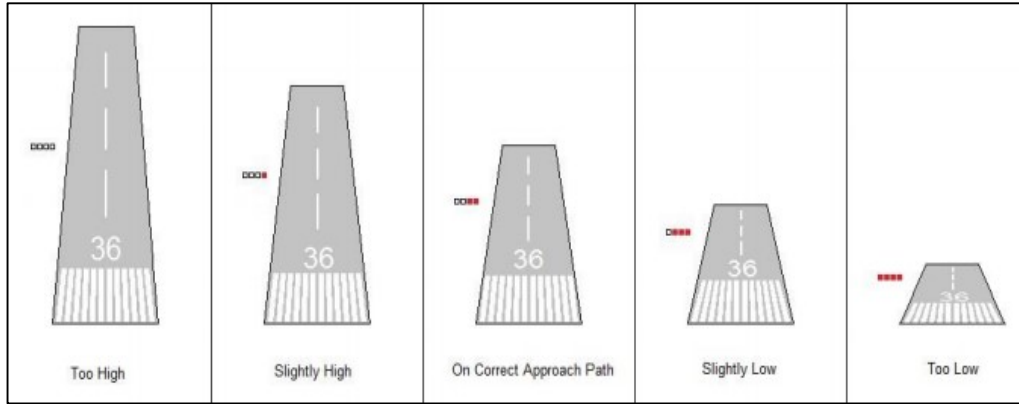
Yukarıda kısaltmalar verilen yaklaşma ışıkları havaalanı krokilerinde Şekil 3.7’de ki gibi sembolleştirilerek gösterilmektedir [38].



Şekil 3.7. Havaalanı ışıklandırma sistemlerinin, havaalanı krokilerinde gösterimi [38]

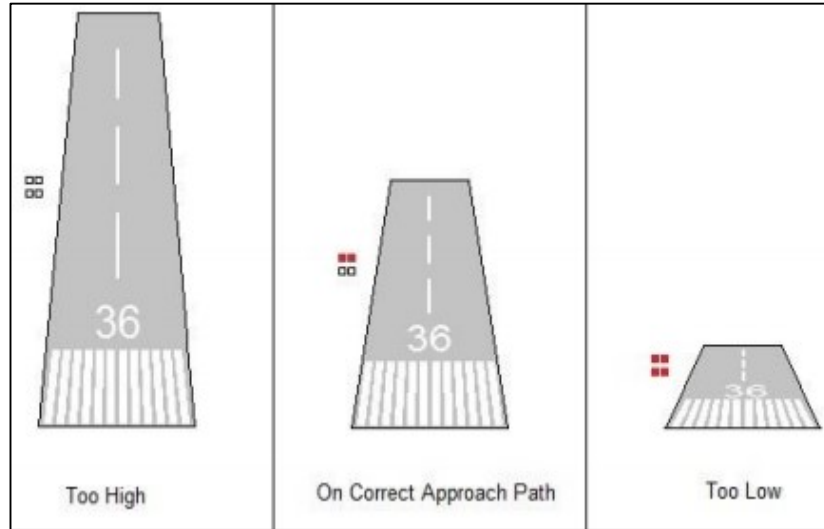
Işıklandırma sisteminin diğer elemanları ise PAPI ve VASI ’dır. PAPI Sisteminde uçağın dikeydeki durum bilgisini pilota vermek için kullanılmaktadır. PAPI sisteminde 4 adet çok güçlü ışık huzmesi yayabilen aydınlatma cihazları vardır. Bu ışıklar gündüz 6 ila 15 kilometre arasında, gece ise 15 ila 30 kilometre arasında görülebilmektedir [38]. PAPI sistemindeki ışıklar ve yükseklik durumu Şekil 24’de verilmiştir. Şekil 3.8 incelendiğinde hava aracı çok alçakta ise 4 kırmızı ışık, hafif

alçakta ise 3 kırmızı 1 beyaz, doğru yaklaşma mesafesinde ise 2 kırmızı 2 beyaz, hafif yüksekte 1 kırmızı 3 beyaz ve çok yüksekte ise 4 beyaz ışık yanmaktadır.



Şekil 3.8. PAPI Sistemi ve uçak yükseklik durumu [39]

VASI sisteminde görerek yaklaşma yapılırken uçağın doğru eğimde olup olmadığının anlaşıldığı sistemdir. Şekil 3.9'da VASI sistemindeki olası durumlar verilmiştir. Şekil incelendiğinde sistemde bulunan tüm ışıklar beyaz ise uçak çok yüksekte uçmaktadır. Eğer ışıkların tamamı kırmızı ise uçağın çok aşağıda olduğu belirtilmektedir. Işıkların ikisi kırmızı ikisi beyaz yanar ise doğru yaklaşma açısı ile yaklaşıldığı anlaşılmaktadır.

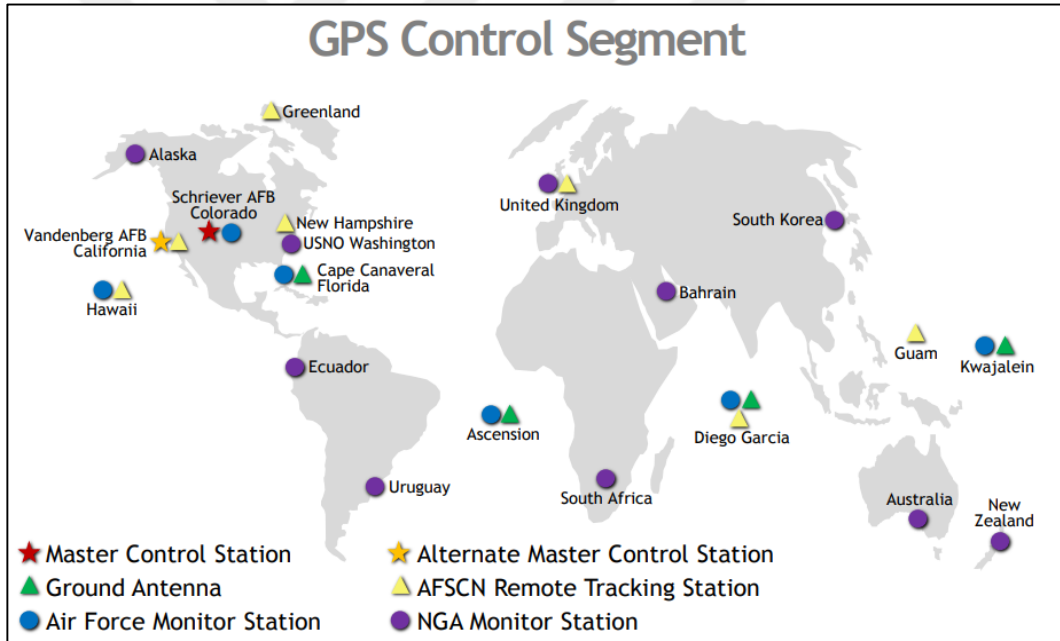


Şekil 3.9. VASI Sistemi ve uçak yükseklik durumu [39]

3.3. GPS

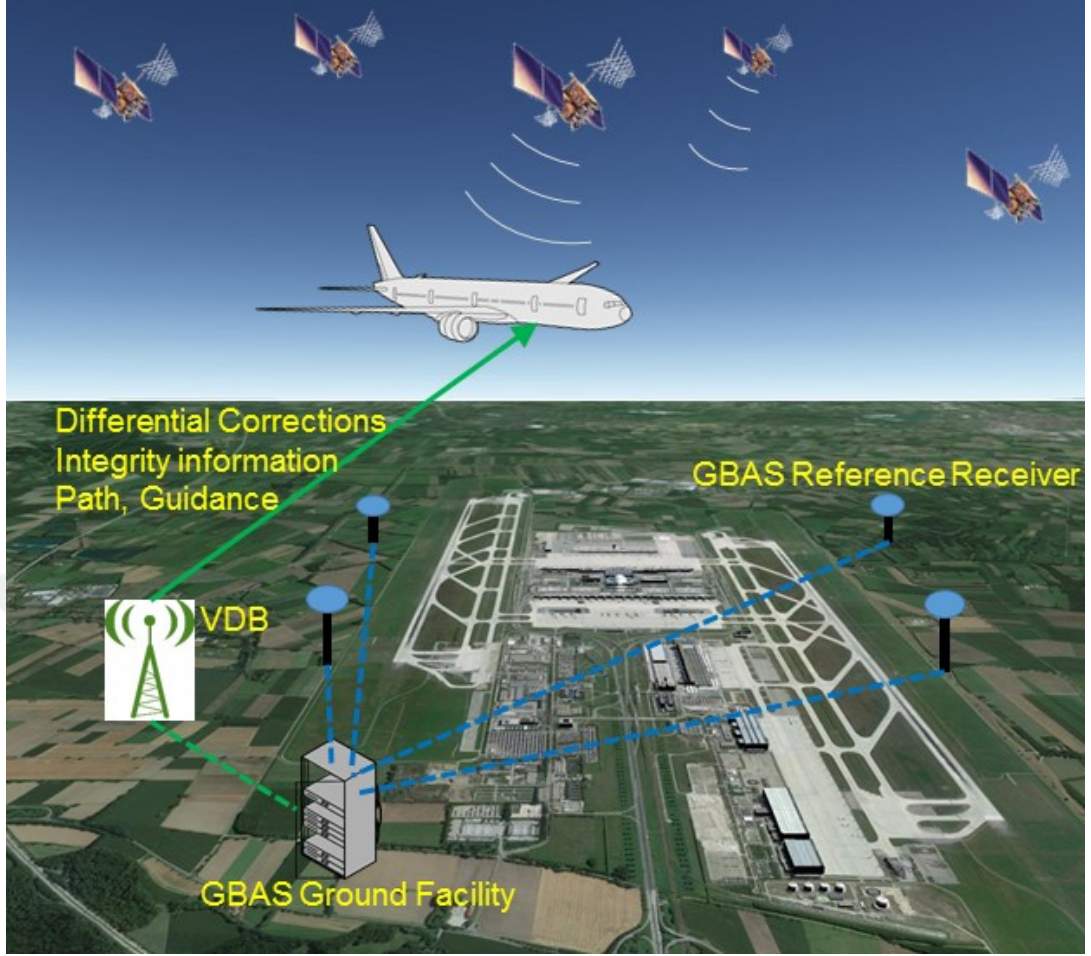
GPS, en az dört adet uydu kullanarak her türlü hava şartları altında çalışabilen yer ve zaman bilgisi sağlayan uydu navigasyon sistemidir. Sistem yörüngede bulunan 32

adet uydu ve Hawaii, Kwajalein, Ascension Adası ve Diego Garcia 'da kurulu bulunan 4 adet izleme istasyonu yardımıyla çalışmaktadır. Sistemde ki uydular 10,23 MHz frekansında radyo sinyali yayarlar ve bu sinyaller gps alıcıları tarafından alınarak konum ve zaman bilgisi elde edilir. İzleme istasyonları ise zaman ve yer hatalarının düzeltilmesinde rol oynamaktadır. GPS, Amerika Birleşik Devletleri tarafından kurulmuştur. Bu sistemin yanı sıra bazı ülkelerde GPS Sistemine benzer sistemler geliştirmiştir. Çin 35 uyduya sahip BeiDou Navigation Satellite System (BDS), Avrupa Birliği 24 uyduya sahip Galileo, Rusya Federasyonu 24 uyduya sahip Global Navigation Satellite System (GLONASS), Hindistan 7 uyduya sahip Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) ve Japonya 7 uyduya sahip Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) sistemlerini kurmuşlardır [40]. Şekil 3.10'da GPS Kontrol istasyonları ve bu istasyonların özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.10. GPS istasyonları [40]

GPS sisteminin çalışma temel prosedürü Şekil 3.11'de ifade edilmiştir. Şekil incelendiğinde 4 adet mavi renk ile gösterilen İzleme istasyonlarının yerleri görülebilmektedir. 3 adet olan yer antenleri ise yeşil renk ile gösterilmiştir. Colorado'da bulunan ana kontrol istasyonu kırmızı ile gösterilmiştir. 10 adet olan NGA İzleme İstasyonları mor renk ile gösterilmiştir. 7 adet olan uzaktan izleme istasyonları sarı renk ile gösterilmiştir. 1 adet bulunan ana dönüştürücü kontrol istasyonu ise sarı yıldız ile gösterilmiştir.



Şekil 3.11. GPS çalışma prensibi [41]

Şekil incelendiğinde 5 adet uydu yardımıyla uçağın konumunun tespit edildiği görülmektedir. Tespit edilen konum bilgisi öncelikle yeryüzünde bulunan referans istasyona iletilir. Diferansiyel GPS tekniği uygulanarak konumu kesin olarak bilinen referans istasyon baz alınarak hatalar minimuma indirilir. Düzeltelen ve işlenen veri daha sonra diferansiyel vericiye gönderilerek yayınlanır.

4. HAVACILIK HARİTALARI

Havacılık haritaları hava araçlarının güvenli ve hızlı bir şekilde operasyonlarını gerçekleştirmesi için her biri kendi alanıyla ilgili bilgileri içeren haritalardır. Bu haritalar bilgi kirliliğine yol açmayacak şekilde en sade biçimde hazırlanırlar. Bu haritalar aşağıda verilen özellikleri kapsamalıdır [42];

- Harita üzerinde kullanılan şekiller, renkler ve semboller dünya standartlarında olmalıdır. Bu simgeler dünya çapında ortaktır.
- Kullanılan semboller ve kısaltmalar için mutlaka haritalarda bir lejant olmalıdır.
- Haritayı hazırlayan kurumun ismi ve adresi konulmalıdır.
- Her harita tipi uçuşun belli sırasında kullanılır.
- Havacılık haritaları manyetik kuzeyi değil gerçek kuzeye göre hazırlanmalıdır.
- Mesafeler kilometre veya deniz mili cinsinden veya her ikisi aynı anda kullanarak verilmelidir.
- İrtifa, rakım ve yükseklikler feet veya metre cinsinden verilmelidir. Havaalanı üzerinde ki boyutlar metre cinsinden verilmelidir.
- Mesafe, boyut, rakım ve yükseklik ifadelerinin çözünürlüğü havacılık kalite gereksinimlerine uygun olarak hazırlanmalıdır.
- Her haritanın ön yüzüne muhakkak kullanılan ölçü birimleri ve çeviri ölçekleri konulmalıdır.
- Geniş alanları gösteren haritalarda kullanılan projeksiyon ismi ve ölçeği, küçük alanları gösteren haritalarda ise doğrusal ölçek gösterilmelidir.
- Bilgilerin geçerlilik tarihi verilmelidir.
- Gerekli görüldüğü takdirde kısaltmalar kullanılabilir.
- Uluslararası sınırlar haritada ki bilgileri karıştırmayacağı sürece gösterilir. Birden fazla ülke haritada varsa isimleri yazılır.
- Coğrafi isimler ve yer isimleri, Roma alfabesi ile resmi yazılışlarıyla haritada gösterilirler.
- Haritalarda kullanılacak renkler standartlara uygun şekilde belirlenir.
- Kritik yükseklikler haritalarda noktasal rakım şeklinde gösterilir.

- Yasak, tahditli veya tehlikeli sahalar haritalarda gösterilmesi zorunludur.
- Haritalarda yatay referanslar olarak WGS-84 jeodezi referans sistemi kullanılmalıdır.
- Dikey referans olarak ise ortalama deniz seviyesi baz alınmalıdır.
- Zaman referansı olarak Miladi Takvim ve UTC (Koordine edilmiş evrensel zaman) kullanılmalıdır.

4.1. Haritalarda Renk ve Semboller

Bu bölümde havacılık haritalarında kullanılan renk ve semboller incelenecektir. Şekil 4.1’de topoğrafik şekillerin haritalarda ki sembolleri verilmiştir [42]. Şekil 4.2’de ise su kaynaklarının haritalardaki sembolleri verilmiştir.

1	Eşyüksekti eğrileri		8	Çakıl		12	Harita üzerindeki en yüksek rakım	17456
2	Yaklaşık eşyüksekti eğrileri		9	Su bendi ya da Buzullaş		13	Nokta rakım	17456
3	Eş yüksekti eğrileri ile gösterilen Rölöyet		10	Uygun bir şekilde etiketlenmiş sıradışı kara özellikleri		14	(Doğruluğu şüpheli olan) nokta rakımı	17456
4	uçurumlar, falezler ya da kayalar		11	Aktif volkan		15	İğne yapraklı ağaçlar	
5	Lav akışı					16	Diğer ağaçlar	
6	Kum tepelikleri					17	Palmiyeler	
7	Kum sahası							

Şekil 4.1. Havacılık haritalarında kullanılan Topoğrafya Sembolleri [42]

19	Sahil hattı (güvenilir)		30	Terk edilmiş kanal Not-Sınır değeri taşıyan kuru kanal		38	Havza		Havza
20	Sahil hattı (güvenilmez)		31	Göller (daimi)		39	Kuru göl yatağı		Alternatif
21	Gelgit düzlemleri		32	Göller (daimi olmayan)		40	Erozyon		Alternatif
22	Mercan kayalıkları ve kaya çıkıntıları		33	Tuz gölü		41	Kumsal		
23	Büyük nehir (daimi)		34	Tuzla (buharlaştırıcı)		42	Buzullar ve buz tabakaları		
24	Küçük nehir (daimi)		35	Bataklık		43	Tehlikeli hat (2 m ya da bir kulaç çizgisi)		
25	Nehirler ve akıntılar (daimi olmayan)		36	Pirinç tarlası		44	Haritası çizilmiş ayrık kayalık		+
26	Nehirler ve akıntılar (araştırılmamış)		37	Kaynak kuyu ya da su deliği		45	Su seviyesinde kayalık		+
27	Akarsuların akıntılı yeri					46	Uygun bir şekilde etiketlenmiş sıradışı su özellikleri		
28	Çağlayan								
29	Kanal								

Şekil 4.2. Havacılık haritalarında kullanılan Hidrografi Sembolleri [42]

Şekil 4.3’de haritalarda gösterilen havaalanlarının sembolleri mevcuttur. Şekil incelendiğinde askeri ve sivil havalimanlarının birbirinden farklı semboller ile gösterildiği görülmektedir. Şekil 4.4’de ise havaalanının pist özelliklerini gösteren semboller verilmiştir.

64	Sivil Arazi		68	Müşterek sivil ve askeri arazi		72	Korunaklı demirleme yeri	
65	Sivil Su		69	Müşterek sivil ve askeri su		73	Üzerinde havaalanı sınıflandırmasının yapılmasının gerekli olmadığı haritalar (örneğin yol boyu haritaları) üzerinde kullanılmak için havaalanı	
66	Askeri Arazi		70	Acil durum havaalanı ya da hiçbir kolaylığı olmayan havaalanı		74	Heliport Not-Münhasıran helikopterlerin kullanımı için havaalanı	
67	Askeri Su		71	Terk edilmiş ya da kapalı havaalanı				

Şekil 4.3. Havacılık haritalarında kullanılan Havaalanı Sembolleri [42]

145	Sert yüzeyli pist		154	Nokta ışığı	●
146	Delinmiş çelik kaplama ya da çelik ağılı pist		155	Mania ışığı	○
147	Kaplanmamış pist		156	İniş yönü göstergesi (ışıklandırılmış)	✶
148	Durma uzantısı SWY		157	İniş yönü göstergesi (ışıklandırılmamış)	✶
149	Taksi yolları ve park sahaları		158	Durma çubuğu	---
150	Bir havaalanında helikopter iniş sahası	Ⓜ	159	Pist bekleme noktası Yapı A Yapı B	--- ---
151	Havaalanı referans noktası ARP	Ⓜ	160	Ara bekleme noktası Not - uygulama için bakınız Annex 14, Cilt 1.5.2.11	---
152	VOR kontrol noktası	Ⓜ	161	Hot spot Not - Sorunlu bölge daire içine alınacak	○
153	Pist görüş mesafesi (RVR) gözlem yeri	Ⓜ			

Şekil 4.4. Havacılık haritalarında kullanılan Havaalanı Pist Sembolleri [42]

Şekil 4.5’de seyrüseferde yardım tertibatı olarak kullanılan telsiz sistemlerinin sembolleri gösterilmiştir. NDB, VOR, DME, ILS, TACAN sistemlerinin haritalar üzerindeki sembolleri şekilde verilmiştir.

99	Temel radyo seyrüsefer yardımcısı sembolü Not - Bu sembol, verileri kapsamak için bir kutu ile ya da bir kutusuz kullanılabilir		107	Eşlenik VOR ve TACAN radyo seyrüsefer yardımcısı	VORTAC	
100	Yönsel olmayan radyo bıkını NDB		108	Aletli iniş sistemi ILS		Plan görünüşü Elektronik ÖN SEYİR YOLU ARKA SEYİR YOLU PROFİL Elektronik Glide path
101	VHF tüm yönlü radyo mesafesi aralığı dizisi VOR		109	Radyo işaretleyici bıkını	Elipitik Kemik şekilli	
102	Mesafe ölçüm ekipmanı DME DME					Not - İşaretleyici bıkını çevre çizgisi ya da benek şeklinde ya da her ikisi tarafından gösterilebilir
103	Eşlenik VOR ve DME radyo seyrüsefer yardımcısı VOR/DME					
104	DME mesafesi DME'ye olan mesafe (km ya da deniz mili cinsinden) Telsiz seyrüsefer yardım tertibatının kimlik gösterimi	15 km K A V				
105	VOR radyalı VOR'dan radyal kerteriz açısı ve VOR'un kimlik gösterimi	R 090 K A V				
106	UHF taktik seyrüsefer yardımcısı TACAN					

Şekil 4.5. Havacılık haritalarında kullanılan Seyrüsefer Tertibatlarının Sembolleri [42]

Şekil 4.6’da hava araçlarının, takip ettiği güzergâh üzerinde bulunan geçiş noktaları verilmiştir. Şekil incelendiğinde dört çeşit geçişin olduğu görülmektedir. Bu geçişler,

talep üzerine yan geçiş, zorunluluk üzerine yan geçiş, talep üzerine üst geçiş ve zorunlu üst geçiştir.

		Talep üzerine yan geçiş	Zorunluluk üzerine yan geçiş	Talep üzerine üst geçiş	Zorunlu üst geçiş
Raporlama ve yandan ve üstten geçiş işlevselliği	VFR raporlama noktası				
	Kesişme (Kavşak) INT				
	VORTAC				
	TACAN				
	VOR				
	VOR/DME				
	NDB				
	Yol noktası WPT				

Şekil 4.6. Havacılık haritalarında kullanılan Geçiş Sembolleri [42]

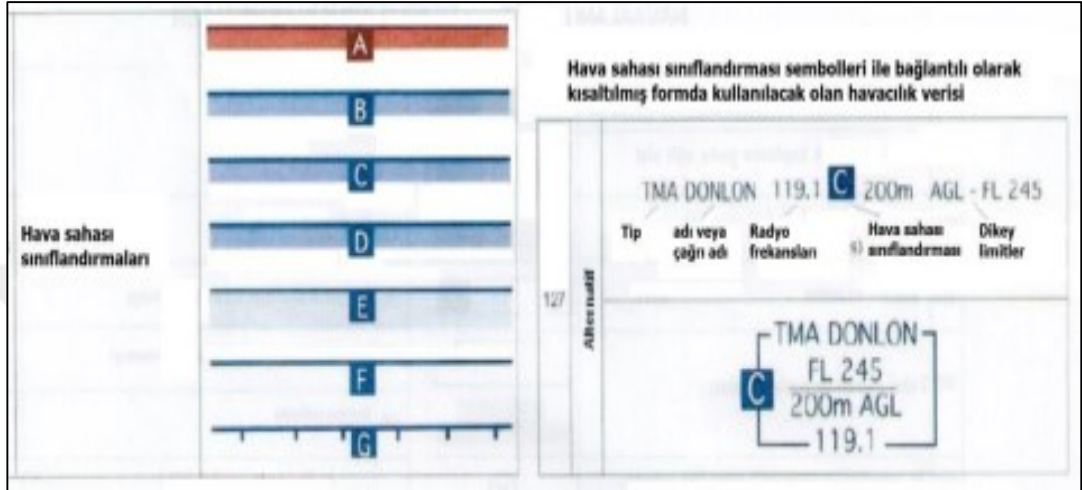
Şekil 4.7’de hava araçları tarafından kullanılan haritalarda ki uçuş ve irtifa gösterim sembolleri bulunmaktadır.

İrtifalar/Uçuş seviyeleri	İrtifa/Uçuş seviyesi penceresi	17 000 10 000	FL 220 10 000
	İrtifada/uçuş seviyesinde ya da irtifanın uçuş seviyesinin üzerinde	7 000	FL 70
	İrtifada/uçuş seviyesinde ya da irtifanın uçuş seviyesi altında	5 000	FL 50
	Zorunlu irtifa/uçuş seviyesi	3 000	FL 30
	Tavsiye edilen prosedür irtifası/uçuş seviyesi	5 000	FL 50
	Beklenen irtifa/uçuş seviyesi	5 000	FL 50

Şekil 4.7. Havacılık haritalarında kullanılan Uçuş Seviye Sembolleri [42]

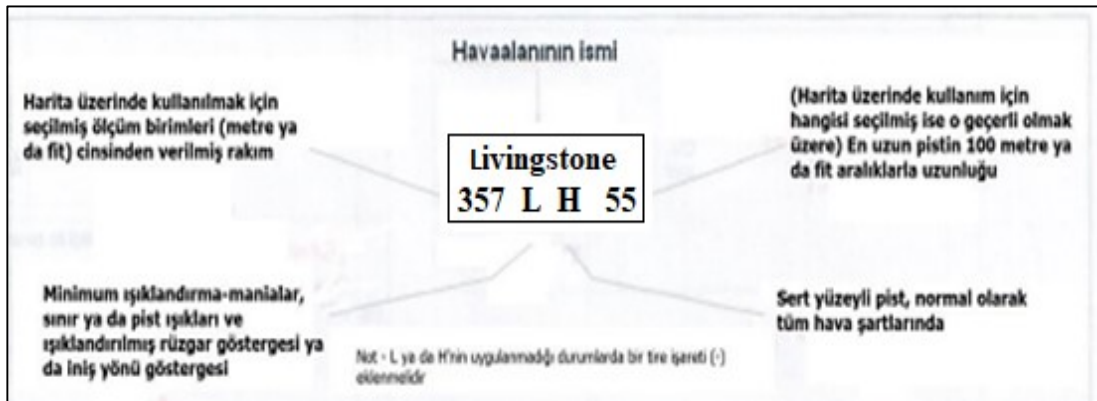
Şekil 4.8’de hava araçları tarafından kullanılan haritalarda ki hava sahası sınıflandırılmalarının sembolleri verilmiştir. Bu sınıflandırma hava sahalarının yoğunluk ve irtifalarına göre yapılmıştır. Şekil incelendiğinde sınıflandırmanın

yediye ayrıldığı görülmektedir. A sınıflandırması en yoğun hava trafiğinin olduğu sahaları göstermek için kullanılmaktadır ve bu sahalarda görerek uçuşa izin verilmez. E sınıfına kadar ki olan sınıflandırma yoğunluk dikkate alınarak yapılmıştır. Ve her sınıfın görerek uçuş izinleri birbirinden farklıdır. F ve G sınıfları ise kontrolsüz hava sahalarını göstermektedir.



Şekil 4.8. Havacılık haritalarında kullanılan hava sahası sınıflandırma sembolleri [42]

Şekil 4.9'da hava araçları tarafından kullanılan haritalarda bulunan formlardaki havaalanı ile ilgili temel bilgilerin bulunduğu semboller ve yerleşimleri verilmiştir.



Şekil 4.9. Havacılık haritalarında kullanılan formlardaki temel havaalanı bilgileri [42]

Şekil 4.10'de coğrafi ve beşeri yapıların renklendirilmesinde kullanılacak olan renkler ve kullanım yerleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde gri ve kırmızı rengin karayollarını belirtmede, sarı rengin şehirlerdeki meskun sahaları belirtmede, benekli siyah rengin şehirlerin meskun ve yapılaşmış mahallelerini belirtmede, siyah rengin

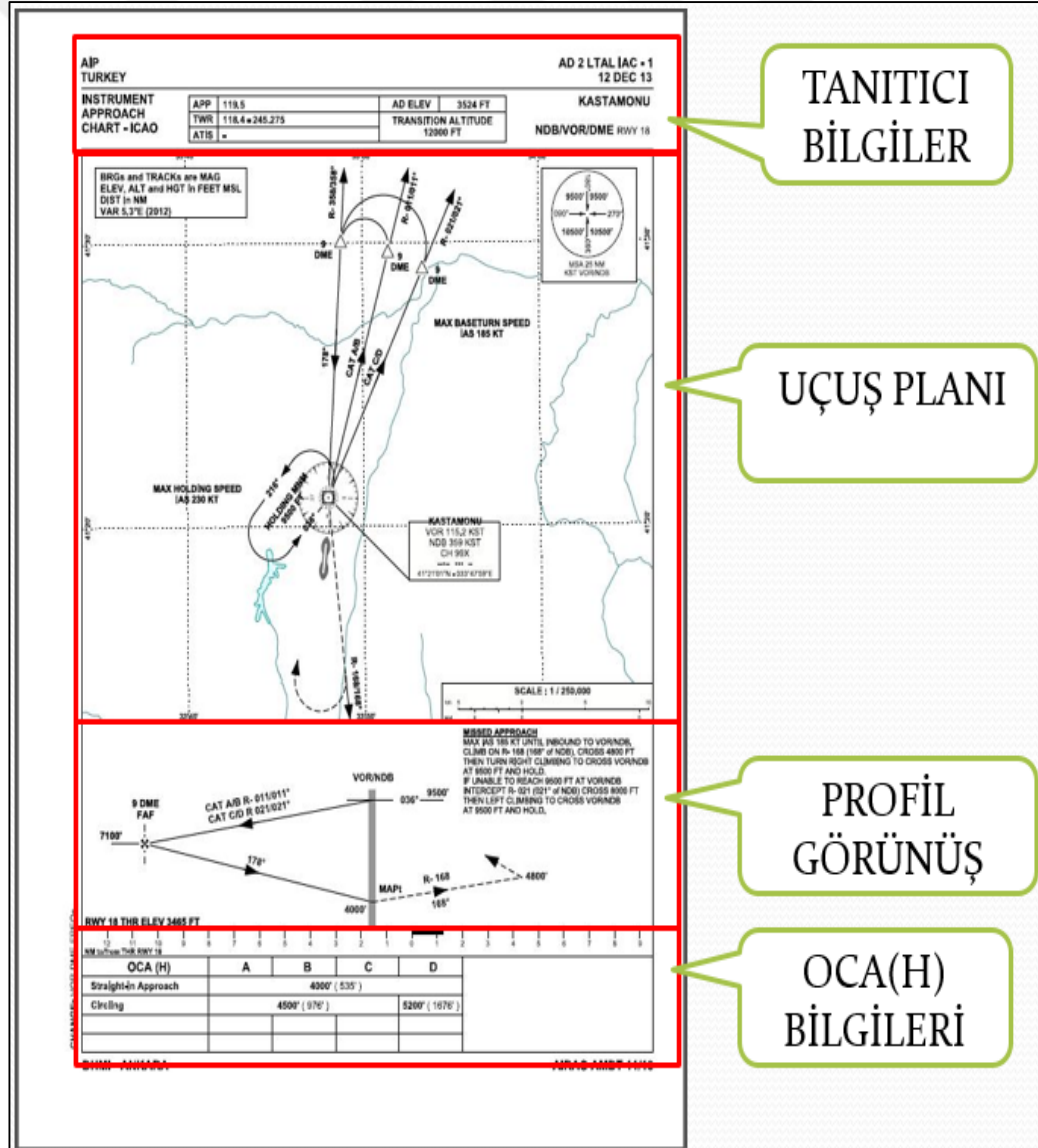
isim, yazı, rakım, şehirlerin dış hatları ve tehlike hatları vb. belirtmede, kahverengi eş yükselti ve topoğrafik özellikleri belirtmede, mavi sahil hatları, nehir, göl vb. belirtmede mavi benekli renk tuz gölleri ve tuzlaları belirtmede, magenta ve koyu mavi renkler ise farklı renklerin gerekebileceği havacılık verilerinin belirtilmesinde kullanılır.

RENK KILAVUZU (Referans 2.11.1) HARİTA SEMBOLLERİ		
Kara yolları ve yollar hariç olmak üzere kültür; büyük şehirlerin dış hatları, gritler, nokta rakımları, tehlike hatları ve açık denizdeki kayalar, havacılık ve hidrografik amaçlar dışında isimler ve yazım karakterleri	SİYAH	
Şehirlerin meskun ve yapılaşmış mahalleri	SİYAH benek	
Karayolları ve yollar	SİYAH yarım-ton	
	KIRMIZI	
Şehirler için meskun sahalar (benekli işaretlemeye alternatif)	SARI	
Eşyükselti eğrileri ve topoğrafik özellikler, Ek 2'nin 1 ile 10. maddeleri arası, hidrografik özellikler; Ek 2'nin 39. ile 41. maddeleri arası	KAHVERENGİ	
Sahil hatları, drenaj, nehirler, göller, batimetrik çevre çizimleri ve isimleri ya da tarifleri ile birlikte diğer hidrografik özellikler	MAVİ	
Açık su sahaları	MAVİ yarım-ton	
Tuz gölleri ve tuzlalar	MAVİ benekli	
Büyük daimi olmayan nehirler ve daimi olmayan göller	MAVİ benekli	
(Yol boyu ve saha haritaları - ICAO hariç olmak üzere) Farklı renklerin gerekebileceği havacılık verisi. Her iki eşyükselti eğrileri aynı pafta üzerinde kullanılabilir. Ancak yalnızca tek bir çizimin kullanıldığı durumlarda koyu mavi tercih edilir.	MAGENTA	
	KOYU MAVİ	

Şekil 4.10. Havacılık haritalarında kullanılan temel renk bilgileri [42]

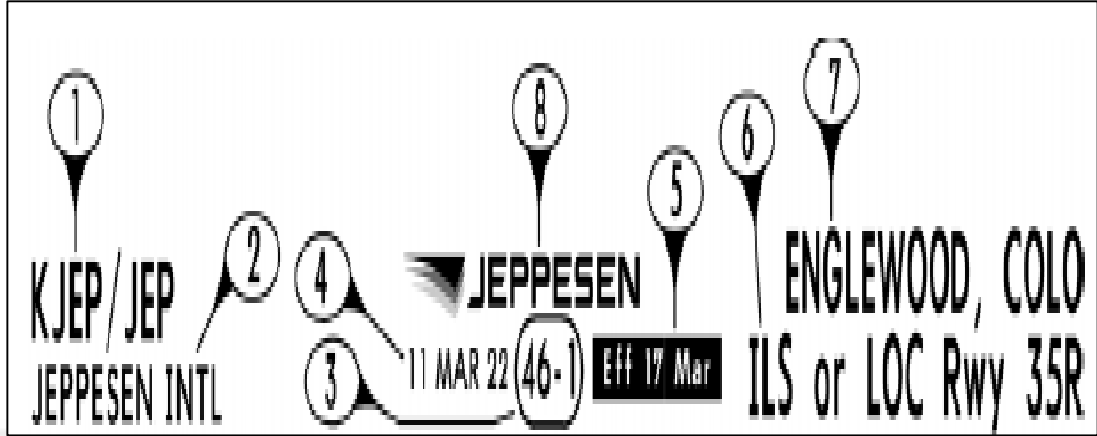
4.1. Havacılık Haritaları Çeşitleri

Havacılık haritaları pilotlara hava aracının motorunu çalıştırdıktan ve indiği havaalanında motoru kapatana kadar ki seyri sırasında meydana ve hava sahalarındaki tüm gerekli bilgileri sağlayan haritalardır. Havacılık haritaları ICAO Annex-4 referans alınarak uluslararası standartlara göre hazırlanmaktadır. Her harita çeşidi kendine özgü bilgiler içermektedir. Haritaların genel yapısı Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Genel olarak tüm meydan haritalarında tanıtıcı bilgilerin ve uçuş planının bulunduğu bölüm mevcuttur. Bunun yanı sıra profil görünüşü ve bir pistin veya manianın irtifa/yükseklik OCA(H) bilgileri de harita çeşidine göre bulunabilmektedir.



Şekil 4.11. Havacılık haritalarının temel kısımları

Şekil 4.12’de Havacılık haritalarının ilk kısmı olan Tanıtıcı Bilgiler kısmı yer almaktadır.



Şekil 4.12. Tanıtıcı bilgiler kısmı [43]

Şekil 4.12’de numaralandırılarak verilen tanıtıcı kısım verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

1. ICAO Kodu ve IATA Meydan Tanımlayıcısı
2. Havaalanı Adı
3. Katalog Sayfa Numarası ve Pistler için Benzer Tipteki Yaklaşımların sırası
4. Harita Revizyon Yayını
5. Harita Geçerlilik Başlangıç Tarihi
6. Prosedür Tanımı
7. Coğrafi Konum Adı
8. Jeppesen Marka Logosu

Şekil 4.13’de Havacılık haritalarında bulunan İletişim Bilgileri Kısmı yer almaktadır.

1	4	6	8	9
D-ATIS Arrival	DENVER Approach (R)	*JEPPESSEN Tower	*Ground	
120.3	132.75	Rwy 7/25 118.9 Rwy 16/34 124.3	121.8	
2	3	5	7	

Şekil 4.13. İletişim bilgileri kısmı [43]

Şekil 4.13’de numaralandırılarak verilen iletişim kısmının verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

1. İletişim, normal kullanım sırasına göre soldan sağa gösterilir.
2. İletişim servisi (ATIS frekansı)
3. Servis işlevselliğinin ne zaman kullanılacağı
4. Yaklaşma kontrolün adı
5. Mevcut tüm frekanslar
6. Radar hizmetinin mevcut olduğunu gösterir.
7. İlgili meydan kule frekansı (Büyük meydanlarda her pist için farklılık gösterebilir)
8. Servisin yarı zamanlı olduğunu gösterir.
9. Meydan yer control frekansı

Şekil 4.14’de Havacılık haritalarında bulunan Yaklaşma Kısa Bilgilendirmesi kısmı yer almaktadır.

1	2	3	4	5
LOC IDJP 111.1	Final Apch Crs 270°	GS DP LOM 2500' (931')	ILS DA(H) 1769' (200')	Apt Elev 1575' TDZE 1569'
MISSED APCH: Climb to 2500', then climbing LEFT turn to 4500' direct DP LOM and hold.				
7	Alt Set: hPa	TDZ Elev: 1 hPa	Trans level: FL 180	Trans alt: 18000'
1. RADAR or DME required. 2. Simultaneous approaches authorized rwys 34L and 34R.				

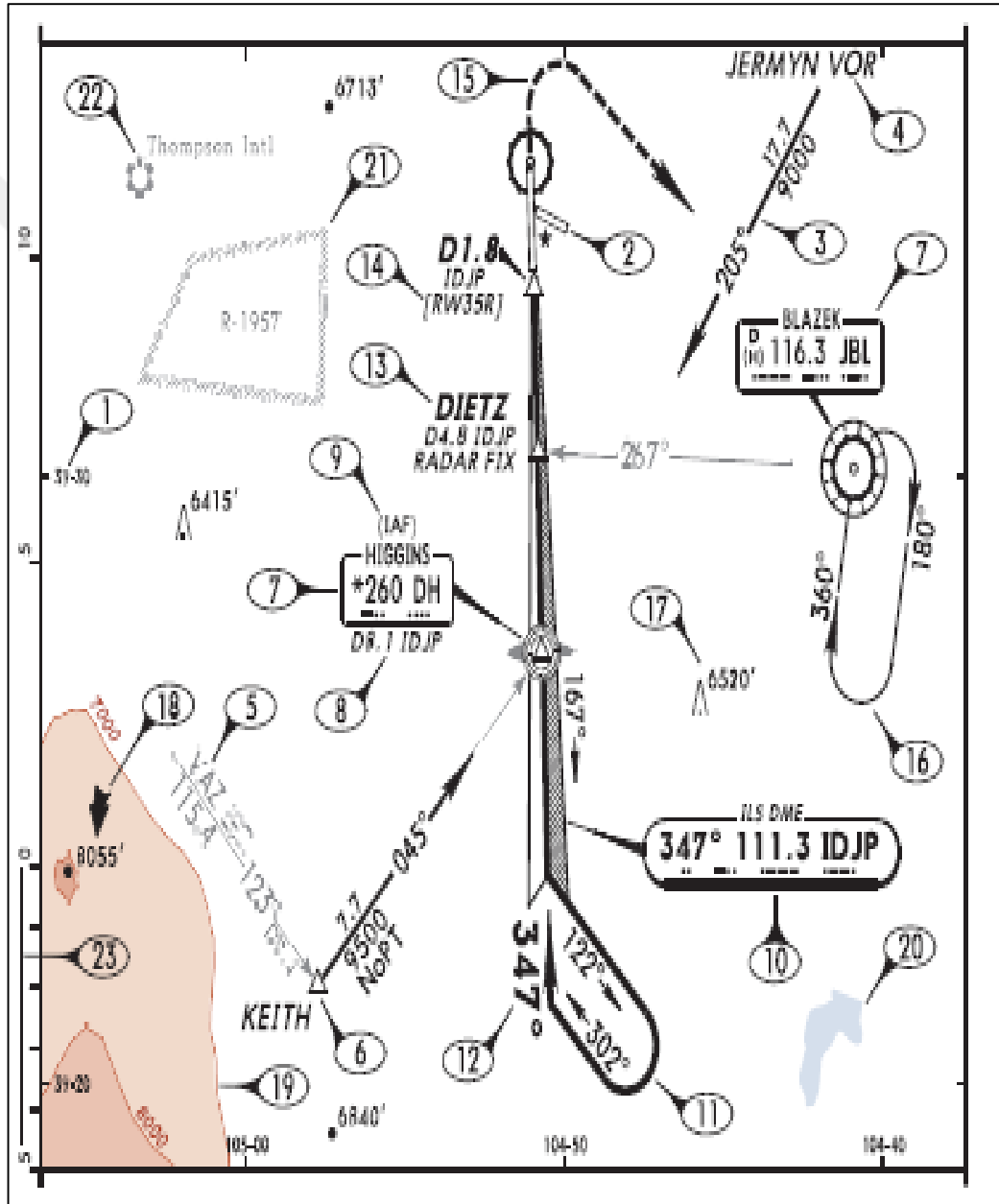
Şekil 4.14. Yaklaşma kısa bilgilendirmesi [43]

Şekil 4.14’de numaralandırılarak verilen yaklaşma kısa bilgilendirmesi kısmının verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

1. LOC tanıtımı ve frekansı
2. Son yaklaşma yön doğrultusu
3. FAF geçiş yüksekliği
4. En düşük DA (H) veya MDA (H)

5. Havaalanı rakımı ve touchdown bölgesi / eşik rakımı
6. Pas geçme prosedürünün metni, açıklaması
7. Altimetre ayarlama bilgileri, barometrik basınç eşitliğini içermektedir.
8. Standart altimetreden çıkışın gerçekleşeceği, geçiş seviyesi ve yüksekliği
9. Yaklaşma prosedürüne ilişkin notlar

Şekil 4.15’de Havacılık haritalarında bulunan Yaklaşma Planı kısmı yer almaktadır.



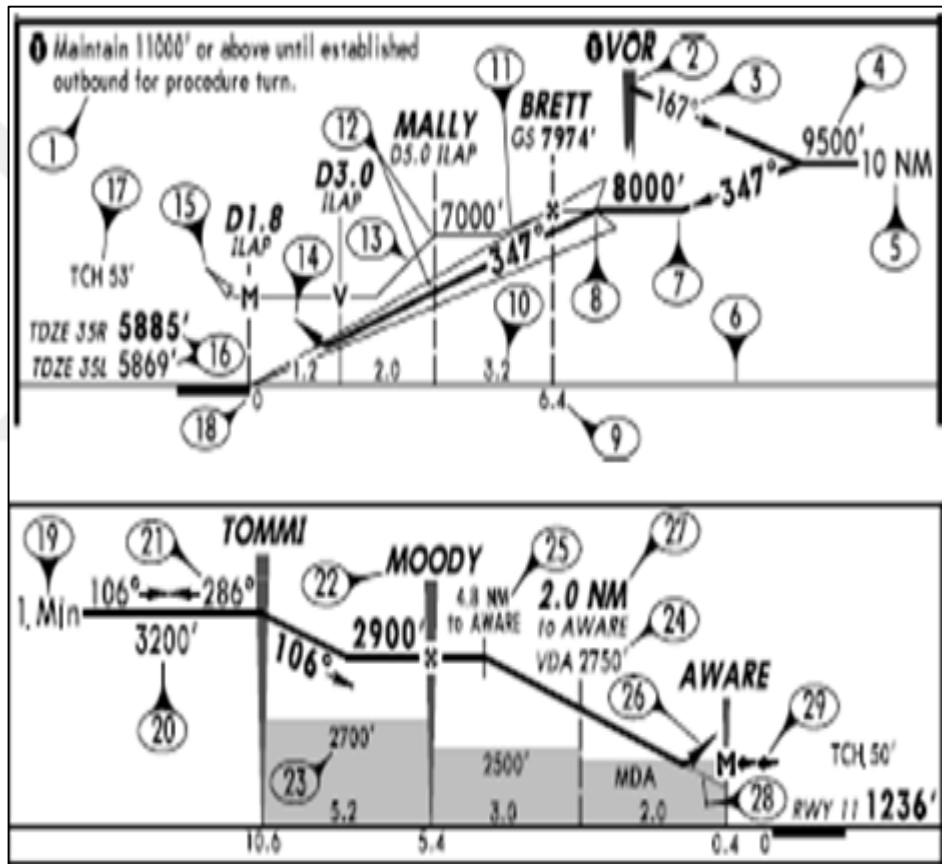
Şekil 4.15. Yaklaşma planı kısmı [43]

Şekil 4.15’de numaralandırılarak verilen yaklaşma planı kısmının verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

1. Plan görünümü, yaklaşma prosedürünün bir grafiksel gösterilmesidir. Enlem ve boylam çizgileri, sınır çizgisi boyunca 10 dakikalık artışlarla gösterilir.
2. Havaalanı için pist düzeni tasfiri
3. Yaklaşma geçişleri tam ortada bir çizgi ile gösterilmiştir. İrtifa bilgisinde içermektedir.
4. Chart dışında mevcut navigasyon aleti/ control noktası (ihtiyac halinde frekansı, Mors kodu, tanıtımı yazılabilir.)
5. VOR’un çapraz radyalleri (cross radial) ile NDB yön referansları fix oluşturmada kullanılır.
6. Kullanıma göre farklı semboller kullanılarak gösterilen hava sahası düzeltmeleri
7. Dikdörtken şeklindeki navaid kutuları; navaid adını, tanımlayıcıyı, Mors kodu ve frekansı içerir. "D" harfi DME özelliğini, yıldız ise yarı zamanlı olduğunu gösterir.
8. Fix tanıtımı ve bilgileri
9. İlk yaklaşma düzeltmeleri ve ara düzeltmeler sırasıyla (IAF) ve (IF) olarak belirtilebilir.
10. Gölge bir navaid kutusu, nihai yaklaşma segmenti için lateral rota kılavuzluğunun dayandığı birincil navigasyon aletini belirtir.
11. Nihai / Son yaklaşma yönü yaklaşma çizgisi ile belirtilir.
12. Gerekli gibi yönlü bir ok ile koyu metinle gösterilen son yaklaşma ve yönü
13. Hava sahası fix isimleri, isimlendirici bilgi ismin altına yerleştirilir.
14. Jeppesen veritabanı tanımlayıcıları, Devlet tarafından verilen addan farklı olduğunda tasvir edilir.
15. Pas geçme segmenti, kalın kesikli çizgi ile gösterilir.
16. Holding/Racetrack paternleri. Seyrüsefer aletine doğru uçulduğunu yada ondan uzaklaşarak tersi istikamete doğru uçulduğunu gösterir. Kısıtlamalar uygulanabilir olduğunda grafiklendirilir, kalın izler holding / racetrack gerekli olduğunu gösterir.
17. Yüksek arazilerin ve insan yapımı yapıların yükseklikleri ile birlikte gösterimi. Genellikle, sadece havaalanı kotundan 400 feet veya daha yüksek olanlar gösterilmektedir.
18. Sadece plan alanı içinde gösterilen noktaların en yüksek olduğu yeri gösterir.
19. Genelleştirilmiş arazi hatları çeşitli coğrafi faktörlere göre tasvir edilir.

20. Nehirler/büyük su kütleleri gösterilir ancak küçük ve mevsimsel su alanları gösterilmez.
21. Bazı özel kullanım hava hahası sınırları ve tanımlayıcıları gösterilebilir.
22. Tüm ikincil IFR havaalanları ve nihai yaklaşımda bulunan VFR havaalanları gösterilmektedir.
23. Kullanılan grafik ölçeği, plan görünümünün sol tarafında gösterilir.

Şekil 4.16'da Havacılık haritalarında bulunan Yaklaşma Profil Planı kısmı yer almaktadır.



Şekil 4.16. Yaklaşma profil planı kısmı [43]

Şekil 4.16'da numaralandırılarak verilen yaklaşma profil planı kısmının verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

1. Doğrudan profil görünümünde gösterilen bilgilerle ilgili olan prosedür notları, profil görünümünde normal olarak sağ üst veya sol köşelere yerleştirilmiş olarak gösterilir.

2. "Kırılmış" bir seyrüsefer cihazı sembolü, doğrudan son yaklaşma çizgisi ile aynı hizada olmadığını gösterir.
3. Seyrüsefer cihazından itibaren uçulacak yönü gösterir.
4. Prosedür dönüşünü yaparken minimum yükseklik
5. Kalan mesafe (NM cinsinden)
6. Profil görünümü "yer hattı". Pist eşiğinden kaynaklanan hayali bir düz çizgiyi temsil eder. Profil görünümünde arazi yüksek noktaları veya insan yapımı yapılar gösterilmez.
7. Prosedürde uçuş izleri kalın bir düz çizgi kullanılarak tasvir edilir. Aynı rakımları kullanan çoklu ayrı prosedürler, tek bir çizgi ile temsil edilir.
8. Son Yaklaşma Noktası (FAP). Hassas yaklaşımlar için son yaklaşma segmentinin başlangıcı
9. "0" noktasına kadar olan mesafe, deniz Mili cinsinden. DME düzeltmelerine dahil değildir.
10. İki navaid arasındaki mesafe ve / veya düzeltmeler deniz mili türünden
11. Son Yaklaşma Bölümü. Sadece rotada bir değişiklik olursa tekrarlanır.
12. Karşılık gelen geçiş irtifalarına bağlı olarak izler birbirine göre yerleştirilir.
13. Glide Slope ve / veya Düşey İniş Açısından sapan hassas olmayan prosedür uçuş izleri, hafif düz bir çizgi olarak gösterilir.
14. Pas geçme noktası gösterimi
15. Hassas olmayan yaklaşma için pas geçme noktası
16. Pist eşiği, pist ucu veya buna göre etiketlenmiş eşik yüksekliği
17. Glide slope ve dikey iniş açısına bağlı olarak eşik geçme yüksekliği
18. Pisti simgeleyen pist bloğu. Yaklaşma sonu pist eşiğini temsil eder.
19. Holding/racetrack prosedürü için uygulanabilir zaman limiti
20. Holding / Racetrack prosedürleri uygulanırken minimum yükseklik
21. Outbound and inbound yönleri
22. RNAV yol noktaları, sadece beş karakter ile tanımlanır.
23. Segment Minimum Altitude (SMA), iki tanımlayıcı sınır tarafından çevrilmiş gölgeli bir dikdörtgen ile temsil edilir. Minimum rakım, sektörün üst kenarı boyunca gösterilir.
24. VDA'ya karşılık gelen irtifalar
25. Eğer fix yok ise bir sonraki fix için alçalma bölgesi bilgileri

26. Pas geçme noktası gösterimi
27. AWARE fix olan mesafe ve fix'in adı
28. Noktalı gri bir çizgi, FAF'den İniş Eşiği Noktası (LTP) TCH'ye kadar VNAV yolunu gösterir. VNAV yolu, yalnızca FAF ve MAP arasındaki CDFA uçuş tekniklerini destekler.
29. Pas gecme noktasının görerek uçuş yönü için gösterimi

Şekil 4.17'de havacılık haritalarında bulunan gerekli hava durumu minimaları kısmı yer almaktadır.

İlgili havalimanı için, uçucu personel haritadaki yaklaşma minimumu kısımlarını inceleyerek mevcut güncel hava durumuna göre kontrol etmeli ve uçağın iniş için uygunluğuna karar vermelidir. Haritada mevcut yaklaşma prosedürlerine göre değişkenlik gösteren pist görüş mesafesi ve bulut tavanı dikkate alınmalıdır.

STRAIGHT-IN, LANDING, RWY 35L				SIDESTEP, LANDING RWY 35R		CIRCLE-TO-LAND	
ILS		LOC (GS out)					
DA(H) 230' (200')		MDA(H) 420' (390')		MDA(H) 500' (470')		NA West of Runway, 17L/35R	
FULL		RAIL or ALS out		RAIL out		ALS out	
A	R24 or V $\frac{1}{2}$	R40 or V $\frac{3}{4}$	R24 or V $\frac{1}{2}$	R40 or V $\frac{3}{4}$	R50 or V1	V1	
B						V1	
C						V1	
D						V1 $\frac{1}{2}$	
		R40 or V $\frac{3}{4}$		R60 or V1 $\frac{1}{4}$		V1 $\frac{1}{2}$	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	
						V2	

Şekil 4.17. Hava Durumu Minimaları kısmı [43]

Şekil 4.17'de numaralandırılarak verilen hava durumu minimaları kısmının verilerinin açıklaması aşağıda verilmiştir [43];

8. Yaklaşma türünün gösterimi
9. Görüşün herhangi bir etmenden etkilenmediği, aletlerinin tamamen çalıştığında bakılacak hava durumu değeri

10. Chartla ilgili özel notlar
11. İlgili pist için gösterilen meydan minimumları
12. Side-step iniş için gerekli minimumlar
13. İlgili yaklařmaya özel notlar
14. Circle to land iniş yapılabileceğini gösteren bilgi
15. Circle to land iniş için gerekli meydan minimumları

Uçuş Planı bölümde manialar, ölçü birimleri, mesafe bilgileri, yaklaşma usulleri işaretleri, dönüş bilgileri, seyir bilgileri gibi parametreler haritalandırılmış bir şekilde bulunmaktadır. Profil bilgileri kısmında ise pas geçme seviyesi, pas geçme açısı, süzölüş açısı gibi bilgiler yer almaktadır. OCA(H) bölümünde ise mania yükseklikleri yer almaktadır. Genel harita bilgisinden sonra harita çeşitleri incelenecektir. Türkiye tarafından yayınlanmakta olan haritalar aşağıda sıralanmaktadır;

- Havalimanı Vaziyet Planı (ADC)
- Hava Aracı Park Planı (PRKG)
- Hassas Yaklaşma Arazi Planı (PATC)
- Standart Kalkış Usulleri (SID)
- Standart Varış Usulleri (STAR)
- Aletli Yaklaşma Planları (IAC)
- Yol Planı (En-Route)
- Diğer Özel Amaçlı Haritalar

4.1.1. Havaalanı vaziyet planı (ADC)

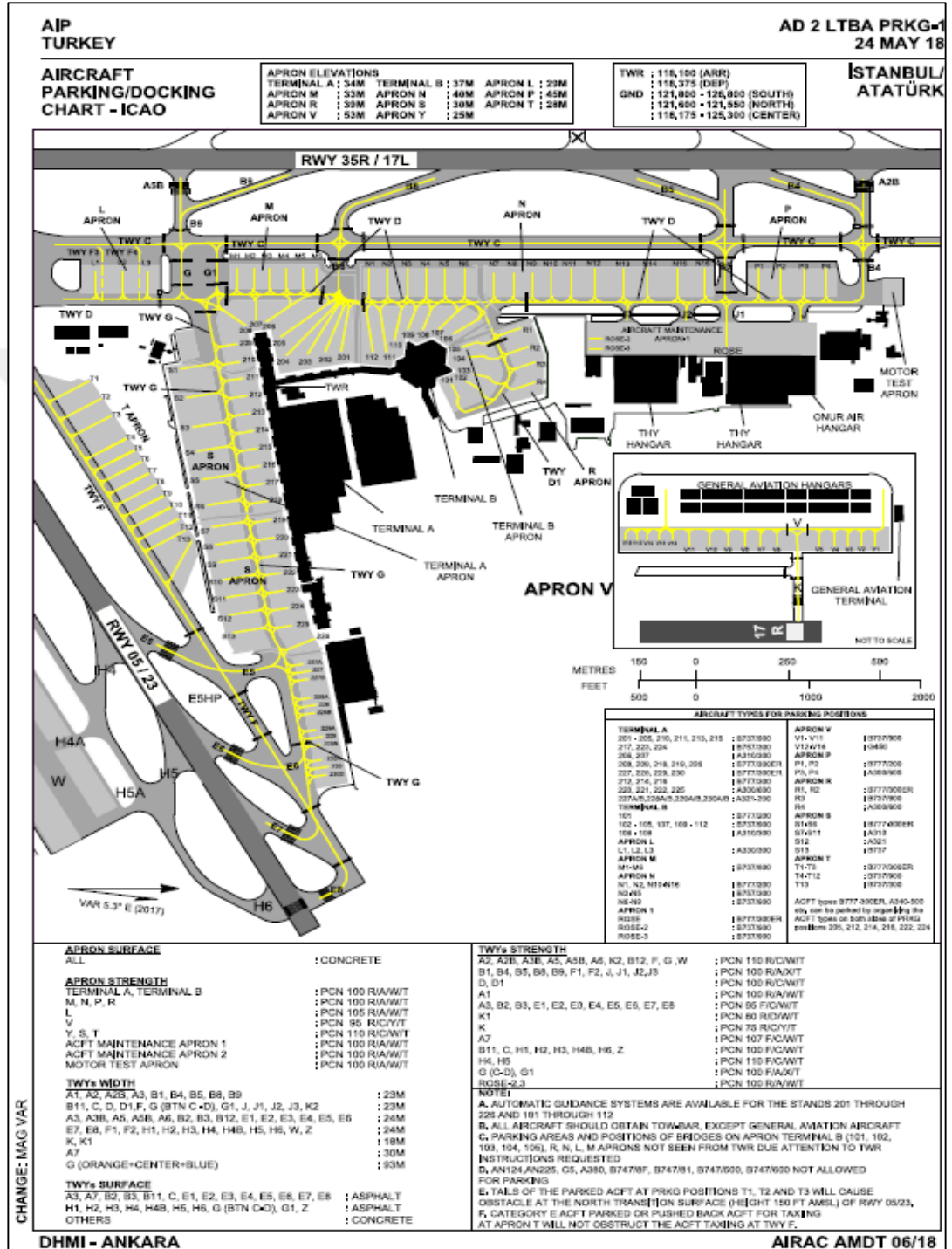
ADC, meydana bulunan tüm ekipmanları, pist isim ve merkez hatlarını, taksi yollarını, yaklaşma ışıklarını, pist uzunluk mesafelerini vb. bilgilerini içeren haritalar lejantları ile beraber verilmektedir. Şekil 4.18’de Atatürk Havaalanı Vaziyet Planı verilmiştir. Bu şekilde ilgili havalimanı temel olarak resmedilmiş olup meydana kullanacak olan, uçucu ve operasyonel personele çalışma esnasında görsel olarak farkındalık saylanması amaçlanır. Şekil 4.18’de ayrıca pist dayanım bilgileri de mevcuttur. Bu bilgiler pistin mukavemetine göre uçağın ilgili ağırlığıyla iniş yapıp yapamayacağı konusunda havacılık personeline yardımcı olur.



53

4.1.2. Hava aracı park planı (PRKG)

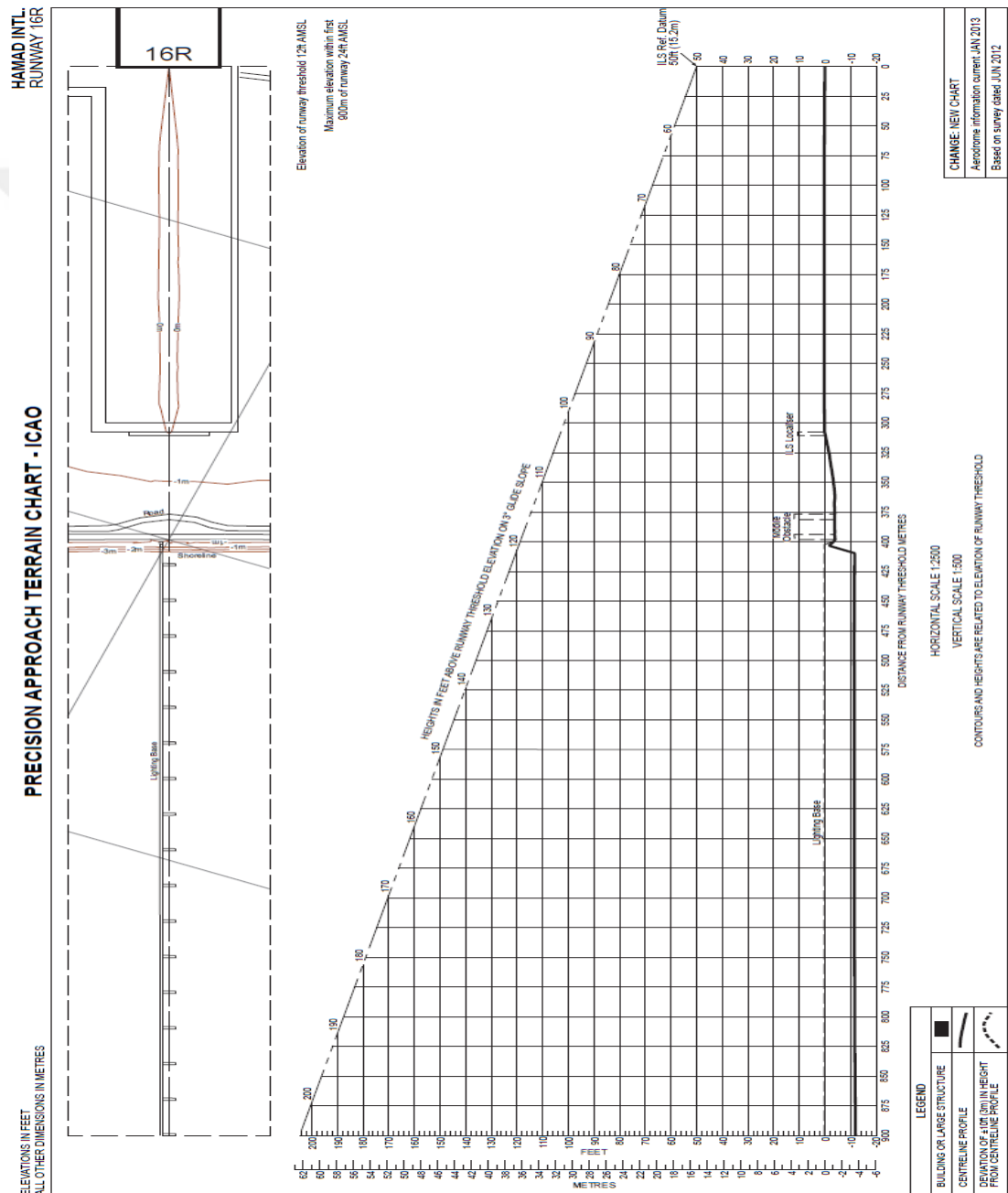
Uçakların tiplerine göre apronda bulunan park yerlerini gösteren haritalardır.



Şekil 4.129. Atatürk Havaalanı park yerleri haritası

4.1.3. Hassas yaklaşma arazi planı (PATC)

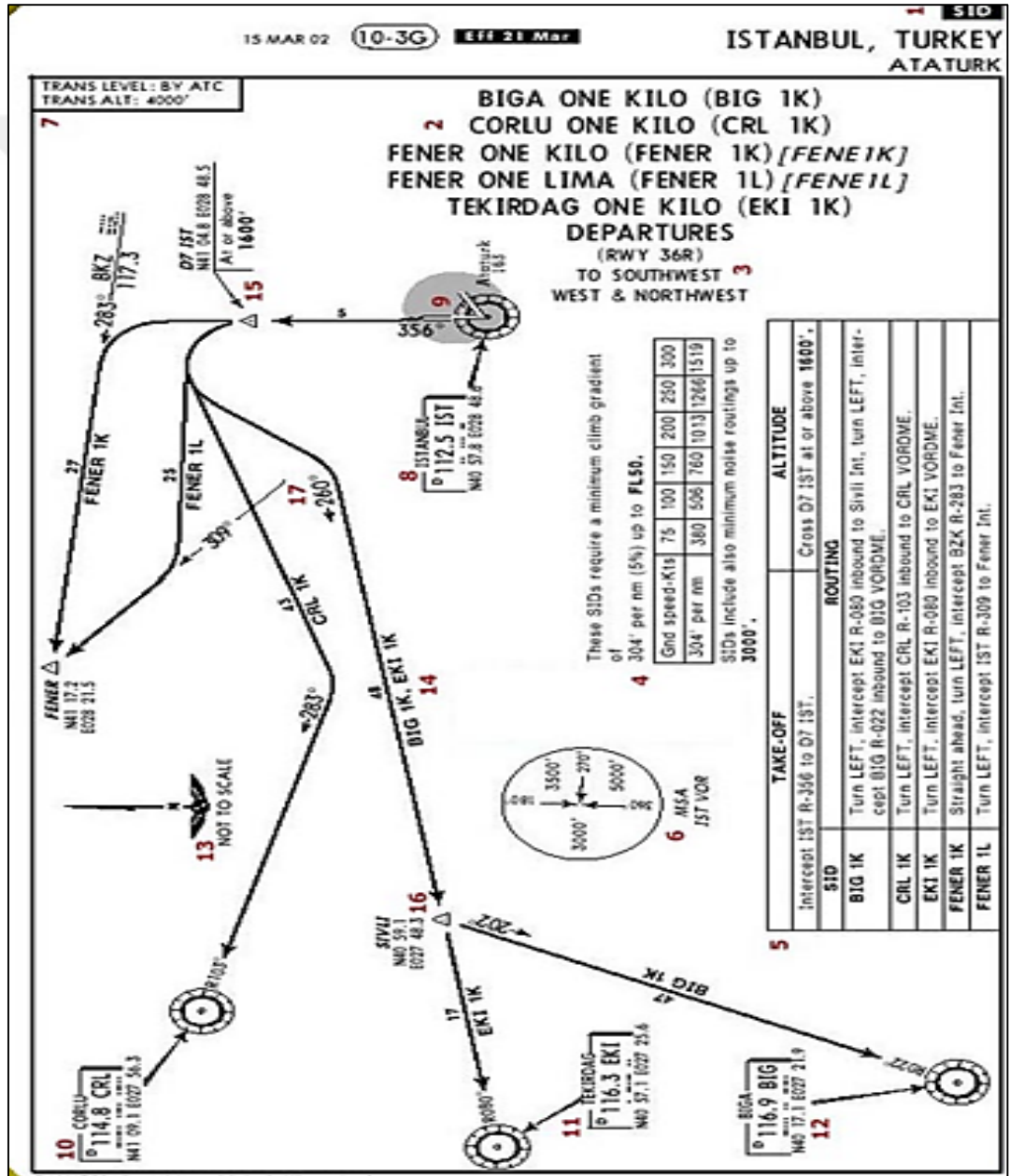
PATC, pist başı tarafında son yaklaşmanın gerçekleştirileceği tarafta yer alan arazinin profil ve kuş bakışı görüntüsünü içeren haritalardır. Şekil 4.20’de Katar Doha Hamad Uluslararası havalimanı için hazırlanmış olan PATC Haritası bulunmaktadır.



Şekil 4.20. Hamad Uluslararası Havalimanı PATC haritası

4.1.4. Standart kalkış usulleri (SID)

SID, bir hava aracının pistten kalkış yapmasından rotasının başladığı noktaya kadar ki seyrini düzenleyen haritalardır. Bu haritalar sayesinde belli bir standart olduğundan kaza riski minimuma inmektedir. Uçak kalkmadan önce pilot SID prosedürünü Hava Trafik Kontrolörüne bildirmek ve onay almak zorundadır. Şekil 4.21'de Atatürk Havalimanı için oluşturulan SID Haritası ve numaralandırılmış açıklamaları bulunmaktadır.

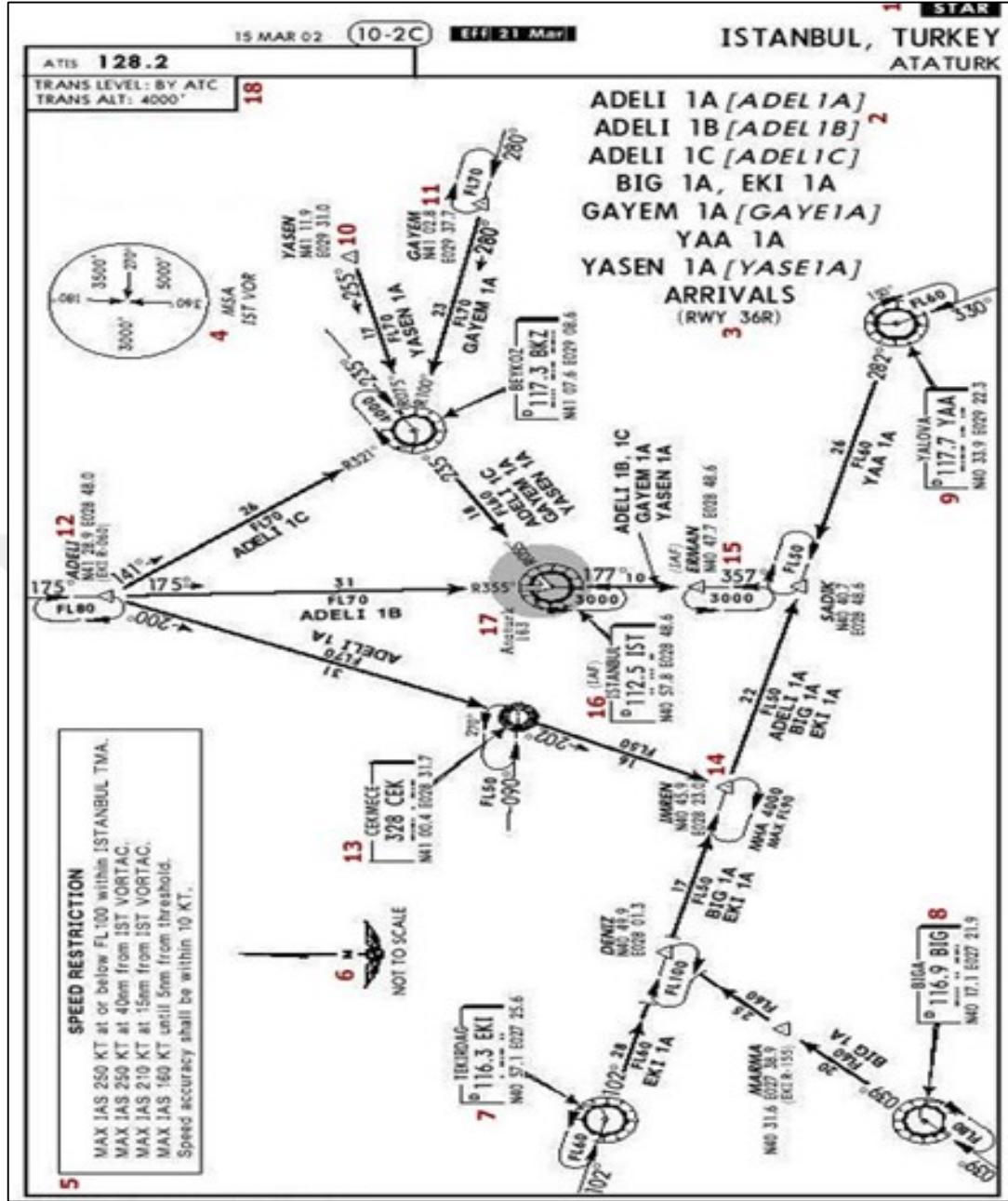


Şekil 4.21’de verilen SID Haritasında bulunan numaralandırılmış bilgilerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

1. Harita Tipi (SID)
2. Haritada anlatılan SID Prosedürleri (Uzun ve Kısa Adları)
3. Mevcut SID prosedürlerinin ait olduğu pist ve uygulama sahaları (Batı - Kuzeybatı - Güneybatı Sahası)
4. Tüm SID Prosedürleri için genel hız ve tırmanma bilgileri
5. SID Prosedürleri ile ilgili yazılı uygulama açıklaması
6. IST VOR'una göre minimum güvenli seyir irtifaları
7. Standart altimetre değerine geçiş irtifa bilgileri
8. Meydanda konuşlu IST VOR'una ait bilgiler (Frekans, Konum ve Mors Sinyali)
9. Meydan Bilgisi
10. CRL VOR'una ait bilgiler (Çorlu) -- Ayrıca SID Bitiş Noktası, Rota ilk bacağı
11. EKI VOR'una ait bilgiler (Tekirdağ) -- Ayrıca SID Bitiş Noktası, Rota ilk bacağı
12. BIG VOR'una ait bilgiler (Biga) -- Ayrıca SID Bitiş Noktası, Rota ilk bacağı
13. Harita Ölçeği ve İstikamet Bilgisi (Burada "NOT TO SCALE" Ölçekli Değildir Anlamına Gelir)
14. SID Prosedürünün kısa adları ve noktadan noktaya uçuş mesafesi (Nm Cinsinde)
15. SID Prosedürlerinin başlangıç noktasının konum bilgisi ve gerekli diğer bilgiler (Min. İrtifa Bilgisi)
16. SID Prosedürlerinde kullanılan geçiş noktalarına ait bilgiler (Burada SIVLI Intersection bilgisi)
17. SID Prosedürü gereği yapılacak dönüş için uçuş başı bilgisi

4.1.5. Standart varış usulleri (STAR)

STAR, bir hava aracının iniş yapacağı sırada yaklaşma usullerini uygulayacağı ana kadar, ilgili noktaya gelişini gösteren haritalardır. Şekil 4.22’de Atatürk Havalimanı tarafından hazırlanmış olan STAR Haritası ve numaralandırılmış açıklamaları bulunmaktadır. Kule tarafından verilen talimatların her uçak için standart prosedürlerde olması amacıyla ilgili ülkenin otoritesi tarafından yaklaşma usullerini ifade etmek amacıyla hazırlanan haritalardır.



Şekil 4.22. Atatürk Havaalanı STAR Haritası

Şekil 4.22’de verilen STAR Haritasında bulunan numaralandırılmış bilgilerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

1. Chart Tipi (STAR)
2. Chart'ta anlatılan STAR Prosedürlerinin Uzun ve Kısa Adları
3. Anlatılan STAR Prosedürlerinin ait olduğu pist
4. Anlatılan STAR Prosedürlerinin ait olduğu pist
5. Hız sınırlamaları ve açıklamalar
6. Chart Ölçeği (Burada Ölçeksiz Olduğu Belirtilmiş)

7. EKI VOR'una ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası (Tekirdağ) - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
8. BIG VOR'una ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası (Biga) - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
9. YAA VOR'una ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası (Yalova) - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
10. YASEN INTERSECTION'a ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
11. GAYEM INTERSECTION'a ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
12. ADELI INTERSECTION'a ait bilgiler -- STAR Giriş Noktası - Minimum Giriş İrtifası - Bekleme Prosedürü
13. CEK NDB'ye ait bilgiler -- STAR Geçiş Noktası (Çekmece) - Bekleme Prosedürü - Minimum Geçiş İrtifası
14. IMREN INTERSECTION'a ait bilgiler, Bekleme Prosedürü, Maksimum İrtifa
15. ERMAN INTERSECTION'a ait bilgiler, Bekleme Prosedürü, Maksimum İrtifa -- IAF GEÇİŞ NOKTASI --
16. IST VOR'una ait bilgiler, Bekleme Prosedürü -- IAF GEÇİŞ NOKTASI --
17. Meydan Konum ve İrtifa Bilgisi
18. İnişte Standart Altimetre (1013 QNH) iptali ile Yerel Altimetre (ATC Tarafından Verilir) değerine geçiş bilgisi

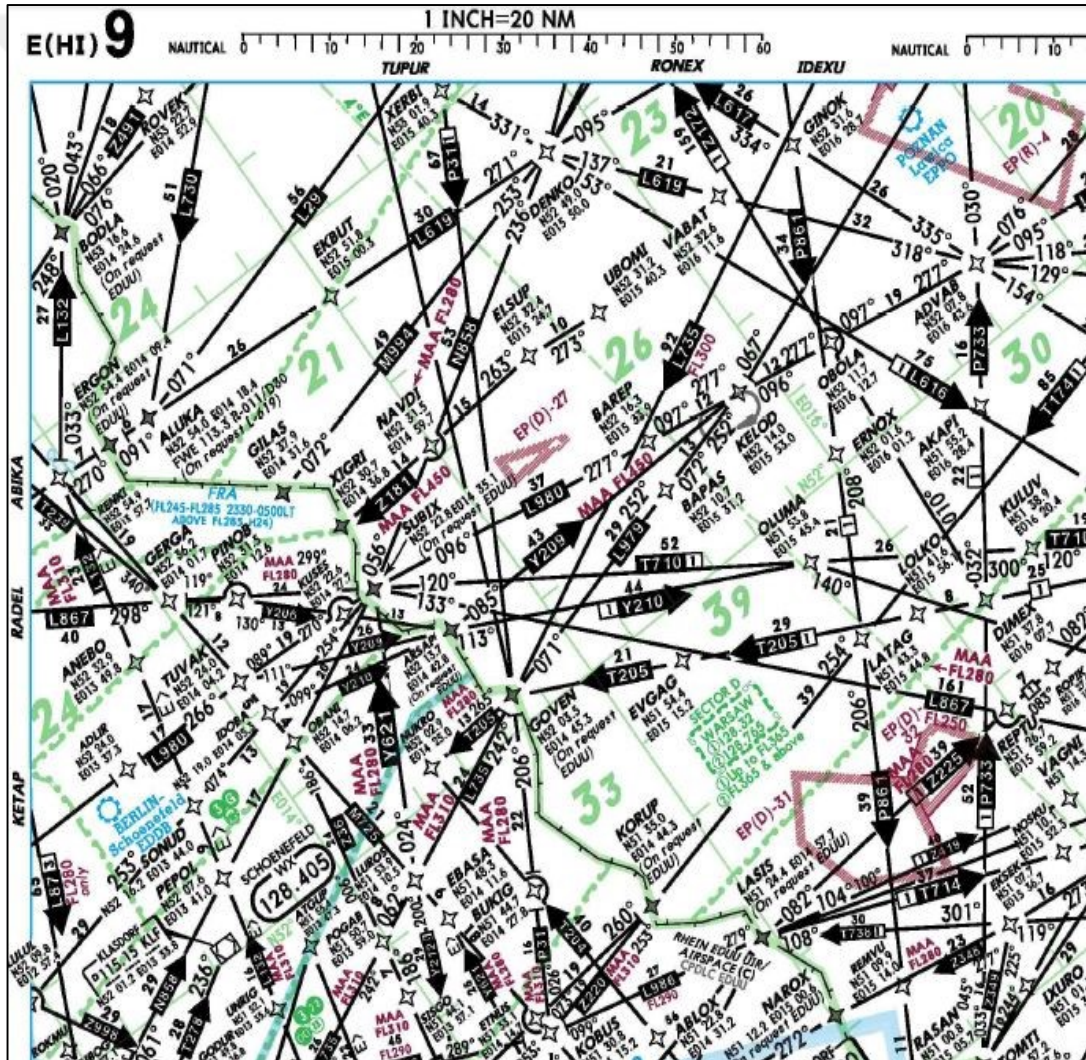
4.1.6. Aletli yaklaşma planları (IAC)

Havalimanında bulunan her pist için ayrı ayrı düzenlenen aletli alçalma usullerinin uygulanabilmesi için üretilen ve pas geçme, bekleme usullerini de kapsayan haritalardır. Bu bilgilerin yanı sıra mania yer ve yükseklik bilgilerini, yön-uçuş başı-radyal bilgilerini, kontrol sahaları ile yasaklı/tehlikeli saha bilgilerini içermektedir. Şekil 4.23'de Atatürk Havalimanı tarafından hazırlanmış olan IAC Haritası ve numaralandırılmış açıklamaları bulunmaktadır. Verilen talimatların her uçak için standart prosedürlerde olması amacıyla ilgili ülkenin otoritesi tarafından kullanılacak aletli iniş sistemi usullerini ifade etmek amacıyla hazırlanan haritalardır.

9. IST VOR'una göre minimum güvenli seyir irtifaları
10. MISSED APPROACH - Pas Geçme Prosedürü Bilgisi
11. IAF Noktası olan ATCOS Intersection'a ait bilgiler, minimum geçiş irtifası (2600 Feet), IST VOR'una göre konumu (240 Radyali ile 9 Nm.) ve bekleme prosedürü
12. ILS Yaklaşma Hattı bilgisi (IST VOR'una 7,8 Nm., 06R ILS Sistemine 8 Nm.) -- D 4,5 IIST GLIDE SLOPE Hattı başlangıç bilgisi
13. 06R Pisti için ILS Sistemine ait Frekans, Mors Kodu ve LOCALIZER Hattı bilgisi (110,30 - IIST - 056)
14. IS NDB Bilgisi (Istanbul) -- ADF Kullanımı için (340)
15. IST VOR Bilgisi (Istanbul) -- Nav2 frekansına bağlanarak kontrol amacı ile kullanılır 112,50
16. Meydan bölgesindeki görsel yüksekliklerin bilgisi
17. MISSED APPROACH - Pas Geçme Prosedürü Hayali Hattı ve Bilgisi (IST VOR'undan 054 radyal ile BKZ VOR'u)
18. BKZ VOR Bilgisi (Beykoz) -- Pas Geçme Prosedürü Kullanımı için NAV2: 117,30
19. BKZ NDB Bilgisi (Beykoz) -- Pas Geçme Prosedürü Kullanımı için ADF: 432
20. ATCOS Intersection ile IAP Giriş Bilgisi (9 Nm. IST ve 2600 Feet)
21. D8 IIST noktası ile ILS sistemine giriş bilgisi (8 Nm IIST ve 2600 Feet)
22. D4,5 IIST ile ILS GS ve LOC hattının kesin kontrolü ve devam bilgisi (4,5 NM IIST ve 1500 Feet)
23. MISSED APPROACH Prosedürü için çıkış noktası
24. MIDDLE MARKER noktası ve MINIMA (0,4 Nm. IIST ve 200 Feet)
25. 06 Pisti için TOUCH DOWN noktası.
26. ILS 06 IIST için muhtelif alçalma hızları, pist ışıklarına ait bilgi, giriş mesafe kontrolleri için bilgiler
27. 06 Pisti için ILS Yaklaşma ve LOCALIZER (GS Devre Dışı) Yaklaşma durumlarında minimum pist görüş alanı mesafe bilgileri
28. CIRCLE TO LAND durumları için minimum karar noktası (Minimum Decision Altitude) bilgileri

4.1.7. Yol planı (En-Route)

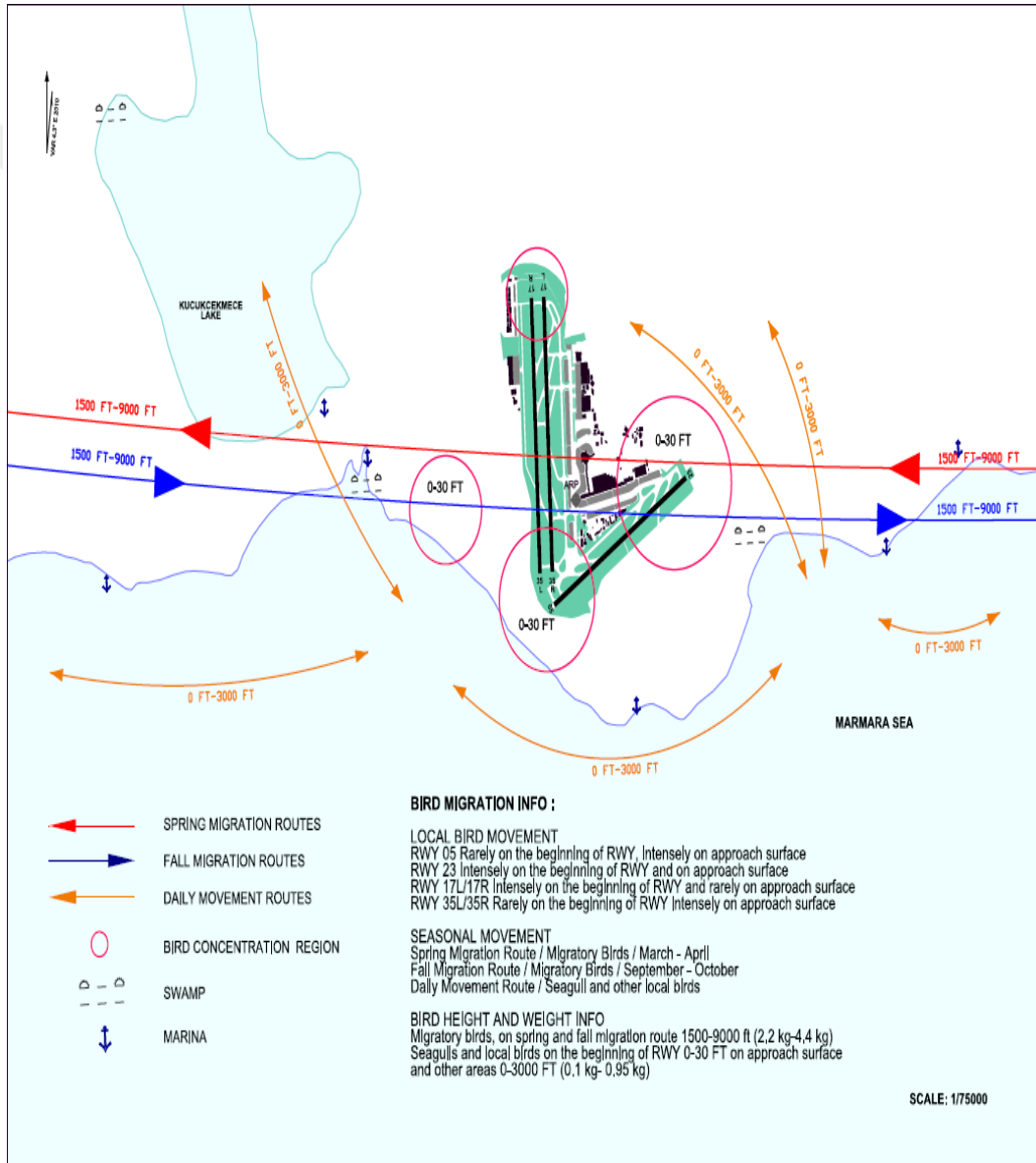
SID sonrası ile STAR başlangıcı arasında uygulanacak rota bilgilerini içeren haritadır. Bu haritalarda yapılacak dönüşler, hava sahasının dikey sınırları, minimum seyir seviyeleri, yasak ve tehlikeli alanlar, yönler, rapor noktaları ve radyo seyrüsefer yardımcı cihazları gösterilmektedir. Minimum seyir irtifaları manialar için 300 m (1000ft) dağlık arazilerde ise 600 m (2000ft) koruma payı ile verilmektedir. Şekil 4.24’de Atatürk havalimanı tarafından hazırlanmış olan bir yol planı görülmektedir. Harita incelendiğinde rotalar ve seyrüsefer yardımcı cihazlarının yerleri ve irtifalar açıkça görülmektedir.



Şekil 4.24. Yol haritası

4.1.8. Diğer özel amaçlı haritalar

Yukarıda açıklanan temel haritaların yanı sıra özel amaçlı haritalarda yayınlanmaktadır. Bu haritalardan bazıları Görerek Yaklaşma Haritaları (VFR) ve Kuş Göç Yolları ile Yoğunluğu haritalarıdır. Bu haritalar dışında da birçok özel amaçlı haritalar bulunabilmektedir. Şekil 4.25’de Kuş Yolları ile Yoğunluğu Haritası verilmiştir. Harita incelendiğinde Atatürk Havaalanı çevresindeki mevsimsel ve günlük kuş göçlerinin ve yoğunluk dağılımının olduğu görülecektir.



Şekil 4.25. Atatürk Havaalanı kuş göç yolları ve yoğunluğu haritası

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

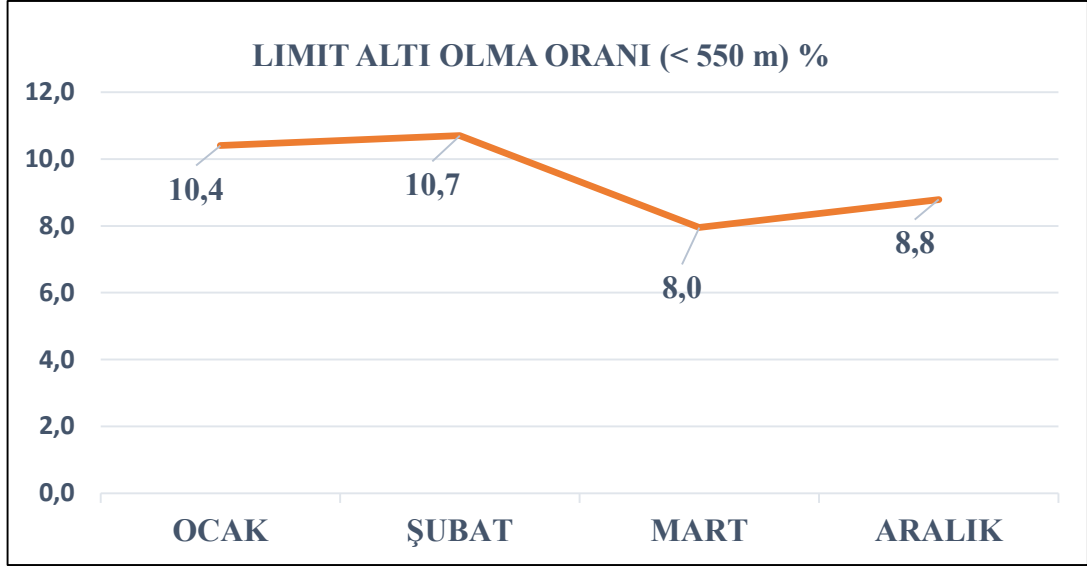
Bu çalışma havalimanları için hazırlanan METAR(rutin hava durumu verileri), SPECI(rutin hava durumu meteorolojik parametrelerin, belirli kıstaslara göre değişmesi halinde yayınlanan veriler) ve TAF(uzun periyot hava durumu tahmini) gibi raporlardan yararlanarak yapılmıştır. Çalışmada ILS kategorisi olarak CAT I ve CAT II olan havalimanları kullanılmıştır. Ukrayna Odesa (ODS)-CAT I, Kırgızistan Bişkek (FRU)-CAT II, Kosova Priştine (PRN)-CAT II ve Rusya Rostov (ROV)-CAT II havalimanları seçilmiştir. Bu havalimanları coğrafi konumları ve zaman zaman hava durumlarından kaynaklanan düşük görüş mesafesi sebebiyle sefer iptalleri ve bunun olası maliyetine dikkat çekmek için seçilmiştir. Çalışma periyodu olarak 2014 yılından 2019'a yılına kadar olan 5 yıllık periyottaki aralık, ocak, şubat ve mart ayları seçilmiştir. Daha sonra bu aylardaki günlük ve saatlik olarak görüşün CAT I minimumu olan 550 metrenin veya CAT II minimumu olan 350 metrenin altına düşme riski yüzde (%) olarak filtrelenmiştir. Görüş mesafesi ILS CAT minimumu altına düştüğü durumlarda söz konusu meydanlara iniş yapılamamaktadır. Saatlik düşük görüş riski verisinden yola çıkılarak 24 saatlik yani bir günlük düşük görüş yüzdesi hesaplanmıştır. Bu oran, söz konusu meydana iniş yapılamama oranını yansıtmakta ve maliyet hesabı için referans bir değer sunmaktadır. Her bir meydana ait günlük ortalama sefer sayısı, Eurocontrol sistemi arşivinden alınarak maliyet hesabında kullanılabilecek bir diğer parametre olarak gösterilmiştir.

Hava durumuna göre, uçağın ineceği havalimanında görüşün limit altına düşme oranına dair veri seti aşağıda sırasıyla verilmiştir. Tablo 5.1'de Odesa havalimanında 2014-2019 yılları boyunca ocak, şubat, mart ve aralık aylarındaki anlık hava durumu ve bunun limit altına düşme oranı gösterilmektedir. Ocak ayında günlük uçuş sayısı 15, Şubat ayı içerisinde 16, Mart ayı içerisinde 16 ve Aralık ayında ise 20 olarak gerçekleşmektedir. Gözlem sütunu, ilgili saat aralığında yayınlanan Metar ve Speci sayısını vermektedir. Gün sütunu, hava durumunun CAT I minimumu olan 550 m'nin altına düşme sayısını, oran sütunu ise bu düşüşün yüzde cinsinden değerini belirtmektedir. Buna göre söz konusu dört ay boyunca görüşün düşme oranı yaklaşık

% 9-10 civarında olup ilgili aylara göre çok fazla değişmemektedir. Bu oran havacılık sektöründeki özel koşullar göz önüne alındığında ciddi bir maliyet artış riskine işaret etmektedir.

Tablo 5.1. Odesa (ODS) Havalimanı görüş mesafesinin 550 m'nin altına düştüğü zamanlar

ODESA (ODS) HAVALİMANI / 550M<												
2014-2019 yılları	OCAK			ŞUBAT			MART			ARALIK		
Saat (Zulu Time)	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %
00:00	154	21	13,6	136	24	17,6	152	27	17,8	155	19	12,3
01:00	155	23	14,8	135	22	16,3	151	25	16,6	155	18	11,6
02:00	155	23	14,8	135	22	16,3	153	25	16,3	154	18	11,7
03:00	155	23	14,8	135	20	14,8	153	26	17	154	22	14,3
04:00	154	23	14,9	136	19	14	153	28	18,3	155	20	12,9
05:00	155	25	16,1	136	20	14,7	153	25	16,3	155	17	11
06:00	156	21	13,5	136	17	12,5	153	17	11,1	155	15	9,7
07:00	156	16	10,3	137	15	10,9	153	14	9,2	155	13	8,4
08:00	156	15	9,6	137	12	8,8	152	5	3,3	155	7	4,5
09:00	155	9	5,8	137	6	4,4	153	4	2,6	155	5	3,2
10:00	155	10	6,5	135	5	3,7	152	1	0,7	155	3	1,9
11:00	155	11	7,1	135	4	3	152	1	0,7	155	4	2,6
12:00	155	7	4,5	137	4	2,9	152	0	0	155	4	2,6
13:00	155	10	6,5	136	4	2,9	153	1	0,7	155	4	2,6
14:00	153	9	5,9	138	6	4,3	153	3	2	154	5	3,2
15:00	153	10	6,5	136	7	5,1	153	2	1,3	155	6	3,9
16:00	153	11	7,2	136	12	8,8	153	2	1,3	155	7	4,5
17:00	153	12	7,8	137	16	11,7	153	5	3,3	155	19	12,3
18:00	153	14	9,2	137	16	11,7	152	7	4,6	155	20	12,9
19:00	152	15	9,9	137	17	12,4	153	7	4,6	154	18	11,7
20:00	152	18	11,8	136	17	12,5	153	10	6,5	155	21	13,5
21:00	151	22	14,6	137	21	15,3	153	14	9,2	155	21	13,5
22:00	153	18	11,8	137	23	16,8	153	17	11,1	153	20	13,1
23:00	153	19	12,4	137	22	16,1	153	25	16,3	153	20	13,1
Saatlik ortalama düşük görüş oranı (%);			10,4			10,7			8,0			8,8



Şekil 5.1. Odesa (ODS) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları

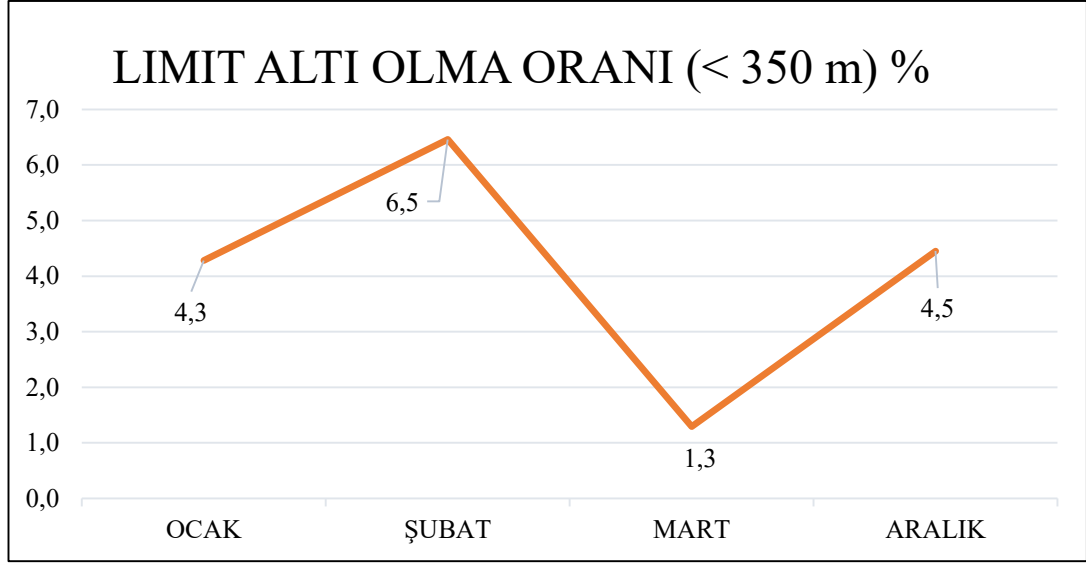
Tablo 5.2. Odesa (ODS) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı

ODESA HAVALİMANI	GÜNLÜK ORTALAMA SEFER SAYISI	LIMIT ALTI OLMA ORANI (< 550 m) %
OCAK	15	10,4
ŞUBAT	16	10,7
MART	16	8,0
ARALIK	20	8,8

Tablo 5.3’de Bişkek havalimanında 2014-2019 yılları boyunca ocak, şubat, mart ve aralık aylarındaki anlık hava durumu ve bunun limit altına düşme oranı gösterilmektedir. Gözlem sütunu, ilgili saat aralığında yayınlanan Metar ve Speci sayısını vermektedir. Ocak ayında günlük uçuş sayısı 19, Şubat ayı içerisinde 17, Mart ayı içerisinde 18 ve Aralık ayında ise 16 olarak gerçekleşmektedir. Gün sütunu, hava durumunun CAT II minimumu olan 350 m’nin altına düşme sayısını, oran sütunu ise bu düşüşün yüzde cinsinden değerini belirtmektedir. İncelenen dört ay boyunca görüşün düşme oranı yaklaşık % 4-5 civarında olup ilgili aylara göre çok fazla değişmemektedir. Bu oran ILS kurulumuna etki eden diğer faktörlerle beraber değerlendirilip kategori yükseltmenin maliyetlere nasıl yansıtacağı belirlenebilir.

Tablo 5.3. Bişkek (FRU) Havalimanı görüş mesafesinin 350 m'nin altına düştüğü zamanlar

BİŞKEK (FRU) HAVALİMANI / 350M<												
2014-2019 yılları	OCAK			ŞUBAT			MART			ARALIK		
Saat (Zulu Time)	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %
00:00	137	10	7,3	105	10	9,5	133	2	1,5	150	11	7,3
01:00	137	9	6,6	105	12	11,4	132	5	3,8	149	12	8,1
02:00	138	8	5,8	108	9	8,3	131	5	3,8	149	10	6,7
03:00	137	8	5,8	109	10	9,2	132	2	1,5	152	6	3,9
04:00	139	6	4,3	111	6	5,4	134	1	0,7	152	5	3,3
05:00	140	4	2,9	111	2	1,8	134	1	0,7	152	4	2,6
06:00	140	5	3,6	112	3	2,7	134	0	0	154	2	1,3
07:00	140	5	3,6	112	0	0	133	0	0	154	1	0,6
08:00	140	2	1,4	111	0	0	133	0	0	155	1	0,6
09:00	140	2	1,4	111	0	0	133	0	0	154	1	0,6
10:00	140	1	0,7	110	0	0	132	0	0	155	1	0,6
11:00	140	2	1,4	110	2	1,8	134	0	0	153	2	1,3
12:00	140	2	1,4	110	5	4,5	134	0	0	154	3	1,9
13:00	139	3	2,2	110	6	5,5	134	0	0	152	4	2,6
14:00	137	4	2,9	111	6	5,4	134	1	0,7	149	5	3,4
15:00	137	5	3,6	110	7	6,4	134	2	1,5	152	8	5,3
16:00	137	4	2,9	109	11	10,1	133	3	2,3	152	7	4,6
17:00	138	8	5,8	108	9	8,3	132	3	2,3	150	6	4
18:00	137	9	6,6	105	8	7,6	132	4	3	148	9	6,1
19:00	138	11	8	104	10	9,6	133	3	2,3	151	13	8,6
20:00	137	8	5,8	102	8	7,8	133	3	2,3	148	9	6,1
21:00	137	6	4,4	106	12	11,3	133	2	1,5	148	13	8,8
22:00	136	7	5,1	105	14	13,3	133	3	2,3	150	13	8,7
23:00	135	7	5,2	105	16	15,2	135	1	0,7	147	14	9,5
Saatlik ortalama düşük görüş oranı (%);			4,1			6,5			1,3			4,4



Şekil 5.2. Bişkek (FRU) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları

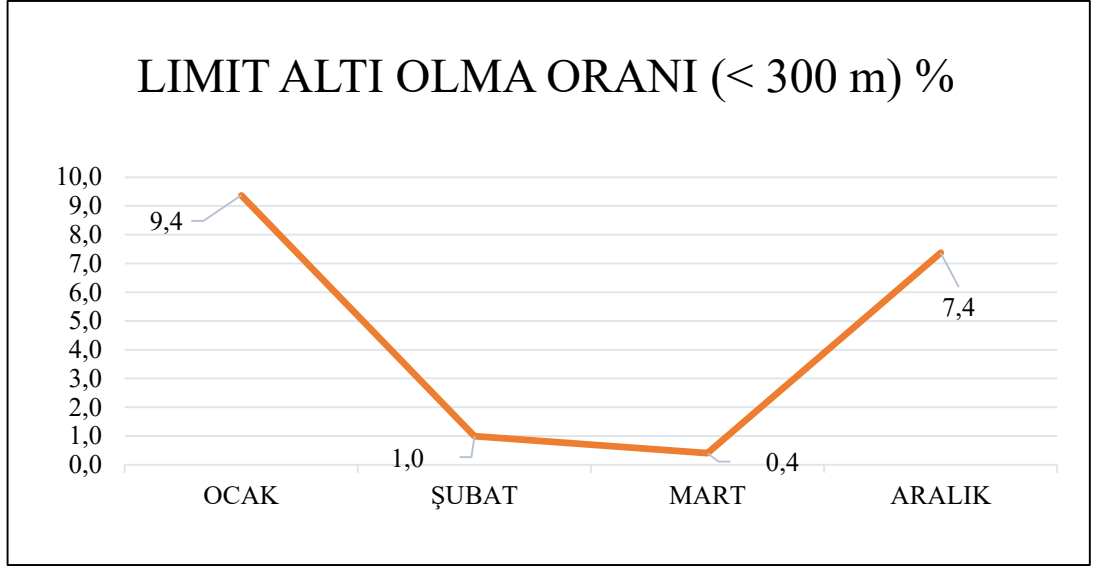
Tablo 5.4. Bişkek (FRU) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı

BİŞKEK HAVALİMANI	GÜNLÜK ORTALAMA SEFER SAYISI	LIMIT ALTI OLMA ORANI (< 350 m) %
OCAK	19	4,3
ŞUBAT	17	6,5
MART	18	1,3
ARALIK	16	4,5

Tablo 5.5’de Priştine havalimanında 2014-2019 yılları boyunca ocak, şubat, mart ve aralık aylarındaki anlık hava durumu ve bunun limit altına düşme oranı gösterilmektedir. Gözlem sütunu, ilgili saat aralığında yayınlanan Metar ve Speci sayısını vermektedir. Ocak ayında günlük uçuş sayısı 22, Şubat ayı içerisinde 20, Mart ayı içerisinde 20 ve Aralık ayında ise 21 olarak gerçekleşmektedir. Gün sütunu, hava durumunun CAT II minimumu olan 300 m’nin altına düşme sayısını, oran sütunu ise bu düşüşün yüzde cinsinden değerini belirtmektedir. Buna göre söz konusu dört ay boyunca görüşün düşme oranı yaklaşık % 4-5 civarında olmasına karşın, Ocak ve Aralık aylarındaki oran ise % 8-9 olarak hesaplanmaktadır. Şubat ve Mart ayları için ihmal edilebilir görünen düşük görüş oranı aralık ve ocak aylarında ciddi bir maliyet artış riskine işaret etmektedir.

Tablo 5.5. Priştine (PRN) Havalimanı görüş mesafesinin 300 m'nin altına düştüğü zamanlar

PİRİŞTİNE (PRN) HAVALİMANI / 300M<												
2014-2019 yılları	OCAK			ŞUBAT			MART			ARALIK		
Saat (Zulu Time)	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %
00:00	150	23	15,3	139	0	0	152	0	0	130	12	9,2
01:00	149	22	14,8	138	0	0	152	0	0	130	14	10,8
02:00	148	26	17,6	138	1	0,7	151	0	0	130	13	10
03:00	149	27	18,1	138	3	2,2	152	1	0,7	130	15	11,5
04:00	149	29	19,5	139	4	2,9	152	3	2	129	14	10,9
05:00	148	27	18,2	139	5	3,6	152	5	3,3	129	16	12,4
06:00	149	31	20,8	140	5	3,6	151	3	2	129	15	11,6
07:00	149	27	18,1	140	7	5	152	1	0,7	129	16	12,4
08:00	149	23	15,4	139	3	2,2	152	1	0,7	130	11	8,5
09:00	150	16	10,7	137	1	0,7	152	0	0	129	10	7,8
10:00	150	11	7,3	139	1	0,7	152	0	0	129	7	5,4
11:00	150	4	2,7	139	0	0	152	0	0	129	6	4,7
12:00	151	4	2,6	139	0	0	152	0	0	129	1	0,8
13:00	151	4	2,6	140	0	0	152	0	0	129	1	0,8
14:00	149	4	2,7	140	0	0	151	0	0	130	3	2,3
15:00	147	3	2	139	0	0	152	0	0	130	4	3,1
16:00	149	5	3,4	139	0	0	152	0	0	130	5	3,8
17:00	149	6	4	139	0	0	152	0	0	130	5	3,8
18:00	149	9	6	139	0	0	152	0	0	130	6	4,6
19:00	148	10	6,8	139	0	0	152	0	0	130	10	7,7
20:00	149	14	9,4	139	0	0	151	0	0	130	10	7,7
21:00	149	13	8,7	139	0	0	151	0	0	130	11	8,5
22:00	148	15	10,1	139	0	0	152	0	0	130	13	10
23:00	148	21	14,2	139	0	0	152	0	0	129	11	8,5
Saatlik ortalama düşük görüş oranı (%);			10,5			0,9			0,4			7,4



Şekil 5.3. Priştine (PRN) Havalimanı Aylara göre düşük görüş oranları

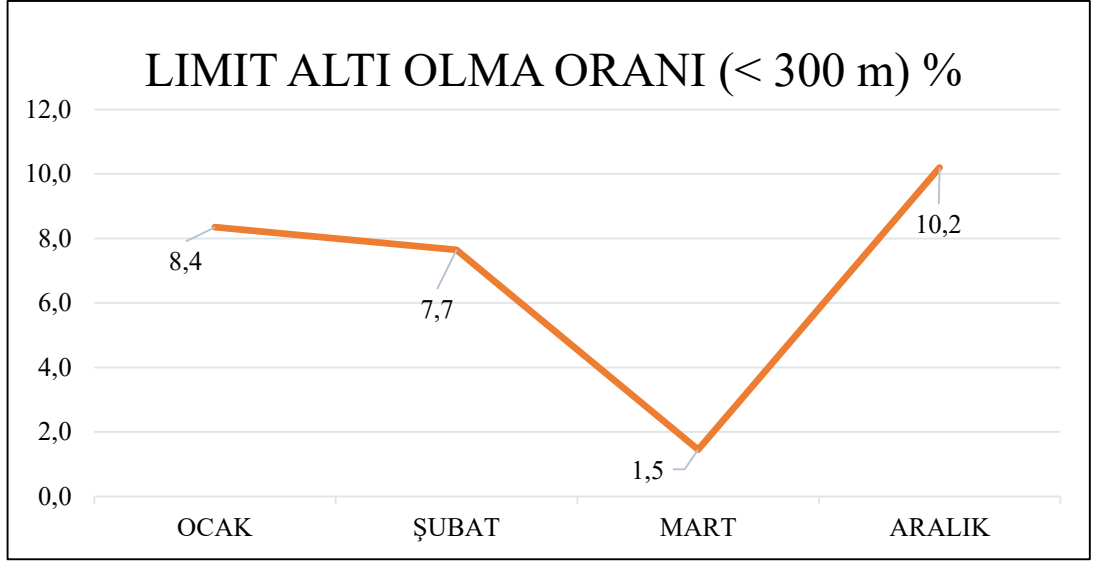
Tablo 5.6. Priştine (PRN) Havalimanı Günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı

PİRİŞTİNE HAVALİMANI	GÜNLÜK ORTALAMA SEFER SAYISI	LIMIT ALTI OLMA ORANI (< 300 m) %
OCAK	22	9,4
ŞUBAT	20	1,0
MART	20	0,4
ARALIK	21	7,4

Tablo 5.7’de Rostov havalimanında 2014-2019 yılları boyunca ocak, şubat, mart ve aralık aylarındaki anlık hava durumu ve bunun limit altına düşme oranı gösterilmektedir. Gözlem sütunu, ilgili saat aralığında yayınlanan Metar ve Speci sayısını vermektedir. Ocak ayında günlük uçuş sayısı 27, Şubat ayı içerisinde 24, Mart ayı içerisinde 25 ve Aralık ayında ise 24 olarak gerçekleşmektedir. Gün sütunu, hava durumunun CAT II minimumu olan 300 m’nin altına düşme sayısını, oran sütunu ise bu düşüşün yüzde cinsinden değerini belirtmektedir. Buna göre söz konusu dört ay boyunca görüşün düşme oranı yaklaşık % 8-9 civarında olup ilgili aylara göre çok fazla değişmemektedir. Mart ayı için ortaya çıkan oran düşük olsa da diğer üç ayın oranı havacılık sektöründeki özel koşullar araştırıldığında ciddi bir maliyet artış riskine işaret etmektedir.

Tablo 5.7. Rostov (ROV) Havalimanı görüş mesafesinin 300 m'nin altına düştüğü zamanlar

ROSTOV (ROV) HAVALİMANI / 300M<												
2014-2019 yılları	OCAK			ŞUBAT			MART			ARALIK		
Saat (Zulu Time)	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %	Gözlem	Gün	Oran %
00:00	92	10	10,9	72	6	8,3	80	2	2,5	77	9	11,7
01:00	89	8	9	69	8	11,6	81	3	3,7	75	11	14,7
02:00	92	10	10,9	69	9	13	81	4	4,9	78	12	15,4
03:00	93	9	9,7	72	11	15,3	89	4	4,5	79	8	10,1
04:00	95	10	10,5	85	11	12,9	103	1	1	71	8	11,3
05:00	111	9	8,1	94	9	9,6	107	2	1,9	99	10	10,1
06:00	112	10	8,9	98	9	9,2	105	1	1	93	11	11,8
07:00	114	11	9,6	94	8	8,5	106	1	0,9	93	9	9,7
08:00	113	8	7,1	93	6	6,5	98	0	0	95	9	9,5
09:00	111	7	6,3	92	6	6,5	97	1	1	96	7	7,3
10:00	110	6	5,5	97	5	5,2	97	0	0	96	6	6,3
11:00	111	6	5,4	96	2	2,1	96	1	1	98	5	5,1
12:00	116	7	6	96	1	1	96	1	1	97	5	5,2
13:00	113	7	6,2	95	1	1,1	99	1	1	97	7	7,2
14:00	97	8	8,2	99	2	2	102	1	1	69	6	8,7
15:00	89	8	9	62	3	4,8	105	0	0	68	7	10,3
16:00	89	7	7,9	62	3	4,8	73	0	0	72	7	9,7
17:00	87	7	8	57	3	5,3	76	1	1,3	76	7	9,2
18:00	82	6	7,3	60	4	6,7	77	1	1,3	77	7	9,1
19:00	84	8	9,5	62	6	9,7	76	1	1,3	74	6	8,1
20:00	78	6	7,7	61	7	11,5	74	1	1,4	71	6	8,5
21:00	78	8	10,3	63	7	11,1	74	1	1,4	67	10	14,9
22:00	78	8	10,3	63	7	11,1	73	1	1,4	67	11	16,4
23:00	86	7	8,1	68	4	5,9	75	1	1,3	72	11	15,3
Saatlik ortalama düşük görüş oranı (%);			8,4			7,7			1,5			10,2



Şekil 5.4. Rostov (ROV) Havalimanı aylara göre düşük görüş oranları

Tablo 5.8. Rostov (ROV) Havalimanı günlük uçuş sayısı ve düşük görüş oranı

ROSTOV HAVALİMANI	GÜNLÜK ORTALAMA SEFER SAYISI	LIMIT ALTI OLMA ORANI (< 300 m) %
OCAK	27	8,4
ŞUBAT	24	7,7
MART	25	1,5
ARALIK	24	10,2

Tablolarda ki istatistiki kayıtlarda yer alan verilerden yola çıkarak seçili aylara ait saatlik ortalama limit altı görüş görülme oranları seçilen havalimanlarını her biri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İlgili aya ait düşük görüş görülme oranı, o meydana yapılan seferlerin gecikme veya iptal olma oranı hakkında önemli bir bilgi sunmaktadır. Bu sebeple, her bir meydana ait aylık ortalama sefer sayıları da hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak, görüşün limit altı olma oranıyla paralel olarak, sefer sayılarının yapılamama/gecikme miktarı yaklaşık olarak tespit edilebilir ve tahmini zarar maliyeti veya riski hesaplamaları için bu oranlar kullanılabilir.

Hesaplamaların uygulanabilir olduğunu ve önemini belirtmek amacıyla iki ayrı havalimanı örnek olarak verilmiştir. Bir havayolunun örnek çalışmasında, havalimanı yaklaşma kolaylıklarının iyileştirilip yaşanacak aksaklıkların önlenmesidir. Bu çalışmada ERZ havalimanında Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yaşanan düşük

görürlü günler nedeniyle, kış mevsiminde kesintisiz operasyon yapılabilmesi için yaklaşma sisteminin CAT I'dan CAT II'ya yükseltilmesi havayolu tarafından talep edilmiştir. Şekil 5.5'de ERZ havalimanı için ilgili aylara ait CAT I minimumu olan 550 m'nin altına düşüş oranı gösterilmektedir. Belirlenen düşük görüş riski CAT I için %13-22 arasındayken, CAT II için %3-8 aralığında ve CAT III için ise sadece %0-3 civarındadır.Yapılan hesaplamalara göre yaşanan aksaklıkların %60 oranında iyileşeceği öngörülmüştür. İlgili kurumlara yapılan iyileştirme talebi olumlu karşılanıp, ILS'in CAT II'ya yükseltilmesi sağlanmış ve bu sayede divert riski düşürülmüştür. Ayrıca Şekil 5.6'da CAT II için de risk oranı gösterilmiş olup niceliksel olarak karşılaştırma yapılabilir.

2001-2015	Ocak	Şubat	Aralık
00:00	14.3	12.8	10.1
01:00	15.47	14.9	9.2
02:00	19.8	20.8	12.6
03:00	21.3	17.7	15.6
04:00	22.9	20.3	12.6
05:00	18.5	15.4	12.7
06:00	15.4	13.9	10.5
07:00	9	4.2	5
08:00	3.3	1	1.2
09:00	0.5	0.7	0
10:00	0.5	0	0.2
11:00	0.2	0.5	0.4
12:00	0.7	1	0.2
13:00	0.7	0.7	1.1
14:00	0.9	0.7	1.6
15:00	1.9	1	1.6
16:00	2.1	1.5	2.3
17:00	3.1	1.9	3
18:00	4.2	3.1	3.8
19:00	6.7	4.9	8.9
20:00	8.9	11.1	8.8
21:00	9.8	6.8	7.8
22:00	10.5	10.7	6.4
23:00	15.3	11.2	6.1

Şekil 5.5. ERZ Havalimanı için CAT I risk değeri aralığı

2001-2015	Ocak	Şubat	Aralık
00:00	2.7	3.8	2.5
01:00	3.7	5.3	2.3
02:00	4.5	5.6	3
03:00	3.8	7	3.2
04:00	6.2	8.3	5.4
05:00	7.3	7.2	5.3
06:00	7.3	5.3	5.7
07:00	5.6	2.1	2.4
08:00	0.5	0.5	0.2
09:00	0.2	0.5	0
10:00	0	0	0.2
11:00	0	0	0.2
12:00	0.2	0.5	0.2
13:00	0.5	0.2	0.5
14:00	0.9	0.5	1.1
15:00	0.7	0.5	0.5
16:00	0.7	0.2	0.9
17:00	0.9	0.5	1.1
18:00	1.2	1.2	1.1
19:00	1.7	1.7	0.7
20:00	1.9	3.2	1.6
21:00	2.2	3	1.1
22:00	2.9	4	1.8
23:00	2	4.6	2.1

Şekil 5.6. ERZ Havalimanı için CAT II risk değeri aralığı

Bir havalimanı için kategori yükseltme talebinde bulunulmuş fakat kabul görmemiştir. Hali hazırda tahsis edilmiş olan ILS CAT I miniması ile iniş gerçekleştirilmektedir. Bu havalimanının yıllık verilerine göre belirlenen düşük görüş riski CAT I için %8-15 arasındayken, CAT II için %6-11 aralığında ve CAT III için ise sadece 1-3 civarındadır. Şekil 5.7’de örnek havalimanı için ilgili aylara ait CAT I minimumu altına düşüş oranı gösterilmektedir. Verilere göre meydana ILS CAT II tahsis edilmesi halinde meteorolojik aksaklıkların yaklaşık %26 oranında iyileşeceği ön görülmektedir. Ayrıca Şekil 5.8’de mevcut bilgilerden yola çıkılarak ILS CAT III tahsis edilmesi halinde ise yaklaşık %84 oranında bir iyileştirme sağlanacağı tespit edilmiştir.

2001-2017	Aralık	Ocak	Şubat
00:00	9.5	4.4	0.4
01:00	10.8	4.8	0.4
02:00	13.3	5.3	1
03:00	13.2	6	1.5
04:00	13.8	6.8	1.5
05:00	14.8	7.5	1.8
06:00	13.6	7.5	1.2
07:00	10.8	5.7	0.4
08:00	9	3.7	0
09:00	5.7	1	0
10:00	3	0.5	0.2
11:00	2.7	0.2	0
12:00	2.5	0.2	0
13:00	2.8	0.5	0
14:00	3	1.2	0
15:00	4.3	1.4	0
16:00	4.3	1.2	0
17:00	5.6	1.4	0
18:00	5.8	1.8	0
19:00	6.1	1.9	0
20:00	6.3	2.5	0
21:00	7.1	2.8	0
22:00	7.7	3.1	0
23:00	8.2	4.3	0.2

Şekil 5.7. Örnek Havalimanı için CAT I risk değeri aralığı

2001-2017	Aralık	Ocak	Şubat
00:00	5.2	5.4	3
01:00	5.1	6.6	2.9
02:00	5.1	7.9	2.8
03:00	6.9	9	3.6
04:00	8.4	8.7	4.5
05:00	9	10.4	6.1
06:00	8	9.4	5.1
07:00	6.4	7.4	4.3
08:00	3	4.4	2.3
09:00	1.3	2	0.5
10:00	0.6	1.1	0.2
11:00	0.2	0.8	0
12:00	0.2	0.6	0
13:00	0.6	0.9	0.2
14:00	0.8	1.3	0.7
15:00	1.5	2.8	0.7
16:00	1.5	2.8	0.7
17:00	2.1	3.1	0.7
18:00	2.1	4	0.9
19:00	3.6	4.2	0.9
20:00	3.5	3.8	1.1
21:00	3.4	4.5	1.4
22:00	3.2	4.5	1.7
23:00	3.8	4.6	1.9

Şekil 5.8. Örnek Havalimanı için CAT III risk değeri aralığı

Bir havayolu tarafından yapılan çalışmalar sonucunda SJJ havalimanı için saatlik düşük görüş riskleri belirlenmiş, gün doğumundan sonraki saat aralığının daha uygun olduğu görülmüş ve sefer saati hava durumunun uygun görüldüğü zaman aralıklarına göre revize edilip yeniden tarife planlaması yapılmıştır. Aynı çalışma BAL havalimanı için yapılmış ve kış aylarında en yüksek düşük görüş oranının 03:00 ile 05:00 saatleri aralığında olduğu görülmüş olup gecikme ihtimali yaratabileceği düşünüldüğünden tarife saati değişikliğine gidilmiştir. Mevsimsel şartlar incelendiğinde, hava durumunda yaşanan ani değişiklikler ve insan faktöründen kaynaklanabilecek hataları önlemek amacıyla YKO ve KFS meydanları için AWOS kurulumu talep edilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Bu sayede oluşabilecek muhtemel aksaklıklar önlenmeye çalışılmıştır. tüm bu uygulamalar meydan kolaylıklarında yapılan iyileştirmelerin pratikteki örnekleridir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir havalimanına ILS sisteminin kurulmasını etkileyen birçok dış etmen bulunmaktadır. Bu etkenlerin başında kurulumun yapılması planlanan havalimanının ICAO'nun yayınladığı Annex 14 talimatlarına uygunluğu belirlenmelidir. Talimatlar sonucunda kurulacak ILS sisteminin CATI, CATII ve CATIII a/b/c operasyonu için uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. “CAT” kategorileri belirlenirken öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken faktör, sistemin kurulacağı havalimanı ve çevresinden uzun yıllar boyunca yapılan ölçümlerle elde edilen görüş mesafesi değerleridir. Uygun olmayan bir sistemin kurulması hem kaza riskini artırır hem de gereksiz mali harcamalara sebep olur. Görüş mesafesi kadar önemli olan bir diğer sistem de havalimanı çevresindeki ‘manialar’dır. Maniaların uygun olduğu da teyit edildiğinde yaklaşma usulü oluşturulabilirse ILS teçhizatı istenilen kategoriye getirilebilir. Uygun ILS sistemi tipi belirlendikten sonra, cihaz uluslararası prosedürlere uygun olarak konumlandırılmalıdır. ILS cihazı bedeli ortalama 650.000 Amerikan doları civarındadır. Fakat kurulumun yapılacağı meydanın coğrafi yapısına göre kazı, kablolama, dolgu gibi hafriyat maliyetleri değişiklik göstermekte olup bu da toplam maliyeti önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu çalışma, hava durumunu ve yüksek yaklaşma minimumu kaynaklı aksaklıkları önlemek amacıyla meydan kolaylıklarının iyileştirilmesinin önemine vurgu yapmaktadır. Havayolu şirketleri operasyonel şartlarına bağlı olarak gecikme, iptal, divert ve yolcu mağduriyeti gibi hususları minimuma indirmeye çalışmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalara; sefer saati değişikliği, havalimanı yaklaşma kolaylıklarının iyileştirilmesi, meydan ve meteoroloji kolaylıklarının sağlanması örnek verilebilir.

Bu çalışmada öncelikle ILS sisteminin özellikleri anlatılmıştır. ILS Sisteminin özelliklerinden sonra ILS kategorisinin düşük olmasına bağlı olarak belirlenen zamanlarda uçuşlarda yaşanan gecikme/iptallerin oranı dört örnek meydan üzerinden ortaya konarak bunun maliyet üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Geçmiş beş yılı

kapsayan istatistik verilerine dayalı olarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda %4-5'ten %10 seviyesine kadar ulaşan düşük görüş değerlerine bağlı olarak gerçekleştirilemeyen çok sayıda sefer bulunmaktadır. 2014 yılı Avrupa havayolları maliyet raporuna göre bir uçağın gecikme maliyetinin dakikada ortalama 100 € olduğu göz önüne alındığında düşük görüşe bağlı olarak gerçekleştirilemeyen seferlerin oldukça büyük maliyetlere yol açtığı söylenebilir [5]. Üstelik bu maliyetler yalnızca havayolları için değil aynı zamanda meydan işletmeleri ve dolaylı olarak bu durumdan etkilenen diğer paydaşlar için de geçerlidir.

Bunun yanı sıra en yüksek kategori olan CAT IIIc sıfır görüşte bile iniş sağlıyor olsa da coğrafi, mali ve teknik kısıtlar yüzünden günümüzde kullanılamamaktadır. Bu sebeple düşük kategorili tüm meydanlara CAT IIIb kurulumu yapılsa bile iniş riskleri veya iptal/gecikme maliyetler sıfıra inmeyecektir. Bu çalışmada amaçlanan, düşük kategorili örnek meydanlardaki düşük görüş oranını ortaya koyarak, geciken seferlerin miktarına ve bunların maliyetine dikkat çekmektir. Söz konusu meydanlar için ILS kurulumunu etkileyen diğer faktörler de göz önüne alınıp kurulumun maliyeti ile mevcut maliyetler karşılaştırılarak uygun koşullar tespit edildiğinde kurulumun yapılması makul olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Cuhan Y., Sivil Havacılık Tarihi, Uçma Arzusu ve Havacılık Tarihi, https://www.academia.edu/8492081/Sivil_Havac%C4%B1l%C4%B1k_Tarih_i, (Ziyaret tarihi: 12 Mart 2019).
- [2] NASA, Myths and Legends of Flight, <https://www.grc.nasa.gov/www/k12/UEET/StudentSite/historyofflight.html> (Ziyaret tarihi: 19 Şubat 2019).
- [3] ICAO, Operation of Aircraft-Annex 6, *International Civil Aviation Organization*, USA, 2010.
- [4] Beköz Ü., Çakmaklı S. S., *Temel Uçuş Teorisi*, 1. Baskı, Kaynak Ofset, İzmir, 2014.
- [5] University of Westminster, *European Airline Delay Cost Reference Values*, Version 4.1, 2015.
- [6] Türk Hava Yolları Eğitim Başkanlığı, *Radyo Seyrüsefer Yardımcıları Eğitim Notu*, 2007.
- [7] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Güneşin Elektromanyetik Spektrumu, www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunesspectrumu.pdf (Ziyaret tarihi: 4 Şubat 2019).
- [8] Ataş S., Yaklaşma İniş Sistemlerinde İleri Teknolojiler, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 2014, 7(2), 15-26.
- [9] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, ILS, *Seyrüsefer*, 2008, 2(6), 1-43.
- [10] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, MLS, *Seyrüsefer*, 2008, 2(7), 1-9.
- [11] Mirowave Landing System, Introduction, <http://navigationandguidance6241.blogspot.com/2015/11/vbehaviorurldefaultvmlo.html> (Ziyaret tarihi: 7 Şubat 2019).
- [12] Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği, VOR, <http://www.taesa.org/ta-33-vor---vhf-omnirange-radio--.html> (Ziyaret tarihi: 12 Şubat 2019).
- [13] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Uçak Bakım, *Kominikasyon/Navigasyon* 2011, 2(1), 4.

- [14] Lucid Team, VHF Omni Directional Radio Range (VOR) Core Object, <https://libraries.io/github/LucidTeam/vor-system> (Ziyaret tarihi: 21 Şubat 2019).
- [15] Jeppesen, Frankfurt/Main-Germany VOR rwy 07c, *Jeppesen Company*, 2018.
- [16] Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği, DME, <http://www.taesa.org/ta-34-dme---distance-measurement-equipment--.html> (Ziyaret tarihi: 25 Şubat 2019).
- [17] Flight Mechanic, Radio Navigation – Distance Measuring Equipment (DME) www.flight-mechanic.com/radio-navigation-distance-measuring-equipment-dme/ (Ziyaret tarihi: 25 Şubat 2019).
- [18] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, VOR, *Seyrüsefer*, 2008, **2**(12), 1-23.
- [19] Jeppesen, ILS/DME Haritası, *Jeppesen Company*, 2018.
- [20] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, LOREN C, *Seyrüsefer*, 2008, **2**(16), 1-20.
- [21] National Maritime PNT Office, Global Loran-C, http://www.nmpnt.go.kr/html/en/gnsys/gnsys_04010201.html (Ziyaret tarihi: 3 Şubat 2019).
- [22] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, DECCA, *Seyrüsefer*, 2008, **2**(17), 1-9.
- [23] Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği, NDB, <http://www.taesa.org/ta-35-ndb---non-directional-beacon--.html> (Ziyaret tarihi: 28 Şubat 2019).
- [24] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, Otomatik Yön Bulucu, *Seyrüsefer*, 2008, **1**(4) 1-37.
- [25] http://www.air.flyingway.com/airlogo/adf/adf_char2.jpg (Ziyaret tarihi: 2 Mart 2019).
- [26] Jeppesen, NDB Haritası, *Jeppesen Company*, 2018.
- [27] Şahin Ö., Usanmaz Ö., Uçuş Prosedürleri İçin Yol Tanımlayıcıları, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 2017, **58**(689), 37-48.
- [28] Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği, RNAV, <http://www.taesa.org/ta-39-rnav---area-navigation.html> (Ziyaret tarihi: 5 Mart 2019).
- [29] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, Otomatik Yön Bulucu, *Seyrüsefer*, 2008, **2**(13), 1-15.

- [30] Jeppesen, Frankfurt/Main-Germany RNAV (GPS) Y rwy 25l, *Jeppesen Company*, 2018.
- [31] Jeppesen, Katmandu RNP AR rwy 02, *Jeppesen Company*, 2018.
- [32] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, Otomatik Yön Bulucu, *Seyrüsefer*, 2008, 2(13) 1-15.
- [33] <http://instrument.landingsystem.com/ils-analysis/> (Ziyaret tarihi: 5 Mart 2019).
- [34] Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği, ILS, <http://www.taesa.org/ta-36-ils.html> (Ziyaret tarihi: 4 Mart 2019).
- [35] Jeppesen, Frankfurt/Main-Germany CAT II/III ILS rwy 07c, *Jeppesen Company*, 2018.
- [36] Lido, Denver ILS/LOC 26, *Lido Company*, 2018.
- [37] International Airport Review, Monitoring The Performance of Aerodrome Ground Lighting, <https://www.internationalairportreview.com/article/1089/monitoring-the-performance-of-aerodrome-ground-lighting/> (Ziyaret tarihi: 30 Mart 2019).
- [38] THY A. O. Uçuş Eğitim Akademi Müdürlüğü, Tanımlar, *Seyrüsefer*, 2008, 1, 102-108.
- [39] IVAO, Aerodrome Lighting System, https://www.ivao.aero/training/documentation/books/PP_ADC_Aerodrome_Lighting_System.pdf (Ziyaret tarihi: 28 Mart 2019).
- [40] Global Positioning System, Other Global Navigation Satellite Systems, <https://www.gps.gov/systems/gnss/> (Ziyaret tarihi: 23 Mart 2019).
- [41] Münih Teknik Üniversitesi, Satellite Navigation, <http://www.fsd.mw.tum.de/research/sensors-data-fusion-andnavigation/research-and-competence-areas/satellite-navigation/> (Ziyaret tarihi: 29 Mart 2019).
- [42] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Havacılık Haritalarının Hazırlanmasına İlişkin Usul Ve Esaslara Dair Yönetmelik, http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/SHY-HH_taslak.pdf (Ziyaret tarihi: 11 Mart 2019).
- [43] Jeppesen, Approach Chart Legends, *Jeppesen Company*, 2017.
- [44] <https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/maneuvers/how-to-fly-a-perfect-ils-approach/> (Ziyaret tarihi: 17 Nisan 2019).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kaba F., Ürgün S, Bir Hassas Yaklaşma Prosedürü Olarak ILS'in (Instrument Landing System) Önemi ve Uçuş Gecikme Maliyetlerine Etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2019, **15**, 333-342.



ÖZGEÇMİŞ

Furkan KABA 1992’de İstanbul’da doğdu. Lise öğrenimini Rıfat Canayakın Lisesi’nde tamamladı. Gelişim Üniversitesi Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Bölümü’nden 2012 yılında üçüncülük ile mezun oldu. Aynı yıl içinde Anadolu Üniversitesi Konaklama İşletmeciliği Lisans eğitimine başladı. 2015 yılından bu yana Yüksek Lisans eğitimine Kocaeli Üniversitesinde Havacılık Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı’nda devam etmektedir. Ayrıca, halen Türk Hava Yolları’nda Dispatcher (Uçuş Harekât Uzmanı) olarak çalışma hayatını sürdürmektedir.

