

**SAHA SEYRÜSEFER (RNAV) YAKLAŞMA,
BEKLEME, KALKIŞ PROSEDÜRLERİ VE
UYGULAMASI**

Raif AKTAŞ
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
Sivil Havacılık Anabilim Dalı
Eylül – 2002

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Raif Aktaş' ın “Saha Seyrüsefer (RNAV) Yaklaşma, Bekleme, Kalkış Prosedürleri ve Uygulaması” başlıklı Sivil Havacılık Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 02.09.2002 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Yard. Doç. Dr. Öznur USANMAZ	
Üye	:Doç. Dr. Mustafa CAVCAR	
Üye	:Yard. Doç. Dr. Hakan OKTAL	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .11./09/2002 tarih ve .31/8... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. ~~Ozan~~ ÖZER
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAHA SEYRÜSEFER (RNAV) YAKLAŞMA, BEKLEME, KALKIŞ PROSEDÜRLERİ VE UYGULAMASI

RAİF AKTAŞ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Sivil Havacılık Anabilim Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. Öznur USANMAZ

2002, 108 Sayfa

Geleneksel Bekleme, Kalkış, Geliş, Yaklaşma ve Pas Geçme prosedürleri tasarım parametreleri VOR, NDB ve DME gibi yer bazlı seyrüsefer yardımcıları kullanılarak yapılmaktadır. Saha seyrüsefer (RNAV-Area Navigation) kullanımı Terminal Hava sahası tasarımında daha fazla esneklik sağlamaktadır. Saha seyrüsefer yer bazlı, uydu bazlı veya uçak bazlı seyrüsefer sistemlerinin limitleri dahilinde veri alabilen ya da bu sistemlerin kombinasyonunda, uçağı dilediğı uçuş yolunda uçma olanağı sağlayan bir seyrüsefer metodu olarak tanımlanır. RNAV iki nokta arasında direkt uçuşa izin verir. Bu çalışmada, bekleme, yaklaşma ve kalkış prosedürlerinin RNAV' a dayalı tasarım faktörlerinin tanıtımı yapılmıştır. DME/DME ve GNSS RNAV kriterlerine bağılı olarak Aletli Yaklaşma Haritası (IAC) hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Saha Seyrüsefer (RNAV), Bekleme, Yaklaşma, Kalkış
Prosedürleri, Aletli Yaklaşma Haritaları (IAC)

ABSTRACT**Master of Science Thesis****AREA NAVIGATION APPROACH, HOLDING AND DEPARTURES
PROCEDURES AND THEIR APPLICATIONS****RAİF AKTAŞ****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Aviation Program****Supervisor: Assoc. Prof. Öznur USANMAZ****2002, Page 108**

Holding, Departure, Arrival, Approach and Missed Approach Procedures have been based on the use of ground based navigation aids (navaids) such as VORs, DMEs and NDBs, which have procedure design parameters. RNAV provides greater flexibility in Terminal Airspace design. RNAV defines a method of navigation which permits aircraft operation on any desired flight path within the coverage of ground or space based or self-contained navigation aids within the limits of the capability of combination of these. RNAV permits direct tracking between two waypoints. In this study, an introduction to design factor of holding, approach and departure procedures based on RNAV is given. RNAV Instrument Approach Chart (IAC) has been designed based on the DME/DME and GNSS criteria.

Keywords: Area Navigation (RNAV), Holding, Approach, Departure Procedures, Instrument Approach Chart (IAC)

ÖNSÖZ

Saha Seyrüsefer Bekleme, Yaklaşma ve Kalkış Prosedürleri ve Uygulaması isimli bu çalışma Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde beni yönlendiren, destekleyen ve çalışmanın her aşamasında yardımcı olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Öznur USANMAZ' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yaratıcılığı ve fikirleri ile bana her zaman destek sağlayan hocam Sayın Öğr. Gör. Mustafa MALKOÇ' a, Hava Trafik Kontrol Bölümünde çalışan Öğretim Görevlisi arkadaşlarıma ve Antalya Hava Limanında çalışan Hava Trafik Kontrolörü arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMANIN AMACI.....	2
3. GELENEKSEL ALETLİ YAKLAŞMA, BEKLEME VE KALKIŞ PROSEDÜRLERİ.....	3
3.1. Geleneksel Aletli Yaklaşma Prosedürleri	3
3.1.1. Aletli Yaklaşma Genel Kriterleri	4
3.1.1.1. Uçak Kategorileri.....	4
3.1.1.2. En Düşük Emniyet Payı	6
3.1.1.3. Engel Emniyet İrtifası/Yüksekliği	6
3.1.1.4. En Düşük Alçalma İrtifası/Karar Yüksekliği.....	7
3.1.1.5. Rüzgar	7
3.1.2. Geliş Safhası.....	9
3.1.2.1. Geliş Alanı	9
3.1.2.2. En Düşük Emniyet İrtifası.....	9
3.1.2.3. Özel Geliş Yolu	9

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.3. İlk Yaklaşma Safhası.....	10
3.1.3.1. Hipodrom (Racetrack)	10
3.1.3.2. Yön Değiştirme Yöntemi.....	11
3.1.4. Orta Yaklaşma Safhası	13
3.1.5. Son Yaklaşma Safhası	13
3.1.5.1. Direkt Yaklaşma	13
3.1.6. Turlu Yaklaşma (Görerek Manevra)	15
3.1.6.1. Görerek Manevra Alanı	15
3.1.6.2. Eşik Noktasından Yarıçap	16
3.1.6.3. OCA/H Hesabı.....	16
3.1.7. Pas Geçme Safhası	17
3.2. Geleneksel Bekleme Prosedürü	18
3.2.1. Bekleme Parametreleri	19
3.2.2. En Düşük Bekleme İrtifası	20
3.2.3. Bekleme Paternine Girişler	21
3.3. Geleneksel Kalkış Prosedürleri.....	22
3.3.1. Giriş.....	22
3.3.2. Geleneksel Aletli Kalkış Prosedürleri	22
3.3.2.1. Engel Emniyet Payı.....	23
4. SAHA SEYRÜSEFER (RNAV-Area Navigation)	24
4.1. RNAV Sistemleri.....	24
4.1.1. VOR/DME	25
4.1.2. DME/DME.....	25
4.1.2.1. DME/DME Kapsama Alanının Belirlenmesi	26

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4.1.3. Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi.....	27
4.1.4. INS/IRS	28
4.1.5. LORAN C.....	29
4.1.6. OMEGA	29
4.2. Uçuş Yönetim Sistemi (FMS-Flight Management System)	30
4.3. RNAV Prosedürler.....	31
4.3.1. Hız	32
4.3.2. Yatış Açısı	32
4.3.3. Rüzgar	33
4.3.4. Beklenen Yalpa ve Pilot Gecikmesi	33
4.3.5. Yol Noktası (WP-Waypoint).....	34
4.3.5.1. WP' lerin İsimlendirilmesi.....	34
4.3.5.2. RNAV Yol Bacakları	35
4.3.5.3. Bacaklar Arası Geçişler	45
4.3.6. Toplam Sistem Toleransı	51
4.3.7. Gerekli Seyrüsefer Performansı	53
5. RNAV GELİŞ ve YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİ.....	55
5.1. Giriş	55
5.2. Geliş Safhası	55
5.3. İlk Yaklaşma Safhası	57
5.4. Orta Yaklaşma Safhası	58
5.5. Son Yaklaşma Safhası	60
5.6. Pas Geçme Safhası.....	62

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
6. KALKIŞ PROSEDÜRLERİ.....	65
6.1. Giriş	65
6.2. İlk Dönüş	66
6.3. Engel Tanımlama Yüzeyi Alanları	67
7. BEKLEME PROSEDÜRLERİ	69
7.1. Giriş	69
7.2. Bekleme Alanı Yol Sonlandırıcıları	69
7.3. RNAV Bekleme Alanı Giriş Usulleri	70
7.3.1. Sektör 1 Girişi	71
7.3.2. Sektör 2 Girişi	72
7.3.3. Sektör 3 Girişi	72
7.3.4. Sektör 4 Girişi	73
7.4. RNAV Bekleme ve Koruma Alanının Oluşturulması.....	73
8. ANTALYA ATATÜRK HAVALİMANI UYGULAMASI.....	75
8.1. Çalışma Yöntemi.....	75
8.2. Meydan Bilgileri.....	75
8.2.1. Terminal Saha ve Seyrüsefer Kolaylıkları.....	75
8.2.2. Pist Bilgileri.....	77
8.3. Antalya DME/DME Kapsaması	77
8.4. Geliş Safhası.....	78
8.5. Bekleme.....	79
8.6. İlk ve Orta Yaklaşma Safhaları	81
8.7. Son Yaklaşma Safhası	82

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
8.8. Pas Geçme Safhası	83
8.9. Turlu Yaklaşma	84
8.10. Antalya Meydanı RNAV Aletli Yaklaşma Haritaları.....	86
9. SONUÇ ve ÖNERİLER	91
10. KAYNAKLAR	95
11. EKLER	98
EK-1 Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 15)	98
EK-2 Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 20)	99
EK-3 Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 25)	100
EK-4 Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 15)	101
EK-5 Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 20)	102
EK-6 Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 25)	103
EK-7 Antalya Meydanı 36 Pisti Standart Kalkış Yolları	104
EK-8 Antalya Meydanı 18 Pisti Standart Kalkış Yolları	105
EK-9 Antalya Meydanı 36 Pisti VOR Yaklaşması	106
EK-10 Antalya Meydanı 18 Pisti VOR/DME Yaklaşması	107
EK-11 Antalya Meydanı Standart Geliş Yolları	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

3.1.	Aletli yaklaşma safhaları	3
3.2.	Viraj durumunda rüzgar spirali	8
3.3.	Hipodrom (Racetrack)	10
3.4.	Esas Dönüş (Base Turn)	11
3.5.	Yöntem Dönüşü (Procedure Turn)	12
3.6.	Son yaklaşma yörüngesinin pist merkez hattını 5° den büyük açı ile kestiği durumda son yaklaşma başı düzenlemesi	14
3.7.	Son yaklaşma yörüngesinin pist merkez hattını 5° veya daha küçük açı ile kestiği durumda son yaklaşma başı düzenlemesi	15
3.8.	Bekleme ana yörüngesi	18
3.9.	Bekleme paterni koruma alanı	19
3.10.	Bekleme Paternine Girişler	21
4.1.	RNAV ile Geometrik Hesaplama	26
4.2.	DME/DME Kapsama Alanı	27
4.3.	Seyrüsefer Yardımcılarının 2000-2015 Yılları Arasında Kullanımı	31
4.4.	Fly-by WP ICAO sembolü	35
4.5.	Fly-by geçiş koruma alanı (90° ve daha az dönüşler için)	37
4.6.	Fly-by geçiş koruma alanı (90°'den fazla dönüşler için)	38
4.7.	Fly-over WP ICAO sembolü	40
4.8.	Fly-over Geçişten Sonra Direk Fikse Doğru Uçuş Gerçekleştirildiği Durumda Koruma Alanı	41
4.9.	Fly-over Geçişten Sonra Tekrar Yola Dönüp Sonra Fikse Doğru Uçuş Gerçekleştirildiği Durumda Koruma Alanı	42
4.10.	Direk Fikse Olan Uçuşlar	43
4.11.	Yoldan Fikse Olan Uçuşlar	43

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

4.12.	Fly-by' dan Fly-by' a geçişlerde dönüş yönünün farklı olması durumunda en az safha uzunluğu	46
4.13.	Fly-by' dan Fly-by' a geçişlerde dönüş yönünün aynı olması durumunda en az safha uzunluğu	47
4.14.	Fly-by' dan Fly-over' a geçişlerde en az safha uzunluğu.....	48
4.15.	Fly-over' dan Fly-over' a geçişlerde en az safha uzunluğu.....	48
4.16.	Fly-over' dan Fly-by' a geçişlerde en az safha uzunluğu.....	49
4.17.	Sabit Yarıçap' dan Fly-by' a geçişlerde en az safha uzunluğu.....	50
4.18.	Toplam Sistem Toleransı	51
5.1.	Geliş Yolları	56
5.2.	İlk Yaklaşma Safhası.....	57
5.3.	Orta Yaklaşma Safhası	59
5.4.	Pas Geçme Safhası	63
6.1.	Kalkış Alanları	68
7.1.	Bekleme Paterni	70
7.2.	Bekleme Sektörleri.....	71
7.3.	Sektör 1 Girişi	71
7.4.	Sektör 2 Girişi	72
7.5.	Sektör 3 Girişi	72
7.6.	Sektör 4 Girişi	73
7.7.	Bekleme ve Koruma Alanı	74
8.1.	Antalya Terminal Sahası	76
8.2.	Antalya Meydanı DME/DME Kapsama Alanı	78
8.3.	Geliş Sektörleri.....	79
8.4.	36 pisti için bekleme paterni yerleşimi.....	80
8.5.	18 pisti için bekleme paterni yerleşimi.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

8.6.	36 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları....	82
8.7.	18 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları....	82
8.8.	36 ve 18 Pistleri İçin Son Yaklaşma Safhası Koruma Alanları.....	83
8.9.	18 ve 36 pistleri için pas geçme safhası	84
8.10.	Turlu Yaklaşma Alanları	85
8.11.	Aletli Yaklaşma Haritası 18	89
8.12.	Aletli Yaklaşma Haritası 36	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1.	Uçak kategorilerine göre farklı yaklaşma safhaları için IAS (kt) değerleri..	5
3.2.	Aletli Yaklaşma Safhaları En Düşük Emniyet Payı (MOC) Değerleri	6
3.3.	Son yaklaşımda uçak kategorilerine göre en yüksek ve en düşük iniş oranları.....	15
3.4.	Görerek manevra alanı k sabiti değerleri.....	16
3.5.	Turlu yaklaşma MOC değerleri.....	17
3.6.	Bekleme Hızları.....	20
3.7.	Bekleme paterni MOC değerleri	20
4.1.	RNAV usulleri hesaplamalarında kullanılan IAS değerleri.....	32
4.2.	WP Uygunluğu	45
4.3.	GNSS' e göre ATT, FTT, XTT ve ½ A/W değerleri	53
4.4.	RNP tipleri	54
5.1.	Minimum Engel Emniyet Yüksekliği.....	62
5.2.	Turlu Yaklaşma Engel Emniyet Yüksekliği	62
8.1.	WP Koordinatları, XTT, ATT ve Son Değerler.....	88

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

D	:Engel ile Pist Başı Arasındaki Mesafe (NM)
d	:Alan Genişliği
d_1	:Beklemenin yaklaşma ve Uzaklaşma Bacağı (NM)
d_2	:Beklemenin Genişliği (NM)
d_3	:Beklemenin Koruma Alanının Genişliği (NM)
d_4	:Koruma Alanı (NM)
g	:Yerçekimi İvmesi (m/s^2)
h	:İrtifa (feet)
k	:Sabit
L	:Minimum Bacak Uzunluğu (NM)
r	:Dönüş Yarıçapı (NM)
R	:Viraj Yarıçapı (m)
\bar{R}	:Eşik Noktasından Yarıçap (m)
t	:Zaman (s)
V	:Hız (kt)
Vat	:Eşik Hızı (kt)
W	:Rüzgar Hızı (kt)
We	:Rüzgar Etkisi (m)
W_v	:Rüzgar Hızı (m/s)
Y	:Dönüşe Başlama Mesafesi (NM)
θ	:Hesaplama Aralığı (rd)
Φ	:Yatış Açısı ($^{\circ}$)
α	:Yol Açı Değişimi ($^{\circ}$)
Δh	:Yükseklik (m)
Δl	:Mesafe (m)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

5LNC	:Five Letter Name Code (5 harfli isim kodu)
AIP	:Aeronautical Information Publication (Havacılık Bilgi Yayını)
AOB	:Angle of Bank (Yatış Açısı)
ARINC	:Aeronautical Radio Incorporated
ARP	:Aerodrome (Airport) Reference Point (Meydan Referans Noktası)
ATC	:Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrol)
ATS	:Air Traffic Services (Hava Trafik Hizmetleri)
ATT	:Along Track Tolerance (Yol Boyu Toleransı)
AW	:Area Width (Alan Genişliği)
AWP	:Arrival Waypoint (Geliş Waypoint)
CF	:Course to a Fix
Cat	:Category (Kategori)
DA/H	:Decision Altitude/Height (Karar İrtifası/Yüksekliği)
DER	:Departure End of the Runway (Kalkış Pisti Sonu)
DF	:Direct to a Fix (Direkt Fikse)
DME	:Distance Measuring Equipment (Mesafe Ölçme Cihazı)
DOC	:Designated Operational Coverage (Belirlenmiş Operasyonel Kapsama)
DWP	:Departure Waypoint (Kalkış Waypoint)
ECAC	:European Civil Aviation Conference (Avrupa Sivil Havacılık Konferansı)
EUROCONTROL	:European Organization for the Safety of Air Navigation (Hava Seyrüsefer Emniyeti için Avrupa Teşkilatı)
FAF	:Final Approach Fix (Son Yaklaşma Fiksi)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

FAWP	:Final Approach Waypoint (Son Yaklaşma Waypoint)
FL	:Flight Level (Uçuş Seviyesi)
FMS	:Flight Management Systems Uçuş Yönetim Sistemi)
ft	:Feet
GLONASS	:Global Navigation Satellite System (Russia) (Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (Rusya))
GNSS	:Global Navigation Satellite System(Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi)
GPS	:Global Positioning System (United States of America) (Küresel Pozisyon Belirleme Sistemi (Amerika))
HA	:Holding to an Altitude (Bekleme Yolunun Bir İrtifada Bitmesi)
HF	:Holding to a Fix (Bekleme Yolundan Fikse)
HM	:Holding to a Manual Termination (Bekleme Yolunun Manuel olarak Bitirilmesi)
HWP	:Holding Waypoint (Bekleme Waypoint)
IAF	:Initial Approach Fix (İlk Yaklaşma Fiksi)
IAS	:Indicated Air Speed (Gösterge Sürati)
IAWP	:Initial Approach Waypoint (İlk Yaklaşma Waypoint)
ICAO	:International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı)
IM	:Intermediate Fix (Orta Yaklaşma Fiksi)
IFR	:Instrument Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
ILS	:Instrument Landing System (Aletli İniş Sistemi)
INS	:Inertial Navigation System
IRS	:Inertial Reference System

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

IWP	:Intermediate Waypoint (Orta Yaklaşma Waypoint)
kt	:knot
LTP	:Landing Threshold Point (İniş Eşik Noktası)
MAHWP	:Missed Approach Holding Waypoint (Pas Geçme Bekleme Waypoint)
MAPt	:Missed Approach Point (Pas Geçme Noktası)
MASPS	:Minimum Aviation System Performance Standards (Minimum Havacılık Sistem Performans Standartları)
MAWP	:Missed Approach Waypoint (Pas Geçme Waypoint)
MDA/H	:Minimum Descent Altitude/Height (Minimum Alçalma İrtifası/Yüksekliği)
MHA	:Minimum Holding Altitude (Minimum Bekleme İrtifası)
MSA	:Minimum Sector (Safety) Altitude (Minimum Sektör (Güvenlik) İrtifası)
MSL	:Mean Sea Level (Deniz Seviyesi)
MOC	:Minimum Obstacle Clearance (Minimum Engel Emniyet İrtifası)
NDB	:Non-directional Radio Beacon (Yönlendirilmiş Radyo Bıkını)
NM	:Nautical mile (Deniz Mili)
OCA/H	:Obstacle Clearance Altitude/Height (Engel Emniyet İrtifası/Yüksekliği)
OIS	:Obstacle Identification Surface (Engel Tanımlama Yüzeyi)
PANS-OPS	:Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations (Hava Seyrüsefer Hizmetleri için Prosedürler-Uçak Operasyonları)
PDG	:Procedure Design Gradient (Prosedür Tasarım Eğimi)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

RNAV	:Area Navigation (Saha Seyrüsefer)
RNP	:Required Navigation Performance (Gerekli Seyrüsefer Performansı)
SID	:Standard Instrument Departure (Standart Aletli Kalkış)
SOC	:Start of Climb (Tırmanma Başlangıcı)
STAR	:Standard Instrument Arrival (Standart Aletli Geliş Yolu)
TAS	:True Air Speed (Gerçek Hava Hızı)
TERPS	:Standard for Terminal Instrument Procedures (Terminal Aletli Prosedür Standardı)
TF	:Track to a Fix (Yoldan Fikse)
TMA	:Terminal Area (Terminal Kontrol Sahası)
TOWP	:Take-Off Waypoint (Kalkış Waypoint)
TSE	:Total System Error (Toplam Sistem Hatası)
VOR	:VHF Omni-directional Range (VHF Çok Yönlü Radyo Seyrüsefer Cihazı)
WGS 84	:World Geodetic System 1984
WP	:Waypoint (Yol Noktası)
XTT	:Across Track Tolerance (Çapraz Yol Toleransı)

1. GİRİŞ

Aletli uçuş şartlarındaki (IFR-Instrument Flight Rules) uçak, bir meydana yaklaşma ve inişini gerçekleştirirken aletli iniş yörüngelerini takip eder. Bu yörüngeler her meydan için ayrı olarak hazırlanan Aletli Yaklaşma Haritalarında (IAC-Instrument Approach Chart) belirtilmektedir.

Aletli yaklaşma yörüngeleri tasarımında emniyet, ekonomi ve basitlik temel prensip olmalıdır. Yaklaşma yörüngeleri uçuş emniyetini sağlamalı, zaman ve yakıt açısından ekonomik olmalı ve gerçekleştirilen manevralar açısından basit olmalıdır.

Çalışılacak meydanın coğrafi yapısı, pist durumu ve seyrüsefer yardımcılarının konumu uygun prosedürün belirlenmesinde en büyük etkidir. Geleneksel prosedür tasarımı yapılırken seyrüsefer yardımcılarının konumu çok büyük öneme sahiptir. Çünkü, yörünge tasarımında seyrüsefer yardımcılardan yararlanılmakta ve büyük ölçüde yörüngeler seyrüsefer yardımcısından, seyrüsefer yardımcısına olacak şekilde gerçekleşmektedir.

Saha seyrüsefer (RNAV-Area Navigation), istasyon referanslı seyrüsefer yardımcılarının erişim alanı dahilinde ya da uçaktaki cihazların kendi seyrüsefer limitleri dahilinde ya da bunların birleşimi sayesinde istenilen herhangi bir uçuş güzergahında uçağın operasyonuna olanak veren bir seyrüsefer yöntemidir.

Bu çalışmada; geleneksel ve RNAV prosedür tasarım kriterleri tanıtılmış ve Antalya meydanı 36 ve 18 pistleri için iki adet RNAV yaklaşma tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, şu anda uygulamada bulunan geleneksel yaklaşma prosedürleri ile karşılaştırması yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Geleneksel yaklaşma, kalkış ve bekleme prosedürleri yere dayalı radyo seyrüsefer sistemleri ile belirlenmektedir ve seyrüsefer sistemi üzerinden uçuş gerektirir. Uçuş yörüngeleri referans radyo seyrüsefer sisteminin üzerinden geçecek şekilde tasarımlanır. Ancak RNAV sistemine dayalı yapılan yörünge tasarımları yerdeki özel bir referans noktaya bağımlılığı ortadan kaldırmaktadır ve en uygun uçuş yörüngelerinin belirlendiği esnek tasarım olanağı sunmaktadır.

Bu çalışmada, RNAV bekleme, yaklaşma ve kalkış prosedürlerinin tasarım yöntemleri tanıtılmış ve RNAV prosedürler doğrultusunda çalışma bölgesi olarak seçilen Antalya Havalimanı bekleme, yaklaşma ve iniş yörüngelerinin tasarımı amaçlanmıştır.

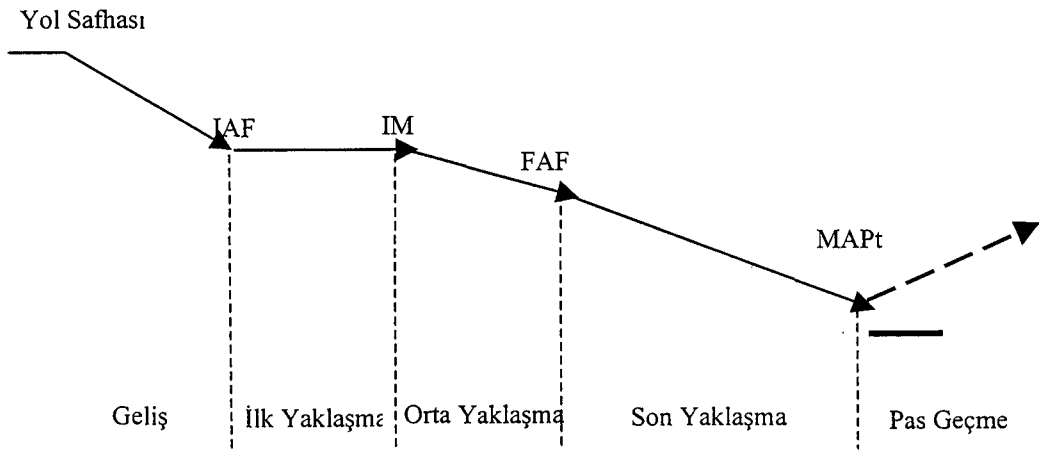
3. GELENEKSEL ALETLİ YAKLAŞMA, BEKLEME VE KALKIŞ PROSEDÜRLERİ

3.1. Geleneksel Aletli Yaklaşma Prosedürleri

Aletli yaklaşma, IFR şartlarda uçuşunu gerçekleştirecek olan bir uçağın yol (en-route) safhası ile iniş pisti arasındaki tüm manevralarını kapsar. Pistte iniş gerçekleştirememesi durumunda uçağın uygulayacağı pas geçme de aletli yaklaşmanın bir parçasıdır (Şekil 3.1).

Aletli yaklaşma aşağıdaki beş safhadan oluşur[1]:

- Geliş safhası
- İlk yaklaşma safhası
- Orta yaklaşma safhası
- Son yaklaşma safhası
- Pas geçme safhası



Şekil 3.1. Aletli yaklaşma safhaları [1]

Geliş safhası uçakların yol safhasından geldikleri noktada başlar ve ilk yaklaşma fiksinde (IAF-Initial Approach Fix) sona erer. İlk yaklaşma safhası ilk yaklaşma fiksinde başlar ve orta yaklaşma fiksinde (IM-Intermediate Approach Fix) sona erer. Orta yaklaşma safhası orta yaklaşma fiksinde başlar ve son yaklaşma fiksinde (FAF-Final Approach Fix) sona erer. Son yaklaşma safhası son

yaklaşma fiksinde başlar ve pas geçme noktasında (Mapt- Missed Approach Point) sona erer. Pas geçme safhası pas geçme noktasında başlar ve yeni bir yaklaşma, bekleme veya yol safhasına geri dönüş için belirlenmiş bir fiksde sona erer[2].

Bir aletli yaklaşma tasarımında emniyet, ekonomi, basitlik temel prensip olmalıdır. Öncelikle emniyetli, zaman ve yakıt açısından ekonomik ve basit uçuş yörüngeleri ile tasarım gerçekleştirilmelidir.

Aletli yaklaşma tasarımları, iniş yapılacak havaalanındaki radyo seyrüsefer sistemleri ve konumu, pist durumu ve aletli yaklaşma genel kriterleri referans alınarak gerçekleştirilir[3].

3.1.1. Aletli Yaklaşma Genel Kriterleri

3.1.1.1.Uçak Kategorileri

Aletli yaklaşımlarda uçaklar en yüksek iniş ağırlığındaki iniş konfigürasyonunda, uçağın havada tutunabileceği asgari hız olan tutunma hızının 1,3 katı baz alınarak ve ilgili uçakların manevra yapabilme kabiliyetleri de göz önünde bulundurularak beş kategoriye ayrılmaktadır. Sınıflandırma alet gösterge hızına (IAS - Indicated Air Speed) göre yapılmaktadır [4]. Aşağıda hızlara göre uçak kategorileri verilmiştir.

- A kategorisi uçaklar (cat A) – 169 km/h ya da 91 kt IAS'den daha az.
- B kategorisi uçaklar (cat B) – 170 km/h (92 kt) ya da daha fazla fakat 224 km/h (121 kt) IAS'den daha az.
- C kategorisi uçaklar (cat C) – 225 km/h (122 kt) ya da daha fazla fakat 261 km/h (141 kt) IAS'den daha az.
- D kategorisi uçaklar (cat D) – 262 km/h (142 kt) ya da daha fazla fakat 307 km/h (166 kt) IAS'den daha az.

- E kategorisi uçaklar (cat E) – 308 km/h (167kt) ya da daha fazla fakat 391km/h (211kt) IAS'den daha az.

Aletli yaklaşma yöntemleri uçak için güvenilir bir hava sahası yaratacak şekilde tasarımılanır ve o meydana iniş yapacak en büyük kategorideki uçakları kapsar. Bununla birlikte hava sahası ve iniş yapılacak havaalanı göz önünde bulundurularak yaklaşma yöntemleri daha düşük hızdaki uçak kategorilerine göre de tasarımılanabilir ve aletli yaklaşma haritasında farklı yaklaşma safhalarına göre en yüksek IAS değeri belirtilebilir.

Çizelge 3.1. 'de uçak kategorilerine göre farklı yaklaşma safhalarında uygulanan IAS değerleri kt (knot) biriminde verilmiştir.

Çizelge 3.1. Uçak kategorilerine göre farklı yaklaşma safhaları için IAS (kt) değerleri (ICAO-Doc 8168, 1993)

Uçak Kategorileri	Vat	İlk Yaklaşma Hızları	Son Yaklaşma Hızları	Turlu Yaklaşma En Yüksek Hız	Pas Geçme En Yüksek Hız	Pas Geçme En Düşük Hız
A	91	90/150 (110*)	70/100	100	100	110
B	91/ 120	120/180 (140*)	85/130	135	130	150
C	121/ 140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/ 165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/ 210	185/250	155/230	240	230	275

Vat - Eşik Hızı: En yüksek iniş ağırlığındaki iniş konfigürasyonunda 1.3 tutunma hızı

*- Yön değiştirme (Reversal) ve Hipodrom (Racetrack) usulleri için en yüksek hız.

3.1.1.2.En Düşük Emniyet Payı

Aletli yaklaşımlarda uçaklar yaklaşma yörüngesindeki engeller üzerinden en düşük emniyet payı (MOC-Minimum Obstacle Clearance) ile geçmelidir. Bu değer aletli yaklaşma safhalarında en düşük sektör irtifası/yüksekliği değerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Aletli yaklaşma safhalarının en düşük emniyet payı değerleri ICAO-Doc 8168 PANS-OPS'da (Procedure Approach for Air Navigation Services) belirtilmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Aletli Yaklaşma Safhaları En Düşük Emniyet Payı (MOC) Değerleri
(ICAO- Doc 8168, 1993)

Aletli Yaklaşma Safhaları	En Düşük Emniyet Payı (MOC)
Geliş	300m
İlk yaklaşma	300m
Orta yaklaşma	150m
Son yaklaşma	90m
Pas geçme	30m

3.1.1.3.Engel Emniyet İrtifası/Yüksekliği

Engel Emniyet İrtifası/Yüksekliği (OCA/H - Obstacle Clearance Altitude/Height) en yüksek yaklaşma engeli ya da pas geçme yüzeyindeki en yüksek engel temel alınarak hesaplanır. Pas geçme safhasının başlayacağı en düşük irtifa OCA veya ilgili pist başına göre en düşük yükseklik OCH olarak tespit edilir.

Her yaklaşma prosedürü için OCA/H belirlenir ve aletli yaklaşma haritasının ilgili bölümünde ilan edilir. Hassas yaklaşma (Precision approach) ve turlu yaklaşma (circling approach) prosedürlerinde OCA/H her kategorideki uçak için ayrı ayrı hesaplanır.

3.1.1.4.En Düşük Alçalma İrtifası/Karar Yüksekliği

Hassas olmayan yaklaşma ya da turlu yaklaşımda OCA/H değerlerine bağlı olarak uçağın görsel şartlar oluşmadan daha düşük irtifa ya da yüksekliğe inemeyeceği değer en düşük alçalma irtifası (MDA - Minimum Descent Altitude) ya da en düşük alçalma yüksekliği (MDH - Minimum Descent Height) ismini alır. MDA'da deniz seviyesi, MDH'da meydan ya da pist başı seviyesindeki yükseklik referans alınır. Hassas yaklaşımda karar irtifası (DA - Decission Altitude) ve karar yüksekliği (DH - Decission Height) ifadeleri kullanılır.

3.1.1.5.Rüzgar

- **Rüzgar Hızı**

Rüzgar hızı irtifaya bağlı olarak hesaplanır. Hesaplama ICAO tarafından kabul edilen formül geçerlidir[4].

Rüzgar hızı (W_v)

$$W_v = 2h + 47 \quad (3.1.)$$

formülü ile hesaplanabilir.

Burada W_v , rüzgar hızı (kt);

h , irtifa(ft)/1000' i göstermektedir.

- **Rüzgar Etkisi**

Rüzgar etkisi, düzgün doğrusal uçuş ve viraj (dönüş) olmak üzere iki durumda incelenir.

Düzgün Doğrusal Uçuşta Rüzgar Etkisi: Bu durumdaki rüzgar etkisi, en son kontrol edilen konumdan itibaren, uçuş zamanı ve rüzgar hızının çarpımı ile uçuş yörüngesinin her bir noktası için belirlenir[4].

Düzgün doğrusal uçuştaki rüzgar etkisi (W_e)

$$W_e = W_v \cdot t \quad (3.2.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada W_e , rüzgar etkisini (m);

W_v , rüzgar hızını (m/s);

t , zamanı (s) göstermektedir.

Viraj Durumunda Rüzgar Etkisi : Viraj boyunca rüzgar etkisi, viraj başından itibaren uçuş zamanı ile rüzgar hızının çarpımıdır. Viraj durumunda rüzgar etkisi her hesaplama aralığı için belirlenir ve rüzgar spirali olarak çizilir (Şekil 3.2.)[4].

Viraj durumunda rüzgar etkisi (We)

$$We = \frac{R \cdot \theta \cdot W_v}{TAS} \quad (3.3.)$$

formülü ile hesaplanır.

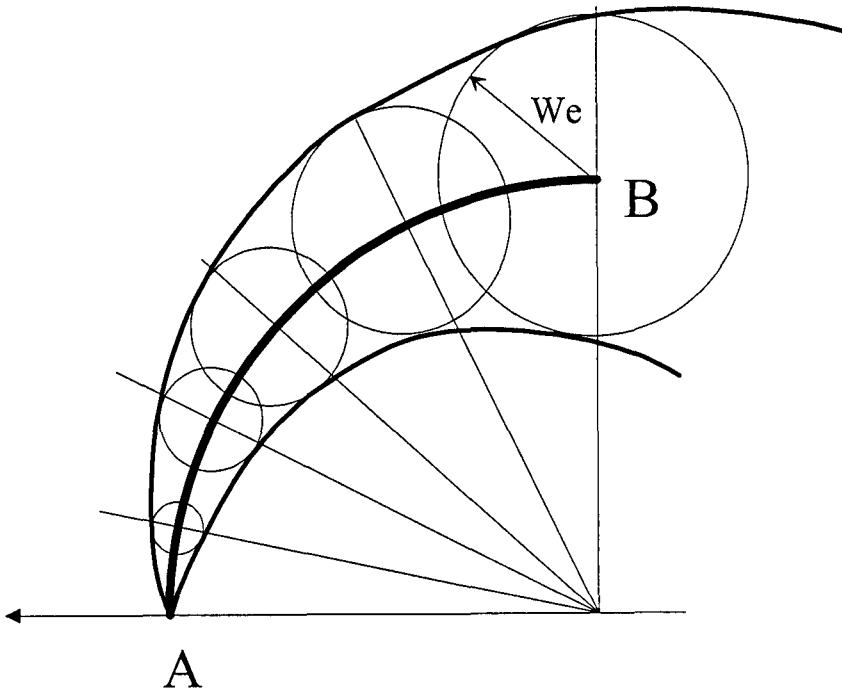
Burada We , viraj durumunda rüzgar etkisini (m);

R , viraj yarıçapı (m);

θ , hesaplama aralığı (rd);

TAS , gerçek hava hızını (True Air Speed) (m/s);

W_v , rüzgar hızını (m/s) göstermektedir.



Şekil 3.2. Viraj durumunda rüzgar spirali [1]

3.1.2. Geliş Safhası

Geliş safhası, yol safhasındaki bir uçağın iniş yapacağı meydanın terminal sahasına gelmesi durumunda, yaklaşıma geçişini sağlayacak safhadır. Yol safhasından ayrılan uçak, yaklaşma tipine bağlı olarak ilk yaklaşma fiksine (IAF) doğru uçuş gerçekleştirir. Bu nokta, çoğu yaklaşımda bekleme noktası olarak kullanılmaktadır ve genellikle bir radyo seyrüsefer sisteminin üzerindedir. Geliş safhasındaki uçak, aletli yaklaşma haritası üzerinde belirtilen en düşük emniyet irtifasının altına inemez[5].

3.1.2.1.Geliş Alanı

İlk yaklaşma noktası, merkez olmak üzere 25 NM yarıçaplı daire içinde kalan alan geliş alanını oluşturmaktadır. Geliş alanında 5 NM' lik tampon bölge de dikkate alınır.

3.1.2.2.En Düşük Emniyet İrtifası

En düşük emniyet irtifası (MSA - Minimum Safety Altitude) geliş safhasındaki uçağın IAF merkez olmak üzere 25 NM yarıçaplı dairesel alan içerisinde emniyetli olarak alçalabileceği en düşük irtifa değeridir.

Arazi yapısına göre geliş safhası sektörlere ayrılarak her sektör için ayrı sektör irtifası hesaplanabilir. Sektör içindeki en yüksek engel irtifasına 300 m, yüksek dağlık bölgelerde ise 600 m MOC ve 20 m bitki örtüsü değeri ilave edilmek üzere elde edilen irtifa en yakın yüz üst değerine tamamlanarak MSA değeri belirlenir [4].

3.1.2.3.Özel Geliş Yolu

Özel geliş yolu, uçağı yol safhasından ilk yaklaşma noktasına 5NM yarıçaplı bir koridor vasıtası ile belirlenen en düşük geliş irtifası ile ulaştırır. En büyük avantajı uçağı yüksek geliş irtifasındaki sektör içerisinde daha düşük irtifa değeri ile ilk yaklaşma noktasına ulaştırmış olmasıdır.

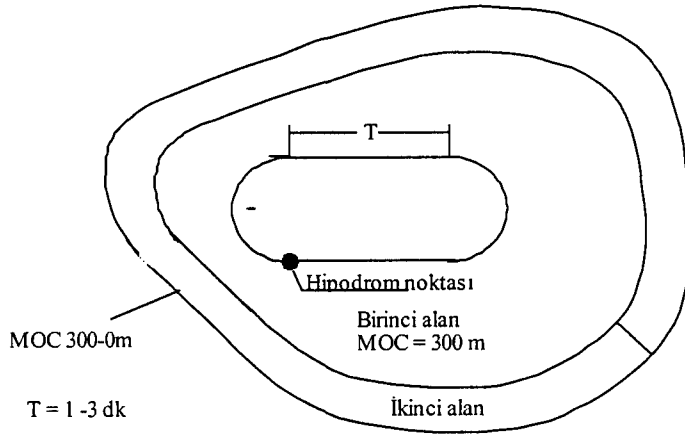
3.1.3. İlk Yaklaşma Safhası

İlk yaklaşma safhası, ilk yaklaşma fiksinden başlar ve orta yaklaşma fiksinde sona erer. Bu safhada uçak bir sonraki safhaya geçiş için manevra yapar[2].

İlk yaklaşma safhasındaki uçak inmek için manevra yapması gerekiyorsa hipodrom (racetrack) ve yön değiştirme (reversal) yöntemi uygulanabilir.

3.1.3.1.Hipodrom (Racetrack)

Bekleme paterninde bulunan uçağın, uygun eğim ve eksende yaklaşıma geçebilmesi için bulunduğu irtifa yüksek olabilir. Bu durumda, beklemeye çok benzeyen hipodrom (racetrack) yöntemi uygulanabilir (Şekil 3.3.). Hipodrom yönteminde, uçağa irtifa kaybetme olanağı sağlanabildiği gibi, hipodromun uzaklaşma bacağı üç dakikalık uçuş mesafesi kadar uzatılabilir ve böylelikle, uçak pist başından daha uzak bir konuma geçerek uygun yaklaşma eğimini yakalayabilir [6].



Şekil 3.3. Hipodrom (Racetrack) [4]

3.1.3.2.Yön Değişirme Yöntemi

İlk yaklaşma safhasında yön değiştirme olanağı sağlayabilecek bir viraj hareketi olan yön değiştirme yöntemi (reversal procedure) uygulanabilir. Esas dönüş (base turn) ve yöntem dönüşü (procedure turn) olmak üzere iki tipi vardır[7].

- **Esas Dönüş**

Başlangıç noktasından itibaren, DME mesafesi ya da uçuş zamanı ile belirlenen uzaklaşma bacağındaki uçuş sonrası dönüş ile yaklaşma bacağı yakalanır ve inişe geçilir. Şekil 3.4.'de esas dönüş elemanları ve giriş bölgesi görülmektedir.

Başlangıç Noktası: Seyrüsefer yardımcısı (VOR, NDB, VOR/DME).

Uzaklaşma bacağı: Zaman ile sınırlandırıldığı durumda 1 ile 3 dakika arasındadır. Yarım dakikalık artışlar kullanılır.

Giriş: Uzaklaşma bacağına göre $\pm 30^\circ$ lik giriş bölgesi bulunmaktadır.

En yüksek iniş oranı:

b) Uzaklaşma bacağı:

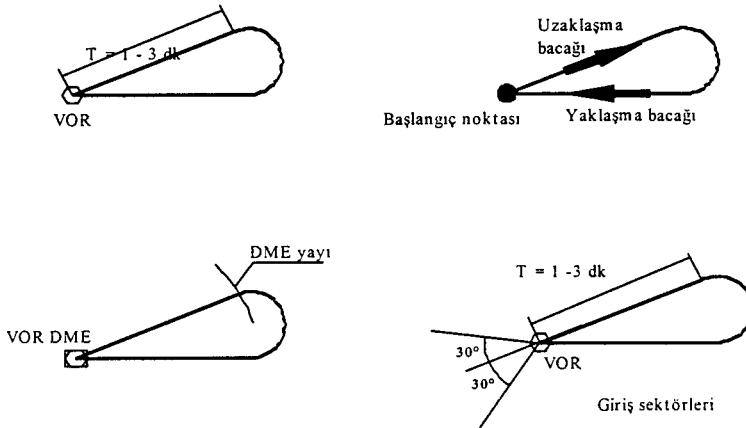
Cat A/B: 804ft/dk

Cat C/D : 1197ft/dk

b) Yaklaşma bacağı:

Cat A/B: 492ft/dk

Cat C/D : 755ft/dk



Şekil 3.4. Esas Dönüş (Base Turn)[4]

- **Yöntem Dönüşü**

İki tipi bulunmaktadır;

- Yöntem dönüşü $45^\circ/180^\circ$, 45° lik dönüş sonrası uzaklaşma bacağı ve ters yöne 180° lik dönüşle tamamlanır.
- Yöntem dönüşü $80^\circ/260^\circ$, 80° lik dönüş tamamlandıktan sonra ters yöne 260° lik dönüşle tamamlanır.

Başlangıç noktası bir seyrüsefer yardımcısıdır (VOR, NDB, VOR/DME).

Uçuş zamanı, uçak hız değerleri ve kat edilecek mesafeye bağlı olarak belirlenir. $\pm 30^\circ$ lik giriş bölgesi mevcuttur (Şekil 3.5.)[8].

Uzaklaşma bacağı : T= 1dakika Cat A-B

T= 1 dakika 15 saniye Cat C-D

En yüksek İniş Oranı:

- Uzaklaşma bacağı:

Cat A/B: 804ft/dk

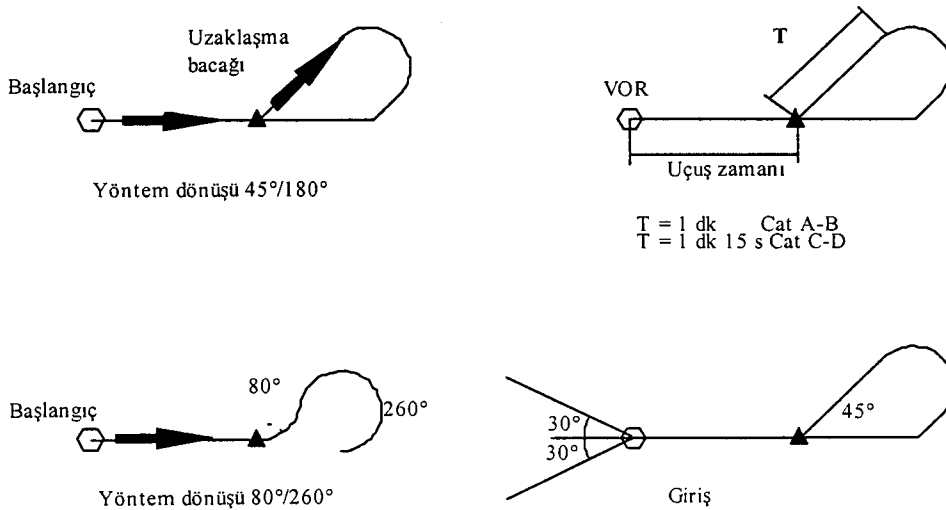
Cat C/D : 1197ft/dk

- Yaklaşma bacağı:

Cat A/B: 492ft/dk

Cat C/D : 755ft/dk

Şekil 3.5.'de yöntem dönüşü gösterimi ve giriş bölgesi görülmektedir.



Şekil 3.5. Yöntem Dönüşü (Procedure Turn)[4]

3.1.4. Orta Yaklaşma Safhası

İlk yaklaşma safhası ile son yaklaşma safhası arasında geçişi sağlayan safhadır. Orta yaklaşma fiksinde başlar ve son yaklaşma fiksine sona erer. Orta yaklaşma safhasında uçak konfigürasyonu, hızı ve pozisyonu son yaklaşma safhası için en uygun şekilde ayarlanır[1].

3.1.5. Son Yaklaşma Safhası

Son yaklaşma safhası, hassas olmayan yaklaşımlarda son yaklaşma fiksine başlar ve pas geçme noktasında sona erer. Hassas yaklaşımlarda ise son yaklaşma noktasında (FAP-Final Approach Point) başlar. Bu çalışmada sadece hassas olmayan yaklaşımlar dikkate alınacaktır.

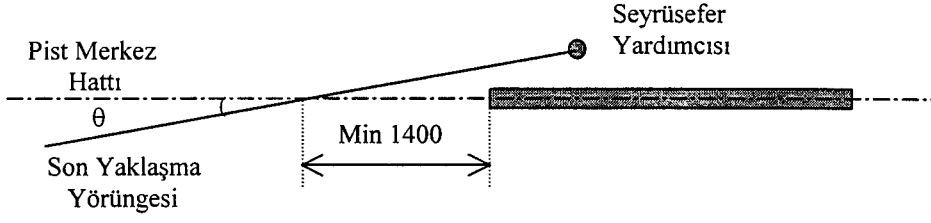
Son yaklaşma safhasının uzunluğu (FAF/MAPt mesafesi) en uygun 5NM, en çok 10NM' dir. Son yaklaşımda en uygun iniş eğimi %5, en çok %6,5 olmasına arazi şartları göz önünde bulundurularak, tasarımda dikkate alınması gerekmektedir [4].

Hassas olmayan yaklaşımlarda, son yaklaşma yörüngesinin pist merkez hattını kestiği veya kesmediği durumlara bağlı olarak son yaklaşma başı düzenlemesi ile direkt yaklaşma şartları belirlenir.

3.1.5.1. Direkt Yaklaşma

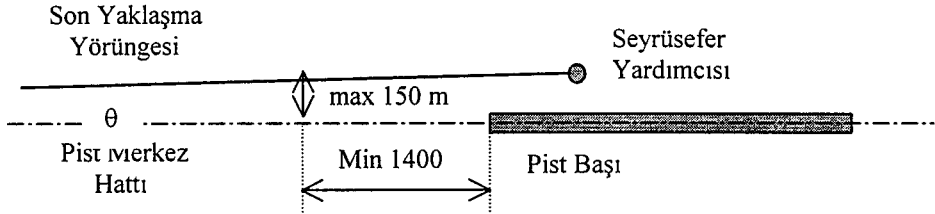
Direkt yaklaşma için aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır[9]:

- a) Son yaklaşma rotasının pist merkez hattını kesmesi durumunda aralarındaki açı düzenlemesi A ve B kategorileri için 30° yi, diğer kategoriler için 15° yi geçmeyecek şekilde olmalı ve kesişme noktası pist eşiğine en az 1400 m mesafede olmalıdır. θ , 5° den büyük olmalı ve θ en büyük, cat A/B için 30° ; diğer kategoriler için 15° dir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Son yaklaşma yörüngesinin pist merkez hattını 5° 'den büyük açı ile kestiği durumda son yaklaşma başı düzenlemesi

- b) Son yaklaşma rotasının pist merkez hattını 5° veya daha küçük açı ile kestiği durumda ise bu rotanın pist merkez hattı uzantısının pist eşiğinden en az 1400 m ötesinde 150 m açıklığa kadar olan yanlamasına uzaklığın içinden geçmesi gerekmektedir (Şekil 3.7.). (θ , 5° ye eşit veya daha küçük olmalıdır).



Şekil 3.7. Son yaklaşma yörüngesinin pist merkez hattını 5° veya daha küçük açı ile kestiği durumda son yaklaşma başı düzenlemesi

Her uçak kategorisinin iniş konfigürasyonundaki performansları göz önünde bulundurularak son yaklaşma safhasında en yüksek ve en düşük iniş oranları belirlenmiştir (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.3. Son yaklaşımda uçak kategorilerine göre en yüksek ve en düşük iniş oranları
(ENAC, 1994)

Uçak Kategorileri	İniş Oranı (feet/dakika)	
	En düşük	En yüksek
A,B	400	800
C,D,E	600	1000

3.1.6. Turlu Yaklaşma (Görerek Manevra)

Aletli yaklaşma haritasında belirlenen yönleme göre uçağı meydana yaklaştıran pilot, turlu yaklaşma OCA/H değerine kadar alçalır. OCA/H değerinde görerek şartlar oluştu ise, meydanadaki uygun pistlerden birine iniş yapılabilir.

Görerek manevra alanı uçak kategorilerine bağlı olarak değişir. Tüm uçak kategorileri için eşik noktasından yarıçap değerleri hesaplanır ve pist başları merkez olmak üzere yarım daireler şeklinde çizilir. Çizimler piste paralel olarak birleştirilir. Bu alanlar içerisinde kalan en yüksek engellere bağlı olarak turlu yaklaşma OCA/H değerleri belirlenir[4].

3.1.6.1. Görerek Manevra Alanı

Görerek manevra alanı aşağıdaki parametrelere bağlıdır;

- Hız: Uçak kategorilerine bağlı olarak çizelge 3.1’de verilmiştir.
- Rüzgar: 46 km/h (25kt)
- Yatış açısı (α): 20°

Bu parametreler esas alınarak iniş yapılacak havaalanındaki pistlere göre eşik noktasından yarıçap değerleri hesaplanarak görerek manevra alanları çizilir[5].

3.1.6.2.Eşik Noktasından Yarıçap

Eşik noktasından yarıçap değeri her uçak kategorisi için hesaplanır[4].

Eşik noktasından yarıçap (\bar{R})

$$\bar{R} = 2 \cdot \frac{(TAS + Wv)^2}{g \cdot \tan \alpha} + k \quad (3.4.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada TAS, gerçek hava hızını (m/s);

Wv, rüzgar hızını (m/s);

g, yer çekimi ivmesini ($9,81 \text{ m/s}^2$);

α , yatış açısı ($^\circ$);

k, sabiti (m) (Çizelge 3.4'de değerleri verilmiştir) göstermektedir.

Çizelge 3.4. Görerek manevra alanı k sabiti değerleri (ICAO-8168, 1993)

Uçak Kategorileri	k
Cat A	556m (0.3NM)
Cat B	1112m (0.4NM)
Cat C	1668m (0.5NM)
Cat D	2224m (0.6NM)
Cat E	2780m (0.7NM)

3.1.6.3.OCA/H Hesabı

Turlu yaklaşma OCA/H değerleri Çizelge 3.5.'de verilen MOC değerleri dikkate alınarak hesaplanır[4].

OCA/H değeri,

$$OCA/H = \text{Alandaki en yüksek engel} + \text{MOC} + \text{Bitki Örtüsü} \quad (3.5.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada bitki örtüsü, 20m olarak alınacaktır.

Çizelge 3.5. Turlu yaklaşma MOC değerleri (ICAO-8168, 1993)

Uçak Kategorileri	MOC
Cat A	90m
Cat B	90m
Cat C	120m
Cat D	120m
Cat E	150m

3.1.7. Pas Geçme Safhası

Son yaklaşma safhasında, pilot karar yüksekliğine kadar alçalıp inişi gerçekleştirememesi durumunda pas geçme safhasını uygular.

Hassas olmayan yaklaşımda pas geçme safhası, pas geçme noktasından (MAPt - Missed Approach Point) başlar. MAPt noktası bir seyrüsefer yardımcısının üzerinde, FAF' dan itibaren belli bir uzaklık sonra tanımlanabileceği gibi pist başı olarak da tanımlanabilir.

İki tür pas geçme vardır. Bunlar;

- a) Düz Pas Geçme,
- b) Dönerek Pas Geçme,

Dönerek pas geçme iki şekilde olur;

- Dönüş noktasından itibaren,
- Dönüş yüksekliğinden itibaren.

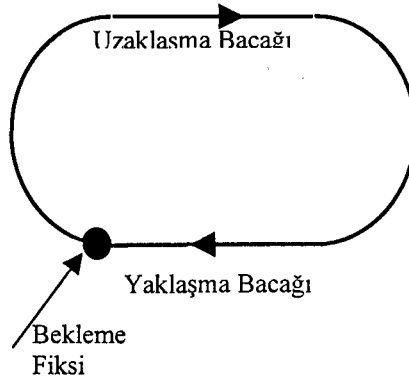
Düz pas geçme durumunda, uçak pist eksenini boyunca tırmandırılarak bir bekleme referans noktası üzerine gönderilir. Dönerek pas geçmede, genellikle DME mesafesi olarak belirlenen dönüş noktasına ulaştıktan sonra, veya pas geçme yüzeyindeki engeller üzerinden emniyetli geçişi sağlayacak yüksekliğe ulaştıktan sonra dönerek pas geçilir[1].

3.2. Geleneksel Bekleme Prosedürü

Bir meydana, belirli ayırma kriterleri sağlanmayacak şekilde, aynı anda birden fazla uçağın inişe gelmesi durumunda, uçaklar geliş sırasına göre emniyetli bir şekilde belirli bir irtifada ve sahada, bir sonraki uçuş iznine kadar manevra yapar. Bu manevraya bekleme (holding) adı verilir.

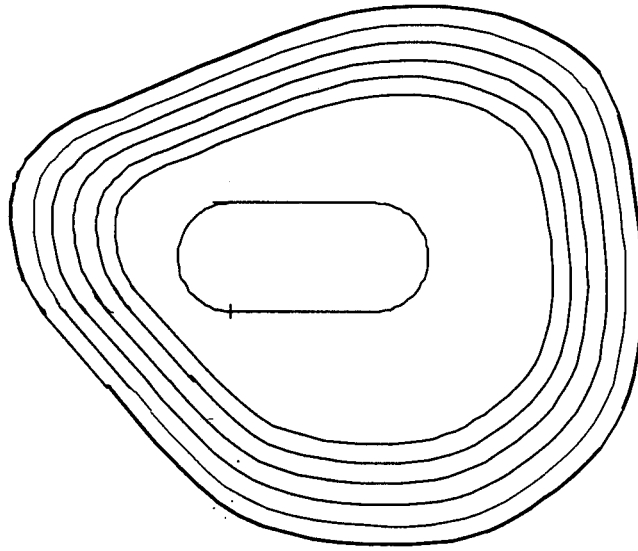
Bekleme ana yörüngesinin başlangıcı, bekleme fiksidir (holding fix). Bekleme fiksinde doğru uçuşun gerçekleşeceği bacak, yaklaşma bacağı (inbound leg), bekleme fiksi üzerindeki dönüşten sonra ulaşılan bacak, uzaklaşma bacağı (outbound leg) ismini alır. Bekleme eğer 14000 feet ve altında gerçekleşiyorsa uzaklaşma bacağı bir dakika veya bu süreye karşılık gelen mesafe kadardır, eğer bekleme 14000 feet üzerinde gerçekleşiyorsa uzaklaşma bacağı bir dakika otuz saniye veya bu süreye karşılık gelen mesafe kadardır.(Şekil 3.8.).

Bekleme dönüş yönü sağa (standart), veya sola (standart olmayan) gerçekleştirilmektedir[5].



Şekil 3.8. Bekleme ana yörüngesi[1]

Terminal sahası içindeki bekleme noktası, aynı zamanda ilk yaklaşma safhası başlangıcı olan IAF olmaktadır. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak gerektiğinde uçaklar, 1000 ft ara ile beklemeye alınacak ve sorumlu hava trafik kontrol birimi tarafından sırası ile inişlerine izin verilecektir.



Şekil 3.9. Bekleme paterni koruma alanı[1]

Beklemedeki uçaklar için Şekil 3.8.'deki yörüngenin öngörölmüş olmasına karşın en düşük bekleme irtifası ile ilgili hesaplamalar çok daha geniş bir bölgeyi kapsayan bekleme paternine göre yapılmaktadır.

Bekleme paterni bekleme ana yörüngesi, bekleme koruma alanı ve 1NM genişliğindeki beş tampon bölgeden oluşur (Şekil 3.9.)[10].

3.2.1. Bekleme Parametreleri

Bekleme paterni ile ilgili yapılabilecek tüm hesaplamalar, aşağıdaki parametrelere göre gerçekleştirilmektedir[1];

- En yüksek IAS: En yüksek uçak kategorisine göre belirlenen alet gösterge hızı (Çizelge 3.6.).
- İrtifa: Geliş safhasından bekleme noktasına gelen uçakların alabilecekleri en yüksek irtifa değeridir.
- Uzaklaşma bacağı : En yüksek gerçek hız değeri ile 1dakikalık uçuş veya buna karşılık gelebilecek uzunluktadır.
- Rüzgar: Bulunulan uçuş irtifasındaki rüzgar etkisi bekleme alanını belirlemede etkili olacaktır.

- Dönüş yönü: Beklemenin gerçekleştirileceği bölgenin coğrafi yapısı dikkate alınarak standart veya standart olmayacak şekilde belirlenir.

Çizelge 3.6. Bekleme Hızları (ICAO DOC-8168, 1993)

SEVİYE	NORMAL	TÜRBÜLANS
14000 feet' e kadar	Cat A-B 170 kt Diğer 230 kt	Cat A-B 170 kt Diğer 280 kt
14000'-20000'	240 kt	280 kt
20000'-34000'	265 kt	280 kt
34000' üzeri	0.83 Mach	0.83 Mach

3.2.2. En Düşük Bekleme İrtifası

En Düşük Bekleme İrtifası (MHA - Minimum Holding Altitude) bekleme paterni içindeki inilebilecek en düşük irtifadır[4].

En düşük bekleme irtifası (MHA),

$$MHA = \text{Engel irtifası} + \text{MOC} + \text{Bitki Örtüsü} \quad (3.6.)$$

Formülü ile hesaplanır.

Burada bitki örtüsü, 20 metre olarak alınacaktır.

Bekleme alanında, koruma alanı ve tampon bölgeler farklı MOC değerlerine sahiptir (Çizelge 3.7.)[4].

Çizelge 3.7. Bekleme paterni MOC değerleri

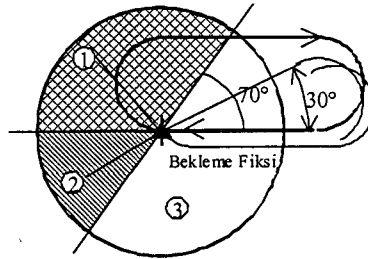
Bekleme Alanı	M.O.C.
Bekleme ve Koruma Alanı	300m
1. Tampon Bölge	300m
2. Tampon Bölge	150m
3. Tampon Bölge	120m
4. Tampon Bölge	90m
5. Tampon Bölge	60m

3.2.3. Bekleme Paternine Girişler

Bir radyo seyrüsefer sisteminin üzerindeki bekleme yörüngesine girişler, uçağın bekleme fiksine olan konumuna bağlı olarak değişir. Pilot bekleme fiksine doğru uçuşu gerçekleştirir ve konumuna bağlı uygun giriş manevrasını seçer. Bekleme noktası merkez olmak üzere yaklaşma bacağı ve yaklaşma bacağına 70° açı ile belirlenen hat beklemeyi üç bölgeye ayırmaktadır (Şekil 3.10.)[5].

Birinci bölgeden girişler paralel giriş adını almaktadır. Birinci bölgeden bekleme fiksine ulaşan pilot, yaklaşma bacağına paralel uçar, ardından sola manevra ile tekrar bekleme fiksine ulaşır ve standart sağa dönüşü yakalar.

İkinci bölgeden girişler dengeleme girişidir. Bu bölgeden bekleme fiksine ulaşan pilot, yaklaşma bacağı ile 30° açı yapacak şekilde uçuşuna devam eder ve ardından sağa dönüş ile yaklaşma bacağına yakalayarak beklemeye giriş gerçekleştirir.



Şekil 3.10. Bekleme Paternine Girişler[1]

Üçüncü bölgeden girişler direkt giriştir. Bekleme fiksine ulaşan pilot standart sağa dönüş ile beklemeye giriş yapar.

3.3. Geleneksel Kalkış Prosedürleri

3.3.1. Giriş

Kalkış safhası boyunca arazi ve engeller üzerinden emniyetli bir geçiş sağlamak için aşağıdakilerden bir veya birkaçı uygulanabilir ve uygulanan aletli kalkış prosedürü yayımlanır[1].

- a) Takip edilecek özel yollar,
- b) Sakınılacak özel sektörler,
- c) Minimum net tırmanma eğimleri.

3.3.2. Geleneksel Aletli Kalkış Prosedürleri

Aletli kalkış prosedürlerinin tasarımı havaalanı çevresindeki arazi dikkate alınarak gerçekleştirilir. Aynı zamanda seyrüsefer yardımcısının konum ve tipi de kalkış prosedürlerinin tasarımını etkileyen faktörlerdir. Kalkış prosedürlerinde belirtilen net tırmanma eğimleri havaalanı civarında bulunan engellere göre belirlenir ve ilan edilir. Gerekli olduğunda arttırılabilir.

Düz kalkışın uygun olduğu durumlarda kalkış pist merkez hattı hizasında gerçekleştirilir. Eğer kalkış yolu engellerden sakınmak için 15° 'den daha fazla bir dönüş gerektiriyorsa dönerek kalkış yapılır.

Düz kalkış, Kalkış Pisti Sonundan (DER-Departure End of Runway) itibaren, pist merkez hattı hizasında yanlamasına 300 m (pist sonunda, pist merkez hattının iki yanı 150 şer metre) olmak üzere ve bu noktalardan itibaren pist merkez hattına göre 15° 'lik açıklıkla çizilen alan içerisinde yer alır. Pist merkez hattı DER' den itibaren 3,5 km (1,9 NM) uzatılabilir.

Düz kalkış için kalkış alanında, kalkış yörüngesi ile pist merkez hattı arasındaki açı en fazla 15° olabilir. 15° 'den fazla bir dönüş gerekli ise dönerek kalkış gerçekleştirilir.

Kalkış yolu üzerinde etkin bir engel bulunması durumunda %3,3'den daha büyük bir kalkış eğimi gerekli olabilir. Bu durumda en az net tırmanma eğimi ilan edilmelidir.

Kalkış yolunun 15° 'den daha fazla bir dönüş gerektirmesi durumunda dönüş alanı oluşturulur. Dönüş belirli bir irtifa/yükseklikten, fiksten veya bir seyrüsefer yardımcısından yapılabilir. Düz kalkış yönü üzerinde sakınılması gereken bir engelin bulunması durumunda da dönerek kalkışa ihtiyaç duyulabilir.

3.3.2.1.Engel Emniyet Payı

Engel emniyet payı, aletli kalkış prosedürlerinin tasarımında birinci güvenlik etmenidir ve normalde %3,3 minimum net tırmanma eğimi aşağıdaki verildiği şekilde kullanılır;

- a) %2.5 engel belirleme yüzeyinin eğimi ya da bu yüzeydeki en kritik engele bağlı olarak belirlenmiş en yüksek eğim,
- b) %0.8 artan engel emniyet değeri[4].

4. SAHA SEYRÜSEFER (RNAV-Area Navigation)

Saha seyrüsefer (RNAV-Area Navigation), istasyon referanslı seyrüsefer yardımcılarının erişim alanı dahilinde ya da uçaktaki cihazların kendi seyrüsefer limitleri dahilinde ya da bunların birleşimi sayesinde istenilen herhangi bir uçuş güzergahında uçağın operasyonuna olanak veren bir seyrüsefer yöntemidir[11]. Temel olarak iki grupta incelenir. Bunlar B-RNAV (Basic RNAV) ve P-RNAV (Precision RNAV)' dir.

B-RNAV , RNAV sisteminin temelidir. Uçağa, uçuş süresinin en az %95' inde uçuş yörüngesini ± 5 NM doğruluk ile muhafaza etme zorunluluğu getirir[12]. P-RNAV ise hassas seyrüsefer operasyonları için onaylanan uçağa, bütün uçuş süresinin %95' inde ± 1 NM' lik bir rota muhafaza doğruluğuna eşit veya daha iyi seyrüsefer performansına sahip olma zorunluluğu getirir[13].

Saha seyrüseferi yol ve terminal sahada (TMA-Terminal Area) hava sahası kapasitesini artırır. RNAV usuller nokta kaynaklı radyo seyrüsefer yardımcılara bağlı kalmaksızın hava yolu planlama ve tasarımına imkan sağlar. Bu, hava sahası tasarımında daha fazla esnekliğin yanı sıra direkt yollar, daha kısa uçuş mesafesi ve bunun paralelinde yakıt ve zaman tasarrufu sağlayacaktır[14].

4.1. RNAV Sistemleri

Herhangi bir RNAV sisteminde uygun doğruluk ve bütünlüğe sahip kaynaktan alınan bilginin devamlı ve kabul edilebilir bir seviyede olması gerekmektedir. Bu kaynaklar yer bazlı, uzay bazlı veya uçak bazlı seyrüsefer sistemleri olabilir.

RNAV sistemleri seyrüsefer sistemlerinden sağlanan bilgilerden bir veya birkaçını kullanabilir. RNAV sistemine bilgi sağlayan seyrüsefer sistemleri aşağıda sıralanmıştır[15];

- a) VOR/DME,
- b) DME/DME,
- c) GNSS,
- d) INS/IRS,

- e) LORAN C,
- f) OMEGA.

ECAC hava sahası için öncelikli veri kaynağı VOR/DME, DME/DME ve GNSS' dir. VOR ve DME kapsamının sürekliliği ve uygunluğu Avrupa' nın büyük bir bölümü için sağlanmıştır.

4.1.1. VOR/DME

Uçak referans olarak aldığı VOR/DME sisteminin operasyonel kapsamının içinde olmalıdır. Bu sistem VOR/DME sistemi dışında VORTAC veya TACAN sistemleri de olabilmektedir. Aynı zamanda ikinci bir VOR/DME, VORTAC veya TACAN sisteminden kontrol sağlamak amacı ile bilgi alınabilir. Bu sistemler radyal ve mesafeleri kullanarak uçuş yolu ve pozisyon hesaplayan sistemlerdir[16]. VOR/DME sistemi Rho-Theta olarak da isimlendirilmektedir[17].

VOR/DME sisteminde uçağın konumu aşağıda verilen formül ile hesaplanır[18].

Uçağın konumu C (Şekil 4.1.),

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos c \quad (4.1.)$$

formülü ile verilir.

Burada A, uçak ile istasyon arasındaki mesafe (NM),

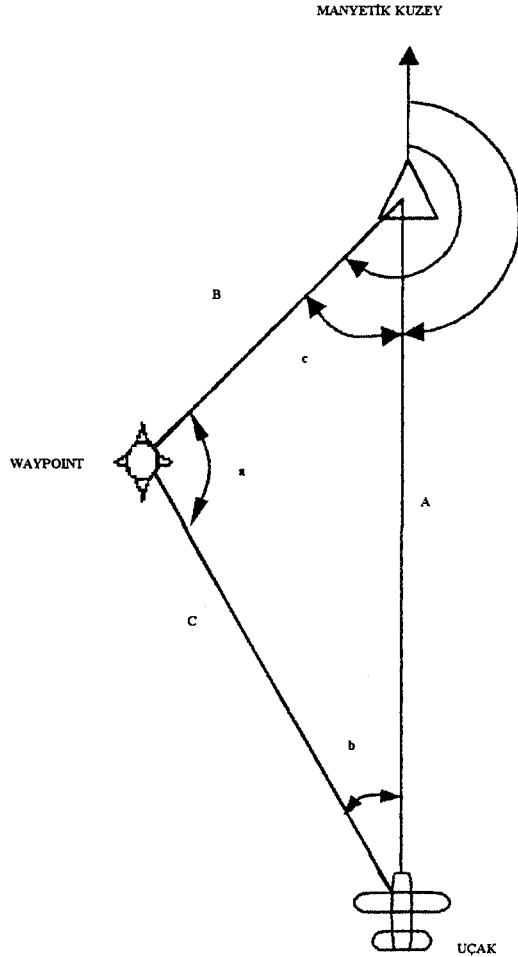
B, istasyon ile WP arasındaki mesafe (NM),

c, uçak ile WP arasındaki açıyı (°) göstermektedir.

4.1.2. DME/DME

İki veya daha fazla DME yer ekipmanına bağlı olarak çalışan bir sistemdir ve Rho-Rho olarak da adlandırılabilir[19]. DME/DME sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve ECAC (European Civil Aviation Conference) hava sahası içindeki tüm yol operasyonları için yeterli kapsama alanına sahiptir.

DME/DME sistemleri RNAV gerekliliklerini karşıladıkları halde ECAC hava sahasında, terminal alanlarda alçak seviyelerde seyrüsefer desteği ek DME sistemleri ile sağlanabilir[16].



Şekil 4.1. RNAV ile geometrik hesaplama[18]

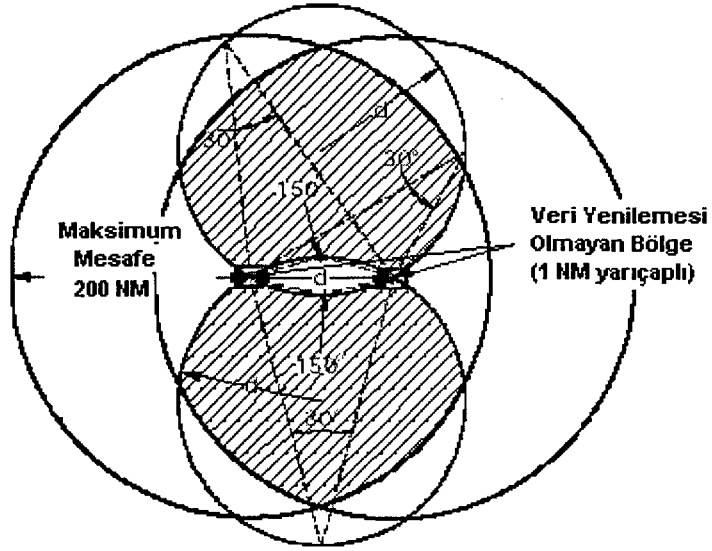
4.1.2.1.DME/DME Kapsama Alanının Belirlenmesi

Uçak en az iki DME istasyonundan aynı anda bilgi alacaktır. Uçaktan istasyona bearing 30° ile 150° arasında olmalıdır. İki DME istasyonunun kapsadığı alan aşağıda tanımlanmış dairelerin kesişimi ile belirlenir(Şekil 4.2.):

- DME istasyonu merkezli Tanımlanmış Operasyonel Kapsama (DOC- Designated Operational Coverage) eşit yarıçaplı bir daire belirlenir,

- b) İki DME istasyonu arasındaki mesafeye eşit yarıçaplı her iki DME istasyonundan da geçen iki daire.

Kapsama alanı bölgesel topografyaya bağılı olarak değişecektir. Her DME istasyonu merkez olmak üzere 1 NM yarıçaplı bir daire veri yenilemesi olmayan bölgedir.



Şekil 4.2. DME/DME Kapsama Alanı[16]

Seyrüseferin doğruluğu her istasyonun yayınlanmış tolerans ve limitlerinin birleştirilmesine bağlı olacaktır. Üçüncü bir istasyondan alınan bilgi kontrol sağlamak amacı ile kullanılacak ve diğer istasyonlara yedekleme sağlayacaktır[16].

4.1.3. Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS-Global Navigation Satellite System)

Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS-Global Navigation Satellite System), Amerikan Küresel Pozisyon Sistemi (GPS-Global Position System) ve Rus Küresel Seyrüsefer Uydu Sisteminden (GLONASS-Global Navigation

Satellite System) meydana gelmektedir ve seyrüsefer hizmetlerinde yüksek doğruluk sağlayacak olan bir sistemdir. Bu sistemin uygulamaları, dünyanın büyük bir bölümündeki hava sahalarında uydu esaslı sinyallerin alınması ve yorumlanması ile uçağa seyrüsefer imkanı sağlar.

GNSS, uydulardan gönderilen radyo sinyallerinin dünya üzerindeki GNSS alıcılarına ulaşma süresi ve bu süreden mesafenin hesaplanması prensibine göre çalışır. Dört ayrı uydudan alınan sinyalle uçağın pozisyonunu belirler. Sistemin çalışma frekansı Uluslararası İletişim Birliği (ITU-International Telecommunication Union) tarafından 1559-1610 MHz olarak belirlenmiştir [20].

GNSS'in doğruluğu, ya karşılaşılan teknik problemler ya da Amerika'nın sivil kullanıcılara sağladığı Standart Pozisyon Belirleme (SPS-Standard Positioning Service) hizmetini güvenlik nedeniyle zaman zaman kesintiye uğratmasıyla değişim göstermektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak ve sistemin doğruluğunu arttırmak için diferansiyel teknikler uygulanmaktadır. Bu teknikler sayesinde yerdeki ölçümler sonucu yapılan düzeltmeler, veri hattı vasıtasıyla kullanıcılara mesaj şeklinde ulaştırılır. Düzeltilmiş bilgi sayesinde de kullanıcı konum bilgisi hatasını azaltabilir[21].

4.1.4. INS/IRS

Bu sistem radyo dalgalarına bağlı kalmaksızın çalışan tek seyrüsefer sistemidir, tamamen bağımsız çalışmaktadır. Uçağın kalkışından önce bulunduğu yer, varış noktası ve uçuş yörüngesi üzerindeki belirlenmiş olan noktalar kullanıcı tarafından bilgisayara girilir. Aynı şekilde manyetik değişim, rüzgar yönü ve rüzgar hız değerlerinin de bilgisayara tanıtılması gerekmektedir. Uçağın hareket ettiği andan itibaren pozisyon değişimi, uçağın havadaki konumu, her üç eksenindeki ivme ve hızlar, gerçek baş değeri sistemin atalet ölçme ünitesi tarafından seyrüsefer bilgisayarına iletilir. Aynı anda pusula sisteminden manyetik baş bilgisi, hava veri bilgisayarından gerçek hava hızı, hava ısısı, uçağın irtifası gibi bilgiler alınır. Seyrüsefer bilgisayarı, ulaşılan yeni veriler doğrultusunda sürekli hesaplamalarını yeniler ve uçağın anlık olarak bulunduğu nokta, yer hızı,

varış noktası istikameti ve uçuş noktasına olan uzaklık gösterge birimlerine iletilir[5].

INS ve IRS sistemleri aynı prensiple çalışmaktadır. Aralarındaki fark ise INS sistemi mekanik, IRS sisteminin ise lazer gyro kullanmasıdır.

4.1.5. LORAN C

LORAN C (Long-Range Navigation-Uzun Menzilli Seyrüsefer Sistemi) uzun menzilli uçuşlarda pozisyon belirleme amacına hizmet eden seyrüsefer sistemlerindendir. Sistem bir ana (master), üç yardımcı (slave), olmak üzere dört istasyondan oluşur. En az üç istasyondan alınan bilgiler ile konum belirlenir. Ancak uçağın, yardımcı istasyona daha yakın bile olsa öncelikle ana istasyonun sinyalini alması gerekir. Bu nedenle konum belirlemek için ana istasyon ile en az iki yardımcı istasyonun sinyalinin alınması gerekir [22].

4.1.6. OMEGA

Omega, uzun menzilli uçuşlarda uçağın dünyanın neresinde olduğunu bildiren bir radyo seyrüsefer yardımcısıdır. Omega sisteminin, dünyanın çeşitli yerlerinde ve birbirinden uzakta sekiz tane yer istasyonu vardır. Sekiz istasyonun birbirinde ayrılabilmesi için 10.2 kHz, 13.6 kHz ve 11.33 kHz' de üç ayrı frekans seçilmiştir. Bu istasyonlardan en iyi alınan üç tanesinin referans alınması ile bulunan hiperbolün kesişim noktalarından uçağın yeri saptanır[22].

RNAV bu sistemlerin dışında ILS (Instrument Landing System) verisini de kullanabilmektedir. ILS' i belirtilmiş bir pist için son yaklaşımda tek veri kaynağı gibi kullanılma imkanı vardır. Uçak sistemin belirtilmiş operasyonel kapsamında olmalıdır. Bir ILS yaklaşması RNAV prosedürü değildir. RNAV sistemi düşey seyrüsefer verilerini güncellemek için localizer verilerini kullanabilir[16].

4.2. Uçuş Yönetim Sistemi (FMS-Flight Management System)

Uçağın yatay ve dikey olmak üzere iki düzlemde kontrolü söz konusudur. Yatay düzlemde uçuşun yönlendirilmesi ve optimizasyonu RNAV ile yapılırken dikey düzlemde kontrol ve optimizasyon Performans Yönetim Sistemi (PMS-Performance Management System) ile yapılır. FMS bu iki sistemden oluşur ve uçağı 3 boyutlu düzlemde kontrol ederek bir uçuş optimizasyonu sağlar.

Modern yolcu uçaklarında RNAV fonksiyonları, rehberlik ve performans fonksiyonlarını sağlayan FMC (Flight Management Computer) tarafından yürütülmektedir[23].

Uçuş Yönetim Sistemi (FMS-Flight Management System), uçuş planı, seyrüsefer, performans yönetimi, uçuş rehberliği ve uçuş işlemlerini izlemek için pilotlar tarafından kullanılır. Bu sistemin özü, seyrüsefer söz konusu olduğunda çok fazla sayıda rotanın önceden programlanarak bilgi yükleyici vasıtasıyla sisteme yüklenebildiği bir bilgi temeli ile bağlantılı çalışan bir bilgisayardır[17]. FMS' in en önemli kısımlarından birisi eş zamanlı çalışan yüksek kapasiteli hesaplama ünitesidir. Bu ünite uçuştan önce pilot tarafından girilen uçuş planını uygular. Kalkıştan hemen sonra FMS, uçağın her üç düzlemde de yönlendirilmesini sağlayan sistemlerle (autopilot ve Autothrust) bağlantı kurarak pilotun müdahalesi olmadan belirlenen uçuşu gerçekleştirmesini sağlar[23].

FMS, enlem, boylam, irtifa ve zaman parametrelerini sağlar ve uçuşu ekonomik kılmayı başarmak için performansı en uygun şekle getirir. FMS uçağı uçuş yolunun ve performans parametrelerinin merkezleşmiş kokpit kontrolünü sağlar [17].

Pilot, uçuş planını Uçuş Kontrol Ünitesini (Flight Control Unit) kullanarak gerçekleştirir. Veriler girildikten sonra, Uçuş Yönetim ve Rehberlik Bilgisayarı (Flight Management ve Guidance Computer) uçağın kalkış yerinden varış yerine kadar ki en uygun uçuş profilini düzenler. Bu sistem, belirlenen güzergahta otomatik olarak uçuş rehberliği görevi görmektedir. Bu sırada, uçuş planı üzerinde hesaplamalar yapar, görüntüler ve tahmini değerler verir[17].

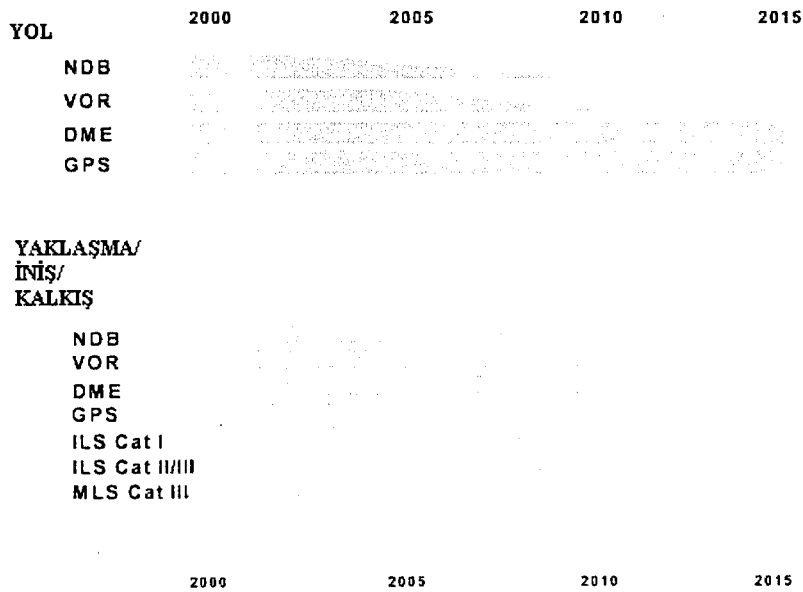
Seyrüsefer işlemlerinde FMC, IRS' ten pozisyon ve yön girdilerini alır. FMC, bu girdileri karşılaştırır ve Kalman filtrelemesi olarak bilinen bir yöntem ile sistem pozisyonunu belirler. Çalışma esnasında radyo pozisyonlarının

güncelleştirilmesiyle birlikte, FMC harici referansın uzun dönem doğruluğuyla birlikte IRS' in kısa dönem doğruluğunu bir araya getirir. Eğer FMS pozisyon belirlemede sadece IRS bilgilerini kullanırsa, pozisyon bilgilerinin güvenilir olmadığını gösteren bir uyarı görüntülenir [23].

4.3. RNAV Prosedürler

RNAV hava sahası kapasitesinin artırımını gerçekleştirir. Bunu, yer bazlı seyrüsefer yardımcısının üzerinden uçmaya gerek olmaksızın uçuş yollarının yapılması ve de uçuş yolları arasındaki yanlamasına ayırmalarda azalma sağlayarak gerçekleştirir. Böylelikle hava yolları kısalır, basitleşir ve gerekli olduğu yerde tasarımlanır. Terminal sahası prosedürleri Standart Geliş Yolları (STAR-Standart Arrival Route), Standart Kalkış Yolları (SID-Standart Departure Route), yaklaşma ve bekleme prosedürlerini kapsar[11].

Eurocontrol' ün ortaya koyduğu seyrüsefer stratejisinde, VOR ve NDB cihazlarının kullanımı, 2010 yılına kadar uçuşun tüm safhalarında sona erecektir (Şekil 4.3.)[24]. Bu nedenle bu çalışmada RNAV yaklaşma, bekleme ve kalkış prosedürleri için DME/DME ve GNSS sistemleri dikkate alınmıştır. Bu sistemlere göre yapılan hesaplamalarda hız, yatış açısı, rüzgar, beklenen yalpa ve pilot gecikmesi değerleri ve toplam sistem toleransları aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4.3. Seyrüsefer Yardımcılarının 2000-2015 Yılları Arasında Kullanımı[24]

4.3.1. Hız

Bütün dönüş hesaplamalarında kullanılan hız değerleri dönüş için izin verilen maksimum gerçek hava hızına (TAS) bağlıdır. Farklı safhalarındaki ve farklı kategorilerdeki uçuşlar için maksimum gösterge hızı (IAS-Indicated Airspeed) Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Eğer daha düşük hızlarda hesaplama yapılacaksa, tasarımcı hız tahditlerini prosedürde yayınlayacaktır[16].

Çizelge 4.1. RNAV usulleri hesaplamalarında kullanılan IAS değerleri[16]

UÇAK KATEGORİSİ	A	B	C	D	E
KALKIŞ (Normal)	121	165	264	292	303
KALKIŞ (Minimum)	110	143	176	204	253
GELİŞ (>IAWP' den 25 NM)	325	325	325	325	325
GELİŞ (≤IAWP' den 25 NM), İlk ve Orta Yaklaşma Safhaları	150	190	240	250	250
BEKLEME (14000 ft' e kadar)	Normal: 170 Turbulent: 170		Normal: 230 Turbulent: 280		
SON YAKLAŞMA SAFHASI	100	130	160	185	230
PAS GEÇME SAFHASI (İlk)	100	130	160	185	230
PAS GEÇME SAFHASI (Son)	110	150	240	265	275

4.3.2. Yatış Açısı

Gerçek yatış açısı yol açısı değişikliği, uçak tipi, RNAV sistemi, uçağın yüksekliği ve rüzgar değerlerine bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Prosedür tasarımcısı koruma alanı ile ilgili tüm hesaplamalarda ya yol açısı değişikliğinin ilk yarısındaki yatış açısını ya da safhaya göre aşağıdaki değerlerden birisini karşılaştıracak ve hangisi daha küçükse onu kullanacaktır;

- Pas geçme, kalkış ve yol safhası için 15°,
- Uçuşun diğer tüm safhaları için 25°.

Kalkış prosedürlerinde, gürültünün ortadan kaldırılması ve ATC problemlerinin tanımlanması için uçakların çoğunluğunun takip etmesi beklenen nominal yolun göz önünde bulundurulması gerekebilir. Nominal kalkış yolu; %7 kalkış eğimine, istatistiksel hız verilerine ve yol açısı değişikliğinin ilk yarısındaki

yatış açısına bağlıdır. Yatış açısında aşağıdaki değerler karşılaştırılır ve küçük olan değer kullanılır[16];

- a) 1000 ft altında 15° ,
- b) 1000 ft (dahil)-3000 ft arası 20° ,
- c) 3000 ft ve üstü 25° .

4.3.3. Rüzgar

Rüzgar uçağın yolunu önemli ölçüde etkiler. Klasik prosedür tasarımında dönüşün dış kenarında rüzgar spirali kullanılır ve bu rüzgar hızı, dönüş oranı ya da yatış açısı ve TAS' a bağlıdır. Geleneksel prosedürlerde kullanılan rüzgar hızı formülü RNAV usullerinde de aynen geçerlidir (formül 3.1).

Bir çok RNAV sistemi dönüş hesaplamasında veya tahmininde rüzgarı hesaba katar. Güçlü bir kuyruk rüzgarı normalden daha büyük bir dönüş yarıçapı ile dönüşe erken başlamaya veya güçlü bir ön rüzgar normalden daha küçük bir dönüş yarıçapı ile geç dönüşe sebep olacaktır. Bazı RNAV sistemleri dönüşü önceden hesaplar[16].

4.3.4. Beklenen Yalpa ve Pilot Gecikmesi

Beklenen yalpa gecikmesi (Roll Anticipation Delay), dönüşün uygulanmaya başlandığı nokta ile dönüşe başladığı nokta arasındaki önceki bacak yolu üzerindeki mesafedir ve dönüş oranına bağlı olarak hesaplanır. Beklenen yalpa mesafesi, uçuşun o safhasındaki hız değerlerine bağlı olarak aşağıdaki verildiği şekilde hesaplanır[16].

- a) Eğer RNAV sistemi oto pilotla eşleştirildiyse, dönüş oranı saniyede 3° uygulanır.

Beklenen yalpa,

$$25/3=8.3 \text{ saniye}$$

(4.2.)

olarak kullanılır.

- b) Eğer uçuş direktörü kullanılıyorsa, dönüş oranı saniyede 5° uygulanır.
Beklenen yalpa,

$$25/5=5 \text{ saniye} \quad (4.3.)$$

olarak kullanılır.

Pilot gecikmesi uçuşun her safhasında farklı olarak kullanılacaktır. Safhalara göre pilot gecikmesi aşağıda verildiği şekildedir[16].

- a) Yol (en-route) safhasında 10 saniye,
- b) Pas geçme ve kalkış safhası dışındaki herhangi bir terminal saha operasyonlarında 6 saniye,
- c) Pas geçme ve kalkış safhasında 3 saniye.

4.3.5. Yol Noktası (WP-Waypoint)

WP, saha seyrüseferi yapan bir uçağın uçuş güzergahını veya yolunu belirtmek için kullanılan hayali bir noktadır[25]. RNAV yoldaki her bir WP uçak seyrüsefer sisteminin bir bacadan diğerine geçişini sağlar. RNAV prosedürlerindeki geçişler fly-by, fly-over ve sabit yarıçaplı geçişler ve şartlı geçişler olarak dört çeşit olarak belirlenmiştir.

4.3.5.1. Waypointlerin İsimlendirilmesi

Terminal sahada WP isimlendirmesi aşağıda verildiği şekilde kullanılır.

AAXNN,

Burada AA, meydan yerleşim göstergesinin son iki karakteri,

X, 0' dan 9' a nümerik kod (dairesel bilgi gerekli olduğunda N, E, W ve S kullanılır),

NN, 00' dan 99' a nümerik kodu ifade eder.

Ancak aşağıdaki verilen şartlar sağlanıyorsa WP isimlendirilmesi aşağıda verildiği gibi kullanılır.

- a) Bir WP, bir seyrüsefer yardımcısı ile aynı noktada ise, seyrüsefer yardımcısının 3 harfli tanımlaması kullanılır,

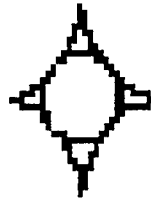
- b) Bir WP, pist eşiği ile aynı nokta ise isimlendirme RWNNA biçiminde kullanılır. Burada NN, 01' den 36' ya pist yerleşimi ve A, L (Left-sol), R (Right-sağ) ve C (Center-merkez) olarak kullanılır,
- c) Eğer WP stratejik WP ise 5 Harfli İsim Kodu (5LNC-5 Letter Name Code) olarak kullanılır[16].

4.3.5.2.RNAV Yol Bacakları

Bir terminal prosedürü düz bir hat ya da geçiş sahası olabilecek bacaklara bölünmüştür. Bir RNAV yoldaki her bir yol noktası (WP-waypoint) uçak seyrüsefer sisteminin bir bacadan diğerine otomatik geçişini gerektirecek bir yeri tanımlar. Bu geçiş ve/veya irtifa ve/veya yön değişimini içerebilir. Ancak, bekleme prosedürü istisnadır, beklemede geçiş için manuel girdi gerekebilir. Geçişin 5° veya daha fazla yol açığı farkı içermesi durumunda geçiş yöntemlerinden biri etkilidir[16].

- **Fly-By Geçişler**

Bu geçişte seyrüsefer sistemi bir sonraki yol bacağına dönüşü önceden belirler. Bu pas geçme WP (MAWP-Missed Approach Waypoint) ve kalkış pisti sonu (DER-Departure End of Runway) WP hariç olmak üzere tüm RNAV geçişler için tercih edilen geçiş tipidir. Fly-by geçişler özel bacaklar gibi belgelenmez, bunlar önceki ve ardından gelen bacaklar tarafından tanımlanır ve ortak WP' lerdir. Fly-by geçişlerin başını ve sonunu tanımlamak için ek WP' ye gerek yoktur. Şekil 4.4.'de fly-by WP' nin Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO-International Civil Aviation Organization) sembolü verilmiştir.



Şekil 4.4. Fly-by WP ICAO sembolü[16]

Fly-by geçişlerde aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplama yapılır.

Dönüş oranı R,

$$R = \frac{3431 \tan \phi}{\pi(V + W)} \quad (4.4.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada ϕ , yatış açısını ($^{\circ}$),

V, hızı (kt),

W, rüzgar hızını (kt) göstermektedir.

Dönüş yarıçapı r,

$$r = \frac{(V + W)}{20\pi R} \quad (4.5.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada V, hızı (kt),

W, rüzgar hızını (kt),

R, dönüş oranını ($^{\circ}$) göstermektedir.

Dönüşe başlama mesafesi Y,

$$Y = r \times \tan(0.5 \times \alpha) \quad (4.6.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada r, dönüş yarıçapı (NM),

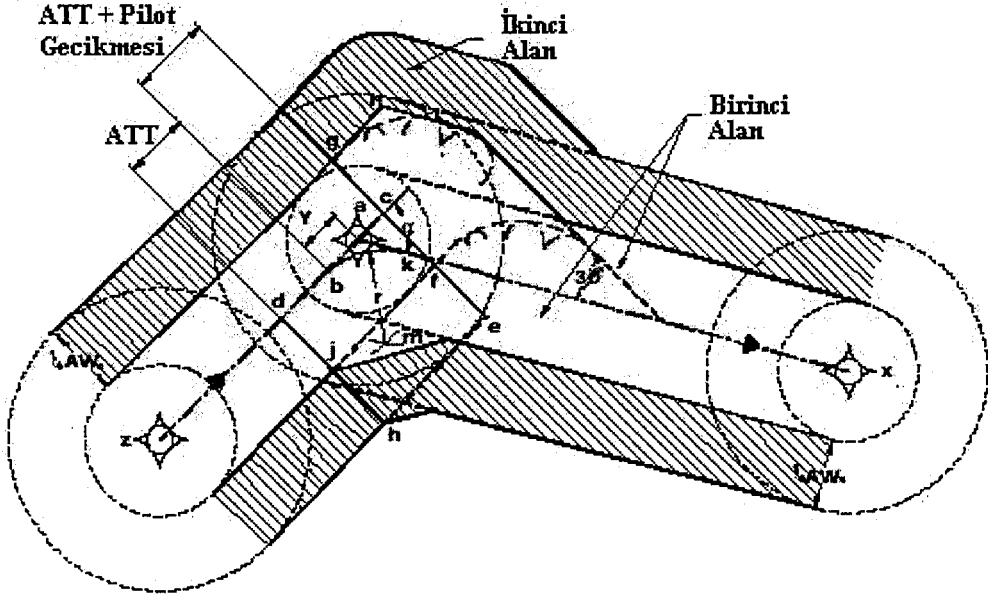
α , yol açi değişimini ($^{\circ}$) göstermektedir.

Fly-By Geçişler İçin Koruma Alanının Belirlenmesi

Fly-by geçişlerde koruma alanı aşağıdaki akışta verildiği şekilde belirlenir[3];

a) Önceki bacak yolu bir hat olarak çizilir,

- b) Geçiş noktasındaki WP 'a' , önceki WP 'z' noktası olarak tanımlanır,
- c) Önceki bacak yolu ile 'a' noktası dönüş açısı ' α ' ile birleştirilir. Bu sonraki yol bacağımlı belirler,
- d) Sonraki WP noktası 'x' olarak belirlenir,
- e) Her WP' nin üzerine $\frac{1}{2}$ Alan Genişliği (AW-Area Width) ve $\frac{1}{4}$ AW genişliğinde daire çizilir,
- f) Önceki ve sonraki bacakların oluşturulması için daireler teğet olarak birleştirilir. Bu oluşan alanlar birinci ve ikinci alanları belirleyecektir,
- g) Dönüşe başlama mesafesi (turn initiation distance) olan 'Y' hesaplanır ve 'a' noktasından önceki bacak doğrultusunda bu mesafe çizilir. Bulunan nokta 'b' noktası olarak gösterilir ve nominal dönüşe başlama noktasıdır,

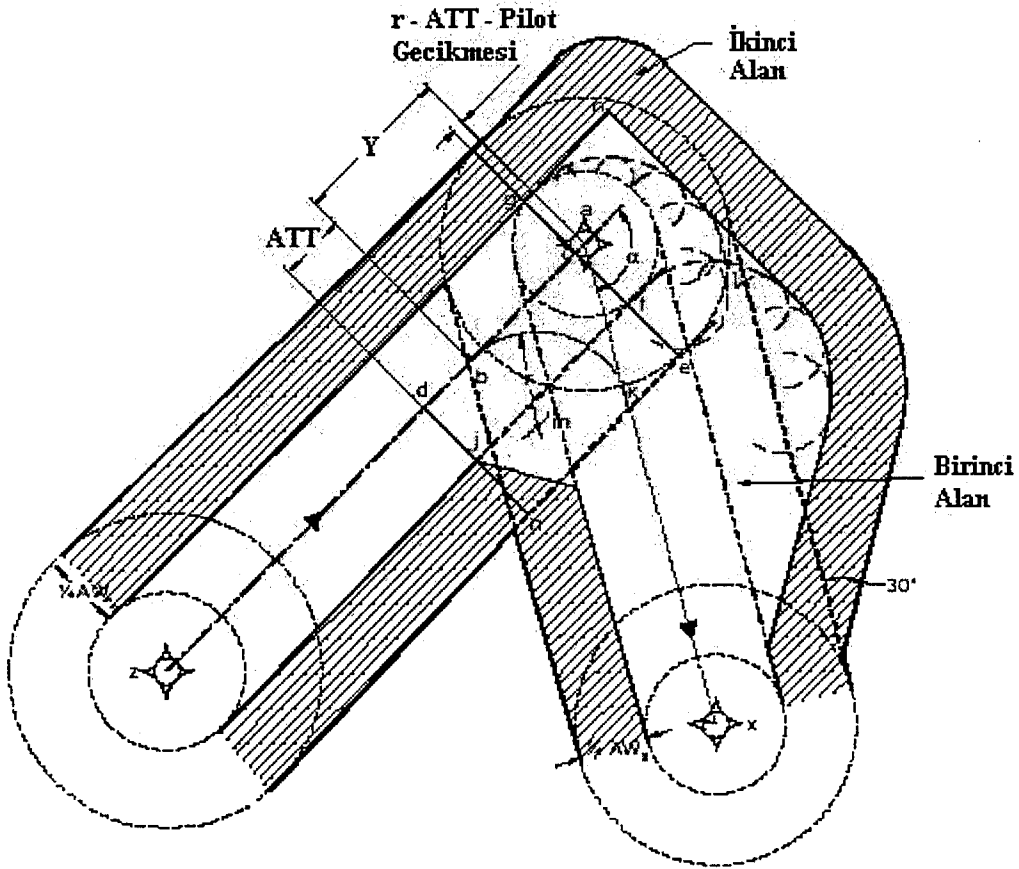


Şekil 4.5. Fly-by geçiş koruma alanı (90° ve daha az dönüşler için)[16]

- h) WP' deki irtifa limitleri ile birlikte prosedür tasarım eğimi yada alçalma eğimi hesaba katılarak 'b' noktasındaki minimum irtifa bulunur. Yol Boyu Toleransı (ATT-Along Track Tolerance)

hesaplaması 'b' noktasındaki minimum irtifaya bağılı olarak hesaplanacaktır,

- i) 'b' noktasının ilerisinde ve önceki bacak yolu üstünde ATT mesafesi kadar bir uzunluk ve uçak kategorisi ve uçuşun o safhası için uygun/mümkün maksimum hızda belirlenecek olan pilot gecikmesi eklenerek 'c' noktası belirlenir,
- j) Önceki bacak yolu üstünde ve 'b' noktasından önce ATT mesafesi kadar bir mesafede 'd' noktası belirlenir,
- k) 'c' ve 'd' noktalarından geçerek önceki bacak yoluna dik olacak şekilde ve birinci (primary) ve ikinci (secondary) alanların sınırlarına kadar 'efcg' ve 'hjd' noktaları birleştirilir,



Şekil 4.5. Fly-by geçiş koruma alanı (90° 'den fazla dönüşler için)[16]

- l) Sonraki bacak yoluna doğru 'Y' kadar mesafede 'k' noktası belirlenir,
- m) 'b' ve 'k' noktalarında 'r' mesafesi kadar ve dönüşün içinde 'm' kesişim noktası belirlenir,
- n) 'm' kesişim noktası 'r' yarıçapındadır ve dönüşün merkezini gösterir, bu yay geçiş sırasında nominal yolu tanımlar,
- o) 'f' ve 'g' noktalarından rüzgar spirali çizilir ve sonraki bacak yolu ile 30° açı yapacak bir hat ile teğet olarak birleştirilir,
- p) Önceki bacak yolunun birinci alanının dış noktası sonraki bacak yolunun birinci alanının dış noktası 'j' noktasından $\alpha/2$ kadar açı yapacak şekilde birleştirilir. Rüzgar spirali dönüşün iç noktasında kullanılmaz,
- q) Dönüşün iç noktasındaki ikinci alanın dış kenarı 'h' noktasından içerde 'j' noktasından çizilen hatta paralel olacaktır,
- r) 'f' ve 'g' noktalarında çizilen rüzgar spiriline sonraki bacak yolu ile 30° açı yapacak şekilde teğet çizilir. Daha sonra bu teğetten sonraki yol bacağına birinci alanına paralel bir hat çizilerek önceki bacak ile kesiştirilir. Kesişim noktası 'n' olarak isimlendirilir. Bu birinci alanının dış kenarını oluşturur.
- s) İkinci alanın dış kenarı birinci alanın dış kenarına paralel çizilerek tanımlanır. (Şekil 4.5.' de 90° ve daha az dönüşler için, Şekil 4.6.'de 90° den fazla dönüşler için fly-by geçiş koruma alanları verilmiştir.)

- **Fly-over Geçişler**

Uçak bir sonraki yol bacağına dönüşe başlamadan önce WP' in üzerinden uçar. Fly-over geçişler terminal hava sahasında açık avantajlar sağladığında veya fly-by ya da sabit yarıçap geçişin kullanılması mümkün olmadığında kullanılır. Fly-by geçişlerde olduğu gibi, bunlar da önceki ve ardından gelen bacaklar tarafından tanımlanır ve ortak WP' lerdir. Şekil 4.7.'da fly-over WP' nin ICAO sembolü verilmiştir.

Fly-over geçişlerde koruma alanı aynı yön değişimleri için fly-by geçişlerden daima daha geniştir. Yol açığı değişimi arttıkça alan daha da büyüyecektir. Fly-over geçişlerde koruma alanı belirlenmesi aşağıdaki şekilde olacaktır.



Şekil 4.7. Fly-over WP ICAO sembolü[16]

Fly-over geçişlerde formül 3.3 geçerlidir.

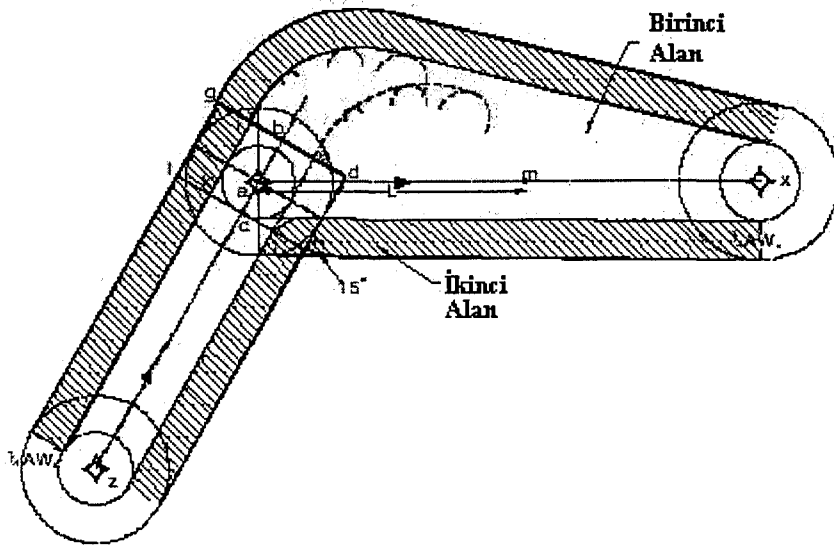
Fly-Over Geçişler İçin Koruma Alanının Belirlenmesi

Fly-by geçişlerde koruma alanı aşağıdaki akışta verildiği şekilde belirlenir[3];

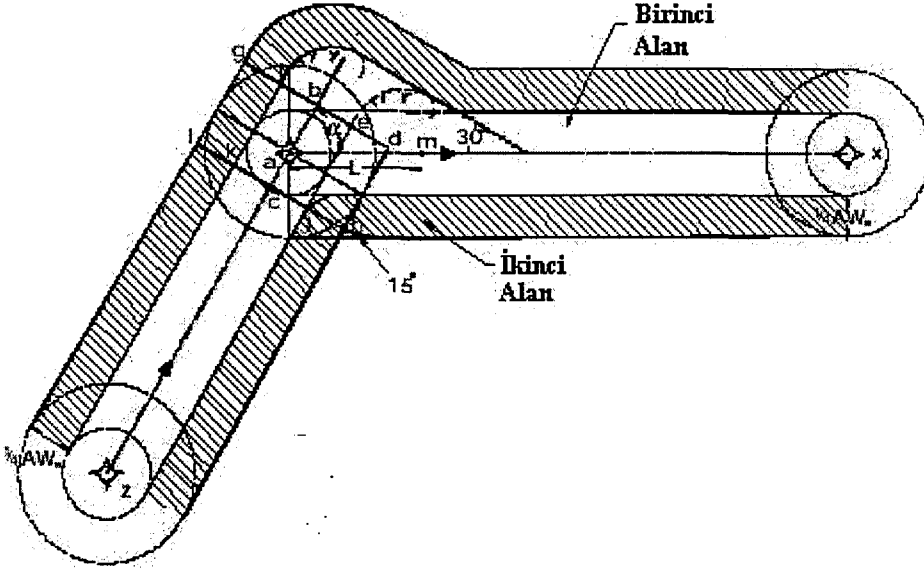
- a) Önceki bacak yolu bir hat olarak çizilir,
- b) Geçiş noktasındaki WP 'a', önceki WP 'z' noktası olarak tanımlanır,
- c) Önceki bacak yolu ile 'a' noktası dönüş açısı ' α ' ile birleştirilir. Bu sonraki yol bacağı belirler,
- d) 'a' ve 'z' noktaları üzerine $\frac{1}{2}AW$ ve $\frac{1}{4}AW$ yarıçaplı daireler çizilir,
- e) 'a' ve 'z' noktaları üzerinde çizilmiş olan daireler teğet olarak birleştirilir. Bu geliş yolunun birinci ve ikinci alanlarının dış kenarlarını belirleyecektir,
- f) WP' deki irtifa limitleri ile birlikte prosedür tasarım eğimi yada alçalma eğimi hesaba katılarak 'a' noktasındaki minimum irtifa bulunur. ATT hesaplaması 'a' noktasındaki minimum irtifaya bağlı olarak hesaplanacaktır,
- g) 'a' noktasının ilerisinde ve önceki bacak yolu üstünde ATT mesafesi kadar bir uzunluk ve uçak kategorisi ve uçuşun o safhası için

uygun/mümkün maksimum hızda belirlenecek olan beklenen yalpa mesafesi (roll anticipation distance) eklenerek 'b' noktası belirlenir,

- h) Önceki bacak yolu üzerinde 'a' noktasından önce ATT mesafesi kadar mesafede 'c' noktası belirlenir,
- i) 'b' ve 'c' noktalarından geçerek önceki bacak yoluna dik olacak şekilde ve birinci ve ikinci alanların sınırlarına kadar 'debf' ve 'hjckl' noktaları birleştirilir,
- j) Sonraki bacak yolu üzerinde ve 'a' noktasından 'L' mesafesi kadar bir uzunluk çizilir. 'L' minimum bacak uzunluğudur. Bu nokta 'm' olarak belirlenir,
- k) Sonraki WP olan 'x', 'm' noktasının ilerisinde herhangi bir noktaya yerleştirilebilir,
- l) 'x' noktası üzerine $\frac{1}{2}AW$ ve $\frac{1}{4}AW$ yarıçaplı daireler çizilir,
- m) 'a' ve 'x' noktaları üzerinde çizilmiş olan daireler teğet olarak birleştirilir. Bu geçiş alanının birinci ve ikinci alanlarının dış kenarını belirleyecektir,
- n) 'e' ve 'f' noktaları üzerinde rüzgar spirali çizilir,



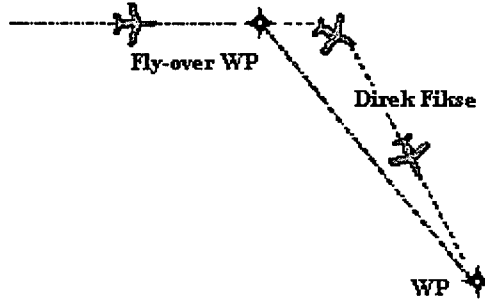
Şekil 4.8. Fly-over Geçişten Sonra Direk Fikse Doğru Uçuş Gerçekleştirildiği Durumda Koruma Alanı[16]



Şekil 4.9. Fly-over Geçişten Sonra Tekrar Yola Dönüp Sonra Fikse Doğru Uçuş Gerçekleştirildiği Durumda Koruma Alanı[16]

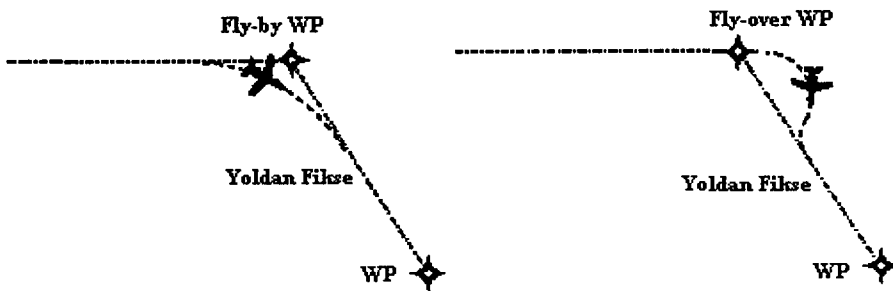
- o) Dönüşün iç kenarında sonraki bacağın birinci alan sınırı aşağıdaki şekilde tanımlanır;
- 1) Eğer 'a' ve 'x' noktalarının $\frac{1}{4}AW$ dairelerinden çizilen teğet 'ej' arasındaki hat ile kesişiyorsa, 'j' noktasından sonraki yol bacağına $\alpha/2$ kadar bir açı ile hat çizilir. Bu birinci alanın iç kenarını oluşturur,
 - 2) Eğer 'a' ve 'x' noktalarının $\frac{1}{4}AW$ dairelerinden çizilen teğet ile 'j' noktasından önce kesişiyorsa, sonraki bacağına 'k' noktasından 15° lik bir açı ile hat çizilir ve bu birinci alanı belirler,
 - 3) Eğer 'a' ve 'x' noktalarının $\frac{1}{4}AW$ dairelerinden çizilen teğet 'j' noktasından geçiyorsa bu birinci alanı belirler.
- p) Dönüşün içinde kalan ikinci alanın dış sınırı 'a' ve 'x' noktalarının $\frac{1}{2}AW$ dairelerinden çizilen teğetle 'h' noktasından bu hatta çizilen 15° lik açı ile belirlenir,
- q) Fly-over WP' den sonraki bacak direkt fikse (DF-Direct to fix), yoldan fikse (TF-Track to fix) veya belirli bir hattan fikse (CF-Course to fix) bacağı olarak tanımlanabilir. Bu durumda;

- 1) Direk Fikse (DF-Direct to Fix) doğru olan uçuşlar genellikle kalkış için kullanılır. Uçak dönüşten sonra direk olarak 'x' noktasına uçacağından koruma alanı daha geniş olacaktır (Şekil 4.10.). İkinci alanın dış kenarının belirlenmesi 'x' noktasındaki $\frac{1}{4}AW$ dairesinden 'e' ve 'f' noktalarında çizilmiş olan rüzgar spirallerine teğet çizilerek bulunur (Şekil4.8.),



Şekil 4.10. Direk Fikse Olan Uçuşlar[26]

- 2) Yoldan Fikse (TF-Track to Fix) olan uçuşlar, genellikle uçağın WP üzerinden geçtikten sonra tekrar yola dönmesi gerektiğinde kullanılır(Şekil 4.11.). Birinci alanın dış sınırı sonraki yol bacağından çizilen 30° açılı bir hattın 'e' ve 'f' noktalarında çizilmiş olan rüzgar spirallerine teğet çizilmesi ile elde edilir (Şekil 4.9.),



Şekil 4.11. Yoldan Fikse Olan Uçuşlar[26]

- 3) Belirli bir hattın fikse (CF-Course to Fix) olan uçuşlarda WP' den geçtikten sonra belirli bir yol takip edilerek WP' ye doğru uçuş gerçekleştirilir. CF son yaklaşıma geçişlerde ILS' i yakalamak veya kısıtlamaların olduğu hava sahalarında kalkış prosedürlerinde

şartlı geçişler için kullanılır. Birinci alanın dış sınırı, takip edilmesi istenilen sonraki yol açısından çizilen 30° lik bir hattın 'e' ve 'f' noktalarında çizilmiş olan rüzgar spirallerine teğeti çizilerek elde edilir.

- r) İkinci alanın dış sınırı birinci alanın dış kenarına paralel çizilerek elde edilir.

- **Sabit Yarıçap Geçişler**

Uçak tanımlanmış bir yarıçapla belirli bir dönüşle uçar. Terminal sahada sabit yarıçap geçişler doğru, tahmin edilebilir ve tekrarlanabilir dönüşler sağlar ve genellikle yol açısı değişimleri 5° den daha büyük değerler için tercih edilen metottur. Sabit yarıçap geçişler önceki bacak için tanımlanmış bir başlangıç WP' si, bir bitiş WP' si, bir dönüş merkezi ve bir sabit yarıçap dönüşü ile tanımlanır. Veri tabanı kodları ve harita gereklilikleri sonuçlandırılmalıdır. Sabit yarıçap WP harita sembolü üzerinde henüz bir karara varılmamıştır.

- **Şartlı Geçişler**

RNAV sistemlerde şartlı geçişler belirlenmiş bir irtifaya ulaşıldığında başlar. Şartlı geçişler önceki bacak, sonraki bacak ve irtifa sınırlaması ile tanımlanan bir dönüşten oluşur. Nominal yol üzerinde bir WP tanımlanabilir. Sonraki bacak sadece CF veya DF olarak tanımlanabilir. Şartlı geçişler genellikle kalkış safhasında kullanılır ve yeterli engel emniyeti beklenen minimum ve maksimum tırmanma eğimi için güvenlik sağlayacaktır. Tüm şartlı dönüşler için dönüş yönü sağ veya sol olarak yayınlanacaktır.

Fly-by geçişlerde yol açısı değişikliği 120° yi geçemez. Sabit yarıçap geçişlerde 120°den daha fazla dönüşler kullanılabilir ve eğer mümkünse tüm dönüşler 90° den fazla olacaktır. Kalkış safhasında tasarımcı, mümkün olduğunca, hızı ve tırmanması farklı performanstaki çok çeşitli uçak tipleri için 120° den daha fazla açı değişikliği içeren şartlı geçiş ve fly-over geçişleri kullanmayacaktır. Çizelge 4.2.'de üç geçiş kategorisinin uygunluğu verilmiştir.

Çizelge 4.2. WP Uygunluğu[16]

WAYPOINT TİPİ	FLY-BY	FLY-OVER	SABİT YARIÇAP
YAKLAŞMA			
IAWP	✓	x	✓
IWP	✓	x	✓
FAWP	✓	x	x
MAWP	x	✓	x
HWP	x	✓	x
KALKIŞ			
DER	x	✓	x
DWP	✓	✓	✓
TERMİNAL			
AWP	✓	✓	✓
HWP	x	✓	x
YOL	✓	x	✓

4.3.5.3. Bacaklararası Geçişler

Her bacak uçağın dönüşten sonra bir sonraki dönüşüne izin verecek uzunlukta olmalıdır. İki WP arasındaki minimum mesafe her bacağın başlangıcı ve sonundaki geçiş tipine bağlı olarak tanımlanacaktır. Bu geçişler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

- **Fly-by' dan Fly-by' a Geçişler**

Fly-by waypointten fly-by waypointe geçecek uçaklar için belirlenecek olan minimum bacak uzunluğu ikinci dönüşün yönüne bağlı olarak değişecektir. Bunlar;

- a) Eğer ikinci dönüş ilk dönüşün aksi yönünde ise, minimum bacak uzunluğu birinci ve ikinci dönüş için beklenen dönüş mesafesi (turn anticipation distance) ve beklenen yalpa mesafesinin (roll anticipation distance) toplamıdır (Şekil 4.12.).

Farklı TAS, yatış açısı ve 5 saniye dış ve iç yalpa mesafeleri ile hesaplanmış en az bacak uzunluğu Ek 1, Ek 2, ve Ek 3' de

verilmiştir. Bu değer aşağıda verilen formülle de hesaplanabilmektedir.

En az bacak uzunluğu (L)

$$L = r \times \tan(0.5 \times \alpha_1) + \left(\frac{\left(\frac{Pilot}{SistemGecikmesi} + \frac{\phi}{3-5} \right) (V+W)}{3600} \right) +$$

$$r \times \tan(0.5 \times \alpha_2) + \left(\frac{\left(\frac{Pilot}{SistemGecikmesi} + \frac{\phi}{3-5} \right) (V+W)}{3600} \right) \quad (4.7.)$$

formülü ile verilir.

Burada r , dönüş yarıçapını;

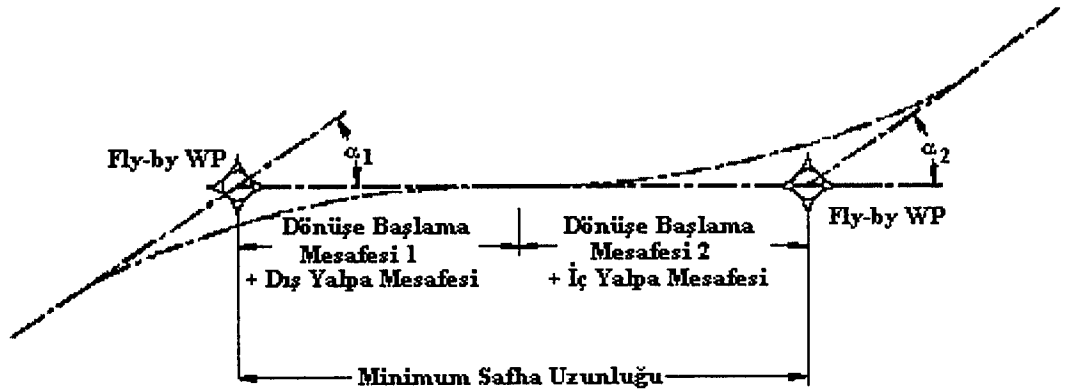
α_1 , ilk dönüş için yol açışimini;

α_2 , ikinci dönüş için yol açışimini;

Φ , yatış açısını;

V , hızı (TAS olarak);

W , rüzgar hızını göstermektedir.



Şekil 4.12. Fly-by' dan Fly-by' a geçişlerde dönüş yönünün farklı olması durumunda en az safha uzunluğu[16]

- b) Eğer dönüşün her ikisi de aynı yöne ise, minimum bacak uzunluğu ilk dönüşün dönüşe başlama mesafesi ile ikinci dönüşün dönüşe başlama mesafelerinin toplamına eşit olacaktır (Şekil 4.13.).

Bu değer aşağıda verilen formülle hesaplanabilmektedir.

Minimum bacak uzunluğu (L)

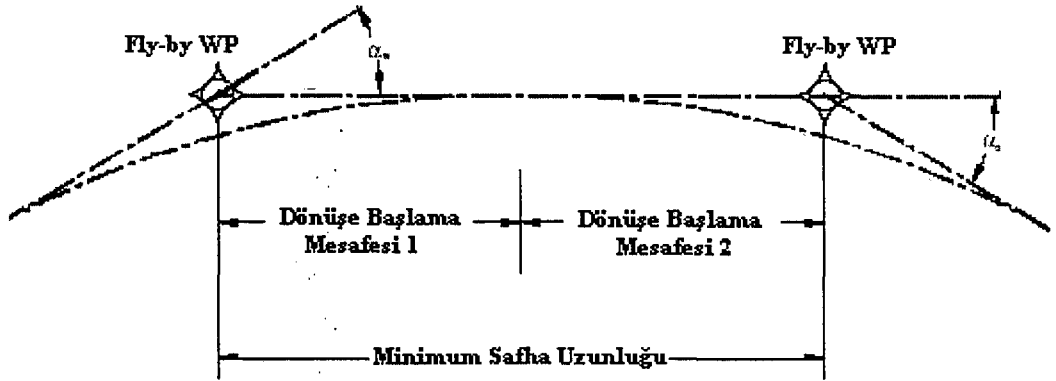
$$L = r \times \tan(0.5 \times \alpha_1) + r \times \tan(0.5 \times \alpha_2) \quad (4.8.)$$

formülü ile verilir.

Burada r , dönüş yarıçapını;

α_1 , ilk dönüş için yol açi değişimini;

α_2 , ikinci dönüş için yol açi değişimini göstermektedir.



Şekil 4.13. Fly-by' dan Fly-by' a geçişlerde dönüş yönünün aynı olması durumunda en az safha uzunluğu[16]

- **Fly-by'dan Fly-over/Sabit Yarıçap' a Geçişler**

Fly-by WP' den fly-over veya sabit yarıçapa geçişler için minimum bacak uzunluğu dönüşe başlama mesafesi ile dış yalpa mesafesinin toplamı kadar olacaktır (Şekil 4.14.).

Farklı TAS ve yatış açılarında hesaplanmış dönüşe başlama mesafesi ve 5 saniye dış ve iç yalpa mesafeleri ek1, ek2, ve ek3' de verilmiştir. Bu değer aşağıda verilen formülle de hesaplanabilmektedir.

Minimum bacak uzunluğu (L)

$$L = r \times \tan(0.5 \times \alpha_1) + \left(\frac{\left(\frac{\text{Pilot}}{\text{SistemGecikmesi}} + \frac{\phi}{3-5} \right) (V+W)}{3600} \right) \quad (4.9.)$$

formülü ile verilir.

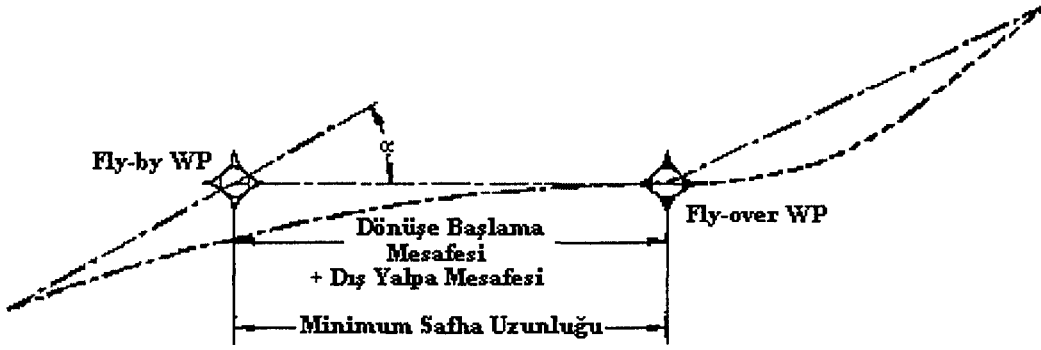
Burada r , dönüş yarıçapını;

α_1 , ilk dönüş için yol açısı değişimini;

Φ , yatış açısını;

V , hızı (TAS olarak);

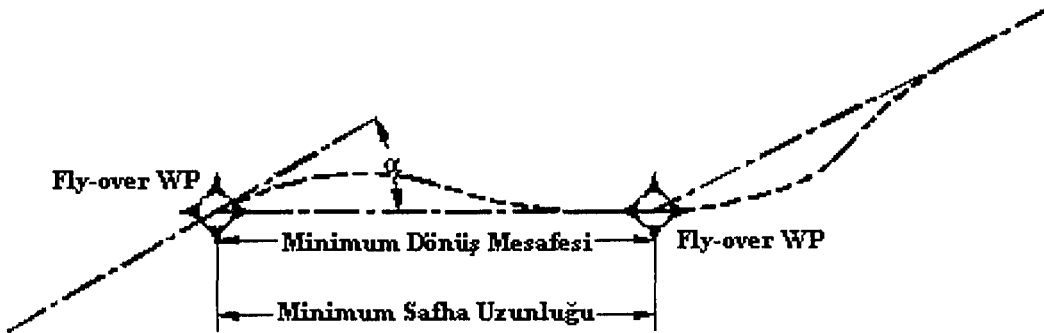
W , rüzgar hızını göstermektedir.



Şekil 4.14. Fly-by' dan Fly-over' a geçişlerde en az safha uzunluğu[16]

- **Fly-over' dan Fly-over/Sabit Yarıçap' a Geçişler**

Fly-over WP' den fly-over veya sabit yarıçapa geçişler için minimum bacak uzunluğu ilk dönüş için belirlenmiş minimum dönüş mesafesi kadar olacaktır (Şekil 4.15.).



Şekil 4.15. Fly-over' dan Fly-over' a geçişlerde en az safha uzunluğu[16]

En az safha uzunluğu ek 4, ek 5 ve ek 6' dan alınarak kullanılabilir veya aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

Minimum bacak uzunluğu (L)

$$L = r_1 \sin \alpha + r_1 \cos \alpha \tan 30 + r_1 \left(\frac{1}{\sin 30} - \frac{2 \cos \alpha}{\sin 60} \right) + r_2 \tan 15 + \frac{10V}{3600} \quad (4.10.)$$

formülü ile verilir.

Burada r_1 , ilk dönüş için yarıçapı;

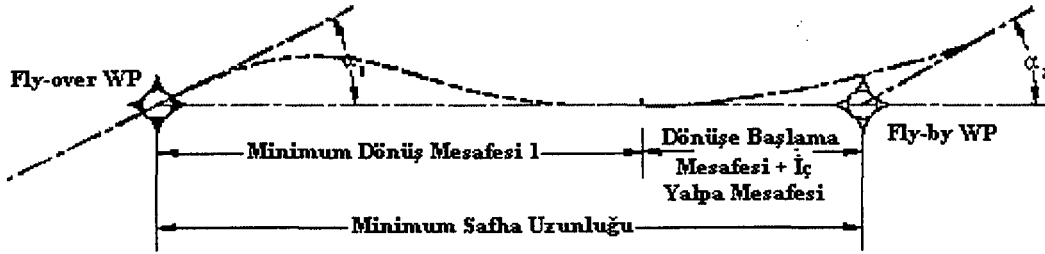
r_2 , ikinci dönüş için yarıçapı;

α , dönüş için yol açi değişimini;

V , hızı (TAS olarak) göstermektedir.

• Fly-over' dan Fly-by' a Geçişler

Fly-over WP' den fly-by WP' ye geçişler için minimum bacak uzunluğu, ilk dönüş için belirlenmiş minimum dönüş mesafesi ile ikinci dönüş için belirlenmiş beklenen dönüş mesafesinin toplamına eşit olacaktır (Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Fly-over' dan Fly-by' a geçişlerde en az safha uzunluğu[16]

En az safha uzunluğu ek 1, ek 2, ek 3 ve ek 4, ek 5, ek 6' dan alınarak kullanılabilir veya aşığıdaki formülle hesaplanabilir.

Minimum bacak uzunluğu (L)

$$L = r_1 \sin \alpha_1 + r_1 \cos \alpha_1 \tan 30 + r_1 \left(\frac{1}{\sin 30} - \frac{2 \cos \alpha_1}{\sin 60} \right) + r_2 \tan 15 + \frac{10V}{3600} + r_3 \tan(0.5 \times \alpha_2) + \left(\frac{\left(\frac{Pilot}{SistemGecikmesi} + \frac{\phi}{3-5} \right) (V+W)}{3600} \right) \quad (4.11.)$$

formülü ile verilir.

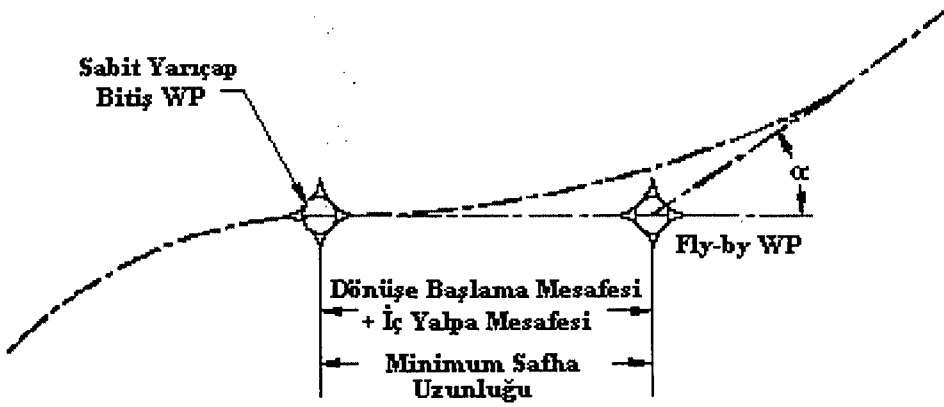
Burada r_1 , ilk dönüş için yarıçapını;

r_2 ve r_3 , ikinci dönüş için yarıçapını;

- α_1 , ilk dönüş için yol açi değişimini;
- α_2 , ikinci dönüş için yol açi değişimini;
- Φ , yatış açısını;
- V , hızı (TAS olarak);
- W , rüzgar hızını göstermektedir.

- **Sabit Yarıçap' dan Fly-by' a geçişler**

Sabit yarıçap WP' den fly-by WP' ye geçişler için minimum bacak uzunluğu, ikinci dönüş için belirlenmiş beklenen dönüş mesafesi kadar olacaktır (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Sabit Yarıçap' dan Fly-by' a geçişlerde en az safha uzunluğu[16]

En az safha uzunluğu ek 1, ek 2 ve ek 3' den alınarak kullanılabilir veya aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

Minimum bacak uzunluğu (L)

$$L = r \times \tan(0.5 \times \alpha_2) + \left(\frac{\left(\frac{\text{Pilot}}{\text{SistemGecikmesi}} + \frac{\phi}{3-5} \right) (V + W)}{3600} \right) \quad (4.12.)$$

formülü ile verilir.

Burada r , dönüş yarıçapını;

α_1 , ilk dönüş için yol açi değişimini;

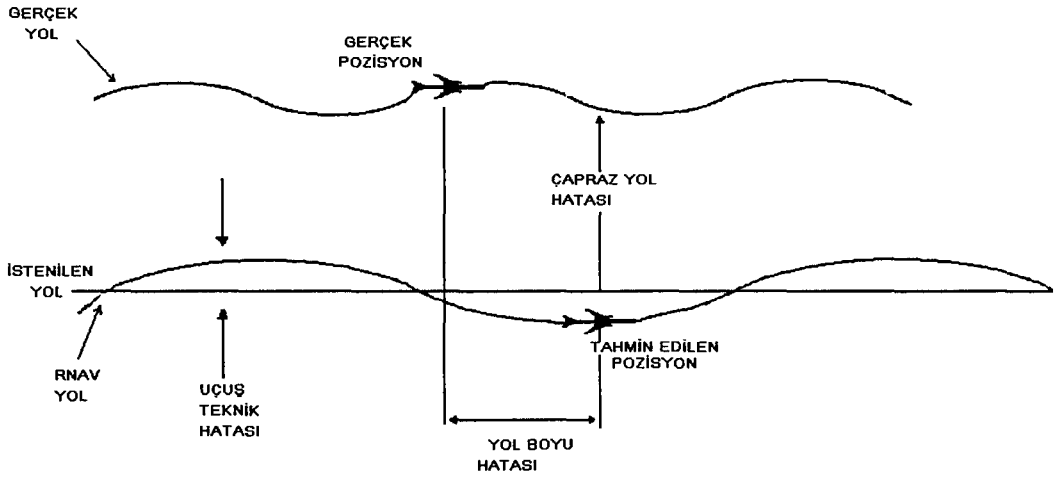
Φ , yatış açısını;

V , hızı (TAS olarak);

W , rüzgar hızını göstermektedir.

4.3.6. Toplam Sistem Toleransı

Bir RNAV sisteminin doğruluğu, uçağın gerçek konumu ile olması beklenen konum arasındaki fark olarak ifade edilen toplam sistem toleransı terimi ile tanımlanır. Toplam sistem toleransı Uçuş Teknik Toleransı (FTT-Flight Technical Tolerance), Çapraz Yol Toleransı (XTT-Cross Track Tolerance) ve Yol Boyu Toleransı (ATT-Along Track Tolerance) hesaba katar (Şekil 4.18.). Bu değerler uçuş yörüngeleri etrafındaki koruma alanlarının belirlenmesinde etkilidir[27].



Şekil 4.18. Toplam Sistem Toleransı[27]

ATT, havada taşınan ve yerdeki ekipman toleransından elde edilen uçuş yolu boyunca bir fiks toleransdır. XTT, havada taşınan ve yerdeki ekipmanlardan ve uçuş teknik toleranslarından kaynaklanan uçuş yoluna dik ölçülmüş bir fiks toleransdır. FTT ise, kokpitte kullanılan pozisyon göstergelerinin tipine bağlı olarak değişir.

DME/DME Toplam Sistem Toleransları hesaplanırken aşağıdaki formüller geçerlidir[16].

Çapraz Yol Toleransı XTT,

$$XTT = \sqrt{d^2 + FTT^2 + ST^2} \quad (4.13.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada d, DME toleransı,

FTT, Uçuş Teknik Toleransı (yol için 2 NM, ilk ve orta yaklaşma için 1 NM ve kalkış, son yaklaşma ve pas geçme için 0.5 NM olarak alınır),

ST, Sistem Hesaplama toleransını (0.25 NM) göstermektedir.

DME toleransı olan d,

$$d = 1.23 \times \sqrt{Uçakİrtifası} \times 0.0125 + 0.25NM \quad (4.14.)$$

formülü ile hesaplanır.

Yol boyu toleransı olan ATT,

$$ATT = \sqrt{d^2 + ST^2} \quad (4.15.)$$

formülü ile hesaplanır.

Yarı Alan Genişliği ($\frac{1}{2}$ AW-Semi Area Width),

$$\frac{1}{2}AW = (KV(XTT) + BV) \quad (4.16.)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada KV (1.5), sabit,

BV, Koruma Değerini (Geliş için 2 NM, ilk ve orta yaklaşma için 1 NM ve kalkış, son yaklaşma ve pas geçme için 0.5 NM) göstermektedir.

GNSS kriterlerine göre ATT, FTT, XTT ve $\frac{1}{2}$ A/W değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. GNSS' e göre ATT, FTT, XTT ve ½ A/W değerleri[16]

Uçuş Safhası	ATT (NM)	FTT (NM)	XTT (NM)	½ A/W (NM)
Yol	2.0	2.0	4.0	8.0
IAWP/IWP	1.0	0.5	1.5	3.0
FAWP	0.3	0.3	0.6	2.0
MAWP	0.3	0.2	0.5	1.0
Dönüş noktası	1.0	0.5	1.5	3.0
DWP	2.0	2.0	4.0	8.0

4.3.7. Gerekli Seyrüsefer Performansı (RNP-Required Navigation Performance)

Gerekli Seyrüsefer Performansı (RNP-Required Navigation Performance), tanımlanmış hava sahası operasyonları için gerekli seyrüsefer doğruluğunun bir ifadesidir[28]. Gerekli seyrüsefer performansı doğruluk, bütünlük, süreklilik ve mevcudluk olmak üzere dört parametre ile tanımlanmıştır[29].

Bu parametreler nedeniyle sistem riski belirlenmiş olacak ve hem uçakta olan hem de uçakta olmayan alt sistemler için sistem gereksinimleri elde edilecektir.

Doğruluk: Doğruluk, genel anlık bir zamanda uçağın gerçek pozisyonu ve planlanmış pozisyonu arasındaki farktan söz etmektedir. Bu durumsal fark, *Toplam Sistem Hatası* (TSE) olarak tanımlanmıştır. Bu parametre, pilotaj ve seyrüsefer hatalarını kapsayan % 95 olasılıkla toplam operasyonun maksimum izin verilebilir hatasını belirlemektedir.

Süreklilik: İlgilenilen zaman aralığında seyrüsefer sistem fonksiyonlarının gerekli performansı sağlamayı sürdürme olasılığıdır.

Bütünlük: Maksimum izin verilebilir hata aşıldığında kontrol devresinin başarısızlığına dikkati çekme olasılığını tanımlar. Şayet maksimum izin verilebilir hata miktarı aşılmışsa, kararlaştırılmış zaman içerisinde kullanıcıyı uyarmak üzere sistem yeteneğini şart koşmak ve sinyali faydasız kılmak ile bağlantılıdır.

Mevcutluk: Planlanan kullanım periyodunun başlangıcında sistemin kullanılabilir olmama olasılığını tanımlar. Bu da yaklaşma operasyonları için ya aynı havaalanında ya da yakın bir havaalanında kullanılabilir olan yedek sistemin alternatif olarak şart koşulması ile bağlantılıdır.

Farklı doğruluk değerleri RNP tiplerini oluşturmaktadır. Çizelge 4.4.' de RNP tipleri, istenilen doğruluk değerleri ve bu değerlerin uçuşun hangi safhasında kullanılacağı verilmiştir[30].

Çizelge 4.4. RNP tipleri[30]

RNP Tipi	İstenen doğruluk (95%)	Tanımlama
0.003/z	± 0.003 NM [$\pm z$ ft]	CAT III hassas yaklaşma, iniş manevraları ve kalkış manevra gereksinimlerini kapsayacak şekilde planlandı.
0.01/15	± 0.01 NM [± 15 ft]	100 ft DH CAT II hassas yaklaşımları için önerildi
0.02/40	± 0.02 NM [± 40 ft]	200 ft DH CAT I hassas yaklaşması için önerilen
0.03/50	± 0.03 NM [± 50 ft]	SBAS kullanımıyla RNAV/VNAV Yaklaşımları için önerilen
0.3/125	± 0.3 NM [± 125 ft]	Barometrik girdiler veya SBAS kullanımıyla RNAV/VNAV yaklaşımları için önerilen.
0.3	± 0.3 NM	İlk / Orta yaklaşma, 2D RNAV yaklaşma ve kalkışı destekler. En genel uygulama olması beklenmektedir.
0.5	± 0.5 NM	İlk / Orta yaklaşma ve kalkışı destekler. Sadece RNP 0,3' ün uygulanmadığı (zayıf seyrüsefer alt yapısı) ve RNP 1'in uygun olmadığı (Büyük çevresel engeller) durumlarda kullanılması beklenmektedir.
1	± 1.0 NM	Geliş, ilk / Orta yaklaşma, ve kalkışı destekler; aynı zamanda daha etkili ATS operasyonlarını göz önünde bulundurur. P-RNAV' la eşittir.
4	± 4.0 NM	Seyrüsefer yardımcıları arasındaki mesafe limitlerini temel alarak ATS yollarını ve hava sahasını destekler. Normal olarak Avrupa kıtasındaki ülkelerin hava sahasıyla ilişkilidir, fakat bazı terminal prosedürlerinin bir kısmı da kullanılabilir.
5	± 5.0 NM	Mevcut seyrüsefer ekipmanlarının devam eden işlemlerine müsaade ederek ECAC hava sahasında uygulanabilir. B-RNAV' la eşittir.
10	± 10 NM	Okyanus ve varolan seyrüsefer yardımcılarının sınırlandığı uzak yerlerde azalan yatay ve düşey ayırmayı ve artan operasyonel etkinliği destekler.
12.6	± 12.6 NM	Seyrüsefer kolaylıklarının azalan seviyelerindeki sahalarda yönlendirmenin en iyi şekilde yapılmasını sağlar.
20	± 20.0 NM	Kabul edilir minimum kabiliyetteki ATS yol operasyonlarını desteklemek için göz önünde tutulur.

5. RNAV GELİŞ VE YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİ

5.1. Giriş

RNAV yaklaşma prosedürleri geleneksel tipe paralel olarak beş safhadan oluşmaktadır. Safhaların başlangıç ve bitişleri WP' ler ile belirlenir. Aşağıda RNAV safhalar, başlangıç ve bitiş WP' lerin isimlendirilmesi verilmiştir[16].

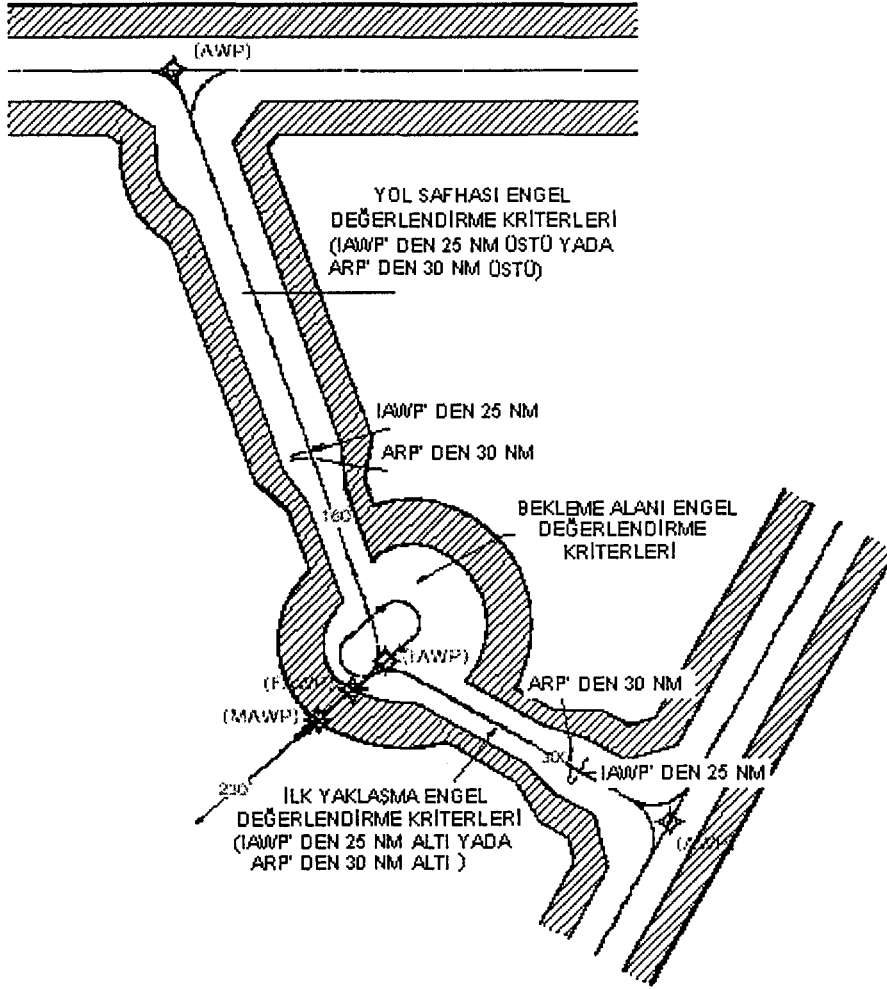
- a) Geliş safhası Geliş WP (AWP-Arrival Waypoint) ile başlar ve İlk Yaklaşma WP' de (IAWP-Initial Approach Waypoint-) sona erer.
- b) İlk yaklaşma safhası IAWP' de başlar ve Orta yaklaşma WP' de (IWP-Intermediate Waypoint) sona erer.
- c) Orta yaklaşma safhası IWP' de başlar ve Son Yaklaşma WP' de (FAWP-Final Approach Waypoint) sona erer.
- d) Son yaklaşma safhası FAWP' de başlar ve Pas Geçme WP' de (MAWP-Missed Approach Waypoint) sona erer.
- e) Pas geçme safhası MAWP' de başlar ve Bekleme WP (HWP- Hold Waypoint) veya yeni bir yaklaşma yada yol safhasına geri dönüş için belirlenmiş bir WP' de sona erer.

IAWP ve IWP uçağın yoldan ayrıldığı noktaya yerleştirilebilir, bu durumda önceki safhalar kullanılmaz.

5.2. Geliş Safhası

Geliş safhasında özel geliş yolları kullanılacak ise bacak sayısında bir limit yoktur. Dönerek yapılacak geçişler fly-by olacaktır. Yol açısı (track angle) 15° ' den fazla olduğunda dönüş alanının genişlemesi tanımlanacaktır. Alan genişliği DME/DME ve temel GNSS kriterleri için IAWP' den 25 NM veya daha fazla ya da meydan referans noktası (ARP-Airport Reference Point)' den 30 NM veya daha fazla mesafe kullanıldığında yol genişliğine eşit olacaktır. Birden fazla algılayıcı kullanılan prosedürler için her iki kriter uygulanacaktır. İlk yaklaşma

kriterleri bu noktadan IAWP' e kadar kullanılacaktır. Şekil 5.1.' de geliş yolları gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Geliş Yolları[16]

Yol için minimum engel emniyet payı (MOC) değerleri aşağıdaki gibi kullanılacaktır;

- a) Birinci Alan (Primary Area): MOC değeri en yüksek engelden 300 m (984 ft) üstünde ve dağlık alanlarda 600 m (1969 ft) olarak kullanılacaktır.

- b) İkinci Alan (Secondary Area): İkinci alanın en iç noktasında 300 m (984 ft) olacak ve dış noktasına doğru lineer olarak 0 m' ye inecektir. MOC herhangi bir noktada

$$MOC = 984 \times \frac{d_2}{d_1} \quad (5.1.)$$

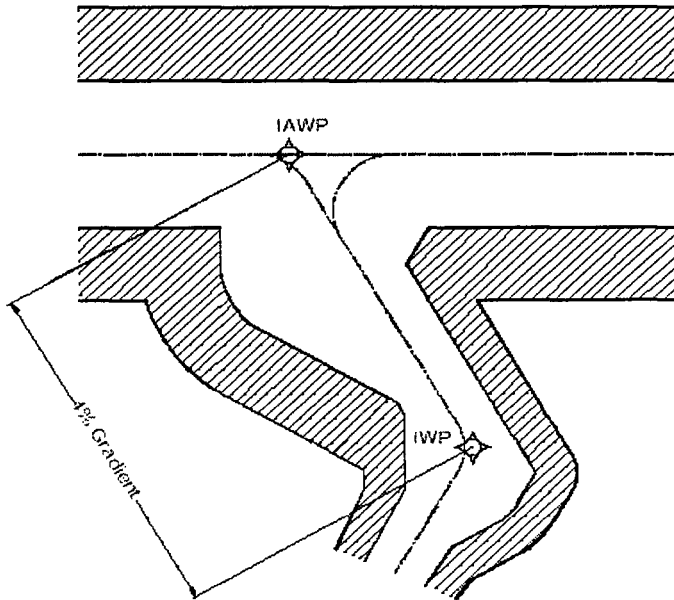
Formülü ile hesaplanacaktır.

Burada d_1 , ikincil alan genişliğini;

d_2 , engele dış kenardan olan mesafeyi gösterir.

5.3. İlk Yaklaşma Safhası

İlk yaklaşma safhası IAWP' de başlar ve IWP' de sona erer (Şekil 5.2.). Bu safha için optimum uzunluk 5 NM dir. Safha uzunluğu en uygun mesafede gerekli irtifa değişikliğine izin vermek için yaklaşmayı kullanması tahmin edilen en büyük ve en küçük uçak için alçalmaya izin verecek değerde olmalıdır. Minimum uzunluk gerekli alçalma eğimine uygun olarak tespit edilecektir. En uygun alçalma eğimi %4 dür. Maksimum %8' e kadar izin verilebilir.



Şekil 5.2. İlk Yaklaşma Safhası[16]

İlk yaklaşma safhası için MOC değerleri aşağıdaki şekilde kullanılacaktır;

- a) Birinci Alan: MOC en yüksek engelden 300 m (984 ft) üstünde olacak şekilde kullanılacaktır.
- b) İkinci Alan: Alanın en iç noktasında 300 m (984 ft) ve en dış noktasına doğru lineer olarak 0 m' ye alçalacak şekilde uygulanacaktır.

MOC herhangi bir noktada

$$MOC = 984 \times \frac{d_2}{d_1} \quad (5.2.)$$

Formülü ile hesaplanacaktır.

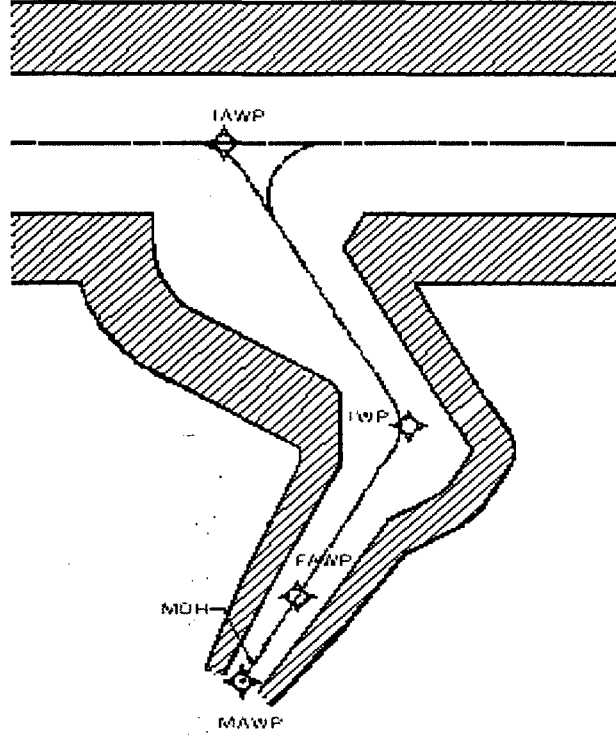
Burada d_1 , ikincil alan genişliğini;

d_2 , engele dış kenardan olan mesafeyi gösterir.

İlk yaklaşma safhası her birinin başlangıcı ve sonu fly-by waypoint olarak tanımlanmış maksimum 4 düz bacadan meydana gelir. Toplam uzunluğu ise gerekli irtifa değişikliğine izin verecek yeterlilikte olmalıdır. Yol safhasından ilk yaklaşma safhasına geçiş için maksimum dönüş 120° olmalıdır.

5.4. Orta Yaklaşma Safhası

Orta yaklaşma safhası IWP' de başlar ve FAWP' de sona erer (Şekil5.3.). Bu safha için minimum uzunluk 1-1,5 NM artı minimum dönüş mesafesidir ve optimum uzunluk ise 5 NM' dir. Operasyonel bir gereklilik olmadığı sürece daha büyük uzunluklar kullanılmamalıdır. Bu safhada alçalma yapılmamalıdır, fakat alçalma gerekli olduğunda maksimum alçalma eğimi % 5 olacaktır. Uçağın son yaklaşma safhasına giriş için hız ve konfigürasyonunu ayarlamasını sağlaması amacı ile safha uzunluğu en azından Cat C-D uçakları için 1,5 NM ve Cat A-B uçakları için 1 NM olmalıdır.



Şekil 5.3. Orta Yaklaşma Safhası[16]

Orta yaklaşma safhası için MOC değerleri aşağıdaki şekilde kullanılmalıdır;

- Birincil Alan: MOC en yüksek engelden 150 m (492 ft) üstünde olacak şekilde kullanılır.
- İkincil Alan: Alanın en iç noktasında 150 m (492 ft) ve en dış noktasına doğru lineer olarak 0 m' ye alçalacak şekilde uygulanır.

MOC herhangi bir noktada

$$MOC = 492 \times \frac{d_2}{d_1} \quad (5.3.)$$

Formülü ile hesaplanacaktır.

Burada d_1 , ikincil alan genişliğini;

d_2 , engele dış kenardan olan mesafeyi gösterir.

Eğer alçalma eğimi ve seyrüsefer yapabilirliği izin veriyorsa veya son

yaklaşma bir hassas yaklaşma ise engel değerlendirme alanı bu safha için değişiklik gösterebilir.

Orta yaklaşma safhası son yaklaşma için düzenlenecektir. Eğer kullanışlı olmaz ise FAWP' de maksimum 30° yi geçmeyecek şekilde yön değişikliği uygulanabilir.

5.5. Son Yaklaşma Safhası

Son yaklaşma safhası FAWP' de başlar ve MAWP' de sona erer. Eğer son yaklaşma dikey yol gösterme elemanlarına sahip değilse Hassas Olmayan Yaklaşma (NPA - Non-Precision Approach) olarak adlandırılır. Bir NPA direk veya turlu yaklaşma olabilir.

Alçalma eğimi,

$$\text{Eğim} = \Delta h / \Delta l \quad (5.4)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada Δh , FAWP' deki irtifa ile eşik noktasının 15 m (50 feet) üzerindeki yüksekliğin arasındaki dikey mesafeyi;

Δl , ise FAWP ile eşik noktası arasındaki yatay mesafeyi gösterir.

Son yaklaşma safhası için en uygun alçalma eğimi %5.24, en uygun açı 3° dir. En az alçalma eğimi %4.37, en az açı 2.5° dir. En fazla alçalma eğimi ise;

- a) Hassas olmayan yaklaşımlarda, Cat A ve B uçaklar için en fazla eğim %6.5, en fazla açı 3.77°, Cat C ve D uçaklar için en fazla eğim %6.11, en fazla açı 3.5° dir.
- b) Cat I hassas yaklaşma için en fazla eğim %6.11, en fazla açı 3.5° dir.
- c) Cat II ve Cat III hassas yaklaşma için en fazla eğim %5.24, en fazla açı 3° dir.

Hassas olmayan RNAV yaklaşımlarda son yaklaşma safhasının en uygun uzunluğu 5 NM' dir ve normalde 10 NM' i geçemez. En az uzunluk uçak için

gerekli alçalma oranını karşılayacak ve FAWP üzerinde dönüş gerektiğinde tekrar yola sokacak yeterli mesafeyi sağlamalıdır.

Geleneksel bir tasarımda en uygun direk son yaklaşma hattı pist merkez hattı ile çakışmalıdır. Herhangi bir şekilde pist merkez hattı uzantısından Cat A-B için 30° ve C-D için 15° den fazla farklılık gösteremez. Eğer açı farkı 5°'den küçük veya eşit ise son yaklaşma hattı pist eşiğinden 1400 m önce merkez hattı uzantısının 150 m içinde olacaktır.

Son yaklaşma safhası MAWP' de sona erer. MAWP son yaklaşma hattı İniş Eşik Noktası (LTP-Landing Threshold Point) ile hizalanması durumu hariç son yaklaşma hattı ve pist merkez hattı uzantısının kesiştiği noktaya yerleştirilir. MAWP son yaklaşma hattı üzerinde iniş yüzeyine daha yakın herhangi bir noktaya da yerleştirilebilir.

Eğer açı farkı 5°'den küçük veya eşit ise direkt yaklaşma için engel emniyet gereklilikleri aşağıdaki gibi olacaktır;

- a) Birincil alan: MOC değeri 75m (246 ft),
- b) İkincil alan: Alanın en iç noktasında 75 m (246 ft) ve en dış noktasına doğru lineer olarak 0 m' ye alçalacak şekilde uygulanır.

MOC herhangi bir noktada

$$MOC = 246 \times \frac{d_2}{d_1} \quad (5.5.)$$

Formülü ile hesaplanacaktır.

Burada d_1 , ikincil alan genişliğini;

d_2 , engele dış kenardan olan mesafeyi gösterir.

Eğer açı farkı 5° den büyük ise direk yaklaşma için engel emniyet gereklilikleri çizelge 5.1. de verildiği şekilde olmalıdır.

Çizelge 5.1. Minimum Engel Emniyet Yüksekliği[16]

Uçak Kategorisi	Engel Emniyet Yüksekliği
A	115 m (377 ft)
B	140 m (460 ft)
C	165 m (540 ft)
D	165 m (540 ft)
E	180 m (590 ft)

Engel emniyet yükseklikleri türlü yaklaşma için Çizelge 5.2. deki gibi uçak kategorilerine bağlı olarak uygulanır. Türlü yaklaşmada ikincil alan yoktur.

Çizelge 5.2. Türlü Yaklaşma Engel Emniyet Yüksekliği[16]

Uçak Kategorisi	Engel Emniyet Yüksekliği
A&B	90 m (295 ft)
C&D	120 m (394 ft)
E	150 m (492 ft)

5.6. Pas Geçme Safhası

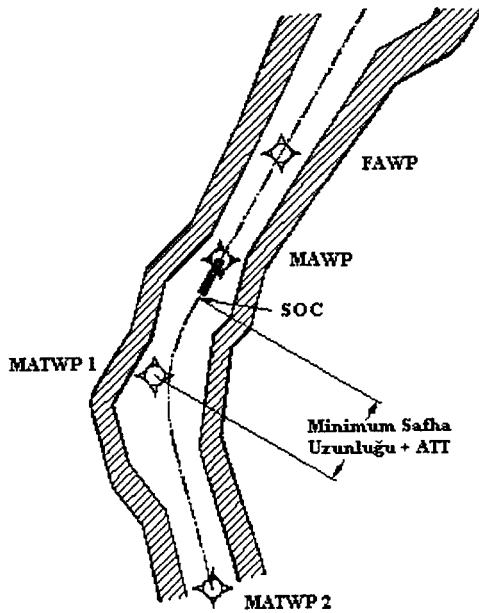
Pas geçme safhası MAWP' de başlar ve uçağın yayınlanmış tırmanma eğimi ile yeni bir yaklaşma, yol safhası veya bekleme için ulaşacağı minimum irtifada sona erer (Şekil 5.4). Hassas olmayan bir yaklaşma için pas geçme üç ayrı safhadan meydana gelir. Bunlar; ilk, orta ve son pas geçmedir.

- a) İlk safha MAWP' de başlar ve tırmanmaya başlama noktasında (SOC- Start of Climb) sona erer. Bu seyrüsefer sistemi için uygulanan yol boyu toleransı (ATT), 10 knot kuyruk rüzgar etkisi, zamanlama toleransı (yaklaşmadan pas geçme tırmanmasına 3 saniye) ve uçak

konfigürasyonu ve uçuş yörünge değişikliği için uygulanan geçiş toleransını (15 saniye) içerecektir. Minimum engel emniyet yüksekliği son yaklaşma safhasının son bacağı ile aynı olacaktır. Bu safhada dönüş tanımlanmayabilir ya da dönüşün bu safha esnasında başlaması beklenebilir.

- b) Orta safha SOC noktasında başlar ve 50 m (164 ft) engel emniyet yüksekliği elde edilene kadar sürer ve korunur. Maksimum 15° yol değişikliğine izin verilir. MOC değeri 30 m (98 ft) dir.
- c) Son safha engel emniyetinin 50 m (164 ft) olarak ilk elde edildiği noktada başlar ve uçağın yayınlanmış minimum tırmanma eğimi ile yeni bir yaklaşma, yol safhasına geri dönüş veya bekleme için ulaştığı minimum irtifada sona erer. Bitişik safhalar arasındaki kesişme açısı 120° yi geçemez.

Özel yer yardımcısı kullanılan bir hassas yaklaşma ile birleştirilmiş bir pas geçme prosedürünün ilk ve orta safhaları mevcut gerekliliklere uygun olarak hesaplanacaktır. Hassas safha engel değerlendirme yüzeyinde pist eşiği üzerinde 300 m (984 ft) bir yüksekliğe ulaşıldığında veya belirlenmiş dönüş noktası ya da irtifasında sona erer.



Şekil 5.4. Pas Geçme Safhası[16]

Bir RNAV prosedürü için MAWP fly-over geçişi olacaktır. Sonraki geçiş eğer uygunsuzsa fly-by olabilir.

Nominal tırmanma eğimi %2.5' dir. Bununla birlikte yüzey elverişli ve koruma sağlıyorsa % 2 kullanılabilir ya da uçak performansı izin veriyor ve operasyonel bir avantaj elde ediliyorsa %3 veya %5 kullanılabilir. Seyrüsefer uygunluğunun belirlenmesi, maksimum yatış açısı, çapraz yol toleransı (XTT), ATT ve alan genişliği prosedür için izin verilmiş minimum tırmanma eğimine bağlı olacaktır.

6. KALKIŞ PROSEDÜRLERİ

6.1. Giriş

RNAV kalkış prosedürleri aşağıdaki alanlarda fayda sağlamalıdır[16];

- a) Kalkıştan sonra erken dönüşün sağlanması kalkan trafikler arasında ayırmanın daha erken yapılmasına olanak sağlayacaktır, bu da pist kapasitesinin artmasını sağlayacaktır.
- b) Optimum tırmanma profilinin sağlanması operasyon maliyetlerinin düşmesine yardımcı olacaktır.
- c) Kalkan uçağın yere daha yakın yol üzerindeki kontrolü gürültünün daha fazla kontrolü anlamına gelir. Özel yollarla trafiğin kısıtlanması gürültüyü azaltacaktır. Diğer yandan, akıllıca seçilmiş kalkış yollarının kullanılması, gürültüyü daha engesiz geniş bir alan içerisine yayacaktır.

RNAV kalkış prosedürlerinin tasarımında aşağıdaki faktörler hesaba katılmalıdır[16];

- a) Kalkış yolları ICAO Annex 11, Appendix 3' deki gerekliliklere bağlı olarak tek tek tanımlanacaktır.
- b) Kalkış yolları uçağın kalkışından yola devamını sağlayacak şekilde tanımlanmalıdır. Bu en az bir yol ve WP' den oluşacaktır. Eğer kalkış prosedürünün sonu yola yerleştirilmediyse, yola bağlantıya izin verecek mantıklı bir sona sahip olmalıdır.
- c) Kalkış prosedürü, her bacak için Prosedür Tasarım Eğimi (PDG-Procedure Design Gradient) ile tırmanan uçağın en az yol uçuşu için minimum seviyeye ulaşacağı noktadan önce sona ermeyecektir.
- d) İlk dönüş pist merkez hattı uzantısında olacaktır.

- e) İlk dönüşte tasarlanan prosedür için, uçağın manevra kabiliyeti hesaba katılacaktır.
- f) Kalkışı müteakip bir ilk dönüş içeren prosedür, eğer çevresel olarak bir fly-by WP yerleşimi mümkün değilse, şartlı geçiş olarak tanımlanacaktır. Şartlı geçiş için dönüş yönü daima yayınlanacaktır.
- g) Fly-over ve fly-by dönüşler 120° yi geçemez.(birleşik bacaklar arasındaki açı 120° den fazla olamaz.) Bununla beraber, şartlı geçişte olduğu gibi, DF yol sonlandırıcı (path terminator) kullanımını 120° den fazla dönüşün yapılmasını mümkün kılmaktadır, fakat bu tavsiye edilmez. Gelecekte RNP-RNAV ile 90° den fazla tüm dönüşler sabit yarıçap dönüş olarak tanımlanabilecektir.
- h) Hız kısıtlamaları yalnızca uçuş operasyonlarında fayda sağlayacağı düşünüldüğünde kullanılacaktır.
- i) İrtifa kısıtlamaları, eğer engel üzerinden emniyetli geçiş sağlanıyorsa, hız kısıtlamasına tercih edilmelidir.
- j) İrtifa kısıtlamaları belirli bir değerden ziyade irtifa bandı olarak tanımlanabilir.
- k) Bir irtifa geçişinde yol değişikliği başlatılmasından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
- l) Bir kalkış prosedürü belirli ve devamlı olmalıdır ve herhangi bir bölümü yalnızca radar vektörü tarafından tanımlanamaz. Bu radar vektör kullanımını kısıtlamaz.
- m) RNAV yollar için uçuş başı kullanılamaz.

6.2. İlk Dönüş

Kalkış prosedürü ilk bacakla birlikte DER' den başlar ve ilk bacak DER irtifasının 120 m (394 ft) PDG geçişi sağladığı nokta olan pist merkez hattı uzantısı üzerinde olan WP' de sona erer. %3,3 PDG geçişi DER üzerinde 5 m (16 ft) de

başlar. Bu uzunluk DER den 1,9 NM' dir. Güncel RNAV sistemleri genelde bir pist geçişi gerektirir ve ilk bacak gerekli kontrol verilerinin hesaplanmasına başlamak için bir fiksten bir seviyeye hat (FA-Course from a fix to an altitude) veya DF olarak tanımlanabilir. Bazı sistemler kalkış için koşu başlangıcı veya pist sonu eşik koordinatlarına bağlı olarak IF gerektirir. Bu kalkış WP (TOWP-Take-off Waypoint)' i olarak bilinir. İlk WP kalkıştan sonraki ilk geçişi belirtir[16].

6.3. Engel Tanımlama Yüzeyi Alanları

Engel tanımlama yüzeyi alanları (OIS-Obstacle Identification Surface Areas) Alan1 ve Alan 2 olarak tanımlanır. Alan1, DER' de pist merkez hattı uzantısı merkezli olarak her iki tarafta 150 m olmak üzere toplam 300 m genişlikle başlar ve bu noktadan her iki tarafa 15°' lik açı ile açılır. Aşağıda verilenlerden herhangi biri sağlanıncaya kadar devam eder.

- Gerekli minimum mesafe, DER irtifası üzerinde en azından 120 m (394 ft) tırmanacak kadar olmalı,
- DER' den 1.9 NM mesafe, artı sonraki WP için minimum dönüş mesafesi, artı bir sonraki WP ile birleştirilmiş ATT (eğer WP fly-by ise), ya da
- Eğer fly-over WP ise DER' den 1.9 NM artı sonraki WP ile birleştirilmiş ATT' ye ulaşıncaya kadar açılacaktır.

Alan1 DER üzerinde 5 m (16 ft) yükseklikte başlar ve %2.5 eğim ile kalkış yönünde artar. Engel emniyeti olarak %0.8 eklenir ve %3.3' lük PDG gerçekleştirilir. Eğer engel OIS' i deliyorsa artırılmış PDG hesaplanması gereklidir.

Prosedür tasarım eğimi (PDG),

$$PDG = \frac{48.60896D + (H - 16)}{6072.12D} \quad (6.1.)$$

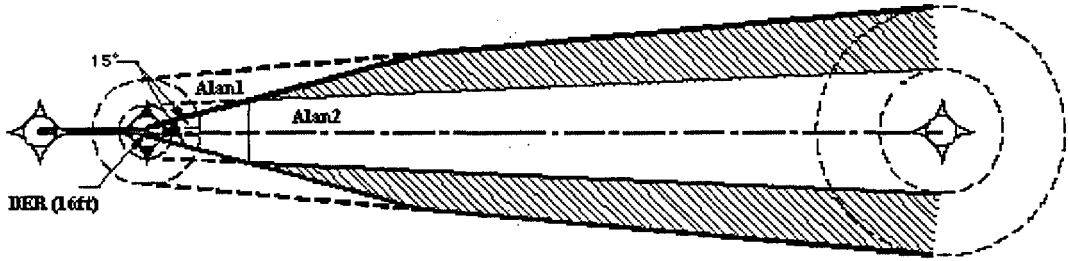
formülü ile hesaplanır.

Burada PDG, tırmanma eğimi (°),

H, engelin DER üzerindeki yüksekliği (ft),

D, DER ile engel arasındaki mesafedir (NM).

Alan2, Alan1' in bittiği noktada ve bittiği noktadaki genişlikte başlar ve nominal uçuş yolu veya uçuşun bir sonraki safhası için izin verilmiş minimum irtifaya ulaşıldığında sona erer. Alan genişliği WP' den WP' ye irtifanın artması ile birlikte genişleyecektir. Şekil 6.1.' de kalkış alanları verilmiştir[16].



Şekil 6.1. Kalkış Alanları[16]

7. BEKLEME PROSEDÜRLERİ

7.1. Giriş

Bekleme prosedürleri:

- a) Bekleme paternindeki uçaklar arasında ayırma,
- b) Beklemedeki uçak ile engeller arasındaki emniyeti,
- c) Bekleme paternindeki uçak ile diğer belirlenmiş yoldaki uçak arasında ayırmayı sağlamalıdır[16].

RNAV bekleme prosedürleri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

- a) Bir WP (saniyenin yüzde biri olarak enlem boylam),
- b) Bir irtifa (deniz seviyesi üzerinde feet veya metre (100 ft veya 50 m' lik artışlarla)),
- c) Maksimum IAS (knots),
- d) WP yaklaşma bacağına açısı (gerçek kuzeye göre),
- e) Yaklaşma bacağına uzunluğu (Yaklaşma bacağına uzunluğu bekleme paternindeki dönüş çapından büyük olmalıdır.),
- f) WP' deki dönüş yönü[3].

RNAV bekleme prosedürleri, tüm RNAV sistemlerinde bekleme prosedürlerinin düz uçuş safhasındaki kayma (sürüklenme) için düzeltme yapabilirliği olduğu ve dönüş sırasında dönüşün dış kenarından gelen rüzgar için yatış açısındaki azalmanın karşılandığı varsayımına dayanır. Bekleme prosedüründe fly-by geçişle uçak beklemeyi yakalayamayacağından bekleme prosedürü fly-by geçiş olarak tanımlanamaz, bundan dolayı tüm bekleme WP fly-over olacaktır.

7.2. Bekleme Alanı Yol Sonlandırıcıları

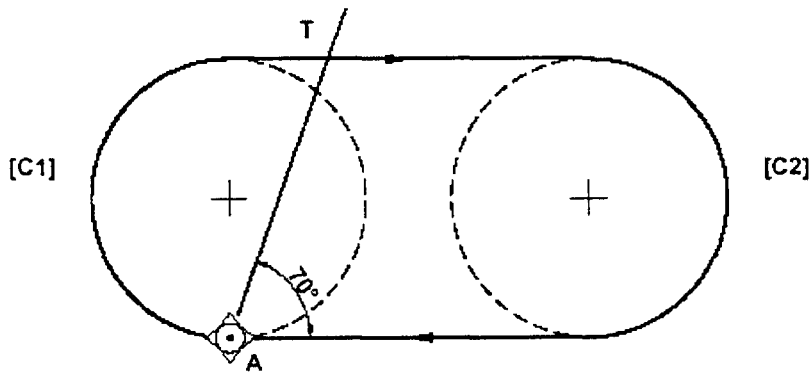
Aşağıdaki yol sonlandırıcıları bekleme prosedürlerinin tanımlanması için kullanılabilir:

- a) Bekleme Yolundan Fikse (HF-Holding to a fix): HF yolu bekleme WP' si ilk geçişte sona eren bir bekleme paterni yoludur ve daha sonra prosedüre giriş gerçekleşir. Yol sonlandırıcı genellikle yaklaşma prosedürleri beklemesi ve yön değiştirme için kullanılır.
- b) Bekleme yolunun manuel olarak bitirilmesi (HM-Holding to a manual termination): HM bacağı genellikle hız ve irtifa belirlemesi ile uçak beklemeye ulaştığında sona eren bir bekleme paterni yoludur. Uçak ekibi tarafından manuel olarak girdi sağlanır. Bu yol sonlandırıcı genellikle pas geçme prosedürünün sonu için kullanılır.
- c) Bekleme Yolunun Bir İrtifada Bitmesi (HA-Holding to an altitude): HA bacağı bekleme WP' nin sonraki geçişinde sona eren bir bekleme paterni yoludur ve sonra uçak belirli bir irtifaya ulaşır veya geçer.

Beklemeden sonraki RNAV bacağına geçiş genellikle maneldir ve bekleme WP' i takip eden bacak için fly-by waypoint kullanılacaktır.

7.3. RNAV Bekleme Alanı Giriş Usulleri

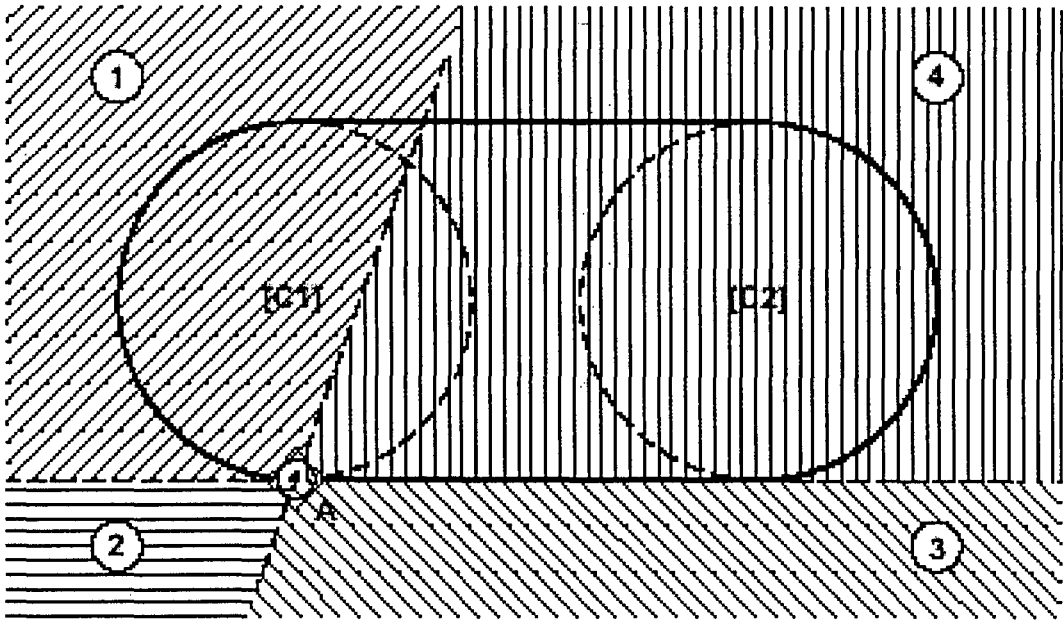
Herhangi bir bekleme prosedürüne giriş için uçak her yönden geliş yapabilmelidir. Prosedür uçağın her yönden girişini kolaylaştırmalı ve uçak bekleme alanına girdikten sonra bu alan içerisinde güvenli bir şekilde uçuşunu sürdürebilmelidir. Uçak bekleme noktasına ulaşmak için yaklaşma yolu (inbound track) kullanacak ve tanımlanmış alanın içine girene kadar bu sürdürülecektir[31].



Şekil 7.1. Bekleme Paterni[30]

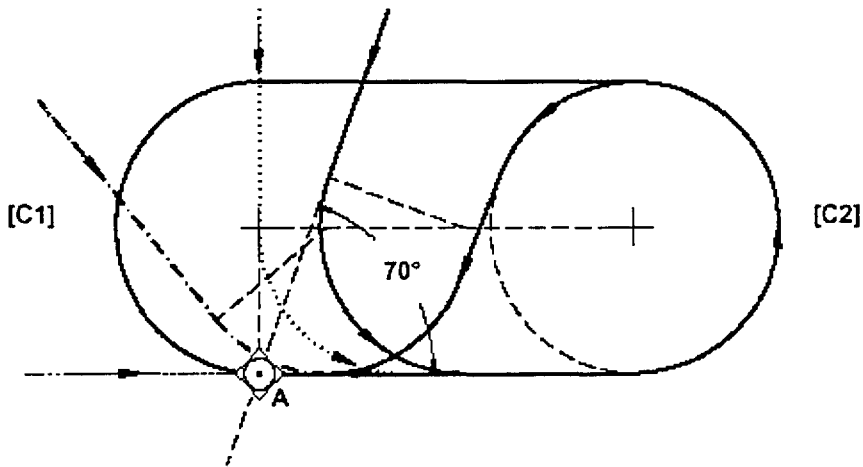
Bir bekleme paterni iki yarım daire ve iki düz safhadan meydana gelir (Şekil 7.1.). C1 ve C2 yaklaşma ve uzaklaşma bacağından olan dönüşlerdir.

A bekleme noktasıdır ve T' den A' ya çizilmiş olan hat yaklaşma bacağı ile 70° açı yapar. Bu hat ve yaklaşma bacağı bekleme paternini dört sektöre böler (Şekil 7.2.). Bu bölünme neticesinde bulunan bu dört sektörden beklemeye dört farklı giriş yapılabilmektedir.



Şekil 7.2. Bekleme sektörleri[31]

7.3.1. Sektör 1 Girişi

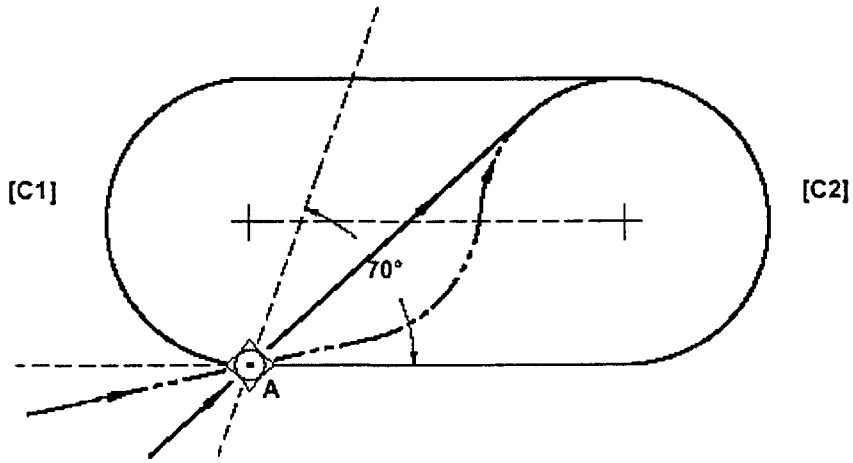


Şekil 7.3. Sektör 1 Girişi[32]

Birinci sektörden gelen uçak WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve geldiği açıya göre dönerek C2 dairesini yakalar. C2 dairesine teğet uçarak dönüşünü tamamladıktan sonra WP' ye doğru uçar ve WP' yi yakalayıp beklemeye girişini gerçekleştirir (Şekil 7.3.)[32].

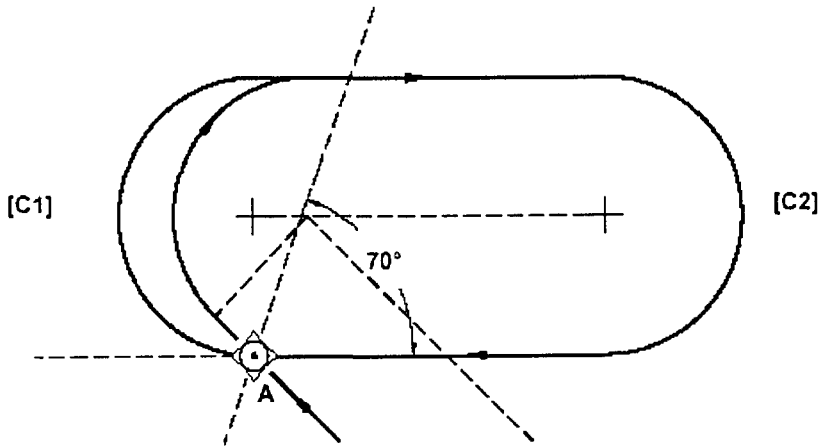
7.3.2. Sektör 2 Girişi

İkinci sektörden gelen uçak WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve geldiği açıya göre C2 dairesini yakalar. C2 dairesine teğet uçarak dönüşünü tamamladıktan sonra WP' ye doğru uçar ve WP' yi yakalayıp beklemeye girişini gerçekleştirir (Şekil 7.4.).



Şekil 7.4. Sektör 2 Girişi[32]

7.3.3. Sektör 3 Girişi

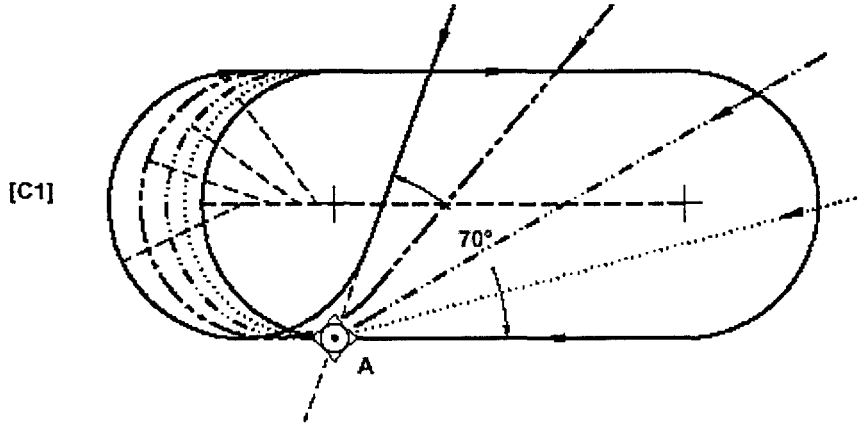


Şekil 7.5. Sektör 3 Girişi[32]

Üçüncü sektörden gelen uçak WP' ye doğru uçuşuna devam eder. WP' yi geçtikten sonra C1 dairesini yakalar ve beklemeye girişini gerçekleştirmiş olur (Şekil 7.5.).

7.3.4. Sektör 4 Girişi

Dördüncü sektörden gelen uçak WP' ye doğru uçuşuna devam eder. WP' yi geçtikten sonra C1 dairesini yakalar ve beklemeye girişini gerçekleştirmiş olur (Şekil 7.6.).



Şekil 7.6. Sektör 4 Girişi[32]

7.4. RNAV Bekleme ve Koruma Alanının Oluşturulması

RNAV bekleme ve koruma alanı oluşturulurken d_1 , d_2 , d_3 ve d_4 uzunluklarının bulunması gerekmektedir (Şekil 7.7.)[33].

d_1 , beklemenin yaklaşma ve uzaklaşma bacağıdır ve

$$d_1 = \frac{(V + W)^2}{34313 \tan \phi} \quad (7.1.)$$

formülü ile bulunur[29].

Burada V, hızı (kt);

W, Rüzgar Hızını (kt);

Φ , Yatış Açısını (uçuş seviyesi 24500 feet altında 23°) göstermektedir.

d_2 , beklemenin genişliğidir ve d_1 uzunluğuna eşittir.

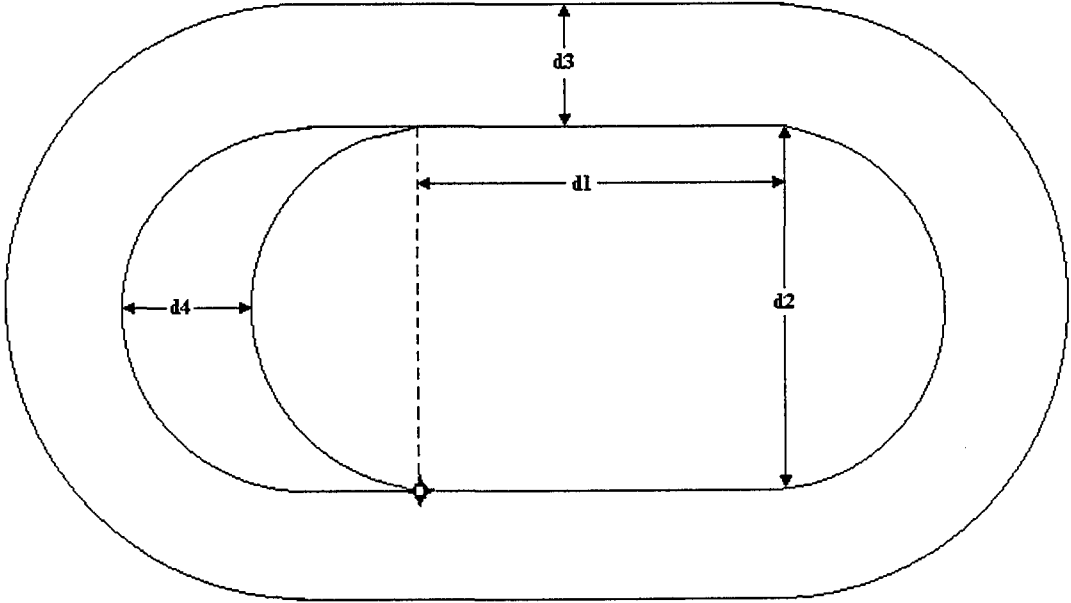
d_3 , koruma alanının genişliğidir ve 1 NM (1852m) veya 5 NM (9260 m) olarak alınır.

d_4 , sektör 4 girişleri için koruma alanıdır ve

$$d_4 = \frac{d_2}{2 \cos 20^\circ} (1 - \sin 20^\circ) \quad (7.2.)$$

formülü ile bulunur.

Burada d_2 , bekleme alanının genişliğidir.



Şekil 7.7. Bekleme ve Koruma Alanı[33]

8. ANTALYA HAVALİMANI RNAV PROSEDÜR UYGULAMASI

8.1. Çalışma Yöntemi

Bu çalışmada, Antalya havalimanı için bekleme ve yaklaşma yörüngeleri DME/DME ve GNSS RNAV kriterleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca mevcut kalkış prosedürleri ile tasarımı gerçekleştirilen RNAV yaklaşma ve bekleme prosedürlerinin karşılaştırması yapılmıştır. WP koordinatlarının bulunmasında TITAN (Traitement Informatique Trajéctoires Aéronautiques Normalisée) ve Convert yazılımlarından faydalanılmıştır.

Çalışma bölgesi olarak seçilen meydan, deniz kıyısında ve deniz seviyesine çok yakın olup batı, kuzey ve güneyinde çok yüksek dağlar bulunmaktadır. Antalya meydanı çalışma bölgesi olarak seçilirken, mevcut hava sahasının kapasitesinin tasarımlanan RNAV yaklaşma yörüngeleri ile arttırılacağı düşünülmüştür.

Çalışma sahasındaki yükseltilerin tespiti Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan 1/25000, 1/100000 ve 1/250000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak yapılmıştır. Antalya meydanının uygulamada olan geleneksel prosedürleri eklerde verilmiştir.

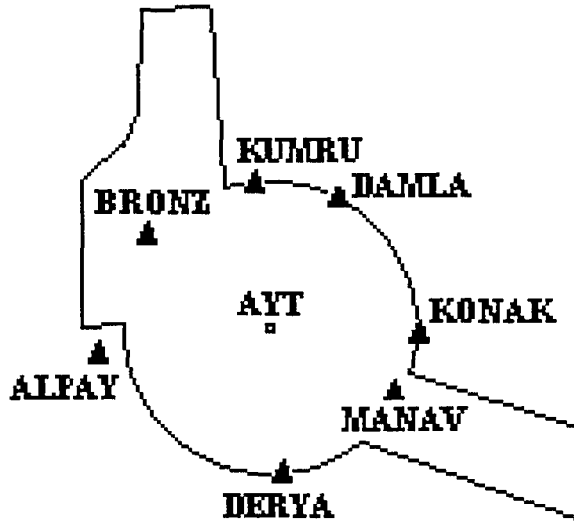
8.2. Meydan Bilgileri

8.2.1. Terminal Saha ve Seyrüsefer Kolaylıkları

Antalya terminal saha yatay limitleri, 02 NOV 2000 tarihli AIP RAC 3-1-3 referans alınarak kullanılmış ve merkezi 365359N-0304739E koordinatları olan ve yarıçapı 30NM doğuda birleşen 364626N-0312358E, 363356N-0320658E, 361456N-0320658E, 363126N-03111228E, batı ve kuzeyde 365556N-0300958E, 365456N-0295958E, 372556N-0295958E, 373256N-0300958E, 373956N-0301358E, 380056N-0301358E, 380056N-0303258E, 372456N-0303658E koordinatları ile birleşen sahadır(Şekil 8.1.).

Antalya terminal sahasının çevresindeki beş harfli rapor noktaları ve koordinatları 28 DEC 2000 tarihli AIP RAC 3-3-1 ve 19 APR 2001 tarihli AIP RAC 3-3-2 referans alınarak kullanılmış ve aşağıda verilmiştir.

- Kuzeyde KUMRU 372456N-0304358E,
- Kuzey doğuda DAMLA 372141N-0310528E,
- Doğuda KONAK 365341N-0312458E,
- Güney doğuda MANAV 364156N-0312128E,
- Güneyde DERYA 362456N-0304843E,
- Batıda ALPAY 364956N-0295958E,
- Kuzey Batıda BRONZ 371611N-0302058E.



Şekil 8.1. Antalya Terminal Sahası

Meydandaki seyrüsefer kolaylıkları ve koordinatları 08 AUG 02 tarihli AIP AD 2 LTAI-7 referans alınarak kullanılmış ve aşağıda verilmiştir.

- VOR/DME 365517N-0304749E,
- TACAN 365456N-0304658E,
- ILS/LLZ 365508N-0304743E,
- DME 365316N-0304732E,
- NDB 365232N-0304721E,

- NDB 365219N-0302719E.

8.2.2. Pist Bilgileri

Antalya meydanı oryantasyonu 36-18 olan iki adet paralel piste sahiptir. Pist başı koordinatları ve uzunlukları 27 DEC 01 tarihli AIP AD 2 LTAI-4 referans alınarak kullanılmış ve aşağıda verilmiştir.

- RW18 Sağ 365456.49N-0304732.53E 2990x45m
- RW36 Sol 365320.49N-0304719.39E 2990x45m
- RW18 Sol 365455.73N-0304741.09E 3400x45m
- RW36 Sağ 365306.52N-0304726.12E 3400x45m

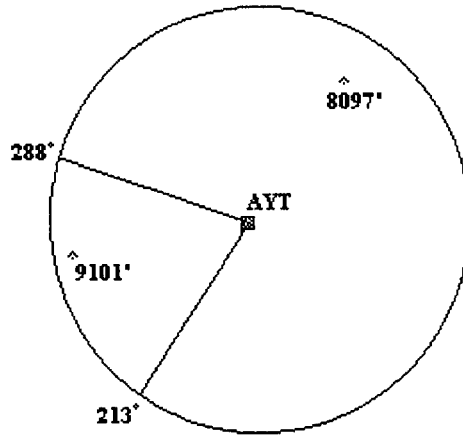
36Sol/18Sağ pisti iniş, kalkış ve taksi amacıyla kullanılmasına sadece aşağıdaki durumlarda izin verilecektir[34];

- a) Acil durumlarda,
- b) Pistin yük sınıflandırma numarası (LCN-Load Classification Number) ve pist üzerindeki jet bariyeri dikkate alınmak suretiyle sivil/asker koordinasyonu sağlanması durumunda.

8.3. Antalya DME/DME Kapsaması

Antalya meydanı için DME/DME kapsama alanı bölüm 4.1.2.1. da verilen kriterler dikkate alınarak çıkarılmış ve terminal alanda karanlık bölge bulunmadığı görülmüştür (Şekil 8.2). DME/DME kapsama alanı belirlenirken 25 JAN 2001 tarihli AIP COM 3-1 referans alınmış ve aşağıdaki DME istasyonlarından yararlanılmıştır;

- AYT DME 365517N-0304749E
- CRD DME 374723N-0294215E
- DAL DME 364122N-0294215E
- IPT DME 375104N-0302130E



Şekil 8.3. Geliş Sektörleri

Bulunan bu yükseltiler neticesinde en düşük geliş irtifaları aşağıda verilmiştir.

$$288^\circ\text{-}213^\circ \text{ arası geliş: } 8097 \text{ ft} + 2000 \text{ ft} + 66 \text{ ft} = 10133 \text{ ft} \cong 10200 \text{ ft}$$

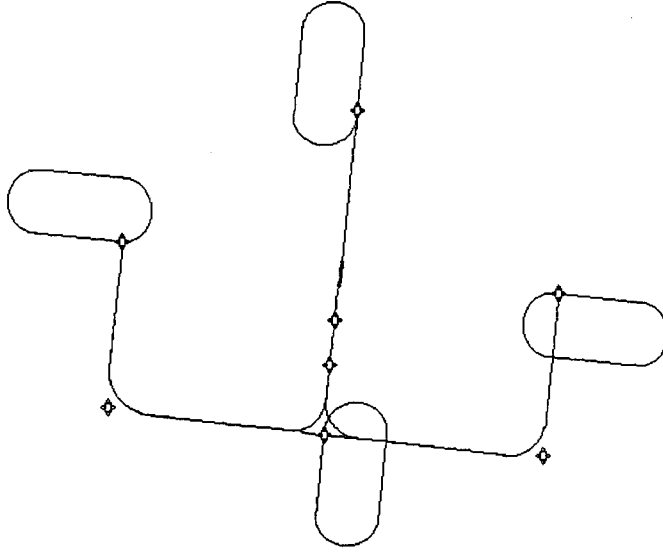
$$213^\circ\text{-}288^\circ \text{ arası geliş: } 9101 \text{ ft} + 2000 \text{ ft} + 66 \text{ ft} = 11166 \text{ ft} \cong 11200 \text{ ft}$$

8.5. Bekleme

Meydana hem 36 pistleri ve hem de 18 pistleri yönünde yaklaşmanın kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi için meydanın doğusunda ve batısında olmak üzere iki adet bekleme paterni yerleştirilmiştir. Bekleme paternlerinin koordinatları aşağıda verilmiştir;

- Batıda 365540N-0302851E,
- Doğuda 365222N-0310608E.

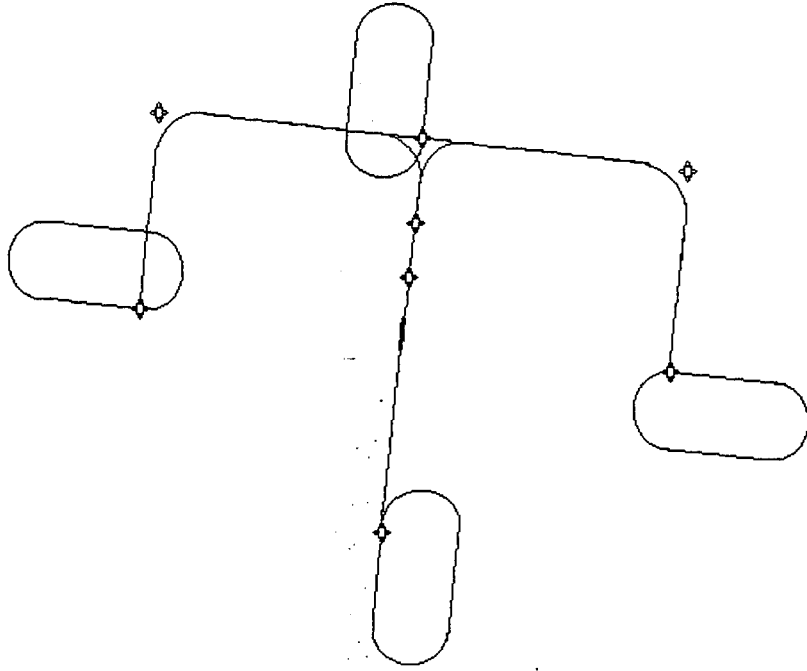
Her iki beklemenin de piste olan uzaklıkları 15NM' dır. Bekleme paternlerinin yerleşimine karar verilirken daha sonra takip edilecek yaklaşma yörüngelerindeki en uygun alçalma eğimleri göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan çizimler sonucunda bekleme paternleri harita üzerine yerleştirilmiş ve her iki bekleme içinde bekleme irtifası olarak 10000 feet olarak hesaplanmıştır (Şekil 8.4.).



Şekil 8.4. 36 pisti için bekleme paterni yerleşimi

Meydanın doğusundaki ve batısındaki bu beklemeler, ana bekleme paternleri ve IAWP' ler dir. KUMRU, BRONZ ve ALPAY noktalarından iniş için terminal sahaya giren uçaklar batıdaki bekleme paternini, DAMLA, KONAK, MANAV ve DERYA noktalarından iniş için terminal sahaya giren uçaklar ise meydanın doğusundaki bekleme paternini kullanacaklardır.

Ana bekleme paternine ek olarak trafiğin yoğun olması durumunda kullanılmak üzere her iki pist başına 10NM mesafede bekleme paterni yerleştirilmiştir. Bu bekleme paternlerinin en az bekleme irtifası 3000ft ve en fazla bekleme irtifası ise 9000ft olarak bulunmuştur. Ayrıca uçağın inişini gerçekleştirememesi durumunda, yaklaşma yönünün aksi yönünde uçağın bir sonraki hava trafik müsaadesini bekleyeceği en az bekleme irtifası 3000ft olarak hesaplanmış olan bir bekleme paterni mevcuttur (Şekil 8.5.).

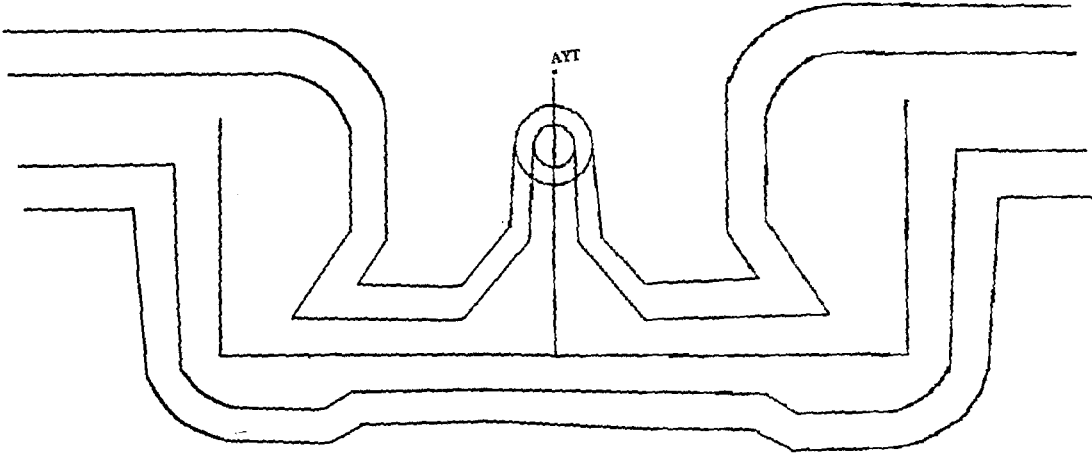


Şekil 8.5. 18 pisti için bekleme paterni yerleşimi

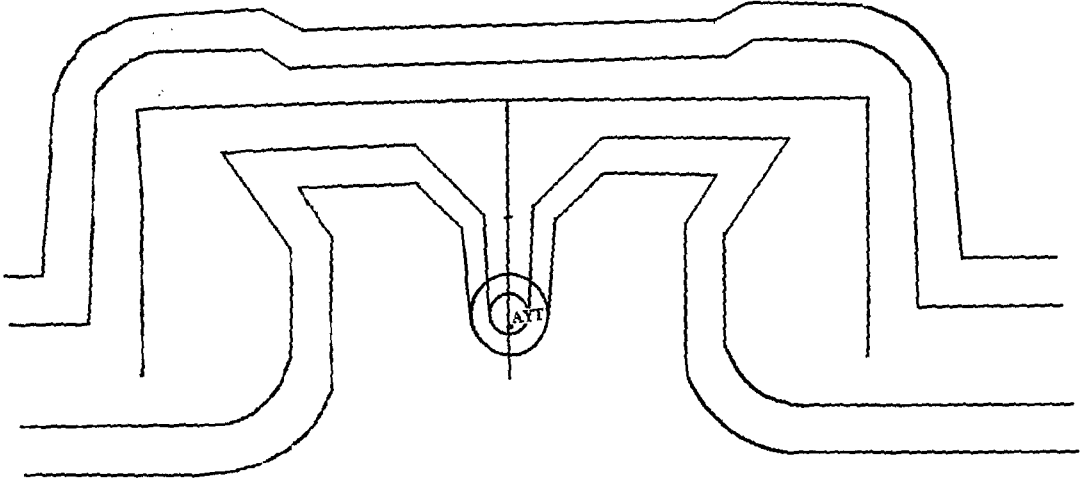
8.6. İlk ve Orta Yaklaşma Safhaları

İlk ve orta yaklaşma safhalarının koruma alanları bölüm 4.2.1.1.1. ve 4.2.2.2.1.' deki kriterlere göre belirlenmiş ve her iki pist başına olacak yaklaşımlar için 1/100000 ölçekli çizimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8.6. 36 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları ve Şekil 8.7. 18 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları).

Yapılan bu çizimler daha sonra 1/100000 ölçekli harita üzerine yerleştirilmiş ve engel değerlendirilmesi yapılmış ve uçağın en az alçalabileceği irtifalar adım adım bulunmuştur. Bulunan bu irtifalar Aletli Yaklaşma Haritalarında ilan edilmiştir.



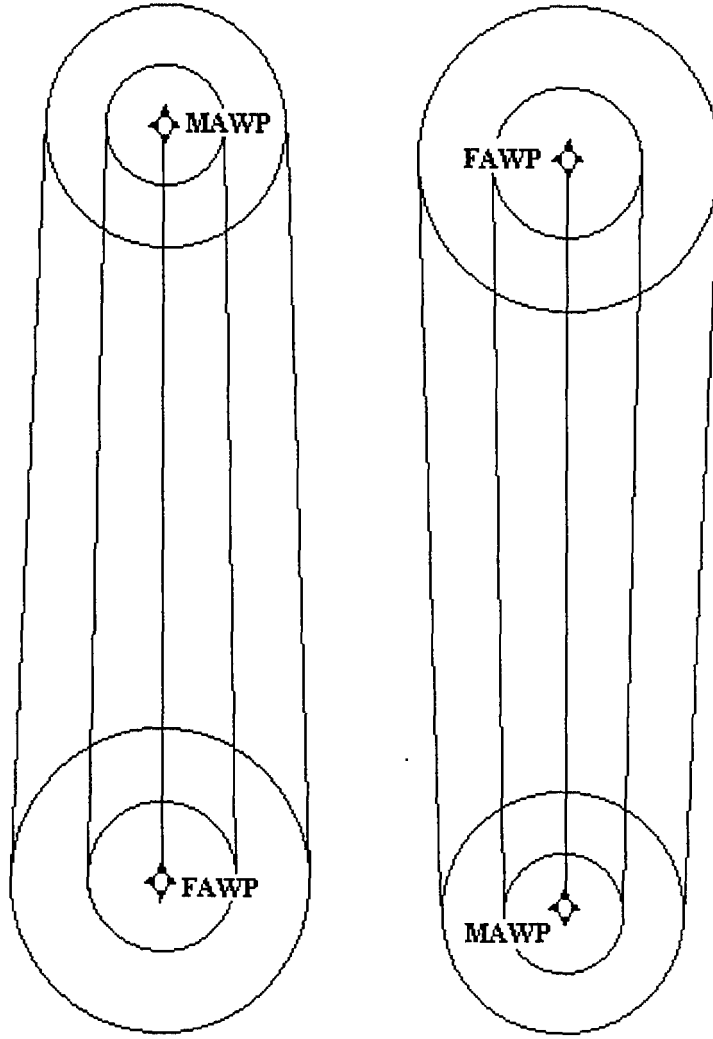
Şekil 8.6. 36 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları



Şekil 8.7. 18 Pistine Olan Yaklaşımlar İçin İlk ve Orta Yaklaşma Koruma Alanları

8.7. Son Yaklaşma Safhası

Son yaklaşma safhası $\frac{1}{2}AW$ genişliklerine bağlı olarak 18 ve 36 pisti için ayrı ayrı olarak 1/25000 ölçekli olarak çizilmiştir (Şekil 8.8.).



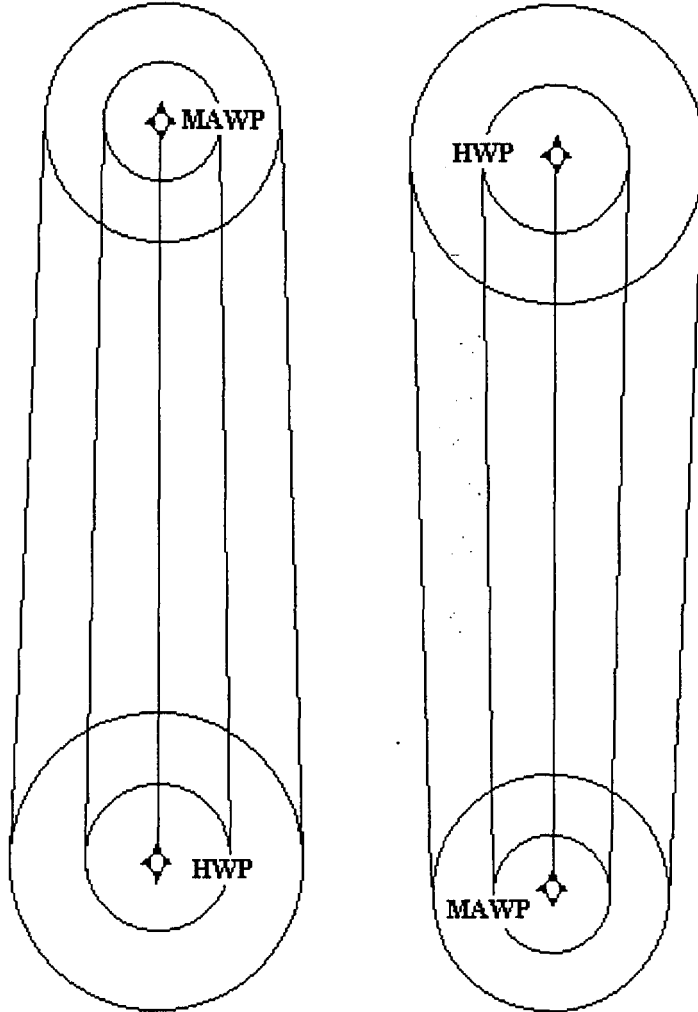
Şekil 8.8. 36 ve 18 Pistleri İçin Son Yaklaşma Safhası Koruma Alanları

Yapılan çizimler 1/25000 ölçekli harita üzerine yerleştirilip engel değerlendirmesi yapılmış ve uçağın son yaklaşma safhasındaki inebileceği en düşük değerler saptanmıştır. Bulunan bu irtifalar Aletli Yaklaşma Haritasında ilan edilmiştir.

8.8. Pas Geçme Safhası

Pas geçme safhası MAWP' de başlar ve HWP veya yeni bir yaklaşma yada yol safhasına geri dönüş için belirlenmiş bir WP' de sona erer (Şekil 8.9.). Bu çalışmada inişi gerçekleştiremeyip pas geçen uçaklar için yaklaşmanın aksi

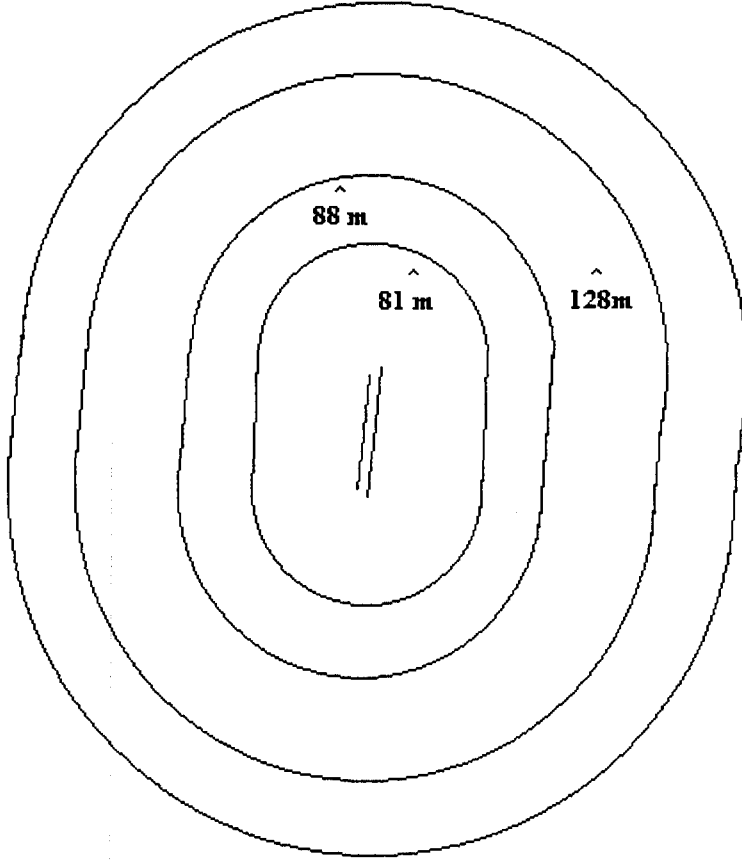
yönünde ve pistin 10NM ilerisinde bekleme WP' leri belirlenmiştir ve bu beklemlerin en düşük irtifası 3000ft olarak bulunmuştur.



Şekil 8.9. 18 ve 36 pistleri için pas geçme safhası

8.9. Turlu Yaklaşma

RNAV prosedürlerde turlu yaklaşma alanlarının belirlenmesi geleneksel prosedürlerle aynıdır. Bölüm 3.6. da belirtilen kriterler dikkate alınarak turlu yaklaşma alanları A, B, C ve D kategorisi uçaklar için belirlenmiş ve çizimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8.10.).



Şekil 8.10. Turlu Yaklaşma Alanları

Çizilen bu alanlar 1/25000 ölçekli harita üzerine yerleştirilmiş ve alanlara giren yükselteler saptanmıştır. Bulunan bu yükseltelere göre hesaplanmış turlu yaklaşma değerleri aşağıda verilmiştir.

$$OCA/H_{CatA} = 81m+90m = 171m = 561ft/384ft$$

$$OCA/H_{CatB} = 88m+90m = 178m = 584ft/407ft$$

$$OCA/H_{CatC} = 128m+120m = 248m = 814ft/637ft$$

$$OCA/H_{CatD} = 128m+120m = 248m = 814ft/637ft$$

Tüm bu çalışmalar neticesinde Antalya meydanının her iki pist başına yapılan yaklaşımlar dikkate alınarak DME/DME ve GNSS RNAV kriterleri göz önünde bulundurularak RW18L ve RW36R için iki adet aletli yaklaşma haritası tasarımı yapılmış ve çizimi gerçekleştirilmiştir.

8.10. Antalya Meydanı RNAV Aletli Yaklaşma Haritaları

Aletli yaklaşma haritalarının tasarımı gerçekleştirilirken, haritalar 3 ayrı kategoride incelenmiştir. Bunlar plan, profil ve minima kısımlarıdır. Plan kısmı uçuşun üstten görünümünü vermektedir. Profil kısmı, uçuşun yandan görünümünü içermektedir. Minimalar kısmında ise yaklaşımda kullanılacak WP' ler isimleri ile birlikte yol sonlandırıcı, geçişin cinsi, dönüş yönü, WP' de olması gereken irtifa ve WP' e olan mesafeleri ile birlikte verilmiştir. Turlu yaklaşma değerleri de bu kısım içinde yer almaktadır. Ayrıca aletli yaklaşma haritasında yaklaşıma geçiş, son yaklaşma, pas geçme ve beklemede olunması gereken değerler, WP isimleri ile birlikte pilota kolaylık sağlaması açısından farklı bir formatta verilmiştir.

Geliş sektörleri ikiye bölünmüştür. Eğer uçaklar 108° ile 033° arasında geliyorsa 10200 feet, 033° ile 108° arasında geliyorsa 11200 feet en az geliş irtifasını kullanacaklardır. Tasarımlanan her iki yaklaşımda da, KUMRU, BRONZ ve ALPAY noktalarından gelen uçaklar IAWP olarak AKTAS, DAMLA, KONAK, MANAV ve DERYA noktalarından gelen uçaklar IAWP olarak ZAFER noktalarını kullanacaklardır. Bu noktaların en düşük irtifaları 10000 feet olarak bulunmuş ve ilan edilmiştir.

18 pistine olan yaklaşımlarda, AKTAS noktasını 10000 feette terk eden uçak 006° yi takiben AI260 WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve bu noktada en az 7500' e kadar alçalabilir. Bu noktadan 096° ile KAVAL WP' e döner. KAVAL WP' de en düşük irtifa 3000 feet ve en yüksek irtifa ise 9000 feettir. Aynı pist için ZAFER noktasını 10000 feette terk eden uçak 006° yi takiben AI261 WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve bu noktada en az 7500 feete kadar alçalabilir. Bu noktadan 276° ile KAVAL WP' e döner. KAVAL WP' de en düşük irtifa 3000 feet ve en yüksek irtifa ise 9000 feettir. KAVAL WP bekleme yapacak uçaklar için fly-over, bekleme yapmayacak uçaklar için ise fly-by olarak uygulanacaktır. KAVAL WP IWP' dir. Buradan 186° ye dönen uçak AI238 WP' de 2020 feet irtifaya kadar alçalabilir. Bu nokta FAWP' dir. 186° yi takiben alçalmaya devam eden uçak AI240 WP' de 500 feete kadar alçalır. Bu nokta MAWP' dir ve eğer uçak inişini gerçekleştirebilirse alçalmaya devam edip inişini gerçekleştirecek,

gerçekleştiremezse 186° yi takiben 3000 feete tırmanacak ve ASLAN WP' de bir sonraki hava trafik müsaadesini bekleyecektir (Şekil 8.11.).

36 pistine olan yaklaşımlarda, AKTAS noktasını 10000 feette terk eden uçak 186° yi takiben AI263 WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve bu noktada en az 8300 feete kadar alçalabilir. Bu noktadan 096° ile ASLAN WP' e döner. Aynı pist için ZAFER noktasını 10000 feette terk eden uçak 186° yi takiben AI264 WP' ye doğru uçuşunu gerçekleştirir ve bu noktada en az 7500 feete kadar alçalabilir. Bu noktadan 276° ile ASLAN WP' e döner. ASLAN WP' de en düşük irtifa 3000 feet ve en yüksek irtifa ise 9000 feet tir. ASLAN WP bekleme yapacak uçaklar için fly-over, bekleme yapmayacak uçaklar için ise fly-by olarak uygulanacaktır. KAVAL WP IWP' dir. Buradan 006° ye dönen uçak AI239 WP' de 2020 feet irtifaya kadar alçalabilir. Bu nokta FAWP' dir. 006° yi takiben alçalmaya devam eden uçak AI241 WP' de 500 feete kadar alçalır. Bu nokta MAWP' dir ve eğer uçak inişini gerçekleştirebilirse alçalmaya devam edip inişini gerçekleştirecek, gerçekleştiremezse 006° yi takiben 3000 feete tırmanacak ve KAVAL WP' de bir sonraki hava trafik müsaadesini bekleyecektir (Şekil 8.12.). WP koordinatları XTT, ATT ve Son Değerler Çizelge 8.1.' de verilmiştir.

Turlu yaklaşma değerleri her iki pist için aynı alçalma limitlerine sahiptir.

Çizelge 8.1. WP Koordinatları, XTT, ATT ve Son Değerler

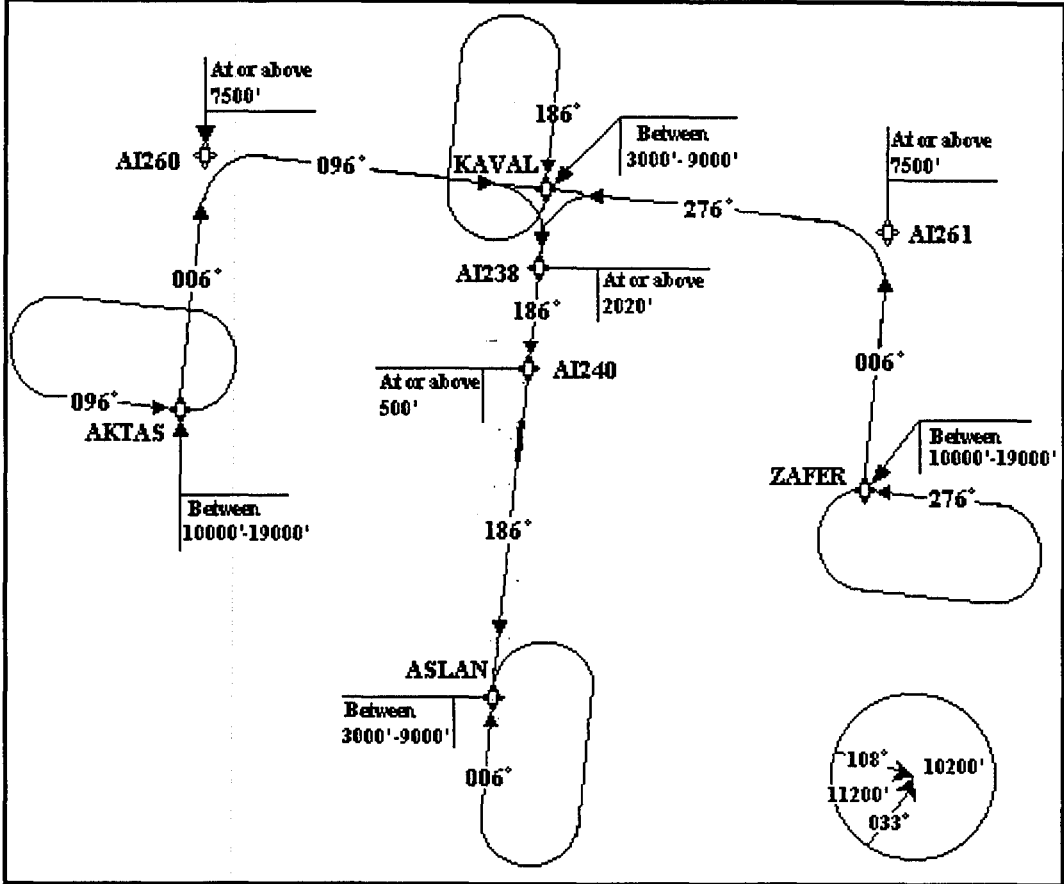
WP	Koordinat		DME/DME (NM)	GNSS (NM)	Son Değer (NM)
AKTAS	365540.00N	XTT	2.063	1.5	2.063
	0302851.00E	ATT	1.805	1.0	1.805
		½AW	4.095	3.0	4.095
ZAFER	365222.00N	XTT	2.063	1.5	2.063
	0310608.00E	ATT	1.805	1.0	1.805
		½AW	4.095	3.0	4.095
ASLAN	364311.00N	XTT	1.502	1.5	1.502
	0304604.00E	ATT	1.120	1.0	1.120
		½AW	3.253	3.0	3.253
KAVAL	370452.00N	XTT	1.502	1.5	1.502
	0304903.00E	ATT	1.120	1.0	1.120
		½AW	3.253	3.0	3.253
AI260	370631.00N	XTT	1.888	1.5	1.888
	0303021.00E	ATT	1.602	1.0	1.602
		½AW	3.832	3.0	3.832
AI261	370313.00N	XTT	1.888	1.5	1.888
	0310744.00E	ATT	1.602	1.0	1.602
		½AW	3.832	3.0	3.832
AI263	364450.00N	XTT	2.174	1.5	2.174
	0302728.00E	ATT	1.669	1.0	1.669
		½AW	4.261	3.0	4.261
AI264	364132.00N	XTT	1.888	1.5	1.888
	0310440.00E	ATT	1.602	1.0	1.602
		½AW	3.832	3.0	3.832
AI238	365954.00N	XTT	1.095	0.6	1.095
	0304822.00E	ATT	0.974	0.3	0.974
		½AW	2.143	2.0	2.143
AI239	364809.00N	XTT	1.095	0.6	1.095
	0304645.00E	ATT	0.974	0.3	0.974
		½AW	2.143	2.0	2.143
AI240	365556.00N	XTT	0.923	0.5	0.923
	0304749.00E	ATT	0.644	0.3	0.644
		½AW	1.885	1.0	1.885
AI241	365208.00N	XTT	0.923	0.5	0.923
	0304718.00E	ATT	0.644	0.3	0.644
		½AW	1.885	1.0	1.885

IAC-Instrument
Approach Chart
Elevation: 177ft

APP: 128.3 – 122.05 – 362.3
TWR: 126.1 – 257.8
GND: 121.9

ANTALYA/TURKEY

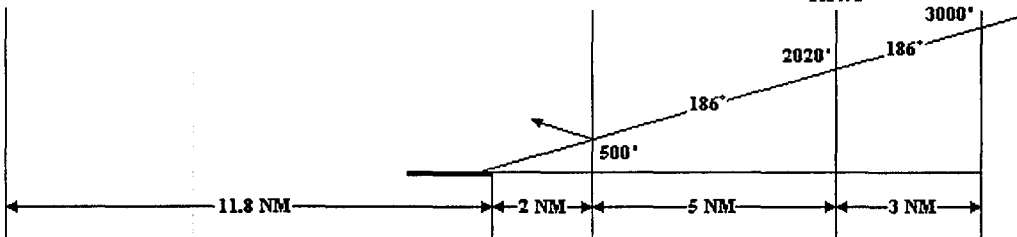
RNAV18L



ASLAN

AI240
MAWPAI238
FAWP

KAVAL



WP İSMİ	Yol Sınırlaması	FLY-OVER	DÖNÜŞ	İRTİFA	YOL/MESAFE	Yaklaşmaya Geçiş:
AKTAS	HF	EVET		10000'-19000'		AKTAS[A10000'/19000']-AI260[A7500'+]-KAVAL[A3000'/A9000']-AI238[A2020'+] veya ZAFER[A10000'/19000']-AI261[A7500'+]-KAVAL[A3000'/A9000']-AI238[A2020'+]
AI260	DF		SAĞA	+7500'	006° / 10.0	Son Yaklaşma:
ZAFER	HF	EVET		10000'-19000'		AI238[A2020'+]-AI240[A500'+]
AI261	DF		SOLA	+7500'	006° / 10.0	Pas Geçme:
KAVAL	TF	EVET	SAĞA / SOLA	3000'-9000'	096° / 15.0 - 276° / 15.0	AI240[A500'+]-ASLAN[A3000'/A9000']
AI238	TF	EVET		+2020'	186° / 3.0	Bekleme:
AI240	TF	EVET		+500'	186° / 5.0	ASLAN[A3000'/A9000']
ASLAN	HF	EVET		3000'-9000'	186° / 13.8	

Turlu Yaklaşma	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCA/H	561ft/384ft	584ft/407ft	814ft/637ft	814ft/637ft

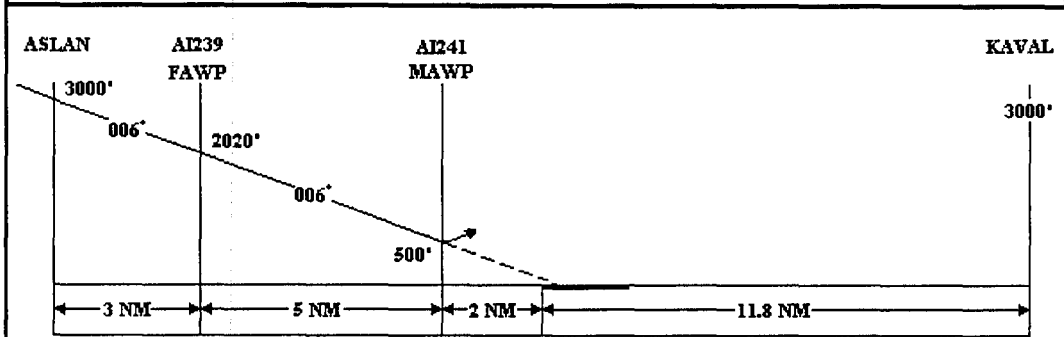
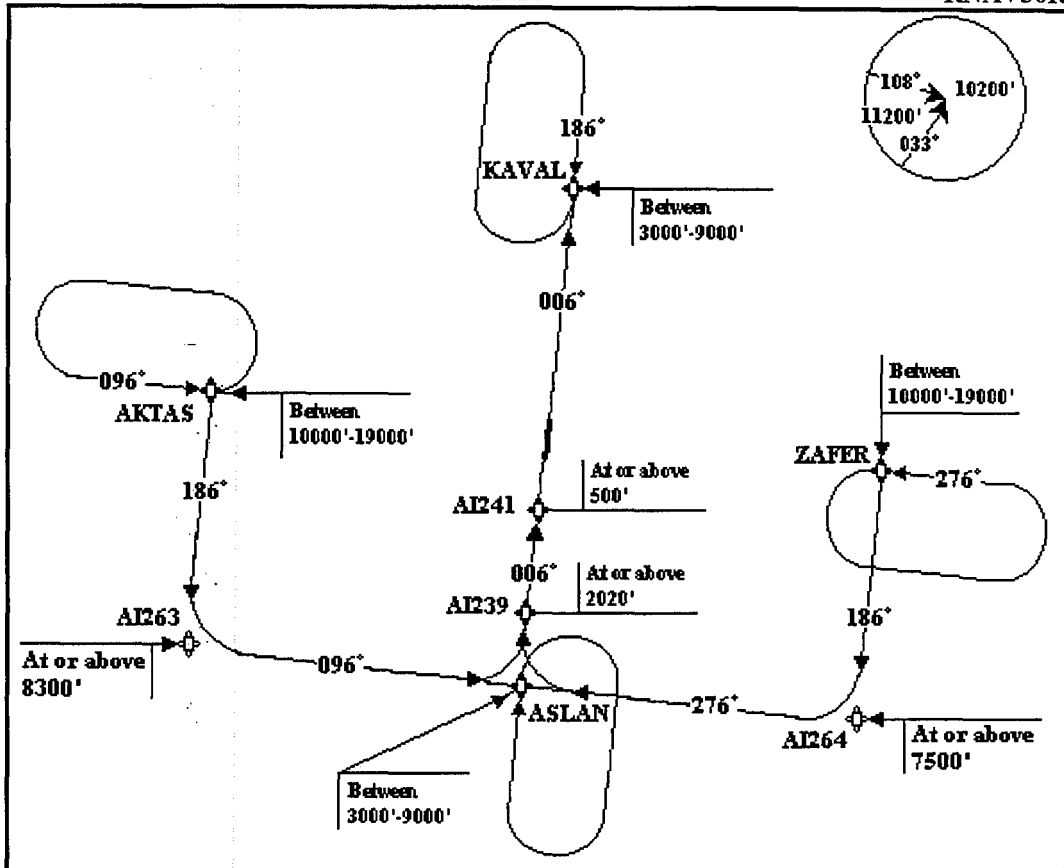
Şekil 8.11. Aletli Yaklaşma Haritası 18

IAC-Instrument
Approach Chart
Elevation: 177ft

APP: 128.3 – 122.05 – 362.3
TWR: 126.1 – 257.8
GND: 121.9

ANTALYA/TURKEY

RNAV36R



WP İSMİ	Yol Sınırlama	FLY-OVER	DÖNÜŞ	İRTİFA	YOL/MESAFE	Yaklaşmaya Ceciz:
AKTAS	HF	EVET		10000'-19000'		AKTAS[A10000'/A19000']-AI263[A8300'+] ASLAN[A3000'/A9000']-AI239[A2020'+] veya ZAFER[A10000'/A19000']-AI264[A7500'+] ASLAN[A3000'/A9000']-AI239[A2020'+]
AI263	DF		SAĞA	+8300'	186° / 10.0	
ZAFER	HF	EVET		10000'-19000'		
AI264	DF		SOLA	+7500'	186° / 10.0	
ASLAN	TF	EVET	SAĞA / SOLA	3000'-9000'	276° / 15.0 - 096° / 15.0	
AI239	TF	EVET		+2020'	006° / 3.0	
AI241	TF	EVET		+500'	006° / 5.0	
KAVAL	HF	EVET		3000'-9000'	006° / 13.8	

Turlu Yaklaşma	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCA/H	561ft/384ft	584ft/407ft	814ft/637ft	814ft/637ft

Şekil 8.12. Aletli Yaklaşma Haritası 36

9. SONUÇ ve ÖNERİLER

- Geleneksel yaklaşma, kalkış ve bekleme prosedürleri yere dayalı radyo seyrüsefer sistemleri ile belirlenir ve seyrüsefer sistemi üzerinden uçuş gerektirir. Bu çalışmada RNAV prosedür tasarımlarının yerdeki özel bir referans noktaya bağımlılığı ortadan kaldırdığı ve tasarımlarda esneklik sağladığı görülmüştür.

- RNAV prosedürlerde, hipodrom (racetrack) ve yön değiştirme prosedürlerinin (reversal procedures) kullanılmasına gerek kalmamıştır.

- Uygulamada olan geleneksel aletli yaklaşma haritalarında, yaklaşma yörüngeleri meydan civarındaki VOR/DME ve NDB seyrüsefer yardımcılara bağımlı olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, meydana yaklaşma yapacak uçaklar önce seyrüsefer yardımcılarının üzerine gelecek ve iniş için beklemeleri gerektiğinde, bu seyrüsefer yardımcılarını referans alarak beklemelerini gerçekleştireceklerdir. Uçakların 3000 feet ile 19000 feet arasında bekledikleri düşünülürse, aynı anda iniş için on yedi uçak bekleyebilir. Oysa yapılan çalışmada bekleme paternlerinin yerleşimi sayesinde, aynı anda aynı seviyeler arasında yirmi yedi adet uçak iniş için bekleyebilmektedir. Bu sayede Antalya terminal sahasının kapasitesinin arttığı görülmüştür.

- RNAV prosedürleri kullanıldığında direkt yaklaşma şartları sağlanmaktadır. Son yaklaşma ve iniş yörüngesi pist merkez hattı doğrultusunda yerleştirilmiştir.

- Özellikle GNSS gibi uydu bazlı seyrüsefer yardımcılarını kullanıldığında, havaalanlarındaki yer bazlı sistemlerin kurulması ve bakım maliyetleri ortadan kaldırılabilir.

- Seyrüsefer altyapısı bulunmayan meydanlarda da GNSS sistemine dayalı olarak RNAV prosedürler uygulanarak bekleme, yaklaşma ve kalkış gerçekleştirilebilir.

- Antalya meydanı rüzgar durumuna bağlı olarak gün içinde pist değişikliği yapılan bir meydana. Özellikle trafiğin yoğun olduğu saatlerde yapılan pist değişikliği sonucunda, mevcut prosedürlere bağımlı kalındığında, çok büyük zorluklarla karşılaşmakta ve bu da kontrolörün iş yükünü arttırmaktadır.

Antalya' da çalışan hava trafik kontrolörleri ile yapılan görüşmeler bunu doğrulamaktadır. Tasarımı yapılan RNAV prosedürleri sayesinde, pist değişimlerinde herhangi bir sorunla karşılaşılmayacağı ortaya çıkmıştır.

- Gelecekte ECAC hava sahasındaki tüm uçuş prosedürleri, RNAV prosedürlerine göre belirlenmiş olacaktır ve şu anda Almanya-Frankfurt' da RNAV yaklaşma, Fransa-Paris Orly' de RNAV SID kullanılmaktadır. Türk hava sahasında ise, RNAV yaklaşma ve kalkış uygulamaları bulunmamaktadır. Bu çalışmaya benzer olarak, özellikle trafiği yoğun hava sahalarında RNAV prosedür tasarımları sürdürülmelidir.

- Terminal sahaların, RNAV prosedürler doğrultusunda tekrar tasarımı daha etkin bir trafik akışı ve hava sahasının daha verimli kullanılmasını sağlayacağı göz önünde tutularak Türk hava sahasındaki uçuş prosedürlerinin RNAV prosedürler doğrultusunda yeniden tasarımı gerçekleştirilmelidir.

- Özellikle yoğun hava sahaları için RNAV prosedür tasarımı gerçekleştirilerek terminal saha kapasiteleri artırılabilir.

- AIP RAC 4-3-1, RAC 4-3-2, RAC 4-3-3 incelendiğinde mevcut SID ve STAR yapısı Antalya TMA içindeki yüksek engellerden dolayı havaalanına oldukça yakın ve yüksek seviyelerde belirlenen yol minimaları nedeni ile uçaklar kalkıştan sonra AYT VOR/DME üzerine gelecek ve burada yol minimasına tırmandıktan sonra yola girecektir. Geliş trafikleri ise yol minimalarında terminal sahaya girecek ve AYT VOR/DME üzerine gelecek ve burada alçalacaktır. İşte bu nedenden dolayı mevcut prosedürler, geliş ve kalkışların birbirlerinden coğrafi olarak ayrılana kadar birbirlerinin seviyesini kesmesine imkan tanımamaktadır. Yoğun bir trafikte radar imkanlarından faydalanılmayarak, mevcut prosedürler kullanılarak çalışıldığında, trafiklerin uzun süre çok düşük seviyelerde bekleme paternlerinde alçalma ve tırmanma için bekleyecekleri çok net bir şekilde görülmektedir. Bu da uçuş maliyetlerini artırması ve hava trafik kontrol hizmetlerinin verimliliğini azaltması açısından dikkate alınıp çözüme kavuşturulması gereken bir problem olarak görünmektedir.

Tasarımlanan RNAV bekleme ve yaklaşma prosedürleri, TMA' daki problemlere çözümler getirmekle birlikte kalkış prosedürlerinde yapılacak yeni

tasarımlarla desteklenirse TMA' daki tıkanıklık, bekleme ve gecikmelerin ortadan kalkacağı görülmektedir.

Geliş trafikleri için tasarlanan WP' lerin kullanılan pist konfigürasyonuna bağılı olarak aynı zamanda kalkış trafikleri için kullanılmasıyla, geliş ve kalkış trafiklerinin birbirinden bağımsız olarak tırmanıp alçalabilecekleri ve uzun süre beklemelere maruz kalmadan hızlı bir trafik akışı sağlanabileceği, trafik akışına yönelik taktiksel uygulamaların desteğiyle TMA trafik kapasitesinin artırılıp, optimum etkinliğe ve verimliliğe ulaşılacağı görülmektedir. Bu çalışmaya yönelik öneriler şu şekilde sıralanabilir :

▲ İniş ve kalkış için 36 pisti kullanıldığında, ASLAN bekleme paterni geliş trafikleri 3000 feet ile 9000 feet arasında ve KAVAL bekleme paterni kalkış trafikleri için 3000 feet ile 9000 feet arasında, bekleme paternlerinin koruma alanlarının birbirini kesmemesi sebebi ile kullanılabilir. Bunun neticesinde, ASLAN bekleme paternindeki uçak iniş için alçalırken, aynı anda KAVAL bekleme paternindeki uçak tırmanabilir. AKTAS ve ZAFER bekleme paternleri FL 100 ve FL 200 arasında geliş trafikleri için kullanıldığında, geliş trafiklerine ilgili bekleme noktasına yapılacak kalkışın o noktaya kadar alması gereken uçuş seviyesinin 1000 feet üzerinde bir seviyede tutularak alçalması ASLAN bekleme paterni üzerinde yaptırılır. ASLAN bekleme paterninin her iki IAWP bekleme paterninin koruma alanı ile kesiştiği göz önünde bulundurularak, IAWP bekleme paternlerinde ASLAN IWP bekleme paterni üzerine serbest kılınan uçağın seviyesinde bir uçak bekletilmemeli, bu seviye boş bırakılmalıdır. Eğer daha düşük seviyede bekleyen trafiklerimiz varsa ilgili trafiğimiz bu trafiklerin boşalttığı seviyeler göz önünde bulundurularak alçaltılmalıdır. Böyle bir taktiksel yöntem uygulanarak kalkış trafiğinin istediği seviyeye ve yoluna bir an önce ulaşması sağlanacaktır. Aynı zamanda geliş trafikleri de alçalmalarını daha hızlı ve emniyetli bir şekilde yapabilecektir.

▲ İniş ve kalkış için 18 pisti kullanıldığında, KAVAL bekleme paterni geliş trafikleri 3000 feet ile 9000 feet arasında ve ASLAN bekleme paterni kalkış trafikleri için 3000 feet ile 9000 feet arasında, bekleme paternlerinin koruma alanlarının birbirini kesmemesi sebebi ile kullanılabilir. Bunun neticesinde, KAVAL bekleme paternindeki uçak iniş için alçalırken, aynı anda

ASLAN bekleme paternindeki uçak tırmanabilir. AKTAS ve ZAFER bekleme paternleri FL 100 ve FL 200 arasında geliş trafikleri için kullanıldığında, geliş trafiklerine ilgili bekleme noktasına yapılacak kalkışın o noktaya kadar alması gereken uçuş seviyesinin 1000 feet üzerinde bir seviyede tutularak alçılması KAVAL bekleme paterni üzerinde yaptırılır. KAVAL bekleme paterninin her iki IAWP bekleme paterninin koruma alanı ile kesiştiği göz önünde bulundurularak, IAWP bekleme paternlerinde KAVAL IWP bekleme paterni üzerine serbest kılınan uçağın seviyesinde bir uçak bekletilmemeli bu seviye boş bırakılmalıdır. Eğer daha düşük seviyede bekleyen trafiklerimiz varsa ilgili trafiğimiz bu trafiklerin boşalttığı seviyeler göz önünde bulundurularak alçaltılmalıdır. Böyle bir taktiksel yöntem uygulanarak kalkış trafiğinin istediği seviyeye ve yoluna bir an önce ulaşması sağlanacaktır. Aynı zamanda geliş trafikleri de alçalmalarını daha hızlı ve emniyetli bir şekilde yapabilecektir.

KAYNAKLAR

1. USANMAZ, O., *Aletli Yaklaşma Prosedürleri Ders Notları*, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu, Eskişehir, (2001).
2. <http://www.ivpa.com/vta/gschool/iaps-1.htm>
3. USANMAZ, O. ve AKTAŞ, R., *Aletli Yaklaşma Prosedürleri*, III. Kayseri Sivil Havacılık Sempozyumu, (2000).
4. International Civil Aviation Organisation (ICAO), *Procedures for Air Navigation Services-Aircraft Operations (Doc 8168 PANS-OPS)*, Volume II, Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, (1993).
5. USANMAZ, O., *Hava Alanlarına GPS ile Yaklaşma ve İnişlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Tasarımı*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye (1998).
6. http://www.ar-group.com/airmail/99-07-08/ioc_clmn.htm
7. http://www.ar-group.com/airmail/99-09-10/ioc_clmn.htm
8. http://www.ar-group.com/airmail/99-11-12/ioc_clmn.htm
9. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, *Havacılık Enformasyon Yayını (AIP)*, Cilt I, Bekleme, Yaklaşma, Kalkış Kuralları, ENR 1.5-6, (2001).
10. <http://www.asap.sk/frames.htm>
11. USANMAZ, O., *Hava Sahasında RNAV Prosedürler*, IV. Kayseri Havacılık Sempozyumu, (2002).
12. <http://www.ecacnav.com/rnav/b-rnav/whatisb-rnav.htm>
13. <http://www.ecacnav.com/rnav/p-rnav/default.htm>
14. <http://www.ecacnav.com/rnav/default.htm>
15. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, *Havacılık Talimatı*, SHT-0014 01, (1997).
16. EUROCONTROL, *Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for DME/DME and GNSS Area Navigation*, (1999)

17. OKTAL, H., DÜZTEPELİLER, Z. ve LİK, H., *Radyo Seyrüsefer*, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulu, Eskişehir, (2001).
18. HELFRICK, A. D, *Modern Aviation Electronics*, Embry-Riddle Aeronautical University, Florida, USA, (1994).
19. Department of Transportation, *United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPS) (8260.3b)*, (1993).
20. GALOTTI, Jr. ve VINCENT, P., *FANS*, Ashgate, England, (1997).
21. <http://spacecom.grc.nasa.gov/GNSS-Whatisit?>
22. OKTAL, H., *Radyo Seyrüsefer Yardımcıları Ders Notları*, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulu, Eskişehir, (2000).
23. DELİPİNAR, E., *Modern Yolcu Uçaklarında Uçuş Yönetim Sistemine Girilen Maliyet Katsayı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, (2001).
24. EUROCONTROL, *Navigation Strategy for ECAC*, (1999).
25. Department of Transportation, *United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPS) (8260.36A)*, (1995).
26. Department of Transportation, *United States Standard for Terminal Instrument Procedures (TERPS) (8260.44A)*, (2000).
27. BELIN, E., *Procedures Design Criteria*, DGAC-ENAC, (1997).
28. International Civil Aviation Organisation (ICAO), *Manuel on Required Navigation Performance (RNP) (Doc 9613-AN/937)*, 1993
29. EUROCONTROL, *Ground Based Augmentation System-RNP*, (2000).
30. <http://www.ecacnav.com/rnav/RNP.htm>
31. EUROCONTROL, *Eurocontrol Standart Document for Area Navigation Equipment Operational Requirements and Functional Requirements (003-93)*, (1998).
32. COURTIER, Y., *RNP RNAV*, Eurocontrol, (1998).
33. <http://www.asap.sk/ASAPwebap1.htm#RNPh0>

34. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, *Havacılık Enformasyon Yayını (AIP)*, Cilt II, Yerel Trafik Düzenlemeleri, AD 2 LTAI-8, (2002).

Ek 1. Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 15°)

TAS (kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Yatış Açısı Değişimi %	Minimum Mesafe (NM)																				
50	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6
55	0.7	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1
60	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.1	2.5	2.9	3.2	3.7	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.7
65	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0	5.6	6.1	6.7	7.3
70	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.5	2.9	3.4	3.8	4.3	4.9	5.4	6.0	6.6	7.3	8.0
75	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.7	5.3	5.9	6.6	7.2	7.9	8.7
80	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	3.0	3.4	4.0	4.5	5.1	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.4
85	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.2	7.0	7.7	8.5	9.4	10.3
90	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.5	4.0	4.7	5.3	6.0	6.8	7.5	8.4	9.3	10.2	11.1
95	1.2	1.4	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.8	4.4	5.0	5.8	6.5	7.3	8.2	9.1	10.1	11.1	12.1
100	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4	4.1	4.7	5.5	6.3	7.1	8.0	8.9	9.9	10.9	12.0	13.2
105	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.4	5.2	5.9	6.8	7.7	8.7	9.7	10.8	11.9	13.1	14.3
110	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.9	5.8	6.5	7.4	8.4	9.5	10.6	11.7	13.0	14.3	15.6
115	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	5.3	6.1	7.1	8.1	9.2	10.3	11.6	12.9	14.2	15.6	17.1
120	1.8	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.0	4.4	4.9	5.8	6.7	7.8	8.9	10.1	11.4	12.7	14.1	15.6	17.2	18.8

Ek 2. Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 20°)

TAS (kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Yol Açısı Değişimi α	Minimum Mesafe (NM)																				
550	0.5	0.6	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	2.8	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2
55	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6
60	0.8	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.6	3.9	4.3	4.7	6.1
65	0.8	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.2	4.6	6.1	6.6
70	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	6.0	6.6	6.0
75	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.6	6.0	6.6	6.0	6.6
80	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	1.9	1.9	2.3	2.8	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	6.4	6.9	6.6	7.1
85	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.8	1.7	1.9	2.1	2.4	2.8	3.3	3.7	4.2	4.7	6.3	6.8	6.4	7.1	7.7
90	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.6	3.1	3.6	4.0	4.5	5.1	6.7	6.3	7.0	7.6	8.4
95	0.9	1.1	1.2	1.3	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.9	3.3	3.8	4.3	4.9	5.5	6.2	6.8	7.6	8.3	9.1
100	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.3	6.0	6.7	7.4	8.2	9.0	9.8
105	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.3	3.9	4.5	5.1	5.8	6.5	7.3	8.1	8.9	9.8	10.7
110	1.2	1.3	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	3.6	4.2	4.9	5.6	6.3	7.1	7.9	8.8	9.7	10.7	11.7
115	1.3	1.4	1.8	1.8	2.1	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	4.0	4.6	5.3	6.1	6.9	7.7	8.6	9.6	10.6	11.7	12.8
120	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.7	4.3	5.0	5.8	6.7	7.5	8.5	9.6	10.6	11.7	12.8	14.0

Ek 3. Fly-by Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 25°)

TAS (kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Yol Açı Değişimi α	Minimum Mesafe (NM)																				
550	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4
55	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
60	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.8	4.1
65	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.5
70	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8
75	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.3
80	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7
85	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6	6.2
90	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.1	2.6	2.8	3.2	3.6	4.1	4.6	5.0	5.6	6.1	6.7
95	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.0	6.6	7.2
100	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8	5.3	5.9	6.5	7.2	7.8
105	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.6
110	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.9	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.7	8.6	9.5
115	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.2	3.7	4.2	4.8	5.5	6.1	6.9	7.6	8.4	9.2	10.1
120	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.5	4.0	4.6	5.3	6.0	6.7	7.5	8.3	9.2	10.1	11.1

Ek 4. Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 15°)

Yol Açı Değişimi α	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
45	2.1	2.4	2.9	3.1	3.6	3.9	4.3	4.7	5.2	5.7	6.7	7.8	9.0	10.2	13.0
55	2.3	2.8	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	7.2	8.4	9.7	11.1	14.1
60	2.4	2.9	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.6	7.8	9.1	10.4	11.9	15.2
65	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.3	5.9	6.4	7.0	8.3	9.7	11.2	12.8	16.3
70	2.8	3.2	3.6	4.1	4.6	5.1	5.7	6.2	6.9	7.5	8.9	10.3	11.9	13.6	17.4
75	2.9	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	7.9	9.4	11.0	12.7	14.5	18.5
80	3.1	3.5	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.9	11.6	13.4	15.3	19.5
85	3.2	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	8.0	8.8	10.4	12.2	14.1	16.1	20.5
90	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.3	6.9	7.7	8.4	9.2	10.9	12.7	14.7	16.8	21.5
95	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5	7.2	8.0	8.8	9.6	11.4	13.3	15.3	17.5	22.4
100	3.6	4.2	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5	8.3	9.1	10.0	11.8	13.8	15.9	18.2	23.3
105	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.3	12.2	14.3	16.5	18.9	24.1
110	3.9	4.4	5.1	5.7	6.4	7.2	8.0	8.8	9.7	10.6	12.6	14.7	17.0	19.4	24.8
115	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	10.0	10.9	12.9	15.1	17.4	20.0	25.5
120	4.0	4.7	5.3	6.0	6.8	7.6	8.4	9.3	10.2	11.1	13.2	15.4	17.8	20.4	26.1

Ek 5. Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 20°)

Yol Açı Değişimi α	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
50	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	5.0	6.2	7.1	8.1	10.3
55	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.9	5.7	6.6	7.6	8.7	11.1
60	2.0	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.2	6.1	7.1	8.2	9.3	11.9
65	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6	6.5	7.6	8.7	10.0	12.7
70	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.9	8.1	9.3	10.6	13.5
75	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	7.3	8.5	9.8	11.2	14.3
80	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	4.9	5.4	6.0	6.5	7.7	9.0	10.3	11.8	15.1
85	2.6	2.9	3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	8.1	9.4	10.9	12.4	15.8
90	2.7	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.5	7.1	8.4	9.8	11.3	13.0	16.5
95	2.8	3.1	3.6	4.0	4.6	5.1	5.6	6.2	6.8	7.4	8.8	10.2	11.8	13.5	17.2
100	2.9	3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8	6.4	7.0	7.7	9.1	10.6	12.2	14.0	17.8
105	3.0	3.4	3.9	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	7.9	9.4	10.9	12.6	14.4	18.4
110	3.0	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.7	11.3	13.0	14.9	19.0
115	3.1	3.5	4.0	4.5	5.1	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.9	11.6	13.3	15.3	19.6
120	3.2	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	10.1	11.8	13.6	15.6	19.9

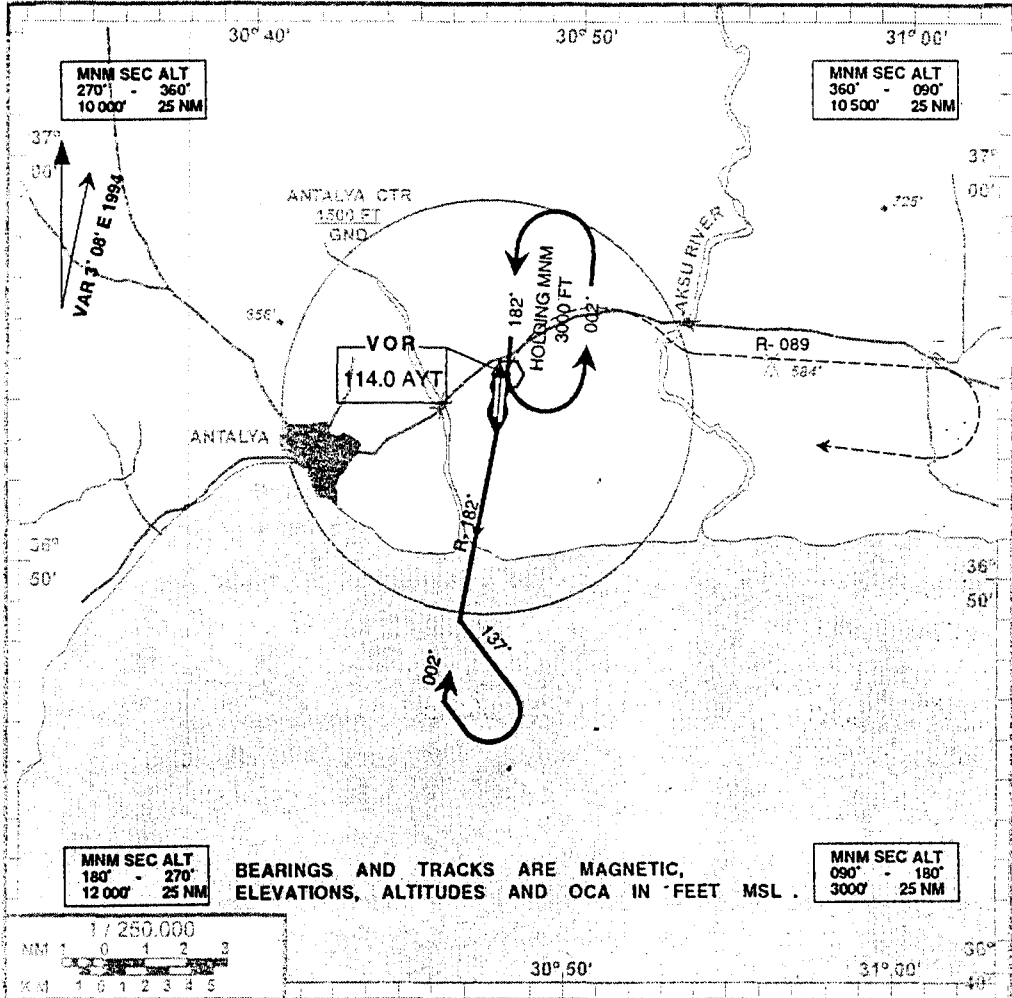
Ek 6. Fly-over Geçişler İçin En Az Safha Uzunluğu (Yatış Açısı 25°)

Yol Açısı Değişimi α	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
55	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.5	5.2	6.0	6.9	8.8
65	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.8	5.6	6.4	7.3	9.2
60	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.9	6.8	7.9	9.9
65	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	5.4	6.3	7.2	8.3	10.5
70	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.7	6.7	7.7	8.7	11.1
75	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	6.0	7.0	8.1	9.2	11.7
80	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.4	6.3	7.4	8.5	9.7	12.3
85	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.6	7.7	8.9	10.1	12.9
90	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.9	8.0	9.3	10.6	13.5
95	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	7.2	8.4	9.6	11.0	14.0
100	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.3	7.4	8.6	10.0	11.4	14.5
105	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.5	7.7	8.9	10.3	11.7	15.0
110	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.5	5.0	5.6	6.1	6.7	7.9	9.2	10.6	12.1	15.4
115	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	8.1	9.4	10.8	12.4	15.8
120	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.8	5.3	5.8	6.4	7.0	8.2	9.6	11.1	12.6	16.1

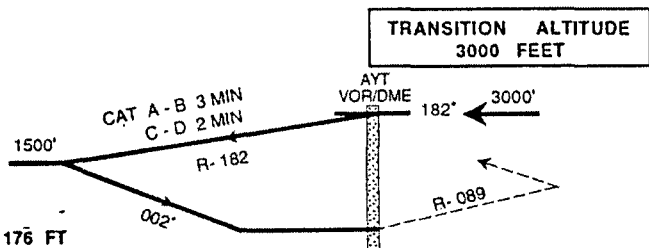
INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO ELEV 177 FT

APP :128.3 - 122.05 - 362.3
TWR :126.1 - 257.8
GND : 121.9

ANTALYA/TURKEY
VOR RWY 36 R
VOR RWY 36 L



MISSED APPROACH
RIGHT TURN CLIMB TO 2000 FT ON
R-089 FROM VOR THEN RIGHT
CLIMBING TO 3000 FT
PROCEED TO VOR AND HOLD



THR ELEV RWYs 36 R AND L : 176 FT

CHANGES - NEW D-VOR INSTALLATION

CATEGORY	A	B	C	D
OCA (H) STRAIGHT - IN	510' (334')			
OCA (H) CIRCLING	650' (473')			750' (573')

21 MAY 1998/54

DHMI - ANKARA

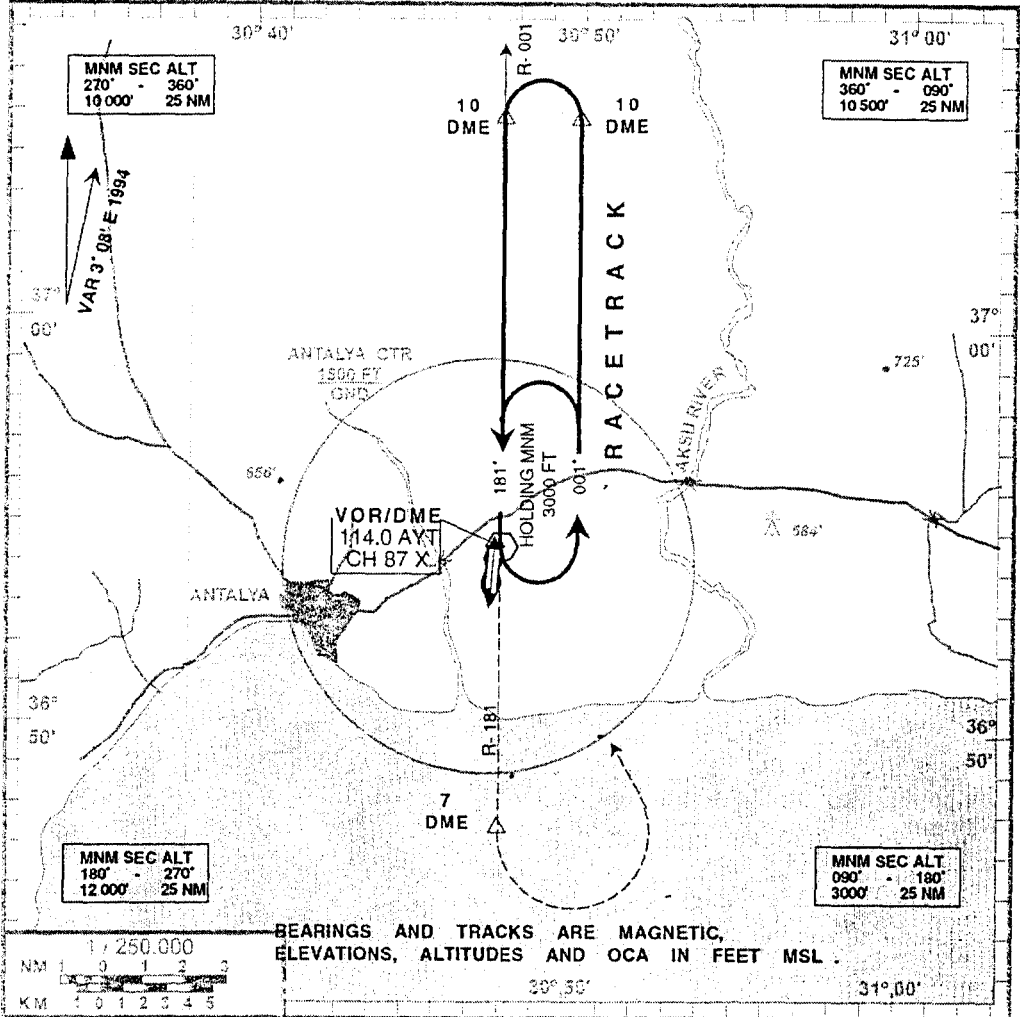
LTAI IAL B

Ek 9. Antalya Meydanı 36 Pisti VOR Yaklaşması

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO ELEV 177 FT

APP :128.3 - 122.05 - 362.3
TWR :126.1 - 257.8
GND : 121.9

ANTALYA / TURKEY
VOR/DME RWY 18 L/R

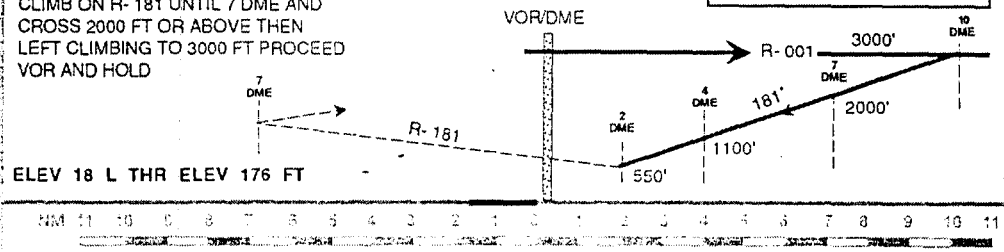


MISSED APPROACH

CLIMB ON R-181 UNTIL 7 DME AND CROSS 2000 FT OR ABOVE THEN LEFT CLIMBING TO 3000 FT PROCEED VOR AND HOLD

TRANSITION ALTITUDE
3000 FEET

ELEV 18 L THR ELEV 176 FT



CATEGORY	A	B	C	D
OCA (H) STRAIGHT - IN			550' (374')	
OCA (H) CIRCLING		650' (473')		750' (573')

21 MAY 1998/54

DHMI - ANKARA

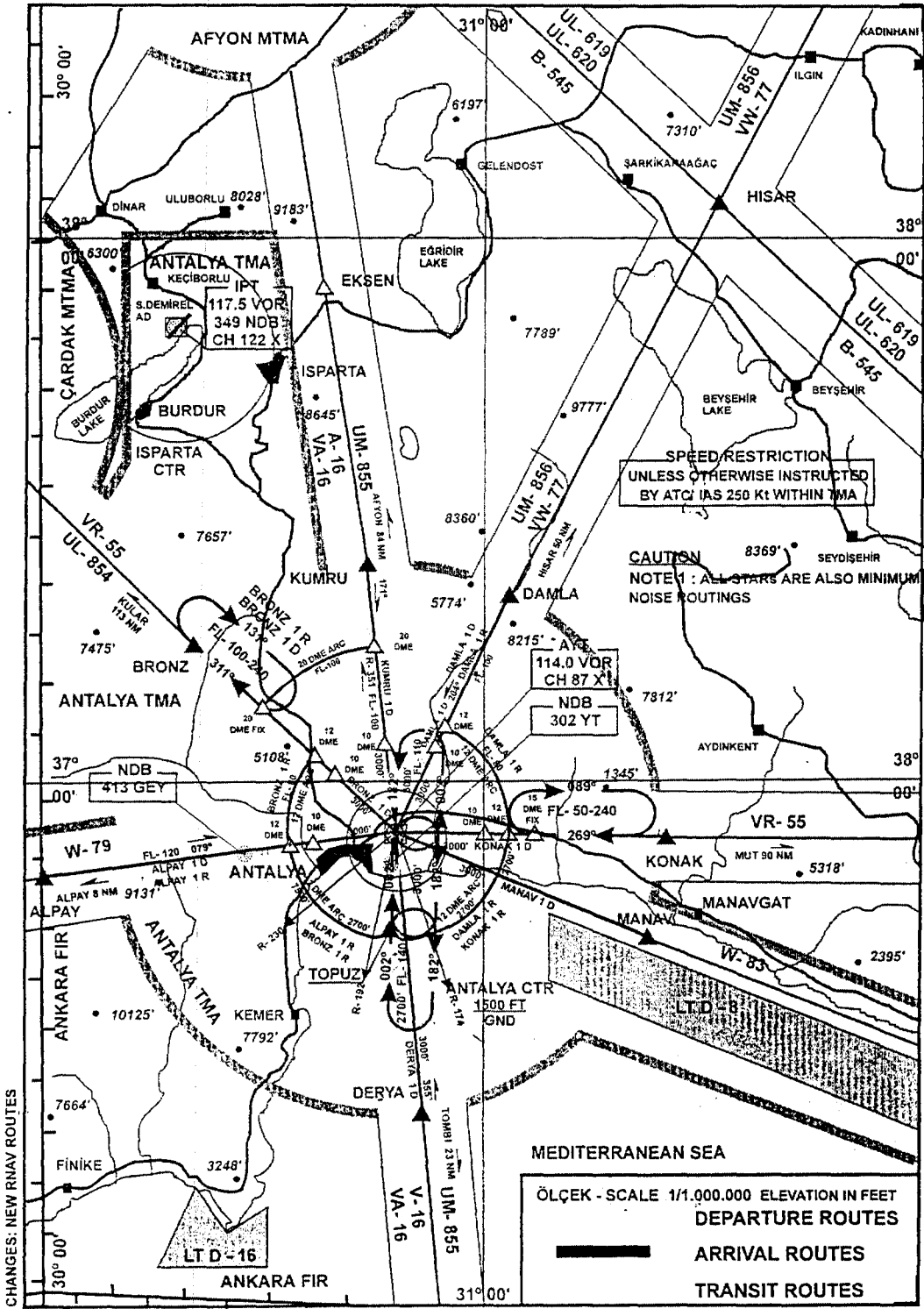
LTAI IAL G

Ek 10. Antalya Meydanı 18 Pisti VOR/DME Yaklaşması

ANTALYA AIRPORT STANDARD ARRIVAL ROUTES
(BASED ON AYT VOR/DME)

AIP - TURKEY

RAC 4-3-1



CHANGES: NEW RNAV ROUTES

DHMI - ANKARA

22 APR 1999/65

Ek 11. Antalya Meydanı Standart Geliş Yolları