

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HAVALİMANLARINDA SİS HADİSESİNİN CAT KATEGORİLERİ
TEMELİNDE İNCELENMESİ VE YENİ BİR YAKLAŞIM OLARAK
RÜYETOĞRAFLARIN GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman TEK

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN

ŞUBAT 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HAVALİMANLARINDA SİS HADİSESİNİN CAT KATEGORİLERİ
TEMELİNDE İNCELENMESİ VE YENİ BİR YAKLAŞIM OLARAK
RÜYETOĞRAFLARIN GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Osman TEK
(511201040)**

Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Atmosfer Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN

ŞUBAT 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**INVESTIGATION OF FOG IN AIRPORTS BASED ON CAT CATEGORIES
AND THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF VISIONOGRAPHS AS A
NOVEL APPROACH**

M.Sc. THESIS

**Osman TEK
(511201040)**

Department of Meteorological Engineering

Atmospheric Sciences Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN

FEBRUARY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 511201040 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Osman TEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “HAVALİMANLARINDA SİS HADİSESİNİN CAT KATEGORİLERİ TEMELİNDE İNCELENMESİ VE YENİ BİR YAKLAŞIM OLARAK RÜYETOĞRAFLARIN GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ahmet ÖZTOPAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Mehmet Latif GÜLTEKİN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Teslim Tarihi : **03 Ocak 2024**
Savunma Tarihi : **07 Şubat 2024**





Sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, 2015-2023 yılları arasında ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında gerçekleşen sis hadiseleri için Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan; Batman Havalimanı, Diyarbakır Havalimanı, Mardin Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı ve İstanbul Havalimanı olmak üzere altı havalimanı, ILS kategorilerine göre, sis hadisesinin en etkili olduğu kasım, aralık, ocak ve şubat aylarındaki pist görüş mesafesi (RVR) verileri kullanılarak yeni bir yaklaşım olarak rüyetografların geliştirilmesi ve uygulanması yapılmıştır. Ancak 2018- 2023 yılları arasındaki verilerden 2023 yılına ait yalnızca ocak ve şubat ayları verileri kullanılmıştır. Ayrıca İstanbul Havalimanı 2018 yılında açıldığından, bu çalışmada sadece bu tarihten sonraki veriler dikkate alınmıştır.

Öncelikle bu tez çalışmamı yönlendiren, yüksek lisans eğitimimde bana yol gösteren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN'e teşekkürü borç bilirim. Çalışmada kullanılan verilerin sağlanmasında verdikleri desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) kurumuna teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen Öğretim Görevlisi Mehmet Seren Korkmaz ve Araş. Gör. Ali Osman Mut'a teşekkür ederim.

Ocak 2024

Osman Tek
(Meteoroloji Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xv
SEMBOLLER	xvii
ÇİZELGE LİSTESİ	xix
ŞEKİL LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxv
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amaç Ve Kapsamı	4
1.2 Literatür Araştırması	4
2. GENEL KISIMLAR	15
2.1. Havacılık Meteorolojisi	15
2.1.1 Buzlanma	16
2.1.2 Rüzgâr	16
2.1.3 Yağış	17
2.1.4 Sis hadisesi	17
2.1.4.1 Soğuma yoluyla oluşan sisler	18
2.1.4.2 Buharlaşma ve karışma yolu ile oluşan sisler	20
2.2 Sis Hadisesinin Görüş Üzerindeki Etkileri	21
2.2.1 Havacılıkta görüş kavramları	23
2.2.2 Sis hadisesini etkileyen meteorolojik parametreler	25
2.2.2.1 Bağıl nem	25
2.2.2.2 Çiy noktası (işba)	27
2.2.2.3 Rüzgâr hızı	28
2.2.2.4 Sıcaklık	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1 Materyal	31
3.1.1 Araştırma alanının genel tanıtımı	31
3.1.1.1 Ankara Esenboğa Havalimanı	32
3.1.1.2 İstanbul Havalimanı	33
3.1.1.3 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı	33
3.1.1.4 Batman Havalimanı	34
3.1.1.5 Diyarbakır Havalimanı	34
3.1.1.6 Mardin Havalimanı	35
3.1.2 Havacılık kodlamaları	36
3.1.3 RVR cihazları ve iniş kategorilerinin (CATI, CATII, CATIII) optimizasyonu	40
3.1.3.1 Kategori I (CAT I)	43
3.1.3.2 Kategori II (CAT II)	43

3.1.3.3 Kategori III (CAT III).....	44
3.2 Rüyetograf	45
3.2.1 Birim hidrograf mantığı	45
3.2.2 Yeni bir yaklaşım olan rüyetografin oluşturulması	47
3.2.2.1 Rüyetograf grafiğinin oluşturulması.....	47
3.2.2.2 Histogram ve AYDF grafiklerinin oluşturulması	53
3.2.3 Frekans analizlerinin yapılması	56
4. BULGULAR	59
4.1 Ankara Esenboğa Havalimanı Bulguları	59
4.1.1 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	59
4.1.2 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	60
4.1.3 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	62
4.1.4 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	63
4.1.5 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	64
4.1.6 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	66
4.1.7 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	68
4.1.8 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	68
4.1.9 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	71
4.2 Batman Havalimanı Bulguları	72
4.2.1 Batman Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	73
4.2.2 Batman Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması.. ..	73
4.2.3 Batman Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	75
4.2.4 Batman Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	77
4.2.5 Batman Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması.	77
4.2.6 Batman Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	80
4.2.7 Batman Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	81
4.2.8 Batman Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	82
4.2.9 Batman Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	84
4.3 Mardin Havalimanı Bulguları	85
4.3.1 Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	85

4.3.2 Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması ..	86
4.3.3 Mardin Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	88
4.3.4 Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	90
4.3.5 Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması .	90
4.3.6 Mardin Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	93
4.4 Diyarbakır Havalimanı Bulguları	94
4.4.1 Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	94
4.4.2 Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	95
4.4.3 Diyarbakır Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	97
4.4.4 Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	99
4.4.5 Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	99
4.4.6 Diyarbakır Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	102
4.4.7 Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	103
4.4.8 Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	104
4.4.9 Diyarbakır Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	106
4.5 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Bulguları	107
4.5.1 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	107
4.5.2 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	108
4.5.3 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	110
4.5.4 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	112
4.5.5 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	112
4.5.6 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	115
4.6 İstanbul Havalimanı Bulguları	116
4.6.1 İstanbul Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	117
4.6.2 İstanbul Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması .	117
4.6.3 İstanbul Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	119

4.6.4 İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi	121
4.6.5 İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması	121
4.6.6 İstanbul Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması	124
4.7 Rüyetografların Test Edilmesi	125
4.8 Frekans Analizi	130
4.8.1 Ankara Esenboğa Havalimanı frekans analizi	130
4.8.2 Batman Havalimanı frekans analizi	131
4.8.3 Diyarbakır Havalimanı frekans analizi	132
4.8.4 İstanbul Havalimanı frekans analizi	133
4.8.5 Mardin Havalimanı frekans analizi	134
4.8.6 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı frekans analizi	135
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR.....	145
ÖZGEÇMİŞ	151

KISALTMALAR

AWOS	: Automated Weather Observing System
AYDF	: Ampirik Yığışımlı Dağılım Fonksiyonu
CAT	: Kategori (Category)
CAT1BE	: Kategori I Başlangıç Evresi
CAT1KE	: Kategori II Kritik Evre
CAT1DE	: Kategori III Dağılıma Evresi
CAT2BE	: Kategori I Başlangıç Evresi
CAT2KE	: Kategori II Kritik Evre
CAT2DE	: Kategori III Dağılıma Evresi
CAT3BE	: Kategori I Başlangıç Evresi
CAT3KE	: Kategori II Kritik Evre
CAT3DE	: Kategori III Dağılıma Evresi
COVID-19	: Coronavirus Disease 2019 -2019 korona virüs hastalığı
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
ECDF	: Empirical Cumulative Distribution Function
EUROCONTROL	: Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı, European Civil Aviation Conference
FAA	: Federal Aviation Administration
IATA	: Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
ILS	: Aletli İniş Sistemi (Instrument Landing System)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
METAR	: Aviation Routine Weather Report (Havacılık Amaçlı Rutin Hava Raporu)
NTSB	: National Transportation Safety Board (Amerikan Ulusal Ulaştırma Güvenliği Kurulu)
OMGİ	: Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu
RPK	: Ücretli yolcu-km
RVR	: Pist Görüş Mesafesi (Runway Visual Range)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SIGMET	: Significant Meteorological Information
SPECİ	: Aviation Selected Special Weather Report (Havacılık Amaçlı Seçilmiş Özel Hava Raporu)
TAF	: Terminal Aerodrome Forecast (Havalimanı Hava Tahmin Raporu).
UTC	: Coordinated Universal Time
VOLMET	: Meteorological Information for Aircraft In Flight



SEMBOLLER

e	: Buhar Basıncı
e_s	: Doymuş Buhar Basıncı
ρ_d	: Kuru Havanın Yoğunluğu
ρ_v	: Su Buharının Yoğunluğu
RH	: Bağıl Nem
T	: Sıcaklık
t	: Zaman
T_d	: Çiy Noktası Sıcaklığı
T_{dd}	: Çiy Noktası Depresyonu
w_s	: Doymuş Karışma Oranı
w	: Karışma Oranı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : 2015- 2022 Ocak ayı CAT I evreleri geçen süreler.....	52
Çizelge 4.1 : 2015-2023 yılları altı havalimanı için oluşturulan rüyetografların değerleri.	126
Çizelge 4.2 : Batman Havalimanı test verileri.	127
Çizelge 4.3 : Diyarbakır Havalimanı test verileri.	128
Çizelge 4.4 : Mardin Havalimanı test verileri.....	130



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : EUROCONTROL 2020- 2021 yılı haftalık trafik değişimi.	2
Şekil 1.2 : EUROCONTROL tahmini uçuş grafiği.	3
Şekil 1.3 : 2011-2018 yılları arası meteorolojik koşullara bağlı iç hat divert oranları (Havacılık Meteorolojisi Komisyonu).	6
Şekil 2.1 : Havacılık terimlerinin görselleştirilmesi.	23
Şekil 2.2 : Hâkim rüyetin belirlenmesi (MGM, 2016).	25
Şekil 3.1 : Tez kapsamında çalışılan havalimanları konumları.	31
Şekil 3.2 : RVR cihazı ve pist üzerindeki ışıklandırmalar (URL-3).	42
Şekil 3.3 : Birim hidrograf modeli (Yıldız, 2017)	46
Şekil 3.4 : Bir günlük sis verisi.	47
Şekil 3.5 : CAT I Dağılımının %50'si rüyetografinin oluşturulması.	48
Şekil 3.6 : Sis hadisesi başlama evresinin belirlenmesi.	49
Şekil 3.7 : Sis hadisesi kritik evrenin belirlenmesi.	50
Şekil 3.8 : Sis hadisesi dağılma evresinin belirlenmesi	50
Şekil 3.9 : CAT I evrelerinin grafik üzerinde gösterimi.	51
Şekil 3.10 : CAT II evrelerinin grafik üzerinde gösterimi.	52
Şekil 3.11 : Logaritmik normal dağılım eğrisi (URL-5).	54
Şekil 3.12 : Histogram grafiği.	55
Şekil 3.13 : Örnek AYDF grafiği.	56
Şekil 3.14 : Dağılımın %50'si ve %80'e karşılık gelen değerlerin AYDF grafiğinin belirlenmesi.	56
Şekil 4.1 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri	59
Şekil 4.2 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	60
Şekil 4.3 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	61
Şekil 4.4 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	61
Şekil 4.5 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	62
Şekil 4.6 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	63
Şekil 4.7 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	64
Şekil 4.8 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	64
Şekil 4.9 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	65
Şekil 4.10 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	66
Şekil 4.11 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II %50 rüyetograf	67
Şekil 4.12 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	68
Şekil 4.13 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	68
Şekil 4.14 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	69

Şekil 4.15 : Ankara Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	70
Şekil 4.16 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	70
Şekil 4.17 : Ankara Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.	71
Şekil 4.18 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III %80 rüyetograf.	72
Şekil 4.19 : Batman Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri. ...	73
Şekil 4.20 : Batman Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	74
Şekil 4.21 : Batman Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	74
Şekil 4.22 : Batman Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	75
Şekil 4.23 : Batman Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	76
Şekil 4.24 : Batman Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	77
Şekil 4.25 : Batman Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri. ...	77
Şekil 4.26 : Batman Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	78
Şekil 4.27 : Batman Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	79
Şekil 4.28 : Batman Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	79
Şekil 4.29 : Batman Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.	80
Şekil 4.30 : Batman Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	81
Şekil 4.31 : Batman Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri. ...	82
Şekil 4.32 : Batman Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	82
Şekil 4.33 : Batman Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	83
Şekil 4.34 : Batman Havalimanı CAT III dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	83
Şekil 4.35 : Batman Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.	84
Şekil 4.36 : Batman Havalimanı CAT III %80 rüyetograf.	85
Şekil 4.37 : Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	86
Şekil 4.38 : Mardin Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	86
Şekil 4.39 : Mardin Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	87
Şekil 4.40 : Mardin Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	88
Şekil 4.41 : Mardin Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	89
Şekil 4.42 : Mardin Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	90
Şekil 4.43 : Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri. ...	90
Şekil 4.44 : Mardin Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	91
Şekil 4.45 : Mardin Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	92
Şekil 4.46 : Mardin Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	92
Şekil 4.47 : Mardin Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.	93

Şekil 4.48 : Mardin Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	94
Şekil 4.49 : Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	95
Şekil 4.50 : Diyarbakır Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	95
Şekil 4.51 : Diyarbakır Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	96
Şekil 4.52 : Diyarbakır Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	97
Şekil 4.53 : Diyarbakır Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	98
Şekil 4.54 : Diyarbakır Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	99
Şekil 4.55 : Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	99
Şekil 4.56 : Diyarbakır Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	100
Şekil 4.57 : Diyarbakır Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	101
Şekil 4.58 : Diyarbakır Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	101
Şekil 4.59 : Diyarbakır Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.	102
Şekil 4.60 : Diyarbakır Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	103
Şekil 4.61 : Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	104
Şekil 4.62 : Diyarbakır Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	104
Şekil 4.63 : Diyarbakır Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	105
Şekil 4.64 : Diyarbakır Havalimanı CAT III dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	105
Şekil 4.65 : Diyarbakır Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.	106
Şekil 4.66 : Diyarbakır Havalimanı CAT III %80 rüyetograf.	107
Şekil 4.67 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	108
Şekil 4.68 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	108
Şekil 4.69 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	109
Şekil 4.70 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I Dağılma Evresi Lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	110
Şekil 4.71 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	111
Şekil 4.72 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	112
Şekil 4.73 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	112
Şekil 4.74 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	113
Şekil 4.75 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	114
Şekil 4.76 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	114
Şekil 4.77 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.	115

Şekil 4.78 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	116
Şekil 4.79 : İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	117
Şekil 4.80 : İstanbul Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	118
Şekil 4.81 : İstanbul Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	118
Şekil 4.82 : İstanbul Havalimanı CAT I dağılıma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	119
Şekil 4.83 : İstanbul Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.	120
Şekil 4.84 : İstanbul Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.	121
Şekil 4.85 : İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.	121
Şekil 4.86 : İstanbul Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	122
Şekil 4.87 : İstanbul Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	123
Şekil 4.88 : İstanbul Havalimanı CAT II dağılıma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.	123
Şekil 4.89 : İstanbul Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.	124
Şekil 4.90 : İstanbul Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.	125
Şekil 4.91 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	131
Şekil 4.92 : Batman Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	132
Şekil 4.93 : Diyarbakır Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	133
Şekil 4.94 : İstanbul Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	134
Şekil 4.95 : Mardin Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	135
Şekil 4.96 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.	136
Şekil A.1 : Mardin Havalimanı RVR cihazları.	150

HAVALİMANLARINDA SİS HADİSESİNİN CAT KATEGORİLERİ TEMELİNDE İNCELENMESİ VE YENİ BİR YAKLAŞIM OLARAK RÜYETOĞRAFLARIN GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI

ÖZET

Gelişen havacılık sektörü, modern toplumların kültür, ekonomi ve ulaşım alanlarındaki gelişimini etkileyen bir anahtar olmuştur. Bu sektörün yarattığı etkiler, insan yaşamını zenginleştiren bir dizi faktörü içermektedir. Her alanda olduğu gibi havacılıkta birçok riski bünyesinde barındırır. Bu risklerin en önemlilerden biri meteorolojik koşullar olmaktadır. Fırtınaların, yoğun sisin, kar yağışının ve şiddetli rüzgarların etkisiyle uçuş güvenliği ciddi bir şekilde tehlikeye girebilmekte, uçuşların iptal edilmesine veya gecikmeli olarak gerçekleşmesine neden olabilmektedir. Bu tür olumsuz durumları önceden tahmin ederek ve önleyerek havacılık sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, meteorolojinin özel bir dalı olan havacılık meteorolojisi geliştirilmiştir. Bu alandaki uzmanlar tarafından, hava koşullarını dikkatle izleyerek güvenli uçuş koşullarını sağlamak için stratejiler geliştirip uçuş operasyonlarını etkileyebilecek herhangi bir olumsuz durumu önceden tespit etmek hedeflenmiştir.

Havacılıkta önemli risklerden olan meteorolojik koşulların başında; tahmini zor ve meteorolojik koşullardan en karmaşık faktör olan, sis hadisesi gelmektedir. Sis hadisesi, görüş mesafesini kısıtlayarak pilotların ve hava trafik kontrolörlerinin karar alma süreçlerini zorlaştırabilmektedir. Özellikle iniş ve kalkış aşamalarında, sisin varlığı uçuş güvenliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bu sebeple, havalimanlarında uçakların düşük görüş koşullarında güvenli bir şekilde iniş yapmalarına olanak sağlayan, Aletli İniş Sistemi (ILS) bulunmaktadır. ILS; kategori I, kategori II ve kategori III olmak üzere üç yaklaşımdan oluşmaktadır.

Bu tez kapsamında, 2015-2023 yılları arasında ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında gerçekleşen sis hadiseleri için Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan; Batman Havalimanı, Diyarbakır Havalimanı, Mardin Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı ve İstanbul Havalimanı olmak üzere altı havalimanı, ILS kategorilerine göre, sis hadisesinin en etkili olduğu kasım, aralık, ocak ve şubat aylarındaki RVR (Pist Görüş Mesafesi) verileri kullanılarak yeni bir yaklaşım olarak rüyetografların geliştirilmesi ve uygulanması yapılmıştır. Ancak 2018- 2023 yılları arasındaki verilerden 2023 yılına ait yalnızca ocak ve şubat ayları verileri kullanılmıştır. Ayrıca İstanbul Havalimanı 2018 yılında açıldığından, bu çalışmada sadece bu tarihten sonraki veriler dikkate alınmıştır. Bu günlerde yaşanan sis hadisesini daha etkili bir şekilde anlamak ve uçuş planlaması sırasında olası sorunları en aza indirmek amacıyla, her bir sis hasisesini üç aşamaya (başlangıç evresi, kritik evre, dağılma evresi) ayıran bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde başlangıç evresi, sisin düşmeye başladığı anı temsil eder ve CAT (550m, 350m, 200m) sınırına ulaşana kadar olan süreyi kapsar. Kritik Evre, sisin CAT (550m, 350m, 200m) sınırını geçip daha sonra tekrar bu sınıra geri dönme süresidir. Dağılma Evresi ise sisin dağılmaya başladığı ve pist görüş mesafesinin CAT (550m, 350m, 200m) sınırlarının üzerine çıktığı süreyi temsil etmektedir.

Daha sonrasında, R programı kullanılarak her bir evre için sisin etkilerini daha iyi anlamak amacıyla dağılımın yüzde 50'si ve yüzde 80'i kullanılarak AYDF (Ampirik Yığılımlı Dağılım Fonksiyonu) analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, çalışılan her

havalimanı için başlama, kritik ve dağılma evrelerinde geçen süreleri dakika cinsinden ortaya koymuştur. Ek olarak çalışılan her havalimanı için CAT I kategorisi baz alınarak pist görüş mesafesinin 550m altında olduğu kritik evrenin başlangıç ve bitiş saatleri belirlenip frekans analizi yapılarak riskli saatler belirlenmiştir. Frekans analiziyle uçağın inemediği saat dilimleri içinde riskli saatler “en riskli”, “orta riskli” ve “az riskli” olarak belirlenmiştir. Frekans analizinin amacı, uçuş planlaması yapılırken en uygun saatleri seçerek uçuşların rötara uğramasını, divert ve iptal edilmesini en aza indirmek için havayolu şirketlerine ve havalimanı işletmecilerine rehberlik edebilmektedir.

Yapılan bu analizler sonucunda, çalışılan her bir havalimanının sisin yıl boyunca nasıl değiştiğini göstermek amacıyla; CAT I, CAT II, CAT III kategorilerine göre, dağılımın %50'si ve %80'i için; bir akarsuda meydana gelen taşkın olayını, sis hadisesinin bir bölgedeki birikmesi ve görüşü kapatması olarak düşünülmüştür. Bu sebeple, taşkın olayında kullanılan birim hidrograf modelinden geliştirilen, yeni bir yaklaşım modeli olan “rüyetograf” oluşturulmuştur. Rüyetograflar CAT kategorileri sınırını baz alarak başlangıç, kritik ve dağılma olmak üzere üç aşamalı şekilde oluşturulmuştur.

Oluşturulan rüyetograf sayesinde havalimanlarında yaşanan sis hadisesinin karmaşık yapısını tahmin edebilmek, planlayabilmek ve standartlaştırılmış hale getirilmesi mümkün kılınmıştır.

Tez sonuçlarına göre; Ankara Esenboğa Havalimanı için 04:30-07:00 (UTC), Batman Havalimanı için 02:00-06:00 (UTC), Diyarbakır Havalimanı için 00:00-06:30 (UTC), İstanbul Havalimanı için 02:30-03:30, Mardin Havalimanı için 04:00-06:30 (UTC), İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı için 00:30-02:00 ve 04:00-06:00 zaman dilimlerinin sis hadisesinin gerçekleşme ihtimalleri açısından en riskli saatler olduğu belirlenmiştir. Altı havalimanında da sis hadisesinin yaşandığı riskli saatler yeryüzeyinin soğumaya başladığı saatlerden itibaren güneşin doğuşuna kadar olan zaman dilimi olduğu görülmektedir. Bu duruma aykırı bir hadise görülmemektedir.

CAT III kategorisine sahip olan Ankara Esenboğa Havalimanında, sis hadisesi yaşanan günlerin genellikle başlangıç evreleri dağılma evrelerinden daha uzun sürdüğü sonucuna varılmıştır. Mardin Havalimanında radyasyon sisi etkisinin hâkim sürmesi ve sis hadiseleri çok ani bir şekilde CAT kategorileri sınırlarının atına indiği belirlenmiştir.

Diyarbakır Havalimanı ve Batman Havalimanı yakınından geçen nehir, sis hadisesinin ani bir şekilde yaşanmasına sebep olmaktadır. İstanbul Havalimanı ve İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nda deniz etkisi altında olduğu görülmektedir ancak konum sebebiyle birbirileri ile benzerlik göstermemektedir.

Yeni bir yaklaşım modeli olarak “rüyetografların” geliştirilmesi ve uygulanması, her bir havalimanı için özelleştirilmiş olarak, havayolu endüstrisi için kapsamlı bir kaynak olma potansiyeline sahiptir. Sis olaylarının yıl boyunca nasıl değiştiğini anlamak, operasyonel maliyetleri azaltmak ve uçuş planlamasını optimize etmek amacıyla stratejiler geliştirmeye yönelik olarak kullanılabilirler. Frekans analizleri, havayolu şirketleri ve havalimanı işletmecileri için önemli bir kaynak olabilir, çünkü uçuş planlaması sırasında en uygun saatleri seçmek ve uçuşların rötara uğramasını, divert olmasını ve iptal edilmesini en aza indirmek amacıyla kullanılabilir.

INVESTIGATION OF FOG IN AIRPORTS BASED ON CAT CATEGORIES AND THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF VISIONOGRAPHS AS A NOVEL APPROACH

SUMMARY

The developing aviation sector plays a crucial role in developing modern societies in cultural, economic and transportation aspects. The impacts created by this sector include a number of factors that enhance human life. Meteorological factors are an important factor that highlights the complexity and sensitivity of the aviation industry. Compared to other modes of transportation, the aviation sector is more affected by meteorological factors. Aviation activities are highly dependent on weather conditions for safety and efficiency. Pilots make flight plans in line with weather forecasts and make decisions based on these forecasts during the flight. Airports organize their operations according to weather conditions and take the necessary precautions for flight safety. Like any field, aviation presents numerous risks, with meteorological conditions being the most significant. Adverse weather phenomena such as storms, dense fog, heavy snow, and strong winds can severely compromise flight safety, leading to the cancellation or delay of flights. To address these challenges, the specialized field of aviation meteorology has emerged. It focuses on forecasting and mitigating such detrimental conditions to support the aviation industry. Experts in this field aim to develop strategies to ensure safe flight conditions by carefully monitoring weather conditions and to detect any negative situations that may affect flight operations in advance.

According to the results of the October 2023 Air Traffic Operations Report by EUROCONTROL; When the current situation in Türkiye is examined, in terms of air traffic, our country ranks sixth among the countries with the most intensive landing and takeoff management in Europe, with 948 thousand flights, according to last year's results. As of 2023, Turkish Airlines (THY) ranks third among the airlines operating the most flights with an average of 1,454 flights per day. Istanbul Airport is the busiest airport in Europe with an average of 1,390 flights per day.

These statistics show once again that Türkiye has an impressive performance in the aviation sector and hosts a large air traffic. Thus; Our country stood out among the countries experiencing a rapid normalization process in the aviation sector after the COVID-19 pandemic. This success was possible thanks to the effective support provided to the sector and the correct measures taken during the pandemic period (SHGM, 2022). The aviation sector has shown a faster recovery compared to other countries. The effective implementation of supports for the sector during the pandemic and the controlled removal of travel restrictions are the main reasons for this rapid recovery. In addition, the aviation industry attaches great importance to safety and hygiene standards, allowing passengers to travel safely.

Aviation activities are considered a fragile industry under the influence of many factors and may be disrupted for various reasons. These reasons may include weather conditions, technical problems, airport operations, air traffic control, or even political or security issues. Weather conditions seriously affect aviation activities. Meteorological conditions such as storms, dense fog, snowfall and strong winds can jeopardize flight safety and cause flights to be canceled or delayed.

One critical meteorological condition in aviation is fog, which stands as the most challenging to predict and the most complex among meteorological phenomena. Fog significantly reduces visibility, complicating the decision-making processes for pilots and air traffic controllers. The presence of fog has a direct impact on flight safety, especially during the landing and take-off phases. To mitigate these risks, airports are equipped with an Instrument Landing System (ILS), designed to enable safe landing even in low visibility conditions. The ILS is categorized into three types: category I, category II, and category III.

In this thesis, an analysis was conducted on the occurrence of fog in various regions of Türkiye from 2015 to 2023. Six airports were selected for the study based on their ILS categories. These airports are Batman Airport, Diyarbakır Airport, Mardin Airport, Istanbul Airport, Istanbul Sabiha Gökçen Airport, and Ankara Esenboğa Airport. The research focused on november, december, january, and february, the months when fog is most prevalent. The foggy days at these airports were identified using RVR (Runway Visual Range) data. To better understand and manage the impact of fog on flight planning, a method categorizing each fog event into three stages was developed: the initial phase, the critical phase, and the dissipation phase. In this method, the Inception phase represents the moment when the fog begins to fall and covers the period until it reaches the CAT (550m, 350m, 200m) limit. The critical phase is the time when the fog passes the CAT (550m, 350m, 200m) boundary and then returns to this boundary. The dissipation phase represents the period when the fog begins to dissipate and the runway visibility exceeds the CAT (550m, 350m, 200m) limits.

ECDF (Empirical Cumulative Distribution Function) analysis was conducted using the R programming language. This analysis focused on 50 percent and 80 percent of the distribution to gain a deeper understanding of the fog's effects during each phase. The analysis provided insights into the duration of the initial, critical, and dissipation phases of fog at each airport under study. In addition, for each airport studied, the start and end times of the critical phase, characterized by runway visibility lower than 550m, were determined based on the CAT I category. Risky hours during this phase were determined through frequency analysis. This analysis categorized the hours when landing was most challenging into three risk levels: 'most risky,' 'medium risk,' and 'low risk.' The goal of this frequency analysis is to aid airlines and airport authorities in minimizing flight delays, diversions, and cancellations by selecting optimal times for flight scheduling.

As a result of these analyses, to illustrate the yearly variation of fog at each studied airport, the data was categorized according to CAT I, CAT II, CAT III levels for 50% and 80% of the distribution. The flood occurring in a stream is thought to be the accumulation of fog in an area and obscuring the view. For this reason, a new approach model, the "visionograph"(rüyetograf), was created, developed from the unit hydrograph model used in flood events. Visionographs were created in three stages: initial, critical and dispersion, based on the CAT category border.

The development of visionographs enabled more effective prediction, planning, and standardization of the complex structure of the fog experienced at airports.

According to the results of the thesis, the riskiest hours for fog occurrence at each airport were identified as follows: For Ankara Esenboğa Airport, it's from 04:30 to 07:00 UTC; for Batman Airport, from 02:00 to 06:00 UTC; for Diyarbakır Airport, from 00:00 to 06:30 UTC; for Istanbul Airport, from 02:30 to 03:30 UTC; for Mardin

Airport, from 04:00 to 06:30 UTC; and for Istanbul Sabiha Gökçen Airport, from 00:30 to 02:00 and 04:00 to 06:00 UTC. It was observed that the risky hours for fog at all six airports consistently fall within the period from when the ground begins to cool overnight until sunrise, with no exceptions to this pattern.

The study concluded that at Ankara Esenboğa Airport, which is equipped with CAT III capabilities, the initial phases of foggy days typically last longer than the dissipation phases. At Mardin Airport, the prevalence of radiation fog has been noted, with fog events frequently dropping below the CAT category limits unexpectedly. The proximity of a river near Diyarbakır Airport and Batman Airport has been identified as a cause of sudden fog formation. While both Istanbul Airport and Istanbul Sabiha Gökçen Airport are influenced by their proximity to the sea, their fog patterns are distinct due to their different locations.

The development and application of visionographs as a new approach model, customized for each airport, has the potential to be a comprehensive resource for the airline industry. They can be used to understand how fog events vary throughout the year and develop strategies to reduce operational costs and optimize flight planning. Frequency analysis can be an important resource for airlines and airport operators because it can be used during flight planning to select optimal times and minimize flight delays, diverts and cancellation.

As a result of the analyzes carried out within the scope of the thesis, fog events occurring in November and December 2023 were examined and compared with the visionographs in order to test the accuracy of the created visionographs. All examinations carried out on Batman, Mardin and Diyarbakır Airports show that visionographs created for 50% of the ECDF distribution provide results that are more compatible with those for 80%. Critical phase periods occurred less frequently; As a result, examining each fog case in detail and testing it with monthly visionographs will help us reach more accurate results.

It is thought that determining the fall rates of fog events as a result of analyzing the reductions in visibility with airport unit visionographs can provide significant convenience to flight operations experts and airport meteorology office personnel in estimating the onset and dissipation times of fog events. This analysis reveals that understanding the fog event climatology at airports can contribute to more orderly flight activities by taking it into account in the planning for flight operations. This approach is also considered to be able to help models designed for airports become more effective and accurate by providing fog climatology information to fog forecast models. The analysis provides the opportunity for stakeholders in the aviation industry to determine optimal operational arrangements and make effective planning. By implementing this approach, it is aimed to carry out flights in a more regular and uninterrupted manner, increasing operational efficiency and preventing potential disruptions.

Fog phenomenon is the most complex and most difficult to predict meteorological parameter in meteorology. For this reason, existing models and forecasting systems have difficulty making accurate predictions. If at least 30 years of data are examined, it is thought that the visionograph model, which is a new approach, may be more useful in solving the complex structure of the fog phenomenon. Additionally, considering that meteorological conditions vary on a monthly basis, monthly visionographs with more data in the future will produce better results.



1. GİRİŞ

Havacılık, tarih boyunca farklı milletlerde farklı dönemlerde büyük ilgi uyandırmış ve uçuş arzusu sürekli olarak evrilen bir konu olmuştur. Wright Kardeşler, 17 Aralık 1903 tarihinde Kitty Hawk, Kuzey Carolina'da “Wright Flyer” adlı motorlu uçaklarıyla tarihi ilk motorlu uçuşu gerçekleştirmişlerdir. Bu olay, modern havacılığın başlangıcı olmuş ve yeni bir ulaşım biçiminin doğmasına vesile olmuştur. I. ve II. Dünya Savaşları sırasında askeri havacılığa yönelik yapılan yatırımlar, sivil havacılığın gelişimini hızlandırmış ve bu alandaki faaliyetleri desteklemiştir. Havacılığa olan bu merak ve ilgi, zamanla gelişerek günümüz havacılığının temellerini atmıştır. Hava araçlarının teknolojik gelişimi, sektörde yeni gereksinimleri ortaya çıkarmış ve bu değişim, teknolojik ilerleme, küreselleşme, yeni yönetim modelleri gibi birçok faktörün bir araya gelmesiyle günümüz havacılık sektörünün bugünkü şeklini almıştır.

Küreselleşmenin hızla yayılması ve ulaşım altyapısındaki gelişmeler sayesinde, dünya genelinde seyahatler artık daha sık ve kapsamlı hale gelmiştir. Milyonlarca insan sürekli olarak hareket halindedir. Aynı şekilde, uluslararası ticaretteki hızlı değişen arz ve talep dinamikleri, havayolu taşımacılığını etkileyen önemli bir etken haline gelmiştir. Havacılık sektörü, küresel ekonomi ve ticaretteki bu büyümeye hızlı bir şekilde yanıt verme ve uyum sağlama zorunluluğuyla karşı karşıyadır (Sharma ve Nanda, 2012).

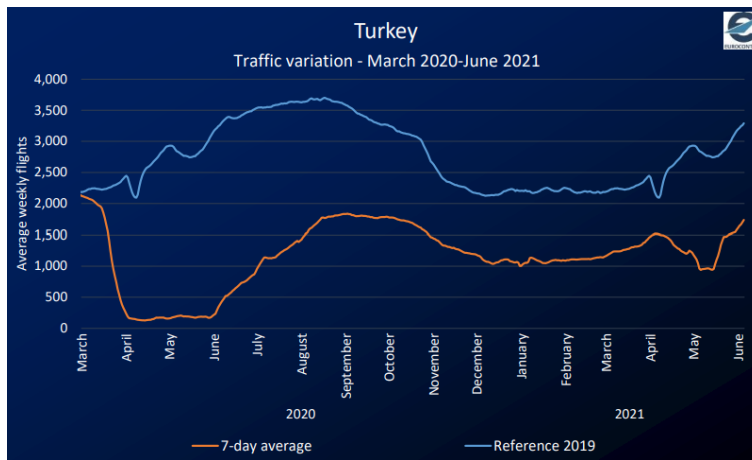
Havacılık sektöründe havalimanları, günümüzün küresel ekonomisinde hayati bir rol oynayan altyapı sistemleridir. Bu büyük altyapılar, uluslararası ticaretin, turizmin ve iş seyahatlerinin merkezleridir. Havalimanları, milyonlarca insanı farklı şehirler ve ülkeler arasında bağlar, ekonomik büyümeye katkı sağlar ve binlerce kişiye istihdam olanağı sunmaktadır. Aynı zamanda, kriz durumlarında acil yardım operasyonlarının da merkezidirler. Teknolojik inovasyonun ve havacılık endüstrisinin ilerlemesine öncülük etmektedir. Havalimanları, dünya çapında insanları, fikirleri ve ticareti bir araya getirerek küresel bağlantıları ve ekonomik kalkınmayı desteklemektedir.

COVID-19 pandemisi, dünya havacılık sektörünü olumsuz yönde etkiledi; ancak 2022 yılı itibariyle sektör hızla toparlanma ivmesini artırmıştır. 2022 yılında, pandemi öncesi seviyelerin yaklaşık olarak %74'üne ulaşan bir yolcu sayısı artışı gözlemlenirken; aynı dönemde, yolcu gelirlerinin ise 2019 yılı seviyelerinin %68'ine ulaşmıştır (SHGM, 2022).

SHGM Faaliyet Raporu'nda belirtilen bilgiler ışığında, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından yayınlanan verilere göre; 2022 yılında havayolu ile taşınan yolcu sayısında, özellikle uluslararası rotalardaki hızlı toparlanma etkisiyle, 2021 yılına göre yaklaşık %47'lik bir artış yaşanmıştır. Ücretli yolcu-km (RPK) bazında ise bu artış oranı yaklaşık %70 olarak kaydedilmiş; havayolu şirketlerinin yıllık yolcu gelirlerinde de 2022 yılında önceki yıla kıyasla gözle görülür bir şekilde %50'lik bir büyüme yaşandığı rapor edilmiştir.

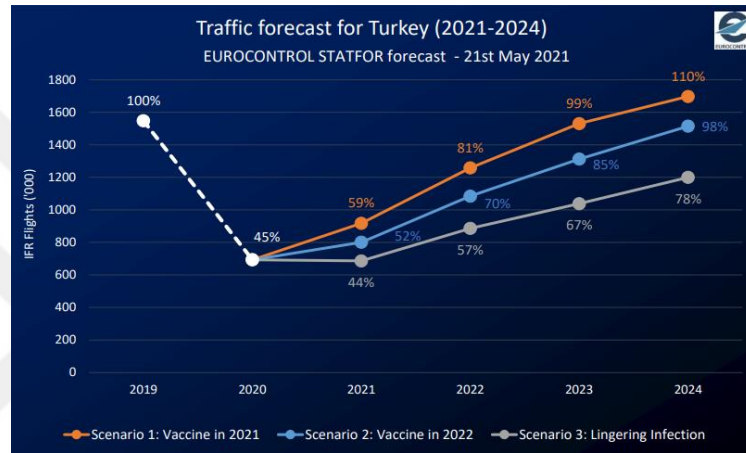
Aynı rapora göre; Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), 2022 yılında toplam hava trafiği ücretli yolcu-km (RPK) bazında, 2021 yılına kıyasla %64,4 oranında artış kaydetmiştir. Ayrıca, 2022 yılında hava trafiği pandemi öncesi (2019) seviyelerinin %68,5'ine ulaşmıştır. Dış hat trafiği, 2021 yılına göre %152,7 oranında artarken, pandemi öncesi seviyelerin %62,2'sine yükselmiştir. İç hat trafiği ise bir önceki yıla göre %10,9 oranında artış göstermiş ve pandemi öncesi seviyelerin %79,6'sına erişmiştir.

Bu durum EUROCONTROL tarafından yayımlanan (2021) raporda ise 2019'a kıyasla 2021'de %52 oranında, 2022'de %70 oranında artış yaşanması beklenmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : EUROCONTROL 2020- 2021 yılı haftalık trafik değişimi.

EUROCONTROL (2021) raporuna göre; 2023 yılı havacılık sektörünün 2019 yılı seviyelerine geri dönmesi için, Ukrayna'daki savaşın etkisi, enerji fiyatlarındaki baskı ve COVID-19 toparlanması gibi faktörler dikkate alınarak üç farklı senaryo oluşturulmuştur. İyimser senaryoya göre, toparlanmanın 2023 yılında gerçekleşmesi beklenirken, temel senaryoya göre 2025 yılına, kötümser senaryoya göre ise havacılık sektörünün toparlanmasının 2028 yılı sonrasını bulabileceği öngörülmektedir. 2023 raporuna göre; 2024 yılında, Avrupa havacılık sektörünün 2019 yılı seviyelerine %98'lik bir ulaşım öngörülmektedir. Şekil 1.2'de 2021- 2024 arası tahmin edilen uçuş trafiği grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1.2 : EUROCONTROL tahmini uçuş grafiği.

EUROCONTROL tarafından Ekim 2023 Hava Trafik Operasyonları Raporu sonuçlarına göre; Türkiye'deki mevcut durum incelendiğinde, hava trafiği açısından ülkemiz, geçtiğimiz yıl sonuçlarına göre, 948 bin uçuş ile Avrupa'da en yoğun iniş ve kalkış yönetimine sahip ülkeler arasında altıncı sırada yer almaktadır. 2023 yılı itibariyle, Türk Hava Yolları (THY) ise günlük ortalama 1.454 uçuş ile en fazla uçuş gerçekleştiren havayolu şirketleri arasında üçüncü sıradadır. İstanbul Havalimanı ise günlük ortalama 1.390 uçuş ile Avrupa'daki en yoğun havalimanı konumundadır.

Bu istatistikler, Türkiye'nin havacılık sektöründe etkileyici bir performans sergilediğini ve büyük bir hava trafiğine ev sahipliği yaptığını bir kez daha göstermektedir. Böylelikle; ülkemiz, COVID-19 pandemisi sonrasında havacılık sektöründe hızlı bir normalleşme süreci yaşayan ülkeler arasında öne çıkmıştır. Bu başarı, pandemi döneminde sektöre sağlanan etkili destekler ve alınan doğru önlemler sayesinde mümkün olmuştur (SHGM, 2022). Havacılık sektörü, diğer ülkelere kıyasla daha hızlı bir toparlanma göstermiştir. Pandemi sırasında sektöre yönelik desteklerin

etkili bir şekilde uygulanması ve aynı zamanda seyahat kısıtlamalarının kontrollü bir şekilde kaldırılması, bu hızlı toparlanmanın temel nedenlerindendir. Ayrıca, havacılık sektörünün güvenliği ve hijyen standartlarına büyük önem vermesi, yolcuların güvenli seyahat etmelerine olanak tanımıştır.

1.1 Tezin Amaç Ve Kapsamı

Havacılık sektörü, günümüz toplumlarının kültür, ekonomi ve ulaşımını büyük ölçüde etkileyen kritik bir sektördür. Ancak, meteorolojik koşulların neden olduğu olumsuzluklar, özellikle havalimanlarında iniş-kalkış sürelerinde aksaklıklar ve bu durumun uçuş güvenliğini tehlikeye sokarak ciddi aksamalara, hatta kaza/kırma neden olabilecek potansiyel risklere yol açmaktadır. Bu durum da havayolu şirketleri için büyük mali kayıplar ve prestij kayıpları anlamına gelebilmektedir.

Meteorolojik koşulların içinde en karmaşık ve mücadele edilmesi en zor olanı sis hadisesidir. Bu tez kapsamında, 2015-2023 yılları arasında ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında gerçekleşen sis hadiseleri için Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan; Batman Havalimanı, Diyarbakır Havalimanı, Mardin Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı ve İstanbul Havalimanı olmak üzere altı havalimanı, ILS kategorilerine göre, sis hadisesinin en etkili olduğu kasım, aralık, ocak ve şubat aylarındaki RVR verileri kullanılarak yeni bir yaklaşım olarak rüyetografların geliştirilmesi ve uygulanması yapılmıştır. Ancak 2018- 2023 yılları arasındaki verilerden 2023 yılına ait yalnızca ocak ve şubat ayları verileri kullanılmıştır. Ayrıca İstanbul Havalimanı 2018 yılında açıldığından, bu çalışmada sadece bu tarihten sonraki veriler dikkate alınmıştır.

Bu sis hadiselerini daha iyi anlamak ve uçuş planlaması sırasında olası sorunları en aza indirmek amacıyla, veriler birimsiz hale getirilerek basitleştirilmiş rüyetograflar oluşturulmuştur. Ayrıca, her bir havalimanı için sis hadisesinin en sık yaşandığı saatleri belirlemek amacıyla frekans analizi yapılmıştır. Bu çalışmaların, gelecekteki operasyonel faaliyetlere katkı sağlaması beklenmektedir.

1.2 Literatür Araştırması

Bu tez çalışmasında literatür taraması için farklı yöntemlerle sis hadisesi hakkında uluslararası ve ulusal alanda yayımlanan çalışmalar incelenmiştir.

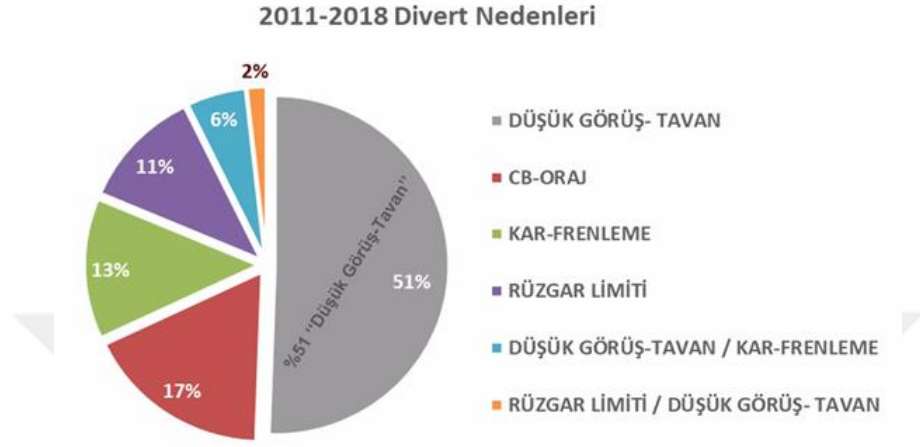
Sisli bir gün olduğunu söylemek için sis hadisesinin gün içinde minimum bir saat sürmesi ve görüşün 1 km'nin altında olması gerekmektedir (Kadioğlu, 2003). Sis hadisesinin varlığı uzun ya da kısa süreli olmaksızın insan yaşamını doğrudan etkileyen bir doğa olayıdır. Özellikle tarım ve ulaşım sektörleri, havacılık başta olmak üzere birçok insan faaliyeti, çevre ve insan sağlığı, sisin etkilerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Sis nedeniyle her yıl kara, deniz ve hava taşımacılığında birçok can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu sebeplerle gerek ekonomik yatırımların ulaşım açısından gerekse şehirleşme ve insan aktivitelerinin göz önüne alındığı bir bölgenin sis analizi yapılması oldukça önemlidir. Bu analizler, sisin yatay ve düşey görüş mesafesine olan etkilerini değerlendirerek, özellikle havacılık alanında güvenliği artırmaya yönelik tedbirlerin alınmasına katkı sağlar. Ayrıca, sisin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini anlamak, kaliteli bir yaşam ortamı oluşturmak adına planlama ve politika oluşturulmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, sisin etkilerinin değerlendirilmesi hem ekonomik hem de sosyal açıdan sürdürülebilir bir kalkınma için önemli bir adımdır.

Sis hadisesi kaynaklı en önemli olayların yaşandığı yerlerin başında Londra gelmektedir. Bunun sebebi halkın ısınmak ve endüstriyel amaçla kömürün çok yoğun kullanılmasıdır. Buna örnek olarak, Aralık 1952'de ölümcül sonuçlara sebep olan ve üç gün süren bir sis hadisesi yaşanmıştır. Bilinçsizlik sebebiyle sisli günlerde halkın ısınma amaçlı daha fazla kömür kullanımı gerçekleştiğinden sis daha da yoğunlaşmış ve hava kirliliği yüzünden yalnız Londra bölgesinde 4000'e yakın ölüm gerçekleşmiştir (Kadioğlu, 2003).

Sis hadisesi ve diğer atmosfer koşulları, hava ulaşımı üzerinde de belirgin bir etkiye sahiptir. Uçuş esnasında, yüksek irtifada seyreden uçaklar genellikle bu faktörlerden daha az etkilenirler. Ancak iniş ve kalkış aşamalarında alçak irtifada olmaları, atmosfer koşullarının daha belirgin hale gelmesine; bunun sonucunda belirli olumsuzluklar yaşanmasına sebep olmaktadır.

Havacılık Meteorolojisi Komisyonuna göre; 2011- 2018 yılları meteorolojik koşullara bağlı iç hat divert nedenleri araştırmasında, %51 oranla sis hadisesi yer almaktadır (Şekil 1.3). Bu araştırmada verilen örnekte; 21-25 Kasım 2009 tarihleri arasında Atatürk Havalimanı'nda meydana gelen sis muhalefeti, hava trafiğinde önemli aksamalara neden olmuştur. Bu dönemde havalimanı, belirli aralıklarla havalimanı hava trafiğine kapanarak uçuşlar iptal olmuştur. İptal edilen seferlerin sayısı 502'yi

bulurken, gerçekleşen uçuşların sadece %7'si planlanan zamanında kalkış yapabildiği. Ayrıca, 90 sefer divert edilerek alternatif havalimanlarına yönlendirilmiştir. Divert sonucunda ise toplamda 10,459 yolcu mağdur olmuştur. Bu meteorolojik zorluklar, hava ulaşımındaki ciddi aksaklıkları beraberinde getirerek seyahat eden birçok kişiyi etkilemiştir.



Şekil 1.3 : 2011-2018 yılları arası meteorolojik koşullara bağlı iç hat divert oranları (Havacılık Meteorolojisi Komisyonu).

Türkiye'de hava ulaşımı, resmi olarak 1933 yılında Devlet Hava Yolları İdaresi'nin kurulmasıyla başlamıştır. İlk uçuşlar, İstanbul ve Ankara arasında yaz mevsiminde uygun hava koşullarında gerçekleştiriliyordu. Zamanla, havalimanları ve uçaklar modernize edildi ve bu gelişmeler sayesinde yaz-kış ve gece uçuşları mümkün hale gelerek Türkiye'de hava ulaşımı yaygınlaşmıştır (Darkot, 1963). Gelişen hava ulaşımı beraberinde kolaylıklar sağlamanın yanı sıra belirli riskler de getirmiştir. Havalimanlarının fiziksel ve beşerî çevre faktörleri, hava ulaşımının güvenliğini ve verimliliğini etkilemektedir. Havalimanlarının uygun konumlandırılması, olumsuz hava koşullarıyla başa çıkma ve güvenli iniş-kalkış operasyonlarını sağlama açısından kritiktir.

Hava koşullarının, uçağın iniş ve kalkışını engelleyebilmesi ve bu durumda, uçağın başka bir havalimanına yönlendirilmesi veya havalimanı üzerinde tur atarak hava koşullarının düzelmesi beklenmektedir. Ancak, bu bekleme süreci sırasında uçak daha fazla yakıt tüketir, bu da maliyeti artırmaktadır (Tümertekin, 1987).

Olumsuz hava koşulları nedeniyle kazalar da meydana gelebilmektedir. ABD'de gerçekleştirilen bir araştırmaya göre, 1964-1982 yılları arasında türbülans, kar, sis, oraj ve mikrobust gibi meteorolojik olayların toplamda 27 uçak kazasına neden

olduğu rapor edilmiştir (Kadioğlu, 2003). Bu sebeple, hava ulaşımının planlanması ve yönetilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

Sis ve görüş kaynaklı kazalar aşağıda belirtilmiştir (ICAO, 2003 atfen; Kadioğlu, 2003):

- 31 Ekim 1950, Londra Havalimanı, İngiltere: Vickers Viking tipi bir uçağın karıştığı trajik bir olaydı. Söz konusu kaza, British European Airways (BEA) şirketine ait olan Vickers Viking'in, Brüksel'den Londra'ya gitmek üzere BEA 530 sefer sayılı uçuşu sırasında meydana gelmiştir. Olayın yaşandığı gün, sisli hava koşulları nedeniyle görüş mesafesi düşük olduğundan uçak, Heathrow'a iniş yaparken pisti doğru bir şekilde tespit edemeyerek kaza gerçekleştirmiştir. Kazada, uçaktaki 30 kişiden 8'i hayatını kaybetmiş ve 22 kişi yaralanmıştır.
- 22 Mart 1952, Frankfurt/Main Havalimanı, Almanya: Olay, yoğun sis ve yağmurlu bir hava koşulunda meydana gelmiştir. Amsterdam'dan Frankfurt'a seyahat eden DC-6, sis ve yağmur nedeniyle görüş mesafesinin düşük olduğu bir ortamda Frankfurt/Main Havalimanı'na yaklaşmaktaydı. Ancak, uçak pisti doğru bir şekilde tespit edemedi ve pistin kenarındaki ağaçlara çarparak yan yatmıştır. Bu kazada, uçaktaki 37 yolcudan 18'i yaşamını yitirirken birçok kişi de yaralandı.
- 16 Aralık 1960, Booklyn Havalimanı, New York: United DC-8, sis nedeniyle New York üzerindeyken başka bir uçakla çarpışmıştır.
- 27 Mart 1977, Los Rodeos Havalimanı, Tenerife: Havacılık tarihindeki en ölümcül kazalardan biridir. Bu kaza, Tenerife adasındaki Los Rodeos Havalimanı'nda iki büyük yolcu uçağının çarpışması sonucu gerçekleşmiştir. KLM Havayolları'na ait bir Boeing 747 ve Pan American World Airways'a ait bir Boeing 747, Kanarya Adaları'ndan gelen bir bomba tehdidi nedeniyle Tenerife'ye yönlendirilmiştir. Los Rodeos Havalimanı'nda inme sırasında, havalimanındaki yoğun sis nedeniyle düşük görüş mesafesi olduğundan uçaklar havalimanında manevra yapmak için sınırlı bir alana sahipti ve iletişim sorunları da dahil olmak üzere bir dizi yanlış anlama ve hata meydana gelmiştir. KLM uçağı, iniş yapmakta olan Pan Am uçağına çarpmıştır. Bu korkunç çarpışma sonucunda ise, KLM uçağında bulunan 248 kişiden 248'i hayatını kaybetmiştir. Pan Am uçağında bulunan 396 kişiden 335'i hayatını kaybederken, 61 kişi kurtulmayı başarmıştır. Toplamda 583 kişi hayatını kaybederek, havacılık tarihindeki en ölümcül kazalardan biri olarak kayıtlara geçmiştir.

- 7 Aralık 1983, Barajas Havalimanı, Madrid-İspanya: Yoğun sis içinde AVIACO DC-9 ile IBERIA Boeing 727 çarpışmıştır.
- 12 Aralık 1986, Berlin, Doğu Almanya: Aeroflot Tupolev TU-134A, sis kaplı alana iniş yaparken yanlış piste girmesi sonucu kaza olmuştur.
- 7 Haziran 1989, Paramaribo, Suriname: Surinam Hava Yolları'na ait bir Douglas DC-8, 7 Haziran 1989'da Paramaribo'ya iniş yapmaya çalışmış, ancak uçak, üç kez yoğun sis nedeniyle inmeye teşebbüs etmesine rağmen iniş başarısız olmuştur. Üçüncü teşebbüs sırasında, uçak ormana çakılmış ve kazada uçaktaki 178 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu trajik olay, Surinam Hava Yolları tarihindeki en ölümcül kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Sis ve kötü hava koşulları, kazanın ana nedenleri arasında yer almaktadır.
- 3 Aralık 1990, Michigan, Detroit Havalimanı, ABD: Sisli bir günde piste inen Northwest Airlines DC-9, kalkmak üzere olan Northwest Boeing 727 ile çarpışmıştır.
- 16 Aralık 1997, New Brunswick, Fredericton Havalimanı, Kanada: Air Canada, yoğun sis içinde iniş yapmaya çalışırken pist dışına çıkmıştır.
- 17 Şubat 1988, Tayvan: Çin Hava Yollarına ait Airbus A-300, sisli havada iniş yaparken pisti tutturamamıştır.
- 10 Aralık 1999, Missouri Branson Havalimanı, ABD: Cessna Citation, sisli hava şartlarında iniş yaparken piste birkaç kilometre kala düşmüştür.
- 10 Aralık 1999, Illinois, Vermilion Havalimanı: İki motorlu küçük bir uçak, yağışlı ve sisli bir günde piste 1.5 km kalan mesafede düşmüştür.
- 21 Ekim 2001, Linate Havalimanı, İtalya: SAS MD 87, yoğun siste yanlışlıkla pistine giren Alman Cessna Citation II jetiyle kalkış anında çarpışması sonucu kaza meydana gelmiştir.
- 24 Kasım 2001, Zürih Uluslararası Havalimanı, İsviçre: Cossair Avro RJ100, kötü hava şartlarında iniş yaparken pistin 5 km uzağında düşmüştür.
- 30 Ağustos 2002, Rio Branco Havalimanı, Brezilya: Linhas Arereas Embraer 120, düşük görüşte iniş yaparken pistin 1.5 km önünde düşmüştür.
- 23 Şubat 2003, Trabzon Havalimanı, Türkiye: THY'ye ait bir uçak, Trabzon Havalimanı'na iniş sırasında sis ve düşük görüş nedeniyle pist dışına çıkarak

durabilmiştir. Herhangi bir can kaybı yaşanmazken, uçaktaki bazı yolcular hafif yaralanmıştır.

- 9 Ocak 2007, Balad Havalimanı, Irak: Türkiye'nin Adana kentinden Balad Hava Üssü'ne gitmek üzere Moldova, Rusya, Türkiye ve Ukrayna'dan gelen 30 işçiyi taşıyan bir charter uçuşu gerçekleştiren bir uçağı etkilemiştir. Uçak, Adana Havalimanı'ndan Balad Hava Üssü'ne yönelik 90 dakikalık bir uçuş için saat 06.00'da kalktı. Ancak, yaklaşıma geçildiği sırada mürettebat, sisli koşullar nedeniyle zayıf görüşle karşılaşmış; pistin yerini tespit edemeyen kaptan, güvenlik önlemleri çerçevesinde pas geçme prosedürünü başlatma kararı almıştır. Ancak, birkaç dakika sonra ikinci bir yaklaşma girişiminde bulunan uçak, çok alçaktan alçalarak pistin 2 kilometre uzağına düşmüştür. 34 yolcu hayatını kaybederken, bir yolcu ağır yaralanmıştır.

- 4 Kasım 2010, Erzurum Havalimanı, Türkiye: AtlasJet'e ait bir uçak, Erzurum'a iniş sırasında yoğun kar yağışı ve düşük görüş nedeniyle pistten çıkarak kaza yaptı. Kazada ölen veya yaralanan olmamıştır.

- 10 Nisan 2010, Smolensk Havalimanı, Rusya: Havalimanına yaklaşık 1 km (0,6 mil) uzaklıktaki bir noktada düşen uçakta bulunan 96 kişinin tamamını kaybetmiştir. Uçak pistin yakınında ağaçlara çarparak parçalanmıştır. Ön raporlar, uçuş ekibinin görüş mesafesinin azaldığına dair uyarı aldığını ve başka bir havalimanına yönlendirilmelerine rağmen iniş yapmaya karar verdiklerini belirtmektedir. Bu durum, kazanın temel nedeninin ne olursa olsun, sisin havalimanındaki görüş mesafesini belirgin şekilde kısıtladığını göstermektedir.

- 13 Ocak 2018, Trabzon Havalimanı, Türkiye: Pegasus Havayolları'na ait bir uçak, Trabzon Havalimanı'na iniş yaparken pistten çıkarak denize yaklaşmıştır. Olayda ölen ve yaralanan olmazken, uçaktaki yolcular tahliye edilmiştir. Sisli hava koşulları kazanın bir etkeni olarak değerlendirilmiştir.

Havalimanlarında sis hadisesinin yaşandığı zamanların belirlenmesi için yapılan belirli çalışmalar:

Trabzon Havalimanı için 1975-2005 yılları arası 30 yıllık rasat verileri incelenerek yapılan bir çalışmada, sisli günler incelenmiş ve en çok sis hadisesinin yaşandığı mevsimin ilkbahar olduğu sonucuna varılmıştır. İlkbaharda oluşan sislerin çevre bölgelerde var olan çeşitli fabrikalardan kaynaklı oluşacak çevre kirliliği ile birleşme

ihtimali düşünülerek, ILS olmasına rağmen uçuşlarda çeşitli aksaklıklar olacağı ön görülmüştür (Kadioğlu, 2007).

Türkiye'deki havalimanlarında meydana gelen sis hadisesinin zamansal analizi üzerine yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, 32 havalimanında en fazla sis olayı ocak ayında gerçekleşmiş olup, bunu şubat ayı izlemektedir. Bütün havalimanlarında sis olaylarının en yoğun olduğu saatler, yeryüzünün soğumaya başladığı anlardan güneşin doğuşuna kadar olan süreçte gözlemlenmiş, genellikle akşamdan sabaha kadar sürdüğü belirlenmiştir. En düşük sis olayları ise güneşin doğuşuyla başlar ve batmasıyla sona eren saat diliminde gerçekleşmiştir. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında sis hadiseleri nadiren gözlemlenmiştir (Akbayır ve diğ., 2018).

Ankara Esenboğa Havalimanı'na ait yapılan bir çalışmada; 2000-2009 yılları arasındaki METAR ve 2008-2009 yılları arasındaki SPECI gözlemleri incelenerek sisli gün sayılarının yıllara, aylara göre dağılımları analiz edilmiş ve gün içi saatlik dağılım yüzdeleri elde edilmiştir. çalışma sonuçlarına göre, 2006 yılı sis olaylarının en yoğun gözlemlendiği yıl olup, toplamda 221 gün boyunca sis meydana gelmiştir. Aylık dağılıma bakıldığında, sis olayları özellikle kış aylarında daha sık yaşanmıştır; %34'ü ocak, %19'u aralık, %17'si kasım ve %14'ü şubat aylarına denk gelmektedir.

ILS kategorisine göre pist görüş mesafesinin, aralık ayında %53, ocak ayında %52, şubat ayında ise %63 oranında 350 metrenin altında ölçülmüştür. Bu durum, havalimanında CAT III kategorisine göre uçuş faaliyetlerinin olumsuz koşullar altında gerçekleştiğini göstermektedir (Çamalan ve diğ., 2010).

Tardif ve Rasmussen (2007) tarafından, 1977-1996 dönemine ait New York bölgesi sis analizi çalışması yapılmış ve farklı sis tipleri sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sis tipleri; %36 yağış sis, %28 radyasyon sis, %19 alçak bulut tabanı ve %17 adveksiyon sisidir. Yağış sisinin %50'si 8 saatten fazla sürerken, %25'i 12 saatten fazla ve %5'i 29 saatten fazla sürmektedir. Adveksiyon sisinin %25'i 10 saatten fazla sürerken, radyasyon sisinin %75'i 8 saatten az sürmektedir. Tüm sis tiplerinin %75'i, görüş mesafesinin 400 metrenin altında olduğu durumları içermektedir. Bulut tabanı yüksekliği ve sabah buharlaşma sislerinde görüş mesafesi genellikle 100 metrenin altına düşmektedir. Sis, çalışma alanında yılın her ayında gözlemlenmektedir. Yağış sisinin sıklığı ekim ve kasım aylarında artarken, radyasyon sisinin büyük bir kısmı

ağustos, eylül ve ekim aylarında meydana gelmiştir. Adveksiyon sisi ise genellikle nisan, mayıs ve haziran aylarında ortaya çıkmaktadır.

Cape Town Uluslararası Havalimanı için yapılan bir çalışmada; sis analizi, sis tiplerini sınıflandırmıştır: %51 radyasyon sis, %27 alçak bulut tabanı düşüşü, %14 adveksiyon sis ve %8 bilinmeyen sis türü olarak belirlenmiştir. Radyasyon sisleri, soğuk, yağışlı ve gecelerin en uzun olduğu haziran ve temmuz aylarında daha sık gözlemlenir. Havalimanında sisli günlerde mart-haziran aylarında bir artış görülürken, temmuz ve ağustos aylarında azalan bir eğilim gözlemlenmiştir. Alçak bulut tabanı düşüşü genellikle mayıs ayında, adveksiyon sisleri ise nisan ayında daha yaygındır. Tüm sis tiplerinin %75'i, 500 metrenin altında bir görüş mesafesinde meydana gelmektedir.

Çalışma sonucunda, sisin en yaygın nedeninin ışınsal süreçler olduğunu ortaya koymakta ve kışın radyasyon sisinin olasılığının arttığını göstermektedir. Sis mevsiminin başlangıcında, bulut tabanını alçaltan sis ve adveksiyon sisleri daha sık görülmektedir. Sis mevsimi ilerledikçe, sis olayları ile ilişkili sinoptik dolaşımların karakteristiği değişmektedir. Mart ve nisan aylarında hakim olan batı kıyısı boyunca alçak basınç düzeni, temmuz ve ağustos aylarında iç yüksek basınç düzenine dönüşmektedir. Bu analizde kullanılan teknikler, havacılık tahmincilerine sıkça meydana gelen sis türleri, özellikleri ve sinoptik dolaşımlar hakkında detaylı bilgiler sağlamak için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Van Schalkwyk ve Dyson, 2013).

Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi kentindeki Uluslararası Havalimanı'ndaki sis klimatolojisini 36 yıllık bir havacılık rutin hava durumu raporu veri seti üzerinden yapılan bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada sis olayları, genellikle eylül'den marta kadar en sık görülmektedir. En yoğun sisli günlerin aralık ve ocak aylarında kaydedildiği belirlenmiştir. Beklenmedik bir şekilde, kasım ayında atmosferdeki aerosol yükündeki azalmaya bağlı olarak sisli gün sayısında bir azalma gözlemlenmiştir.

Sis olayları genellikle yerel saatle 19:00 ile 11:00 arasında meydana gelmekte olup, gece ilerledikçe sıklığı artarak gün doğumu civarında zirveye ulaşmaktadır. Çoğu sis olayı 1 saat veya daha kısa sürmektedir; ancak ocak ve aralık aylarında 9 saat veya daha uzun süren olaylar kaydedilmiştir, en uzununu ise 16 saat sürmüştür. Sis olaylarının oluşumunda kara-deniz meltemleri etkili olup, rüzgar Basra Körfezi'nden estiğinde nadiren meydana gelmektedir. Ayrıca, sisli günlerde gece enverziyon katmanının

kalınlığının sis olmayan günlerden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Weston ve diğ., 2021).

Zagreb Havalimanı'ndaki sis olaylarının iklim bilgisini kapsayan geniş kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, 1994-2015 yılları arasındaki gözlemleri içeren METAR raporları kullanılarak elde edilen veriler üzerinden sis olayları, oluşumun fiziksel mekanizmasına dayalı olarak beş tip olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda, Zagreb Havalimanı'ndaki son 22 yılda sis olaylarının yıllık sayısında bir azalma olduğunu göstermektedir. Sis olayları genellikle eylül ile şubat arasındaki dönemde daha sık meydana gelir ve bu dönem "sis mevsimi" olarak adlandırılabilir. İlkbahar ve yaz aylarında sis olayları nispeten nadir görülmektedir. Sis genellikle yoğun bir şekilde ortaya çıkar; 200 metrenin üzerinde minimum görüşe sahip olaylar sadece vakaların %29'unda meydana gelmiştir. %71 ile ise radyasyon sisi, baskın sis türü olarak belirlenmiştir. Analiz, adveksiyonel sisin yaz aylarında çok nadir olduğunu, yağış sisinin ve bulut tabanı düşüş sisinin ise yalnızca sonbahar ve kış aylarında meydana geldiğini göstermektedir. Tüm sis tipleri, buharlaşma sisi hariç, benzer bir süre dağılımına sahiptir. Yağış sis ise en düşük yoğunluğa sahip tiptir (Zoldoš ve Jurkovic, 2016).

2018 yılında yapılan “Havalimanlarında Meydana Gelen Sis Olaylarının Oluşum Mekanizmasına Göre Sınıflandırılması ve Zamansal Dağılımının İncelenmesi ve Atatürk Havalimanı Rüyetografinin Elde Edilmesi” adlı yüksek lisans tezi, bu çalışma kapsamında yapılan ilk örneklerdendir. Çalışmada METAR-SPECI gözlemleri incelenerek Atatürk Havalimanı'nda oluşan sis hadiselerinin, çevresel koşullardan etkilenmesi ve sis hadisesinin tahmin edilebilirliğini kolaylaştırması amacıyla frekans analizi yapılmıştır. Ayrıca rüyetograf kavramı ilk kez bu çalışmada yer almıştır. Çalışmanın sonucunda; Atatürk Havalimanı rüyetografına göre, sis hadisesinin meteorolojik parametreleri incelenmiştir. Ortalama görüş mesafesi 3100 metre iken, sis olayının gözlemlendiği anlarda 25 dakikada görüş mesafesi 1000 metrenin altına düşmüş, 43 dakika sonra ise minimum 400 metreye inmiştir. Sis hadisi, bu minimum görüş mesafesinde ortalama 2 saat 39 dakika sürmüş ve 47 dakikada 800 metreye çıkarak dağılma sürecine girmiştir. Sonuç olarak, sis hadisesi 28 dakika içinde görüş mesafesinin 2800 metreye çıkmasıyla sona ermiştir (Şahin ve Müslüm, 2018).

Portekiz'deki üç uluslararası havalimanı için 2020 yılında yapılan sis analizi çalışmasında, 2002-2018 döneminde günlük sis oluşma sıklığının Porto'da %9,68,

Lizbon'da %5,15 ve Faro'da %0,97 olduğunu ortaya koymuştur. Porto Havalimanı'nda sis, özellikle haziran ve eylül ayları arasında yoğun bir şekilde (%70,3) gözlemlenirken, Lizbon'da sisin çoğunluğu kasım ocak aylarında olduğu belirlenmiştir.

Porto'da sis tipleri, %6,7 yağış sis, %27,8 adveksiyonel sis, %57,7 alçak bulut tabanı düşüşü, %4,7 radyasyon sis ve %3,5 bilinmeyen sis olarak sınıflandırılmıştır. Lizbon'da sis tipleri, %5,3 yağış sis, %24 adveksiyon, %66,9 alçak bulut tabanı düşüşü, %2,7 radyasyon sis ve %1,1 bilinmeyen sis olarak sınıflandırılmıştır. Porto'da sis, kuzey akıntıları ve antisiklonik koşullar altında oluşurken, Lizbon'da güneybatı akıntıları ve antisiklonik koşullar altında meydana gelmektedir. Faro'da ise kuzeydoğu akıntıları ve antisiklonik koşullar altında sisin %35,5'i gözlemlenmiştir (Guerreiro ve diğ., 2020).



2. GENEL KISIMLAR

Meteorolojik faktörler, havacılık sektörünün karmaşıklığını ve hassasiyetini vurgulayan önemli bir etkidir. Diğer ulaşım türlerine göre havacılık sektörünün meteorolojik faktörlerden etkilenmesi daha fazladır. Havacılık faaliyetleri, güvenlik ve verimlilik açısından büyük ölçüde hava koşullarına bağlıdır. Pilotlar, hava tahminleri doğrultusunda uçuş planlarını yaparak uçuş sırasında bu tahminlere dayalı olarak kararlar almaktadır. Havalimanları, hava koşullarına göre operasyonlarını düzenlemekte ve seyahat güvenliği için gerekli önlemleri almaktadır.

2.1. Havacılık Meteorolojisi

Doğal çevremizde meydana gelen mevsim, yağış, sıcaklık, rüzgâr gibi olaylar, insan yaşamını derinden etkileyen önemli faktörlerdir. Bu doğa olaylarının oluşumunu anlamak ve tahmin etmek, insanların günlük yaşamlarını yönlendiren bilimsel bir süreç olarak meteoroloji; atmosfer içinde gerçekleşen hava olaylarının nedenlerini, gelişimlerini ve değişimlerini inceleyen ve bu olayların etkilerini araştıran bir bilim dalıdır.

İnsanlık tarihinden bu yana, hava olaylarının nasıl gerçekleştiğini anlamak ve gelecekteki hava koşullarını tahmin etmek için çaba sarf edilmiştir. Özellikle meteorolojinin hava olaylarını tahmin etme konusundaki yeteneği, birçok sektörü etkileyen kritik bir rol oynamaktadır (Oxford, 2021). Havacılık faaliyetleri, birçok faktörün etkisi altında kırılgan bir endüstri olarak kabul edilir ve çeşitli nedenlerle aksayabilir. Bu nedenler arasında hava koşulları, teknik sorunlar, havalimanı operasyonları, hava trafik kontrolü ve hatta siyasi veya güvenlik konuları yer alabilir. Hava koşulları, havacılık faaliyetlerini ciddi şekilde etkilemektedir. Fırtınalar, yoğun sis, kar yağışı ve şiddetli rüzgarlar gibi meteorolojik koşullar, uçuş güvenliğini tehlikeye atabilmekte ve uçuşların iptal edilmesine veya gecikmeli olarak gerçekleşmesine yol açabilmektedir. Tüm bu aksaklıkları önlemek amacıyla havacılığın ihtiyaçlarını karşılamak üzere meteorolojinin özel bir dalı olarak havacılık meteorolojisi geliştirilmiştir (MGM, 2018).

Havacılık faaliyetlerini etkileyen meteorolojik olaylar ve bu olayların gözlem ve tahminlerini içeren meteoroloji dalına "Havacılık Meteorolojisi" veya "Aeronatik Meteoroloji" adı verilir. Kısaca bu disiplin, havacılıkla ilgili tüm operasyonların

güvenliğini ve etkinliğini sağlamak amacıyla hava koşullarının izlenmesi, analizi ve tahmin edilmesiyle ilgilenir. Havacılık Meteorolojisi, hava trafik kontrolörleri, pilotlar, havalimanı işletmecileri ve diğer havacılık profesyonelleri için kritik öneme sahip bir bilim dalıdır (MGM, 2018).

Pearson (2002) tarafından, 1964- 1972 yılları arasında toplam 4.714 ölümle sonuçlanan 2.026 ölümcül kaza incelenmiş olup; bunların, alçak bulut tabanı, sis ve kar nedeniyle görüş mesafesinin düşmesine bağlı ölümlerin %70'ine kadar içerdiği söylenmektedir. Tam rakam verildiğinde ise bu kazaların %63'üne alçak bulut tabanı, sis ve görüş, %18'i rüzgâr ve türbülans, %8'i buzlanma, %5'i yağmur ve kar, %5', gök gürültülü fırtınalar ve %1'i diğer hava olaylarından kaynaklanmaktadır (Özdemir, 2016).

Havacılık meteorolojisinin ilgilendiği temel meteorolojik olayları; buzlanma, rüzgâr, yağış ve sis olarak başlıklar altında inceleyebiliriz.

2.1.1 Buzlanma

Buzlanma, yüzeylerin soğuması ve nemin bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkan bir olaydır. Yüzey soğudukça, sıvı suyun donma sıcaklığına yaklaşır veya altına düşer ve bu sırada nemli hava ile temas ettiğinde su buharı yoğunlaşarak su damlacıklarına dönüşür. Yüzeydeki soğuma etkisi, havayı daha da soğutarak, su buharının donma noktasının altına düşmesine neden olur. Bu durumda, su buharı doğrudan buz kristallerine veya buz tabakalarına dönüşerek yüzeyi kaplar ve buzlanma meydana gelir.

Buzlanma çeşitleri oluşumlarına ve şiddetlerine göre iki ana başlık altında toplanmaktadır. Oluşum türlerine göre buzlanma çeşitleri; kristal buzlanma, kırağı tipi buzlanma kar tipi buzlanma ve açık hava buzlanmasından oluşmaktadır. Şiddet tipine göre buzlanma çeşitleri ise az, hafif, orta ve şiddetli buzlanma olarak sınıflandırılmaktadır (Ertaş, 2018).

2.1.2 Rüzgâr

Rüzgarlar, havacılık faaliyetlerini etkileyen önemli meteorolojik faktörlerden biridir. Rüzgârın şiddeti kadar yönü de büyük bir öneme sahiptir. Bu sebeple hava alanlarının pistleri, uzun vadeli rüzgâr yönleri göz önünde bulundurularak planlanır ve genellikle hâkim rüzgâr doğrultusuna yerleştirilir. Ancak, rüzgarlar her zaman hâkim yönlerde

esmezler. Topoğrafik faktörler veya gün içindeki sıcaklık değişimleri gibi etkenler nedeniyle rüzgâr yönü değişebilir. Aynı zamanda, farklı hava basınç sistemleri de rüzgarları etkileyebilir ve yönlerini değiştirebilmektedir.

2.1.3 Yağış

Yağmur, kar, sulu kar veya buz yağışı gibi farklı şekillerde görülebilen yağış, uçuş operasyonlarına potansiyel olarak büyük tehditler oluşturmaktadır. Bu tehdidin asıl sebebi yoğun yağış, sis veya kar fırtınası gibi hava koşulları, görüş mesafesini kısıtlaması durumudur. Görüş mesafesinin düşmesi veya rüzgâr etkisi, hava trafik kontrolörlerinin uçuşları koordine etmelerini zorlaştırabilmekte ve hava trafik yoğunluğunu azaltabilmektedir.

Su buharı, kara ve su yüzeylerinden buharlaşan suyun atmosferdeki gaz fazıdır. Ancak, bulutlar ve sis, su buharının atmosferde yoğunlaşma çekirdekleri olarak adlandırılan tuz ve toz zerrecikleri etrafında yoğunlaşması sonucu oluşur. Bu yoğunlaşma süreci, bu küçük parçacıkların etrafında birleşen su damlacıkları veya buz kristalleri üretir ve bu da gökyüzünde bulutların veya yer yüzeyinde sisin meydana gelmesine neden olur. Bu doğal olgular, atmosferdeki su döngüsünün önemli bir parçasını temsil eder. Atmosferin üst tabakalarında su buharı birikiminde artış meydana geldiğinde, bulutlar oluşurken, düşük seviyelerdeki artış ise sis oluşumuna yol açar (Eken ve diğ., 2008).

2.1.4 Sis hadisesi

Atmosferin yeryüzüne yakın bölgelerinde bulunan su buharının, farklı nedenlerle soğuyup yoğunlaşarak havada asılı su damlacıkları veya buz kristalleri haline gelmesi, yatay görüş mesafesini her yönde daraltarak genellikle 1000 metrenin altına düşürdüğü doğal bir olaya "sis" denir (Eken ve diğ., 2008). Yatay görüş mesafesinin düşük (5000 m'nin altında) olduğu fakat 1000 m'nin altında düşmediği benzer koşullara pus denir (URL-1). Fiziksel olarak sis, havadaki görünmez su buharının doymuş hale gelmesiyle yoğunlaşarak sıvı su damlacıkları veya buz kristalleri formunda görünür hale gelmesi olayı olarak tanımlanabilir. Sis ve bulut oluşma süreçlerinin benzerliği nedeniyle sis, pratikte yere inmiş bir stratus bulutu olarak da düşünülebilir.

Sisin oluşabilmesi için atmosferin yeryüzüne yakın kısımlarında soğuma ve nemde artma olayının gerçekleşmesi gerekir (Eken ve diğ., 2008). Bağıl nem, %100'e ulaştığında ise, su buharı donarak kristalleşir. Sis, bu kristalleşme sonucu ortaya çıkan

çok küçük su damlacıkları veya buz kristallerinin bir araya gelmesiyle meydana gelir. Zaman içinde su buharının yoğunlaşmasıyla yeterince büyüyen bu partiküller, çıplak gözle görülebilecek boyuta ulaşır. Damlacıkların büyüklüğü ve konsantrasyonu arttıkça, görüş mesafesi de azalır.

Uçuş emniyetine doğrudan etki edebilecek altı farklı sis türü bulunmaktadır. Bunlar oluşum sürecine göre buharlaşma ve soğuma olarak iki farklı şekilde sınıflandırılabilir.

2.1.4.1 Soğuma yoluyla oluşan sisler

Açık ve durgun gecelerde, yer yüzeyine yakın cisimler, kızıl ötesi radyasyon (IR) yayarak hızla soğurlar. Zemin ve bu cisimler genellikle çevrelerindeki havadan çok daha soğuk hale gelirler. Bu soğuk yüzeylerle temas halinde olan hava, ısı iletimi yoluyla soğur. Sonuç olarak, hava çiğ noktasına kadar soğur ve nem yoğunlaşmaya başlar. Çiğ noktası sıcaklığına ulaşıldığında hava doymuş hale gelir ve artık daha fazla su buharı tutamaz. Bitki dalları, yaprakları ve çim yaprakları gibi yüzeyler, sıcaklık bu noktanın altına düştüğünde su buharı, bu cisimler üzerinde çiğ olarak adlandırılan görünür damlacıklar oluşturarak yoğunlaşmaya başlar. Bu olay, cisimlerin soğutucu etkisi ve nemin yoğunlaşmasıyla gerçekleşir. Havanın su buharının doyma noktasına, yani çiğ noktası sıcaklığına soğutulması sonucunda oluşan bu sis ise soğuma yoluyla oluşan sis türüdür. Radyasyon, adveksiyonel ve yamaç sisi şeklinde oluşabilmektedir (URL-1).

Radyasyon Sisi

Yer sisi veya radyasyon sisi uçuş emniyetini doğrudan etkileyen en yaygın görülen sis türlerindendir. Radyasyon sisi, genellikle açık gökyüzü ve rüzgârın sakin veya hafif olduğu gecelerde meydana gelen bir sis türüdür. Bu tür sis, yer yüzeyinin radyasyon yoluyla ısı kaybetmesi sonucu oluşur. Yer yüzeyi gece boyunca ısıyı yavaşça kaybederken, bu kaybın etkisi yer yüzeyine yakın, sık ve nemli hava tabakasına temas eder. Bu temas, kondüksiyon yoluyla hava tabakasının soğumasına yol açar. Bu soğuma sonucunda su buharı yoğunlaşır ve sis oluşur. Radyasyon sisi, genellikle gece ve sabah saatlerinde yaygın olarak gözlemlenir (Ahrens ve Samson, 2010).

Yer sisi, en hafif haliyle yalnızca birkaç feet kalınlığındaki ince tabakalardan oluşabilir. Daha şiddetli durumlarda ise sis, dikey olarak birkaç yüz ila 1.000 fit arasında değişen derinliklere sahip olabilir (Arbogast, 2016). Bu durumu, genellikle

sıcaklık enverziyonu ile ilişkilendirebiliriz. Yaz aylarında, radyasyon sisinin kalınlığı genellikle 200 metre civarında olur. Ancak kışın, özellikle rüzgârsız ve bulutsuz antisiklonik durumlarda, yani yüksek basınca sahip bölgelerde, radyasyon sislerinin kalınlığı 1000 metreye kadar çıkabilir ve birkaç gün boyunca etkisini sürdürebilir. Bu tür durumlarda, radyan sislerin dağılabilmesi için hava kütlesinin değişmesi gereklidir (URL-1).

Radyasyon sisi durumunda, özellikle ani rüzgâr değişiklikleri, görüş mesafesini hızla düşürebilir ve uçuş ekiplerini hazırlıksız yakalayabilir. Görüşün aniden kötüleşmesi, uçuş ekiplerinin havalimanı alternatiflerini düşünmelerini ve sisin neden olduğu zorlu koşullar nedeniyle uçağın ek yakıt taşımasını gerektirebilir. Bu tür durumlarda, pilotlar uçuş güvenliğini sağlamak ve yolcuların rahatlığını korumak için gereken önlemleri almaları beklenmektedir.

Adveksiyon Sisi

Adveksiyon sisi ya da yatay hava hareketi sisi, sıcak hava kütlesinin soğuk bir yüzey üzerine taşınmasıyla meydana gelir. Bu tür sisler, sıcak ve nemli hava kütlesi soğudukça, su buharının yoğunlaşmasıyla ortaya çıkar (URL-1). Genellikle kıyı bölgelerinde ve denizler üzerinde görülürler. Sis, soğuk yüzey sularının sıcak hava tarafından geçtiği durumlarda meydana gelebilir. Bu sıcak hava kütlesinin soğuyarak çiy noktasına düşmesi sisin oluşmasına yol açar. Adveksiyon sisi, diğer sis türlerinden farklı olarak rüzgarla taşınmaz, hareket eden hava kütlesinin kendisi nedeniyle oluşur. Radyasyon sisinden farklı olarak adveksiyon sisinin oluşması için mutlaka bir hava hareketinin yani; 5 knot'dan fazla rüzgâr ve bulut tabanı yüksekliği <700 feet ve görüşün aniden azalmış olması gerekmektedir (Yavuz ve Deniz, 2018).

Adveksiyon sisleri, okyanuslar, denizler, büyük göller veya diğer su kütlelerinin yakınında sıkça görülür. Özellikle denizlerden gelen sıcak ve nemli hava kütlesinin, soğuk kara hava kütesine çarpması veya yaklaşması sonucu meydana gelir. Bu etkileşim, sıcak hava kütlesinin soğumasına neden olur ve çiy noktası sıcaklığına düşerken su buharı yoğunlaşarak sis oluşturur.

Bu tür sisler, denizcilik ve havacılık faaliyetlerinde önemli bir rol oynar ve ani görüş kısıtlamalarına neden olabilir, bu nedenle bu bölgelerde sis tahminleri ve uygun güvenlik önlemleri büyük önem taşır.

Yamaç Sisleri

Sıcak ve nemli havanın rüzgârın zorlamasıyla yamaca doğru tırmanması sonucunda yamaç sisleri meydana gelir. Havanın yükseldikçe adyabatik olarak soğuması, başlangıçtaki sıcaklığının altına düşmesine neden olur ve bu soğuyan hava yükseldikçe yayılır. Eğer atmosfer kararlıysa ve havadaki nem doymuş seviyeye ulaşıyorsa, yamaç sisleri ortaya çıkmaktadır (Eken ve diğ., 2008).

Yamaç sisleri, genellikle dağların veya eğimli yüzeylerin olduğu bölgelerde gözlemlenen bir meteorolojik olaydır. Bu tip sisler, atmosferdeki kararlı koşullar ve doğru topografik özelliklerin bir kombinasyonu ile ortaya çıkmaktadır. Özellikle yamaçlar düzenli ise, bu süreç kalın bir sis tabakasının oluşmasına yol açabilir ve bu sis tabakası kalkması uzun bir süre alabilmektedir. Havanın yukarı tırmanması sırasında basınç azalır, hacmi artar ve molekül mesafesine bağlı olarak sıcaklık düşer. Eğer ortam yeterince nemli ise, bu durum sis oluşumuna neden olabilir ve bu sis tabakası günlerce kalabilmektedir.

2.1.4.2 Buharlaşma ve karışma yolu ile oluşan sisler

Sis oluşumu, atmosferdeki nemin artması ve yoğunlaşmasıyla gerçekleşen bir olgudur. Bu olguda, buharlaşma ve karışma süreçleri önemli bir role sahiptir. Buharlaşma, sıvı bir maddenin gaz fazına dönüşmesini ifade eder ve genellikle su yüzeylerinden veya topraktan kaynaklanır. Bu süreç, atmosferdeki hava tabakasına su buharı ekleyerek nem oranını artırır. Ardından, karışma süreci devreye girer. Nem oranı yüksek olan hava ile daha kuru hava tabakaları karıştığında, su buharı içeren hava soğuyarak yoğunlaşır. Bu yoğunlaşma, su damlacıkları veya buz kristallerinin oluşmasına yol açar ve sis meydana gelir. Özellikle soğuk yüzeyler veya gece boyunca sıcaklık düşüşleri gibi belirli atmosferik koşullar altında, bu iki süreç bir araya gelerek sisin etkili bir şekilde oluşmasına sebep olmaktadır.

Buhar Sisi

Buharlaşma ve karışma süreçleriyle ortaya çıkan en yaygın sis türü genellikle "buhar sisi" olarak adlandırılır. Bu tip sis, düşük sıcaklıktaki havanın, çok daha yüksek sıcaklıktaki bir su yüzeyinden geçmesi sonucu oluşur. Su yüzeyinin sıcaklığı, buhar basıncını artırır ve atmosferdeki soğuk havanın buhar basıncından daha yüksek olur. Bu basınç farkı devam ettikçe, su yüzeyinden havaya su buharı eklenir. Soğuk hava

tabakası, bu nemin eklemesiyle birlikte doyma (çiy) noktasına ulaşır ve yeterli karışma oranı sağlandığında, daha yüksek bölgelerdeki kuru havayı doymuş hale getirir.

Bu süreçte, sıcak su yüzeyinde alttan ısınan soğuk hava, üstündeki daha soğuk havadan daha az yoğun olduğundan yukarı doğru yükselir. Su buharına doymuş olarak yükselen hava, görsel olarak "buhar" olarak tanımlanır. Buhar sisi genellikle sonbahar sabahlarında, soğuk havanın sıcak su yüzeylerinden yükselmesi ve yağış sonrası güneşin ısınması sonucu sıkça gözlemlenir. Bu tür sis, soğuk hava kütesinin sıcak ve nemli bir yüzey üzerinde hareket ettiği adveksiyon sisinin bir türüdür. Ayrıca, deniz yüzeyinde oluştuğunda "deniz dumanı" olarak da adlandırılır.

Cephe Sisi

Oluşum mekanizması açısından buharlaşma sisine oldukça benzerlik gösterir. Cephesel sisler, genellikle bir soğuk cephe ile sıcak ve nemli bir hava kütle çatıştığında ortaya çıkar. Sıcak hava, soğuk hava önünden yukarı doğru yükseldikçe, sıcaklık düşer ve su buharı yoğunlaşarak su damlacıkları veya buz kristalleri oluşturur, bu da sisin meydana gelmesine neden olur (Eken ve diğ., 2008).

Buz Sisi

Buz sisi, atmosferdeki düşük sıcaklıkların (0°C 'ın altında) ve yüksek nemin bir araya geldiği koşullarda meydana gelen bir sis türüdür. Bu atmosferik olay, su buharının soğuk havada yoğunlaşarak doğrudan buz kristallerine dönüşmesiyle gerçekleşir (Eken ve diğ., 2008). Buz sisi oluşumu için ilk adım, genellikle düşük sıcaklıkları ve gerektiğinde yüksek nem seviyelerini içeren bir atmosferin oluşmasıdır. Su buharı, bu soğuk atmosferde yoğunlaşarak su damlacıklarına veya doğrudan buz kristallerine dönüşebilir. Bu durumda, atmosferde buz sisi ortaya çıkar. Gökyüzünde asılı kalan bu buz kristalleri, güzel ve ışıltılı bir görüntü oluşturabilir. Bu tip sisler genellikle soğuk kış günlerinde ve özellikle gece boyunca düşük sıcaklıkların hâkim olduğu koşullarda gözlemlenir.

2.2 Sis Hadisesinin Görüş Üzerindeki Etkileri

Havacılık, modern toplumların en hızlı ve güvenilir ulaşım yöntemlerinden biridir. Ancak, havacılığın güvenli ve sorunsuz bir şekilde işlemesi için birçok faktörün mükemmel bir şekilde bir araya gelmesi gereklidir. Bu faktörlerden biri de görüş koşullarıdır ve havacılıkta görüşün önemi oldukça büyüktür.

Meteoroloji eğitim notlarına göre; Havacılık amaçlı görüş iki şekilde tanımlanmaktadır.

a- Yere yakın bir konumda yerleştirilmiş uygun boyutlara sahip siyah veya koyu renkli bir cismin, aydınlık bir arka planın önünde görülebileceği ve algılanabileceği en uzak mesafeye denir.

b- Yaklaşık 1000 kandela şiddetindeki ışıkların, aydınlatılmamış bir zemin üzerinde görülebileceği ve algılanabileceği en uzak mesafedir.

Yani, belirli bir karaktere sahip bir cismin çıplak gözle görülebileceği ve tanımlanabileceği en uzak mesafeye "Görüş Mesafesi" veya "Rüyet" denir. Görüş mesafesi, cisimlerin ne kadar uzaklıkta net bir şekilde görülebileceğini ifade etmekte ve genellikle ışık koşullarına, hava koşullarına ve cismin özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir (MGM, 2018).

Bir noktadan tüm yönlere doğru görüş mesafesi eşit veya birbirine çok yakınsa, ortalama bir değer kullanılabilir. Ancak, farklı yönlerdeki görüş mesafeleri birbirinden farklı ise, meteorolojik görüşün en düşük değeri kabul edilir (Ertaş, 2018).

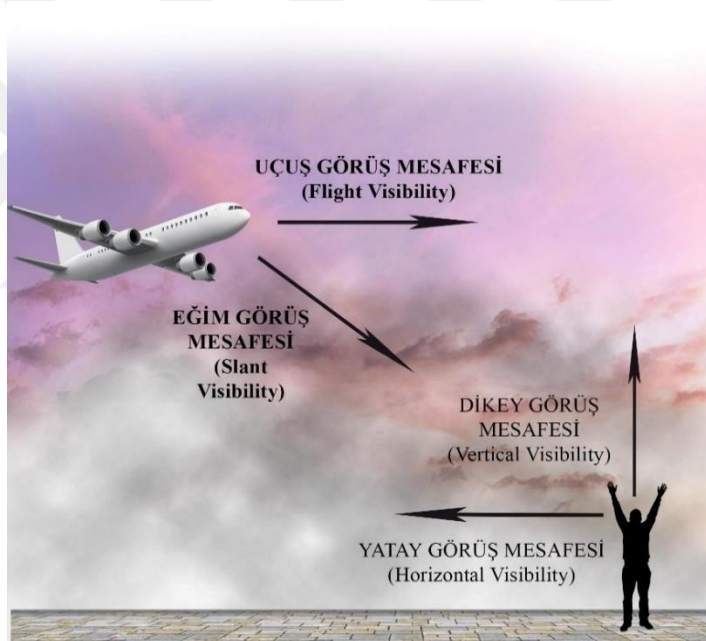
Görüş mesafesini büyük ölçüde sınırlayarak hava ulaşımını olumsuz etkileyen önemli bir meteorolojik olay sis hadisesidir. Sis, havalimanlarında diğer olumsuz hava koşullarına göre daha uzun süreli etkileri olabilmekte ve mevsimsel olarak daha sık meydana gelebilmektedir. Ayrıca sis hadisesinin meydana gelmesinde deniz, göl, nehir, tepe, yamaç gibi çevresel faktörlerin etkisi bulunmaktadır. Bu sebeple öngörülebilirliği diğer meteorolojik hadiselerle nazaran daha karmaşık ve daha zor hale gelmektedir.

Sis, tahmin edilmesi en zor hava olaylarından biri olduğundan, havalimanlarında aniden ortaya çıkabilen ve görüş mesafesinde önemli bir düşüşe neden olabilen bir durumdur. Bu, uçuş operasyonlarının olumsuz yönde etkilenmesine ve aksamaların yaşanmasına yol açmaktadır (FAA, 2016).

Havada pus, sis veya yağışın bulunmaması, en iyi görüş mesafesini sağlamaktadır. Bu etkenlerin bulunmadığı durumlarda atmosfer genellikle temiz ve berrak gibi görünür ancak, çıplak gözle görülemeyen toz, tuz, polen gibi yoğunlaşma çekirdekleri içeren birçok madde içerir. Bu parçacıklar yoğunlaşarak pus gibi görünür ve görüş mesafesini azaltır. Ayrıca, hava içinde bulunan kuru duman, pus, toz gibi kirleticiler, sıcaklık,

nem, sis damlacıkları ve yağışlar tarafından dağıtılarak güneş ışığını saçarak görüş mesafesini azaltabilmektedir.

Yeryüzündeki görüş kavramından farklı olarak, uçak içerisinde görüş kavramına bakıldığında; “Uçuş Görüş Mesafesi” (Flight Visibility), uçuş sırasında bir hava aracının pilot kabini içerisinde ileriye doğru görülebilen ortalama mesafe olarak tanımlanır. Yaklaşma ve iniş sırasında ise, pilot için "Eğim Görüş Mesafesi" önemlidir. 30 metre yükseklikte eğim görüşü, yer seviyesindeki yatay görüş mesafesinden önemli ölçüde farklı olabilir. Alçak bulutlar mevcut olduğunda, bu bulutlar nedeniyle eğim görüşü, yerdeki meteorolojik görüşten daha düşük olabilir. Bu nedenle; yer seviyesinde ve yatay olarak yapılan meteorolojik görüş ile pilot tarafından algılanan eğim görüşün tamamen farklı olduğu göz önüne alınmalıdır (MGM, 2018). Daha net anlaşılabilmesi için Şekil 2.1 üzerinde terimler anlatılmıştır.



Şekil 2.1 : Havacılık terimlerinin görselleştirilmesi.

2.2.1 Havacılıkta görüş kavramları

Belirli bir karaktere sahip bir cismin çıplak gözle görülebileceği ve tanımlanabileceği en uzak mesafeye "Görüş Mesafesi" veya "Rüyet" denir (MGM, 2018). Havalimanı yüzeyinin en az yarısı veya daha fazlasında etkili olan görüş mesafesi değerine ise "Hâkim Görüş" (Prevailing Visibility) adı verilmektedir. METAR raporlarında verilen görüş mesafesi, genellikle bu “Hâkim Görüş” değerini ifade etmektedir (DHMI, 2021). Minimum rüyet, gözlemlenen en düşük görüş mesafesinin hâkim rüyetten farklı olması

durumunda ortaya çıkar. Ayrıca, bu en düşük görüş mesafesi 1500 metrenin altında veya hâkim rüyetin %50'sinden daha azsa, bu durumda "Minimum Rüyet" terimi kullanılmaktadır (Annex-3 ICAO, 2013). Bir hava aracının pilotu tarafından pistin merkez hattı boyunca belirlenen noktalardan görülebilen en uzak mesafeye ise “Pist Görüş Mesafesi (Runway Visual Range- RVR)” denir. Havacılıkta iniş veya kalkış yapacak hava araçları için kritik bir öneme sahip olan pist görüş mesafesi, her hava alanı için belirlenmiş bir standart değeri temsil eder. Bu değer belirlenmemişse, meteorolojik görüş 1500 metrenin altına düştüğünde ölçülerek raporlanmaktadır (Ertaş, 2018).

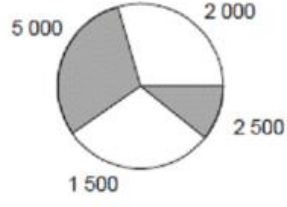
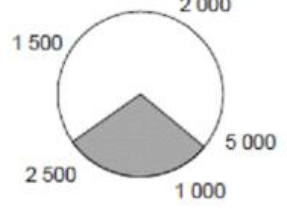
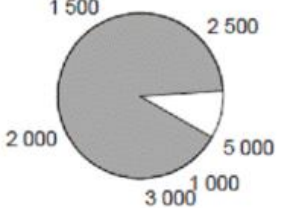
Pist görüş mesafesi, cihazları kullanılarak ölçülmektedir. Günümüzdeki gelişmiş teknoloji sayesinde birçok havalimanında, Automated Weather Observing System (AWOS) aracılığıyla havalimanı üzerindeki pist kenarlarına yerleştirilmiş RVR cihazları kullanılarak meteorolojik olarak görüş kısıtlayıcı olayların tespitinde kullanılmaktadır.

AWOS, hava durumu gözlemlerini otomatik olarak yapabilen bir sistemdir. Bu sistem, havalimanları ve diğer havacılık tesisleri gibi alanlarda meteorolojik verileri toplamak, işlemek ve iletmek amacıyla kullanılmaktadır. AWOS'un temel görevleri arasında sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, görüş mesafesi, bulutluluk, atmosfer basıncı gibi hava durumu parametrelerini ölçmek ve raporlamak yer almaktadır (URL-2). Bu sebeple; AWOS, pilotlara, hava trafik kontrolörlerine ve diğer havacılık profesyonellerine gerçek zamanlı hava durumu bilgileri sağlayarak güvenli uçuşları desteklemektedir. Otomatik olarak çalışan bu sistem, hava durumu şartlarını sürekli olarak izleyerek güncel ve doğru verileri sunmakta ve AWOS'un kullanılması, havalimanlarında uçuş güvenliğini artırmak ve meteorolojik koşullar hakkında doğru bilgiler sağlamak açısından önem kazanmaktadır.

Hâkim Görüş veya Minimum Görüş, havacılık raporlarında aşağıdaki kriterlere göre belirtilir (Ertaş, 2018):

- 800 metreye kadar olan görüş, 50'şer metre aralıklarla,
- 800 metre ile 5000 metre arasındaki görüş, 100'er metre aralıklarla,
- 5000 metre ile 10 kilometre arasındaki görüş, 1'er kilometre aralıklarla,
- 10 kilometre ve üzerindeki görüş değerleri "9999" olarak rapor edilir.

Hâkim rüyetin belirlenmesinde Şekil 2.2 de gösterildiği gibi; temel kriter, görüş alanının bir daire şeklinde düşünülmesidir. Bu bağlamda, en yüksek görüş mesafesinden başlanarak en az 180° veya daha fazla bir alanı içeren değerler arasında en düşük rüyet, hâkim rüyet olarak rapor edilir (MGM, 2016).

Hâkim Rüyetin Tespiti (Taranmış Alanlar Hâkim Rüyet Tanımına göre Tespit Edilmiş Alanlardır)		Minimum Rüyet	Hâkim Rüyet
1. Dört Farklı Görüş Bölgesi			
Görüş (Metre)	Yaklaşık Derece		
5 000	90		
2 500	90		
2 000	90		
1 500	90		
} 180			
		1 500	2 500
2. Beş Farklı Görüş Bölgesi			
Görüş (Metre)	Yaklaşık Derece		
5 000	50		
2 500	90		
2 000	130		
1 500	50		
1 000	40		
} 270			
		1 000	2 000
3. Altı Farklı Görüş Bölgesi			
Görüş (Metre)	Yaklaşık Derece		
5 000	60		
3 000	50		
2 500	80		
2 000	90		
1 500	70		
1 000	10		
} 190			
		1 000	2 500

Şekil 2.2 : Hâkim rüyetin belirlenmesi (MGM, 2016).

Meteorolojik görüşün rapor edilmesi konusu METAR kodlamaları ile birlikte daha detaylı açıklanacaktır.

2.2.2 Sis hadisesini etkileyen meteorolojik parametreler

Sis durumunda, sisin dağılımını etkileyen faktörleri belirlemek için, bu tez çalışması kapsamında, çeşitli parametreler kullanılarak sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı, çiy noktası, bulutluluk gibi veriler incelenmiştir.

2.2.2.1 Bağıl nem

Havanın doyma noktasına ulaşması için gereken maksimum su buharı miktarının havadaki mevcut su buharı miktarına oranına bağıl nem denir. Havacılıkta bağıl nem,

ortam sıcaklığına bağlı olarak yoğuşmanın ne zaman başlayabileceği hakkında önemli bilgiler sağladığı için kullanılır. Bu bilgiyi kullanırken, çalışılan hava kütleindeki nem miktarının önemli ölçüde değişmeyeceği varsayılır (DHMI, 2021).

Belirli bir sıcaklıkta havadaki gerçek buhar basıncının, aynı sıcaklıkta doymuş buhar basıncına oranını gösterir. Diğer bir ifadeyle, belirli bir hacimdeki nem miktarının, o hacmin doymuş hale gelmesi için gereken nem miktarına oranıdır. Nispî nem, genellikle kuru ve ıslak termometre sıcaklık değerleri kullanılarak dolaylı bir şekilde hesaplanır. Klimatoloji bağlamında nemden bahsedildiğinde, genellikle nispî nem ifadesi kullanılmaktadır.

Denklem 2.1'de bağıl nem, buhar basıncının doymuş buhar basıncına oranı olarak tanımlanır ve sembolü RH ile ifade edilir.

$$RH = \frac{e}{e_s} \quad 2.1$$

Buhar basıncı değeri e , doymuş buhar basıncı e_s ile gösterilirken, sıcaklık T ile gösterilmektedir. Denklem 2.2 ile hesaplanan doymuş buhar basıncı, atmosferde doğrudan gözlenemeyen ancak deneysel yöntemlerle belirlenen bir değeri temsil etmektedir.

$$e_s = 6.1078 \exp\left(\frac{19.8 - T}{273 + T}\right) \approx 6.11 \exp(0.073T) \quad 2.2$$

Bu denklemde, doymuş buhar basıncı sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Denklemde sıcaklık °C olarak, basınç ise milibar olarak birimlendirilir. Bağıl nem, buhar basıncının yanı sıra karışma oranı ve doymuş karışma oranı kullanılarak da hesaplanabilmektedir (2.3).

$$RH = \frac{w}{w_s} \quad 2.3$$

Denklem 2.3'te, karışma oranı w ve doymuş karışma oranı w_s sembolleri ile ifade edilmektedir.

Karışma oranı

Karışma oranı atmosferde su buharı yoğunluğunun ve kuru havanın yoğunluğuna oranı olarak tanımlanmaktadır. Denklem 2.4'te gösterilmiştir.

$$w = \rho_v / \rho_d \quad 2.4$$

Denklem 2.4'te ρ_v su buharı yoğunluğunu ve ρ_d kuru havanın yoğunluğunu göstermektedir. Doymuş buhar basıncı sıcaklığın bir fonksiyonuyken karışma oranı hem sıcaklığın hem de basıncın bir fonksiyonu olarak tanımlanır.

Denklem 2.5'te 0.622 değeri kuru hava ve su buharı için gaz sabitlerinin oranıdır. Basınç p ile temsil edilir ve doymuş karışma oranı ile basınç arasında lineer bir ilişki vardır.

$$ws = \left(\frac{0.622}{p} \right) \cdot e_s \quad 2.5$$

2.2.2.2 Çiy noktası (işba)

Suyun yoğuşması, tamamen içinde bulunduğu havanın sıcaklığına ve içerdiği su miktarına bağlıdır. Doyma noktasında havadaki su miktarı, maksimum nem seviyesini belirlemek için bir ölçüt olarak kullanılır. Doyma noktasında nem miktarı genellikle %100 olarak kabul edilir (DHMİ, 2021). Havanın doyma durumuna ulaşabilmesi için ise (yoğunlaşma olmadan), sabit bir basınç altında ve sabit bir su buharı miktarıyla soğutulması gerekir. Bu su buharı ile soğutulması gereken sıcaklığa “işba sıcaklığı” veya “çiy noktası” denir. Bu da, bir hava parselinin doymuş hale gelmesi için soğutulması gereken sıcaklık değerini temsil etmektedir. Genellikle “Td” ile sembolize edilmektedir. İşba sıcaklığı, havanın içerdiği su buharı miktarına bağlı olarak değişir ve çevresel koşulların etkisiyle farklılık gösterebilmektedir (Çimen ve Yağan, 2007).

Çiy noktası, bir sıcaklık olduğu için sıcaklık biriminde hesaplanır. Nem ile karıştırılmamalıdır. Nem su buharı miktarını ifade ederken çiy noktası bu su buharı miktarının doymuş olduğu sıcaklığı ifade eder. Nemin birimi kg/m, g/m³ iken çiy noktası kelvin, celsius veya fahrenheit birimindedir.

Nem miktarı ve yoğuşmanın ne zaman başlayabileceği konusunda fikir vermek amacıyla sıcaklık bilgisinin yanı sıra işba bilgisi verilmektedir. Hava sıcaklığı hiçbir zaman işba sıcaklığından daha düşük olamaz. yani; hava sıcaklığı her zaman, işba sıcaklığına eşit ya da daha yüksek olmalıdır. Örneğin;

15° C / 12 ° C (hava sıcaklığı 15 santigrad derece, İşba 12 santigrad derece) olan bir ölçümde, havanın doyma noktasına çok yakın olduğu, yani bağıl nem seviyesinin çok yüksek olduğu söylenebilir. Eğer hava sıcaklığı 3°C azalır, bu durum havada çözünmüş olan nemin yoğuşmasına neden olabilir ve yağış ya da sis gözlemlenebilir.

10° C / -10° C (hava sıcaklığı 10 santigrad derece, İşba eksi 10 santigrad derece) olan bir ölçümde ise, her iki sıcaklık arasındaki farkın büyük olduğu, yani havanın doyma noktasına çok uzak olduğu sonucuna varılabilir. Bu durumda bağıl nem seviyesinin çok düşük olduğu anlaşılr. Yağış ya da sis hadisesi beklenmesi için hava sıcaklığının 20 santigrad derece kadar azalması gerekmektedir (DHMI, 2021).

Çiy noktası sıcaklığını hesaplamak için, doyma durumu gerçekleşmediği için buhar basıncı değeri kullanılır. Doymuş buhar basıncı kullanılırsa, çiy noktası sıcaklığı yerine sıcaklık değeri elde edilir. Denklem 2.6'da birim hata olmaması için 6.11 sabiti kullanıldığında basıncın milibar olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

$$T_d = \frac{\ln e - \ln 6.11}{19.8 - (\ln e - \ln 6.11)} \approx 13.7 \ln \frac{e}{6.11} \quad 2.6$$

Denklem 2.7'de, sıcaklık ve çiy noktası sıcaklığı arasındaki fark T_{dd} ile ifade edilmekte ve bu farka "çiy noktası depresyonu" adı verilmektedir. Çiy noktası depresyonu, sıcaklık değerinden çiy noktası sıcaklığının çıkarılması ile elde edilmektedir.

$$T_{dd} = T - T_d \quad 2.7$$

Çiy noktası, genellikle doğrudan ölçülmez, bunun yerine sıcaklık ve nem gibi atmosferik veriler kullanılarak hesaplanır. Ancak, cilalı bir metal ayna kullanarak hava üzerinden geçirilen soğutulmuş bir yüzeyin üzerinde oluşan yoğunlaşma noktası da çiy noktasını ölçmek için kullanılan bir yöntemdir.

2.2.2.3 Rüzgâr hızı

Rüzgâr, havacılığın her yönünü etkileyen bir faktördür. Meteorolojik verilerin sürekli izlenmesi, rüzgarla ilgili doğru bilgilerin kullanılmasına ve uçuş güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Sis hadisesinde rüzgârın önemi oldukça belirgindir. Rüzgârın hızı ve yönü, sis bulutlarının hareketini ve yoğunluğunu etkileyebilmektedir. Sis, genellikle düşük rüzgâr hızlarında veya rüzgârsız koşullarda oluşur ve bu nedenle rüzgârın değişiklikleri, sis hadisesinin gelişimini tahmin etmeye yardımcı olabilmektedir. Ayrıca sisli hava havalimanlarında iniş ve kalkış prosedürlerini etkiler. Sisli koşullarda, rüzgârın havalimanındaki pistlere olan etkisi pilotların yaklaşım ve inişlerini yönlendirebilir. Görüş mesafesini azaltan sis, pilotların güvenli uçuşlarını daha zorlu hale getirir ve rüzgârın etkisi, uçak performansını da etkileyebilmektedir.

2.2.2.4 Sıcaklık

Sıcaklık, bir cismin içinde bulunan atomların veya moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinin bir göstergesidir. Bu, madde içindeki parçacıkların hareket etme ve titreşme hızlarının bir yansımasıdır. Sıcaklık, genellikle “Celsius” (°C) veya “kelvin” (K) gibi ölçü birimleriyle ifade edilir.

Isı ise, bir maddenin enerji alışverişinin bir sonucu olarak meydana gelir. Isı, bir sisteme eklenen veya çıkarılan enerji miktarını ifade eder. Bir sistem içindeki enerji transferi sonucu ortaya çıkar ve bu transfer, maddeye veya sistemlere aktarılan enerjiyi temsil eder. Isı, “kalori” veya “joule” gibi birimlerle ölçülür ve miktarı, madde miktarıyla ilişkilidir.

Sıcaklık ve ısı, sık sık karıştırılan terimlerdir, ancak temelde farklı anlamlar taşırlar. Sıcaklık, bir cismin içindeki parçacıkların enerji durumunu ölçerken, ısı, enerjinin aktarımını ve bu aktarımın sonucunda bir cismin sıcaklığının değişmesini ifade eder. Sıcaklık, bir ölçü birimidir ve bir cismin içindeki parçacıkların hareketinin bir göstergesidir, ısı ise enerji transferinin bir sonucudur ve enerjinin bir türüdür. Başka bir deyişle, sıcaklık enerjinin bir ölçüsüyken, ısı enerjinin aktarılmasının sonucudur.

Sis, genellikle soğuk hava koşullarında, havanın nem oranının yüksek olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Sıcaklık düşerken, havadaki nem doygunluğa ulaşabilir ve bu nedenle su buharı yoğunlaşarak minik su damlacıkları veya buz kristalleri oluşturur, bu da sisin oluşumuna neden olmaktadır. Bu durumda, sis oluşumunu rüzgâr ve sıcaklık azaltmaktadır. Sıcaklığın artması ile yeryüzü ısınmaya başladığında sis etkisini kaybetmeye başlamaktadır.

Radyasyon sisinde ise sıcaklık terslemesi olayı ön plandadır. Sıcaklık terslemesi, güçlü dikey hava hareketlerini engellediği için özellikle yaz aylarında su buharının havanın alt katmanlarında toplanmasına ve nemli havanın geceleyin soğuk yüzeye temas etmesine neden olarak sis oluşmasına katkı sağlar.



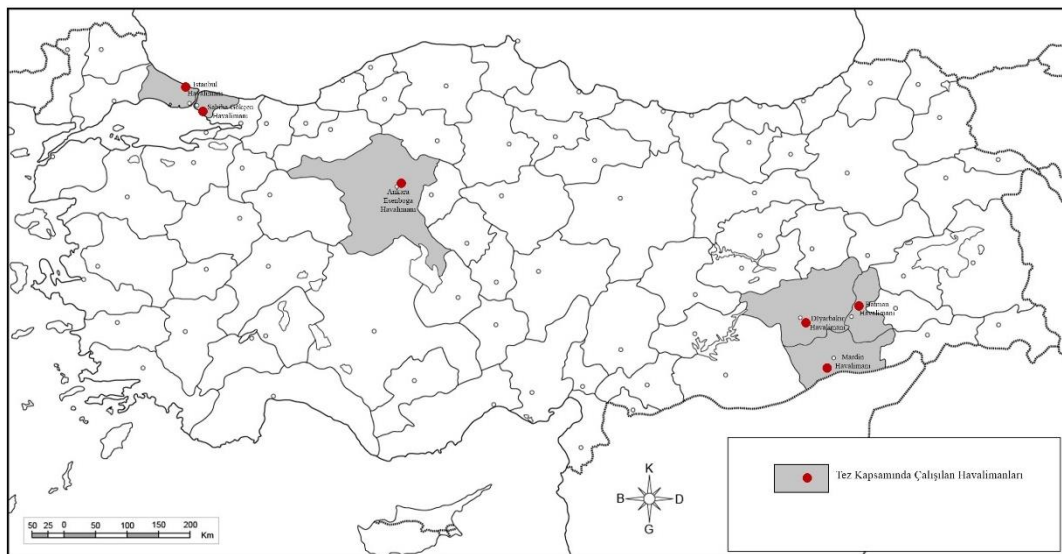
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu bölümde, çalışılan altı havalimanı hakkında bilgilendirme ve bu havalimanlarında kullanılan meteorolojik raporlamalardan bahsedilerek, histogram ve rüyetograf açıklamaları yapılmıştır.

3.1.1 Araştırma alanının genel tanıtımı

Türkiye'de 2023 itibariyle, hizmet veren toplam 58 sivil havalimanı bulunmaktadır ve bu havalimanları arasında 37 tanesinde uluslararası uçuşlar gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.1). Türkiye'deki havalimanları, ülkenin stratejik konumu, turistik cazibesi ve ekonomik büyümesi ile birleşerek, küresel hava ulaşımındaki önemli bir role sahiptir. Modern altyapıları ve sürekli olarak artan hava trafiği, Türkiye'nin hava ulaşımında daha da büyümesine olanak tanımaktadır. Havacılık sektöründeki bu gelişmeler, Türkiye'nin küresel bağlantılarını güçlendirmekte ve ülkeyi uluslararası bir ulaşım merkezi haline getirmektedir. Ancak sis hadiseleri ve diğer meteorolojik koşullar sebebiyle çeşitli aksaklıklar yaşanabilmektedir.



Şekil 3.1 : Tez kapsamında çalışılan havalimanları konumları.

Sis hadisesi kaynaklı aksaklıkları anlamak için, o bölgenin özel meteorolojik koşulları ve topografik özellikleri dikkate alınmalıdır. Diyarbakır Havalimanı, Batman Havalimanı ve İstanbul Havalimanı su kenarına konumlandırılan havalimanları arasında yer almaktadır. Havalimanlarının nehir kenarlarında konumlanması, konveksiyonel akımların tetiklenmesi, adveksiyon ve radyasyon sislerinin oluşma potansiyelini artırabilmektedir (Yavuz ve Deniz, 2018). Bunun sebepleri kısaca:

- **Su Yüzeyinden Buharlaşma:** Nehirler, genellikle su yüzeyine sahiptir ve bu su yüzeyinden buharlaşma gerçekleşir. Suyun buharlaşmasıyla atmosferde su buharı miktarı artar. Bu, yoğun sisin oluşumuna katkıda bulunabilmektedir.
- **Sıcaklık Farklılıkları:** Su, toprak gibi diğer yüzey özelliklerine kıyasla daha yavaş ısınır ve soğur. Bu durum, nehir çevresindeki hava ile nehir üzerindeki hava arasında sıcaklık farklılıklarına neden olabilir. Özellikle soğuk nehir suyu, çevresindeki havayla temas ettiğinde buharlaşabilmekte ve sis oluşturabilmektedir.
- **Topografik Etkiler:** Nehir vadileri genellikle topografik olarak alçak bölgelerdir. Alçak bölgelerde soğuk hava birikebilir ve bu durum, sisin oluşma olasılığını artırabilir. Topografik özellikler, sisin nehir vadilerine yerleşmesini kolaylaştırabilir.
- **Yüksek Nem:** Nehirlerin olduğu bölgeler genellikle yüksek nem içeren mikroklima koşullarına sahip olabilir. Yüksek nem, sis oluşumu için gerekli olan su buharının atmosferde bulunma olasılığını artırır. Yüksek nem, sisin oluşumu için önemli bir faktördür.
- **Gece ve Sabah Saatleri:** Gece ve sabah saatlerinde genellikle daha soğuk hava koşulları görülür. Nehirlerin etkisiyle, bu soğuk havanın neden olduğu sis oluşumu bu saatlerde daha belirgin olabilir.

Tüm bu koşullar dikkate alındığında, her bölgenin iklimi ve topografyası farklı olduğundan, çalışılan altı havalimanı ayrı ayrı incelenmiştir.

3.1.1.1 Ankara Esenboğa Havalimanı

Ankara Esenboğa Havalimanı İç Anadolu Bölgesi'nde, 952 metre rakımda; 40.121 enlem, 32.994 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibarıyla şehirci-

karasal iklime sahiptir. Havalimanı pist uzunluğu 3.400x45, 3.750x60 metre boyutlarındadır. CAT III aydınlatma kategorisine sahiptir.

MGM 1959 – 2022 arası verilere göre; Ankara Esenboğa Havalimanı bölgesinde yaz ayları genellikle ılık, kurak ve açık bir karakter taşırken, kış ayları ise oldukça soğuk, karlı ve parçalı bulutlu bir atmosferle geçmektedir. Yıl boyunca sıcaklık genellikle -6°C ila 30°C arasında değişir ve nadiren -15°C'nin altına veya 34°C'nin üzerine çıkar. Ankara Esenboğa Havalimanı bölgesinde en yüksek sıcaklık genellikle ağustos ayında kaydedilir; bu ayda ortalama yüksek sıcaklık 29°C iken düşük sıcaklık 14°C seviyesindedir.

Ankara'da güçlü rüzgarlar genellikle mart ve nisan aylarında gözlemlenmektedir. En yüksek rüzgar hızı, güneydoğu yönlü olup, bir gün içinde 32.1 m/s olarak tespit edilmiştir.

3.1.1.2 İstanbul Havalimanı

İstanbul Havalimanı Marmara bölgesinde, 95 metre rakımda; 41.275 enlem, 28.751 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibariyle şehiriçi- kıyı iklimine sahiptir. Havalimanı pist uzunlukları 4.100x75, 3.750x75, 3.060x75 metre boyutlarındadır. CAT III aydınlatma kategorisine sahiptir.

İstanbul Havalimanı Sarıyer sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu sebeple MGM verilerine göre; Sarıyer ilçesinde sıcak ve ılıman bir iklim tipi hüküm sürmektedir; kış aylarında yaz aylarına göre daha fazla yağış düşmektedir. İlçe genelinde yıllık ortalama sıcaklık 14.9 °C'dir ve yıllık ortalama yağış miktarı 676 mm'dir. Ağustos ayı, 27 mm yağışla yılın en kurak ayıdır. En fazla yağış ise aralık ayında, ortalama 94 mm olarak gözlemlenmektedir. Sarıyer, İstanbul boğazında yer aldığından su sıcaklığı da önemlidir. Sarıyer içindeki su sıcaklığı yıllık ortalama 15.3°C'dir. Yıl boyunca en düşük su sıcaklıkları genellikle şubat ayında, yaklaşık olarak 7.2°C olarak gözlemlenir. Ortalama en yüksek su sıcaklıkları ise genellikle temmuz ayında, yaklaşık olarak 24°C seviyesindedir.

3.1.1.3 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı

İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Marmara bölgesinde, 99 metre rakımda; 40.898 enlem, 29.309 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibariyle şehiriçi-kıyı

iklimine sahiptir. Havalimanı pist uzunluğu 3.000x45 metre boyutlarındadır. CAT I aydınlatma kategorisine sahiptir.

MGM 1950 – 2022 arası verilere göre; İstanbul Anadolu yakası iklimine göre yıllık ortalama sıcaklık 15.2 °C'dir ve yıllık ortalama yağış miktarı 660.9 mm'dir. Temmuz ayı, 22.5 mm yağışla yılın en kurak ayıdır. En fazla yağış ise aralık ayında, ortalama 99.3 mm olarak gözlemlenmektedir.

3.1.1.4 Batman Havalimanı

Batman Havalimanı Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 553 metre rakımda; 37.926 enlem, 41.122 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibariyle şehirdibi-karasal iklimine sahiptir. Havalimanı pist uzunluğu 3048x45 metre boyutlarındadır. CAT I aydınlatma kategorisine sahiptir.

Batman ilinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki konumu, kuzey ve kuzeydoğusunu yüksek, sarp ve dağlık bir arazi ile şekillendirirken, güneyi dağlık ve engebeli bir coğrafyaya sahiptir. Batman, karasal iklimin etkisi altında bulunmaktadır. Bu bölgede yazlar genellikle sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlı bir karaktere sahiptir.

MGM 1959 – 2022 arası verilere göre; yıllık yağış miktarı 490.7 mm olup, nispi nem oranı yaklaşık %53 seviyesindedir. Batman kentinde ortalama yıllık sıcaklık değeri 15.9°C'dir. Yaz mevsimi, tipik olarak kurak ve aşırı sıcak bir karakter taşır. Yaz aylarında neredeyse hiç yağış görülmezken, en yüksek sıcaklıkların temmuz ayında yaşandığı belirlenmiştir. Temmuz ayının ortalama sıcaklığı 30.2°C olarak ölçülmüştür. Bu dönemde yağış miktarı oldukça düşüktür; temmuz ayında 1.7 mm, ağustos ayında ise 1.9 mm yağış kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık değerleri genellikle kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında gözlemlenmektedir. Hâkim rüzgâr yönü genellikle doğu, kuzey ve kuzeydoğu olup, bu durum kentin genel iklim özelliklerini belirleyen faktörlerden biridir.

3.1.1.5 Diyarbakır Havalimanı

Diyarbakır Havalimanı Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 687 metre rakımda; 37.897 enlem, 40.202 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibariyle şehirdibi-karasal iklimine sahiptir. Havalimanı pist uzunluğu 3549x45 metre boyutlarındadır. CAT I aydınlatma kategorisine sahiptir.

MGM 1959 – 2022 arası verilere göre; Diyarbakır'da hakim olan sert karasal iklim gözlenmektedir. Sıcaklık yaz aylarında genellikle 40°C'ye kadar ulaşırken, kış aylarında 20°C'nin altına düşebilmektedir. Ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık 493.3 mm'dir. İl genelinde yaz ayları, genellikle haziran ile eylül arasında, neredeyse hiç yağış almadan geçer. Temmuz ayı, genel olarak en sıcak ay olup sıcaklık ortalaması 31 derecedir, buna karşın ocak ayı en soğuk aydır ve sıcaklık ortalaması 2.2 derecedir.

Son yıllarda bölgedeki yapay göllerin (Karakaya, Atatürk, Batman, Silvan Barajları) oluşturduğu geniş buharlaşma yüzeyleri, Diyarbakır havzasında nispi nem düzeyinde artışa neden olmuştur. İlde ortalama nispi nem, özellikle aralık ve ocak aylarında en yüksek seviyede olup %77 olarak ölçülmüştür. Yaz aylarında ise en düşük seviyede gerçekleşmiş ve nispi nem oranı temmuz-ağustos aylarında %20'ye kadar düşmüştür. Bu durum, yapay göllerin çevresindeki buharlaşma alanlarının, havanın nem seviyesini etkileyerek mevsimsel nem dalgalanmalarına yol açtığını göstermektedir.

3.1.1.6 Mardin Havalimanı

Mardin Havalimanı Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 527 metre rakımda; 37,233 enlem, 40,637 boylam üzerinde yer almaktadır. Coğrafi konum itibarıyla şehirdibi-karasal iklimine sahiptir. Havalimanı pist uzunluğu 2500x45 metre boyutlarındadır. CAT I aydınlatma kategorisine sahiptir.

MGM 1959 – 2022 arası verilere göre; Mardin kenti ve çevresi, genel olarak karasal iklimin etkisi altında bulunmaktadır. Yaz ayları genellikle kurak ve sıcak, kış ayları ise ılık ve yağışlı bir karakter taşır. Yıllık yağış miktarı 675.6 mm'dir. Kentin ortalama yıllık sıcaklık değeri 16.1°C olarak ölçülmüştür. Yaz mevsimi, tipik olarak kurak ve yüksek sıcaklıklıdır. En düşük ortalama sıcaklık değerleri genellikle kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında gözlemlenmektedir. Mardin Havalimanı Kızıltepe ilçesinde bulunmaktadır. Bu sebeple Kızıltepe ilçesine düzenli yıllık yağış miktarı 350 mm ve nemlilik oranı oldukça düşüktür.

Mardin ilinin iklimi üzerinde kuzeydeki yüksek dağlar önemli bir etkiye sahiptir. Bölgede kış aylarında oluşan yüksek basınç alanı, genellikle soğuk bir kış mevsiminin yaşanmasına neden olur. Bu durum, bir yandan güneydeki çöl ikliminin etkisi altında olunmasından kaynaklanırken, diğer yandan kuzeydeki yüksek dağların serin hava kütlelerinin bölgeye girişini sınırlamasıyla ortaya çıkar. Bu durum, Mardin ilinde

genel olarak yaz aylarının çok sıcak geçtiği, karasal iklimin tipik özelliklerini taşıdığı bir iklimi şekillendirir.

3.1.2 Havacılık kodlamaları

Havacılıkta yaygın olarak kullanılan meteorolojik raporlar arasında METAR, SPECI, TAF ve SIGMET bulunmaktadır. Bu raporlar, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından belirlenen standartlara uygun olarak, ICAO Annex 3 ve ICAO Doc 8896 (Havacılık ve Meteorolojik Uygulamalar Manueeli) kılavuzlarına göre kodlanmışlardır. Bu standartlar, meteorolojik koşulların havacılık operasyonları için anlamlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesini sağlamak amacıyla oluşturulmuştur (ICAO, Annex 3, Regulations). METAR, SPECI, TAF ve SIGMET raporları, pilotlar, hava trafik kontrolörleri ve diğer havacılık profesyonelleri tarafından meteorolojik durumun değerlendirilmesi ve uçuş planlaması süreçlerinde önemli birer araç olarak kullanılır. Bu raporlar, güvenli ve etkili havacılık operasyonları için önemli bilgiler sağlar ve uluslararası standartlara uygun olarak yayınlanmaktadır (Tatlı, 2016).

SPECI, iki METAR periyodu arasında önemli meteorolojik değişikliklerin meydana gelmesi durumunda yayınlanan özel bir meteorolojik rapordur. METAR kodlaması ile tamamen uyumludur ve havacılık faaliyetlerini etkileyebilecek önemli değişikliklere dair ek ya da tamamlayıcı bilgiler içerir. Bu sayede operatörler, hava durumu değişiklikleri konusunda güncel bilgilere sahip olabilmektedir (Ertaş,2018).

TAF (Terminal Aerodrome Forecast), bir hava alanı için belirli periyotlarda yayınlanan bir hava tahmin raporudur. Genellikle 9 ya da 24 saatlik aralıklarla güncellenir ve hava alanı ile çevresindeki meteorolojik hadiseleri öngörür. TAF raporları, pilotlara planlama yapabilmeleri için önemli bilgiler sağlamaktadır (FAA, 2021).

SIGMET (Significant Meteorological Information), önemli meteorolojik bilgileri içeren bir rapor türüdür ve uluslararası havacılıkta güvenli uçuş operasyonları için kritik bir role sahiptir. Bu raporlar, yoğun buzlanma, yoğun gök gürültülü sağanak, volkanik küller ve volkanik patlamalar gibi uçuş güvenliğini etkileyebilecek meteorolojik olayları belirleyerek pilotları uyarmaktadır.

SIGMET raporları, uçuş rotalarındaki tehlikeleri ve riskleri vurgular, böylece pilotlar bu durumları göz önünde bulundurarak güvenli bir uçuş planlaması yapabilirler. Havacılık otoriteleri tarafından belirli periyotlarla bir frekans üzerinden havadaki hava araçlarına yayınlanır. Bu yayına "VOLMET" adı verilir ve yayınlanan SIGMET raporları, 6 saat kadar geçerli olabilmektedir (Ahlstrom ve Suss, 2015). Böylelikle hava trafiği kontrol merkezleri ve hava alanları gibi ilgili birimlere bu önemli meteorolojik bilgiler aktararak, uçaklar bu potansiyel tehlikeleri önceden bilerek önlemler alabilir ve güvenli bir şekilde seyahat edilmesini sağlamaktadır.

METAR, uçuş öncesinde veya uçuş esnasında dikkate alınıp değerlendirilebilen milli ve milletlerarası rasat verilerinin toplandığı; havacılık amaçlı rutin hava raporunun kod haline verilen ismidir. Uçuşların güvenle yapılabilmesi ve pilotların meteorolojik şartlardan haberdar olabilmesi için METAR kodlamalarının verilmesi gerekli öneme sahiptir. METAR kod ismi, her raporun başlangıcında yer almakta; ardından gözlemi gerçekleştiren istasyonun belirteci ve gözlem zamanı bilgileri izlemektedir (MGM: Hezarfen, 2009).

METAR, genellikle saatlik veya yarım saatlik periyotlarda hazırlanır ve duyurulur. Her METAR veya SPECI raporu, TREND tahminini içerebilir. Bu tahmin, havalimanı meteoroloji ofisleri tarafından oluşturulur ve her METAR ve SPECI raporunun sonunda zorunlu olarak paylaşılır. Gruplar arasında benzerlik göstermezler; METAR kodundaki gruplar, ayrıntılı yapı ve kurallara uygun olarak eklenir veya tekrarlanır (MGM, 2016).

METAR raporu, havacılıkta önemli bir bilgi kaynağıdır ve belirli unsurları içermelidir. Raporda bulunması gereken ana bileşenler (Ertaş, 2018);

- **Tanımlayıcı ve Belirtici Gruplar:** METAR raporu, düzeltilmiş bir raporsa "COR" (Correction) belirtisi içerebilmektedir. Rapordaki istasyonun tanımlayıcı kodu ("CCCC") ve raporun zaman bilgisi ("YYGGggZ") bulunmalıdır. Eğer veri yoksa "NIL" ifadesi kullanılmaktadır.
- **Yer Rüzgârı:** Rüzgâr bilgisi, doğrultu ("ddd"), hız ("ff"), rüzgâr varyasyonu ("Gfmfm") ve sarsıntı bilgisi ("dndndnVdxdxdx") içermelidir.
- **Yer Görüş Mesafesi:** Yer görüş mesafesi, görüş mesafesi bilgisi ("VVVV") veya değişen görüş mesafesi ("VVVVNDV") şeklinde ifade edilir.

- **Pist Görüş Mesafesi:** Eğer ölçülmüşse, pist görüş mesafesi "RDRDR/VRVRVRVRi" şeklinde rapora eklenir.
- **Halihazır Hava Durumu:** Halihazır hava durumu ifadesi ("w'w'") bulunmalıdır.
- **Bulut Bilgileri:** Bulut bilgileri, farklı durumlarda farklı formatlarda sunulabilir: "NsNsNshshs" (katmanlı bulutlar), "VVhshshs" (dikey görüş mesafesi), "NSC" (yayvan bulut yok) veya "NCD" (hiç bulut yok).
- **Hava Sıcaklığı ve İşba Sıcaklığı:** Hava sıcaklığı ve işba sıcaklığı bilgisi "T'T'/Td'Td'" formatında rapora dahil edilir.
- **Altimetrik Basınç:** Altimetrik basınç, "QPHPHPHPH" formatında rapora eklenir.
- **İlave Bilgiler:** İlave bilgiler, rüzgâr şiddeti ("WS"), yağış ("REw'w'"), pist durumu ("RDRDR"), yüzey koşulları ("ERCRReReRBRBR") veya genel bir uyarı ("WS ALL RWY") içerebilir.

Bu bileşenler, METAR raporunun temel bileşenlerini oluşturur ve güvenli havacılık uygulamalarının bir parçasıdır. Ayrıca METAR raporunda dikkat edilmesi gereken kodlar bulunmaktadır. Bu kodlar önem sırasına göre; sis (FG-Fog), oraj (TS-Thunderstorm), donan damlacıklar (FZ-Freezing), geniş alana yayılmış toz (DU-Dust) ve volkanik kül (VA-Volcanic Ash)'dir. Bu meteorolojik kodlar, tehlikeleri önceden belirleyerek, havayolu şirketlerine daha etkili bir uçuş planlaması yapma ve güvenli operasyonlar gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. Bu sayede, uçaklar daha güvenli ve verimli rotalarda seyahat edebilir, maddi kayıpların minimize edilmesi ve operasyonların kesintisiz bir şekilde devam etmesi sağlanabilmektedir. Bu meteorolojik bilgiler, havacılık endüstrisinde operasyonel etkinliği artırmak ve hava taşımacılığı güvenliğini sağlamak adına kritik bir rol oynamaktadır (Jamison ve diğ., 2009).

Sis hadisesi kodlanırken havalimanında meydana gelen sis olayının tüm alanı veya belirli bir bölümü üzerinde etkili olup olmadığı, aynı zamanda sis tabakasının derinliği gibi gözlemler, sis hadisesinin rasat edilmesi aşamasında belirli kod kombinasyonları bulunmaktadır. Bu kodlar sis hadisesinin hangi karakteristik sis olduğunu belirtmez, yalnızca sis hadisesinin havalimanı üzerindeki etkili olma durumunu ifade etmektedir. METAR ve SPECI raporlarında etkili olan sis hadiseleri 6 farklı tanımlayıcı ile raporlanmaktadır. Bunlar (MGM, 2016);

Sis – Fog (FG): Havalimanındaki görüş mesafesi, havadaki su zerrecikleri veya buz kristalleri nedeniyle azalıyorsa ve bu azalma tüm yönlerde 1000 metrenin altında ise, bu durum sis (FG) hadisesi olarak rapor edilir.

Donan Sis – Freezing Fog (FZFG): 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda su zerreciklerini etkin olarak içeren herhangi bir sis, kırağı veya buz oluşup oluşmama durumu gözetmeksizin donmuş sis "FZFG" olarak rapor edilir. 0 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise, sis veya kırağı şeklinde birikinti oluşuyorsa, bu durum FZFG olarak rapor edilir. Aksi durumda, 0°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda FZFG raporu verilmez.

Ayrıca havalimanının 16 km içinde rasat edilen hadiseler, VC kodu rapor edilmektedir. Ancak VCFG olarak rapor edilen sis hadisesinin hangi tür (Parçalı – BC, Sığ – MI, Kısmi – PR, Donan –FZ) olduğu belirtilmemektedir.

Sıralar Halinde Sis – Shallow Fog (MIFG): Yeryüzünden iki metre yukarıdaki görüş mesafesi 1000 metre veya daha fazla iken, sis tabakası içindeki görüş mesafesi 1000 metreden az olduğu durumu ifade eder.

Parçalı Sis – Patches Fog (BCFG): Havalimanının bir kısmının görüş mesafesi 1000 metre veya daha fazla iken, sis tabakası içindeki görüş mesafesi 1000 metreden az olduğu durumda, yerden en az iki metre yükseğe kadar uzanan sis durumunu ifade eder.

Kısmi Sis – Partial Fog (PRFG): Havalimanının bir kısmında görüşün 1000 metre altında olduğu, diğer kısımlarda ise görüşün 1000 metre üzerinde olduğu durumu ifade eder.

Havalimanı Civarında Sis – Vicinity Fog (VCFG): Havalimanı dışında kalan alanda oluşan sis hadisesinin yalnızca varlığını raporlamak için kodlanır. Hangi sis türü olduğu hakkında bilgi verilmez.

3.1.3 RVR cihazları ve iniş kategorilerinin (CATI, CATII, CATIII) optimizasyonu

RVR, atmosfer koşulları, fiziksel ve biyolojik etmenler, pist ışıklarının şiddeti ve etkinliği gibi çeşitli faktörleri hesaba katarak yapılan bir değerlendirme sonucu elde edilen bir ölçüdür (MGM, 2016). RVR havacılıkta kritik bir meteorolojik terimdir ve pilotlara pist üzerindeki görünürlük koşulları hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır. RVR, pistin ortasında belirli referans noktaları kullanılarak yapılan ölçümlerle elde edilen bir değeri ifade eder. Bu değer, özellikle iniş ve kalkış sırasında hava araçlarının pist üzerindeki görünürlüğünü belirlemek adına kritik bir ölçüdür. Meteorolojik raporlarda sıkça yer alan RVR değerleri, hava trafiği kontrolörleri ve pilotlara güncel hava durumu koşulları hakkında bilgi sağlayarak güvenli uçuş operasyonlarına katkıda bulunmaktadır.

RVR'ın bazı temel özellikleri bulunmaktadır. Bunlar;

- **Ölçüm Yeri:** RVR, pistin belirli noktalarında ölçülür. Genellikle pistin ortasında, belirli referans noktaları üzerinde veya hava araçlarının iniş ve kalkış sırasında önemli olduğu düşünülen diğer bölgelerde ölçümler yapılmaktadır.
- **Hesaplama:** RVR değerleri, atmosferik koşullar, ışık şiddeti, pist yüzeyinin durumu ve diğer etkenler göz önüne alınarak hesaplanmaktadır.
- **Görüş Mesafesi:** RVR, bir hava aracının pilotunun belirli referans noktalarını pist üzerinde görebildiği maksimum mesafeyi ifade eder. Bu, iniş ve kalkış sırasında pist üzerindeki görünürlük koşullarını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.
- **Meteoroloji Raporları:** RVR değerleri, METAR raporları gibi meteorolojik raporlarda sıkça bulunur. Bu raporlar, pilotlara güncel hava durumu koşulları hakkında bilgi sağlamaktadır.

RVR değerlendirmeleri; Transmissometre (RVR cihazı) kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler, rasat tarafından yapılan lamba sayma ölçümleri ve televizyon tekniği kullanılarak yapılan değerlendirmeler olmak üzere üç temel prensibe dayanan bir teknikle gerçekleştirilir (MGM, 2016).

İnsan Gözlemine Dayalı Ölçüm/Değerlendirme Sistemleri: RVR cihazının bulunmadığı havalimanlarında ya da RVR cihazlarının arızalandığı durumlarda manuel olarak kullanılmaktadır. Bir rasatçı tarafından pist üzerinde görebildiği lamba sayısı durumuna göre ölçüm yapılır. Threshold'dan 300 metre içeride, touchdown bölgesine yakın bir noktanın pist orta çizgisine olan uzaklığı, rasatçının gözlem noktası olarak yaklaşık 100 metredir (MGM, 2016).

Pist lambalarını sayarak pist görüş mesafesini belirleme yöntemi, çeşitli zorlukları içinde barındıran bir süreçtir. Pist kenar ve orta lambaları, diğer havalimanı ışıklarıyla karışabilir, bu da doğru sayımı zorlaştırabilir. Ayrıca, lambalar arasındaki mesafe uzaklaştıkça adım adım daralır, bu da ölçümü daha karmaşık hale getirir. Ayrıca, rasatçı tarafından yapılan ölçümler ile pilotun kokpitten gördüğü mesafe arasında zaman zaman farklılıklar olabilmektedir (MGM, 2016).

Pist kenar ışıklarını sayarak gerçekleştirilen gözlemlerde mesafe aralıkları, gözlem noktasının pist kenarına olan uzaklığına bağlı olarak belirlenir. 800 metreye kadar olan mesafelerde, rasatçılar 50'şer metre aralıklarla sayım yapar ve bu verileri raporlar. Ancak 800 metrenin üzerindeki mesafelerde, aralıklar 100'er metreye çıkar. Bu sistem, pist kenar ışıklarının sayımıyla elde edilen verilerin, farklı uzaklık aralıklarına göre ayrıntılı bir şekilde raporlanmasını sağlamaktadır.

Transmissometre (RVR Cihazı): Transmissometreler, atmosferik koşulları doğrudan ölçerek değerlendiren ancak maliyeti yüksek sistemlerdir. Pist görüş mesafesi ölçümleri yapılırken, pistin orta çizgisinden başlayarak 120 metreyi aşmayan ve threshold'dan itibaren 300 metre içerideki touchdown bölgesini temsil edecek şekilde gerçekleştirilir. Transmissometre ile yapılan ölçümlerde, her pist ve pist başı için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmalıdır. Işık şiddeti hesaplamaların değiştirilebilir ve gerçekleri doğrudan gösterir şekilde olmalı, ayrıca ışık şiddeti mevcut her türlü hava koşulunda operasyonel kullanıma uygun olmalıdır (MGM, 2016). RVR cihazı örneği ve pist üzerindeki ışıklandırmalarını gösteren görsel şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : RVR cihazı ve pist üzerindeki ışıklandırmalar (URL-3).

Pist görüş mesafesinin ölçümünde; 400 metreye kadar olan mesafelerde, 25'şer metre aralıklarla ölçüm yapılır ve rapor edilir. 400 metreden 800 metreye kadar olan mesafelerde, 50'şer metre aralıklarla ölçüm gerçekleştirilir ve sonuçlar raporlanır. 800 metrenin üzerindeki mesafelerde ise, 100'er metre aralıklarla ölçüm yapılır ve bu veriler rapor edilir. Bu sistemler, havalimanındaki görüş mesafesini çoklu aralıklarda değerlendirme yeteneği ile operasyonel güvenliği artırır. Otomatik ölçüm, modern havalimanlarında yoğun kullanım alanı bulan bir teknoloji olup, güvenilir ve etkili operasyonları desteklemektedir (MGM, 2016).

RVR sistemleri basit ya da karmaşık şekilde olabilmektedir. Pistlere kurulacak transmissometer sayıları hesaplanırken, ILS olan CAT I pistler için iki transmissometer; CAT II pistler için pist uzunluğu 2400 metreden az ise iki transmissometer, pist uzunluğu 2400 metreden fazla ise, üç transmissometer; CAT III pistler için, üç transmissometer gerekli olmaktadır (MGM, 2016).

ILS, uçakların düşük görüş koşullarında güvenli bir şekilde iniş yapmalarına olanak sağlayan kritik bir havacılık sistemidir. Havalimanlarında bulut tabanının alçak olduğu, hâkim rüyetin etkili olduğu veya pist görüş mesafesinin düşük olduğu durumlarda, ILS uçaklara hassas yatay ve dikey rehberlik sunarak emniyetli bir inişi mümkün kılmaktadır. Pilotlara doğru iniş rotası ve yükseklik bilgisi sağlamak suretiyle havalimanına güvenli bir şekilde yaklaşmalarını desteklemektedir. Özellikle pist görüş mesafesinin düşük olduğu durumlarda, bu sistem pilotlara gerekli rehberliği sunar ve emniyetli bir inişi sağlamaktadır. Ayrıca, ILS, hava trafik kontrol sistemleri ile entegre olarak çalışabilir ve havalimanlarında daha etkili bir trafik akışını mümkün kılmaktadır. Bu sayede, ILS modern havacılıkta uçuş güvenliğini artırarak yolcuların

seyahat konforunu olumlu yönde etkileyen önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır.

Decision Height (DH) ve RVR kavramları, uçakların iniş sırasında güvenli bir şekilde piste yaklaşmasını ve iniş yapmasını sağlamak için kullanılan önemli ILS ölçümleri; Kategori I, Kategori II ve Kategori III olmak üzere üç yaklaşımdan oluşmaktadır.

3.1.3.1 Kategori I (CAT I)

Kategori I (CAT I) için gerekli olan şartlar şu şekildedir: Dikey görüş mesafesi (DH-Decision Height) 60 metreden (200 feet) yüksek olmalı, hâkim görüş (Hâkim Rüyet) 800 metreden veya pist görüş mesafesi değeri 550 metreden yüksek olmalıdır. Bu kriterler, CAT I sınıfındaki inişlerde güvenli ve düzenli operasyonları sağlamak amacıyla belirlenmiştir (Yavuz ve Deniz, 2018).

Kategori I ILS, havacılık endüstrisinde standart bir prosedür olarak kabul edilir ve uçuş güvenliğini ön planda tutar. Ancak, daha zorlu hava koşullarında çalışabilen ve daha düşük görüş koşullarında iniş yapabilen kategori II ve III gibi ileri kategorilere kıyasla daha sınırlıdır. Bu nedenle, havalimanlarında kullanılacak ILS kategorisinin seçimi, genellikle havalimanının coğrafi konumu, iklim koşulları ve trafiğin durumuna bağlı olarak belirlenir. Kategori I ILS, standart bir ILS yaklaşımını temsil eder ve uçuş güvenliği açısından önemli bir referans noktasıdır. Bu kategori, genellikle tipik hava koşullarında güvenli inişler için kullanılmaktadır.

3.1.3.2 Kategori II (CAT II)

Kategori II ILS yaklaşımı, düşük görüş koşullarında etkili bir şekilde çalışabilen ve pilotlara daha zorlu iniş şartlarında rehberlik sağlayan bir kategoriye temsil etmektedir. Kategori II (CAT II) iniş için gerekli olan şartlar şu şekildedir: Dikey görüş mesafesi (DH-Decision Height) 60 metreden (200 feet) büyük olmamalı, 30 metreden (100 feet) de küçük olmamalıdır. Ayrıca, pist görüş mesafesi değeri 350 metreden küçük olmamalıdır (Yavuz ve Deniz, 2018).

DH değeri, 100 fit ile 200 fit arasında olduğundan, pilotlara daha düşük bir yükseklikte iniş kararı alma esnekliği tanır. Bu durum, uçağın piste yaklaşmasını daha düşük bir yükseklikte gerçekleştirmelerine izin verir ve bu da düşük görüş koşullarında daha fazla manevra yapma imkânı sağlamaktadır. RVR değerlerinin ise, 350 metreden fazla ancak 550 metreden az olması pilotlara pist ve çevresini görebilmek için daha sınırlı

bir mesafe sunar, ancak yine de düşük görüş koşullarında güvenli bir şekilde iniş yapmalarını sağlamak adına gereken bilgileri sağlar.

Kategori II ILS, özellikle sisli, yoğun yağışlı veya karlı hava koşulları gibi durumlarda devreye girebilir. Daha düşük DH ve zorlu RVR değerleri, pilotlara düşük görüş koşullarında bile emniyetli bir şekilde iniş yapma esnekliği tanır. Bu, havalimanlarında operasyonların devam etmesine ve uçakların daha geniş bir yelpazede hava koşullarında güvenli bir şekilde iniş yapabilmesine olanak sağlar. Kategori II ILS, düşük görüş koşullarında operasyonların devam etmesine katkıda bulunan önemli bir havacılık teknolojisidir.

3.1.3.3 Kategori III (CAT III)

Kategori III ILS yaklaşımı, en düşük görüş koşullarında operasyonları mümkün kılan ve hatta sıfır görüşe (Zero DH) izin verebilen en ileri ILS kategorisidir. Modern havacılıkta önemli bir teknolojik gelişmeyi temsil eder ve uçakların düşük görüş koşullarında bile emniyetli bir şekilde iniş yapmalarını sağlar. Kategori III üç bölüme ayrılmaktadır (Yavuz ve Deniz, 2018).

Kategori IIIA (CAT IIIA) iniş için gerekli olan şartlar şu şekildedir: Dikey görüş mesafesi (DH-Decision Height) 30 metreden (100 feet) büyük olmamalıdır. Ayrıca, pist görüş mesafesi değeri 200 metreden küçük olmamalıdır.

Kategori IIIB (CAT IIIB) iniş için gerekli olan şartlar şu şekildedir: Dikey görüş mesafesi (DH-Decision Height) 15 metreden (50 feet) küçük olmalıdır. Ayrıca, pist görüş mesafesi değeri 200 metreden büyük olmamalı, 50 metreden küçük olmamalıdır.

Kategori IIIC (CAT IIIC) iniş için gerekli olan şartlar şu şekildedir: Dikey görüş mesafesi (DH-Decision Height) için minimum değer yoktur. Ayrıca, pist görüş mesafesi değeri 50 metreden küçük olmalıdır. CAT IIIC, en düşük görüş şartları altında bile otomatik inişlere izin veren en yüksek kategori olarak tanımlanmaktadır.

RVR değerleri genellikle çok düşük seviyelerdedir, hatta bazen sıfırdır. Bu durum, pilotların pist ve çevresini görmeksizin, yani görsel referans olmadan uçağı emniyetli bir şekilde yönlendirebilmelerine olanak tanır. Kategori III ILS, uçağın tamamen otomatik bir modda kontrol edilebilmesine ve iniş sırasında piste güvenli bir şekilde yönlendirilmesine imkân sağlamaktadır.

3.2 Rüyetoğraf

Birim hidrograf mantığından türetilen ve "Rüyetoğraf" olarak adlandırılan yeni yaklaşımla standartlaştırılmış bir grafikte sis hadisesinin başlangıcından bitişine kadar geçen süre temsil edilmiştir (Şahin ve Müslüm, 2018).

Rüyetoğraf terimi, havalimanındaki sis olayında görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini belirten bir ifadedir. Bu kavram, sis olayının gözleminin başlangıcından sona ermesine kadar olan toplam süreyi dikkate alarak ortaya çıkmaktadır.

Bu tez kapsamında rüyetoğraf sınırları belirlenirken sisin başladığı süreden CAT kategorilerine kadar geçen süre dilimine “başlangıç evresi”; CAT sınırları arasında geçen süre dilimine “kritik evre”; son CAT sınırından sisin dağıldığı sınıra kadar geçen süre dilimine ise, “dağılma evresi” adı verilmiştir.

Bir havalimanı için hazırlanan rüyetoğrafların temel amacı, uçuş faaliyetlerinin aksamasını önlemek adına sis olaylarına ilişkin önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktır. Bu rüyetoğraflar, özellikle sis durumunda havalimanındaki pist görüşünün ne zaman düzeleceği konusunda önceden bilgi sağlamak amacıyla oluşturulur. Havalimanı yetkilileri, uçuş harekât uzmanları ve meteoroloji personeli, bu verileri kullanarak hava trafiğinin etkilenme süresini tahmin edebilir ve gerekli önlemleri alabilir. Bu sayede, uçuşların planlanması ve yönlendirilmesi konusunda daha etkili kararlar alınabilir, uçuş güvenliği artırılabilir ve potansiyel aksamaların önüne geçilebilir.

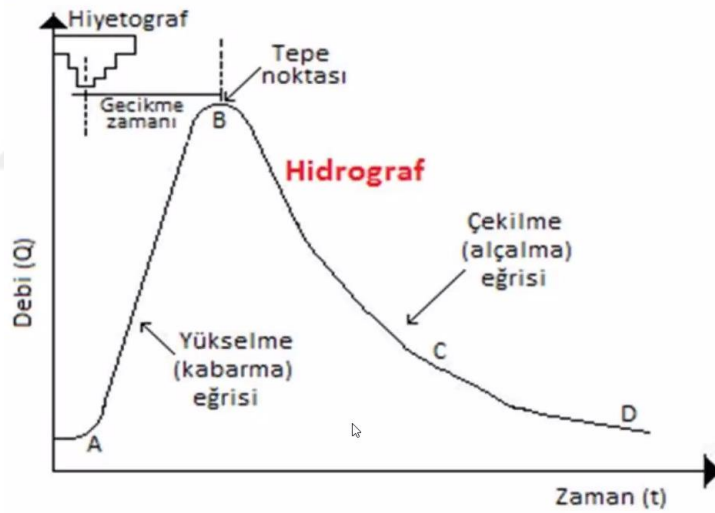
3.2.1 Birim hidrograf mantığı

Belirli bir süre zarfında gerçekleşen yağış olayının ardından havzada meydana gelen yüzey akış hidrografının ordinatlarının, havza üzerinden geçen birim alandan düşen toplam suyun mm cinsinden kalınlığına bölünmesiyle elde edilen grafiğe “Birim Hidrograf” denir (Yıldız, 2017).

Bir havza için tipik yağışla belirli bir zamanda beklenen akış miktarını modelleme ve tahmin etme sürecinde kullanılan birim hidrograf analizi, taşkın riskini değerlendirmek, baraj tasarımı yapmak, su kaynaklarını yönetmek ve altyapı projeleri geliştirmek gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Sherman (1932) tarafından ilk kez önerilen birim hidrograf modeli, unit-graph (birim-graf) olarak tanımlanmıştır. Bu grafik, yağış olayının havza üzerindeki etkisini modellemek ve analiz etmek amacıyla kullanılan bir araçtır. Sherman'ın önerdiği bu birim hidrograf modeli, yağışın belirli bir noktaya düştüğünde havza içinde nasıl dağıldığını ve bu yağışın yüzey akışa dönüşüm sürecini matematiksel olarak ifade etmek için kullanılır. Birim hidrograf grafiğinde; pik debi, pik debiye ulaşma zamanı, toplam yüzey akışı, yüzey akış zamanı ve havza alanı verileri bulunmaktadır.

Etkili yağışın ağırlık merkezi ile pik debi arasındaki zaman dilimine "gecikme zamanı" (t_L) denir ve bu süre, yağışın hem alandaki hem de zamandaki dağılımına bağlıdır. Hidrografın başlangıcından pik debinin ortaya çıkmasına kadar olan zaman aralığına "pik zamanı" veya "pike erme zamanı" (t_p) adı verilir. Yüzey akışının başlamasından sona ermesine kadar geçen süreye ise "taban süresi" (t_b) adı verilir. Etkili yağışın süresi ise " t_r " ile ifade edilmekte olup, bu zaman dilimi, yağışın etkisini havza üzerinde ne kadar süreyle sürdürdüğünü belirtir (Şekil 3.3).



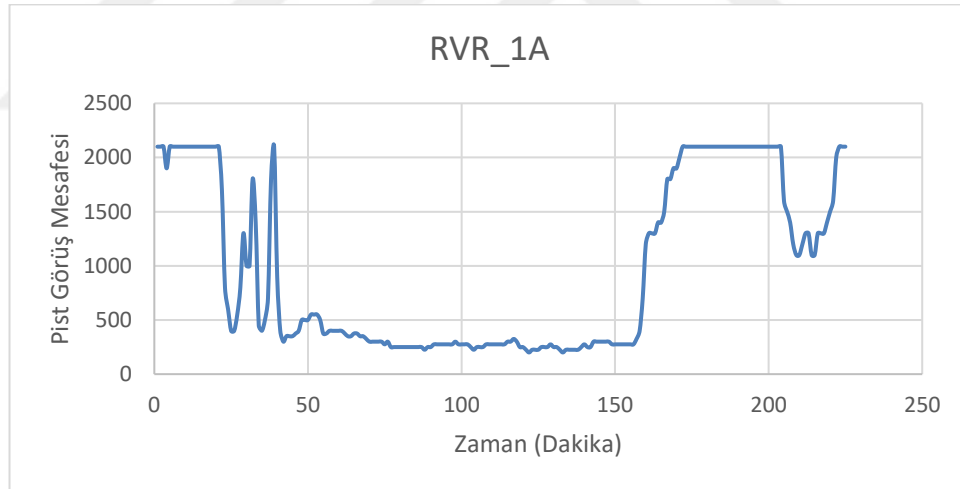
Şekil 3.3 : Birim hidrograf modeli (Yıldız, 2017)

Sis olayının temelinde yoğunlaşan bir akış süreci olduğundan; bu olayı, bir akarsuda meydana gelen taşkın olayına benzeterek, havalimanında sisin görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini ifade etmek için kullanılan terim "Rüyetograf"dır. Bu terim, sisin havalimanındaki görünürlüğünün zaman içinde nasıl değiştiğini belirtir ve hidrografın su akışını, rüyetografin ise sis olayındaki görünürlük değişimini temsil ettiği bir benzetme içermektedir.

3.2.2 Yeni bir yaklaşım olan rüyetografin oluşturulması

Bu tez kapsamında, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan, 2015-2022 yılları arasında ocak, şubat, kasım ve aralık ayları, 2023 yılı ocak ve şubat ayları gerçekleşen sis hadiseleri için Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan; Batman Havalimanı, Diyarbakır Havalimanı, Mardin Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ve Ankara Esenboğa Havalimanı; 2018-2022 yılları arasında ocak, şubat, kasım ve aralık ayları, 2023 yılı ocak ve şubat ayları gerçekleşen sis hadiseleri için İstanbul Havalimanı olmak üzere altı havalimanı, sis hadisesinin en etkili olduğu kasım, aralık, ocak ve şubat ayları incelenmiştir.

20015-2023 yılları arasındaki kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için her bir havalimanında kaydedilen METAR ve SPECI rasatlarından Ogimet sitesinden elde edilen sisli günler belirlenmiştir. MGM'den alınan RVR veri setlerinden 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi (RVR_1A) verileri kullanılarak sisin başlangıcından bitişine kadar olan süreler için analizler yapılmıştır. Şekil 3.4 üzerinde RVR_1A verisi kullanılarak bir günlük sis vakası incelenmiştir.



Şekil 3.4 : Bir günlük sis verisi.

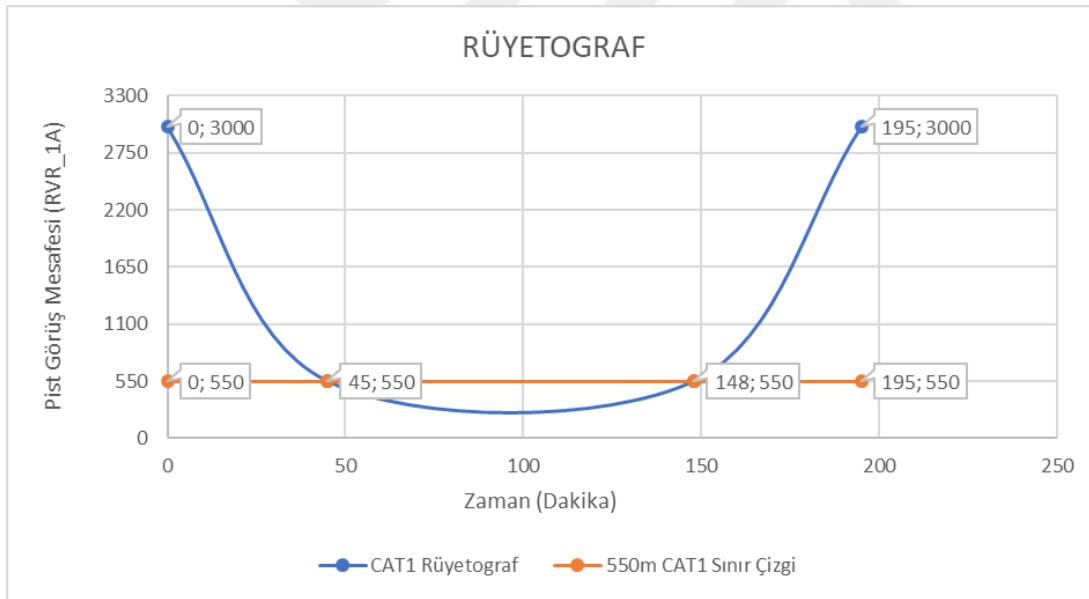
3.2.2.1 Rüyetograf grafiğinin oluşturulması

Sis olaylarını daha iyi anlamak ve uçuş planlaması sırasında olası sorunları en aza indirmek amacıyla; çalışılan her havalimanı başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinin AYDF grafiğinden yararlanarak, dağılımın %50'si ve %80'e karşılık gelen değerleri dakika cinsinden belirlenmiştir. Bulunan bu değerler çalışılan her bir havalimanına özelleştirilmiş olup, sisin yıl boyunca nasıl değiştiğini göstermek amacıyla; CAT I,

CAT II, CAT III kategorilerine göre, dağılımın %50'si ve %80'i için, her bir sis olayını üç aşamaya ayıran yeni bir yaklaşım modeli olan “rüyetograf” oluşturulmuştur.

Sis hadisesini bir akarsuda meydana gelen taşkın olayına benzetirsek, havalimanında meydana gelen sis olayında görüş mesafesinin zamanla değişimini gösteren grafiğe rüyetograf denir (Şahin ve Müslüm, 2018). Hidrolojik olarak bir akarsu kesitinde akış miktarının (debinin) zamanla değişimine hidrograf denir. Sherman 1932'ye göre, “birim hidrograf modeli” yağışın havza akışına dönüşümünü lineer bir sistem teorisine uygun şekilde tanımlayan bir kavramdır. Bu sebeple belirli bir artık yağışın oluşturduğu hidrograf tüm havza özelliklerini yansıtmaktadır.

Bu tez kapsamında, hidrolojik birim hidrograf yaklaşımını kullanarak sis oluşumundan dağılma sürecine kadar olan zaman aralığını görüş mesafesine bağlı olarak değerlendirmek için ele alınan havalimanları için rüyetograflar (görüş mesafesi birim grafiği) oluşturulmuştur. Şekil 3.5'te örnek üzerinde CAT I kategorisinin dağılım fonksiyonunun %50 'si için oluşturulan rüyetograf gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : CAT I Dağılımının %50'si rüyetografinin oluşturulması.

Böylelikle standartlaştırılmış rüyetograf; başlama evresi, sisin düşmeye başladığı anı temsil eder ve pist görüş mesafesinin 3000 metreden, CAT (550m, 350m, 200m) sınırına ulaşana kadar geçen süreyi kapsar. Kritik evre, sisin CAT (550m, 350m, 200m) sınırını geçip daha sonra tekrar bu sınıra geri dönme süresini ifade eder. Bu evre düşük pist görüş mesafesi değerlerini göstererek uçuşun riskli olduğu zaman dilimi anlamına gelir. Dağılma evresi ise sis hadisesinin dağılmaya başladığı CAT

(550m, 350m, 200m) sınırlarından, görüşün tamamen açıldığı süreye kadar olan zamanı kapsar.

Kısaca birim rüyetograf oluşturulurken izlenecek adımlar şu şekilde sıralanabilmektedir:

- RVR verisi zamansal olarak elde edilir.
- CAT I, CAT II, CAT III Kategorilerine göre başlangıç, bitiş ve dağılma evrelerine ayrılarak; evrelerin başlangıç ve bitiş saatleri belirlenir.
- Belirlenen saatlerle, Ampirik Yığılımlı Dağılım Fonksiyonu grafiğinden dağılımın %50'sine ve %80'ine karşılık gelen dakikalar belirlenir.
- Veriler birimsiz hale getirilir.
- Bulunan değerler ile rüyetograf grafiği oluşturulur.

Rüyetograf oluşturulurken; birim hidrografta, yağışın hacminin toplanarak taşkına sebep olduğu mantıktan yola çıkılarak sis hadisesinin birikmesi ve görüşü tamamen kapaması fikri düşünülmüştür. Bu sebeple RVR_1A verileri kullanılarak sis hadisesinin başlangıç saatinden itibaren 1 dakikalık ortalama RVR verileri Şekil 3.6'da gösterilen örnekte verildiği gibi CAT I sınırına kadar geçen zaman dilimi boyunca toplanmıştır.

Ham Veriler		Cat 1 için toplanan veriler	
Saat	RVR_1A	Saat	Düzenlenmiş RVR1_A
03:00	2100	03:00	2100
03:01	1900	03:01	4000
03:02	1700	03:02	5700
03:03	1300	03:03	7000
03:04	1000	03:04	8000
03:05	1000	03:05	9000
03:06	1800	03:06	10800
03:07	1400	03:07	12200
03:08	800	03:08	13000
03:09	600	03:09	=F13+C14
03:10	600	03:10	
03:11	700	03:11	
03:12	600	03:12	

Şekil 3.6 : Sis hadisesi başlama evresinin belirlenmesi.

Örnek vakaya göre; sisin başlama saati olan 03:00 da görüş 2100 m'dir. 03:01 de 1900; 03:02 de 1700 şeklinde görüş devam ederek 03:43 a kadar 550 m sınırına ulaşmıştır.

Bu 1 dakikalık veriler 550 m sınırına kadar bir önceki RVR değerleri eklenmiştir. Bu aşamayla “başlangıç evresi” süresi bulunmuştur. Daha sonra şekil 3.7’de gösterildiği gibi CAT I sınırı ve altında olan sureler, en son görülen CAT I sınırına kadar sabit tutulmuş olup görüşün kapandığı zaman dilimi olarak düşünülüp “kritik evre” adı verilmiştir.

Ham Veriler		Cat 1 için toplanan veriler	
Saat	RVR_1A	Saat	Düzenlenmiş RVR1_A
03:40	800	03:40	13600
03:41	700	03:41	14300
03:42	600	03:42	14900
03:43	550	03:43	15450
03:44	300	03:44	=M8
03:45	350	03:45	15450
03:46	350	03:46	15450
03:47	350	03:47	15450
03:48	375	03:48	15450
03:49	400	03:49	15450
03:50	375	03:50	15450
03:51	400	03:51	15450
03:52	550	03:52	15450

Şekil 3.7 : Sis hadisesi kritik evrenin belirlenmesi.

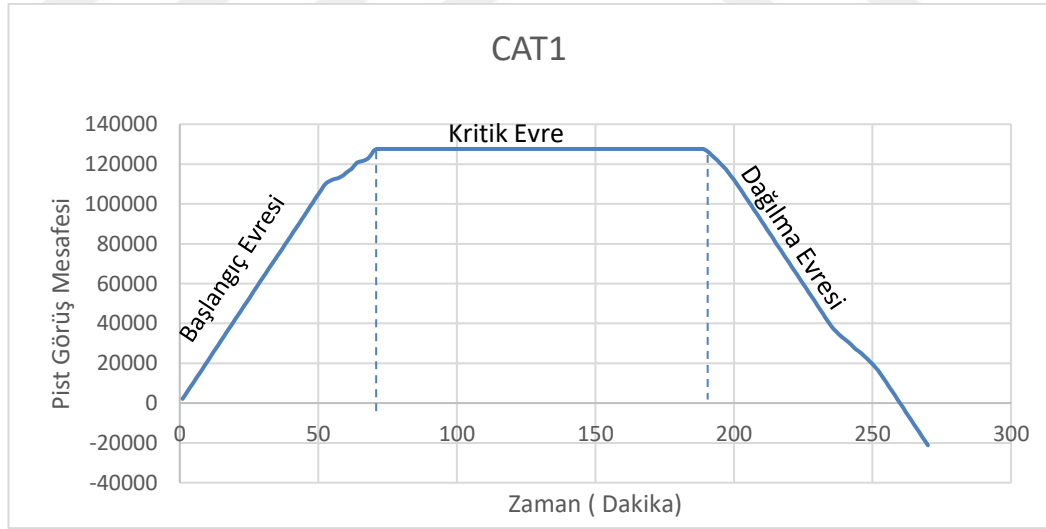
Kritik evrenin bitişi olan son 550 m saat diliminden başlayarak sis hadisesinin tamamen sönümlendiği noktaya kadar geçen zaman dilimine ise “dağılma evresi” adı verilmiştir (Şekil 3.8).

Ham Veriler		Cat 1 için toplanan veriler	
Saat	RVR_1A	Saat	Düzenlenmiş RVR1_A
04:00	400	04:00	15450
04:01	500	04:01	15450
04:02	500	04:02	15450
04:03	550	04:03	15450
04:04	600	04:04	14850
04:05	700	04:05	=T9-Q10
04:06	700	04:06	13450
04:07	800	04:07	12650
04:08	1300	04:08	11350
04:09	1600	04:09	9750
04:10	1900	04:10	7850
04:11	2100	04:11	5750
04:12	2100	04:12	

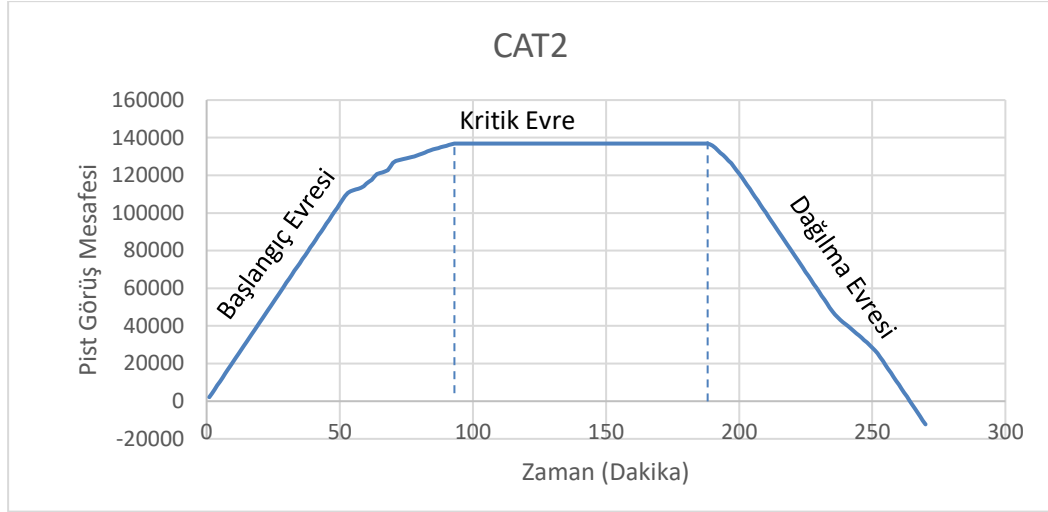
Şekil 3.8 : Sis hadisesi dağılma evresinin belirlenmesi

Yapılan bu işlemler tüm sis hadisesinin yaşandığı günler için METAR ve SPECI raporlarında rasat edilen hâkim rüyet ve pist görüş mesafesi verileri baz alınarak uygulanmıştır. Görüş mesafesinin 3000 metreyi aşması veya azalması durumunda havalimanlarındaki meteoroloji ofisleri tarafından SPECI raporu yayınlanması gerekmektedir. Özellikle aşırı sis, yoğun yağış, kar veya diğer görsel engellerin etkisiyle görüş mesafesindeki değişimler, hava trafiği için önemli güvenlik bilgileri içermektedir. Batman Havalimanı için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler 2100 metreden başlarken, diğer havalimanları için bu değer 3000 metreden başlamıştır. Bu sebeple, başlangıç evresi sınırı, Batman Havalimanı için 2100 metrenin gözlendiği saatlerde, diğer havalimanları için ise 3000 metrenin tespit edildiği saatler olarak belirlenmiştir. Kritik evre başlangıç RVR_1A değeri CAT I için 550, CAT II için 350 CAT III için 200 m olacak şekilde belirlenmiştir.

Sis hadisesinin gerçekleştiği zaman diliminde havalimanının ILS CAT I, CAT II ve CAT III kategorilerine göre sınırlar belirlenmiştir. Daha sonra yukarıda şekiller (şekil 3-4-5) üzerinde anlatılan düzenleme işleminde oluşturulan düzenlenmiş RVR_1A verileri ile CAT sınırlarına göre CAT I, CAT II, CAT III olarak ayrı bir grafikte gösterilmiştir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10' da örnek grafik verilmiştir.



Şekil 3.9 : CAT I evrelerinin grafik üzerinde gösterimi.



Şekil 3.10 : CAT II evrelerinin garfik üzerinde gösterimi.

Bu sınır saatler belirlendikten sonra sis hadisesinin CAT I, CAT II, CAT III sınırlarına göre başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinin saatleri arasında geçen süreler dakika cinsinden tablo haline getirilmiştir. Tablo oluşturulurken günlük sis hadiseleri aylık ve yıllık olarak da ayrılmasına dikkat edilmiştir. Çizelge 3.1 üzerinde CAT I 2015-2022 arası ocak ayları örneği gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : 2015- 2022 Ocak ayı CAT I evreleri geçen süreler.

OCAK	CAT I-550m								
SİS Ocak	Başlangıç Evresi (3000- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-3000 m)		
Saatler: UTC	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre (dk)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
11.01.2015	04:30	05:58	88	05:58	07:43	105	07:43	14:02	379
11.01.2015	20:00	20:34	34	20:34	04:13	459	04:13	10:20	367
14.01.2015	04:45	05:41	56	05:41	07:14	93	07:14	08:00	46
20.01.2015	05:07	05:52	45	05:52	06:32	40	06:32	08:28	116
22.01.2015	03:17	03:25	8	03:25	03:44	19	03:44	04:15	31
26.01.2015	23:30	23:40	10	23:40	00:19	39	00:19	07:38	439
05.01.2016	18:20	19:57	97	19:57	20:26	29	20:26	20:55	29
06.01.2016	16:35	19:10	155	19:10	22:44	214	22:44	01:32	168
30.01.2016	00:42	01:42	60	01:42	06:10	268	06:10	07:45	95
02.01.2017	18:40	19:36	56	19:36	20:32	56	20:32	22:42	130
10.01.2017	03:30	03:38	8	03:38	06:39	181	06:39	07:18	39
15.01.2017	22:34	00:28	114	00:28	04:40	252	04:40	06:40	120
18.01.2017	17:40	20:14	154	20:14	02:10	356	02:10	02:26	16
20.01.2017	06:09	06:32	23	06:32	07:34	62	07:34	08:10	36
25.01.2017	18:15	18:54	39	18:54	19:23	29	19:23	20:10	47
05.01.2018	04:27	05:48	81	05:48	06:25	37	06:25	07:36	71
07.01.2018	04:50	05:03	13	05:03	08:48	225	08:48	09:00	12
08.01.2018	01:08	01:18	10	01:18	02:59	101	02:59	03:28	29
05.01.2019	19:05	19:23	18	19:23	00:26	303	00:26	00:52	26
21.01.2019	21:15	00:17	182	00:17	09:28	551	09:28	11:34	126

Çizelge 3.2 (devam): 2015- 2022 Ocak ayı CAT I evreleri geçen süreler.

OCAK		CAT I-550m							
SİS Ocak	Başlangıç Evresi (3000- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-3000 m)		
Saatler: UTC	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre (dk)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
23.01.2019	01:00	01:41	41	01:41	03:16	95	03:16	07:08	232
27.01.2019	22:48	00:26	98	00:26	00:46	20	00:46	02:00	74
28.01.2019	02:00	03:35	95	03:35	09:40	365	09:40	10:15	35
28.01.2020	10:02	16:19	377	16:19	22:23	364	22:23	02:00	217
05.01.2021	22:25	22:33	8	22:33	23:22	49	23:22	00:21	59
07.01.2021	23:23	04:56	333	04:56	08:42	226	08:42	09:55	73
08.01.2021	21:06	02:04	298	02:04	02:41	37	02:41	03:45	64
05.01.2022	01:52	02:39	47	02:39	08:56	377	08:56	09:23	27
24.01.2022	20:24	21:40	76	21:40	01:00	200	01:00	01:11	11

3.2.2.2 Histogram ve AYDF grafiklerinin oluşturulması

Her havalimanı için yapılan tablolar, CAT I, CAT II, CAT III sınırlarına göre başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinin başlangıç ve bitiş saatleri arasındaki süreleri dakika cinsinden içermektedir. Bu veriler daha sonra kullanılabilir hale getirilip R programında okutulmuş ve veri setlerinin özelliklerini anlamak ve görselleştirmek amacıyla başlangıç, kritik ve dağılma evreleri için histogram ve yoğunluk fonksiyonları oluşturulmuştur.

Lognormal Dağılım: Logaritmik dönüşüm sonucu elde edilen bir normal dağılıma sahip olan bir rastgele değişkenin dağılımıdır. Eğer X lognormal dağılıma sahip bir rastgele değişken ise, bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem 3.1’de gösterilmektedir (URL-4):

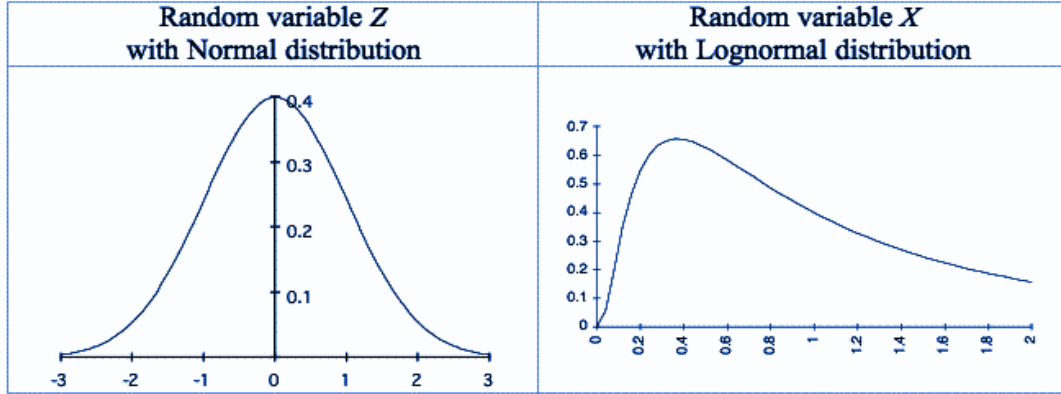
$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad 3.1$$

Burada:

- x, rastgele değişkenin değeri,
- μ , normal dağılımın ortalama (logaritmik ölçekte),
- σ , normal dağılımın standart sapması (logaritmik ölçekte).

Lognormal dağılım eğrisi: Tümü pozitif değerler, düşük ortalama değerleri ve büyük varyansları olan çarpık dağılımlar lognormal dağılıma uygun verilerdir. Logaritmik normal dağılım eğrisi Şekil 3.11’ de gösterildiği gibi, sağa doğru eğimlidir ve olasılık dağılım fonksiyonunun değeri sıfırdan başlayarak artar ve ardından azalır. Belirli bir

değerin artması, çarpıklık derecesinin de artmasına neden olur. Benzer şekilde, aynı şekilde artan bir değer, olasılık dağılım fonksiyonunun çarpıklığını artırır (URL-5).

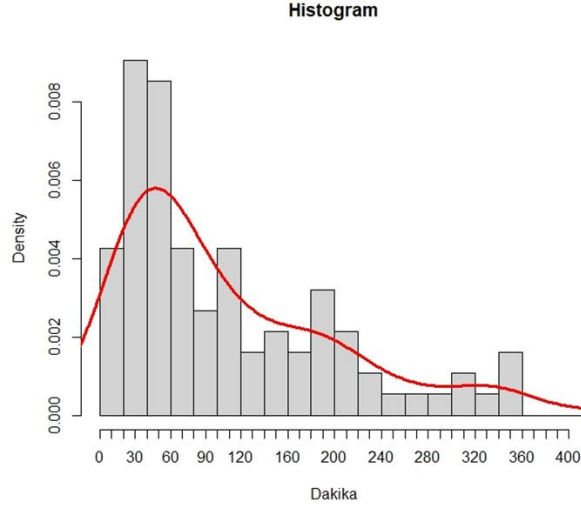


Şekil 3.11 : Logaritmik normal dağılım eğrisi (URL-5).

Lognormal dağılımın şeklini belirleyen temel parametreleri, şekil, ölçek ve konum olarak adlandırılır.

- **Şekil (Shape) Parametresi (σ):** Bu parametre, lognormal dağılımın genişliğini veya yayılma derecesini kontrol eder. Standart sapma ile ilişkilidir ve grafiğin genel formunu etkiler. Ancak, grafiğin konumunu veya yüksekliğini değiştirmez, sadece şeklini etkiler.
- **Ölçek (Scale) Parametresi (μ):** Lognormal dağılımın medyanını belirleyen bu parametre, grafiği büyültme veya küçültme eğilimindedir. Medyan, dağılımın orta noktasını temsil eder ve bu parametre değiştirildikçe grafiğin genel ölçeği değişir.
- **Konum Parametresi:** Bu parametre, grafiğin x ekseninde nerede bulunduğunu belirtir. Genellikle bir konum kayması sağlar, yani grafiği sağa veya sola hareket ettirir.

Yapılan analizler ve bilgiler sonucunda, Tüm CAT Kategorilerinin başlangıç, kritik, dağılım evreleri histogram grafiği oluşturulmuştur. Şekil 3.12 üzerinde örnek verilen histogram grafiğinde kırmızı çizgi (line eğrisi) ile olasılık dağılım fonksiyonunun, lognormal olduğu belirlenmiştir. Böylelikle; sis olaylarının süreleri veya etkileri gibi özelliklerin logaritmalarının bir normal dağılım gösterdiği ve bu nedenle orijinal özelliklerin lognormal dağılım gösterdiği anlamına gelmektedir.



Şekil 3.12 : Histogram grafiği.

Dağılım tipi belirlendikten sonra, CAT kategorilerinin her bir evresi için sis hadisesinin etkilerini daha iyi anlamak amacıyla AYDF analizi gerçekleştirilmiştir.

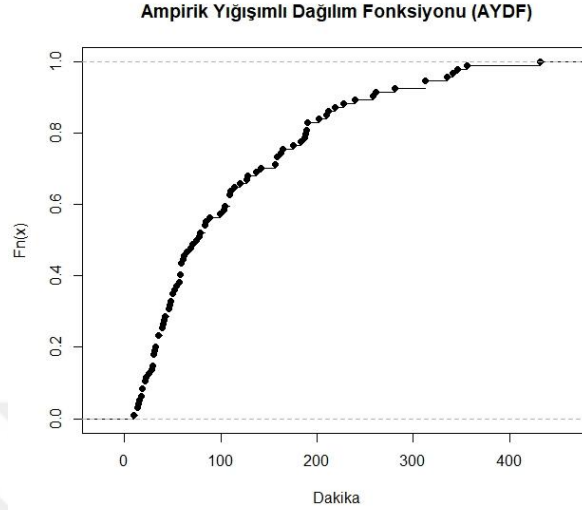
Ampirik Yığılımlı Dağılım Fonksiyonu (Gözleme Dayalı Yığılımlı Dağılım Fonksiyonu), bir veri setindeki gözlemlere dayanarak her bir gözlemin belirli bir değere veya daha küçük bir değere sahip olma olasılığını hesaplayan bir istatistiksel yöntemdir. " Ampirik " terimi, teoriden ziyade gözlemlerle ilgilenildiğini ifade eder. Ancak, pratikte toplanan veya gözlemlenen veriler, genellikle teorik bir dağılımdan farklılık gösterir. Yığılımlı bir dağılım oluşturmak için, verinin kendisinin kullanılması gerekmektedir (URL-5). AYDF, gerçek bir veri setinden oluşturulmuştur, bu nedenle AYDF verilerinden elde edilen yığılımlı dağılım fonksiyonu (CDF) olmaktadır (URL-6). AYDF'nin gözlemlenen verilere dayanması, AYDF'nin grafiğini daha esnek ve veriye daha yakın bir temsil sunmaktadır.

Denklem 3.2'da gösterilen AYDF, gözlem değerlerinde sıçramalarına sahip bir adım fonksiyonudur; burada bu değerdeki bağlantılı gözlemlerin sayısıdır. Eksik değerler dikkate alınmaz (URL-7).

Gözlemler için $x' = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, F_n gözlemlerin t 'den küçük veya ona eşit kısmıdır, yani;

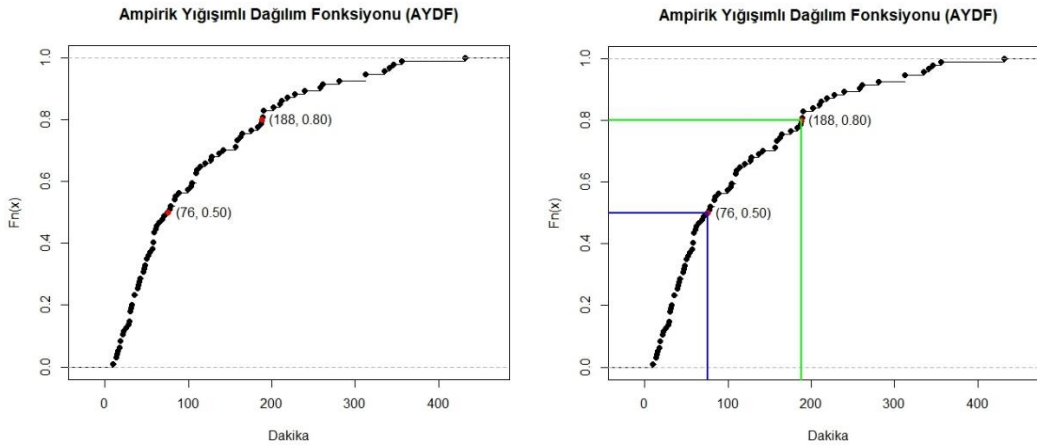
$$F_n(t) = \frac{\{x_i \leq t\}}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{1}_{[x_i \leq t]} \quad 3.2$$

Bu formüller sonucunda, tez kapsamında şekil 3.13 deki örnek üzerinde uygulandığı gibi; her havalimanı için başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinde geçen süreleri dakika cinsinden ortaya koymak için dağılımın %50'si ve %80'i için çalışılmıştır.



Şekil 3.13 : Örnek AYDF grafiği.

Şekil 3.14’de AYDF grafiğinden dağılımın %50'sine ve %80'ine karşılık gelen dakikalar bulunmuştur. Bu analizler, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için her bir evrenin Ampirik Yığılımlı Dağılım Fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3.14 : Dağılımın %50'si ve %80'e karşılık gelen değerlerin AYDF grafiğinin belirlenmesi.

3.2.3 Frekans analizlerinin yapılması

Çalışılan her havalimanı için 2015-2023 yılları arasındaki kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında, CAT I kategorisi baz alınarak görüşün 550 metrenin altında olduğu kritik evre için yani uçağın inemediği sınırlarda sisin başlangıç ve bitiş saatleri belirlenmiştir.

Bu süreler R programına aktarılıp frekans analizi yapılarak riskli saatler grafik üzerinde gösterilmiştir. Frekans analizi sırasında 24 saatlik bir gün, 30 dakikalık zaman dilimlerine ayrılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Frekans analizi, her havalimanı için belirlenen frekans sayılarına dayanarak 24 saatlik zaman dilimlerini az riskli, orta riskli ve çok riskli olmak üzere üç ayrı düzeye ayırarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, operasyonel kararlar alırken riskli saatleri belirlemede önemli bir referans sağlamaktadır. Frekans analizi, çalışılan her havalimanında sisin ne zaman ve ne kadar süreyle etkili olduğunu belirleyerek, sis olaylarının tahmin edilebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır.





4. BULGULAR

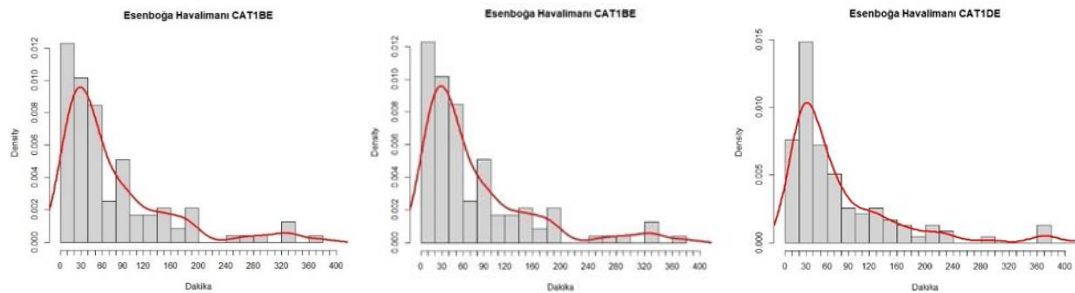
4.1 Ankara Esenboğa Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, Ankara Esenboğa Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.1.1 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

X-ekseni dakikaları, Y-ekseni ise yoğunluğu temsil etmektedir. Kırmızı çizgi, yoğunluk fonksiyonunu temsil eder. Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.1'deki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

Özellikle çarpma (multiplicative) etkilerin olduğu durumlarda, medyan log-normal dağılım açısından daha anlamlı olabilmektedir. Ayrıca, orijinal veri kümesindeki aykırı değerlerin varlığı medyanın, ortalama değere göre daha etkili bir ölçü olmasını sağlamaktadır (Şekil 4.1).

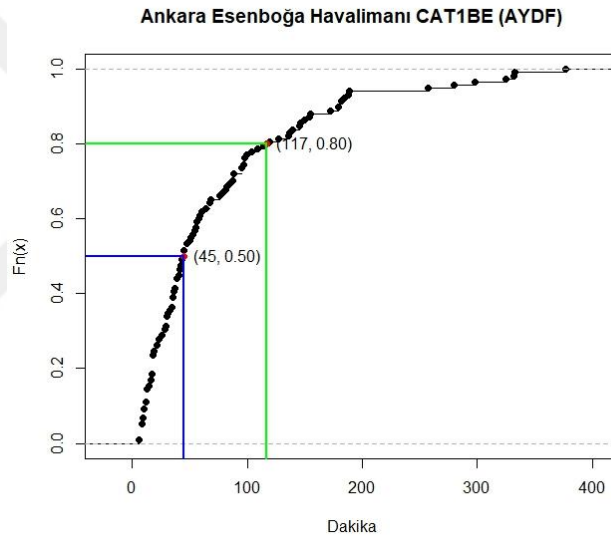


Şekil 4.1 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri

4.1.2 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

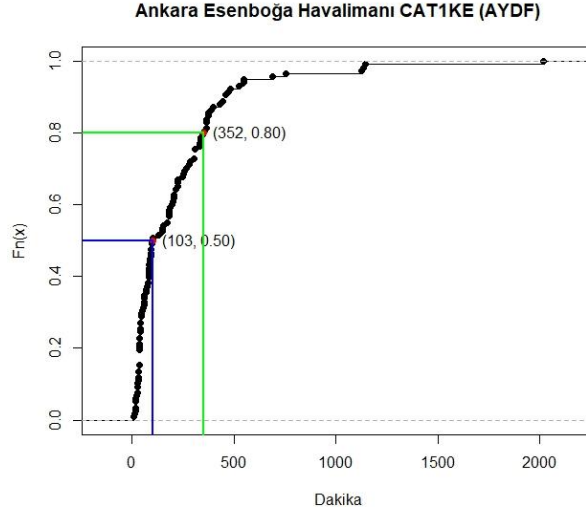
Ankara Esenboğa Havalimanı'ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.2'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 45 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I başlangıç evresinin 117 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



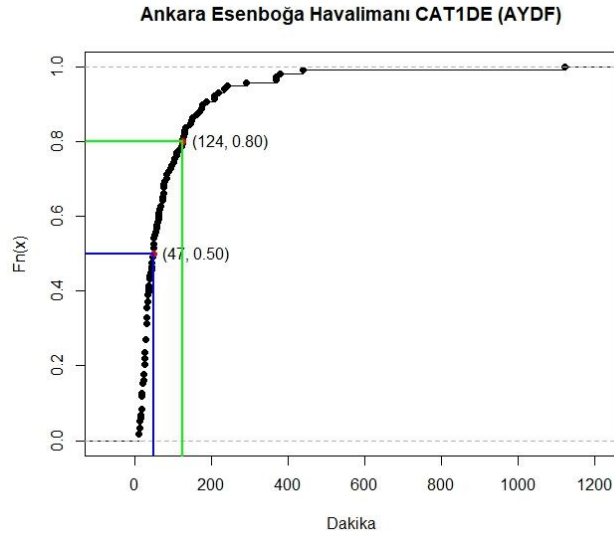
Şekil 4.2 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.3'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 103 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I kritik evresinin 352 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.3 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.4’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I dağılma evresinin 47 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I dağılma evresinin 124 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

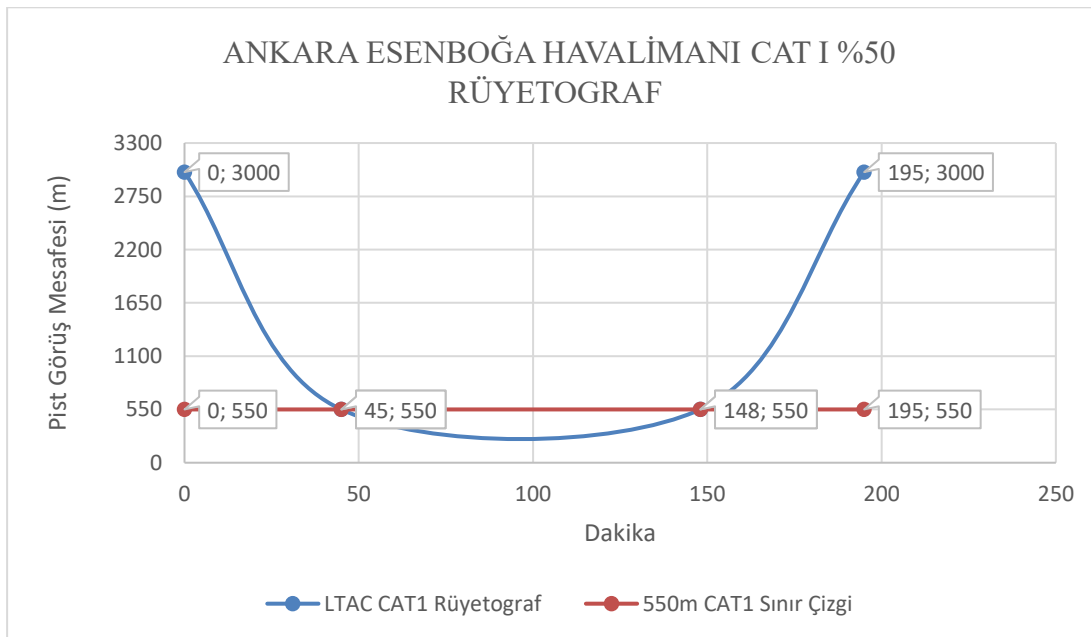


Şekil 4.4 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.1.3 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

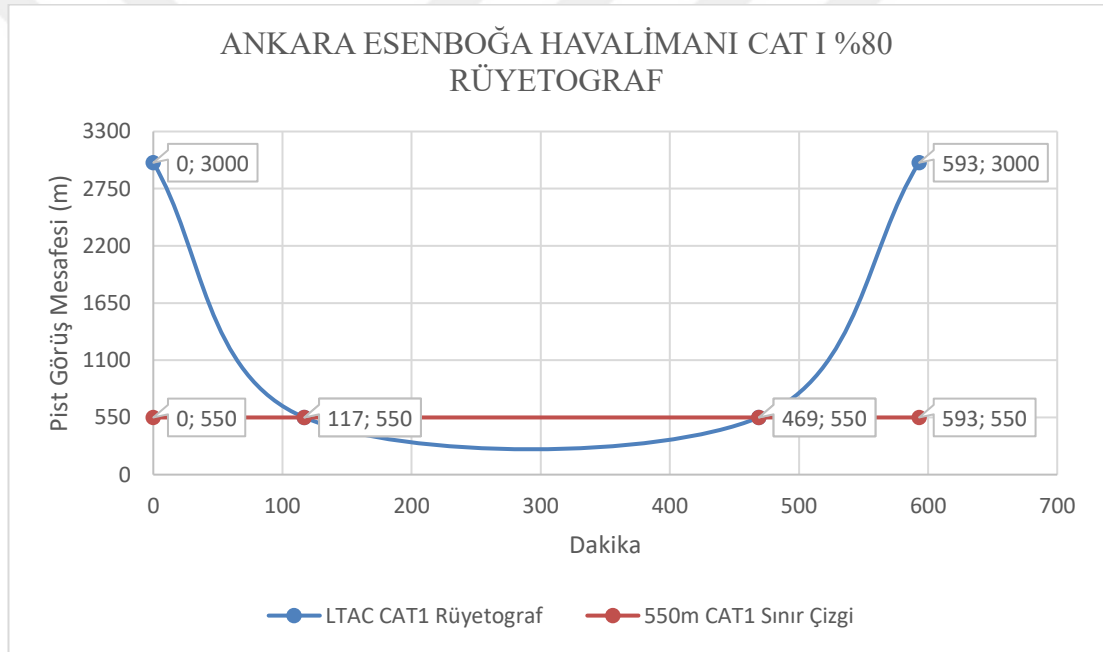
Ankara Esenboğa Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmışlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 45 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 103 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 47 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 195 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; şekil 4.5'te Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.5 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.

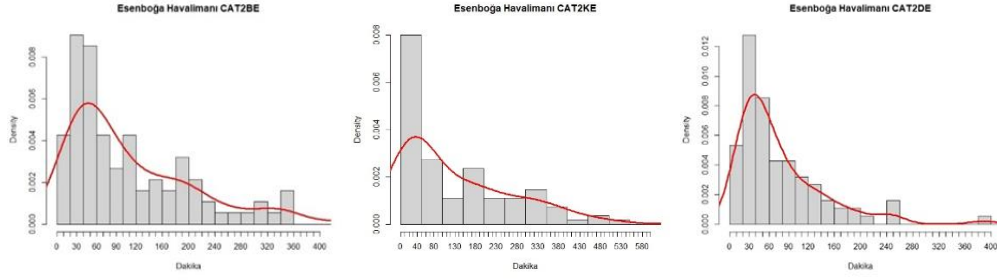
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT I başlangıç evresinin 117 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 352 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 124 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 593 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.6'de Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I %80 rüyetograf.

4.1.4 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.7'deki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

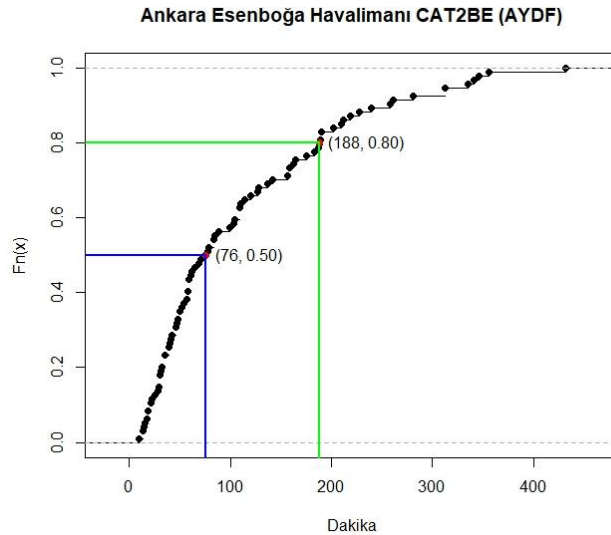


Şekil 4.7 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.1.5 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

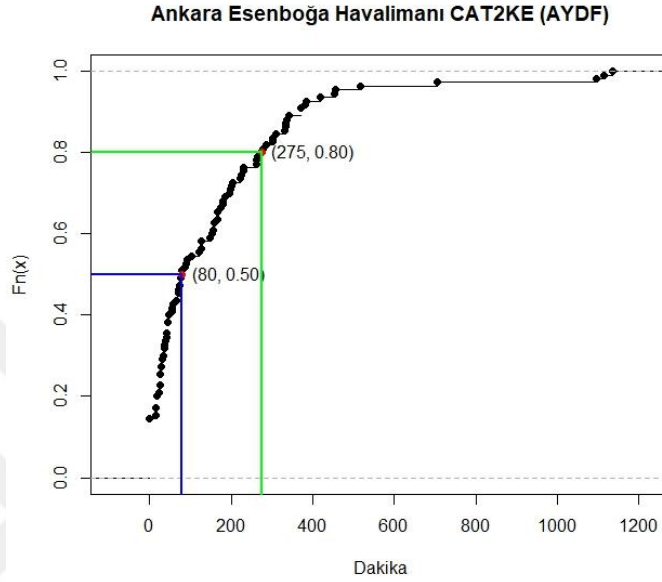
Ankara Esenboğa Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kışım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç, kritik ve dağılım evrelerinin yığışimli dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.8'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 76 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II başlangıç evresinin 188 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



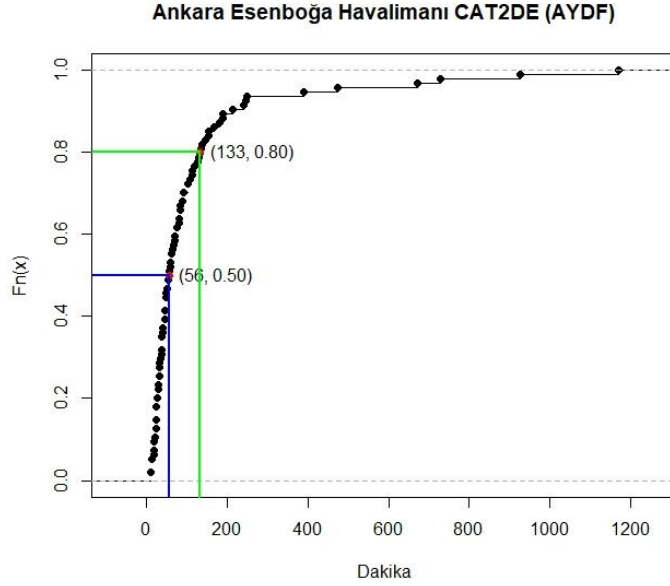
Şekil 4.8 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.9'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınır olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 80 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II kritik evresinin 275 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.9 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.10'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II dağılıma evresinin 56 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II dağılıma evresinin 133 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

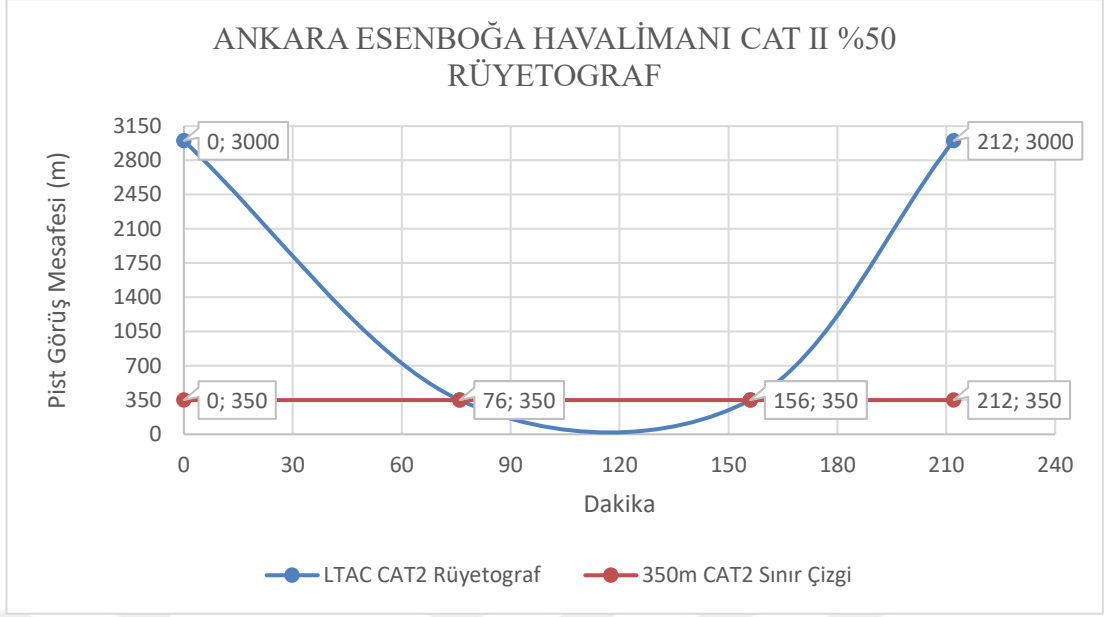


Şekil 4.10 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.1.6 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

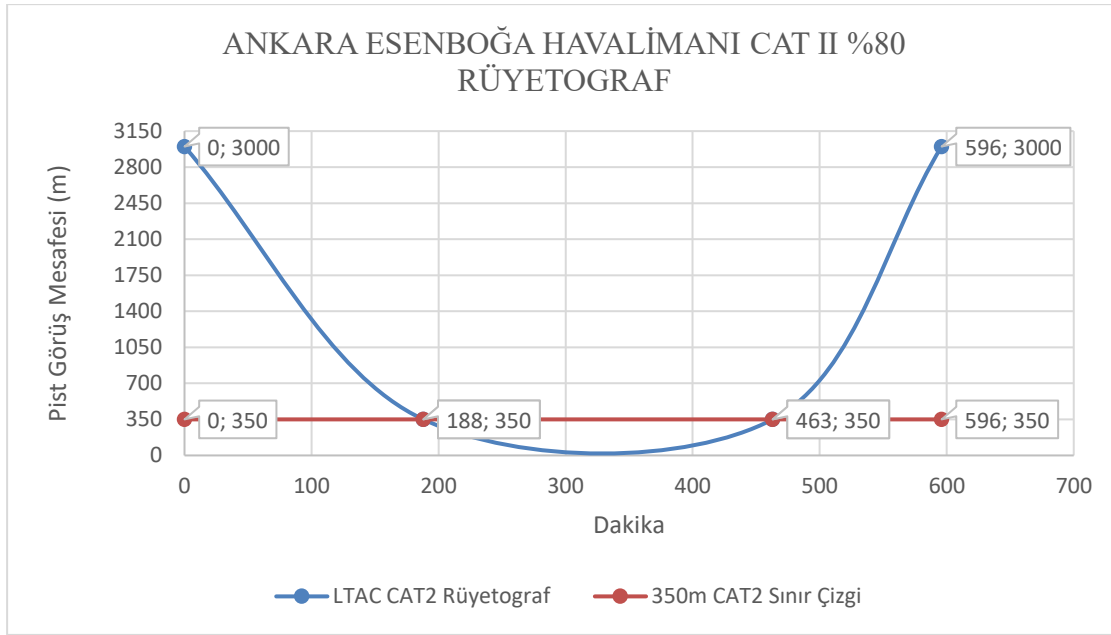
Ankara Esenboğa Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmış devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 76 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 80 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 56 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 212 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.11'de Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.11 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II %50 rüyetograf

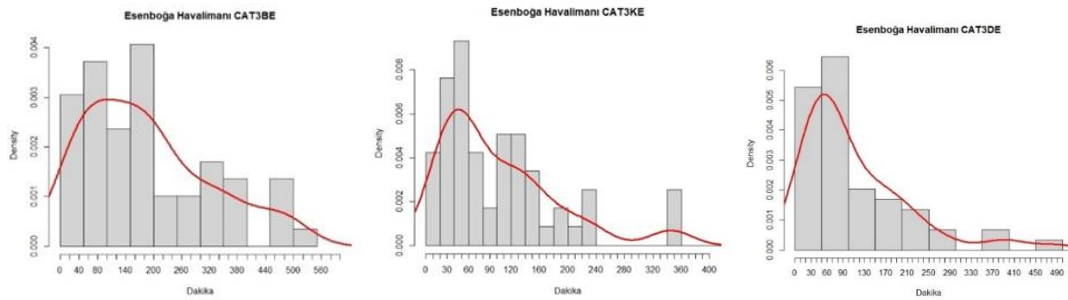
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 188 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 275 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 133 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 596 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.12'de Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.12 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT II %80 rüyetoğraf.

4.1.7 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evreleri sürelerinin Şekil 4.13'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.



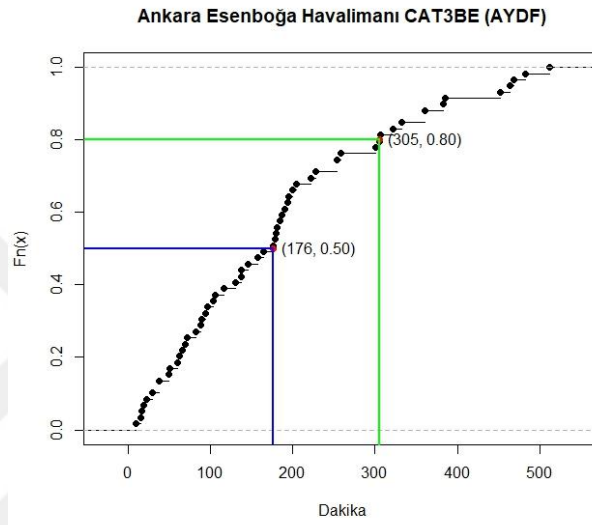
Şekil 4.13 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.1.8 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

Ankara Esenboğa Havalimanı'ndaki CAT III evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu

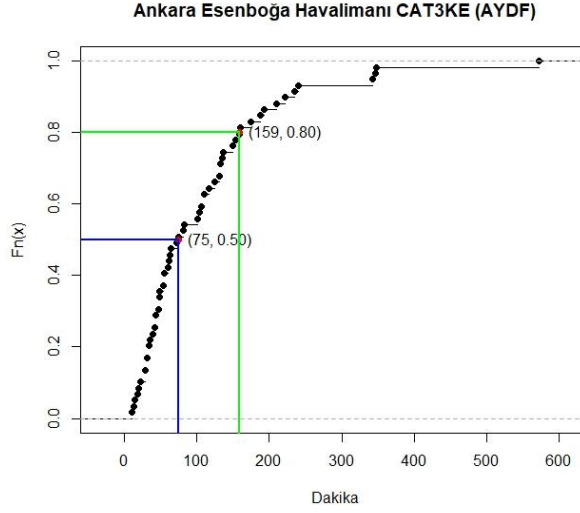
analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT III başlangıç, kritik ve dağılma evrelerinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.14’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT III başlangıç evresinin 176 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT III başlangıç evresinin 305 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir.



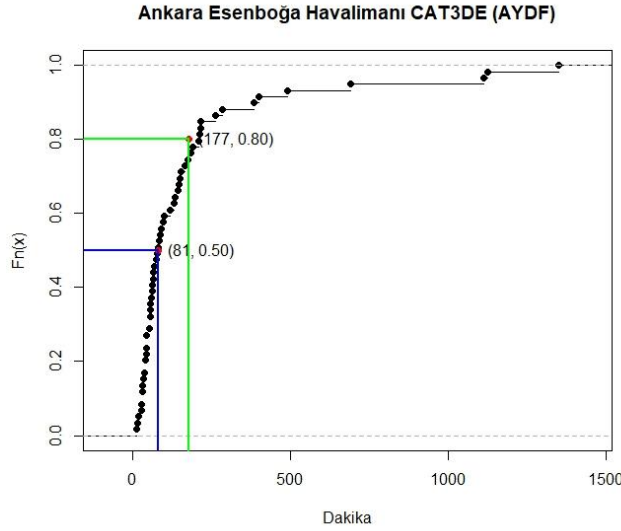
Şekil 4.14 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.15’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT III kritik evresinin CAT III sınır olan 200 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 75 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT III kritik evresinin 159 dakika boyunca CAT III sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.15 : Ankara Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.16’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Ankara Esenboğa Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT III dağılma evresinin 81 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT III dağılma evresinin 177 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

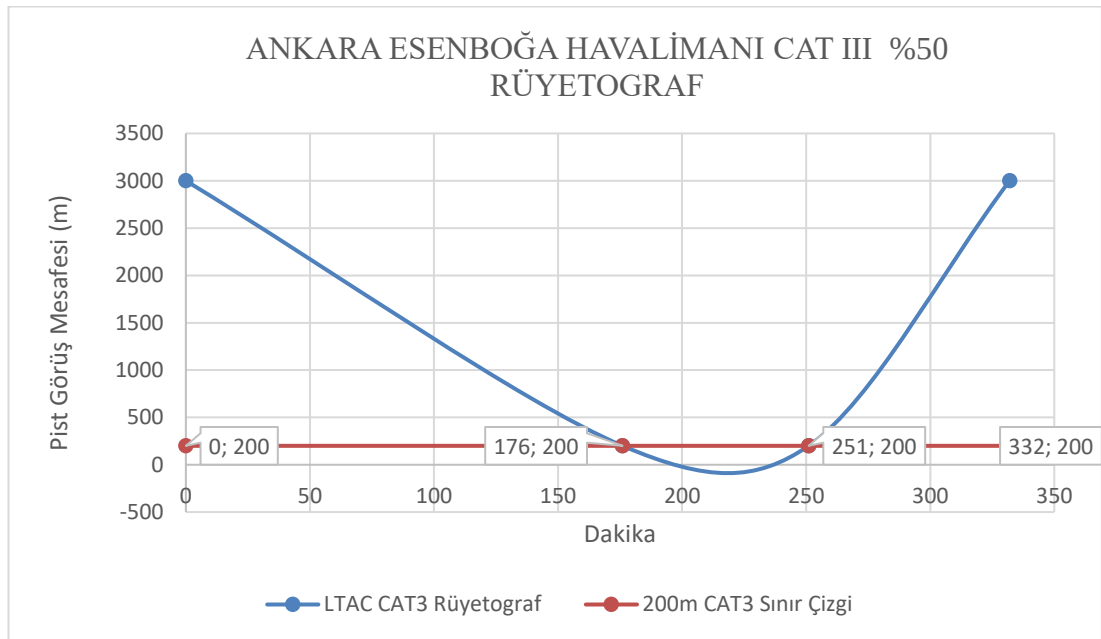


Şekil 4.16 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.1.9 Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

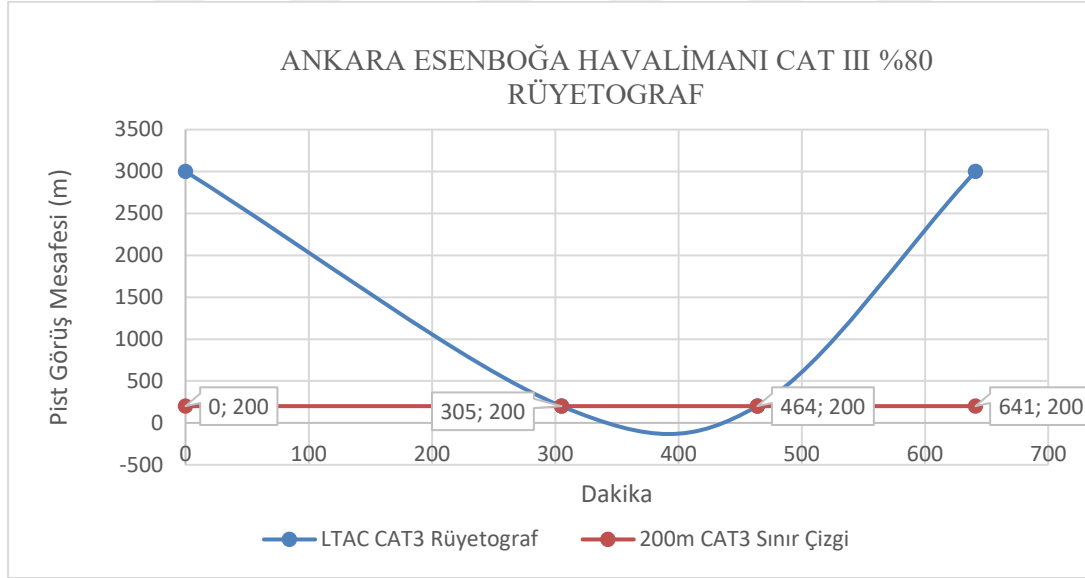
Ankara Esenboğa Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT III kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT III başlangıç evresinin 176 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 75 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 81 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 332 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.17'de Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.17 : Ankara Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT III başlangıç evresinin 305 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 159 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 177 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 641 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.18'de Ankara Esenboğa Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



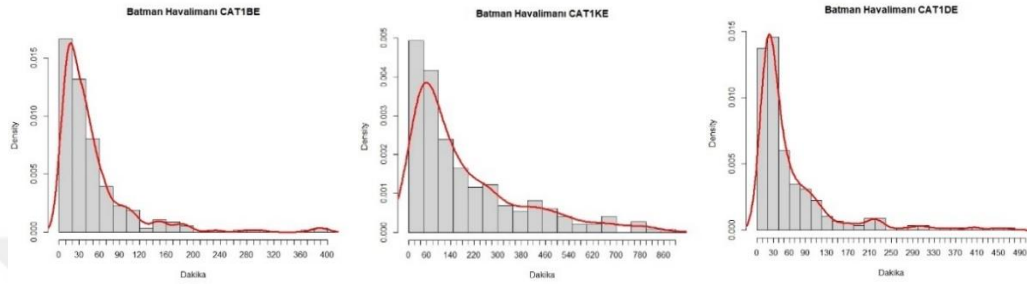
Şekil 4.18 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT III %80 rüyetograf.

4.2 Batman Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, Batman Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.2.1 Batman Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Batman Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.19'deki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

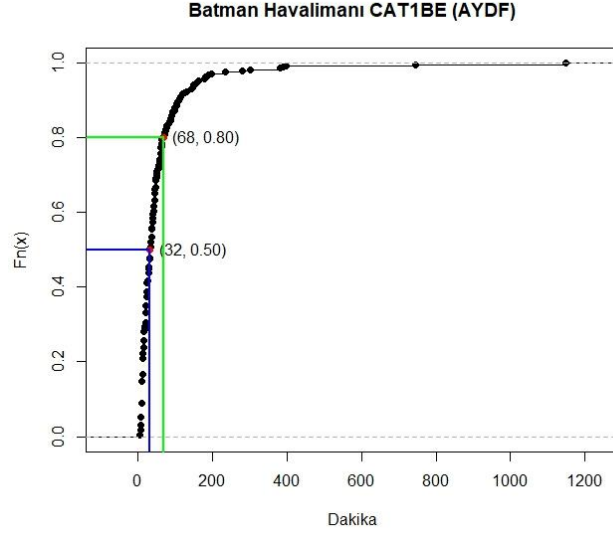


Şekil 4.19 : Batman Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.2.2 Batman Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

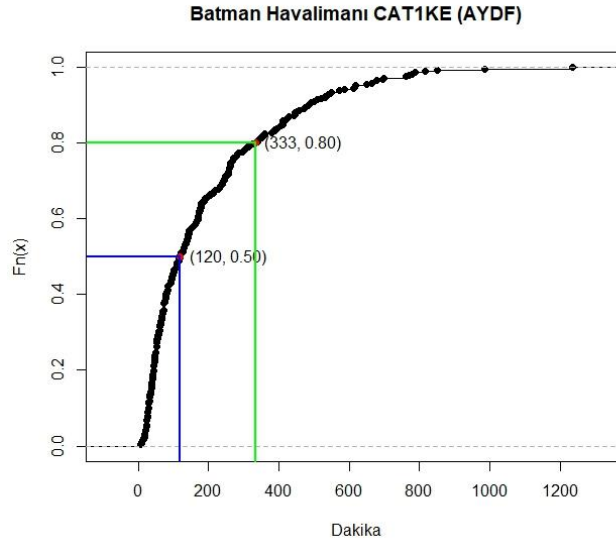
Batman Havalimanı'ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç, kritik ve dağılım evrelerinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.20'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 32 dakikada 2100 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I başlangıç evresinin 68 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



Şekil 4.20 : Batman Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

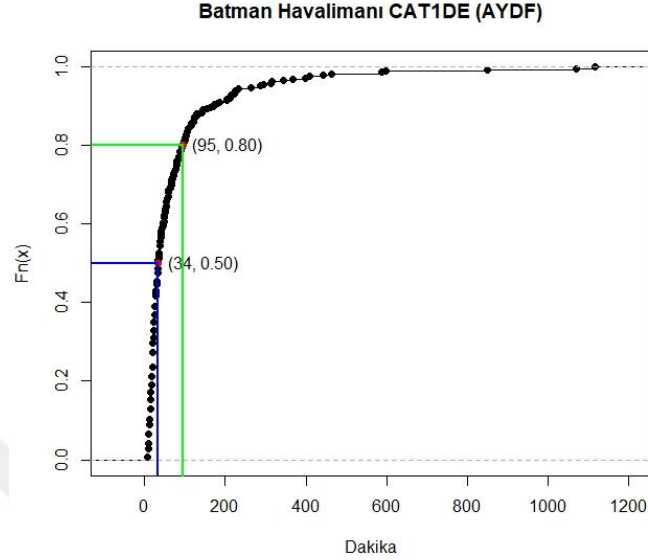
Şekil 4.21’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 120 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I kritik evresinin 333 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.21 : Batman Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.22’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I dağılım evresinin 34 dakikada 550 metreden

(CAT I sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I dağılma evresinin 95 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir.



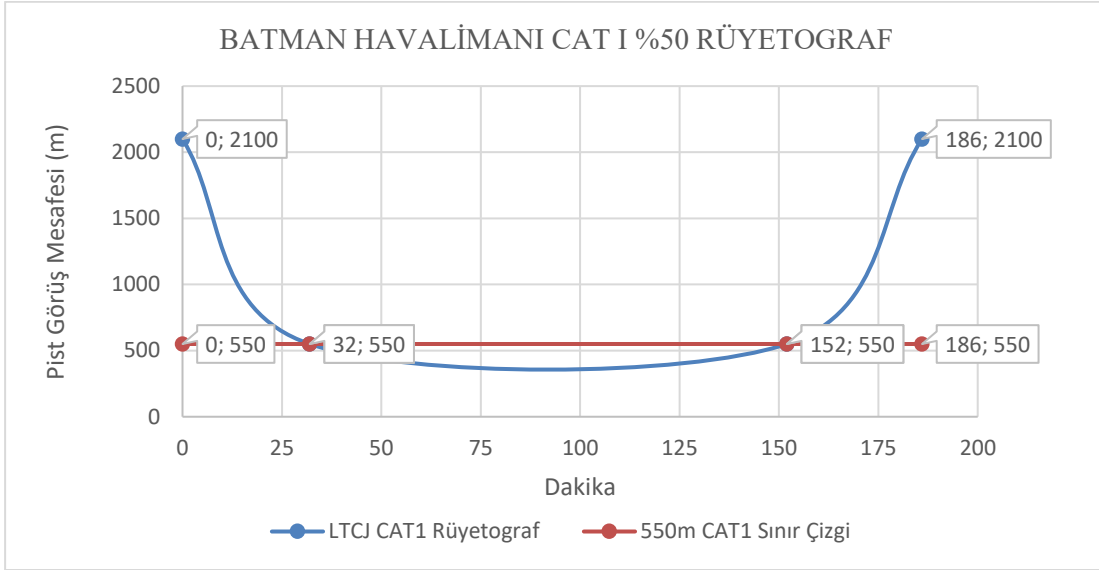
Şekil 4.22 : Batman Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.2.3 Batman Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

Batman Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

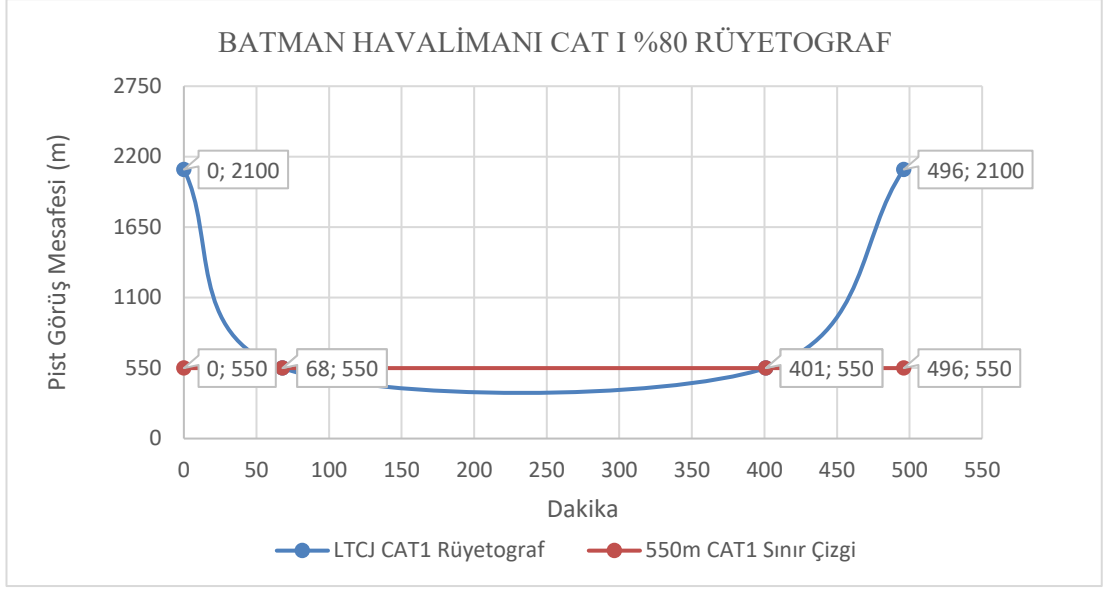
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 32 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 120 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 34 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 186 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun

sonucunda; Şekil 4.23’de Batman Havalimanı’nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.23 : Batman Havalimanı CAT I %50 rüyetograf

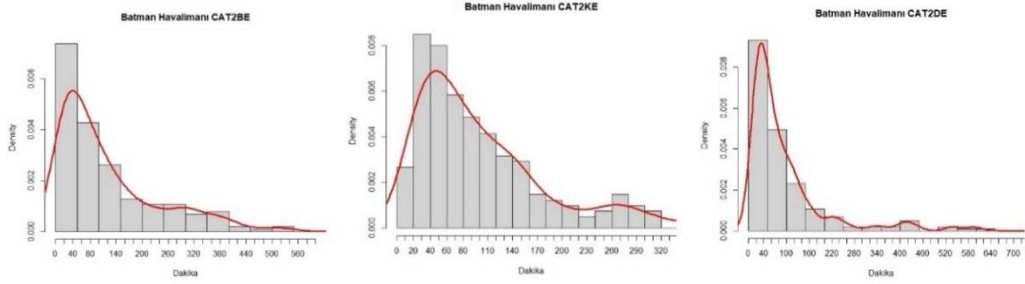
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80’inde CAT I başlangıç evresinin 68 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80’inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 333 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 95 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 496 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.24’de Batman Havalimanı’nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.24 : Batman Havalimanı CAT I %80 rüyetoğraf.

4.2.4 Batman Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Batman Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.25'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

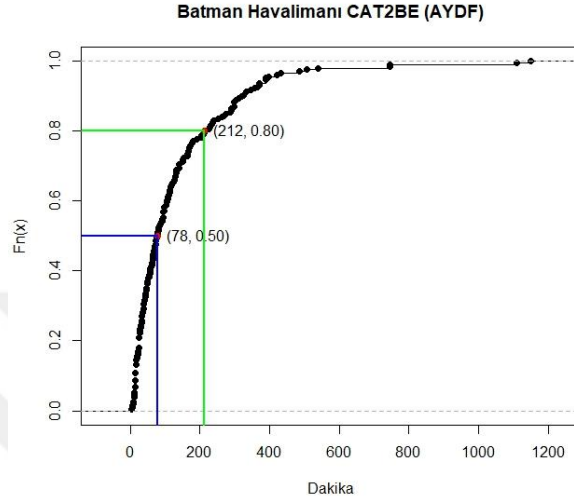


Şekil 4.25 : Batman Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.2.5 Batman Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

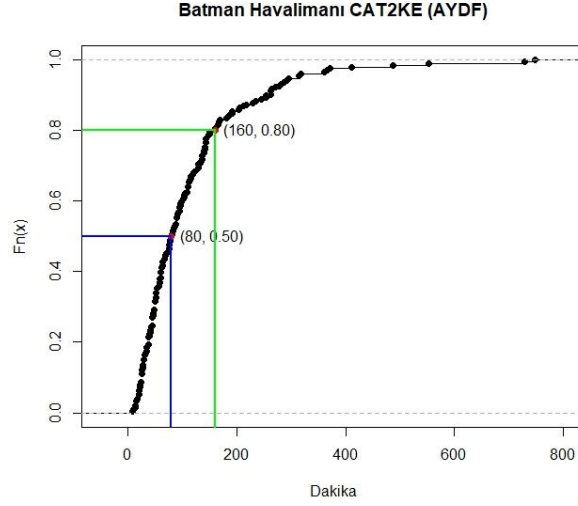
Batman Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç, kritik ve dağılım evrelerinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.26’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II başlangıç evresinin 78 dakikada 2100 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II başlangıç evresinin 212 dakikada 21000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



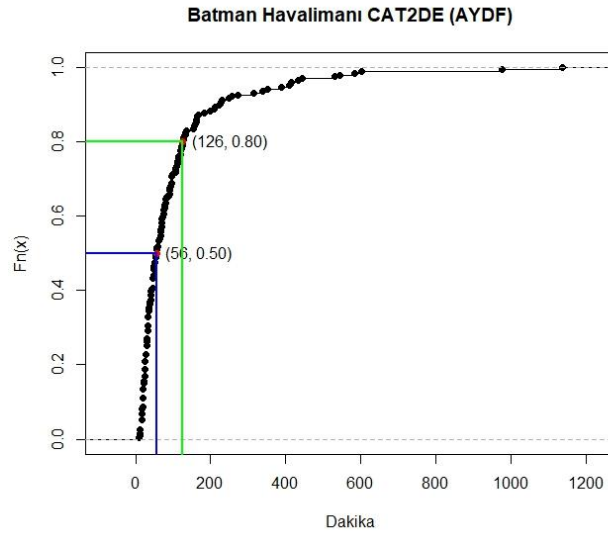
Şekil 4.26 : Batman Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.27’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınır olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 80 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II kritik evresinin 160 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.27 : Batman Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği

Şekil 4.28’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II dağılım evresinin 56 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II dağılım evresinin 126 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

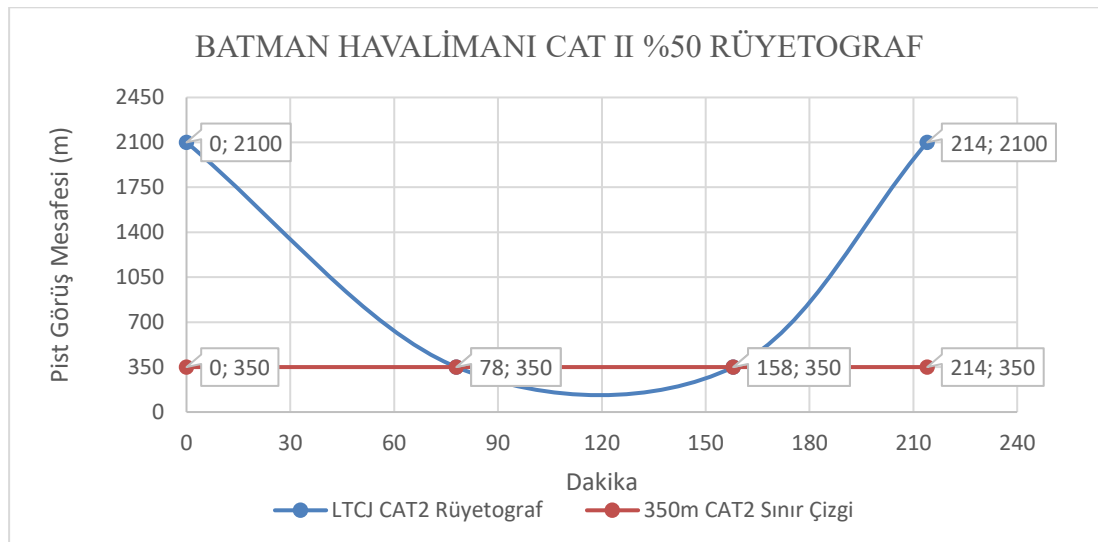


Şekil 4.28 : Batman Havalimanı CAT II dağılım evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği

4.2.6 Batman Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

Batman Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

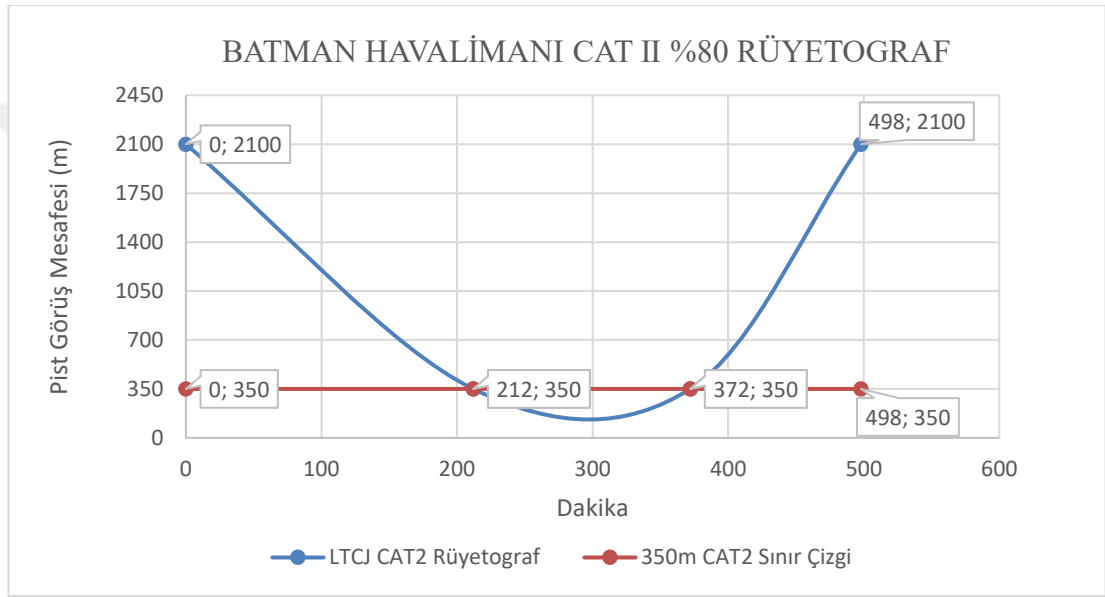
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 78 dakikada 2100 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 80 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 56 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 214 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.29'de Batman Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.29 : Batman Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 212 dakikada 2100 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir.

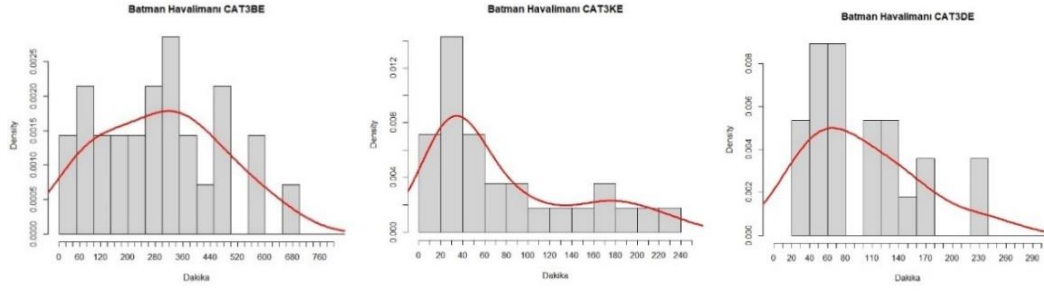
Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 160 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılıma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 126 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılıma süresi toplam 498 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.30'de Batman Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılıma (350 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.30 : Batman Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.

4.2.7 Batman Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Batman Havalimanı CAT III evreleri sürelerinin Şekil 4.31'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

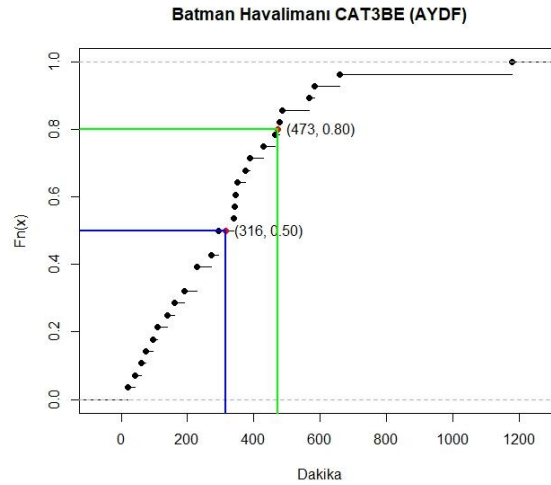


Şekil 4.31 : Batman Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.2.8 Batman Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

Batman Havalimanı'ndaki CAT III evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT III başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

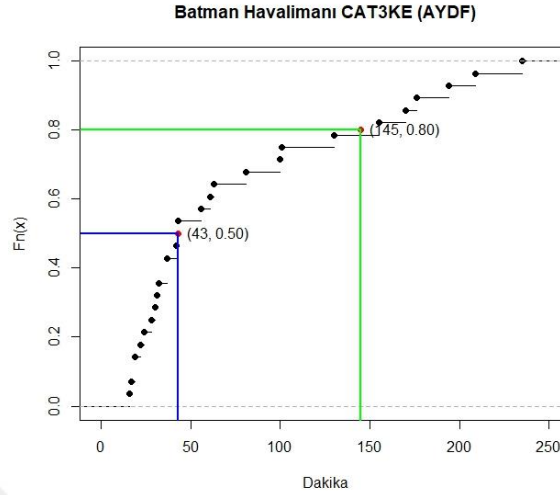
Şekil 4.32'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III başlangıç evresinin 316 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III başlangıç evresinin 473 dakikada 2100 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir.



Şekil 4.32 : Batman Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

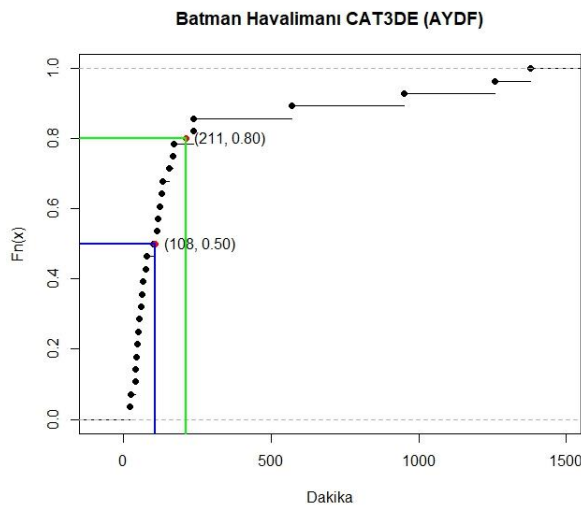
Şekil 4.33'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin CAT III sınır olan 200 metre

altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 43 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III kritik evresinin 45 dakika boyunca CAT III sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.33 : Batman Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.34'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Batman Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III dağılım evresinin 108 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III dağılım evresinin 211 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 2100 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

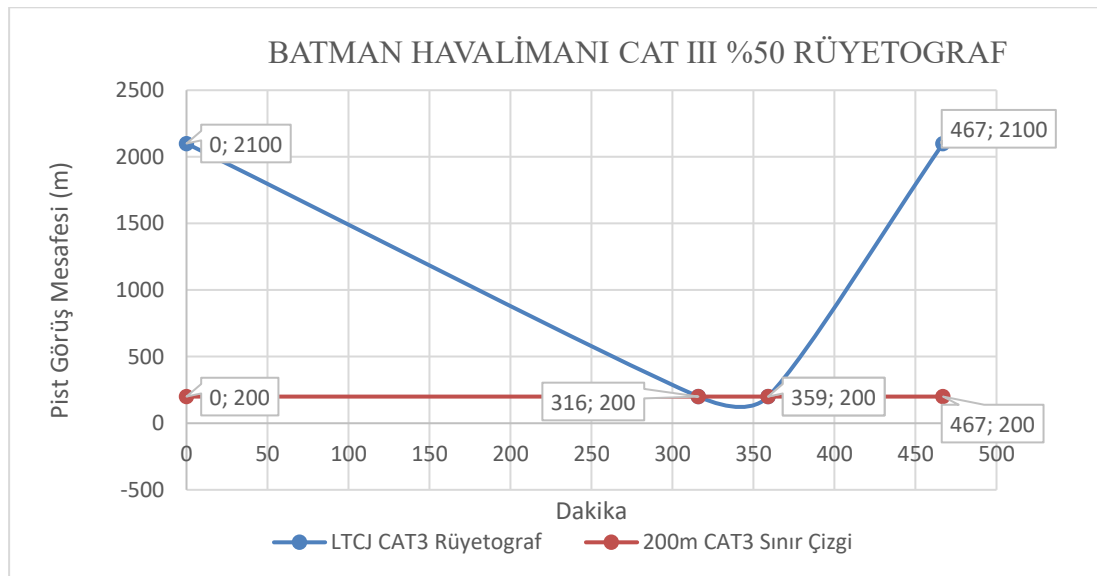


Şekil 4.34 : Batman Havalimanı CAT III dağılım evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.2.9 Batman Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

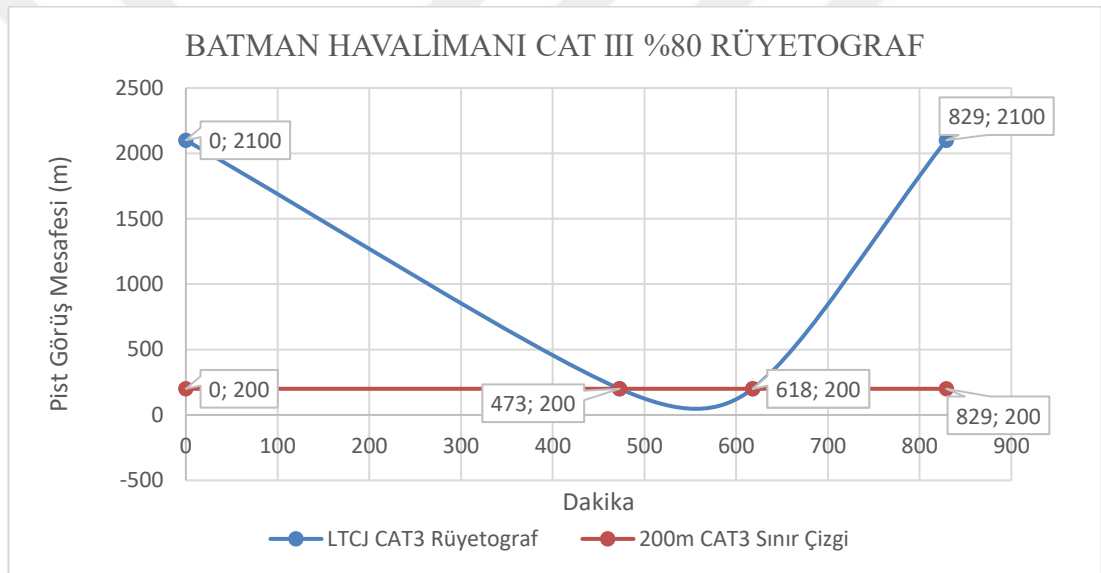
Batman Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT III kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmış devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT III başlangıç evresinin 316 dakikada 2100 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 43 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 108 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 467 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.35'de Batman Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.35 : Batman Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımın %80'inde CAT III başlangıç evresinin 473 dakikada 2100 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 145 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 2100 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 211 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 829 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.36'de Batman Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (2100 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 2100 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.36 : Batman Havalimanı CAT III %80 rüyetograf.

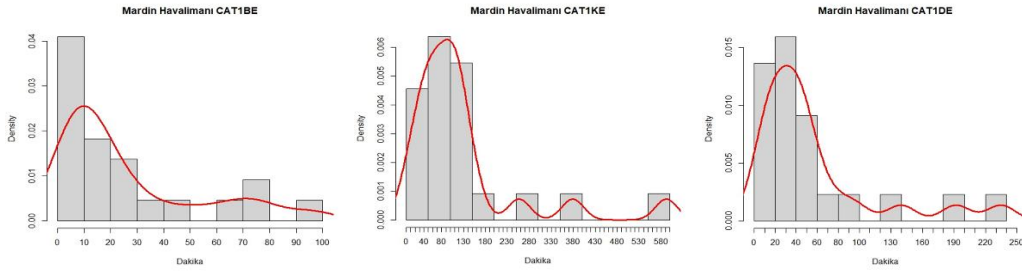
4.3 Mardin Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, Mardin Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.3.1 Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Mardin Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.37'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş

ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

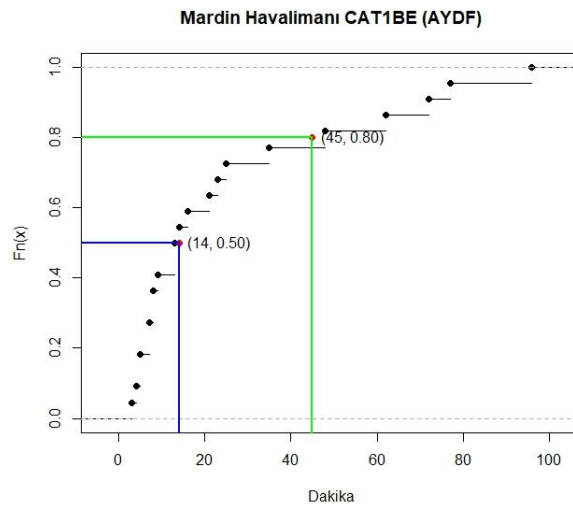


Şekil 4.37 : Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.3.2 Mardin Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

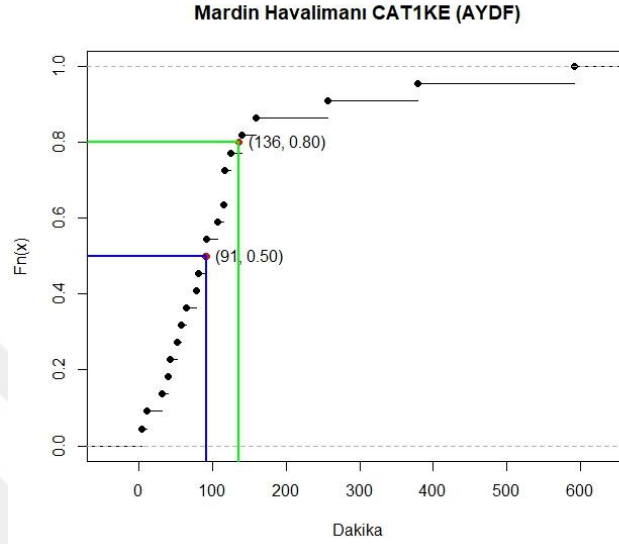
Mardin Havalimanı'ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.38'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 14 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I başlangıç evresinin 45 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



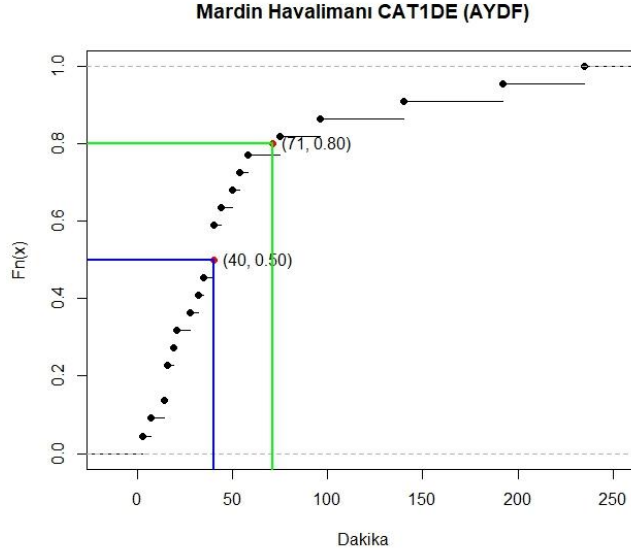
Şekil 4.38 : Mardin Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.39'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 91 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I kritik evresinin 136 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.39 : Mardin Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.40'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I dağılım evresinin 40 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I dağılım evresinin 71 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

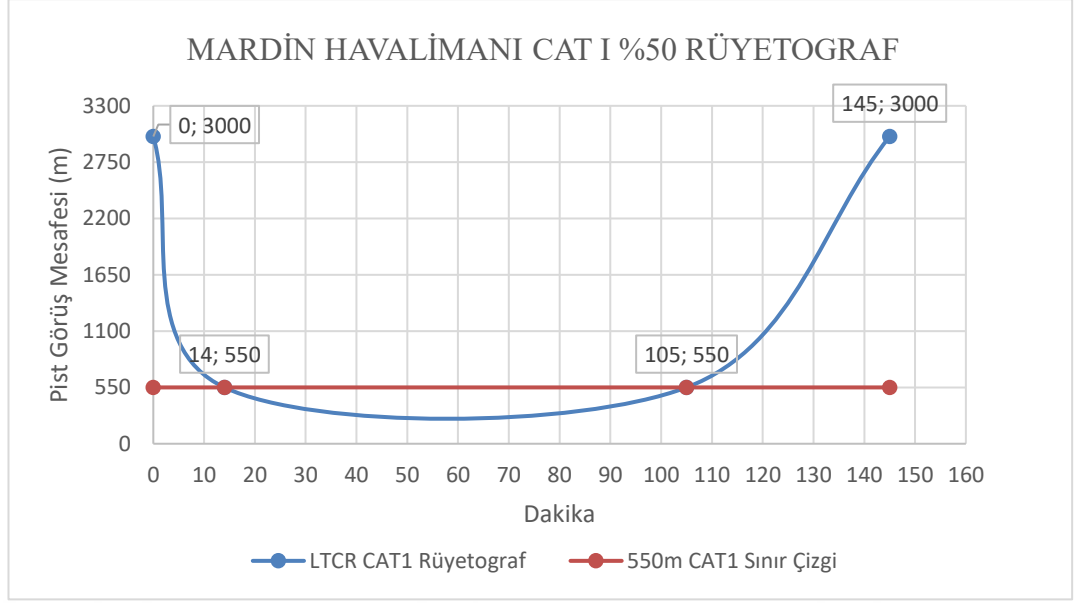


Şekil 4.40 : Mardin Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.3.3 Mardin Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

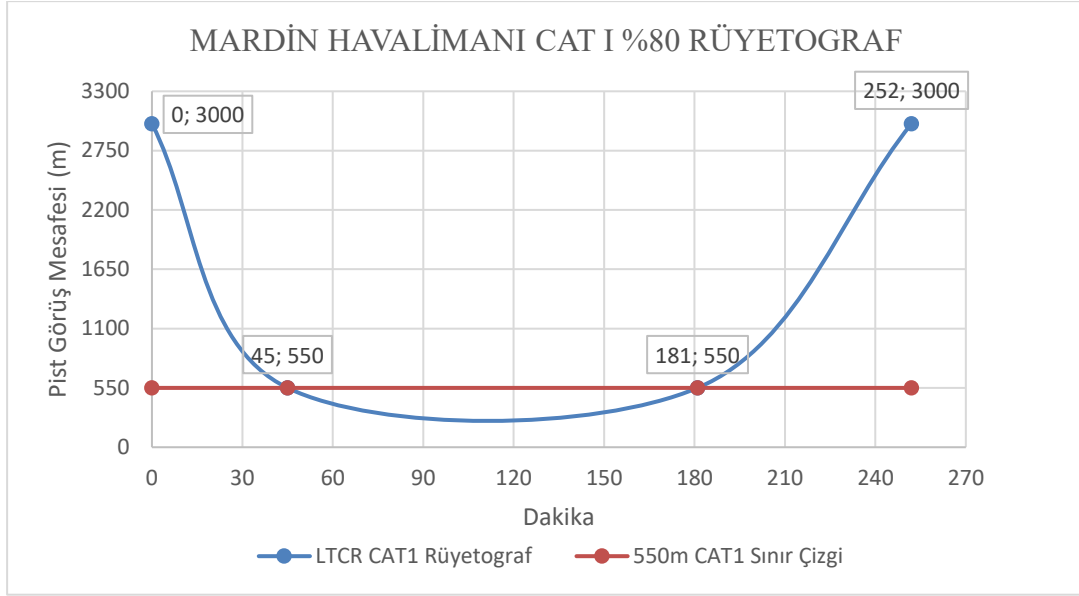
Mardin Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 14 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 91 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 40 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 145 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.41'de Mardin Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.41 : Mardin Havalimanı CAT I %50 rüyetoğraf.

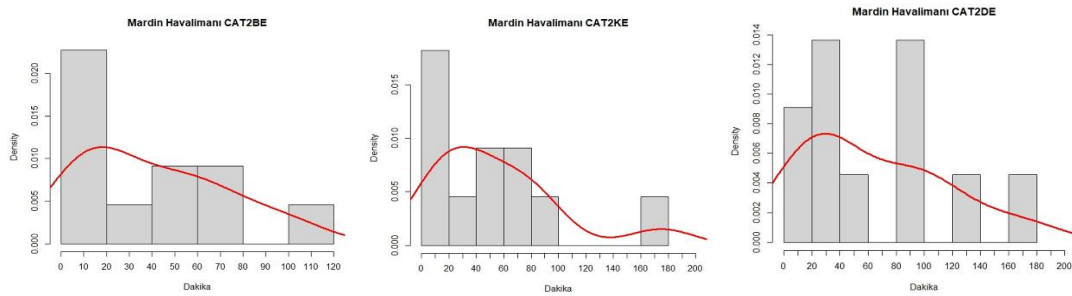
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT I başlangıç evresinin 45 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 136 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 71 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 252 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.42'de Mardin Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetoğraf oluşturulmuştur.



Şekil 4.42: Mardin Havalimanı CAT I %80 rüyetoğraf.

4.3.4 Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Mardin Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.43'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

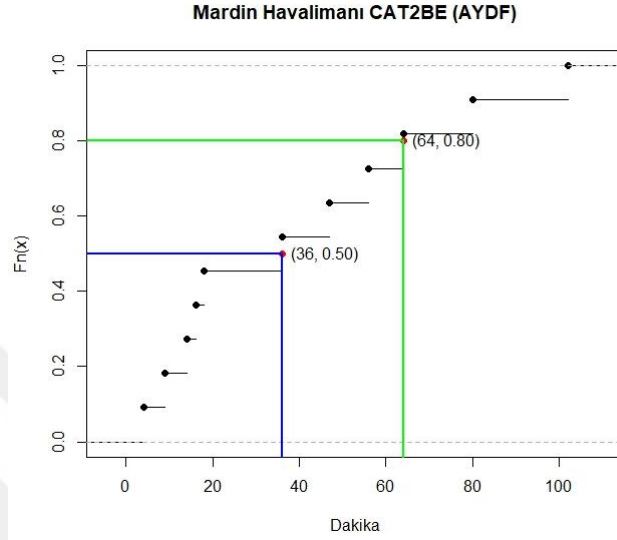


Şekil 4.43 : Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.3.5 Mardin Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

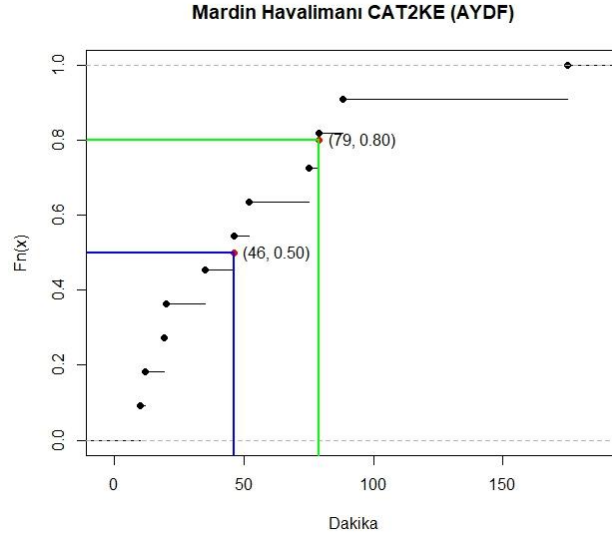
Mardin Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.44’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II başlangıç evresinin 36 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II başlangıç evresinin 64 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



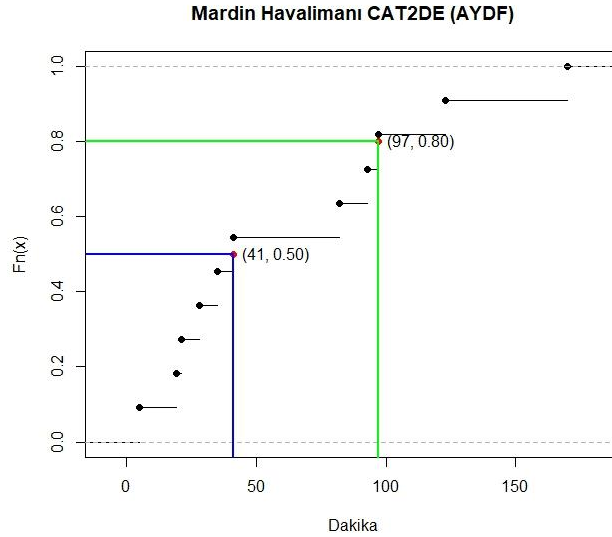
Şekil 4.44 : Mardin Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.45’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınırı olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 46 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II kritik evresinin 79 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.45 : Mardin Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.46'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Mardin Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II dağılım evresinin 41 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II dağılım evresinin 97 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

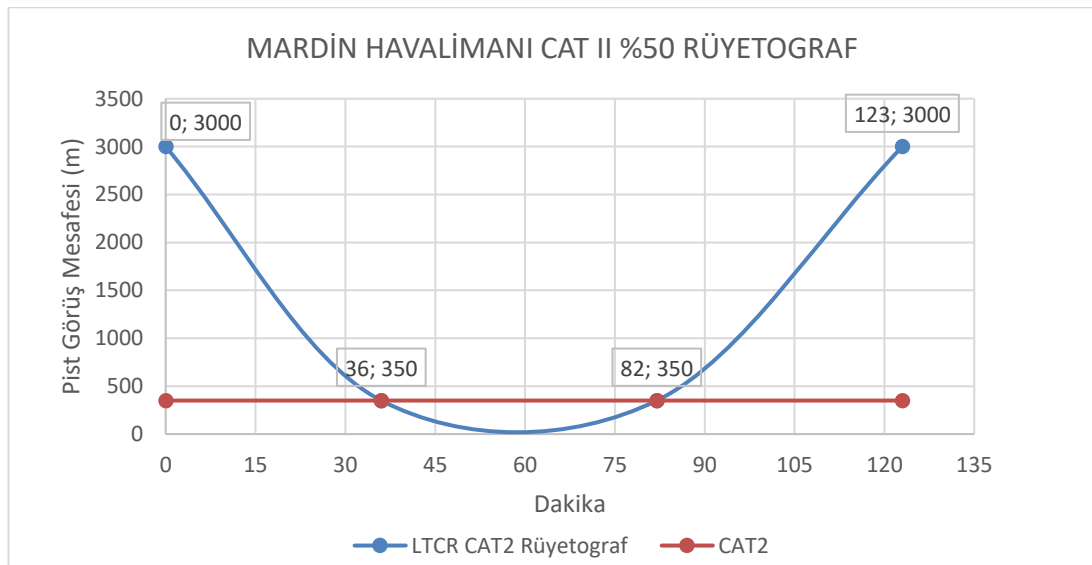


Şekil 4.46 : Mardin Havalimanı CAT II dağılım evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.3.6 Mardin Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

Mardin Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

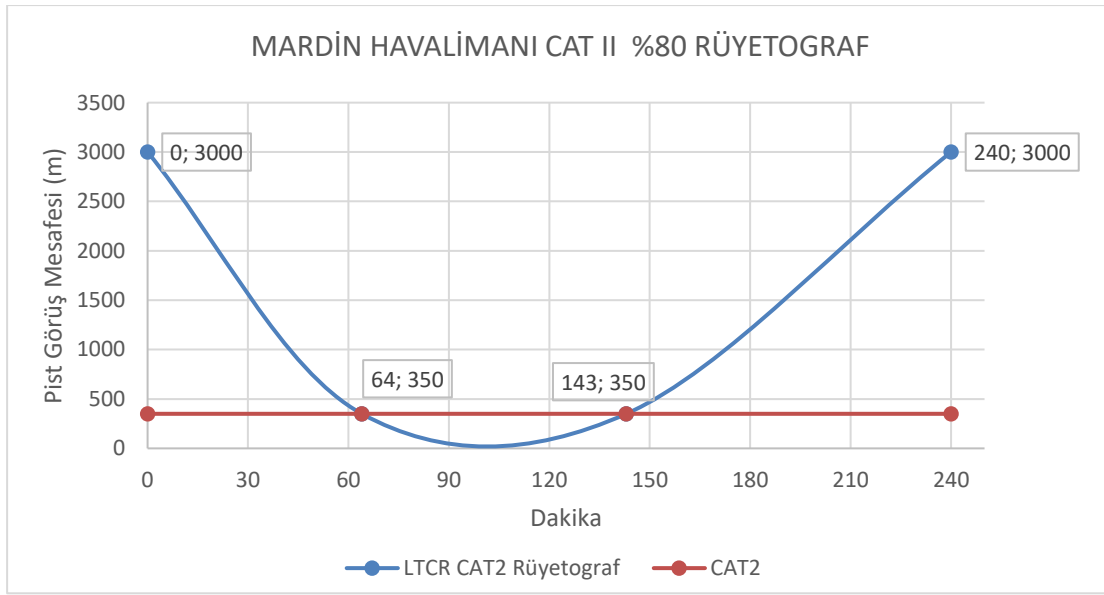
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 36 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 46 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 41 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 123 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.47'de Mardin Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.47: Mardin Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 64 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis

hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 79 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 97 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 240 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.48'de Mardin Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



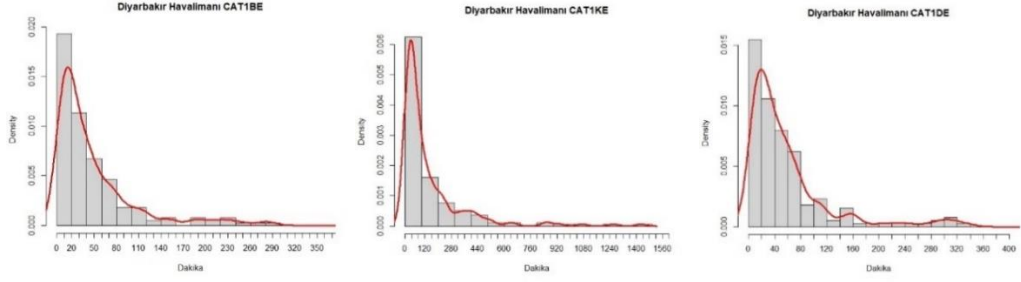
Şekil 4.48 : Mardin Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.

4.4 Diyarbakır Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, Diyarbakır Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.4.1 Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Diyarbakır Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.49'daki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

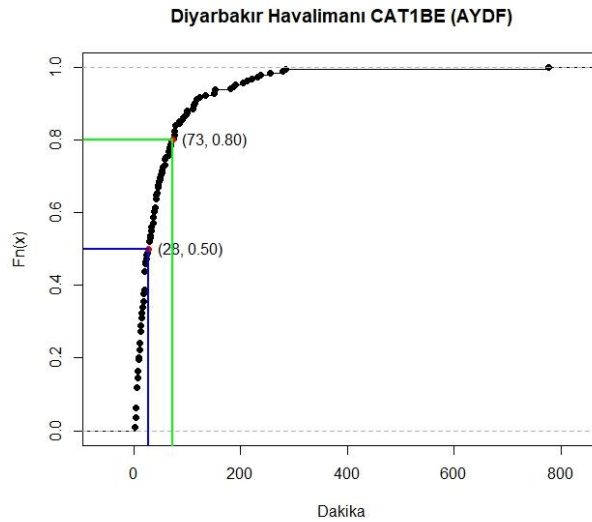


Şekil 4.49 : Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.4.2 Diyarbakır Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

Diyarbakır Havalimanı'ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

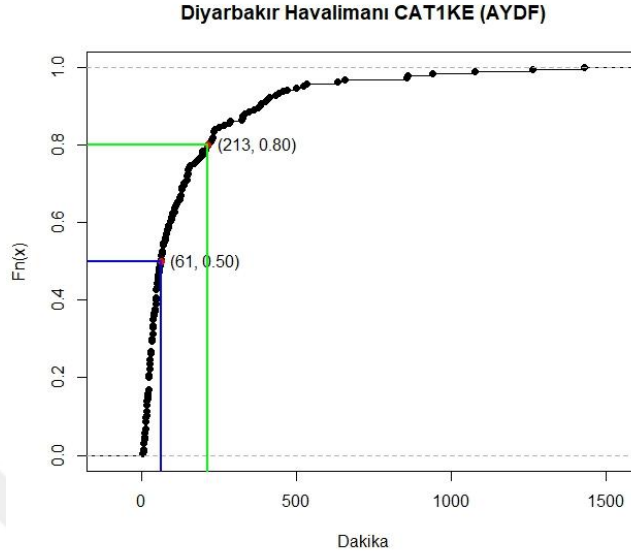
Şekil 4.50'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 28 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I başlangıç evresinin 73 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



Şekil 4.50 : Diyarbakır Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

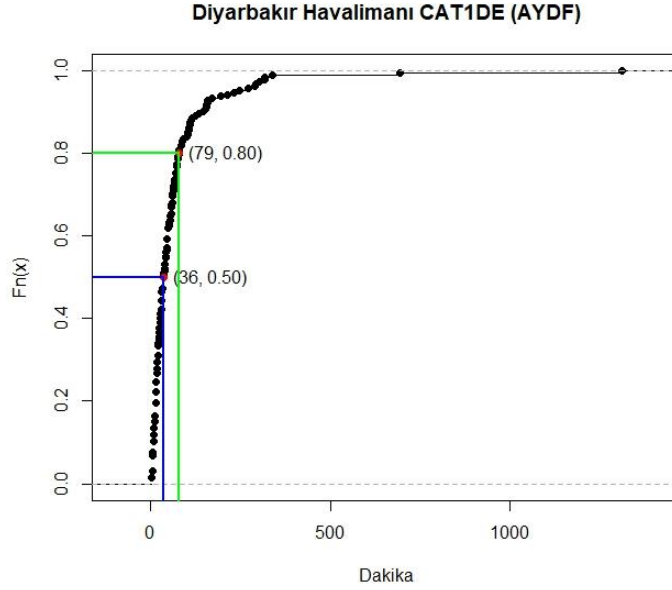
Şekil 4.51'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre

altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 61 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I kritik evresinin 213 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.51 : Diyarbakır Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.52'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I dağılım evresinin 36 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I dağılım evresinin 79 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

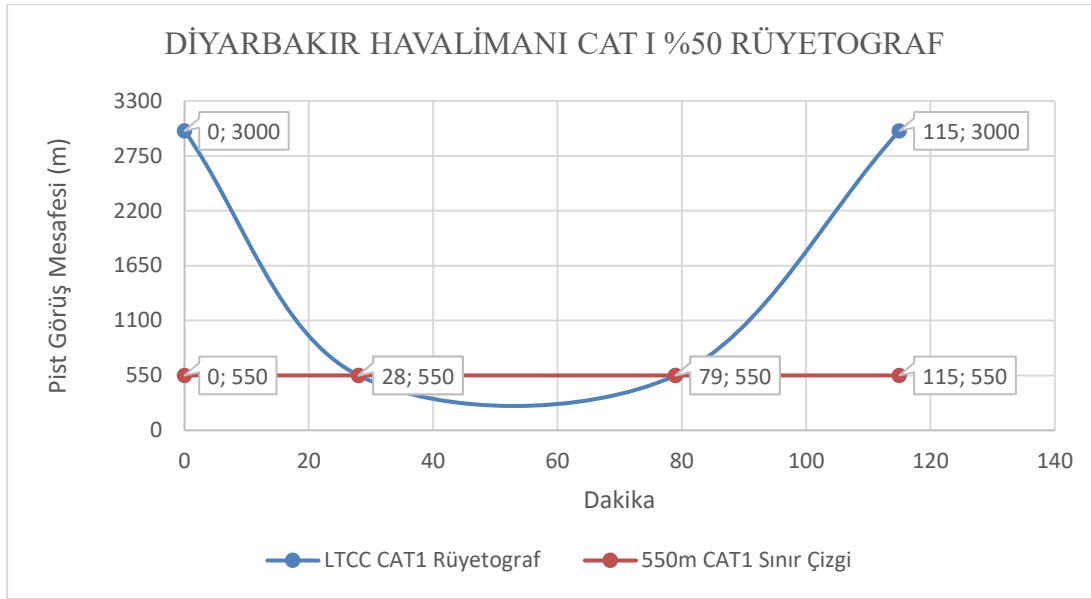


Şekil 4.52 : Diyarbakır Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.4.3 Diyarbakır Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

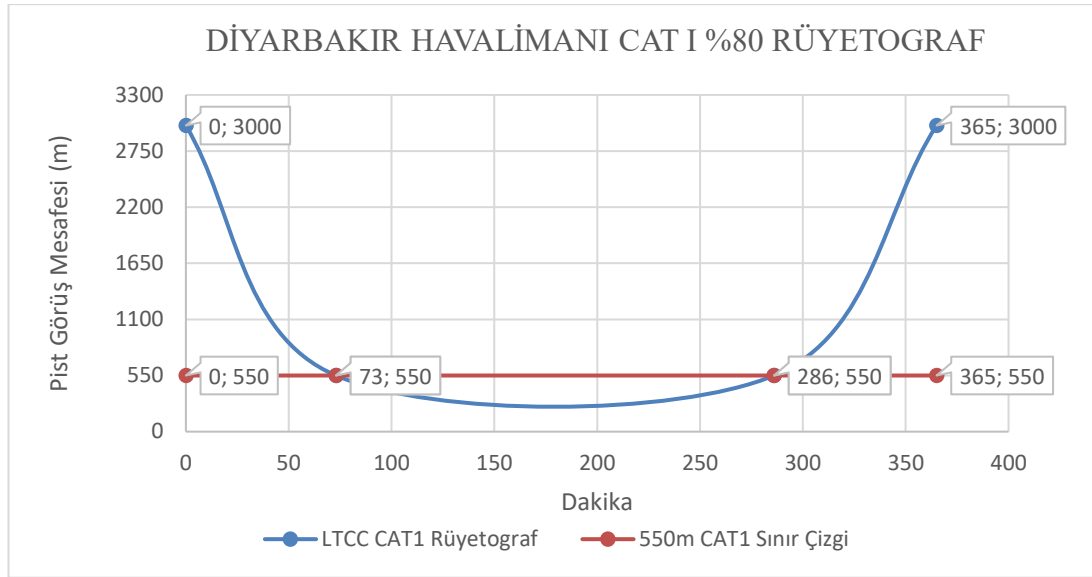
Diyarbakır Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmış devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 28 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 51 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 36 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 115 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.53'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.53 : Diyarbakır Havalimanı CAT I %50 rüyetoğraf.

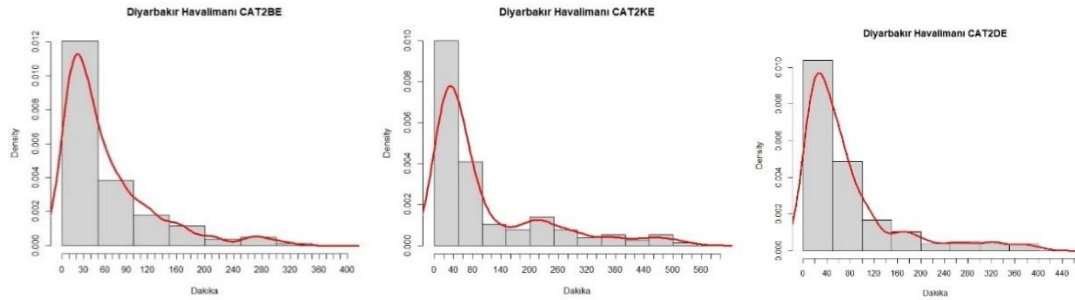
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT I başlangıç evresinin 73 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 213 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresi sınırından (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 79 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 365 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.54'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetoğraf oluşturulmuştur.



Şekil 4.54 :Diyarbakır Havalimanı CAT I %80 rüyetoğraf.

4.4.4 Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Diyarbakır Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.55'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

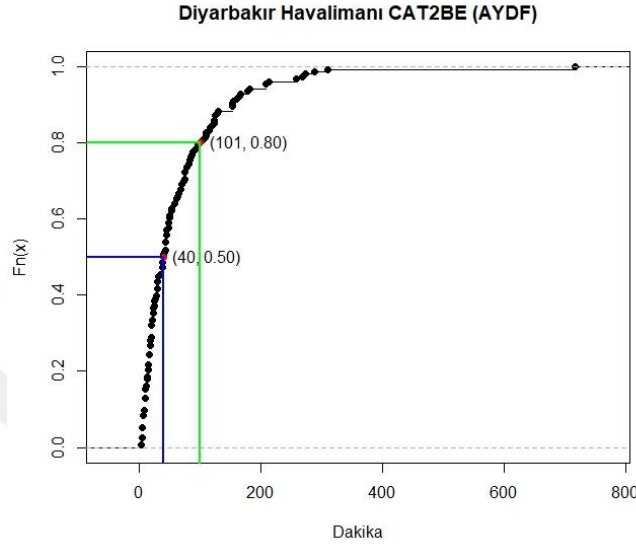


Şekil 4.55 : Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.4.5 Diyarbakır Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

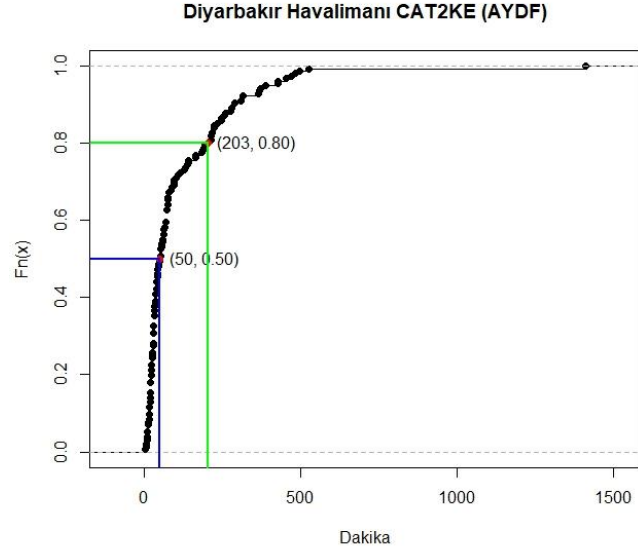
Diyarbakır Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.56'da gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 40 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II başlangıç evresinin 101 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



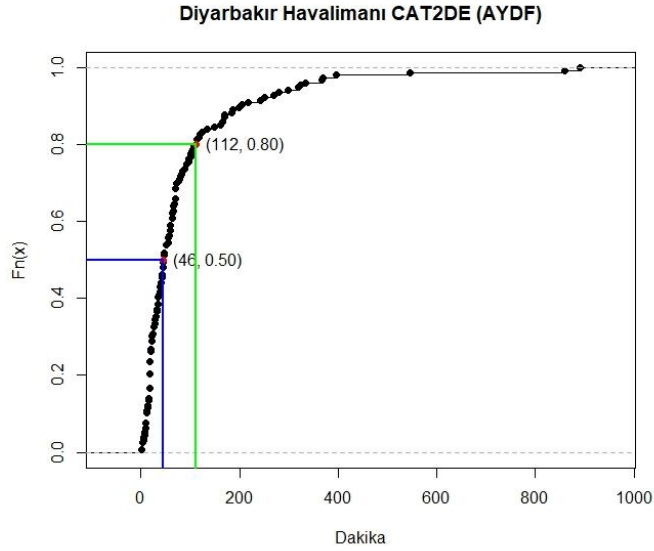
Şekil 4.56 : Diyarbakır Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.57'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınır olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 50 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT II kritik evresinin 203 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.57 : Diyarbakır Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.58’de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II dağılım evresinin 46 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II dağılım evresinin 112 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

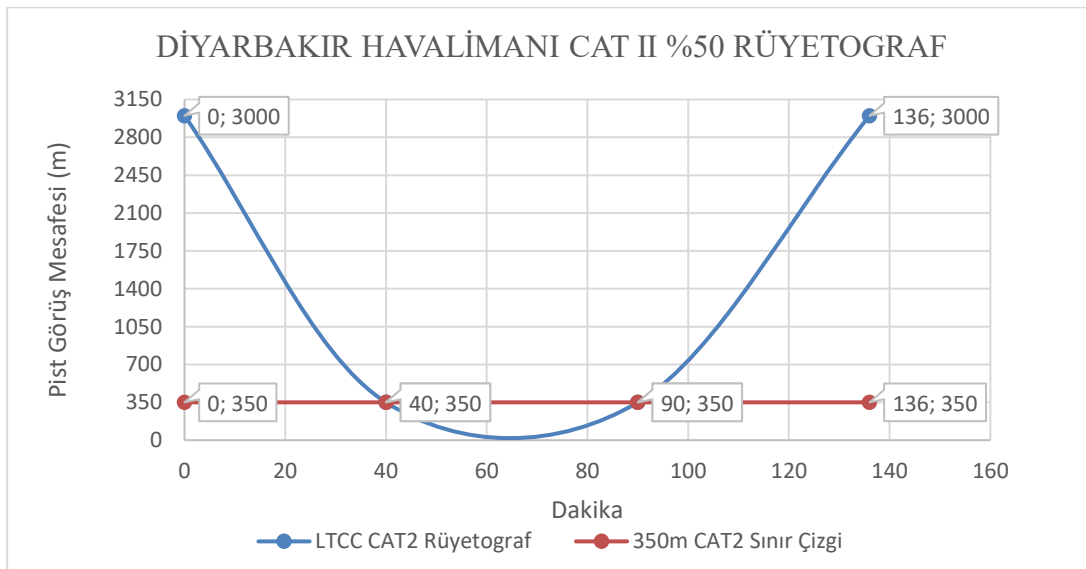


Şekil 4.58 : Diyarbakır Havalimanı CAT II dağılım evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.4.6 Diyarbakır Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

Diyarbakır Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmışlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

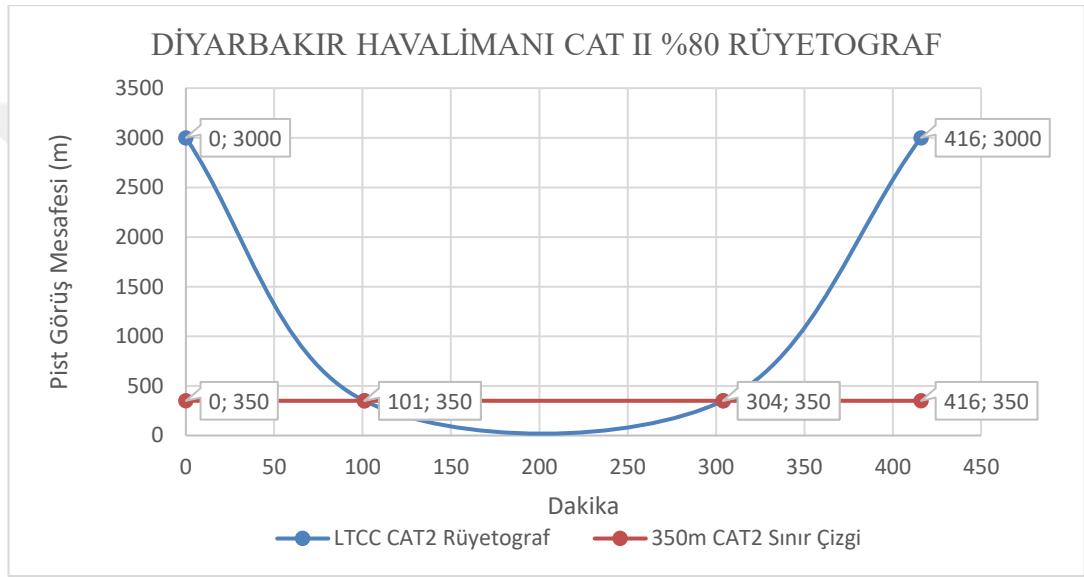
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 40 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 50 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 46 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 136 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.59'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.59 : Diyarbakır Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 101 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir.

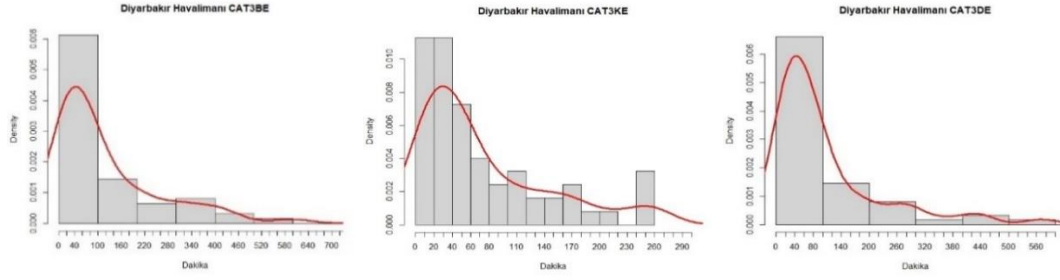
Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 203 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 112 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 416 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.60'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.60 : Diyarbakır Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.

4.4.7 Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

Diyarbakır Havalimanı CAT III evreleri sürelerinin Şekil 4.61'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

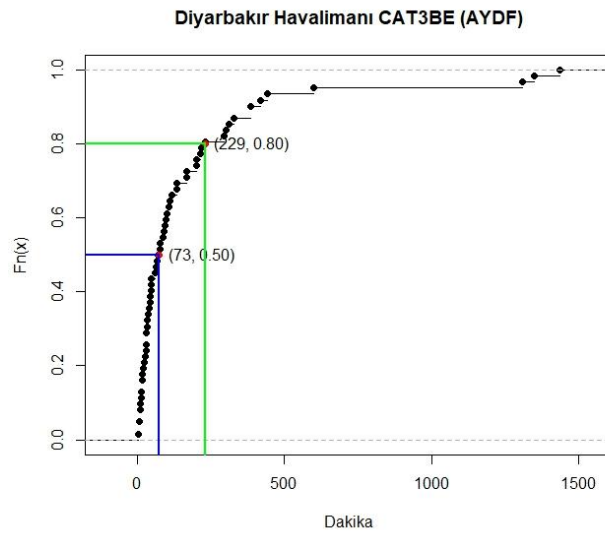


Şekil 4.61 : Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.4.8 Diyarbakır Havalimanı CAT III evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

Diyarbakır Havalimanı'ndaki CAT III evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT III başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

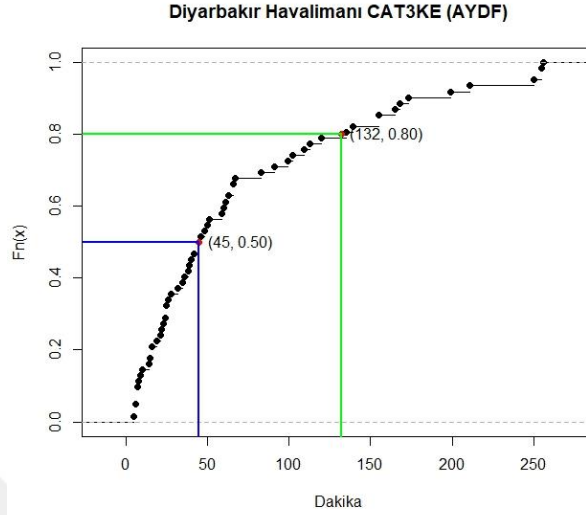
Şekil 4.62'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III başlangıç evresinin 73 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III başlangıç evresinin 229 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği görülmektedir.



Şekil 4.62 : Diyarbakır Havalimanı CAT III başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

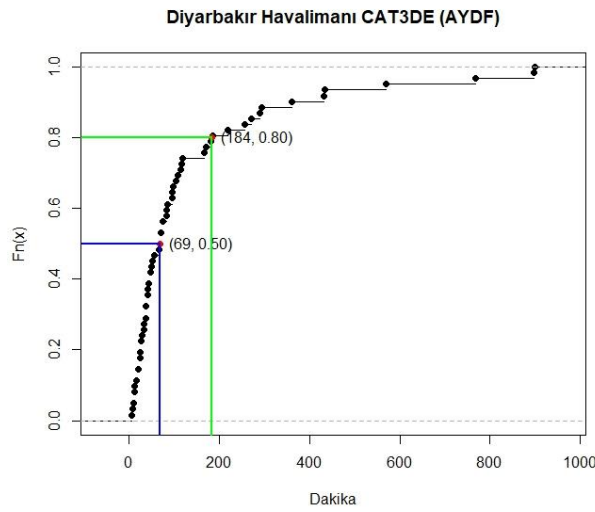
Şekil 4.63'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin CAT III sınır olan 200 metre

altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 45 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III kritik evresinin 132 dakika boyunca CAT III sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.63 : Diyarbakır Havalimanı CAT III kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.64'de gösterilen AYDF grafiğine göre, Diyarbakır Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT III dağılım evresinin 69 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT III dağılım evresinin 184 dakikada 200 metreden (CAT III sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

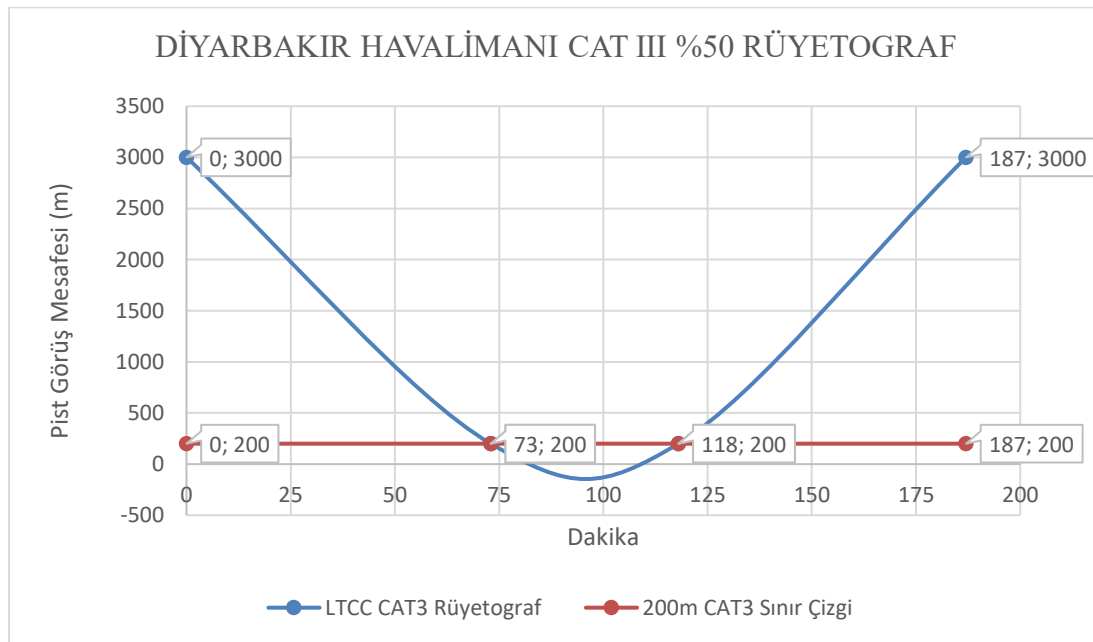


Şekil 4.64 : Diyarbakır Havalimanı CAT III dağılım evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.4.9 Diyarbakır Havalimanı CAT III evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

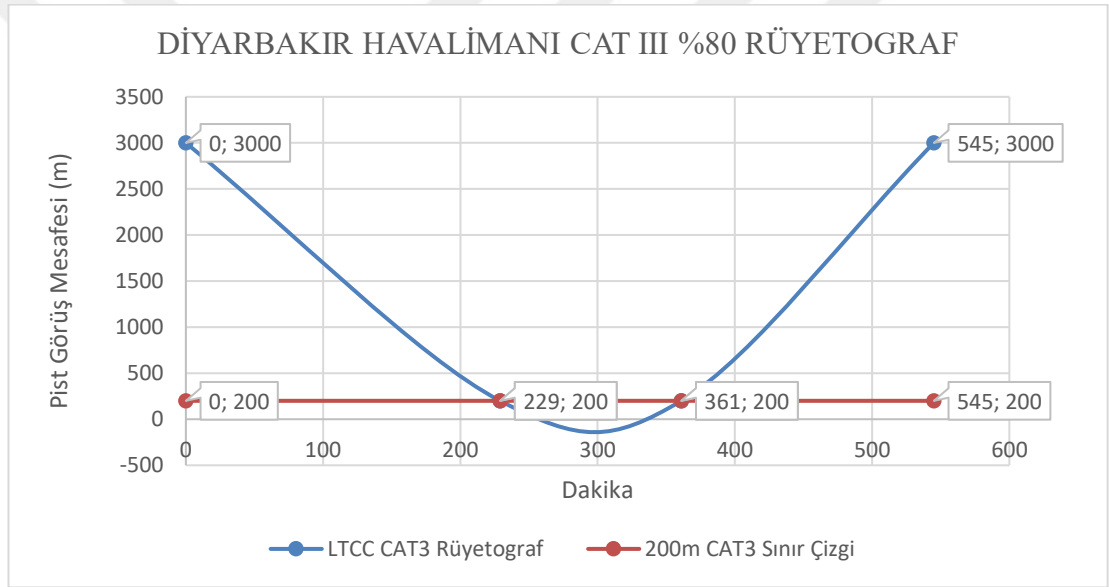
Diyarbakır Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmışlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT III başlangıç evresinin 73 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 45 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 69 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 187 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.65'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.65 : Diyarbakır Havalimanı CAT III %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT III başlangıç evresinin 229 dakikada 3000 metreden 200 metre (CAT III sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT III kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 200 metre sınırının altında kalma süresi 132 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT III kritik evresinden (200 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 184 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 545 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.66'de Diyarbakır Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 200 m), kritik (200 m- 200 m) ve dağılma (200 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.66 : Diyarbakır Havalimanı CAT III %80 rüyetografı.

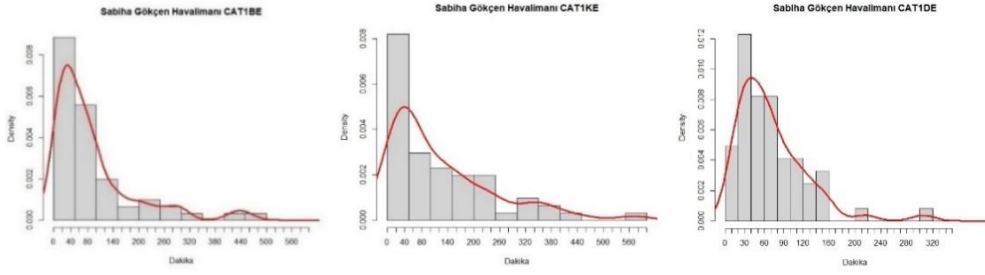
4.5 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.5.1 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.67'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık

bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

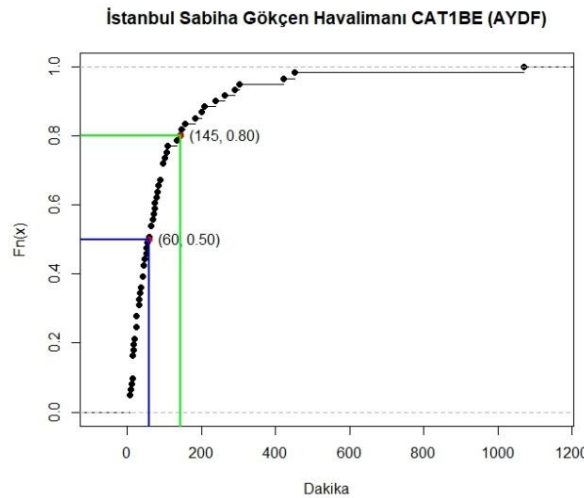


Şekil 4.67 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.5.2 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

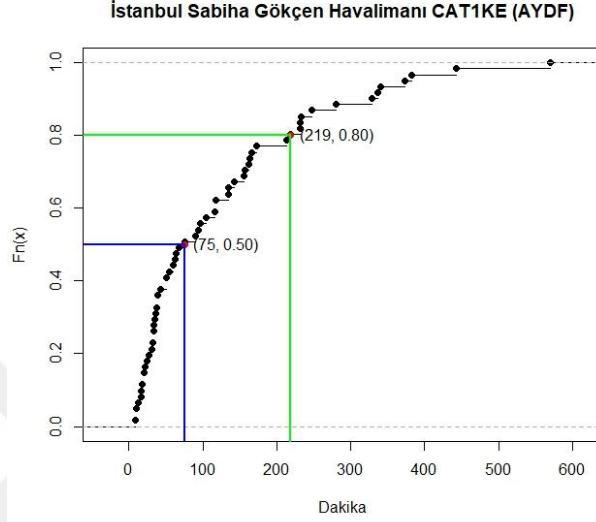
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.68'de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nda pist görüş mesafesi dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 60 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80'inde ise CAT I başlangıç evresinin 145 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



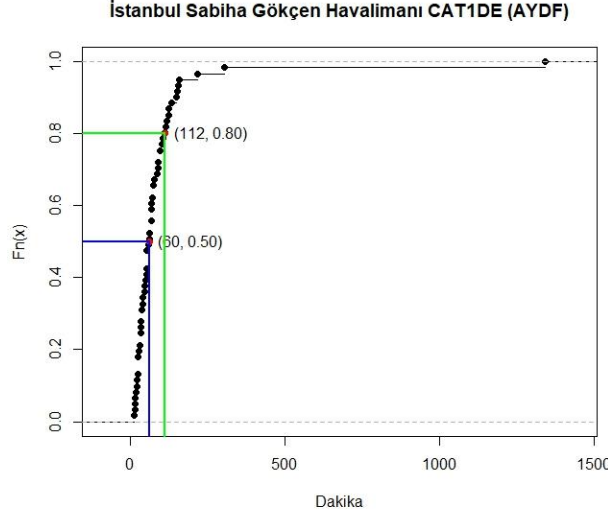
Şekil 4.68 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.69’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 75 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I kritik evresinin 219 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.69 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.70’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I dağılım evresinin 60 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I dağılım evresinin 112 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

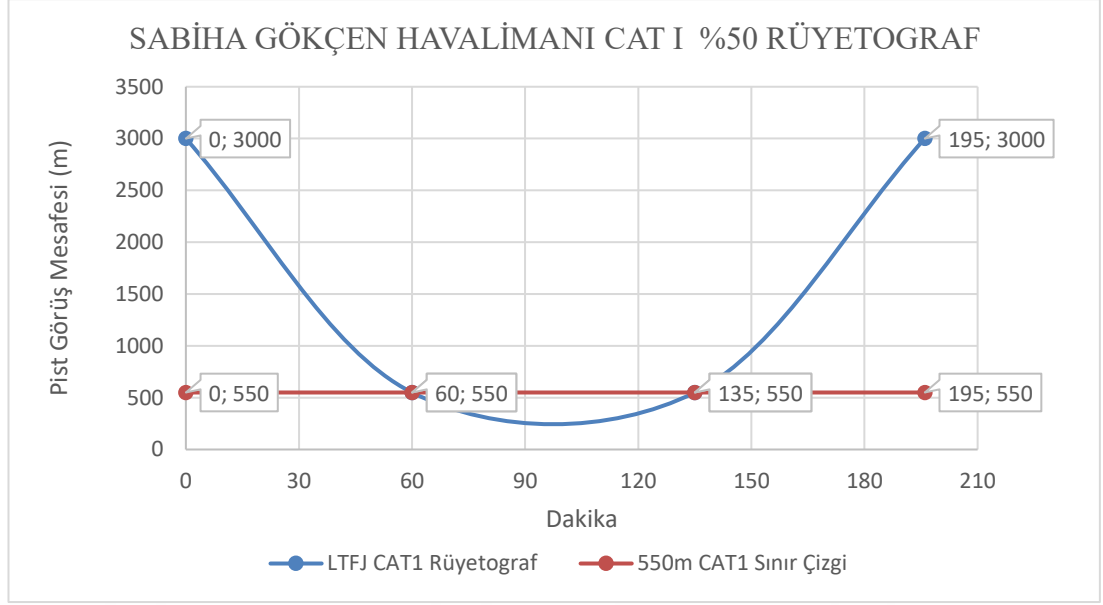


Şekil 4.70 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I Dağılıma Evresi Lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.5.3 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

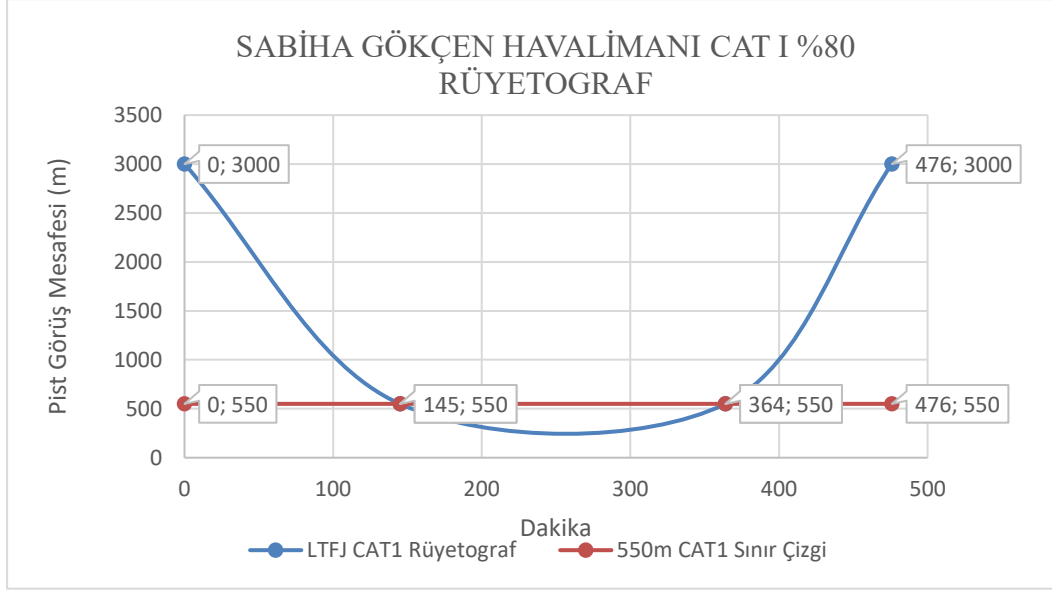
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılmış devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 60 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 75 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılıma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 60 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılıma süresi toplam 195 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.71'de İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılıma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.71 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT I başlangıç evresinin 145 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 219 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 112 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 476 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.72'de İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.72 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I %80 rüyetoğraf.

4.5.4 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.73'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

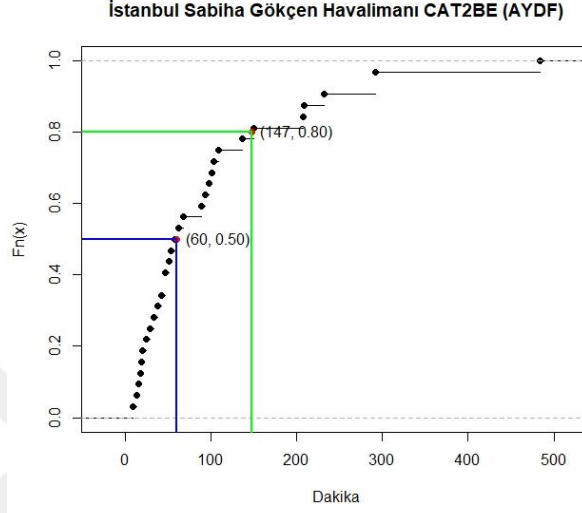


Şekil 4.73 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.5.5 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

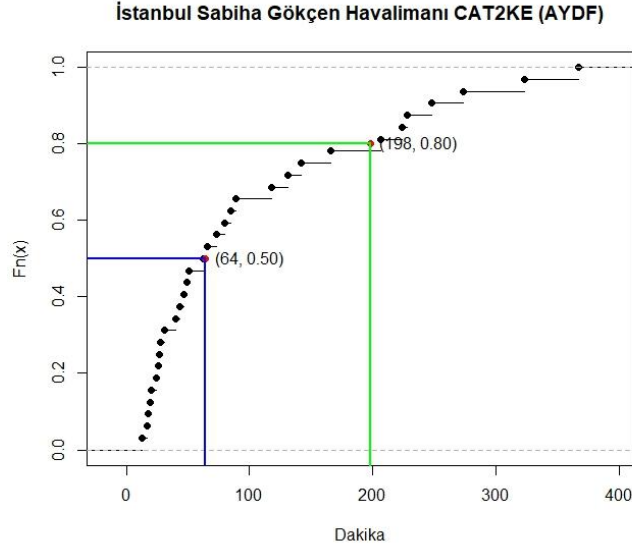
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.74’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II başlangıç evresinin 60 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II başlangıç evresinin 147 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



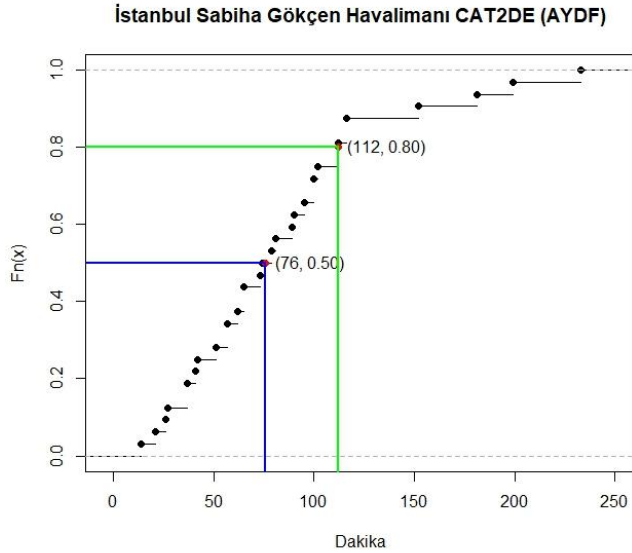
Şekil 4.74 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.75’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınır olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 64 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II kritik evresinin 198 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.75 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.76’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II dağılma evresinin 76 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II dağılma evresinin 112 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

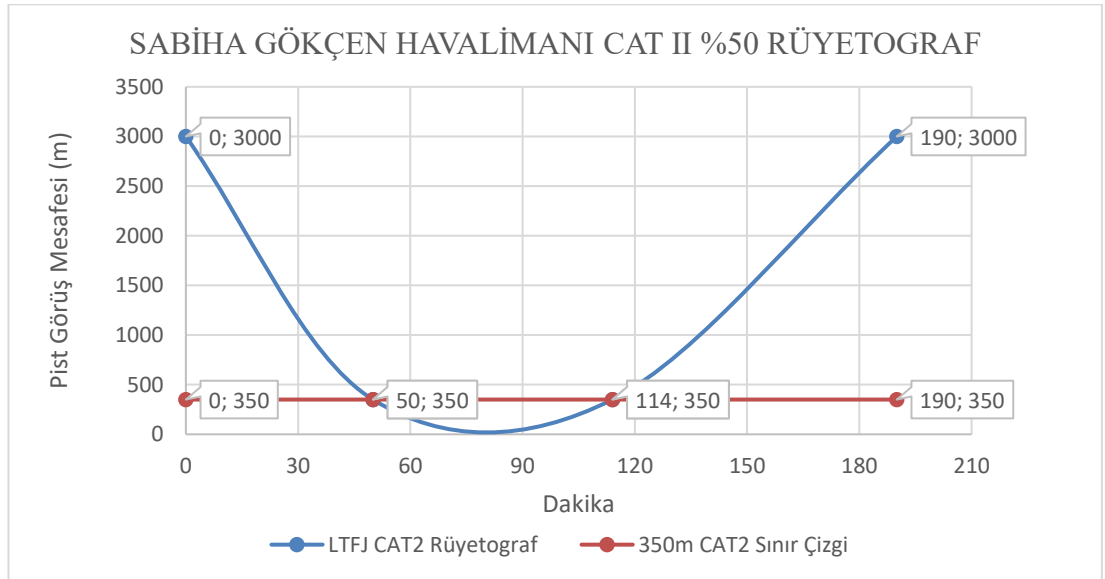


Şekil 4.76 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.5.6 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

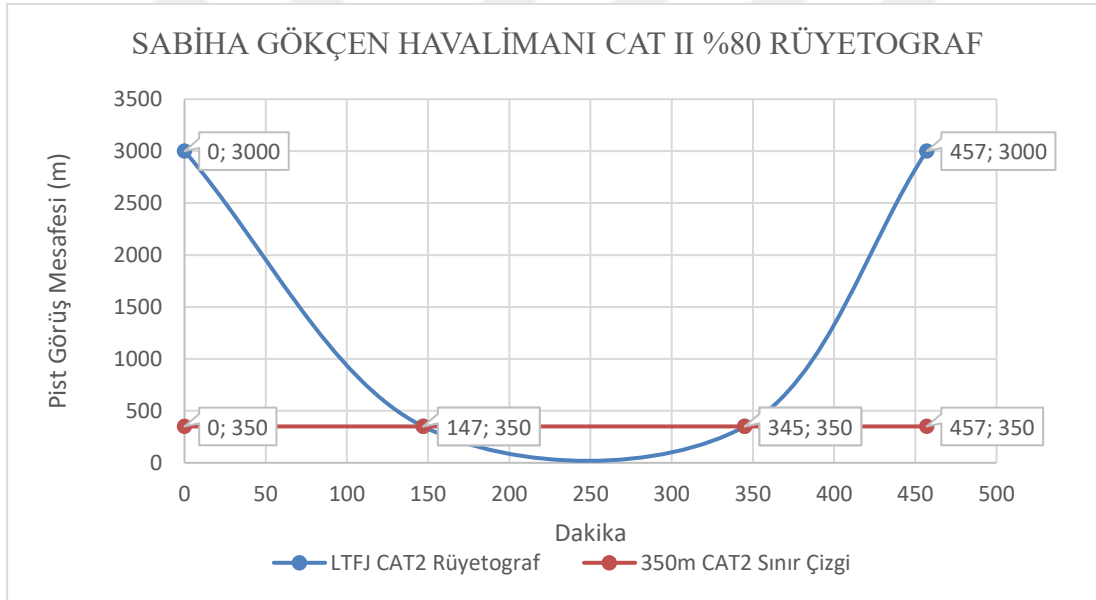
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey ekseninde 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay ekseninde ise belirlenen üç adımın yığılımlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 50 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 64 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 76 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 190 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.77'de İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.77 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II %50 rüyetografı.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 147 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 198 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 112 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 457 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.78'de İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'nın 2015-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



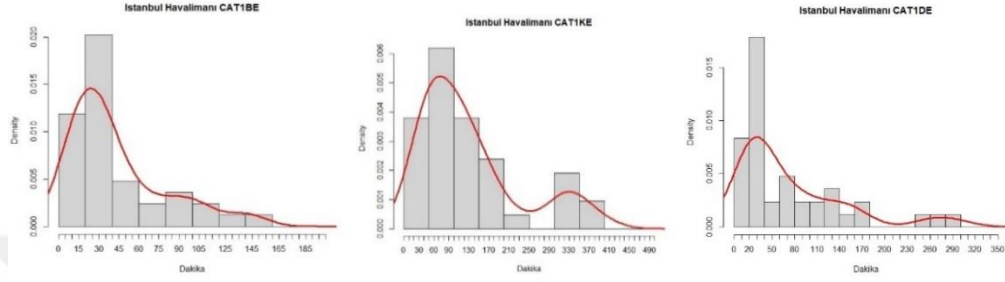
Şekil 4.78 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.

4.6 İstanbul Havalimanı Bulguları

Bu bölümde, İstanbul Havalimanı bulguları için sis hadisesinin yaşandığı günler incelenmiş olup; histogram grafikleri, AYDF grafikleri ve yeni bir yaklaşım modeli olan rüyetograflar oluşturulmuştur.

4.6.1 İstanbul Havalimanı CAT I evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

İstanbul Havalimanı CAT I evreleri sürelerinin Şekil 4.79’teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

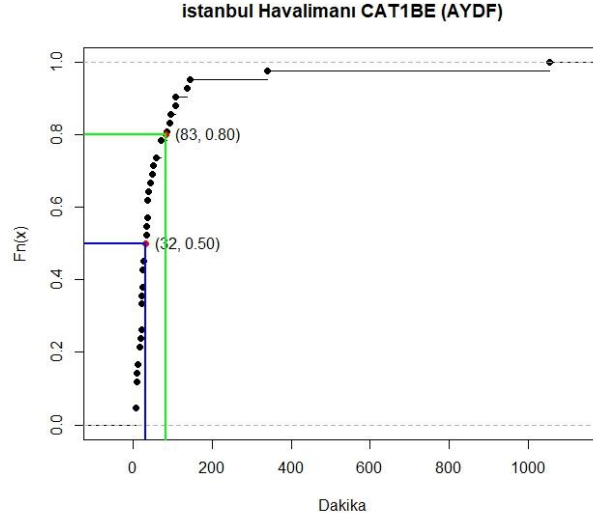


Şekil 4.79 : İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.6.2 İstanbul Havalimanı CAT I evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

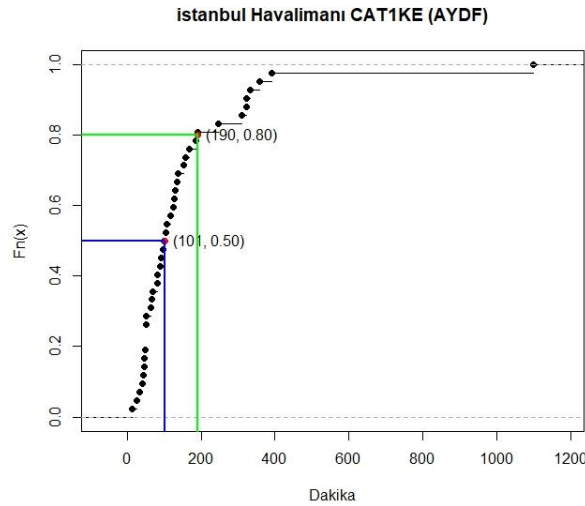
İstanbul Havalimanı’ndaki CAT I evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2018-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.80’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I başlangıç evresinin 32 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I başlangıç evresinin 83 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği görülmektedir.



Şekil 4.80 : İstanbul Havalimanı CAT I başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

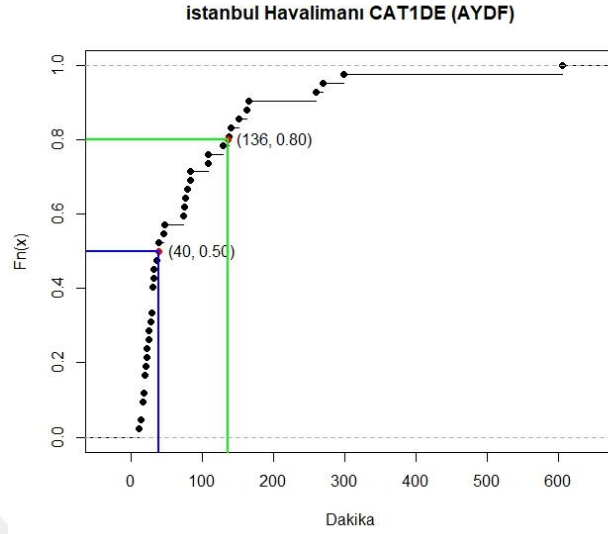
Şekil 4.81’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I kritik evresinin CAT I sınır olan 550 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 101 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT I kritik evresinin 190 dakika boyunca CAT I sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.81 : İstanbul Havalimanı CAT I kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.82’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT I dağılım evresinin 40 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi

dağılımının %80'inde ise CAT I dağılma evresinin 136 dakikada 550 metreden (CAT I sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.



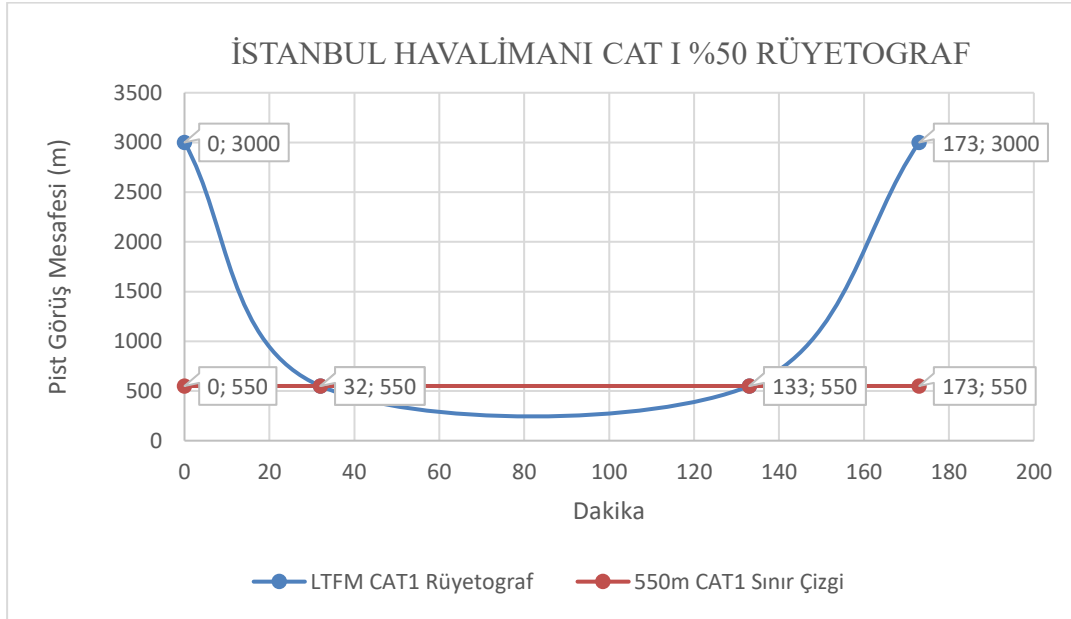
Şekil 4.82 : İstanbul Havalimanı CAT I dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.6.3 İstanbul Havalimanı CAT I evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

İstanbul Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT I kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmış devamlı süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

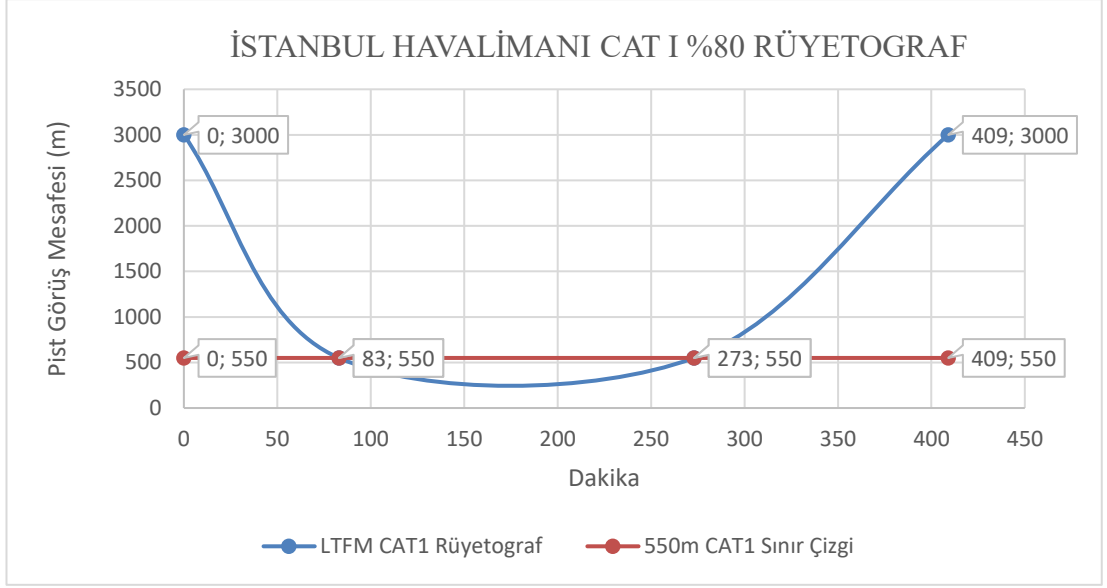
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT I başlangıç evresinin 32 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 101 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresi sınırından (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 40 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 173 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.83'de İstanbul Havalimanı'nın 2018-2023

yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.83 : İstanbul Havalimanı CAT I %50 rüyetograf.

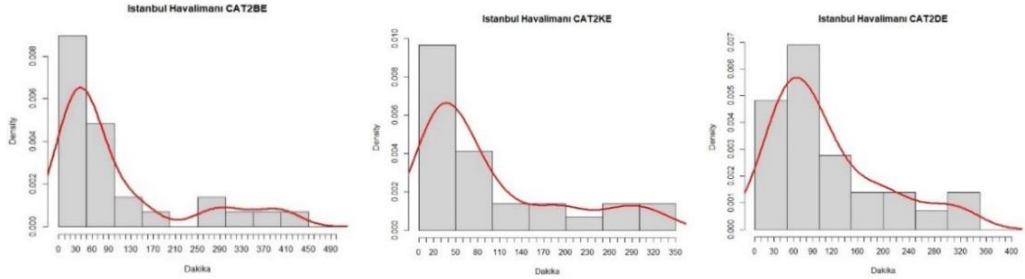
AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT I başlangıç evresinin 83 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT I sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT I kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 550 metre sınırının altında kalma süresi 190 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT I kritik evresinden (550 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 136 dakika olmaktadır Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 409 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.84'de İstanbul Havalimanı'nın 2018-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 550 m), kritik (550 m- 550 m) ve dağılma (550 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.84 : İstanbul Havalimanı CAT I %80 rüyetoğraf.

4.6.4 İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin yoğunluk grafiklerinin belirlenmesi

İstanbul Havalimanı CAT II evreleri sürelerinin Şekil 4.85'teki yoğunluk grafikleri, lognormal dağılıma oldukça uygun görünmektedir. Sağa çarpık bir yapı gözlemlenmiş ve parametre tahminleri, bu dağılımın merkezi eğilim ve dağılım özelliklerini belirlememize yardımcı olmuştur.

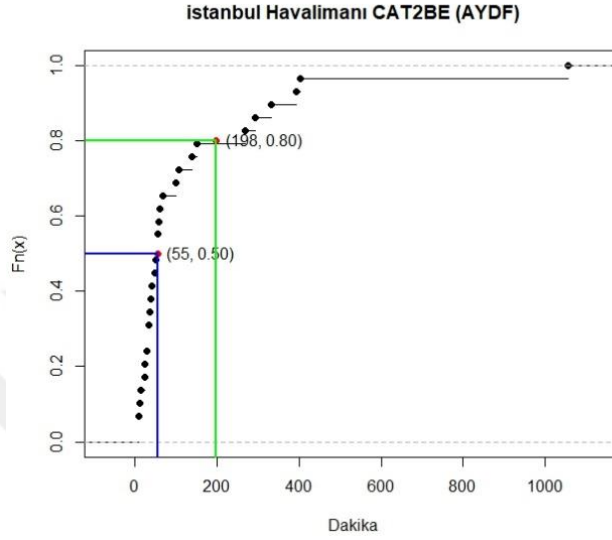


Şekil 4.85 : İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin lognormal dağılım grafikleri.

4.6.5 İstanbul Havalimanı CAT II evrelerinin AYDF grafiklerinin oluşturulması

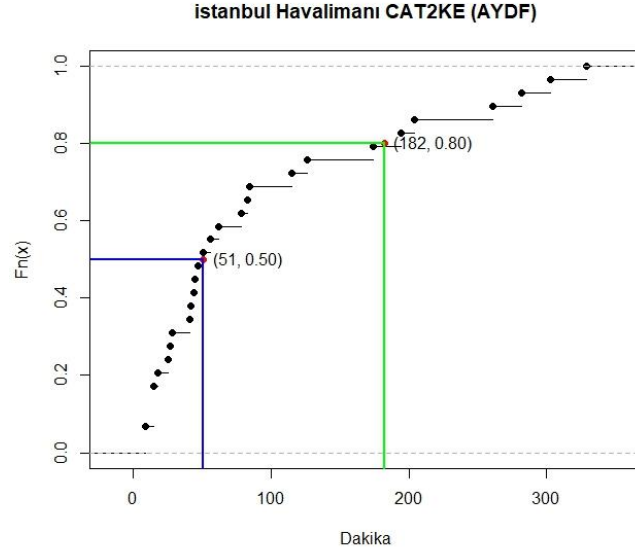
İstanbul Havalimanı'ndaki CAT II evreleri sürelerinin yoğunluk grafiği, lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edildikten sonra, AYDF uygulanmıştır. Bu analiz, 2018-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT II başlangıç evresinin yığılımlı dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Şekil 4.86’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II başlangıç evresinin 55 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir. Görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II başlangıç evresinin 198 dakikada 3000 metreden 550 metre (CAT II sınırı) altına indiği görülmektedir.



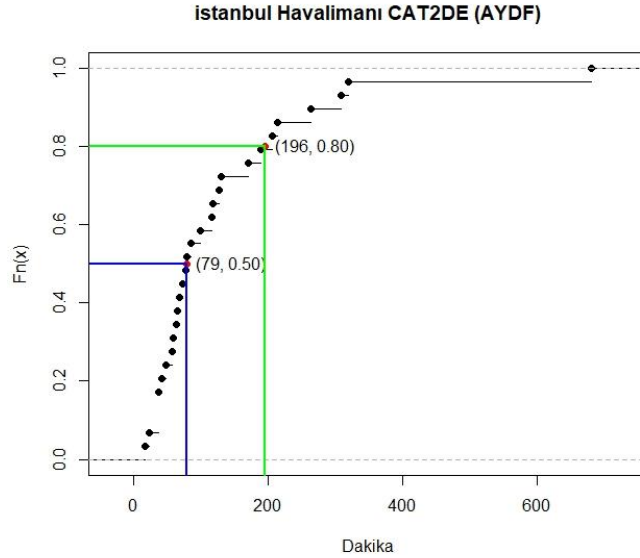
Şekil 4.86 : İstanbul Havalimanı CAT II başlangıç evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.87’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II kritik evresinin CAT II sınır olan 350 metre altında olduğu zaman diliminde kaldığı süre 51 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II kritik evresinin 182 dakika boyunca CAT II sınırının altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.87 : İstanbul Havalimanı CAT II kritik evre lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

Şekil 4.88’de gösterilen AYDF grafiğine göre, İstanbul Havalimanı’nda pist görüş mesafesi dağılımının %50’sinde CAT II dağılma evresinin 79 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80’inde ise CAT II dağılma evresinin 196 dakikada 550 metreden (CAT II sınırı) 3000 metre üzerine çıktığı görülmektedir.

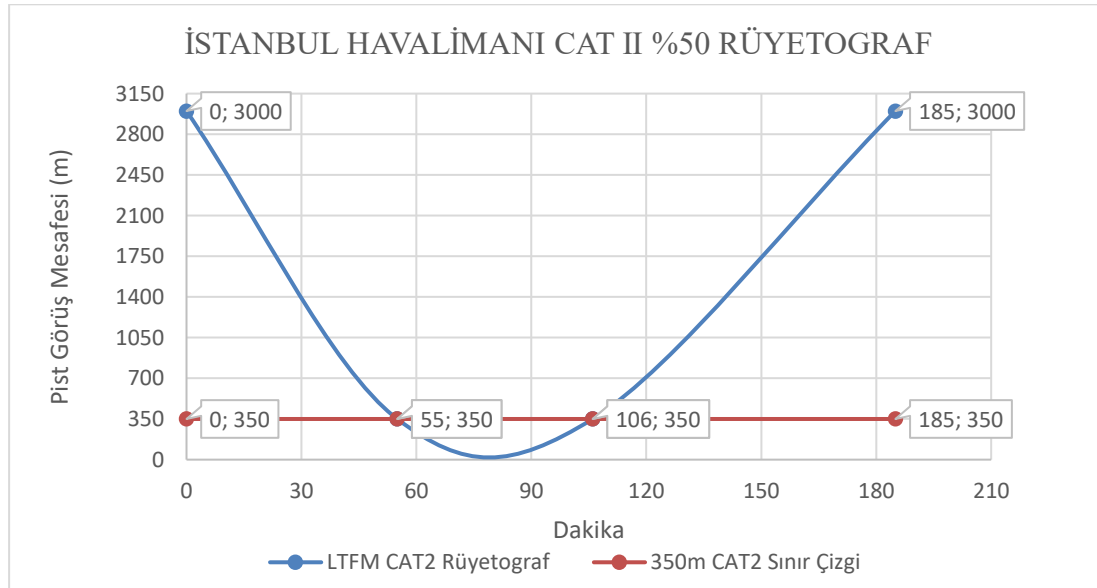


Şekil 4.88 : İstanbul Havalimanı CAT II dağılma evresi lognormal dağılım tipi %50 ve %80 AYDF grafiği.

4.6.6 İstanbul Havalimanı CAT II evresi %50 ve %80 rüyetograflarının oluşturulması

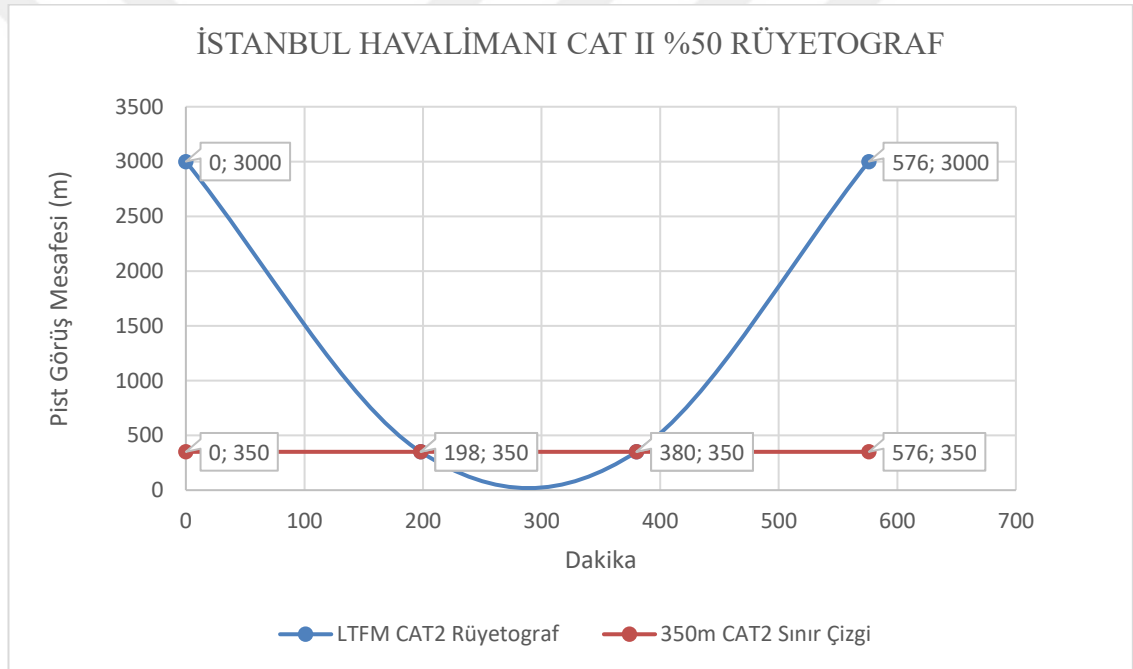
İstanbul Havalimanı için pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için ayrı ayrı rüyetograflar oluşturulmuştur. Rüyetograf oluşturulurken mavi eğri, pist görüş mesafesinin zaman içindeki değişimini göstermekte; turuncu düz çizgi ise, CAT II kategorisindeki limit yatay görüş mesafesini göstermektedir. Düşey eksen 1 dakikalık ortalama pist görüş mesafesi, yatay eksen ise belirlenen üç adımın yığılmışlı devam süreleri dakika cinsinden ifade edilmektedir.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde CAT II başlangıç evresinin 55 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %50'sinde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 51 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 79 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 185 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.89'de İstanbul Havalimanı'nın 2018-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.89 : İstanbul Havalimanı CAT II %50 rüyetograf.

AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %80'inde CAT II başlangıç evresinin 198 dakikada 3000 metreden 350 metre (CAT II sınırı) altına indiği tespit edilmiştir. Sis hadisesinin kritik evresinde pist görüş mesafesi, dağılımının %80'inde CAT II kritik evresinin yani uçağın inmemesi gereken 350 metre sınırının altında kalma süresi 182 dakika olarak tespit edilmiştir. Dağılıma evresinde yani, CAT II kritik evresinden (350 metre) görüşün 3000 metreye kadar açıldığı duruma kadar geçen süre ise 196 dakika olmaktadır. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılıma süresi toplam 576 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda; Şekil 4.90'de İstanbul Havalimanı'nın 2018-2023 yılları arasındaki sis hadiseleri incelenip; başlangıç (3000 m- 350 m), kritik (350 m- 350 m) ve dağılıma (350 m- 3000 m) evrelerini gösteren rüyetograf oluşturulmuştur.



Şekil 4.90 : İstanbul Havalimanı CAT II %80 rüyetograf.

4.7 Rüyetografların Test Edilmesi

Tez kapsamında yapılan analizler sonucunda, oluşturulan rüyetografların doğruluğunu test etmek amacıyla 2023 yılı kasım ve aralık aylarında oluşan sis hadiseleri incelenip rüyetograflarla karşılaştırılma yapılmıştır. 2015-2023 arası altı havalimanı için oluşturulan rüyetografların değerleri çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : 2015-2023 yılları altı havalimanı için oluşturulan rüyetografların değerleri.

Kategoriler	Başlangıç Evresi		Kritik Evre		Dağılma Evresi	
CAT I	%50	%80	%50	%80	%50	%80
Batman Havalimanı	32	68	120	333	34	95
Diyarbakır Havalimanı	28	73	51	213	36	79
Mardin Havalimanı	14	45	91	136	40	71
İstanbul Havalimanı	32	83	101	190	40	136
Sabiha Gökçen Havalimanı	60	145	75	219	60	112
Esenboğa Havalimanı	45	117	103	352	47	124
CAT II						
Batman Havalimanı	78	212	80	160	56	126
Diyarbakır Havalimanı	40	101	50	203	46	112
Mardin Havalimanı	36	64	46	79	41	97
İstanbul Havalimanı	55	198	51	182	79	196
Sabiha Gökçen Havalimanı	50	147	64	198	76	112
Esenboğa Havalimanı	76	188	80	275	56	133
CAT III						
Batman Havalimanı	316	473	43	145	108	211
Diyarbakır Havalimanı	73	229	45	132	69	184
Esenboğa Havalimanı	176	305	75	159	81	177
İstanbul Havalimanı	-	-	-	-	-	-
Sabiha Gökçen Havalimanı	-	-	-	-	-	-
Mardin Havalimanı	-	-	-	-	-	-

Rüyetograf sonuçlarının 15 dakika öncesi ve 15 dakika sonrası dahil olmak üzere mevcut sis hadiseleri süreleri test edilmiştir.

Batman Havalimanı için; AYDF dağılımın %50'sinde, 22 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 4 sis hadisesi, kritik evre 2 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 8 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 19 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için başlangıç evresi 4 sis hadisesi, kritik evre 4, dağılma evresinde ise 6 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 6 sis hadisesiyle CAT III kategorisi için başlangıç evresi 2 sis hadisesi, kritik evre 1 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 2 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır.

AYDF dağılımın %80'ninde, 22 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 5 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 6 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 19 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için başlangıç evresi 4 sis hadisesi, kritik evre 3 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 6 sis hadisesiyle CAT III kategorisi için başlangıç evresi 1 sis hadisesi, kritik evre 2 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. Bu durum çizelge 4.2 üzerinde AYDF dağılımının %50'si mavi, %80'i sarı renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Batman Havalimanı test verileri.

BATMAN HAVALİMANI									
CAT I-550m									
Saatler: UTC	Başlangıç Evresi (2100- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılıma evresi (550-2100 m)		
	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
04.11.2023	00:54	03:24	150	03:24	06:20	176	06:20	07:44	84
05.11.2023	21:24	23:44	140	23:44	08:15	511	08:15	09:24	69
16.11.2023	01:56	02:41	45	02:41	05:08	147	05:08	05:52	44
17.11.2023	23:15	00:32	77	00:32	02:23	111	02:23	03:23	60
18.11.2023	03:23	04:04	41	04:04	04:42	38	04:42	05:26	44
24.11.2023	00:00	00:04	4	00:04	00:31	27	00:31	00:56	25
	00:56	01:18	22	01:18	02:46	88	02:46	03:38	52
	03:38	04:13	35	04:13	06:53	160	06:53	07:07	14
01.12.2023	22:11	23:38	87	23:38	07:40	482	07:40	08:14	34
02.12.2023	21:19	21:26	7	21:26	07:30	604	07:30	07:53	23
03.12.2023	19:51	20:16	25	20:16	10:55	879	10:55	11:50	55
04.12.2023	18:05	18:33	28	18:33	19:26	53	19:26	19:36	10
	19:36	19:56	20	19:56	09:22	806	09:22	11:13	111
05.12.2023	19:36	19:47	11	19:47	21:01	74	21:01	22:10	69
	22:10	23:23	73	23:23	08:35	552	08:35	09:14	39
10.12.2023	22:03	23:01	58	23:01	07:03	482	07:03	10:03	180
14.12.2023	01:26	02:48	82	02:48	06:32	224	06:32	07:04	32
15.12.2023	20:32	20:46	14	20:46	21:08	22	21:08	22:37	89
	22:37	23:14	37	23:14	09:44	630	09:44	11:44	120
16.12.2023	21:29	21:35	6	21:35	08:04	629	08:04	09:53	109
17.12.2023	10:55	14:21	206	14:21	23:13	532	23:13	07:30	497
21.12.2023	00:02	04:36	274	04:36	05:47	71	05:47	06:48	61
CAT II-350m									
04.11.2023	00:54	04:01	187	04:01	04:44	43	04:44	07:44	180
16.11.2023	01:56	03:12	76	03:12	04:56	104	04:56	05:52	56
24.11.2023	00:00	04:22	262	04:22	06:46	144	06:46	07:07	21
01.12.2023	22:11	01:16	185	01:16	07:12	356	07:12	08:14	62
02.12.2023	21:19	22:09	50	22:09	00:03	114	00:03	02:41	158
	02:41	03:14	33	03:14	07:25	251	07:25	07:53	28
03.12.2023	19:51	20:18	27	20:18	20:54	36	20:54	21:37	43
	21:37	22:20	43	22:20	23:18	58	23:18	23:45	27
	23:45	00:10	25	00:10	09:07	537	09:07	11:50	163
04.12.2023	18:05	18:36	31	18:36	19:09	33	19:09	19:36	27
	19:36	19:57	21	19:57	07:40	703	07:40	11:13	213
05.12.2023	19:36	20:09	33	20:09	20:59	50	20:59	22:10	71
	22:10	00:47	157	00:47	08:20	453	08:20	09:14	54
10.12.2023	22:03	23:12	69	23:12	01:42	150	01:42	03:20	98
	03:20	04:33	73	04:33	06:22	109	06:22	10:03	221
15.12.2023	22:37	04:12	335	04:12	08:37	265	08:37	11:44	187
16.12.2023	21:29	06:06	517	06:06	06:44	38	06:44	09:53	189
17.12.2023	10:55	14:39	224	14:39	17:48	189	17:48	23:13	325
21.12.2023	00:02	04:51	289	04:51	05:38	47	05:38	06:48	70
CAT III-200m									
24.11.2023	00:00	04:30	270	04:30	04:50	20	04:50	07:07	137
01.12.2023	22:11	04:24	373	04:24	06:32	128	06:32	08:14	102
02.12.2023	21:19	06:28	549	06:28	07:02	34	07:02	07:53	51

Çizelge 4.2 (devam) : Batman Havalimanı test verileri.

BATMAN HAVALİMANI									
CAT I-550m									
Saatler: UTC	Başlangıç Evresi (2100- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-2100 m)		
	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
04.11.2023	00:54	03:24	150	03:24	06:20	176	06:20	07:44	84
03.12.2023	19:51	04:25	514	04:25	06:36	131	06:36	11:50	314
04.12.2023	18:05	04:44	639	04:44	05:54	70	05:54	11:13	319
05.12.2023	19:36	05:01	565	05:01	06:10	69	06:10	09:14	184

Diyarbakır Havalimanı için; AYDF dağılımın %50'sinde, 13 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 7 sis hadisesi, kritik evre 2 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 7 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 12 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için başlangıç evresi 4 sis hadisesi, kritik evre 3, dağılma evresinde ise 5 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 4 sis hadisesiyle CAT III kategorisi için başlangıç evresi 1 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır.

AYDF dağılımın %80'inde, 13 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 1 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 3 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 12 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için başlangıç evresi 1 sis hadisesi, kritik evre 1 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 4 sis hadisesiyle CAT III kategorisi için kritik evre 1 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. Sonuç olarak Diyarbakır Havalimanı'nda AYDF dağılımının %50'sini baz almak %80'e göre gerçeğe daha yakın sonuçlar getirebilmektedir. Bu durum çizelge 4.3 üzerinde AYDF dağılımının %50'si mavi, %80'i sarı, hem %50 hem %80'e yakın değerler mor renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Diyarbakır Havalimanı test verileri.

DİYARBAKIR HAVALİMANI									
CAT I-550m									
Saatler: UTC	Başlangıç Evresi (2100- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-2100 m)		
	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
04.12.2023	02:57	03:02	5	03:02	04:28	86	04:28	05:54	86
11.12.2023	00:00	00:48	48	00:48	01:00	12	01:00	01:27	27
	01:27	02:28	61	02:28	04:52	144	04:52	05:30	38
	05:30	06:08	38	06:08	07:15	67	07:15	09:45	150
16.12.2023	04:25	05:11	46	05:11	05:54	43	05:54	06:43	49
	06:43	07:41	58	07:41	08:02	21	08:02	09:25	83
17.12.2023	14:50	15:17	27	15:17	03:29	732	03:29	03:55	26
	03:55	04:14	19	04:14	06:33	139	06:33	11:07	274

Çizelge 4.3 (devam): Diyarbakır Havalimanı test verileri.

DİYARBAKIR HAVALİMANI									
CAT I-550m									
Saatler: UTC	Başlangıç Evresi (2100- 550 m)			Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-2100 m)		
	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
24.12.2023	03:10	04:03	53	04:03	05:59	116	05:59	06:24	25
04.11.2023	02:21	02:26	5	02:26	02:49	23	02:49	03:24	35
	03:34	04:05	31	04:05	04:18	13	04:18	05:32	74
05.11.2023	03:30	03:39	9	03:39	08:37	298	08:37	09:04	27
16.11.2023	02:40	03:10	30	03:10	05:19	129	05:19	08:43	204
CAT II-350m									
04.12.2023	02:57	03:06	9	03:06	04:28	82	04:28	05:54	86
11.12.2023	00:00	03:19	199	03:19	03:43	24	03:43	04:03	20
	04:03	04:26	23	04:26	04:40	14	04:40	05:30	50
	05:30	06:11	41	06:11	07:14	63	07:14	09:45	151
16.12.2023	04:25	07:43	198	07:43	08:00	17	08:00	09:25	85
17.12.2023	14:50	15:20	30	15:20	03:06	706	03:06	03:55	49
	03:55	03:32	1417	03:32	06:06	154	06:06	11:07	301
24.12.2023	03:10	04:44	94	04:44	05:48	64	05:48	06:24	36
04.11.2023	02:21	02:35	14	02:35	02:44	9	02:44	03:24	40
	03:34	04:06	32	04:06	04:18	12	04:18	05:32	74
05.11.2023	03:30	03:39	9	03:39	08:22	283	08:22	09:04	42
16.11.2023	02:40	03:44	64	03:44	04:45	61	04:45	08:43	238
CAT III-200m									
04.12.2023	02:57	03:08	11	03:08	04:26	78	04:26	05:54	88
11.12.2023	05:30	06:55	85	06:55	07:10	15	07:10	09:45	155
17.12.2023	14:50	15:30	40	15:30	17:23	113	17:23	03:55	632
16.11.2023	03:30	04:06	36	04:06	08:21	255	08:21	09:04	43

Mardin Havalimanı için; AYDF dağılımın %50'sinde, 4 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 3 sis hadisesi, kritik evre 2 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 3 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 1 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için tüm evrelerde sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır.

AYDF dağılımın %80'inde, 4 sis hadisesiyle test verileri kullanılarak oluşturulan CAT I kategorisi için başlangıç evresi 2 sis hadisesi, kritik evre 2 sis hadisesi, dağılma evresinde ise 2 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. 1 sis hadisesiyle CAT II kategorisi için başlangıç evresi 1 sis hadisesi, kritik evre 1 sis hadisesi rüyetograf değerlerine denk çıkmıştır. Mardin Havalimanı'nda gerçekleşen sis hadiseleri, rüyetograf sonuçlarına en yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Ancak verilerin az olması sebebiyle daha kapsamlı bir test işlemi yapılması uygun görülmektedir. Bu durum çizelge 4.4 üzerinde AYDF dağılımının %50'si mavi, %80'i sarı renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Mardin Havalimanı test verileri.

MARDİN HAVALİMANI									
CAT I-550m									
Başlangıç Evresi (2100- 550 m)				Kritik Evre (550-550 m)			Dağılma evresi (550-2100 m)		
Saatler: UTC	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre	Başlangıç saati	Bitiş saati	Geçen süre
23.12.2023	03:45	04:38	53	04:38	06:26	108	06:26	07:25	59
	21:52	22:05	13	22:05	22:28	23	22:28	23:25	57
24.12.2023	20:15	20:40	25	20:40	22:24	104	22:24	22:55	31
	22:55	23:24	29	23:24	01:58	154	01:58	04:45	167
CAT II-350m									
24.12.2023	20:15	20:57	42	20:57	21:54	57	21:54	22:55	61

Batman, Mardin ve Diyarbakır Havalimanları üzerinde yapılan tüm incelemeler, AYDF grafiğinin %50'si için oluşturulan rüyetografların, %80'e göre olanlara daha uyumlu sonuçlar sağladığını göstermektedir. Kritik evre süreleri daha az sayıda ortaya çıkmıştır; sonuç olarak her sis vakası ayrıntılı bir şekilde incelenerek aylık rüyetograflarla test etmek, daha doğru sonuçlara ulaşmamıza yardımcı olacaktır.

4.8 Frekans Analizi

Frekans analizi, uçuş planlaması yapılırken en uygun saatleri seçerek uçuşların rötara uğramasını, divert ve iptal edilmesini en aza indirmek için havayolu şirketlerine ve hava limanı işletmecilerine rehberlik edebilmektedir. Bu tez kapsamında 2015-2023 yılları kışım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I kategorisi baz alınarak görüşün 550m altında olduğu kritik evre süresi dakika cinsinden belirlenip frekans analizi yapılarak, uçağın inemediği saat dilimleri içerisinde riskli saatler belirlenmiştir. Frekans analizi 24 saatlik bir dilimi kapsamakta olup, 30 dakikalık zaman aralıklarıyla yapılmıştır.

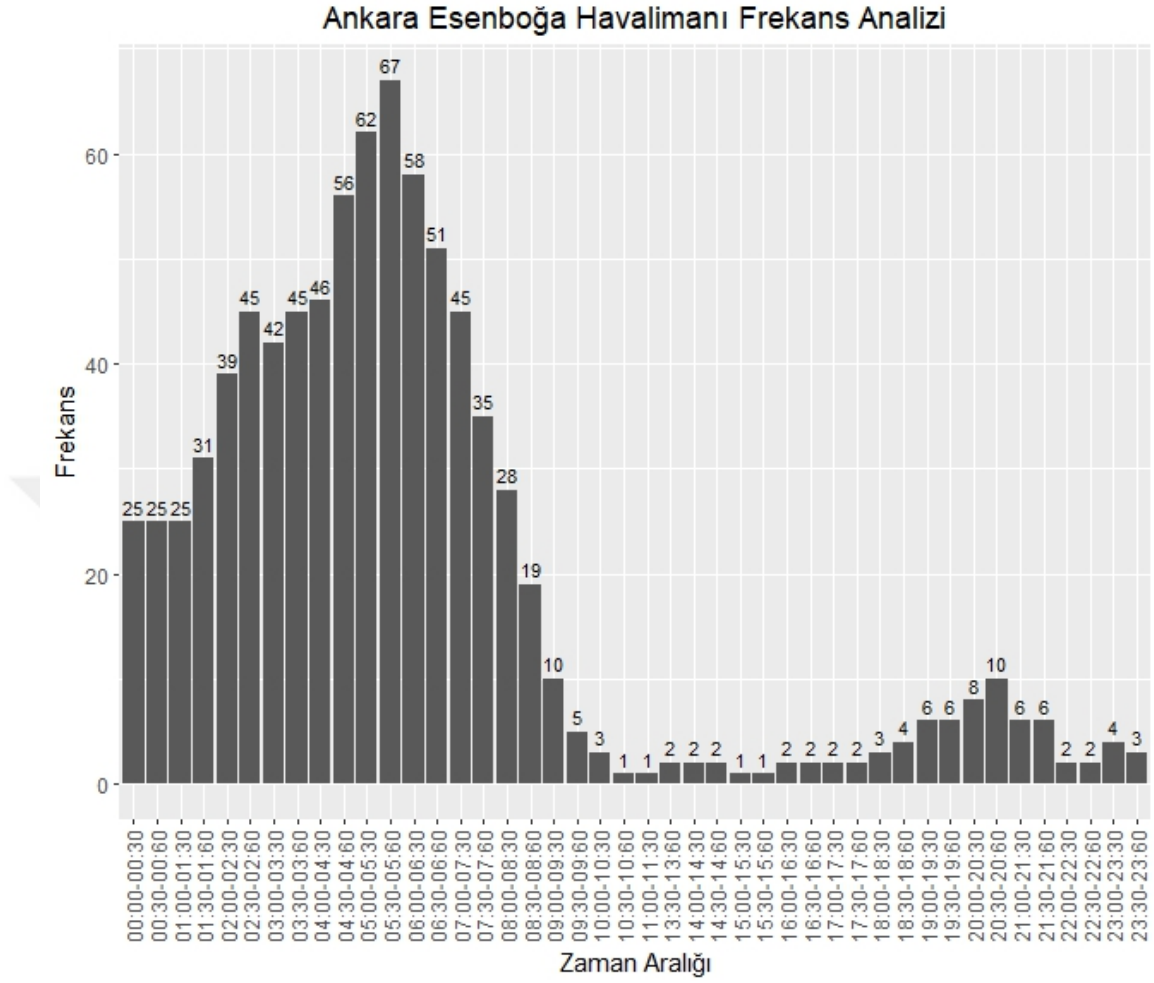
4.8.1 Ankara Esenboğa Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; Ankara Esenboğa Havalimanı için frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.91). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir:

04:30-07:00 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 50'nin üzerinde vaka gözlemlendiğinden ve bu saat dilimi “en riskli” olarak belirlenmiştir.

00:00- 04:30 ve 04:30- 08:30 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 25 ile 50 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları “orta riskli” olarak belirlenmiştir.

08:30- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 25 vaka altında kalmıştır. Bu zaman dilimi “az riskli” olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.91 : Ankara Esenboğa Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

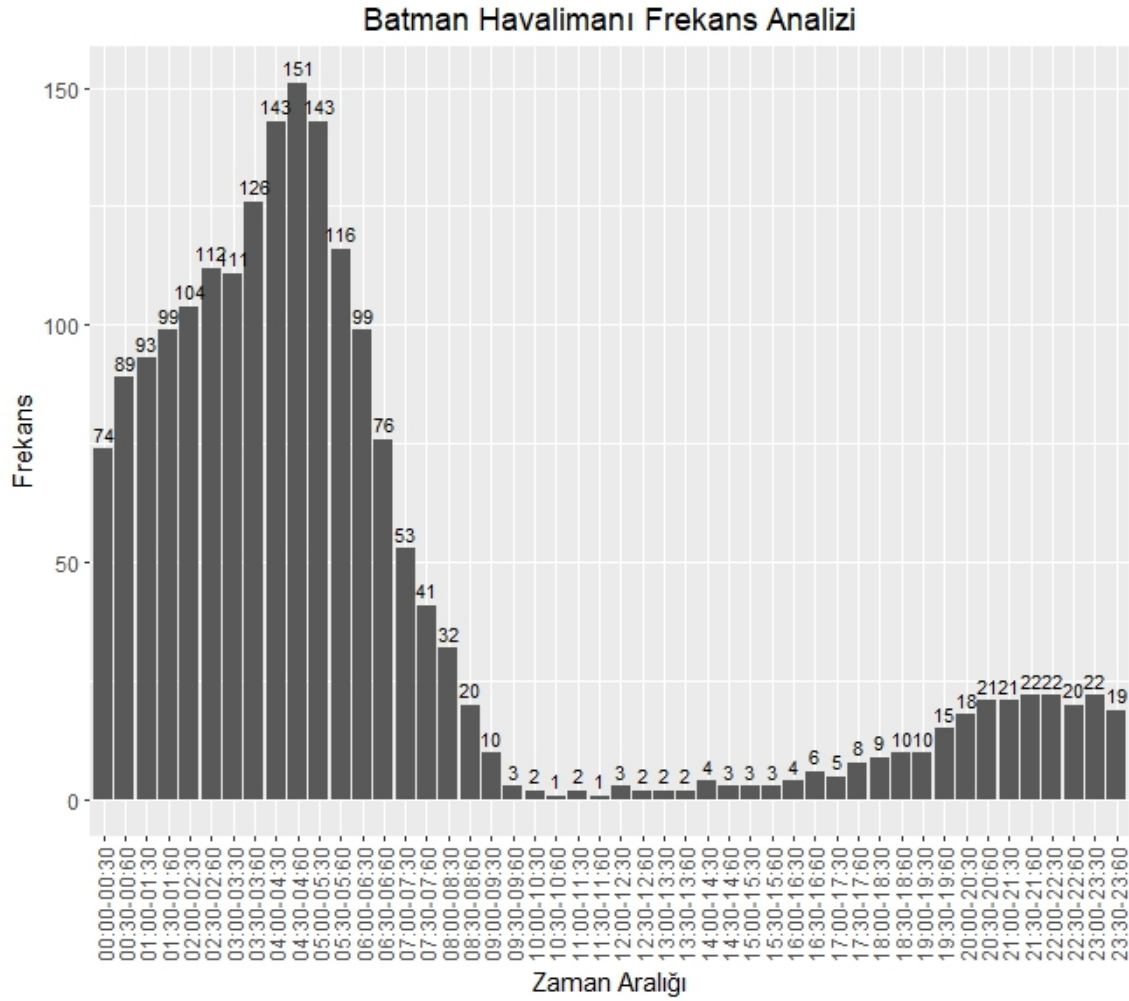
4.8.2 Batman Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; Batman Havalimanı için frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.92). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir:

02:00-06:00 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 100’ün üzerinde vaka gözlemlendiğinden bu saat dilimi “en riskli” olarak belirlenmiştir.

00:00- 02:00 ve 06:00- 07:30 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 50 ile 100 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları “orta riskli” olarak belirlenmiştir.

07:30- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 50 vaka altında kalmıştır. Bu zaman dilimi “az riskli” olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.92 : Batman Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

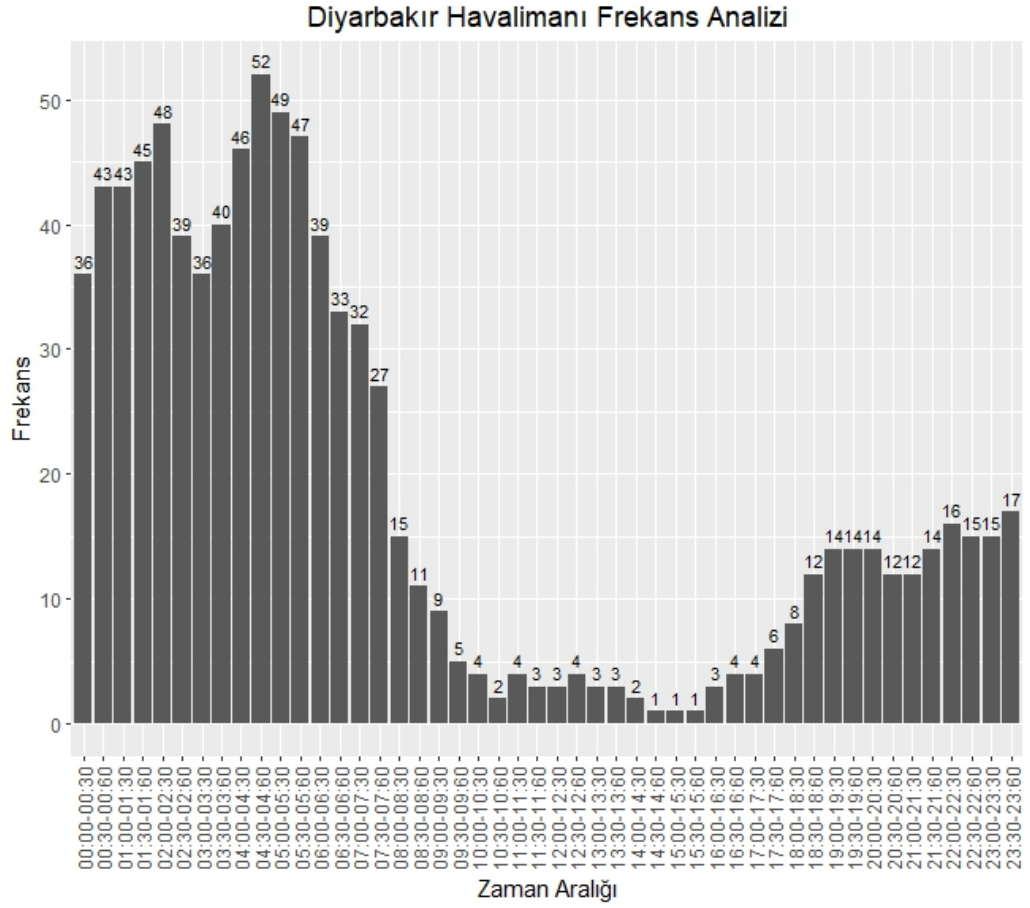
4.8.3 Diyarbakır Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; Diyarbakır Havalimanı için frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.93). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir:

00:00-06:30 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 35'in üzerinde vaka gözlemlendiğinden ve bu saat dilimi "en riskli" olarak belirlenmiştir.

06:30- 08:00 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 25 ile 35 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları "orta riskli" olarak belirlenmiştir.

08:00- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 25 vaka altında kalmıştır. Bu zaman dilimi "az riskli" olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.93 : Diyarbakır Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

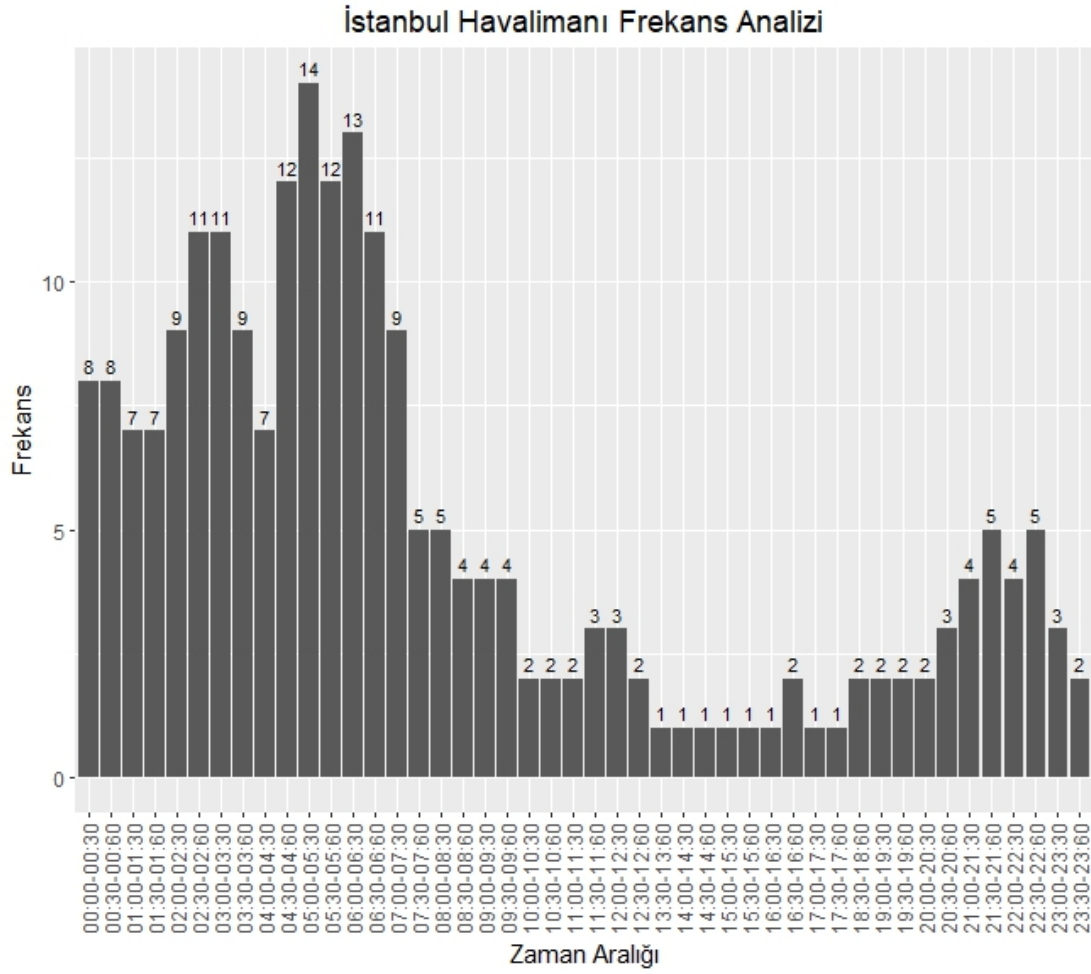
4.8.4 İstanbul Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; İstanbul Havalimanı için 2018-2023 yılları arası frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.94). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir.

02:30-03:30 ve 04:30-07:00 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 10’ün üzerinde vaka gözlemlendiğinden bu saat dilimi “en riskli” olarak belirlenmiştir.

00:00- 02:30 ve 03:30- 04:30 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 5 ile 10 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları “orta riskli” olarak belirlenmiştir.

07:30- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 5 vaka ve altında kalmıştır. Bu zaman dilimi “az riskli” olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.94 : İstanbul Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

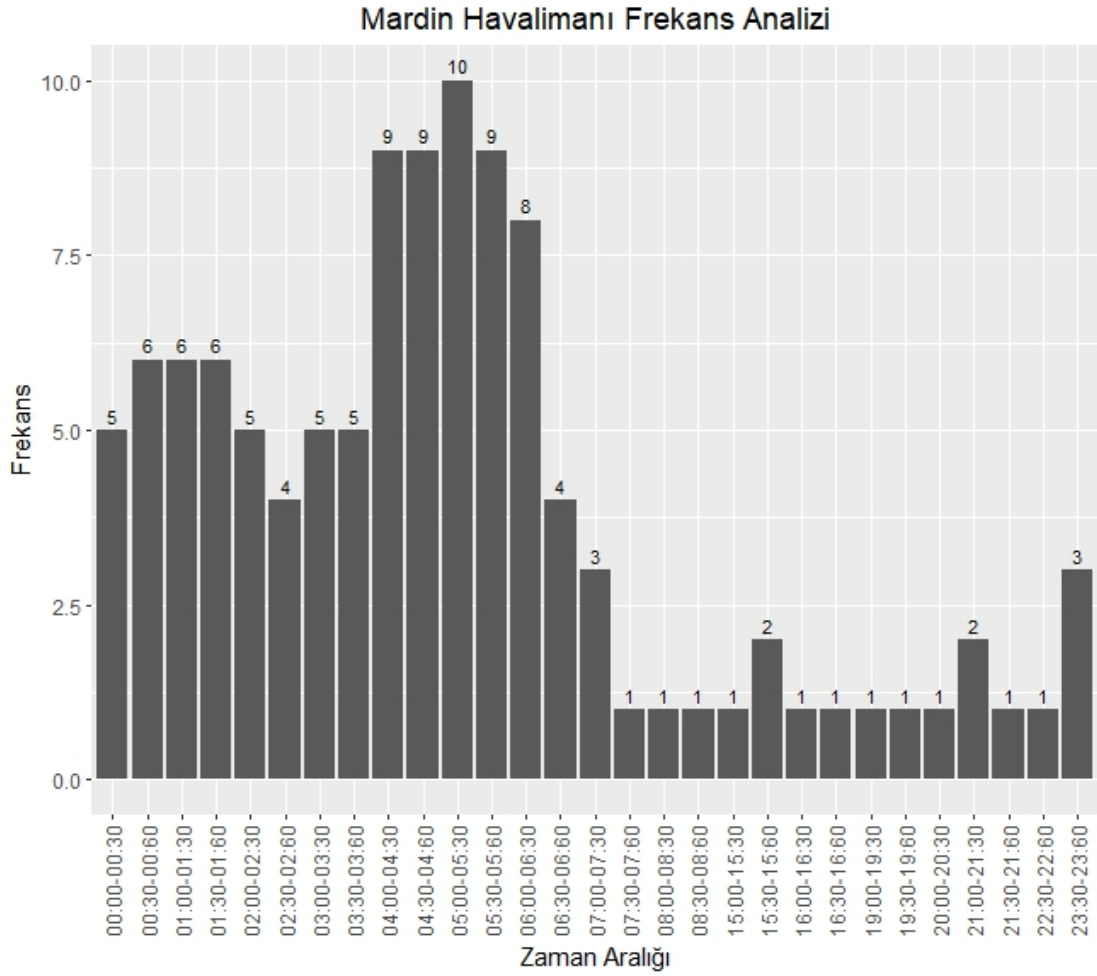
4.8.5 Mardin Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; Mardin Havalimanı için frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.95). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir:

04:00-06:30 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 7'nin üzerinde vaka gözlemlendiğinden ve bu saat dilimi “en riskli” olarak belirlenmiştir.

00:00- 04:00 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 4 ile 7 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları “orta riskli” olarak belirlenmiştir.

07:00- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 4 vaka altında kalmıştır. Bu zaman dilimi “az riskli” olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.95 : Mardin Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

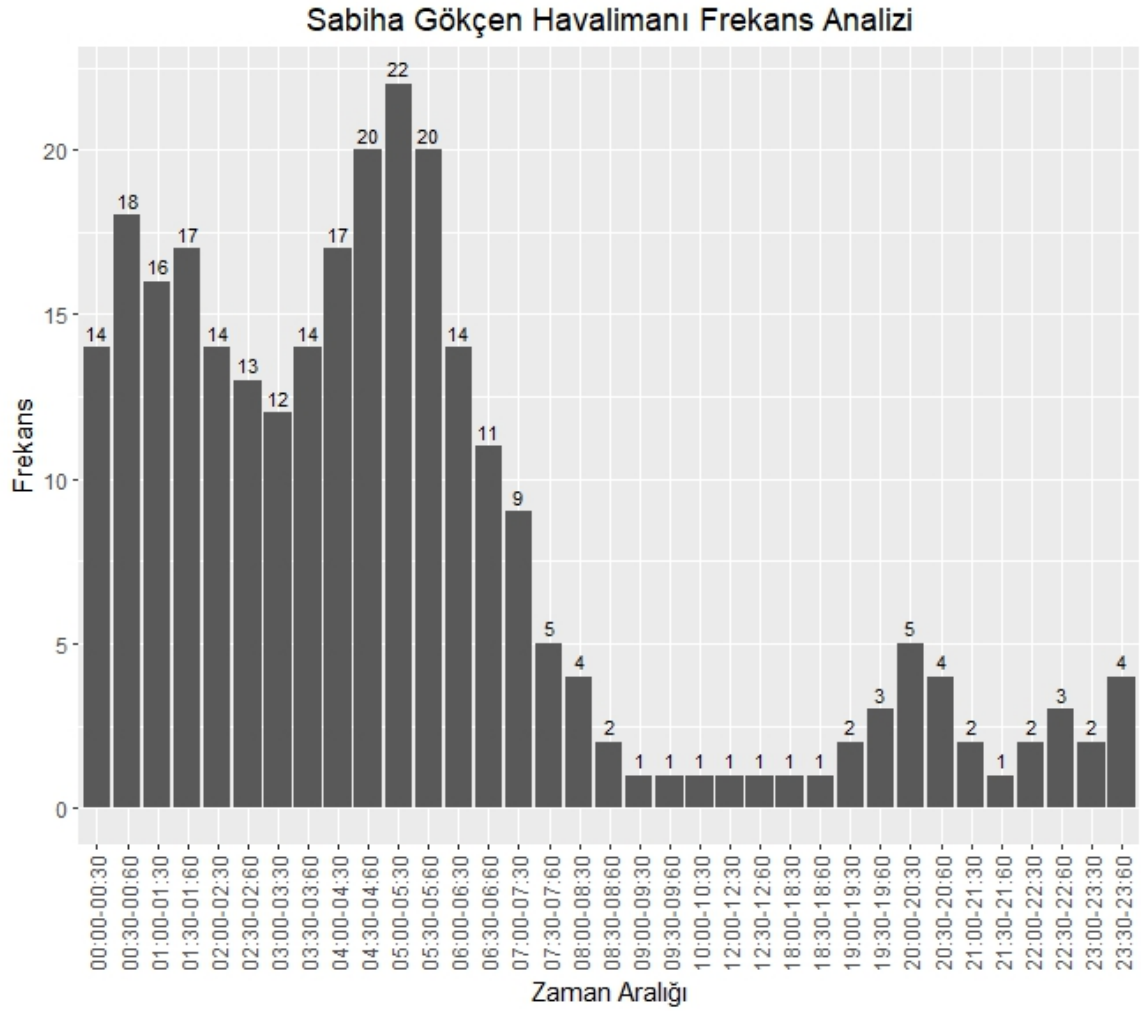
4.8.6 İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı frekans analizi

Bu belirlemelere göre; İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı için frekans analizi oluşturulmuştur (Şekil 4.96). Bu analize göre, frekans dağılımında belirgin bir değişkenlik gözlenmektedir:

00:30-02:00 ve 04:00-06:00 (UTC) saatleri arasında, her frekansta 15’in üzerinde vaka gözlemlendiğinden bu saat dilimi “en riskli” olarak belirlenmiştir.

02:00- 04:00 ve 06:00- 07:30 (UTC) saatleri aralıkları incelendiğinde; vaka sayıları, 5 ile 15 vaka aralığında olmaktadır. Bu sebeple zaman aralıkları “orta riskli” olarak belirlenmiştir.

07:30- 00:00 (UTC) saatleri arasında ise vaka sayısı her frekansta 5 vaka ve altında kalmıştır. Bu zaman dilimi “az riskli” olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.96 : İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı CAT I kritik evresi için frekans analizi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'nin en büyük üç havalimanı olan İstanbul Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ve Ankara Esenboğa Havalimanı ile Türkiye'de sis hadisesinin sıkça yaşandığı Batman Havalimanı, Diyarbakır Havalimanı ve Meteoroloji Mühendisi olarak çalıştığım Mardin Havalimanı için çeşitli analizler gerçekleştirilerek, yeni bir yaklaşım olarak rüyetografların geliştirilmesi ve uygulanması yapılmıştır.

Oluşturulan rüyetograflar altı havalimanı için 2015-2023 yılları kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için her bir evrenin AYDF ile CAT kategorileri bazında ayrı ayrı incelenmiş ve sonuçları bulunmuştur.

Ankara Esenboğa Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle, elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 45 dakika, kritik evrenin 103 dakika ve dağılma evresinin 47 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 195 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 117 dakika, kritik evrenin 352 dakika ve dağılma evresinin 124 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 593 dakika olarak belirlenmiştir. CAT I kategorisinde genellikle dağılımın %50 ile %80'inin başlangıç evresi ve dağılma evresi süreleri kendi dağılımı içinde benzerlik göstermektedir.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle, elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 76 dakika, kritik evrenin 80 dakika ve dağılma evresinin 56 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 212 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 188 dakika, kritik evrenin 275 dakika ve dağılma evresinin 133 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 596 dakika olarak belirlenmiştir. Bu sebeple CAT II evresinde her iki dağılımda da başlangıç evresi dağılma evresine göre daha uzun sürede tamamlanmaktadır.

CAT III evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 176 dakika, kritik evrenin 75 dakika ve dağılma evresinin 81 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 332 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 305 dakika, kritik evrenin 159 dakika ve dağılma evresinin 177 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 641 dakika olarak belirlenmiştir. CAT III evresinde her iki dağılımda da başlangıç evrelerinin dağılma evrelerinden büyük farklarla daha uzun sürdüğü belirlenmiştir.

Ankara Esenboğa Havalimanı örneğinde, CAT kategorileri sınırlarına göre sis hadisesinin yaşandığı günler belirlenmiş olduğunda; kritik evre sürelerinin CAT I kategorisinde CAT II kategorisinden dakika cinsinden daha düşük olduğu sonucu ortaya çıkmaktaydı. Ancak CAT II kategorisi sınırına inen her sis hadisesi CAT I kategorisini de kapsadığından, CAT II kritik evre süresinin daha düşük çıkması gerekir. CAT I kategorisi vaka sayıları CAT II kategorisinden daha fazla olduğundan vaka sayılarını eşitlemek amacıyla CAT II kritik evresi sınırına ulaşmayan sis hadiseleri için CAT II kritik evre süresi sıfır dakika olarak kabul edilip verilere dahil edilmiştir.

Yapılan bu analizlerle; mevcut durumda CAT III kategorisine sahip olan Ankara Esenboğa Havalimanı'nda, sis hadisesi yaşanan günlerin genellikle başlangıç evreleri dağılma evrelerinden daha uzun sürdüğü sonucuna varılmıştır. CAT II ve CAT III kategorilerinde dağılımın %50'sinin kritik evreleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmıştır. Ankara Esenboğa Havalimanı'nda karasallığın etkisi, deniz etkisine kapalı olması ve kışın meydana gelen düşük sıcaklıklar sebebiyle genellikle radyasyon sisi oluşmaktadır. Bu sebeple; gece oluşan sıcaklık farkının düşük olması başlangıç evresinin uzun sürmesine ve sabah saatlerinde sıcaklığın hızla yükselmesi (sıcaklık farkının fazla olması) dağılma evresinin kısa süre içinde sonuçlanmasına sebep olmuştur. Bu durum tez kapsamında yapılan çalışmayı destekler şekilde sonuçlanmıştır.

Batman Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 32 dakika, kritik evrenin 120 dakika ve dağılma evresinin 34 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 186 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 68 dakika, kritik evrenin 333 dakika ve dağılma evresinin 95 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 496 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %50'sinde başlangıç ve dağılma evreleri oldukça birbirine yakın süreler olmaktadır. Ancak dağılımın %80'inde başlangıç ve dağılma evreleri benzerlik göstermemektedir. CAT I kategorisine sahip olan Batman Havalimanında, sis hadisesinin kısa süre içerisinde başlayıp, sis hadisesi yaşanan günlerin genellikle başlangıç evreleri dağılma evrelerinden daha kısa sürdüğü sonucuna varılmıştır.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 78 dakika, kritik evrenin 80 dakika ve dağılma evresinin 56 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 214 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 212 dakika, kritik evrenin 160 dakika ve dağılma evresinin 126 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 498 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT III evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 316 dakika, kritik evrenin 43 dakika ve dağılma evresinin 108 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 467 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 473 dakika, kritik evrenin 145 dakika ve dağılma evresinin 211 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 829 dakika olarak belirlenmiştir.

Çalışılan altı havalimanı içerisinde, kritik evre süresinin en fazla olduğu il Batmandır. Kış mevsimindeki aşırı düşük sıcaklıklar ve havalimanının konumu bunda büyük rol oynamaktadır. Batman çayının Batman havalimanının kenarından geçiyor olması bu bölgede genellikle adveksiyon sisi oluşumuna neden olmaktadır. Bu sebeple

adveksiyon sisinin bir özelliği, günün her saati oluşabilmekte ve olduğu bölgede uzun süreler kalabilmektedir. Ayrıca Batman hava kirliliğinin en çok yaşandığı ildir. Bu kirliliğin etkisiyle; oluşan sis hadisesi içerisinde toz ve kir partükülleri bulunabilmekte ve sis hadisesinin etkisi daha uzun süre yaşanabilmektedir.

Mardin Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 14 dakika, kritik evrenin 91 dakika ve dağılma evresinin 40 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 145 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 45 dakika, kritik evrenin 136 dakika ve dağılma evresinin 71 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 252 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 36 dakika, kritik evrenin 46 dakika ve dağılma evresinin 41 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 123 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 64 dakika, kritik evrenin 79 dakika ve dağılma evresinin 97 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 240 dakika olarak belirlenmiştir.

Bu analizler sonucunda, Mardin Havalimanında sis hadiseleri çok ani bir şekilde CAT kategorileri sınırlarının atına inmektedir. Ayrıca başlangıç evreleri dağılma evrelerinden daha kısa sürmektedir. Bu durum radyasyon sisinin bir özelliğini yansıtmaktadır. Mardin konumu kaynaklı Kızıltepe ovasında olduğundan, radyasyon sisi genelde gece vakti, ova gibi bölgelerde meydana gelmektedir.

Diyarbakır Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 28 dakika, kritik evrenin 51 dakika ve dağılma evresinin 36 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si

için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 115 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 73 dakika, kritik evrenin 213 dakika ve dağılma evresinin 79 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'ni için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 365 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 40 dakika, kritik evrenin 50 dakika ve dağılma evresinin 46 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 136 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 101 dakika, kritik evrenin 350 dakika ve dağılma evresinin 123 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 416 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT III evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 73 dakika, kritik evrenin 45 dakika ve dağılma evresinin 69 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 187 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 229 dakika, kritik evrenin 132 dakika ve dağılma evresinin 184 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 545 dakika olarak belirlenmiştir.

Bu analizler sonucunda, mevcut CAT I kategorisine sahip olan Diyarbakır Havalimanı'nda sis hadiselerinin çok ani bir şekilde CAT I kategori sınırlarının atına indiği belirlenmiştir. Tüm kategorilerde başlangıç ve dağılma evreleri süreleri benzerlik göstermektedir. Diyarbakır Havalimanı'nın yakınından Batman Havalimanı gibi nehir geçmektedir. Bu durum sis hadisesinin ani bir şekilde yaşanmasına sebep olmaktadır.

İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 60 dakika, kritik evrenin 75 dakika ve dağılma evresinin 60 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si

için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 195 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 145 dakika, kritik evrenin 219 dakika ve dağılma evresinin 112 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 476 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 50 dakika, kritik evrenin 64 dakika ve dağılma evresinin 76 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 190 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 147 dakika, kritik evrenin 198 dakika ve dağılma evresinin 112 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 457 dakika olarak belirlenmiştir.

İstanbul Havalimanı, pist görüş mesafesi dağılımının %50 ve %80'i için oluşturulan rüyetograf sonuçlarına göre;

CAT I evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 32 dakika, kritik evrenin 101 dakika ve dağılma evresinin 40 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 173 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 83 dakika, kritik evrenin 190 dakika ve dağılma evresinin 136 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 409 dakika olarak belirlenmiştir.

CAT II evresi baz alınarak yapılan AYDF analiziyle elde ettiğimiz dağılımının %50'sinde başlangıç evresinin 55 dakika, kritik evrenin 51 dakika ve dağılma evresinin 79 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %50'si için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 185 dakika olarak belirlenmiştir. Dağılımın %80'inde de başlangıç evresinin 198 dakika, kritik evrenin 182 dakika ve dağılma evresinin 196 dakika sürdüğü belirlenmiştir. Pist görüş mesafesi dağılımının %80'i için; olası bir sis hadisesinin başlangıcı, devamı ve dağılma süresi toplam 576 dakika olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; İstanbul Havalimanı ve İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı aynı il sınırları içerisinde olmasına rağmen sis hadiseleri bakımından farklılıklar göstermektedir. İstanbul Havalimanı konum olarak Karadeniz kıyısında bulunurken İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Marmara denizine yakın konumda bulunmaktadır. Denize yakınlık her iki havalimanı için sis sürelerinde uzunluğa sebep olmaktadır.

Sabiha Gökçen Havalimanı şehir içinde olduğundan, hava kirliliğinden daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple sis hadisesinin başlangıç evresi, kritik evre ve dağılma evresi İstanbul Havalimanı'na göre daha uzun zaman dilimlerinde olduğu yapılan çalışma ile ortaya konmaktadır.

Diyarbakır Havalimanı ve Batman Havalimanı'nın konum olarak birbirleri ile komşu iller olması ve her iki havalimanı yakınından nehir geçmesi yaşanan sis hadiselerinde benzerlik özellik göstermesine neden olmuştur.

2015-2023 yılları arasında kasım, aralık, ocak ve şubat ayları için CAT I kategorisi baz alınarak görüşün 550 metrenin altında olduğu kritik evre süresi dakika cinsinden hesaplanıp frekans analizi oluşturulmuştur. Frekans analizi yapılırken, 24 saatlik dilimi kapsayan ve 30 dakikalık zaman aralıklarıyla gerçekleştirilen bir değerlendirme sonucunda, uçağın inemediği zaman dilimleri içinde riskli saatleri belirlemiştir.

Bu saatlerin Ankara Esenboğa Havalimanı için 04:30-07:00 (UTC), Batman Havalimanı için 02:00-06:00 (UTC), Diyarbakır Havalimanı için 00:00-06:30 (UTC), İstanbul Havalimanı için 02:30-03:30, Mardin Havalimanı için 04:00-06:30 (UTC), İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı için 00:30-02:00 ve 04:00-06:00 zaman dilimleri olduğu belirlenmiştir. Altı havalimanında da sis hadisesinin yaşandığı riskli saatler yeryüzeyinin soğumaya başladığı saatlerden itibaren güneşin doğuşuna kadar olan zaman dilimi olduğu görülmektedir. Bu duruma aykırı bir hadise görülmemektedir. Elde edilen sonuçlar, operasyonel kararlar alırken riskli saatleri belirlemede önemli bir referans sağlamaktadır. Frekans analizi, havayolu şirketlerine ve hava limanı işletmecilerine rehberlik etmek amacıyla uçuş planlaması sırasında en uygun saatleri seçerek uçuşların rötara uğramasını, divert ve iptal edilmesini en aza indirilmesini amaçlamaktadır.

Havalimanı birim rüyetografları ile görüş mesafesindeki daralmaların analiz edilmesi sonucunda sis olaylarına düşme hızlarının belirlenmesinin, uçuş harekât uzmanlarına

ve havalimanı meteoroloji ofisi personeline sis olaylarının başlama ve dağılma sürelerini tahmin etmelerinde önemli kolaylıklar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu analiz, havalimanlarındaki sis hadisesi klimatolojisinin anlaşılmasının, uçuş operasyonları için yapılan planlamalarda göz önüne alınarak uçuş faaliyetlerinin daha düzenli bir şekilde gerçekleştirilmesine katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, sis tahmin modellerine sis klimatolojisi bilgisi sağlayarak havalimanları için tasarlanan modellerin daha etkili ve doğru olmalarına yardımcı olabileceği şeklinde de değerlendirilmektedir. Analiz, havacılık sektöründeki paydaşlara yönelik optimal operasyonel düzenlemeleri belirleme ve etkili bir planlama yapma imkânı sunar. Bu yaklaşımın uygulanmasıyla, uçuşların daha düzenli ve kesintisiz bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanır, operasyonel verimlilik artar ve potansiyel aksamaların önüne geçilmiş olur.

Sis hadisesi meteorolojideki en karmaşık ve tahmini en güç meteorolojik parametredir. Bu sebeple mevcut modeller ve tahmin sistemleri doğru bir öngörü yapmakta oldukça zorlanmaktadır. En az 30 yıllık veriler incelenirse yeni bir yaklaşım olan rüyetograf modelinin sis hadisesinin karmaşık yapısını çözmede daha faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, meteorolojik koşulların ay bazında değişkenlik gösterdiği göz önüne alındığında, ilerleyen zamanlarda daha fazla veriyle gerçekleştirilecek aylık rüyetograflar daha iyi sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

KAYNAKLAR

- Ahlstrom, U. ve Suss, J.** (2015). Change blindness in pilot perception of METAR symbology. *International Journal of Industrial Ergonomics*
- Ahrens, C. D., & Samson, P. J.** (2010). *Extreme weather and climate*. Cengage Learning
- Akbayır, İ., Yavuz, V., Deniz, A. ve Özdemir, E.T.** (2018). Türkiye'deki Havalimanlarında Meydana Gelen Sis Hadisesinin Zamansal Analizi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 327 – 330.
- Annex-3, ICAO (Annex-3: Meteorological Service for International Air Navigation, International Civil Aviation Organization)**, (2013), Chapter-1, Page 5. Alıntı tarihi: 10/11/2023, alıntı adresi: http://www.icao.int/safety/airnavigation/NationalityMarks/annexes_booklet_en.pdf
- Arbogast, S.** (2016). Aviation Weather Issues- Fog- Part 2: Impact of Fog. Erişim adresi: <https://www.universalweather.com/blog/aviation-weather-issues-fog-part-2-impact-of-fog/>
- Çamalan, G., Yağan, S., Akgün, N.,** (2010). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, “Esenboğa Havalimanı Sis Etüdü” Uluslararası Katılımlı 1. Meteoroloji Sempozyumu, 27-28 Mayıs 2010 Sempozyum Bildiri Kitabı, 317-327.
- Çimen, N., Yağan, Y., & Polatkan, Ö.** (2007). Aeroloji. Ankara: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- DHMİ Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı.** (2021). Annex15 Havacılık Bilgi Hizmetleri Ders Notları.
- Darkot, B.,** 1963, Türkiye İktisadi Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 1001, İktisat Fakültesi Yayınları No:139, İstanbul.
- Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., & Özhan, Ü.** (2008). Klimatolojik Rasat El Kitabı. *DMİ Yayınları*, No: 2008/3.
- Ertas, S. K.** (2018). Aday Hava Trafik Kontrolörleri İçin Havacılık Meteorolojisi Ders Notları. DHMİ Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı, Hava Trafik Müdürlüğü, Ankara.
- EUROCONTROL,** (2021). COVID-19'un EUROCONTROL Üye Devletleri Üzerindeki Etkisi – Türkiye, Alıntı tarihi: 01/11/2023, alıntı adresi: <https://www.eurocontrol.int/publication/covid-19-impact-eurocontrol-member-states-Türkiye>
- EUROCONTROL,** (2023). Alıntı tarihi: 01/11/2023, alıntı adresi: <https://www.eurocontrol.int/our-data>
- FAA (Federal Aviation Administration of United States),** (2016). Pilot's handbook of aeronautical knowledge. New York: Skyhorse Publishing Inc.
- FAA (Federal Aviation Administration, Data & Research, Aviation Forecasts)** (2021). Alıntı tarihi: 01/11/2023, alıntı adresi: https://www.faa.gov/data_research/aviation/taf/

- Guerreiro, P.M.P., Soares, P.M.M., Cardoso, R.M. and Ramos, A.M.** (2020). An Analysis of Fog in the Mainland Portuguese International Airports. *Atmosphere*, 11(11), 1239.
- Havacılık Meteorolojisi Komisyonu,** (2022). *Havacılık Meteorolojisinin Sivil Havacılık Sektöründeki Yeri Ve Önemi*. MMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası.
- Jamison, M., Sahm, S. ve Schlatter, S.** (2009). Relative Short-Range Forecast Impact from Aircraft, Profiler, Radiosonde, VAD, GPS-PW, METAR, and Mesonet Observations via the RUC Hourly Assimilation Cycle, NOAA Lab Colorado, 2009.
- Kadioğlu, M.** (2003). Sis Uçak Kazaları Ve Yaşam. Erişim adresi: https://www.academia.edu/31990796/Sis_u%C3%A7ak_kazalar%C4%B1_ve_ya%C5%9Fam.
- Kadioğlu, Y.** (2007). Trabzon Havalimanı'na Coğrafi Bir Yaklaşım. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (15), 173-190.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), Hezarfen: Havacılık Amaçlı Rutin Hava Raporu (METAR), Havacılık Sayfası (2009).** Erişim adresi: <https://hezarfen.mgm.gov.tr/KodA/BasMetar.aspx>
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü),** (2018). Havacılık Meteorolojisi. Tahminler Dairesi Başkanlığı Havacılık Meteorolojisi Şube Müdürlüğü, Ankara
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü),** (2016). *Havacılık Meteorolojisi Kurs Notları*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Oxford,** (2021). *Meteorology*. Oxford Aviation Academy (UK) Limited.
- Özdemir, E.T.** (2016). Storms and Meteorological Parameters Affecting the Aviation, Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Atmosfer Bilimleri Programı, Ağustos, 2016.
- Sharma, A., & Nanda, A.** (2012). Impulse buying at airport terminals: A case of Indian consumers. *Asian Journal of Management Research*, 3(1), 68-82.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.** (2022). *Faaliyet Raporu 2022*. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- Şahin, A.D. ve Müslüm M.** (2018). havalimanlarında meydana gelen sis olaylarının oluşum mekanizmasına göre sınıflandırılması ve zamansal dağılımının incelenmesi ve atatürk havalimanı rüyetografinin elde edilmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul.
- Tardif, R. and Rasmussen, R.M.** (2007) Event-based climatology and typology of fog in the New York City region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(8), 1141–1168.
- Tatlı, A.** (2016). Uçuşa Elverişliliğin Meteorolojik Açidan İncelenmesi ve Kısa Vadeli Kestirim Modeli İçin Zaman Serilerinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı: Hasan Polatkan Havalimanı Örneği Yüksek Lisans Tezi. Anadolu

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Havacılık Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı. Eskişehir.

Tümertekin, E., 1987, Ulaşım Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yay. No: 2053, Coğrafya Enstitüsü Yay. No:85, İstanbul.

Van Schalkwyk, L. & Dyson, L.L. (2013). Climatological characteristics of fog at Cape Town International Airport. *Weather and Forecasting*, 28(3), 631–646.

Weston, M., Temimi, M., Burger, R. and Piketh, S. (2021). A fog climatology at Abu Dhabi International Airport. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 60(2), 223–236.

Yavuz, V., & Deniz, A., (2018). *Güvenli Uçuş ve Ekonomik Kayıpların Minimize Edilmesi için İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı'na Ait FOGSİ İndeksi Kullanılarak Sis Analizi*. TUJJB Bilimsel Kongresi (ss.221-224). İzmir, Türkiye

Yıldız O., (2017). Hidroloji. Kırıkkale Üni Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 2016-2017 bahar yarıyılı ders notu.

Zoldoš, M., & Jurković, J. (2016). Fog event climatology for Zagreb Airport. *Hrvatski meteorološki časopis*, 51(51), 13-26.

Url-1 <<https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=sisnedir>>, erişim tarihi 17.09.2023.

Url-2 <<https://skybrary.aero/articles/automated-weather-observing-system-awos>>, erişim tarihi 2.10.2023.

Url-3 <<https://www.keesfloor.nl/weerkunde/7zicht/7zicht.htm>>, erişim tarihi 15.12.2023.

Url-4 <<https://search.r-project.org/CRAN/refmans/distributions3/html/LogNormal.html>>, erişim tarihi 22.11.2023.

Url-5 <<https://library.virginia.edu/data/articles/understanding-empirical-cumulative-distribution-functions>>, erişim tarihi 20.11.2023.

Url-6 <[https://byjus.com/maths/lognormal-distribution/#:~:text=Lognormal%20distribution%20of%20a%20random,X%3Dexp\(Y\).>](https://byjus.com/maths/lognormal-distribution/#:~:text=Lognormal%20distribution%20of%20a%20random,X%3Dexp(Y).>)>, erişim tarihi 20.11.2023.

Url-7 <<https://www.rdocumentation.org/packages/stats/versions/3.6.2/topics/ecdf>>, erişim tarihi 22.11.2023.



EKLER

EK A: Mardin Havalimanı RVR cihazları.

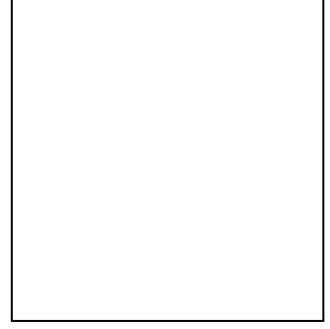


EK A



Şekil A.1 : Mardin Havalimanı RVR cihazları.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Osman TEK

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği