

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI İÇİN UÇAK EMİSYONLARININ
BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KAZIM ÇAĞATAN**

Anabilim Dalı : Meteoroloji Mühendisliği

Programı : Atmosfer Bilimleri YL

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Orhan ŞEN

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI İÇİN UÇAK EMİSYONLARININ
BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kazım ÇAĞATAN
511091009**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan Şen (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof Dr. Mikdat Kadioğlu
Y. Doç Dr. Hayri Acar**

HAZİRAN 2011

Aileme,

ÖNSÖZ

Hava kirliliği, doğal olarak havada bulunmayan maddelerin havanın bileşimine eklenmesi ya da olağan koşullarda çok az bulunan maddelerin aşırı ölçüde bulunması sonucunda insan sağlığını; hayvan ve bitki yaşamını tehlikeye sokan ve zarar veren durumudur.

İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatını olumsuz yönde etkilenmektedir. Bir başka deyişle, gelişen sanayi ile gerek üretimde, gerek ulaşımda gerekse ısınma kaynaklı yakıt ve benzerlerinin yanması sonucu atmosfere kirleticiler verilmektedir.

Hava taşımacılığı gelişen sektörler arasında yerini almıştır. Bu sektöre talep neticesinde uçaklardan kaynaklanan kirleticiler emisyonları da yıllar içinde artış göstereceği düşünülmektedir. Bu araştırmada uçaklardan atmosfere verilen ana kirleticilerin (karbondioksit (CO_2), azot oksitler (NO_x), metan (CH_4) ve metan olmayan uçucu organik bileşikler (VOC-Volatile Organic Compounds), karbon monoksit (CO), kükürt oksitler (SO_x), ve diğer partiküler maddelerin miktarını belirlemektir. Bunun yanında Atatürk Havalimanında bu kirleticiler emisyonlarının neden olduğu çevresel etkilerin saptanması da amaç edinilmiştir.

Bu tezin yazımı sırasında yardımları ve desteklerini üzerimden eksik etmeyen kişilere teşekkür etmek istiyorum. Öncelikle İstanbul'daki eğitim hayatım boyunca karşılıksız sevgi ve destekleri üzerimden eksik etmeyen aileme teşekkür etmek istiyorum. İkinci olarak her zaman yanımda olan ve bana güç veren sevgili arkadaşlarıma çok teşekkür etmek istiyorum.

Son olarak, bu projenin yazılması sırasında yardımlarını, sabrını ve anlayışını üzerimden eksik etmeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Orhan Şen'e teşekkür ederim.

Haziran 2011

Kazım Çağatan

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş.....	1
1.1 Atmosfer, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği	3
1.2. Hava Kirliliği Kaynakları.....	5
1.2.1. Doğa aktiviteleri sonucu oluşan kirliliğin kaynakları	5
1.2.2. İnsan aktiviteleri sonucu oluşan kirliliğin kaynakları	5
1.2.2.1. Çizgisel kaynaklar	6
1.2.2.2. Alansal kaynaklar	6
1.2.2.3. Noktasal kaynaklar	7
1.3. Atmosferin Kararlılığı ve Kirleticilerin Taşınımı	7
2. SERA GAZI EMİSYONLARI VE GAZ PARTİKÜLLERİ YAPISI	9
2.1. Sera Gazı Emisyonları.....	9
2.2. Partiküllerin ve Gazların Özellikleri	10
2.2.1. Karbon monoksit gazı (CO):	10
2.2.2. Karbon dioksit gazı (CO ₂):.....	11
2.2.3. Metan gazı (CH ₄):	12
2.2.4. Hidrokarbonlar (HC):	12
2.2.5. Azot ve azotlu bileşikler (NO _x):.....	13
2.2.6. Kükürt ve kükürtlü bileşikler (SO _x):	14
2.2.7. Su buharı (H ₂ O):.....	14
2.2.8. Havada asılı olarak bulunan tanecikler (Aerosoller-PM):.....	15
2.2.9 Metan haricindeki uçucu organik bileşikler (NMVOC).....	16
2.3 CO ₂ Eşdeğeri Hesaplaması.....	16
2.4. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)	17
3. HAVA TAŞIMACILIĞI VE ÇEVRESEL ETKİLER	19
3.1. Sivil Havacılık.....	19
3.1.1 Dünyada sivil havacılık ve gelişimi	21
3.1.2 Türk sivil havacılık ve gelişimi	22
3.1.3. Türkiye havacılık kurumları	24
3.1.3.1. Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.....	25
3.1.3.2 Devlet Havaalanları İşletmesi Genel Müdürlüğü.....	25
3.1.3.3. Demiryolları, Limanlar ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü ..	26
3.1.3.4. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.....	26
3.1.3.5. Diğer kurum ve kuruluşlar	27
3.1.4. Sivil havayolu işletmeleri.....	27

3.1.5. Uçaklar için jet motorları.....	36
3.2. Çevresel Etkiler	37
3.2.1. Ses kirliliği.....	39
3.2.2. Hava kirliliği.....	42
3.2.3. Su ve toprak kirliliği.....	47
4. HAVALİMANLARI VE İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI	49
4.1. Havaalanları ve Sınıflandırılması	49
4.1.1. Havalimanlarının sınıflandırılması	49
4.1.1.1. Askeri havaalanları	50
4.1.1.2. Sivil havaalanları	50
4.1.2. FAA' ya göre havaalanlarının sınıflandırılması	50
4.2. Dünya Havalimanları.....	53
4.3. İstanbul Atatürk Havalimanı	58
4.3.1 İstanbul Atatürk Havalimanı çevresindeki hakim rüzgar analizi	61
4.3.2. Atatürk Havalimanı pist kullanım dağılımları.....	62
5. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE METOD	65
5.1. IPCC Metodolojisi.....	65
5.2. LTO Çevrimi Emisyonları.....	68
5.3. IPCC Terminolojisine Göre İstanbul Atatürk Havalimanı Emisyon Analizi..	70
6. ÖZEL DURUM ÇALIŞMALARI VE ANALİZLERİ.....	87
6.1. Özel Durum Çalışması 06.10.2009-07.10.2009	87
6.2. Özel Durum Çalışması 29.09.2009-30.09.2009	91
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	97
EKLER.....	103

KISALTMALAR

DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DLH	: Demir Yolları Limanlar ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ECAC	: Avrupa Sivil Havacılık Konferansı
EPA	: Environmental Protection Agency
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu
İDKK	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
IPCC	: Devletler Arası İklim Değişikliği
JAA	: Havacılık Otoriteleri Birliği
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
THY	: Türk Hava Yolları
TSHK	: Türk Sivil Havacılık Kurumu
WHO	: Dünya Meteoroloji Teşkilatı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Bazı gazların küresel ısınma faktörleri (GWP) ve atmosfer ömürleri...	18
Çizelge 3.1: Hava işletmeleri isimleri ve sahip olduğu uçak sayıları.....	30
Çizelge 3.2: TSHK bağlı havayolu şirketleri, uçak çeşitleri ve sayıları.....	31
Çizelge 3.3: 2002-2009 yılları arası taşınan yolcu sayısı.....	32
Çizelge 3.4: Türkiye geneli için iç, dış ve transit hatlarındaki uçakların..... yıllık dağılımları	33
Çizelge 3.5 : Türkiye genelinde ton cinsinden taşınan yük miktarının dağılımı.....	34
Çizelge 3.6: Uçak ve parçalarından çıkan seslerin limitleri.....	41
Çizelge 3.7: Uçak yakıtının yanması sonucu oluşan farklı kirleticilerin..... çevresel etkileri	43
Çizelge 4.1: FAA Havalimanı referans kodları.....	51
Çizelge 4.2: ICAO havalimanı referans kodları.....	52
Çizelge 4.3: 2009 Yılı Yolcu Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları.....	54
Çizelge 4.4: 2009 Yılı LTO Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları.....	56
Çizelge 4.5: 2009 yılı içinde kullanılan pistler ve oranları.....	63
Çizelge 5.1: Farklı uçak tipleri için LTO emisyon faktörleri (IPCC, 1997).....	68
Çizelge 5.2: 2007-2010 yılları arası Atatürk Havaalanına İniş-Kalkış yapan..... uçak sayıları	71
Çizelge 5.3: 2007-2010 Atatürk Uluslararası Havalimanı uçak sefer sayıları.....	72
Çizelge 5.4: 2009 yılı Atatürk Havalimanı aylık uçak sefer sayıları.....	73
Çizelge 5.5: Atatürk Uluslararası Havalimanı için günlük ortalama uçak..... sayıları dağılımları	74
Çizelge 5.6: 2009 yılı verileri arasındaki yüzdelik fark çizelgesi.....	76
Çizelge 5.7: Harcanan yakıtın iç hat-dış hat yıllık dağılımı.....	77
Çizelge 5.8: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen yaklaşık N ₂ O..... ve CH ₄ emisyonlarının CO ₂ eşdeğeri cinsinden ton olarak değerleri	78
Çizelge: 5.9: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen emisyonların yaklaşık değerleri	80
Çizelge 5.10: NO _x , SO ₂ ve CO emisyonlarının iç hat-dış hat olarak dağılımı.....	81
Çizelge 5.11: Uçaklardan kaynaklanan emisyonların iç hat-dış hat olarak..... yıllık dağılımı	82
Çizelge 5.12: 2009 yılı aylık emisyon değerleri ve yakıt tüketimi.....	84
Çizelge 5.13: Genel Karşılaştırma.....	86
Çizelge 6.1: 06-07 Ekim 2009 saatlik emisyon rüzgar ve uçak sayısı verileri.....	88
Çizelge 6.2: 29-30 Eylül 2009 saatlik emisyon rüzgar ve uçak sayısı verileri.....	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Türk hava işletmesi uçak sayısının yıllık değişimi.....	29
Şekil 3.2: 2002-2009 yılları arası taşınan yolcu sayısı.....	33
Şekil 3.3: Türkiye geneli için iç, dış ve transit hatlardaki uçakların yıllık dağılımlarının	34
Şekil 3.4: Türkiye genelinde ton cinsinden taşınan yük miktarının dağılımı.....	35
Şekil 3.5: Jet motoru profili.....	36
Şekil 3.6: Jet motorunun kesiti.....	37
Şekil 3.7: Ticari uçaklardan kaynaklanan ses kirliliğinin 50 yıldaki değişimi.....	39
Şekil 3.8: ICAO ve ECAC Havaalanlarındaki Uçak Gürültü Seviyeleri	40
Şekil 3.9: Uçak ve parçalarından çıkan seslerin limitleri.....	41
Şekil 3.10: Motor emisyonları.....	44
Şekil 4.1: Atatürk Uluslararası Havalimanı üstten görünümü.....	60
Şekil 4.2: Atatürk Havalimanı hakim rüzgar yönünü.....	61
Şekil 4.3: Atatürk Havalimanı hakim rüzgar yönünün bir başka gösterimi.....	61
Şekil 4.4: Atatürk Uluslararası Havalimanı rüzgar şiddeti.....	62
Şekil 4.5: Atatürk Havalimanı pist ve pist numaralarının gösterimi.....	62
Şekil 5.1: LTO çevrimi.....	67
Şekil 5.2: 2007-2010 yılları arası Atatürk Havaalanına İniş-Kalkış..... yapan uçak sayıları	72
Şekil 5.3: 2007-2010 Atatürk Uluslararası Havalimanı uçak sefer sayıları.....	73
Şekil 5.4: 2009 yılı Atatürk Havalimanı aylık uçak sefer sayıları.....	74
Şekil 5.5: Uçak sayılarının günlük dağılımı.....	75
Şekil 5.6: Uçak sayılarının yıllık dağılımı.....	75
Şekil 5.7: Harcanan yakıtın iç hat-dış hat ve toplam olarak yıllık dağılımı.....	77
Şekil 5.8: LTO seviyesi içerisinde harcanan yakıtın iç hat-dış hat aylık dağılımı....	78
Şekil 5.9: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen yaklaşık N ₂ O ve CH ₄ emisyonlarının CO ₂ eşdeğeri cinsinden değerlerinin gösterimi	79
Şekil 5.10: İç ve dış hatlar için atmosfere verilen yaklaşık N ₂ O ve CH ₄ emisyonlarının CO ₂ eşdeğeri cinsinden aylık gösterimi	79
Şekil 5.11 : CO ₂ eşdeğeri cinsinden iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı.....	80
Şekil 5.12: NO _x , SO ₂ ve CO emisyonlarının iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı...81	
Şekil 5.13: NO _x ile SO ₂ emisyonlarının iç hat-dış hat olarak aylık dağılımı.....	82
Şekil 5.14: Atatürk Havalimanı için emisyonların 4 yıllık değişimi.....	83
Şekil 5.15: Atatürk Havalimanı için emisyonların 4 yıllık değişimi.....	83
Şekil 5.16: 2009 yılı aylık emisyon değerleri ve yakıt tüketimi.....	84
Şekil 5.17: 2009 yılı aylık emisyon değerlerinin aylık olarak salınımı.....	85
Şekil 6.1: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik rüzgar şiddeti.....	89
Şekil 6.2: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik rüzgar yönü.....	89
Şekil 6.3: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik uçak adeti.....	89
Şekil 6.4: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için emisyonların saatlik değişimi.....	90
Şekil 6.5: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik rüzgar şiddeti.....	92
Şekil 6.6: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik rüzgar yönü.....	92
Şekil 6.7: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik uçak adeti.....	92
Şekil 6.8: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için emisyonların saatlik değişimi.....	93

İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI İÇİN UÇAK EMİSYONLARININ BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

ÖZET

İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının miktarı sanayi devriminden günümüze hızla artmaktadır. Sera gazları, ısı tutma kapasiteleri nedeniyle küresel ısınmaya neden olmaktadır. Antropojenik sera gazı üretiminde önemli bir pay ulaştırma sektörüne aittir.

Bu çalışmada, İstanbul Atatürk Havalimanında uçaklardan kaynaklanan sera gazı emisyonları belirlenmiştir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmaktadır. Ulaştırma sektörü nedeniyle açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ gazlarının analizi üzerinde durulmaktadır. CO₂ dışında, NO_x, CO, CH₄, NMVOC, N₂O ve SO₂ gazları da hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda bütün sera gazı emisyonlarında ve özellikle yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir.

Son yıllarda gelişen havacılık ile birlikte artan uçak ve sefer sayısı da hava kirliliğinin diğer bir nedenidir. Uçakların uçuş esnasında yukarı atmosfere bıraktığı kirleticiler yanında, kalkış, iniş ve taksi sırasında harcadığı yakıtlardan dolayı havalimanı civarlarına da ciddi miktarda emisyon bırakmaktadırlar. Uçakların atmosfere yaydığı en temel kirletici karbondioksit (CO₂) olmakla birlikte, azot oksitler (NO_x), su buharı, karbon monoksit (CO), kükürt oksitler (SO_x), kurum ve diğer partiküler maddeler de diğer başlıca kirleticilerdir. Türkiye'nin en yoğun hava trafiğine sahip olan Atatürk Havalimanı civarında uçaklardan kaynaklanan kirlilik konsantrasyonu önemlidir. Ayrıca Atatürk Havalimanı yerleşim bölgelerine çok yakın olmasından dolayı buradaki kirleticilerin insan sağlığına ve yaşamına da doğrudan etkisi vardır. Bu çalışmada Atatürk Havalimanı 2009 yılı uçak sayı ve tiplerinin mevcut olduğu veriler kullanılarak yapılan analizler sonucunda, uçakların iniş, kalkış ve taksi esnasında atmosfere bıraktıkları potansiyel kirletici miktarları hesaplanmıştır.

DETERMINATION OF AIRCRAFT EMISSION OF ISTANBUL ATATÜRK AIRPORT AND ITS ENVIRONMENTAL EFFECTS

SUMMARY

The amount of greenhouse gases in the Earth's atmosphere has increased since the Industrial Revolution as a result of human activities. Greenhouse gases cause the global warming due to the capability of heat absorption. Transportation sector has significant effects on anthropogenic production of greenhouse gases.

In this study, the greenhouse gases produced by aircraft in İstanbul Atatürk Airport in Turkey are determined. Greenhouse gas emissions are calculated by using the methodologies explained as Tier approaches which are recommended by the IPCC. Due to the fact that the great amount of greenhouse gases produced by transportation sector is CO₂ emissions, this study focuses on the analysis of the CO₂ emissions. Besides CO₂, some other gases such as NO_x, CO, CH₄, NMVOC, N₂O and SO₂ are calculated.

As a result of the calculations, it is observed that the amount of all the greenhouse gases has increased, especially the amount of CO₂ emissions has increased rapidly due to the increase in total fuel consumption.

While airplanes are on their way, many pollutants are released to the upper atmosphere. Besides, they release many more pollutants around the airports, as they take-off, land and taxi. The primary pollutant that is released from aircrafts is carbon dioxide (CO₂). Nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), water vapor, sulfur oxides (SO_x), ashes and particles are also pollutants that get out of exhausts of airplanes. Big rates of pollutants caused by air transportation in Turkey can be observed especially around İstanbul Atatürk Airport which has the busiest air traffic in the country. In addition, air polluted by airplanes around Atatürk Airport is so harmful for health, because of its place which is likely to be in the middle of living areas of people. As a result of investigations made by the data of aircraft numbers in year 2009, it is estimated that millions of kilograms of pollutants have been released to the atmosphere around Atatürk Airport while landing, take-off and taxi.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş

İklim sistemi, yerkürenin yaklaşık 4.5 milyar yıllık jeolojik tarihi boyunca tüm zaman ölçeklerinde değişme eğilimi göstermiştir ve bir çok kez farklı doğrultularda bu değişimler gerçekleşmiştir. Son araştırma sonuçlarına göre, küresel ortalama sıcaklıkların geçen 10000 yıldaki herhangi bir yüzyılda 1°C'den daha fazla değişmesi olasılığı üzerinde pek durulmamıştır. Bu dönemde, atmosferdeki CO₂ birikimi yaklaşık 280±10 ppm dolaylarında değişen bir dalgalanma göstermiştir.

Ancak 19. yüzyılın ortalarında gerçekleşen sanayi devriminden itibaren, iklimdeki doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. Bu dönemde özellikle fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda, atmosferdeki sera gazı mevcut durumuna ek olarak hızla bir artış göstermiştir.

Sonuçta, küresel ortalama hava sıcaklıklarına bakıldığında zaman geçen yüzyılda 0.4 ile 0.8°C arasında bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış insan kaynaklı oluşunun sonucu olarak, geçen 1000 yıla kıyasla daha büyük ve dikkat çekici oluşu, dikkatleri sera gazlarının artışı üzerine çekmektedir.

Kılıç ve arkadaşlarının (2004) yaptığı bir çalışmada küresel iklimde gözlenen ısınmanın yanı sıra, en gelişmiş iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 döneminde 1.4 ile 5.8°C arasında bir artış olacağını öngörmektedirler. Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak da, hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması gibi dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir.

Yapılan araştırmada, özellikle ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları içinde en büyük paya sahip olan CO₂ üzerinde özellikle durulmuş, bunun dışında NO_x, CH₄, CO, N₂O, SO₂, NMVOC gibi ulaştırma sektörü kaynaklı emisyonların da hesaplamaları yapılmıştır.

Ulaşım, günümüzde insanların yaşamlarında zorunlu ihtiyaçları arasında yer alan ana olgulardan biridir. Çağdaş ulaşım sistemleri olmaksızın yaşamın sürdürülebilmesi düşünülemez. Sağlık, ticaret, seyahat, vb. gereksinimlerin karşılanabilmesi, insanların bir yerden bir yere gitme mecburiyetleri, ulaşım hizmetinden yoksun bir toplum için düşünülemez. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi, bizim ülkemizde de ulaşım hizmetlerinden biri olan havayolu taşımacılığında özellikle son yıllarda büyük bir artış meydana gelmiştir. Havayolu taşımacılığına olan aşırı talep havaalanlarının yetersiz veya hizmet veremez hale gelmesine neden olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, İstanbul' un havayolu ulaşımını sağlayan Atatürk Havaalanı' nın mevcut durumunu, Havacılığın gelişimini, mevcut durumun ne olduğu, uçaklardan kaynaklanan emisyonların ne olduğu ve ne kadar olduğunu, bu emisyonların çevreye etkileri gibi konular incelenmeye çalışılacaktır.

Türkiye'nin ulaştırma sektöründeki havacılıktan kaynaklanan emisyon envanteri hesaplamalarında IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından önerilen yaklaşımlar kullanılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak IPCC Tier 2 yaklaşımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra ise bu emisyonların rüzgar etkisiyle dağılımı ve taşınımı incelenmeye çalışılmıştır.

İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK), Teknik Çalışma Komisyonu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında, iklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, yapılacak çalışmaların daha verimli olabilmesi, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon ve görev dağılımının sağlanması ve bu konuda ülkemizin şartlarına uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi amacıyla çalışmalara 04 Mart 2004 tarihinde 2004/1 sayılı toplantısı ile başlamıştır. Türkiye'de, 24 Mayıs 2004 tarihi itibarıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine 189. taraf olarak katılmıştır. Bu çerçevede ihtiyaç duyulan çalışmaların yapılabilmesi amacıyla alt çalışma grupları oluşturulmuştur. Bu çalışma gruplarından biri de Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubudur. Bu çalışma grubunun koordinatör kurumu Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı olup üyeleri, Çevre ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Üretim A.Ş., üniversiteler ve ilgili özel kurum/kuruluşlardır. 18 Mayıs 2004 tarihinde gerçekleştirilen toplantı ile, emisyon hesaplamalarında IPCC 1996 rehberinde önerilen metodolojinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır. 2010/1 ve 2010/2 de yapılan son toplantılarda ise bu metodolojinin hala geçerli olduğu vurgulanmaktadır (Can ve Baygüven, 2004).

1.1 Atmosfer, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Atmosfer diğer adıyla hava, kalınlığı ortalama olarak 150 km olan ve yer kürenin etrafını saran gaz kütesidir. Renksiz, kokusuz, tatsız, çok hızlı hareket edebilen, akışkan, elastik, sıkıştırılabilir, sonsuz genleşmeye sahip ısı geçirgenliği zayıf ve titreşimleri belli bir hızda ileten bir yapıya sahiptir. Havada bulunan gazları içeriğine bakılırsa, azot, oksijen karbondioksit ve diğer asal gazlardan oluştuğu ve bu gazların miktarının genellikle sabit olduğu görülür. Bunların dışında, su buharı ve ozonun da her zaman atmosferde bulunduğu; fakat miktarlarının zaman zaman değişkenlik gösterdiği görülür. Bu gaz bileşenlerinin oranlarına bakıldığında azot %78.084 oranında, oksijen %20.946 oranında, argon %0.930 oranında ve karbondioksit %0.034 oranında bulunmaktadır. Bu gazların yanında havada her zaman bulunmayan partiküllerin de gerekli koşullar altında bulunduğunu söylenebilir. Hava kirliliği, partiküllerin ve gazların konsantrasyonunun artmasıyla oluşmaktadır ve tüm canlıların sağlığını ve çevreyi olumsuz etkilemektedir (Şen, 2009).

Bilim adamlarının yaptıkları çalışmalar sonucunda, dünyanın yüzey sıcaklığı geçtiğimiz yüzyılda 0.4°C civarında bir artış gösterdiği saptanmıştır. Son 20 yıllık süreçte ise bu ısınmanın hızında artış görülmüştür. Son 50 yılda meydana gelen ısınmanın büyük kısmının insan faaliyetleri sonucunda oluştuğuna dair yeni ve güçlü kanıtlar bulunmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda, atmosferdeki kimyasal yapı, sera gazları üretecek şekilde değişime uğramakta; özellikle karbondioksit, metan ve azotoksit üretimine yol açmaktadır. Dünya ikliminin bu gazlara nasıl tepki verdiği konusunda belirsizlikler bulunmasına rağmen, bu gazların ısı tutma özellikleri bilinmektedir.

Güneşten gelen enerji, atmosferden geçerek dünyanın yüzeyini ısıtır; buna karşılık, yerküre bu enerjinin bir kısmını uzaya geri yayar. Atmosferde bulunan sera gazları (su buharı, karbondioksit, ve diğer gazlar) bu geri gönderilen enerjinin bir kısmını hapseder. Bu doğal sera etkisi olmasaydı, sıcaklıklar şu anda olduğundan 33 °C daha düşük olurdu ve şu anki yaşam mümkün olmazdı. Sera gazları sayesinde dünyanın ortalama sıcaklığı daha yaşanabilir bir seviyede 16°C civarındadır. Ancak, sera gazlarının atmosferdeki oranının artması problemler doğuracaktır. Sanayi devriminin başlarından itibaren, atmosferdeki CO₂ oranı %30 artmış, CH₄ oranı iki katından fazla artmış, N₂O oranı ise %15 kadar yükselmiştir. Bu gazların artışı, atmosferin ısı tutma yeteneğini de arttırmıştır (Şen, 2009).

Hava kirliliğinde önemli bir sebep olan sülfat aerosollerini güneş ışığını uzaya geri yansıtarak atmosferin soğumasını sağlamaktadır; fakat, sülfat atmosferde kısa süre kalır ve bölgesel

olarak değişir. Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni uzmanlar tarafından şu şekilde belirtilmektedir. Karbondioksit oranının artışında temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve diğer insan faaliyetleridir. Bitkilerin solunumu sonucu ve organik maddelerin yapısal değişiklikleri sonucu, insan faaliyetleri sonucunda üretilen CO₂ miktarından 10 kat daha fazla CO₂ üretilmektedir. Ama, bu CO₂ üretimi, bitkilerin fotosentezi ve okyanusların CO₂ depolama yetenekleri sayesinde yüzyıllardır dengede kalmayı başarmıştır; fakat sanayi devriminden itibaren bu denge değişmektedir. Son birkaç yüzyılda değişen ise insan faaliyetleri sonucunda oluşan CO₂ miktarının artmasıdır. Örneğin ABD’de fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan gazlar, toplam ABD CO₂ emisyonunun %98’i, metan emisyonunun %24’ü, NOX emisyonunsa %18’ini oluşurmaktadır (Uğur, 2002).

Gelecekteki emisyon miktarını tahmin etmek kolay değildir; çünkü demografik, ekonomik, teknolojik, siyasi ve kurumsal gelişmelere bağlıdır. Bu bahsedilen faktörlerin ön plana alınmasıyla çok çeşitli projeksiyonlar geliştirilmektedir. Örneğin, 2100 yılında, emisyon kontrol kanunları olmaması durumunda, CO₂ emisyonları bugünkü değerin %30-150 katı daha fazla olacağı öngörülmektedir. Bu orandaki değişim diğer faktörlerin değişimine göre en iyi %30 en kötü %150 seviyelerinde olabilir (EPA, 2011).

Küresel ortalama yüzey sıcaklıkları 19. yüzyıldan beri artmaktadır. 20. yüzyıldaki en sıcak 10 yıl ise, yüzyılın son 15 yıllık döneminde yaşanmıştır. Bunların içinde 1998 en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü ve kutup denizindeki yüzen buz miktarı azalmıştır. Küresel olarak deniz seviyesi geçtiğimiz yüzyılda 10-20 cm arasında artmıştır. Tüm dünyada karaya düşen yağış miktarı %1 artmıştır (Kılıç ve ark., 2004).

Sera gazı yoğunluğunun artışı, iklim değişimini de hızlandırmış gibi görünmektedir. Bilim adamları küresel yüzey sıcaklıklarının önümüzdeki 50 yıllık dönemde 0.6-2.5°C, 100 yıllık dönemde ise 1.4-5.8°C artacağını ve bunların bölgesel olarak büyük dalgalanmalar göstereceğini belirtmektedirler. İklimin ısınması sonucunda buharlaşma artacaktır, bunun sonucunda da ortalama küresel yağış miktarı artacaktır. Toprak nemi çoğu bölgede azalma eğilimi gösterirken, güçlü sağanak yağışlar da daha sık yaşanacaktır. Deniz seviyesinde de yükselme meydana gelecektir (EPA, 2011).

1.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğini kaynakları genel olarak iki başlığa ayrılmaktadır. Bunların ilki doğal aktivitelerin sebep olduğu kirlilik, ikincisi ise insan aktivitelerinin sebep olduğu kirliliktir.

Doğal aktivitelerin sebep olduğu kirlilikle insan aktivitelerinin sebep olduğu kirlilik karşılaştırıldığında, insan kaynaklı olan kirlilik doğal sebeplere göre daha fazla etkili olduğu görülür.

1.2.1. Doğa aktiviteleri sonucu oluşan kirliliğin kaynakları

Volkanların, tozların, okyanus ve deniz spreylерinin, orman yangınlarının neden olduğu kirlетici grubu bu başlık altında toplanmaktadır. Sera etkisinden dolayı, bu kaynaklardan çıkan gaz ve partiküllerinin önemi oldukça büyüktür.

Doğa aktiviteleri sonucu oluşan volkanların etkin olduğu dönemlerde atmosfere verdikleri büyük miktarlardaki kükürt dioksiti ve partiküler madde atmosfere direk olarak karıştırmakta ve sera etkisi yaparak güneş radyasyonunun yer yüzeyine ulaşmasını aynı zamanda yeryüzünden yansıyan radyasyonun uzaya kaçmasını önleyerek dünyanın ısı dengesine etki etmektedir. Bunun en güzel örneği 15.yüzyıldan 19.yüzyılın ortalarına kadar süren küçük buzul çağıdır.

Diğер bir doğal kirlетici olan tozların en büyük kaynakları çöllerdir. Bu çöllerden çıkan kum fırtınaları ve çeşitli atmosfer olayları bu bölgedeki kumarı başka bir bölgeye taşımakta ve taşınan bölgeyi etkisi altında bırakmaktadır.

Okyanus ve deniz spreyleri, okyanus ve deniz üzerinde bulunan tuzların rüzgar ve buharlaşma ile atmosfere karışması sonucunda çeşitli bölgelere taşınmakta ve etki oluşmaktadır.

Orman yangınları sonucunda ise önemli miktarlarda havada asılı olarak bulunabilen partiküller madde ortaya çıkmakta ve bu partiküllerde hava kirliliği olarak atmosfere girmektedir (Pampal, 2011).

1.2.2. İnsan aktiviteleri sonucu oluşan kirliliğin kaynakları

İnsanların sebep olduğu kirlетicileri genel olarak 3 başlığa ayırmak mümkündür. Bunlar sırasıyla çizgisel kaynaklar, alansal kaynaklar ve noktasal kaynaklardır.

1.2.2.1. Çizgisel kaynaklar

Çizgisel kaynaklar, ulaşım araçlarının yarattığı kirlilikten oluşmaktadır. Ulaşım yolları kara yolu, deniz yolu, hava yolu ve demiryolundan oluşmaktadır. Kara yolunda kullanılan motorlu araçlar benzin, dizel ve sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışmaktadır. Benzinle çalışan motorlu araçlardan yanma sonucunda çoğunlukla azot dioksit gazı çıkmakla beraber, karbon monoksit

gazı, uçucu gazlar, kurşun, değişik boyutlarda partikül ve çeşitli karbonlu bileşikler çıkmaktadır. Dizel ile çalışan motorlu araçlardan yanma sonucunda çoğunlukla kükürt dioksit gazı olmak ile beraber diğer gazlar çıkmaktadır. Sıvılaştırılmış petrol gazında da diğerlerinde çıkan gazlar çıkmaktadır. Fakat havada asılı olarak bulunabilen ve insan sağlığını ciddi derecede tehdit edebilen çeşitli boyutlardaki partiküller çıkmaz (Şen, 2009). Deniz yolunda kullanılan araçlar petrol ürünleriyle çalıştığı için kara yolunda kullanılan araçlardan çıkan gazların tümü çıkar. Fakat sayıları az olduğundan etkili değildir. Ancak İstanbul Boğazı'ndan geçen gemiler, sayılarının fazla olması nedeniyle bu hat boyunca kirlilik bırakırlar.

Demiryolunda kullanılan trenler eğer kömür ile çalışıyorsa kükürt dioksit gazını çevreye yaymaktadır. Çoğunlukla elektrik sistemine geçildiğinden bu kirlilik çok aza inmiştir. Havayolunu incelediğimizde uçakların çok büyük miktarda kirletici yaydığını görebiliriz. Uçaklarda kullanılan özel yakıt hava kirliliğini en fazla artıran etmendir. Bu kirliliği iki kısımda inceleyebiliriz. Birincisi, havaalanı civarında kirliliktir. İkincisi ise uçağın kalkış, seyrüsefer ve iniş anlarında bıraktığı kirliliktir (Şen, 2009). Havaalanı civarındaki bölgelerde uçakların iniş, kalkış yapmasından ve yakıt almalarından dolayı kirlilik oldukça fazladır. Uçakların yarattığı kirlilik kalkış ve iniş anlarında fazladır. Çünkü yakıtlarının çoğunu kalkmak ve inmek için harcarlar.

1.2.2.2. Alansal kaynaklar

Alansal kaynakları evlerde ısınma amaçlı kullanılan kaynaklar oluşturmaktadır. Isınma amaçlı fosil yakıtlar kullanılmaktadır bunlar kömür, doğal gaz ve petrol ürünleridir. Kömür kullanımında yanma sonucu kükürt dioksit gazı ve değişik boyutlardaki parçacıklar açığa çıkmaktadır. Doğal gazın yanması sonucu partikül açığa çıkmamakla beraber azot bileşenleri gibi gazlar açığa çıkmaktadır (Ertürk, 2010). Özellikle metan bu yakıtın temel maddesidir. Alansal kaynaklar partikül dağılımında ve yoğunluğunda İstanbul'da önemli yer tutmaktadır. Çünkü İstanbul nüfusu oldukça kalabalık bir şehirdir.

1.2.2.3. Noktasal kaynaklar

Noktasal kaynakları fabrikalar, enerji santralleri ve sanayi oluşturmaktadır. İstanbul ve çevresindeki bölgelerde çoğunlukla çimento fabrikası, enerji santralleri, gübre sanayi, petrokimya sanayi, demir çelik endüstrisi bulunmaktadır. Bu tesislerden elde edilecek ürünler

için ve enerji üretmek için yakılan çeşitli maddeler sonucunda toz, kükürt dioksit gazı, karbon monoksit gazı, kurşun, metal oksit, azot oksit ve duman çıkarak havaya karışmaktadır. Marmara bölgesinde enerji santralleri, çimento fabrikaları, petrokimya sanayi ve gübre sanayi bulunmaktadır. Bu santrallerden çıkan kirleticiler İstanbul'da kirletici konsantrasyonunun artmasına sebep olmaktadır.

Enerji santrallerinde çoğunluklu olarak fosil yakıtlar olarak bilinen petrol, kömür gibi ürünler kullanılmaktadır. Petrol ve kömür ürünlerinde kükürt çok miktarda bulunmaktadır ve bunların yanması sonucunda önemli miktarda kükürt dioksit atmosfere karışarak kirlenmeye sebep olmaktadır (Şen, 2009). Çimento endüstrisinde kükürt dioksit, toz, çimento artıkları atmosfere karışmaktadır. Petrokimya sanayisinde kimyasal işlemler ve rafineri sonucunda açığa çıkan kükürt dioksit, hidrokarbonlar, tozlar, küller, duman havaya karışarak kirlenmeye sebep olmaktadır.

Gübre sanayisinde kükürt dioksit, hidrojen sülfür, karbon monoksit, amonyak, florlu gazlar, gübre tozları, uçucu küller ve çeşitli partiküller açığa çıkmaktadır (İncecik, 1994).

1.3. Atmosferin Kararlılığı ve Kirleticilerin Taşınımı

Partiküller atmosferde sürekli olarak vardırırlar ve devamlı olarak yer değiştirirler. Atmosferik koşullar atmosfer içindeki bu partiküllerin bir bölgeden bir başka bölgeye yatay taşınımına, düşey taşınımına ya da o bölgede kalmasına neden olur. Bu atmosferik koşullar üç başlık altında toplanabilir. Bunlar kararlı atmosfer koşulları, kararsız atmosfer koşulları ve nötr atmosfer koşullarıdır. Bu koşullara kararın hangisinin hakim olacağını anlamak için kuru adyabatik düşey sıcaklık gradyanını (γ_d) ile nem adyabatik düşey sıcaklık gradyanını (γ_s) hesaplamak gerekir.

$$\gamma_d: -dT/dz = -0,98 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$$

$$\gamma_s: -dT/dz = -0,65 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$$

Hava parseline düşey yönde etkiyen kuvvetler ulaştığı seviyede hava parselini alçalmaya zorluyorsa atmosfer kararlıdır. Kuru hava parseli için düşey adyabatik sıcaklık gradyanı (γ_d) ve nemli hava parseli için (γ_s) hesaplanmış olan düşey sıcaklık gradyanından küçüktür (Borhan, 2008). Kararlı bir atmosferde rüzgar etkisi ile kirleticiler çok uzun mesafelere taşınabilir.

Hava parselini ulaştığı seviyede üzerine etki eden düşey yöndeki kuvvetler yükselmeye zorluyorsa atmosfer kararsızdır. Kuru hava parseli için düşey adyabatik sıcaklık gradyanı (γ_d)

ve nemli hava parseli için (γ_s) hesaplanmış olan düşey sıcaklık gradyanından büyüktür. Kararsız atmosferde rüzgar, kirleticilerin yer seviyesine dağılmasına ve havanın kirletici konsantrasyonunun artmasına sebep olur (Borhan,2008).

Hava parseline düşey yönde etkiyen kuvvetler hava parselini ulaştığı seviyede dengede tutuyorsa yani hava parseli alçalmaya ve yükselmeye zorlanmıyorsa atmosfer nötrdür (Borhan, 2008).

Atmosferde yerden yukarı seviyelere doğru çıkıldıkça sıcaklık artıyor ise bu duruma enversiyon denir. Enversiyon tabakası içerisinde düşey hareketler yok denecek kadar azdır. Bunun sonucu olarak da kirleticiler bu tabaka içerisinde hapsolurlar. Bu durum atmosferde kirleticilerin ve partiküllerin konsantrasyonunun artmasına ve buna bağlı olarak da hava kirliliği oluşumuna sebep olmaktadır (Şen, 2009).

Atmosferde yatay olarak kirleticilerin taşınması atmosferik olaylara yani rüzgar ve havanın kararlılığına bağlıdır (İncecik, 1998). Kararlı havalarda atmosferde düşey hareketler çok az olduğundan hava rüzgarlı ise bacalardan veya kirleticilerden çıkan gazlar ve partiküller rüzgarın estiği yöne bağlı olarak hareket ederler.

İnsan faaliyetleri birkaç yoldan iklimi değiştirebilir. Bunlar; Fosil yakıtları, yani petrol ve kömürü yakıp atmosferin karbondioksit konsantrasyonunu artırarak. Fabrikalardan, otomobillerden, soba ve ocaklardan toz, sülfat ve sıvı parçacıkları halinde taneli maddeleri enjekte etmek suretiyle atmosferin ışık geçirgenliğini, yani şeffaflığını azaltarak. Çarptığı yüzeylerden dışarıya yansıyan radyasyonun gelen güneş radyasyonuna nisbeti olan albedo değerini, sulama, şehirleşme, orman tahribi ve zirai faaliyet yoluyla bütün yeryüzünde değiştirerek. Fosil yakıtlar ve nükleer enerji kullanmak suretiyle atmosferi doğrudan ısıtarak. İnsan faaliyetlerinin mahalli iklimler üzerinde etkili olduğuna ve ileride bölgesel iklimleri, hatta dünyanın genel iklimini tesir altına alabileceğine dair bazı işaretler bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen bu faktörler, insan faaliyetlerinin iklim değişikliğine etkilerinin örnekleridir (Muslu, 2000).

İstanbul Uluslararası Atatürk Havalimanındaki uçakların motorlarından çıkan emisyon ve partiküllerin davranışlarının incelenmesinde bu durumlar ve yatay taşınım açısından çok önemlidir. Çünkü bu bölgelerden bu yollarla önemli miktarda partikül İstanbul havasına dahil olmaktadır.

2. SERA GAZI EMİSYONLARI VE GAZ PARTİKÜLLERİ YAPISI

2.1. Sera Gazı Emisyonları

Partikül, insan ve doğa aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan havada toz, duman, gaz, koku ve saf olmayan su buharı şeklinde bulunabilen maddedir. Gazlar ve partiküller atmosferde farklı fiziksel özelliklerde bulunabilirler. Bu maddeler kendi yapılarına ve atmosferin yapısına göre değişik sürelerde bulunabilirler. Maddeleri ve yapıları inceleyebilmek için öncelikle oluşum şekillerine göre ayırmak gerekmektedir. Gazlar ve partiküller birincil kirletici ve ikincil kirletici olmak üzere iki kısma ayrılır (Ertürk, 2010).

Birincil kirleticiler çıktıkları kaynaklardan atmosfere direk olarak karışan maddelerdir. Bu maddeler azot monoksit (NO), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO), karbondioksit, klor (Cl₂), Partiküller ise havada katı ve sıvı şekilde bulunurlar (Türkiye Çevre Sorunları, 2010).

Kaynaklarından direk olarak çıkıp atmosfere karışan birincil kirleticiler, atmosferde bulunan su buharı oksijen gibi maddeler ile reaksiyona girerek yeni bileşikler oluştururlar. Bunlara ikincil kirletici denilmektedir. Bunlar nitrat (NO₃) gibi azotlu bileşikler (NO_x), sülfat (SO₃) gibi kükürtlü bileşikler (SO_x), karbondioksit (CO₂) gibi karbonlu bileşikler (CO_x), hidrojen sülfür (H₂S) gibi hidrojenli bileşikler, aromatik hidrokarbonlar, alifatik hidrokarbonlar ve aldehitlerdir (İncecik, 1994).

2.2. Partiküllerin ve Gazların Özellikleri

Havacılıkta jet fuellerin (jet kerosen ve jet gasolin) yanması sonucunda ortama emisyonlar verilir. Uçakların motorlarından çıkan emisyonlar genel olarak %70 CO₂, %29 H₂O ve %1 civarında ise NO_x, CO, SO_x, partiküller ve zararlı hava kirleticileri de kapsayan iz elementleri içerir. Yeni gaz türbinlerinde N₂O miktarı çok az veya yok denecek kadardır (IPCC, 1997). Methan ise daha eski teknolojilerde atmosfere verilse de yeni teknolojilerin gelişmesiyle yok denecek kadar az miktarda motorlardan salınmaktadır.

Uçak motorları tarafından salınan emisyonlar, uçak motorunun cinsine ve verimliliğine, kullanılan yakıta, uçuşun mesafesine, güç ayarlarına, uçuştaki her faz için harcanan süreye ve uçulan seviyeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

2.2.1. Karbon monoksit gazı (CO):

Karbonlu bileşiklerin yakılması sonucu ortaya çıkan bu gaz birincil kirletici sınıfına girmektedir. Bu gaz renksiz, kokusuz, toksik, tatsız ve kararlı bir gazdır. Atmosferde en az iki ay bulunabilir (Ertürk, 2010). Karbon monoksit üretimi çoğunluklu olarak çizgisel kaynaklardan olmaktadır.

Karbonmonoksit, CH_4 ve troposfer ozonunun, diğer atmosfer elemanlarıyla (hidroksil radikali gibi) kimyasal reaksiyona girmesine katkıda bulunduğu, CH_4 ve troposfer ozonunun konsantrasyonlarının artmasından dolayı olarak sorumludur. Karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucunda CO oluşur. Atmosferdeki doğal prosesler sonucunda CO_2 şeklini alır. CO konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konuma göre değişkenlik göstermektedir (Gillenwater ve ark, 2002).

Karbon monoksit gazının insan sağlığı üzerinde de birçok olumsuz etkileri vardır. CO, insan vücuduna dahil olduğu zaman, kanın hemoglobininin merkez atomu demire bağlanarak insan sağlığında bozulmalara ve ölüme sebep olur. Bu zehirlenme çizelgesine bakıldığı zaman baş ağrısı, görme bozuklukları, uyku hali, zihni bulanıklık ve koma gibi sentomların görüldüğü bilinmektedir. Kişilerde genel olarak yargı kabiliyeti bozulur ve sezgi kaybolur. Sonuçta karbon monoksite maruz kalan bir kişide kalıcı beyin hasarı meydana getirir (Gorman ve ark, 2003).

CO zehirlenmesi, nadiren de olsa pilot, mürettebat ve yolcu ölümlerine neden olabilecek kadar ciddi bir sorundur. Havacılıkta CO, uçak motorlarının çalışması sırasında karbon taşıyan materyellerin tam olarak yanmamasından ortaya çıkar. En yüksek seviyede CO oluşturan motorlar türbülent motorlardır. Mürettebatın bulantı, kusma, baş ağrısı ve halsizlik gibi şikayetleri CO zehirlenmesini akla getirmelidir. Zehirlenme belirtileri kandaki CO konsantrasyonuna bağlı olarak değişir (İncecik, 1994).

2.2.2. Karbon dioksit gazı (CO_2):

Karbon dioksit (CO_2) ikinci en fazla bulunan sera gazıdır. Organik maddenin çürümesi, hayvan ve insanların solunumu, yanardağ patlamaları gibi birçok doğal olaylar sonucu

atmosfere dahil olmaktadır. Ayrıca, ısınmak, ulaşım ve elektrik üretimi için fosil yakıtların, katı atıkların ve ağaç ve ağaç ürünlerinin yakılması atmosfere salınan CO₂ miktarını arttırmaktadır. 18nci yüzyılın ortalarındaki Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki miktarı 281 ppm'den 368 ppm'e ulaşarak %31'lik bir artış göstermiştir (Atalık ,2005). Karbon monoksit gazı tam olarak yanmadığı zaman ortaya karbondioksit gazı çıkmaktadır. Toksik bir gaz değildir. Normal koşullarda gaz halinde bulunur. Katı haline kuru buz denilmektedir. Genellikle renksiz, kokusuz bir gazdır. Karbondioksitin kızıl ötesi ışığı absorblayıcı bir özelliği vardır (Cebeci, 2010). Bu özellik atmosferin ısınmasına sebep olmaktadır. Yani karbondioksit sera etkisine yol açmaktadır. CO₂ bir örtü gibi dünyayı sarmaktadır, şayet bu durum olmasaydı dünyanın ortalama sıcaklığı -18°C olacaktı. Bu örtü sayesinde sıcaklık +15°C civarındadır. Yer ısınıp geri verirken kızılötesi ışınlar salar ve CO₂ bunları tutup ısınının uzaya kaçmasını önler (Muslu, 2000).

Doğal yollardan CO₂ bitki örtüsü ve okyanuslar tarafından absorbe edilir ve üretilir. Ayrıca odun, kömür, petrol ve doğal gaz yakılması sonucu da üretilmektedir. CO₂ artışında temel nedenin fosil yakıtların yakılması olduğu, hem kararlı hem de radioaktif yapıdaki karbon izotoplarındaki azalma ve atmosferdeki oksijende azalma ile kanıtlanabilmektedir. Yıllık CO₂ artışı değişken olduğundan, ortalama yıllık artışın son 20 yılda 1.5 ppmv/yıl olduğu belirtilmektedir (Albritton ve ark, 2001).

Karbondioksitin atmosferdeki davranışına bakıldığı zaman, bu prosedürün kolay ve anlaşılır olduğu söylenebilir. Atmosferde bu gazın önemli bir oluşum veya yıkımının olmaması bunun en önemli sebebi olduğu açıktır. Karbondioksitin atmosferdeki iklim değişikliğine direk ve dolaylı etkisi ise o andaki atmosferde bulunan konsantrasyonuna bağlıdır (Schimel, 1995). Atmosfere verilen hava taşımacılığı kaynaklı karbondioksit, bu alanda kullanılan yakıtla bağlıdır. Yakıt içerisinde bulunan karbon miktarı bu yakıtın yanması sonucu karbondioksit şeklinde açığa çıkar (IPCC, 1997).

2.2.3. Metan gazı (CH₄):

Metan (CH₄), atmosfer içerisinde daha etkili yalıtkanlık yaratan bir gazdır. Kömür, doğal gaz ve petrolün üretim ve taşınması esnasında atmosfere dahil olmaktadır. Metan, ruminant hayvanlar basta olmak üzere kimi hayvanların sindirim yan ürünü olarak ortaya çıkmasının yanında atık alanlarındaki organik maddelerin bozulmasından da meydana gelmektedir (Atalık, 2005). Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki metan gazı miktarı iki kattan daha

fazla artmıştır. Normal sıcaklık ve basınç koşulları altında havada gaz halinde bulunmaktadır. Doğal gazın bir bileşenidir. Çöp ve bataklık bölgelerinde de açığa çıkabilen bir gazdır. Karbonlu bileşiklerin reaksiyonu ile oluşur, renksiz ve kokusuzdur. Güneş radyasyonunu absorbladığı için sıcaklığı artırıcı bir gazdır. Sera etkisinin %20'sini meydana getiren diğer bir gaz ise metandır. Karbondioksit nazaran 20 misli daha ısı tutucu bir rol oynamaktadır. Metan, doğal gazın temel elemanıdır. Ayrıca, bataklık ve pirinç tarlası gibi düşük oksijenli ortamlardaki biyolojik proseslerle atmosfere salınabilmektedir. Pirinç ekimi, hayvancılık, kömür madenciliği, depolama işlemleri ve doğal gaz elde etme gibi insan faaliyetleri son 50 yılda artış göstermiştir. Bu aktivitelerden kaynaklanan emisyonlar atmosferdeki metan artışında pay sahibidir. Metanın atmosferdeki konsantrasyonu küresel olarak sadece son 20 yılda ölçülmüştür. Meydana gelmiş olan dünya çapındaki ısınma anaerobik çürümeyi de hızlandırmış, CO₂ kadar, metan üretimini de artırmıştır (Muslu, 2000).

Oranı yüzyıllardır değişmeden kalan metan gazı, son birkaç yüzyılda iki katına çıkmıştır. Gittikçe artışıdaki bu ilerleme 1950 yılından itibaren yılda %1 oranında artmaya başlamıştır. Yapılan son ölçümlerde ise metan gazının seviyesinin 1,7 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür. Bu değişiklik karbondioksit gazına oranla az da olsa, metanın karbondioksit göre etki ve kalıcılık oranının 21 kat daha fazla olması nedeniyle bu gaz gibi etkisinin çok fazla olduğu söylenebilir (IPCC, 1997). IPCC, atmosfere katılan CH₄ miktarının yarısından fazla kısmının insan faaliyetleri sonucu gerçekleştiğini belirtmektedir. Metan, atmosferde hidroksil radikali (OH) ile reaksiyona girer ve en sonunda CO₂'e dönüşmektedir (Gillenwater ve ark, 2001).

2.2.4. Hidrokarbonlar (HC):

Hidrojen ve karbondan oluşan maddelerdir. Çoğunlukla petrol ürünlerinin yanmasından oluşmaktadır. Hidrokarbonlar absorblayıcı gazlardır ve hava sıcaklığını artırır. Toksik değildirler. Metan gazı da hidrokarbonlar sınıfına girmekte olup en büyük kısmını oluşturmaktadır. Hidrokarbonlar doymuş alifatik hidrokarbonlar, doymamış hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbonlar ve alisiklik hidrokarbonlar olarak dörde ayrılır.

Hidrokarbon Tipleri Hidrokarbonlar yapılarına bağlı olarak alifatik, aromatik ve alisiklik bileşikler olarak tasnif edilebilir. Alifatik ve alisiklik bileşikler de doymuş ve doymamış olarak sınıflandırılır. Doymuş hidrokarbon, mümkün olan en çok hidrojen ihtiva eder ve karbonlar birbirlerine bir elektron çiftinin meydana getirdiği tek elektron bağı ile bağlıdır. Doymamış hidrokarbonlarda ise karbonlar birbirlerine çift veya üç bağ ile bağlanmışlardır.

Alifatik hidrokarbonlar, hidrojen atomlarının bağılı olduğu düz veya dallanmış karbon zincirlerinden meydana gelmiştir (EPA, 2010).

Motorlu taşıtlarda kullanılan petrolün, tüm olarak yanmaması etilen (C_2H_4) ve benzen (C_6H_6) gibi hidrokarbonların çevreye salınmasına neden olur. Bu hidrokarbonlar, havadaki başka kimyasal maddelerle tepkimeye girdiğinde, gözlere ve solunum yollarına zararlı etkileri olur. Benzen gibi bazı hidrokarbonların kanser yapıcı etkileri de vardır. Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle floroklorokarbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviöle) ışınlarına karşı yeryüzünü koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır.

2.2.5. Azot ve azotlu bileşikler (NO_x):

Atmosferin yüzde yetmiş sekizini oluşturan azot, normal koşullar altında renksiz bir gazdır. Atmosferde reaktif bir gaz değildir fakat mikroorganizmalar tarafından değişik bileşiklere dönüştürülürler ve azot döngüsüne katkına bulunurlar. Azot monoksit gazı (NO), renksiz ve kokusuz bir gazdır. Azot dioksit gazı (NO_2) oksitlendiğinde sarımsı, kahverengimsi bir renk almakla birlikte, oldukça keskin bir kokusu olduğu için sağlık için oldukça zararlı bir gazdır. Atmosferdeki kalıcılığı bir gündür. Güneş radyasyonunu absorblayıcı gazlardandır (Ertürk, 2010).

Diazot monoksit (N_2O) esas olarak tarım topraklarının islenmesi ve fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çok güçlü yalıtkanlık özelliği olan bir gazdır. Atmosferdeki miktarı, sanayileşme öncesindeki düzeyle kıyaslandığında %17'lik bir artış göstermiştir (Atalık, 2005). Sera etkisinin %15'inin bu gazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diazotmonoksitin insan faaliyetleri sonucunda üretilmesinde en büyük payı, tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanımı, özellikle ulaşırmada kullanılan fosil yakıtların yakılması, nitrik asit üretimi, atık su arıtımı ve atık yakılması, ve biokütlelerin yakılması oluşturmaktadır (Gillenwater, 2002). Atmosferdeki N_2O konsantrasyonu 1750'den beri %16 artmıştır. Stratosferde güneş ışığının fotolitik (güneş enerjisi ile elementin atomlarına ayrılması) davranışı sonucu N_2O atmosferden eksilmektedir (Muslu, 2000).

Atmosferde en fazla bulunan bu gaz troposfer ve stratosferin kimyasını fazlasıyla etkilemektedir. Burada ozon oluşumu ve yıkımında önemli bir yer almaktadır. Atmosferin kimyası her bölgede farklılık gösterir. Troposferin üst kesimi ile stratosferin alt kesiminde, hava taşımacılığından kaynaklanan NO_x emisyonu, bu bölgedeki ozon miktarının artmasına

neden olur. Bu noktada özellikle subsonic uçaklar için, bu bölgedeki ozon miktarının artması ve iklim değişikliğine sera etkisi şeklinde etki etmesi buradaki ana konu olarak gösterilmektedir. Diğer taraftan ise, 18 km ve daha yüksekten uçan, supersonic uçaklar bu bölgedeki ozonun tükenmesinde etkilidir (IPCC, 1997).

Ek olarak, uçaklardan kaynaklanan NO_x emisyonları metan konsantrasyonunu azaltmaktadır. NO_x emisyonları, yıldırım düşmesinden, topraktaki mikrobik aktivitelerden, biokütlelerin doğal veya insan nedeniyle yanmasından, yakıt yakılmasından, ve strotosferde N_2O 'nun indirgenmesinden oluşturulabilmektedir. NO_x konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konumsal olarak farklılık gösterir (Gillenwater ve ark, 2002).

2.2.6. Kükürt ve kükürtlü bileşikler (SO_x):

Kükürt sarımsı renkte olan tatsız ve kokusuz bir gazdır. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların yanması sonucunda ortaya çıkarlar. Sağlık açısından zararlı etkileri vardır. Atmosferde çoğunluklu olarak kükürt dioksit (SO_2) bileşeni bulunur. Sanayide kullanılmasıyla değişik bileşikler ortaya çıkar. Karbondioksit gazının tersine kükürt güneş radyasyonunu yansıtıcı özelliğe sahiptir. Volkanik dağlar patlama gerçekleştiğinde atmosfere saldıgı büyük miktardaki kükürt gazıyla atmosferin soğumasına neden olabilirler (İncecik, 1994).

2.2.7. Su buharı (H_2O):

Suyun gaz halidir ve atmosferde devamlı olarak bulunabilir. Sera etkisine yol açan gazlardan biridir. Atmosferdeki yoğunluğunda insan etkisi çok azdır etkili olan ise iklim sistemidir.

Atmosferdeki en dominant ve bol bulunan su buharı, uzun ömürlü veya atmosferde iyi karışmış bir yapıda değildir ve konuma göre %0-2 arasında değişmektedir. Ayrıca, atmosferik su gaz, sıvı ve katı gibi çeşitli fiziksel formlarda bulunabilir. İnsan faaliyetlerinin ortalama küresel su buharı konsantrasyonunu doğrudan etkilemediği düşünülmektedir; fakat diğer sera gazlarının konsantrasyonundaki artış sonucunda oluşan ısıma zorlaması dolaylı olarak hidrolojik döngüyü etkileyebilir. Atmosferdeki ısınma su tutma kapasitesini artırır ve bunun sonucunda su buharı konsantrasyonunun artışı bulut oluşumunu etkiler. Bulutlar ise hem güneşten gelen hem de karadan yansıyan ışınları hem absorbe eder hem de yansıtır. Uçakların, jet motorlarından saldıkları, ve gökyüzüne bakıldığında çizgi şeklinde bir bulut gibi gibi görünen karışımın içeriğinde de su buharı bulunur. Uçakların arkalarında bıraktıkları sudan ve

diğer atıklarından oluşan bu iz şeklindeki yapı da, ısımaya etkileri bakımından bulutlara benzemektedir (Gillenwater ve ark, 2002).

Su buharı ve bulutların radyoaktif etki üzerinde özenli bir yeri vardır ve direk olarak troposferin kimyasını etkiler. Stratosferler troposferi karşılaştırdığımız zaman stratosferin çok daha kuru bir yapıya sahip olduğu ortadadır. Hava taşımacılığı nedeniyle atmosfere yani genellikle troposferde bırakılan verilen su buharı, suyun doğa içerisindeki hidrolik çevrimi ile karşılaştırıldığında çok dengesiz ve düzensiz olduğu söylenebilir. Yalnız bu düzensizlik, etkisinin küçümsenemeyecek kadar fazla olmasından dolayı, bu gazın etkisinin araştırılmaması için bir neden teşkil edemez. Su buharı troposferde ortalama 9 gün civarında kalır. Troposferde ise, uçaklardan buraya verilen su buharı, troposferle karşılaştırıldığında, burada çok daha uzun süre kalmaktadır. Bu süre aylar hatta yıllar boyutunda bile olabilir (IPCC, 1997) .

2.2.8. Havada asılı olarak bulunan tanecikler (Aerosoller-PM):

Bu parçacıklar atmosferde normal koşullar altında havada katı veya sıvı halde bulunurlar ve çapları genellikle 0,1 µm ile 100 µm arasında değişmektedirler. Partiküller boyutlarına göre üç kısma ayrılır. 0.2 mikrondan küçük partiküllere ultra mikroskopik veya Aitken çekirdekleri, 0.2 mikron ile 10 mikron arasındaki partiküllere mikroskopik, 10 mikronun üzerindeki partiküllere ise makroskopik partiküller adı verilmektedir. Makroskopik partiküller yer çekimi etkisi ile çökelirler. Mikroskopik boyutlardaki partiküller havada asılı olarak bulunurlar. Ultra mikroskopik boyutlardakiler ise rastlantısal hareketler yaparlar. Partikül eğer 5 mikronun altında ise smog olarak, 1 mikronun altında ise aerosol olarak adlandırılır (Fleagle, 1980). Bu maddelerin ana kaynağı volkanik dağlardır. Okyanus ve deniz spreyleri, orman yangınları, endüstriyel atıklar da partiküllerin kaynakları arasındadır. Bu maddelerin atmosferde farklı görevleri vardır. Çoğunlukla güneş radyasyonun absorblayarak sera etkisine sebep olan bu maddeler yağış oluşumu için gerekli olan yoğunlaşma çekirdeklerine de pozitif katkı sağlayabilmektedir (Atalık, 2005).

2.2.9 Metan haricindeki uçucu organik bileşikler (NMVOC)

NMVOC gazları, propane, bütan ve etan gibi bileşikler içerir. Bu bileşikler, NO_x ile beraber, troposfer ozonunun ve diğer fotokimyasal oksitleyicilerin oluşmasında rol alırlar. NMVOC emisyonları temel olarak ulaştırmadan, sanayi işlemlerinden, biyokütlelerin

yakılmasından ve organik solventlerin endüstri dışı tüketiminden kaynaklanmaktadır. NMVOC konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konumsal olarak çeşitlilik gösterir (Gillenwater ve ark, 2002).

2.3 CO₂ Eşdeğeri Hesaplaması

Bir gazın sera gazı etkisi o gazın sadece radyasyonu absorbe etmesi ve geri salması ile değil aynı zamanda atmosferde o molekül yapısında kalması ile de ilgilidir. Gaz molekülleri zamanla parçalanır ve başka maddelerle reaksiyona girerek yeni molekül oluştururlar. Metan, diazot monoksit ve karbondioksitin atmosferde kalma süreleri sırasıyla 12, 130 ve 200 yıldır. 20 yıllık bir dönemde 1 kilogram metan 1 kilogram karbondioksit göre radyasyonu tutma oranı 56 kat daha fazladır ama zamanla metan, su ve karbondioksit dönüştüğü için 100 yıllık bir dönemde metanın küresel ısınma potansiyeli karbondioksitin 21 katıdır. Aynı şekilde diazot monoksitin küresel ısınma potansiyeli karbondioksitin 310 katıdır. Küresel ısınma potansiyeli sera gazları bütçesini oluştururken kullanılmaktadırlar ve metan ile diazot monoksit salınım değerleri karbondioksit eşdeğeri cinsinden verilmektedir. Bir sistem için diazot monoksit, metan ve karbondioksit salınımının toplam karbondioksit eşdeğeri aşağıda verilen Formül 2.1 ile hesaplanır (Environment Canada, 2005):

$$\text{CO}_2 \text{ eşdeğer} = (\text{N}_2\text{O} \times 310) + (\text{CH}_4 \times 21) + (\text{CO}_2 \times 1) \quad (2.1)$$

Yapılan araştırmalara göre insan faaliyetleri sonucu yıllık olarak 360 milyon ton metan ile 10-17.5 milyon ton diazot monoksit gazlarının atmosfere salındığı bulunmuştur (Olsen, 2003). insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazlarından metan ve diazot monoksitin sırasıyla %50 ve %70'i tarımdan kaynaklanmaktadır.

Sera gazlarının iklim üzerine etkileri belirlenmiş olup bu etkileri tahmin edilmektedir. Sera gazı miktarındaki artışın sonucu olarak ortalama dünya sıcaklığının 0.5-2.5 °C arasında artacağı ve buna bağlı olarak buzulların erimesiyle birlikte deniz seviyesinin 2030 yılında 17-26 cm yükseleceği tahmin edilmektedir (Moss, 2000). Türkiye, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Ülkemiz küresel ısınmanın özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi olumsuz yönlerinden etkilenecektir (Atalık, 2005).

2.4. Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)

Küresel Isınma Potansiyeli değerleri, çeşitli sera gazlarının sera etkisini gösterme gücünün global ortalamalar şeklinde ifadesidir. Buradaki hesapta, referans seçilen bir gaza göre (CO₂), birim gazın belli bir süre içinde doğrudan ve dolaylı olarak sera gazı tesiri gösterme özelliği belirlenmektedir. Referans gaz olarak seçilen gaz karbondioksittir. Gazın kendisi eğer sera gazı ise doğrudan etki oluşturur. Orijinal gazın, sera gazı üretecek şekilde kimyasal dönüşüme girmesi veya diğer gazların atmosferik ömürlerini etkileyecek şekilde tepkime vermesi durumunda dolaylı sera gazı etkisi gösterdiği kabul edilmektedir. Herhangi bir gazın CO₂ eşdeğeri cinsinden ısınmaya potansiyel etkisi, gigagram (Gg) değeri ile teragram karbondioksit eşdeğeri (Tg CO₂ Eq.) arasındaki ilişki IPCC birimleri cinsinden Denklem 2.2 ile ifade edilir.

$$Tg\ CO_2\ Eq = (Gg\ gas) \times (GWP) \times (Tg/1000Gg) \quad (2.2)$$

Burada;

Tg CO₂ Eq: Karbon dioksit eşdeğerlerinin teragram cinsinden değeri

Gg gas: Gigagram (1000 metric ton'a eşdeğer) cinsinden yakıtın miktarı

GWP: Küresel Isınma Potansiyeli

Tg: Teragram

şeklinde ifade edilmiştir.

GWP değerleri, emisyonların etkilerinin kıyaslanması ve farklı gazların azaltılması gibi konularda fikir sahibi olunmasında yardımcı olmaktadır. IPCC'ye göre, küresel ısınma potansiyelleri kabaca $\pm\%35$ gibi bir belirsizliğe sahiptir. Özellikle atmosfer ömürleri belirlenmemiş olan gazlarda bu belirsizlik değerleri diğerlerine göre daha büyüktür. Atmosfer ömürleri izafi olarak uzun olan sera gazları (CO₂, CH₄, N₂O, HFC gibi) atmosferde daha eşit şekilde dağılmışlardır ve sonuç olarak da küresel olarak ortalama konsantrasyonları belirlenebilmektedir. Su buharı, CO, troposfer ozonu, diğer çevre kirleticiler (NOX ve NMVOC), troposferdeki aerosoller (SO₂ ürünleri ve is) gibi kısa ömürlü gazlar, konumsal olarak değişiklik göstermektedir ve bu nedenle küresel sera gazı etkilerini belirlemek güçtür. GWP değerleri genel olarak bu tip kısa ömürlü ve konumsal olarak homojen olmayan dağılım gösteren gazlar için uygulanmamaktadır (Gillenwater ve ark, 2002).

Çizelge 2.1: Bazı gazların küresel ısınma faktörleri (GWP) ve atmosfer ömürleri (20, 100 ve 500 yıllık ömürleri) (IPCC, 1997)

Gaz	Atmosfer Ömrü	100 Yıllık GWP	20 Yıllık GWP	500 Yıllık GWP
CO₂	50-200	1	1	1
CH₄	12±3	21	56	6,5
N₂O	120	310	280	170
HFC-23	264	11700	9100	9800

Çizelge 2.1'deki değerler IPCC 1996 değerleridir. Her sera gazı atmosferde ısı tutma kapasitesine göre farklılık göstermektedir. HFC ve PFC'ler en çok ısı hapsetme özelliğine sahip gazlardır. Örneğin metan, karbondioksit'e göre molekül başına 21 kat daha fazla ısı hapsetmektedir.

3. HAVA TAŞIMACILIĞI VE ÇEVRESEL ETKİLER

3.1. Sivil Havacılık

Taşımacılığın hava kirliliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Genel olarak kara, hava ve deniz taşımacılığı sonunda atmosfere verilen emisyonlar asit yağmurlarına, stratosferik ozonun zarar görmesine ve iklim değişimine neden olur. Colvile ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada taşımacılığın çevre üzerindeki etkileri üç konu başlığı altında incelenmiştir. Bu konu başlıkları; kara yolları trafiği ve insan sağlığı, uçak emisyonları ve atmosferdeki küresel değişim ve gemilerden kaynaklanan sülfür emisyonlarının asit birikimine etkisidir.

Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar; karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), nitrojen oksit (NO_x), çeşitli sülfür oksitler (SO_x), karbon monoksit (CO), çeşitli metan olmayan hidrokarbonlar (NMHC), diğer gazlar ve partiküllerdir. Uçak motorlarından kaynaklanan bu emisyonlar atmosfere ve yukarı troposfere etki etmektedir. Emisyonların yalnız çevre üzerinde değil sağlık üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Bu nedenlerden dolayı son zamanlarda emisyonların yanında miktarlarının bilinmesi de önem kazanmıştır. Daha spesifik bir açıklama yapmak gerekirse hava alanları yakınlarında, sülfür dioksitler ve nitrojen oksitler smog oluşumuna neden olur. Karbon monoksitler toksik ve hidrokarbonlar kanserojeniktir. 18. yy başlarında hava alanları civarlarında smog ve ozon oluşumu en büyük çevresel problemdi. Bu nedenle uçak motorlarından kaynaklanan yanmamış hidrokarbonlar ve nitrojen oksitler yönetmelikler tarafından kontrol altına alınmış ve bu konuyla ilgili bir standart getirilmiştir (Hava Taşımacılığı Sistem Duyarlığı, 2000).

Uçak motorlarından kaynaklanan iki ana emisyon problemi vardır. Bunların ilki; yer manevralarında düşük güçle yüksek yakma verimi elde etmek için yüksek miktarda yakıtın yakılması sonucu çok miktarda yanmamış hidrokarbon açığa çıkması ve bu hidrokarbon miktarının azaltılma gerekliliğidir. İkinci ana problem ise; kalkış, tırmanış ve cruise sırasında uçakların verdiği nitrojen oksitlerdir. Bu problemlerin giderilmesi için ICAO dünya çapında LTO çevrimini ve yüksek seviyedeki cruise için belirli standartlar oluşturdu. Bu standartlarla hava alanlarında hava kirliliğinin ve yüksek atmosferde ozonun deformasyonunun kontrol

altına alınması amaçlanmıştır. İki motorlu uçaklarda LTO çevrimi içinde toplam emisyonun %25'i, bunun yanında yükseliş, cruise ve alçalış sırasında atmosfere verilen toplam emisyonun %86'sı NO_x 'tir (Gaz Türbün Teorisi, 2001).

Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar insan kaynaklı emisyonlarla kıyaslandığında çok küçük bir paya sahiptir. İnsan kaynaklı karbon dioksitin sadece %2,6'sı hava taşımacılığından gelir. Aynı şekilde nitrojen oksitlerin de yalnızca %3'ü havacılıktan kaynaklanır. Hava taşımacılığının artmasıyla oluşan emisyonların miktarları artacağından bu emisyonların etkilerinin önemi de artacaktır (Jardin, 2005).

CO zehirlenmesi, nadiren de olsa pilot, mürettebat ve yolcu ölümlerine neden olabilecek kadar ciddi bir sorundur. Havacılıkta CO, uçak motorlarının çalışması sırasında karbon taşıyan materyallerin tam olarak yanmamasından ortaya çıkar. En yüksek seviyede CO oluşturan motorlar türbülent motorlardır. Mürettebatın bulantı, kusma, baş ağrısı ve halsizlik gibi şikayetleri CO zehirlenmesini akla getirmelidir. Zehirlenme belirtileri kandaki CO konsantrasyonuna bağlı olarak değişir (Salazar, 2004).

Uçak emisyonlarının troposfer ve stratosferin yakınlarında verilmesinin yukarı atmosfere ve iklime büyük etkileri vardır. Bu emisyonların miktarları ve atmosfere olan etkileri son zamanlarda önem kazanmıştır ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Ayrıca cruise sırasında atmosfere verilen emisyonların etkilerini incelemek ve hava alanlarındaki emisyon tahminlerinin yapılabilmesi amaçlı da birçok çalışma yürütülmüştür. EPA'nın (2004) Amerika hava alanları için yaptığı bir çalışmada geleceğe yönelik uzun vadede hava alanlarına verilecek emisyonların miktarları saptanmaya çalışılmıştır. Perl ve arkadaşları (2007) ise LYON-Satolas Hava Alanı için 1987-1990 ve 2015 yıllarında verilmiş ve verilecek olan emisyonların çevresel etkilerini ve bunların maliyetini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Stefanou ve Haralambopoulos Yunanistan için yaptıkları bir çalışmada yıllık harcanan yakıt ve emisyonları hesaplamaya çalışmışlardır. Bu çalışma için Yunanistan'daki hava yolu şirketlerinden elde edilen uçuş bilgilerini, uçuş saatlerini, uçuş trafik yoğunluğunu, filoları, motor tiplerini kullanmışlardır. Yıllık olarak çevresel kirlilik yüklemesini hesapladılar ve hava alanları etrafında belirgin miktarda havacılık kaynaklı kirlilik tespit etmişlerdir.

Dameris ve arkadaşları küresel üç boyutlu, dinamik-kimyasal bir model kullanarak dönemsel ve geleceğe yönelik, subsonik ve süpersonik uçaklardan kaynaklanan NO_x emisyonlarının ozon üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 1998'de yapılan bir başka çalışmada 1991-1997 yılları arasındaki NO_x ve su buharı emisyonlarını, bunların troposfer ve strotosfer üzerindeki

etkilerini incelenmiş ve 2015 yılı için tahmin senaryosu hazırlanmıştır (Grooss, 1998). Kalivoda ve Kudrna 2010 ve 2020 yılları için hava trafiğini, yakılacak yakıt miktarını, hava kirliliği emisyonlarını tahmine dayalı bir çalışma yapmışlardır (2007). Vedantham ve Oppenheimer ise 2100'e kadar uzun dönem havacılık senaryosu yazmışlardır.

Hava taşımacılığının, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine etkisine bakıldığı zaman bu oran yaklaşık %2 olarak ortaya konmaktadır. Hava taşımacılığında kaynaklanan ve kilometre başına düşünen karbon dioksit miktarı ise uçuş mesafesi, uçağın ağırlık oranına da yakından bağlıdır (IPCC, 1997).

Atmosfere verilen hava taşımacılığı kaynaklı karbondioksit, bu alanda kullanılan yakıtla bağlıdır. Yakıt içerisinde bulunan karbon miktarı bu yakıtın yanması sonucu karbondioksit şeklinde açığa çıkar.

3.1.1 Dünyada sivil havacılık ve gelişimi

1927'de Linderbergh'in Atlantığı tek başına geçmesiyle birlikte havacılığın pazar potansiyeli ile ilgili görüşler de değişmeye başlamıştır. Aslında daha 1911'de uçakla posta taşımacılığı başladığında, bu değişim kendini hissettirmeye başlamıştı. Yolculuğun sivil aşamasına geçişten önceki posta taşımacılığındaki güvenli uçuş sürecinin gelişimi, güvenli sivil hava taşımacılığı sürecine bir aşama oluşturmuştur.

İlk ticari iç hat bağlantısı Almanya'da Berlin-Leipzig-Weimar arasında 1919'da kuruldu. Üç gün sonra, ilk uluslararası hava hattını, Paris-Londra arasında Farman Goliath tipinde 11 yolcu taşıyan çift motorlu bir uçakla Boussoutrot açtı. Ardından Paris-Brüksel-Amsterdam, Köln-Berlin, Antibes-Tunus, Toulouse-Casablanca-Dakar vb. gibi hatlar açıldı (DLH, 2011).

A.B.D.'de 1978 yılında çıkartılan bir yasa A.B.D.'nin havacılık tarihinde ekonomik açıdan bir dönüm noktası oluşturmuştur. Bu yasa ile havacılık sektöründe, devletin himayeci desteğine son verilmiştir. Pazar ekonomisine dayalı bir hava taşımacılığı sisteminin teşvik edilmesi ve geliştirilmesi amaçlandırılmıştır. Böylelikle, birçok havayolu işletmesi, bünyelerinde bulundurmamak zorunda oldukları, gelir getirmeyen hizmet birimlerini kapatmışlardır. Bugün ise A.B.D.'de serbestleştirme yasasının etkileri, tüm dünyada, giderek artan bir oranda hissedilmeye başlanmıştır. Kuşkusuz, bu, sivil hava taşımacılığında kâr ve çeşitlendirmeyi arttırıcı bir unsur olarak gelişmiş ve rekreasyonel temelde ihtiyaçların çeşitliliklerle karşılanması ve zevke dönüştürülmesine paralel bir süreç içerisinde etkili olan faktörlerden olmuştur (IPCC, 1997).

3.1.2 Türk sivil havacılık ve gelişimi

Türkiye’de ilk havacılık çalışmaları, 1912 yılında, bugünkü Atatürk Hava Limanının hemen yakınındaki Sefaköy’de, tesis olarak iki hangar ve küçük bir meydanda başlamıştır. 1925 yılında kurulan ve daha sonraki yıllarda Türk Hava Kurumu adını alan Türk Tayyare Cemiyeti ile Türk Sivil Havacılığının kurumsal temelleri atılmıştır. İlk Sivil Hava Taşımacılığı ise 1933 yılında 5 uçaklık küçük bir filo ile "Türk Hava Postaları" adı ile başlatılmıştır. Cumhuriyetin 10. yılında, Milli Savunma Bakanlığı’na bağlı olarak kurulan "Havayolları Devlet İşletme İdaresi" Türkiye’de sivil hava yolları kurmak ve taşıma yapmak üzere görevlendirilmiştir. Dünya Sivil Havacılığının hızlı bir gelişme göstermesi, teknolojiye yaşanan büyük ilerleme karşısında, ulusal çıkarların korunması ile uluslararası ilişkilerin düzenli bir şekilde yürütülmesi ve denetlenmesi için 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan "Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı", 1987 yılında "Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü" olarak günün koşullarına göre yeniden teşkilatlandırılmıştır.

Türkiye’deki gelişmeler iki dönem halinde değerlendirebilir. 1983 yılında yayınlanan 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile özel sektöre hava taşımacılığı ve havaalanı işletmeciliği hakkı verilmesi Türk Sivil Havacılığında yeni bir dönem başlatmıştır (Ulaştırma Bakanlığı, 2001). 2920 Sayılı kanunun yayınlanmasından önceki döneme bakıldığında ise görünüm, dünya havacılığı henüz doğum halinde iken Türkiye’nin 1912-1913 yıllarında Yeşilköy’de uçakları, pilotları ve teknisyenleri teşkilatlanmak suretiyle Ortadoğu’da ilk adımı atmış olduğudur (Demir, 2001).

18 Kasım 2005 tarihine kadar Ulaştırma Bakanlığının Ana Hizmet Birimi olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, bu tarihte yürürlüğe giren 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun ile finansal açıdan özerk hale gelmiş ve şu anki yönetim yapısına ulaşmıştır (SHGM, 2010).

Bugün, Türkiye’de havacılık faaliyetleri, Türk Sivil Havacılık Kanunu ve bu kapsamda yayımlanmış olan İdari ve Teknik Yönetmelikler ve Havacılık Talimatları çerçevesinde yürütülmektedir.

İleri teknoloji gerektiren ve sınır tanımaz özelliğe sahip havacılık endüstrisinde Türkiye, uluslararası havacılık gelişmelerini yakından takip etmek ve çağın gereklerini yerine getirmek için çeşitli uluslararası teşkilatlara üye olmuştur. Uluslararası Sivil Havacılığın temelini oluşturan "Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşması - Şikago Sözleşmesi"ne ülkemiz 1945 yılında taraf olmuş ve Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı-ICAO kurucu üyeleri arasında yer

almıştır. Bunun dışında ülkemiz, hali hazırda uluslararası sivil havacılık kural ve gerekliliklerini belirleyen Avrupa Sivil Havacılık Konferansı - ECAC'a ve ECAC bünyesinde yer alan Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyet Teşkilatı - EUROCONTROL ile Havacılık Otoriteleri Birliği-JAA'e üye durumundadır. Havacılık faaliyetleri ulusal ve uluslararası mevzuata uygun olarak sürdürülmektedir (SHGM, 2010).

Türkiye’de havayolu taşıması diğer taşıma türlerine göre çok daha fazla ilgi görmekte ve bu ilgi gün geçtikçe de artmaktadır. Sektör, havayolu taşımacılığının gerçek anlamda başladığı ilk yıllarından bugüne sürekli bir değişim ve gelişim içinde kalmıştır. Bu değişim ve gelişim 2003 yılından itibaren önemli bir ivme kazanmış ve özel havayolu şirketlerinin sayısında da artış olmuştur. Global anlamda ise son yıllarda düşük maliyetli havayolları sektörde yer almaya başlamıştır.

Yeni hedeflerin ortaya konduğu bu tarihten itibaren sektör, olanca hızı ile büyüme eğilimine girmiştir. Büyüme sonucu oluşan rekabet ortamı, sektördeki işletmelerin hizmetlerine yansımış, yolculara yeni fırsatlar sunulmuş, havayolu ile seyahat lüks olmaktan çıkarılarak cazip hale getirilmiştir. Uçuş emniyeti ve havacılık güvenliğinden taviz verilmeden ve rekabet kuralları çerçevesinde oluşan yeni ortamla birlikte; 2002 yılında sadece Türk Hava Yolları (THY) tarafından 2 merkezden 25 noktaya yapılan tarifeli iç hat seferleri, bugün itibariyle 5 Havayolu İşletmesi tarafından ve 7 Merkezden olmak üzere toplam 45 noktaya gerçekleştirilmektedir. Yurtdışında uçuş gerçekleştirilen nokta sayısı 60’dan 130’a yükselmiş, havayolu işletmelerimiz bağlantılı seferler aracılığı ile dünyanın pek çok ülkesine ulaşır hale gelmiştir. 2002 yılında sivil havacılıkta serbestleşme yönünde atılan adımlar ve özel sektörün tarifeli sefer düzenlemeye başlaması ile birlikte Türk Sivil Havacılığı çok hızlı bir büyüme eğilimine girmiş ve dünyada ortalama % 5 olarak gerçekleşen sektörel büyüme hızı, Türkiye’de %53 gibi rekor bir gelişme göstermiştir. Yakalanan bu yüzde 53’lük büyüme ile uluslararası kuruluşlar tarafından, 2015 yılı için öngörülen toplam trafik artışını 2006 yılı sonunda yakalamıştır. 2009 yılı sonu itibariyle Sivil Havacılık tarafından yetkilendirilen, 17 Havayolu, 61 Hava Taksi, 29 Genel Havacılık, 25 Zirai Mücadele ve 12 Balon İşletmesi olmak üzere toplam 144 hava taşıma işletmesi bulunmaktadır. 2009 Yılında Havayolu kategorisine 27 büyük gövdeli uçak ilave edilerek, bu sınıftaki uçak sayısı 297’ye ulaşmıştır. Aynı gelişim, Hava Taksi kategorisinde 34 ilave ile 257’ye, Genel Havacılıkta 17 ilave ile 153’ye ve Balon İşletmelerinde ise 22 ilave ile 79’ya ulaşarak, önemli bir gelişim kaydedilmiştir (TSHK, 2010).

Aynı dönemde, Yetkili Bakım Organizasyonu sayısı 32'ye çıkmış, Uçuş Eğitim Organizasyon Sayısında bir değişiklik gerçekleşmemiştir. 2010 itibariyle, 23'ü İç ve Dış Hatlarda, 31'i ise sadece İç Hatlarda kullanılmakta olan hava alanlarına ilave olarak 13 adet çeşitli amaçlar için kullanılan Özel statülü havaalanı olmak üzere toplam 67 havaalanında sivil havacılık faaliyetleri sürdürülmektedir. Türkiye'de 2002 yılında 25 olan faal hava alanı sayısı 2008 yılı sonunda 43'e bugün itibariyle ise 45'e ulaşmıştır. Şu an kullanılmayan, atıl havaalanı kalmamıştır. Bir yanda ülke ihtiyaçları doğrultusunda yeni hava alanları yapmak üzere çalışmalar yaparken, diğer taraftan da 2010 yılında mevcut hava alanlarımızın genişletme ve pist uzatma faaliyetleri yapılmaktadır.

Sivil havacılık alanında uygulanan etkin ve sürdürülebilir politikalar; gerçekleşen uçak trafiği, taşınan yolcu sayısı ve yük miktarında da etkisini göstermektedir. 2009 yılı itibariyle iç hatlarda 419.422, dış hatlarda 369.047 ve transit uçuşlarda 277.584 olmak üzere toplam 1.066.053 uçak trafiği gerçekleşmiştir. Taşınan yolcu sayısına bakıldığında iç hatlarda 41.227.000, dış hatlarda 44.281.000 olmak üzere toplamda 85.508.000'e ulaşılmıştır. Taşınan Yük Miktarı, iç hatlarda 2009 yılında 484.833, dış hatlarda 1.241.512 ve toplam 1.726.345 ton olarak gerçekleşmiştir. Bütün bu rakamlara bakıldığında; sektörün 2.2 Milyar Dolar civarında olan cirosunun bugün itibariyle 10 Milyar Dolar'ı aşması bu gelişmenin ne denli önemli bir aşamaya geldiğinin en güzel göstergesidir. Genel olarak bakıldığında ise son 6 yılda yolcu sayısında %150 uçak trafiğinde %101 taşınan yük miktarında %80 artış gözlemlenmiştir (Ulaştırma Bakanlığı, 2009).

3.1.3. Türkiye havacılık kurumları

Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporunda; havayolu ulaştırması sektörü "faaliyet konusu, faaliyeti yürüten kamu ve özel kurum ve kuruluşlar, kullanılan yüksek teknoloji ürünü araçlar ve donanım, özel alt yapı ve haberleşme sistemleri, nitelikli insan gücü, hizmet verilen insanlar, ulusal ve uluslararası özelliğe sahip kurallar ve mevzuat konularının oluşturduğu önemli bir sistem" olarak açıklanmaktadır (DPT, 2001). Bu sistem içerisinde görevli tüm kurum ve kuruluşlar sadece havaalanı ve terminal işletmeciliğine yönelik olarak değil, sivil havacılık faaliyetleri kapsamında düşünülmüştür.

Sektörde Hizmet veren havacılık kurumları; Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Devlet Havaalanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMI), Demiryolları Limanlar

ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH), Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü olarak sayılabilir.

3.1.3.1. Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

Dünya Sivil Havacılığının hızla gelişmesi ve teknolojinin büyük önem taşıması karşısında, ulusal çıkarlarımızın korunması ve uluslararası iliksilerimizin düzenli şekilde yürütülüp denetlenmesi için 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan “Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı”, 1987 yılında “Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü” olarak günün koşullarına göre yeniden yapılanmıştır.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ulaştırma Bakanlığı Ana Hizmet Birimi olarak Ulaştırma Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun çerçevesinde görev yapmaktadır. SHGM devamlı ve hızlı bir gelişme gösteren, ileri teknolojinin uygulandığı bir sektördür. Sürat ve emniyet faktörlerinin büyük önem taşıdığı sivil havacılık sahasındaki her türlü faaliyeti ulusal çıkarlarımız ve uluslararası iliksilerimize uygun bir şekilde düzenlemektedir. (SHGM, 2011). SHGM sivil havacılık kapsamında çok geniş bir faaliyet alanına sahiptir. Tez konusunun gereği havaalanları ve terminallerine yönelik faaliyetleri; havaalanlarında yer hizmetlerinin düzenlenmesi, yer hizmetleri kuruluşlarının ruhsatlandırılması ana görevlerindendir. Türkiye sivil havacılık örgütlerinden, ICAO, Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC), Avrupa Hava Seyrüsefer Güvenlik Teskilatı (EUROCONTROL), Avrupa Havacılık Otoriteleri Birliği (JAA) üyesidir.

3.1.3.2 Devlet Havaalanları İşletmesi Genel Müdürlüğü

DHMI tüzel kişiliğe sahip, Ulaştırma Bakanlığı ile ilgili bir Kamu İktisadi Kuruluşu’dur. Faaliyetlerindeki temel amaç, sivil havacılık faaliyetlerinin gereği olan hava taşımacılığı ve havaalanlarının işletilmesidir. Bunun yanında, havaalanı yer ve hava trafik kontrol hizmetlerinin yerine getirilmesi, seyrüsefer sistem ve kolaylıklarının kurulması ve işletilmesi, bu faaliyetler ile ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılması genel müdürlüğün diğer görevleridir (DHMI, 2011).

DHMI, üstlenmiş olduğu görevlerini uluslararası sivil havacılık kural ve standartlarına göre yapmak zorundadır. Bu doğrultuda olmak üzere basta Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO-International Civil Aviation Organization), EUROCONTROL (Avrupa Sivil

Havacılık Teşkilatı), ECAC (Avrupa Sivil Havacılık Konferansı) olmak üzere, konu ile ilgili uluslararası kuruluşların üyesi olup çalışmalarını bu çerçevede sürdürmektedir.

3.1.3.3. Demiryolları, Limanlar ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü

DLH'nın başlıca görevleri devletçe yaptırılacak demiryolları, limanlar, barınaklar ve bunlarla ilgili teçhizat ve tesislerin, kıyı koruma yapılarının, kıyı yapı ve tesislerinin, havaalanlarının ve bunlarla ilgili tesislerin ilgili kuruluşlarla işbirliği yaparak plan ve programlarını hazırlamak, gerçekleştirilmeleri için gerekli tedbirler almak, araştırma, etüt, proje, kesif, şartname ve inşaatları ile bakım ve onarımlarını yapmak veya yaptırmak, yapımı tamamlananları ilgili kuruluşlara devretmek, yapılmış olanların bakım ve onarımlarının organizasyonu için esaslar hazırlamaktır (DLH, 2011).

3.1.3.4. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Başbakanlığa bağlı olup meteoroloji istasyonları kurmak ve çalıştırmak, hizmetlerin gerektirdiği rasatları yapmak ve değerlendirmek, çeşitli sektörler için hava tahminlerinde bulunmak ve meteorolojik bilgi desteği sağlamakla görevlidir (DMİ, 2011).

Havacılığın meteorolojik olaylara son derece duyarlı bir sektör olması ve sayıları hızla artan havaalanlarının meteorolojik destek hizmeti talepleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve ICAO standartlarında karşılanmaya çalışılmaktadır. Uçuş faaliyetleri bakımından önem arz eden meteorolojik parametrelerin gözlemlenmesi amacıyla ICAO kriterlerine göre, her havaalanında ulusal veya uluslararası meteorolojik bilgi taleplerini karşılayabilecek en az bir meteoroloji ofisinin bulunması zorunludur.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun kapsamında başbakanlığa bağlı olarak; meteorolojik hizmetlerin eksiksiz ve zamanında yürütülebilmesi için lüzum görülen yerlerde çeşitli tipte meteoroloji istasyonları veya birimleri açmak ve çalıştırmak (DMİ, 2011). Meteorolojik hizmetlerin gerektirdiği rasatları yapmak ve diğer sektörler için hava tahminleri yapmak. Askeri ve sivil; kara, deniz ve hava ulaştırması ile tarım ve diğer sektörler için hava tahminleri yapmak. Gerekli görülen kurum ve kuruluşlar için meteorolojik destek sağlamak ve uluslararası anlaşmalarla sorumluluğuna verilmiş bulunan meteorolojik hizmet faaliyetlerini sürdürmektedir.

3.1.3.5. Diğer kurum ve kuruluşlar

Sivil havacılıkta güvenlik son derece önemli bir faaliyettir. Havaalanı ve terminallerde güvenlik faaliyetleri titizlikle uygulanmaktadır. İhmal edilmesi durumunda kötü sonuçların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Havaalanları faaliyetlerini genellikle meskun mahalden uzak yerlerde sürdürmektedirler. Bu yönüyle genel asayiş ve dış güvenliğe yönelik faaliyetler Jandarma Genel Komutanlığı tarafından yürütülmektedir. Havaalanı giriş, terminal içi güvenlik- kontrol ve pasaport işlemlerine yönelik faaliyetler ise Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Gümrük ve gümrük muhafaza işlemlerine yönelik hizmet faaliyetleri ise Gümrük Müsteşarlığı tarafından yerine getirilmektedir.

Türk Hava Sahasının kontrolü sorumluluğu ve askeri meydanların sivil havacılık işletmelerine açılması yönünde yapılan genel protokolle basta Genel Kurmay Başkanlığı olmak üzere ilgili kuvvet komutanlıkları direk veya dolaylı olarak bu faaliyetlerin içine dahil olmaktadır. Askeri meydanların sivil havacılık işletmelerine açılması yönünde Hava Kuvvetleri Komutanlığı en çok ilişkide bulunan kurum durumundadır.

Havaalanı ve terminallerin en önemli kullanıcısı durumunda olan havayolu işletmecileri (SHGM). Uçak ve yolculara yönelik hizmet veren Havaalanı Yer Hizmetleri (Havaş) ve ikram Hizmetleri Kuruluşları (USAS). Temsil, gözetim ve yönetim şirketleri. Uçak özel güvenlik ve denetim hizmeti veren şirketler. Genel olarak sivil havacılık faaliyeti, özel olarak havaalanı ve terminal işletiminde birbirleriyle koordine ve işbirliği içinde faaliyetlerini sürdürmektedirler (2011).

3.1.4. Sivil havayolu işletmeleri

1944 yılında kurulmuş olan Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı'nın (ICAO) sivil havacılıkta uluslararası standart kuralları ve önerileri içeren dokümanları incelendiğinde, sivil havacılık alanındaki faaliyet konuları aşağıdaki şekilde açıklanarak sıralandığı görülecektir (ICAO, 2011).

1. Hava araç ve gereçleri, üretim, bakım ve onarımı
2. Hava araçları ile işletmecilik
3. Havaalanları inşaa ve işletme faaliyetleri
4. Haberleşme, seyrüsefer ve hava trafik hizmetleri(ATC-Air Traffic Controller havalimanı kulesi gibi) düzenleme ve işletme faaliyetleri

5. Havacılık meteorolojisi faaliyetleri
6. Çevresel koruma faaliyetleri

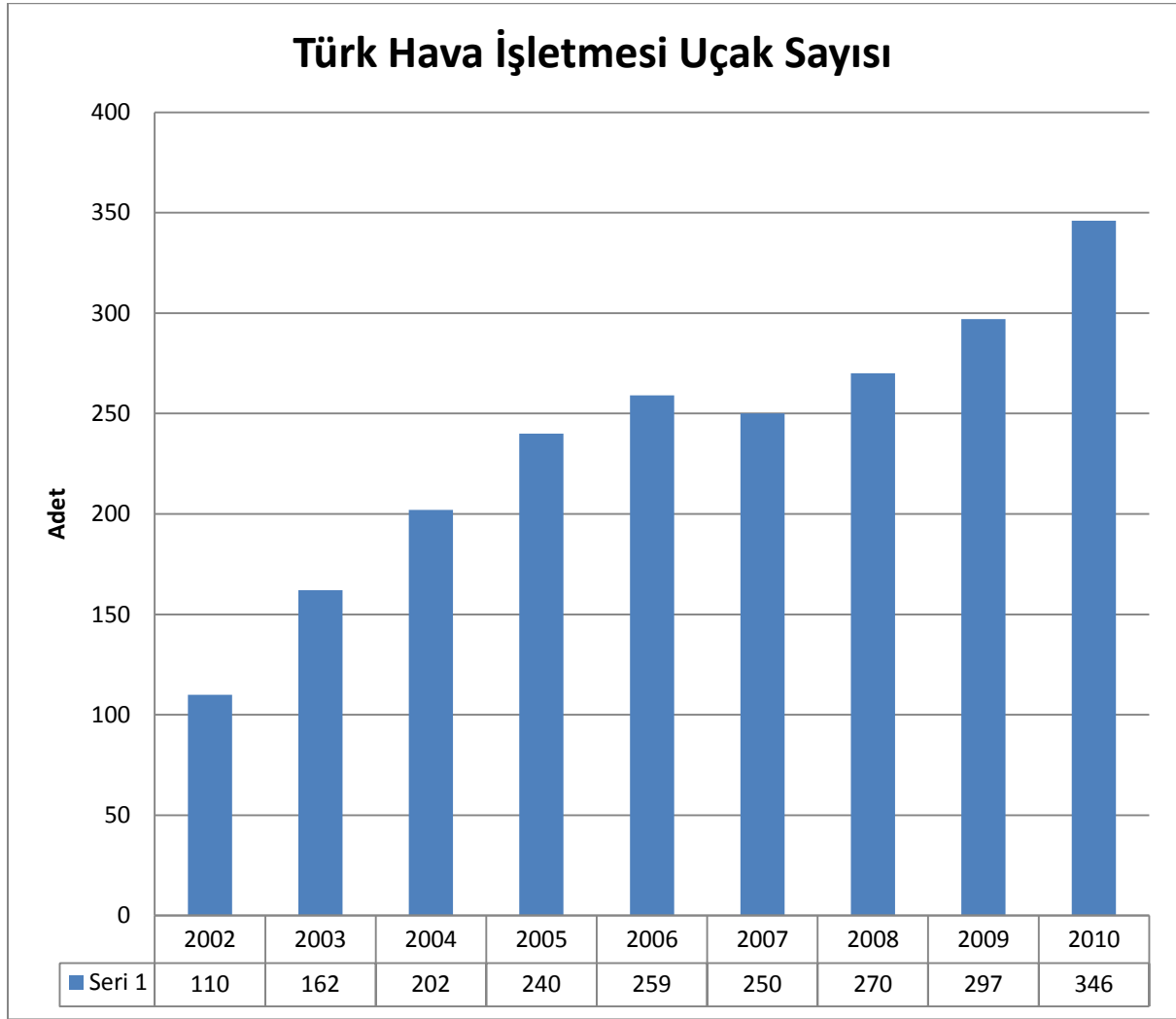
Uluslararası Sivil havacılık Teşkilatının faaliyet sınırı bu şekilde ifade ediliyorsa da, 07.12.1944 yılında Chicago A.B.D.’de imzalanan “Chicago Konvansiyonu” veya bugünkü yaygın adıyla “Uluslararası Sivil Havacılık Antlaşması”nın 2. Bölüm 5.6’nci maddelerinde sivil havacılık işletmeleri çok genel anlamda tarifeli ve tarifesiz seferler yapan hava taşıyıcıları olarak tanımlanmıştır (İşmen, 2002).

Antlaşmanın 43.maddesi gereğince kurulmuş bulunan Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı’nın (ICAO), antlaşmanın 90.maddesinin verdiği yetkiye dayanarak düzenlemekte ve yayınlamakta olduğu ve yine aynı antlaşmayı tamamlayıcı özellikte olan toplam 18 ekinden 6 No’lu olanlarda sivil havacılık işletmeleri;

- 1- Ticari
- 2- Genel
- 3- Helikopter

faaliyetleri olarak üç grup altında gösterilmiştir. ICAO, ek-6’nın üç bölümünde de faaliyet tipleri olarak detay verilmeyip sadece belirtilen faaliyet tiplerinin yürütülebilmesi için gerekli standart ve kurallar açıklanmıştır. Sivil havacılık işletmeleri için işletme türleri konusunda bir açıklık getirilmemiştir (Önen,1986). Dolayısı ile sivil havacılık işletmeleri için işletme türlerine bir açıklık ve ayrıntı getirilmediğini görürüz. Durumun Türkiye sınırları içerisindeki kanuni sınıflandırılması ise biraz daha farklı bir bakış açısı ile daha sınırlı bir faaliyet alanını kapsamaktadır. 14.10.1983 tarih ve 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile sivil havacılık işletmelerinin sınıflandırılması yapılmamış olup, kanunun 18-30’uncu maddelerince ticari hava taşıyıcıları için işletme izni verilmesine esas genel kurallar açıklanmış, 33.madde ile de yabancı havayolu işletmelerinin yabancı ülkeler ile Türkiye arasındaki faaliyetleri düzenlenmiştir (Ulaştırma Bakanlığı, 2011).

Türkiye’de kurulan Ticari Hava Taşımacılığı yapan havayolu şirketleri Türk Sivil Havacılık Sektörü bünyesine bağlıdır. 2002 yılında Türk Sivil Havacılığına bağlı 110 uçak varken bu değer yıllar içerisinde artış göstermiş ve 2009 da 28 adet kargo uçağı, 269 adet yolcu uçağı olmak üzere toplam 297 adet büyük gövdeli hava aracına ulaşılmıştır (TSHS, 2010). Bu sayı ise 2010 yılında 346 sayısını yükselerek 2002 yılına oranla %215 oranında artış göstermiştir. Şekil 3.1 bu uçak sayılarının yıllık değişimini göstermektedir.



Şekil 3.1: Türk hava işletmesi uçak sayısının yıllık değişimi

Aşağıdaki Çizelgede ise Atatürk Havalimanına sefer yapan Türk havayolu işletmelerine ilişkin bir Çizelge yer almaktadır. Çizelge 3.1 ise bu uçakların şirketlere göre dağılımı göstermektedir. Yolcu ve kargo uçağı başlığı altında incelenen uçaklar 2009 yılı için mevcut durumu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ancak bu şirketlerden bazısına ilişkin bilgilerde ismi yazılı Türk hava yolu şirketlerinin aynı ismi taşımadıkları görülür. Örneğin Hür Kuş Hava Taşımacılığı Türkçe bir isimle işletme ruhsatı alabildiği için uçaklarında kullandığı Free Bird Air ismini kullanmamaktadır. Bir diğeri ise Güneş Ekspres ismi altında faaliyet göstermektedir, gerçekte ise Sun Express halinde faaliyettedir. Ve yine bir diğeri de Sık-ay hava taşımacılığı şeklinde ruhsat almıştır, ancak gerçekte Sky Air ismi ile uçuş yapmaktadır.

Çizelge 3.1: Hava işletmeleri isimleri ve sahip olduğu uçak sayıları

Hava İşletmesi	Yolcu Uçağı	Kargo Uçağı	Toplam
ACT Havayolları	-	7	7
Atlasjet Havacılık	12	-	12
AYD Hava Taşımacılık	5	-	5
Güneş Ekspres Havacılık	20	-	20
Hür Kuş Hava Yolu Taş. Tic.	6	-	6
IHY İzmir Hava Yolları	5	-	5
Kıbrıs Türk Hava Yolları	5	-	5
MNG Hava Yolları	1	10	11
Onur Air Taşımacılık	23	-	23
Pegasus Hava Taşımacılık	19	-	19
Saga Hava Taşımacılık	9	-	9
Sık-Ay Hava Taşımacılık	13	-	13
Tailwind Havayolları	3	-	3
THY	142	4	146
Tunca Taşımacılık	1	-	1
Turistik Hava Taşımacılık	5	-	5
ULS Havayolları Kargo Taş.	-	7	7
Toplam	269	28	297

Bunun yanında Çizelge 3.2 ise Türk Sivil Havacılığa bağlı şirketleri ve bu şirketlerin bünyesinde bulunan uçak sayılarını ve çeşitlerini vermektedir. 2009 yılı için verilen veriler yardımı ile hangi firmanın ne çeşit uçaklara ve bu uçakların sayısını detaylı olarak incelenmesine fırsatı vermektedir.

Türkiye’de 2003 yılında özel havayolu firmalarının devreye girmesi, turizmin gelişmesi ve ekonomik göstergelerin iyileşmesiyle birlikte Türkiye havacılık sektörü önemli gelişme kaydetmiş, iç hatlar pazarı büyümüş ve yolcu trafiği önemli ölçüde artış göstermiştir.

Türkiye genelinde 2002-2009 yılları arasında hava taşımacılığı vasıtasıyla taşınan yolcu sayısını Çizelge 3.3’te göstermektedir.

Çizelge 3.2: TSHK bağlı havayolu şirketleri, uçak çeşitleri ve sayıları (TSHK, 2010)

HAVAYOLU	ACT HAVAYOLLARI A.Ş.	ATLASJET HAVACILIK A.Ş.	BORAJET HAV. TAŞ. UÇAK. BAK	GÜNEŞ EKSPRES HAVACILIK A.	HÜRKUŞ HAVA YOLU TAŞ. TİC.	İHY İZMİR HAVA YOLLARI A.Ş.	KIBRIS TÜRK HAVA YOLLARI	MNG HAVA YOLLARI VE TAŞ.A.	ONUR AIR TAŞIMACILIK A.Ş.	PEGASUS HAVA TAŞIMACILIĞI	SAGA HAVA TAŞIMACILIK A.Ş.	SIK-AY HAVA TAŞIMACILIK A.Ş.	TAIL WIND HAVAYOLLARI A.Ş.	THY A.O.	TUNCA HAVACILIK A.Ş.	TURİSTİK HAVA TAŞIMACILIK	TURKUAZ HAVA TAŞ. A.Ş.	TAŞ.A.Ş	Toplam
A300								8											8
A300 B4	1																		1
A300 B4	6																	4	10
A300B4-605R									6										6
A310-300											2			4				3	9
A319-100						3								5					8
A320-200		2			4	2			2			2		22			2		36
A321-100									2										2
A321-200		3			2		1		6			2		21			2		37
A330-200		2												7					9
A330-200F																			0
A330-300											1								1
A340-300														9					9
ATR72																			0
B737-300																1			1
B737-400										2	2	6	3	5		4			22
B737-500										3									3
B737-700														6					6
B737-800				17			4			14	4	1		51					91
B737-900ER												2							2
B757-200		4		3															7
B777-300ER														4					4
CESSNA 172S														8					8
CESSNA 510																			0
CHALLENGER 600								1											1
DIAMOND DA42														1					1
FOKKER 27								2											2
GULFSTEARM -IV														2					2
GULFSTEARM G-V														1					1
HAWKER BE-400A																			0
MD 82															1				1
MD 83									3										3
MD 88									5										5
TOPLAM	7	11	0	20	6	5	5	11	24	19	9	13	3	146	1	5	4	7	297

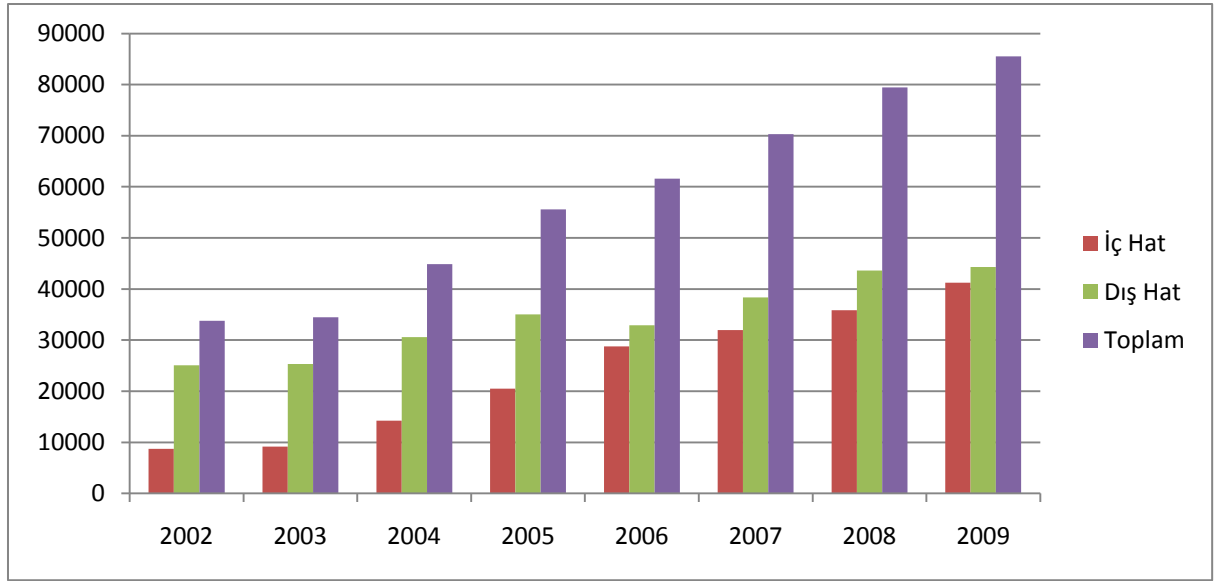
2003 yılında uygulanmaya başlanan bölgesel havacılık politikası ile havacılık sektörünün özel havayolu şirketlerine açılması ile başlayan yükseliş sonucunda, Eurocontrol ve IATA gibi uluslararası kuruluşların Türkiye için 2015 yılı itibarıyla öngördüğü toplam trafik artışı 2005 yılında yakalanmıştır. Türkiye için 2015 yılı itibarıyla tahmin edilen "50 milyon yolcu trafiği" hedefi 2005 yılında gerçekleşmiş ve uluslararası havacılık kuruluşlarının Türkiye tahminlerini değiştirmesine neden olmuştur.

2002 yılında iç hat yolcu trafiği 8 milyon 500 bin iken, bu sayı 2005 yılında yüzde 139 artışla 20 milyon 500 bin yolcuya ulaşmış, dış hatlarda 30 milyon yolcu taşınmıştır. Gerek iç hatlara gerekse dış hatlara olan talep bu yıllar içerisinde hızlı bir şekilde artmış ve 2009 yılında 85508000 kişi hava taşımacılığı ile ulaşımı sağlanmıştır. İç hatlar taşımacılığı dış hatlara göre daha hızlı bir artış göstererek son yıllarda maksimum seviyesine ulaşarak neredeyse dış hatlar ile eşit düzeye gelmiştir. 2002-2009 yılları arası yapılan bu yolcu taşımacılığı sayısının grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.3: 2002-2009 yılları arası taşınan yolcu sayısı (SHGM, 2010)

Yolcu Sayısı (xbin)			
Yıl	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2002	8729	25054	33783
2003	9147	25296	34443
2004	14261	30596	44857
2005	20529	35042	55571
2006	28744	32880	61624
2007	31949	38347	70296
2008	35832	43605	79437
2009	41227	44281	85508

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nden alınan bu veriler, 2002-2009 yılları arasındaki yolcu sayısındaki artışı tartışmasız ortaya koymaktadır. İç hatlardaki artış dış hatlara göre oldukça fazladır. 2009 yılında 85508000 kişi hava taşımacılığı ile ulaşımı sağlanan yolcu sayısı, diğer ülkelerle karşılaştırıldığında iyi bir artış eğilimi gösterdiği ortadadır. Bu sayının ise her geçen yıl artacağı düşünüldüğünden, Türk hava taşımacılığı hızlı bir gelişme gösterdiğini söylenebilir.



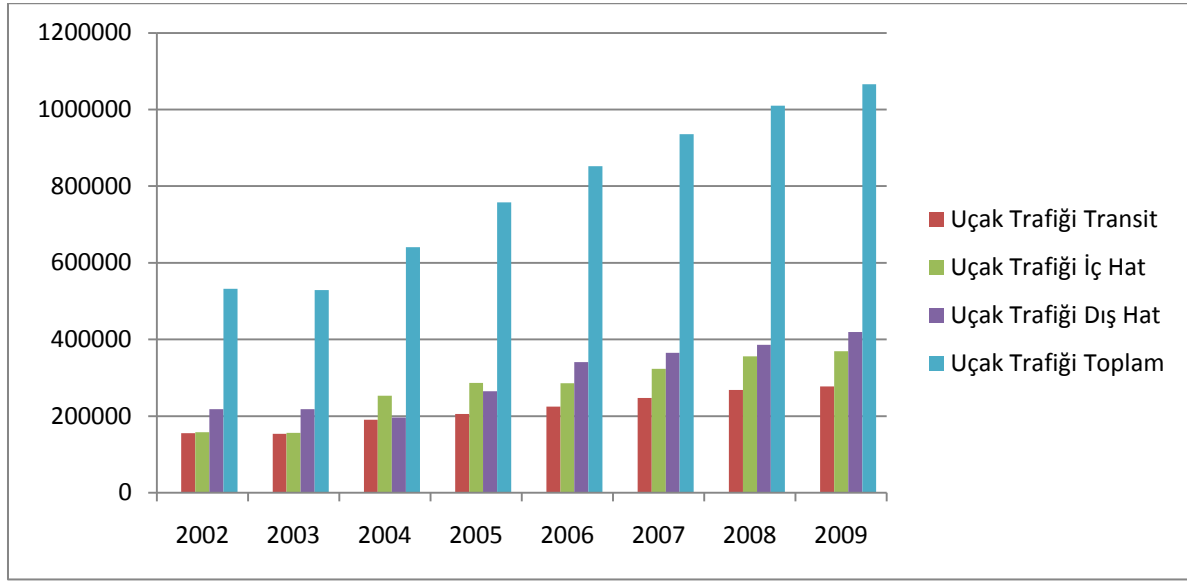
Şekil 3.2: 2002-2009 yılları arası taşınan yolcu sayısı (SHGM, 2010)

Havaalanlarına göre yolcu trafiği değerlendirildiğinde Türkiye'de Atatürk Havaalanı başı çekmektedir. Atatürk Havaalanı, havacılık sektöründe yaşanan yoğun rekabetin de etkisiyle 2005 yılında yolcu trafiği yönünden Avrupa'nın en hızlı büyüyen havaalanı olarak belirlenmiştir.

Türkiye geneli için iç, dış ve transit hatlarındaki uçakların yıllık dağılımları ise Çizelge 3.4 de gösterilmiştir. Bu Çizelge yardımı ile havacılık sektöründeki gelişim açık olarak anlaşılmaktadır. Bu artış eğilimi şekil 3.3'te daha net olarak görülmektedir.

Çizelge 3.4: Türkiye geneli için iç, dış ve transit hatlarındaki uçakların yıllık dağılımları (SHGM, 2010)

Uçak Trafiği				
Yıl	Transit	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2002	155952	157953	218626	532531
2003	154218	156582	218405	529205
2004	191056	253286	196207	640549
2005	206003	286867	265113	757983
2006	224774	286139	341262	852175
2007	247099	323471	365177	935747
2008	268326	356001	385764	1010091
2009	277584	369047	419422	1066053

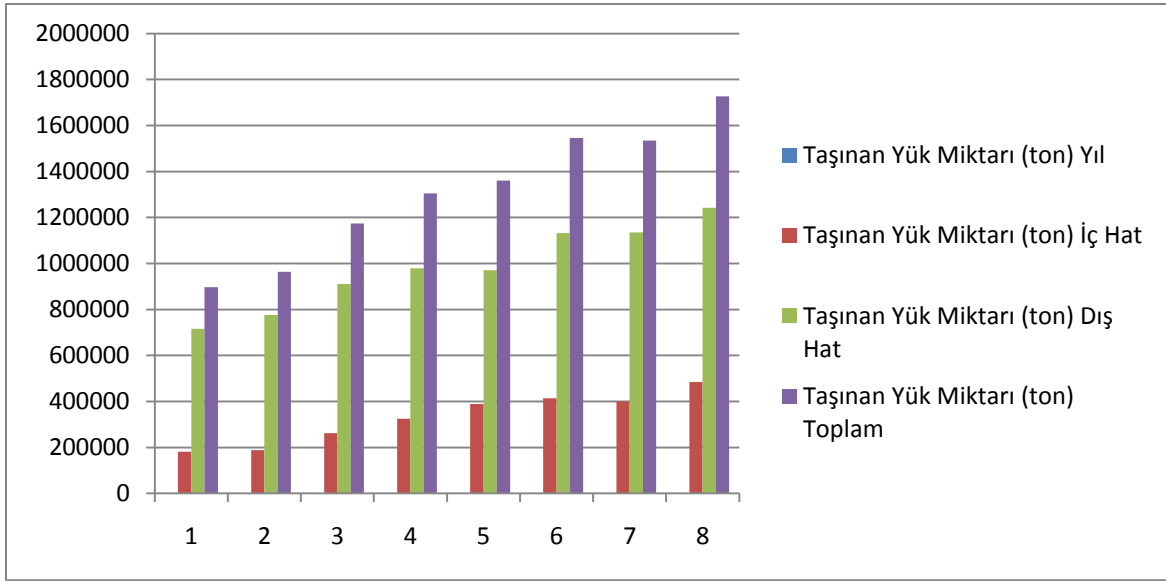


Şekil 3.3: Türkiye geneli için iç, dış ve transit hatlardaki uçakların yıllık dağılımlarının grafiksel gösterimi (SHGM, 2010)

Ticari uçakların yanında görev yapan kargo uçakları da hava taşımacılığında önemli bir yer tutar. 2002-2009 yılları arasında taşınan yük miktarları Çizelge 3.5'te verilmiştir. Taşınan yük miktarındaki artış, seferde olan uçak sayısı ile doğru orantılı olduğu düşünülürse, kargo uçak seferlerinin de arttığı söylenebilir. Şekil 3.4 taşınan yük miktarlarını göstermektedir.

Çizelge 3.5 : Türkiye genelinde ton cinsinden taşınan yük miktarının yıllık dağılımı (SHGM, 2010)

Taşınan Yük Miktarı (ton)			
Yıl	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2002	181262	715603	896865
2003	188979	775101	964080
2004	262790	910559	1173349
2005	324597	979644	1304241
2006	389206	971344	1360550
2007	414294	1131890	1546184
2008	399528	1135091	1534619
2009	484833	1241512	1726345



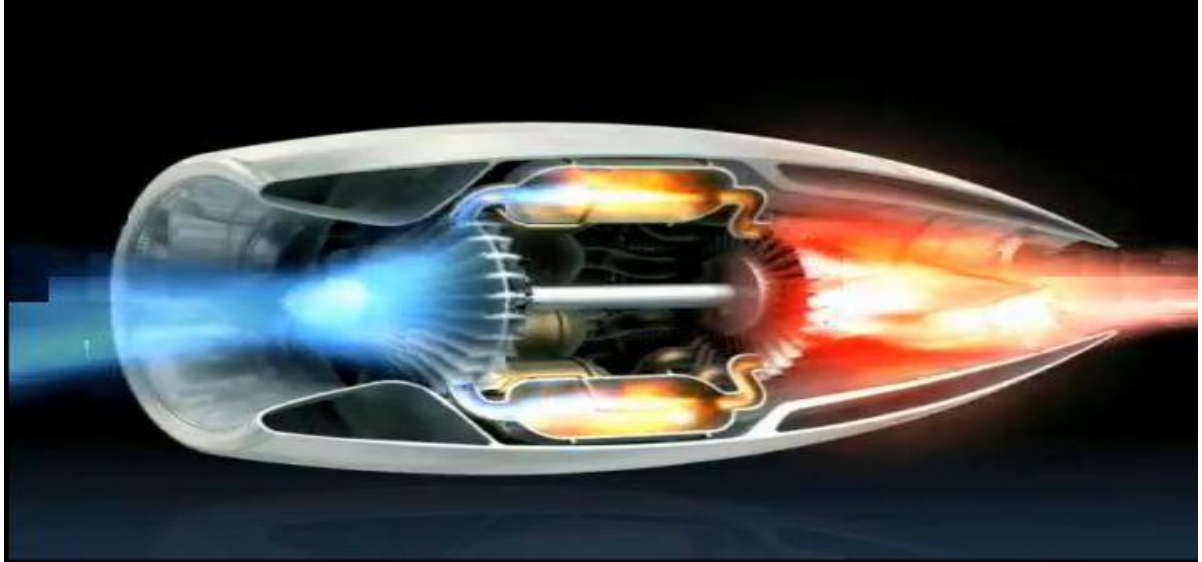
Şekil 3.4: Türkiye genelinde ton cinsinden taşınan yük miktarının yıllık dağılımı (SHGM, 2010)

Türkiye Cumhuriyeti ilk sınırları içerisinde 120 havaalanı bulunmakta ve iç hatlar diye adlandırılan seferler bu havaalanları arasında gerçekleşmektedir. Dış hatlar ise 130 noktaya gerçekleştirilmektedir.

Türk Hava Yolları, taşıma gelirlerinin önemli bir kısmını (yaklaşık dörtte üçünü) dış hatlardan elde etmektedir. 2009 yılı sonuçlarına göre bir önceki yıla göre arzedilen koltuk kilometre (AKK)'de %22, ücretli yolcu kilometre (ÜYK)'de %17, ücretli yolcu sayısında ise %11 artış gerçekleşmiştir. Yolcu doluluk oranı 2009 yılında 3 puan düşüşle %70,9 olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında taşınan yolcu sayısı 22,6 milyon iken 2009 yılında 25,1 milyona ulaşmıştır. Taşınan kargo posta 2009 yılında %19,6 artışla 238 bin tona yükselmiştir. Uluslararası Hava Taşımacılığı Örgütü (IATA)'ne üye havayollarının 2008 yılında %75.9 olan yolcu doluluk oranı, 2009 yılında %75,6 olarak gerçekleşmiştir. IATA üyesi havayollarının 2009 yılı faaliyetlerine göre, trafik sonuçları geçen senenin aynı dönemi ile karşılaştırıldığında talepteki daralmaya bağlı olarak AKK %3.0, ÜYK ise %3.5 azalmıştır. Avrupa Hava Yolları Birliği (AEA) üye havayolları içinde THY'nın durumu incelendiğinde, 2009 yılında AEA havayolları (Association of European Airlines) tarafından taşınan 326 milyon yolcunun 25 milyonu THY tarafından taşınmıştır. IATA tarafından 2009 yılında dünya genelinde 2,2 milyar yolcu ve 35 milyon ton kargo taşınacağı öngörülmekte olup, sektörde hedef 2009 yıl sonu itibari ile 456 milyar dolar cirodur.

3.1.5. Uçaklar için jet motorları

Jet Motoru, uçakların ve uzaya gönderilen roketlerin havada yüksek hızla hareket etmesini sağlar (Jet Motoru Teknolojisi, 2010). Bir jet motoru önde dönen bir pervaneyle aldığı havayı jet yakıtıyla karıştırıp küçük bölmelerde yakarak bu bölmelerde çok büyük bir basınç oluşturur. Bu basınç öne doğru çıkış yolu bulamadığı için geriye doğru büyük bir hızla çıkar. Çıkarken bu çıkış sırasında öndeki pervanenin bağlı olduğu mile bağlı daha küçük pervaneye çarparak öndeki pervanenin sürekli dönmesini ve dolayısıyla hem sürekli yanma odasına hava alınmasını hem de ön tarafta oluşan hava basıncından dolayı yanma odasında oluşan basıncın geriye doğru ilerlemesini sağlar. Bu şekilde ön taraftan giren hava sürekli olarak yanma odasında yanıp genişlerken geriye doğru daha dar bir delikten çıkarak ileriye doğru bir itme kuvveti sağlar (Turbo jet, 2010).

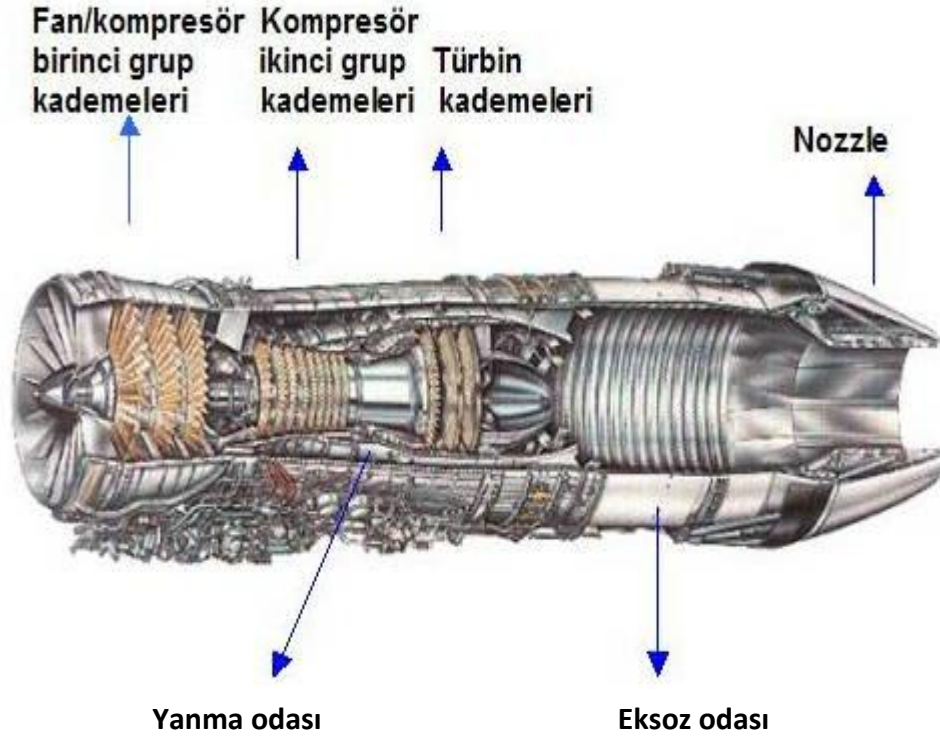


Şekil 3.5: Jet motoru profili

Bir başka deyişle daha bilimsel açıklanır ise, içten yanmalı motor olarak tanımlanan, genel olarak uçaklarda kullanılan jet motoru, ön kısımdan emdiği havayı, kompresörde sıkıştırdıktan sonra yakıt / hava karışımının yanma odalarında yanmasıyla oluşan büyük ölçüde genişlemiş ve yanmış karışımın nozzle'dan dışarı çıkmasıyla yarattığı tepki ile ileri doğru hareket sağlar.

Jet motorunun arkaya doğru yarattığı tepki ile ileri doğru hareket sağlaması Sir Isaac Newton'un 17.yy'da bulduğu Hareket Yasaları'nın üçüncüsü ile açıklanmaktadır. Hareket yasalarının üçüncüsünde iki cismin etkisi daima eşit ve zıt yöndedir. Diğer bir anlatımla tepki, etkiye daima eşit ve zıt yöndedir denmektedir.

Jet motor nozzle'ından çıkan yanmış hava / yakıt karışımının tepkisi aynı ölçüde ve zıt yönde etki yaratmakta, bu tepkime ileri doğru hareket meydana getirmektedir. Jet motoru; hava girişi, kompresör, yanma odaları, çıkış türbünü ve nozzle'dan oluşmaktadır ve şekil 3.6 de gösterilmiştir (Bal, 2010).



Şekil 3.6: Jet motorunun kesiti

Kaynak: <http://www.tayyareci.com/akademi/motorjet.asp>, 2011

3.2. Çevresel Etkiler

Hava taşımacılığının küresel ekonomiye sağladığı sosyal ve ekonomik getirilerin yanında, bu sektörden kaynaklanan kirletici gazların çevre üzerindeki yerel ve küresel etkilerini de dikkate almak gereklidir. Havacılık, iklim değişikliği açısından önemli ve etkisi giderek artan bir sektördür. Gün geçtikçe gelişen ve büyüyen havacılık sektörü ile bu çevre sorunları da aynı oranda artmaktadır. Havayolu taşımacılığı sahip olduğu yıllık ortalama % 5 ve daha fazla artış hızıyla bütün taşımacılık türleri arasında en hızlı büyüyen alan olmuştur. Sürekli büyüme halinde olan havacılık sektörünün iklim üzerindeki etkilerinin kısa bir süre içerisinde diğer taşımacılık modlarının etkisini geçeceği düşünülmektedir. Bu etkinin 2030 yılı itibarıyla 2 katına çıkacağı tahmin edilmektedir (Yetilmezsoy, 2006).

Havacılık sektörü uluslararası ve ulusal kurumların da etkisi ile giderek çevreye karşı daha duyarlı hale gelmiştir. Hava aracı üreticileri daha az yakıt harcayan uçaklara yönelmekte, aynı anda daha fazla yolcuyu taşıyacak uçaklar üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bununla birlikte havaalanlarında enerji kullanımı, hava kirliliği ve doğal hayatı etkileyecek diğer çevresel faktörler, dünyadaki havacılık faaliyetlerinin artmasına paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Kaynakların etkin bir şekilde kullanılması için geleceğe dönük planlamalarda havaalanının çevreye verdiği etkiler de planlanmalıdır (UHTB, 2011). Uluslararası havacılık kuruluşları ve ulusal otoriteler havaalanlarının çevreye verdiği etkiyi gelecek yıllarda daha az seviyelere çekmek için ek önlemler almaktadır. Örneğin ICAO, 80’li yıllarda, havacılığın çevreye verdiği zararları önlemeye yönelik tavsiyeleri içeren Ek 16’yı yayınlamıştır.

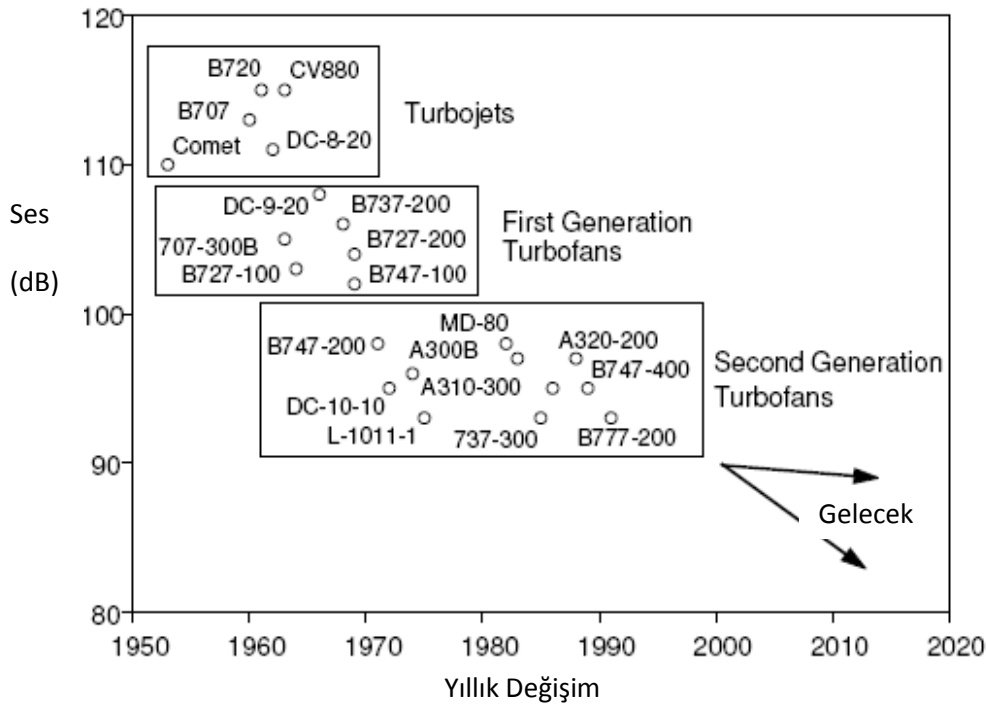
Bununla birlikte, 2002 yılında havaalanı planlamada arazi kullanımı ve çevresel faktörler konusunda bir rehber dokümanda yayınlamıştır (Durmaz, 2005). Ayrıca, 2005 yılında belirlediği stratejik amaçları arasında emniyet, güvenlik, çevre koruma, verimlilik, süreklilik ve yasalara uyum yer almaktadır (Özen, 2005). ICAO yanında; IATA, ACI, ATAG, EASA (European Aviation Safety Agency), JAA, ECAC, AEA (Association of European Airlines) gibi uluslararası havacılık kuruluşları havacılık sektörünün çevreye verdiği etkileri azaltmak için önlemler almaktadırlar. İngiliz hükümeti 2003 yılında gelecek hava taşımacılığı politikalarına yön verecek Beyaz Sayfa (The White Paper) yasasını kabul etmiştir (DFT, 2011). Bu yasa ile havaalanlarında geleceğe dönük gelişimlerin insanlara ve çevreye vereceği zararın havaalanı master planlarında açıklanması zorunluluğu gelmiştir.

Günümüzde havaalanı planlama süreci çevreci bir yaklaşımla ele alınmakta ve havaalanı planlayıcıları tasarımlarını; ekolojik ve doğal hayat, enerji tüketimi, iklim değişiklikleri, gürültü, arazi kullanımı, atık sular, yeraltı yakıt tankları, buz önleyici sıvı ve katı kimyasallar gibi bir çok konuyu göz önüne alarak yapmaktadır. Kullanılan malzeme bakımından doğal malzemelerin seçildiği, güneş kırıcı sistemleri ile klima ihtiyacının en aza indirildiği ve gündüz güneş ışığından yararlanılarak yapay ışıklandırmaya ihtiyaç duymayan bir tasarıma sahip ve çevre dostu havaalanı tasarım ödülünü alan Dalaman Havalimanı dış hatlar terminali çevreci havaalanı planlamasına güzel bir örnek teşkil etmektedir (Daşar, 2011).

Havalimanları için çevresel etkileri incelemek önem kazandığından beri bu kirleticiler belli başlıklar altında toplanmıştır. Bunların en önemlileri uçaklardan kaynaklanan ses kirliliği ve hava kirliliği şeklinde sıralanabilir. Bunun yanında diğer çevresel etkiler su kirliliği, toprak kirliliği, katı atıklar ve alan kullanımı sonucu ekosistem bozulmasıdır.

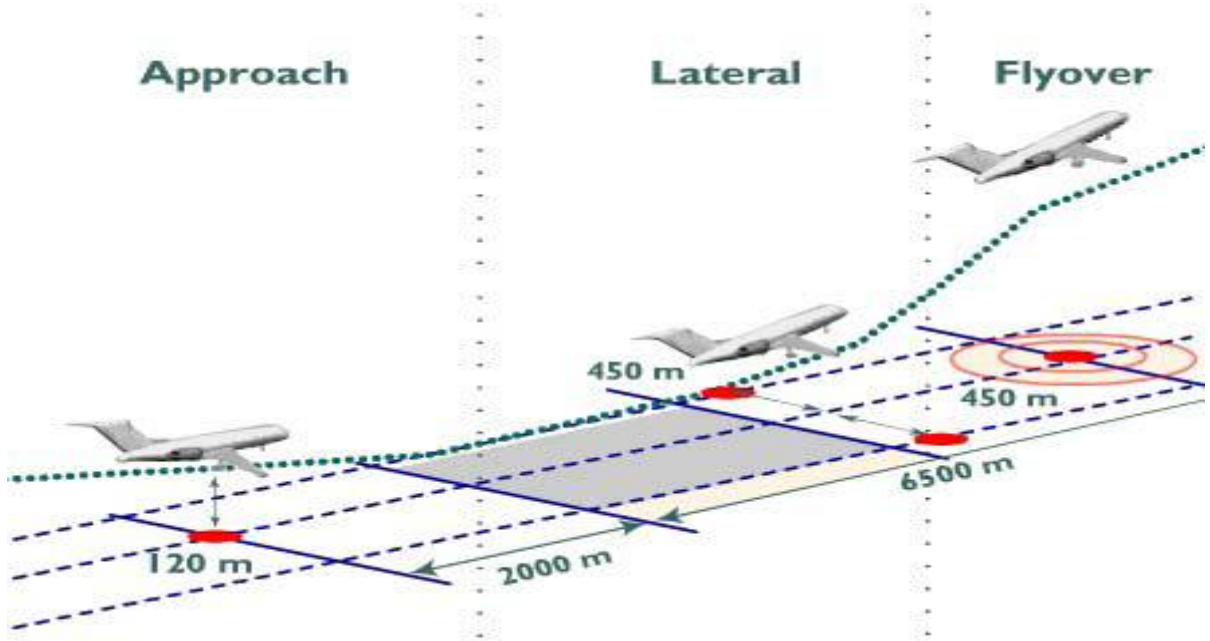
3.2.1. Ses kirliliği

Ses kirliliği insanları sadece rahatsız etmekle kalmaz aynı zamanda insan sağlığına zarar verir, yaşam kalitesini düşürür. Havayolu şirketlerindeki uçak sayılarının ve havacılığa olan talebin artması sonucu uçaklardan kaynaklanan ses kirliliği ve havaalanları civarındaki trafikten kaynaklanan ses kirliliğinde de artışa neden olmaktadır. Havaalanları bulundukları bölgeye sosyoekonomik olarak büyük katkılar sağlamasına rağmen bölgede yaşayan insanları olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bir havaalanının faaliyete geçmesi ile ortaya çıkan en önemli sorun gürültüdür. Özellikle yer seçimi yapılırken şehir dışında bir bölgede kurulan havaalanı, kentsel gelişim sonucunda yerleşim alanları içerisinde kalarak gürültü sorununa neden olmaktadır. Gürültünün bu bölgede yaşayan kişilerin yaşam kalitelerini etkileyerek fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans gibi sağlık etkileri olmaktadır (Durmaz, 2005). Gelişen teknoloji ile geliştirilen uçak motorlarından çıkan ses dB olarak azaltılsa da artan uçak sayısı ile bu ses kirliliği havaalanı etrafını ciddi şekilde etkilemektedir. Alttaki şekil de ise gelişen teknoloji ile farklı uçak tiplerinden kaynaklanan ses kirliliğinin 50 yıllık değişimi gösterilmektedir. Ulusal Havacılık Kurumu (FAA) uçaklar için ses limitini 100dB DNL (gündüz-gece ses seviyesi) olarak belirlemiştir.



Şekil 3.7: Ticari uçaklardan kaynaklanan ses kirliliğinin 50 yıldaki değişimi (FAA, 2010)

FAA, 1976 yılında “Havacılık Gürültü Azaltma Politikası”nı kabul etmiştir. Bu kapsamda FAA tarafından yayınlanan “Havaalanları için gürültü kontrol ve uyum planı (AC 150/5020)” çerçevesinde; ses, desibel, ses basınç seviyesi, zaman ağırlıklandırılmış ses basınç seviyesi gibi ölçüm birimlerinde havaalanı çevresinde olması gereken gürültü seviyeleri tanımlanmıştır (FAA, 1983). ICAO ise; 30 yılı aşkın bir süredir, havacılıktaki gürültü kaynaklarının azaltılması ile ilgili çalışmaktadır. Günümüzdeki hava aracı üreticileri, ICAO Ek-16, Doc 9501’de belirtilen gürültü standartlarında üretim yapmaktadırlar. Havaalanı faaliyetleri sırasında oluşan gürültü kaynakları genellikle iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar uçak gürültüsü ve yerdeki gürültüdür (Durmaz, 2005). Uçağın iniş, kalkış ve havadaki uçuşu esnasında ortaya çıkan uçak gürültüsü, o bölgede yaşayan çok fazla sayıda insanı etkilemektedir. Bu sebeple; ICAO ve ECAC havaalanlarındaki gürültü seviyelerinin sertifikasyonu için uçakların çeşitli kriterlere göre gürültülerinin yer aldığı veri bankası oluşturmaktadır. Bu veri bankalarında, hava araçlarının havaalanları üzerindeki farklı uçuş aşamalarına yönelik standart bir ölçüm sonucu elde edilen veriler bulunmaktadır (ICAO, 2011). Bu gösterim ise şekil 3.8 ile verilmektedir.



Şekil 3.8: ICAO ve ECAC Havaalanlarındaki Uçak Gürültü Seviyeleri

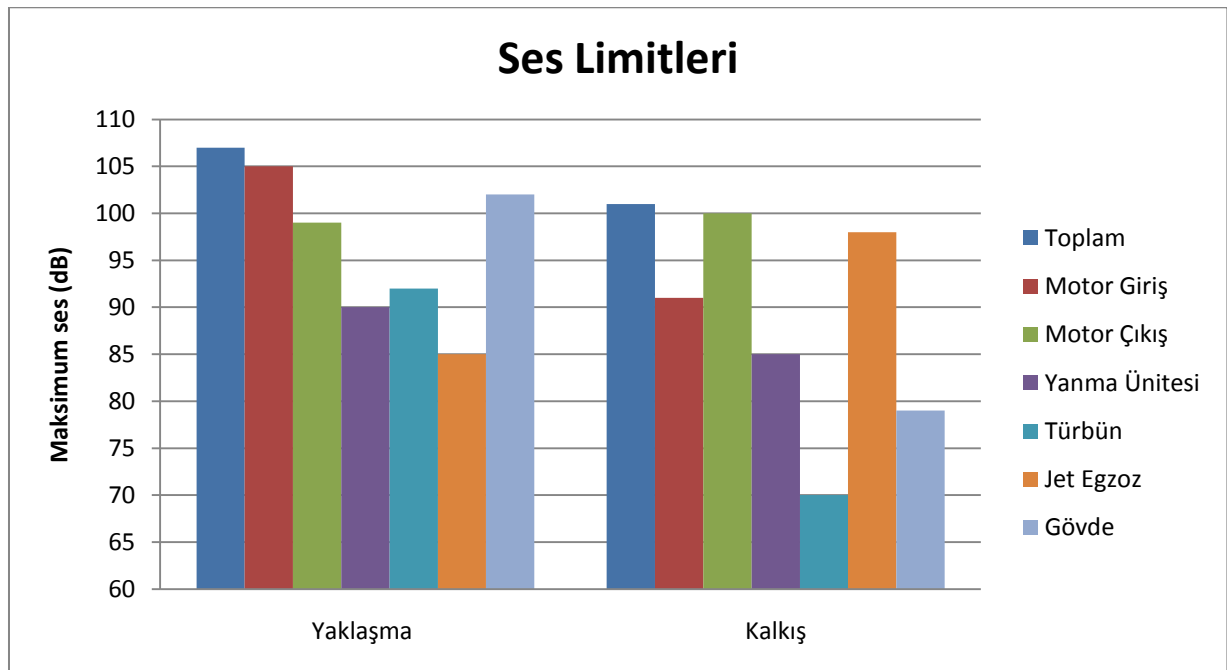
Kaynak: <http://noisedb.stac.aviation-civile.gouv.fr/> iletişim adresli internet sayfası (2011)

Ses kirliliği uçaklar, uçak şirketleri ve uçak üretici firmalar için belli standartların altında da tutulması yönünde yaptırımlar ve bunların ilgili şirketlerce kontrolü dolayısıyla

sorumlulukları vardır. Bunun yanında havaalanları civarında oturanların ses kirliliği yönünden şikayetlerini minimuma indirmek adına gece için daha düşük limitlerde standartlar uygulanır. Örnek olarak İngiltere'nin Heathrow havaalanında gece zaman dilimi içinde en sessiz uçakların inip kalkmasına izin verilmekte ve daha gürültülü uçaklara izin verilmemektedir (BK Çevre Bölümü, 2010). Her iniş ve kalkış yönetmelikler açısından kontrol edilmekte ve limitlerin altında olduğu kanıtlanmaktadır. Şekil 3.9 bir uçak için uyulması gereken ses seviyesini göstermektedir. Bir uçak havaalanına yaklaşması ve kalkıştan sonra havaalanından uzaklaşması sırasında çıkardığı seslerin limitleri yönetmelik ile belirlenmiştir. Yaklaşma sırasında uçağın motorundan ve gövdesinden gelen toplam ses 107 dB i uzaklaşması sırasında ise 100 dB i geçmemesi gerekmektedir.

Çizelge 3.6: Uçak ve parçalarından çıkan seslerin limitleri (FAA, 2010)

	Ses Limitleri (dB)	
	Yaklaşma	Kalkış
Toplam	107	101
Motor Giriş	105	91
Motor Çıkış	99	100
Yanma Ünitesi	90	85
Türbün	92	70
Jet Egzoz	85	98
Gövde	102	79



Şekil 3.9: Uçak ve parçalarından çıkan seslerin limitleri

3.2.2. Hava kirliliği

Havaalanlarında gerçekleştirilen faaliyetler yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini olumsuz yönde etkileyen çok miktarda toksik emisyon üretilmesine yol açmaktadır. Fosil kökenli yakıt kullanımına bağlı olarak havaalanı faaliyetleri sonucu atmosfere sera gazı yayılmakta ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Küresel açıdan sürdürülebilir havacılık için; Kyoto Protokolü, İngiliz Ulusal İklim Değişikliği Programı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Hava Taşımacılığının Geleceği Raporu ve Enerji Dosyası ile politikalar belirlenip yasal çerçeve oluşturulmaya çalışılmaktadır. Örneğin, emisyon ticareti yakın gelecekte havaacılık sektörüne uygulanacak yeni bir düzenlemedir. ICAO konu ile ilgili; Havacılıkta Emisyon Ticaretinin Kullanımı Rehberi Taslağını (Doc 9885) Avrupa Birliği'nde ise Avrupa Birliği emisyon ticareti sistemini konu alan 2003/87/EU No'lu Direktifini yayınlamıştır (ICAO, 2007). Bu doğrultuda ülkeler ulusal iklim değişikliği programlarını yayınlamaktadırlar. Havaalanlarında gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda oluşan emisyon nedeni ile büyük havaalanları önemli ölçüde hava kirliliği yaratmaktadır. Toksik emisyon ile ilgili olarak havaalanları büyük endüstriyel fabrikalar ile karşılaştırıldığında, nitrojen oksit ve uçucu organik bileşiklerin (VOCs) emisyonunda petrol rafinerileri, enerji istasyonları ve kimyasal ürünler üreten fabrikalar ile birlikte ilk dört'e girdiği görülmektedir. Örneğin; JFK havaalanının, NewYork şehrindeki en büyük nitrojen oksit ve ikinci en büyük VOCs kaynağı olduğu bilinmektedir. Almanya'nın en büyük havaalanı olan Frankfurt Havaalanında yapılan bir çalışma; havaalanının bu bölgede yanmamış hidrokarbonların % 74'ünden, karbon monoksit, sülfür dioksit ve nitrojen dioksitin %40-44'ünden sorumlu olduğunu göstermiştir (Durmaz, 2005).

FAA tarafından havaalanı otoritelerine, havaalanında hava kirliliğine neden olan emisyon kaynaklarının belirlenmesi ve kirliliğin ölçülmesi ile ilgili EDMS (The Emissions and Dispersion Modeling System) modelleme sisteminin kullanılması zorunlu tutulmuştur. Modelleme sistemi havaalanlarındaki; havaaraçları, havaaraçlarının yerde kullandıkları yedek güç kaynakları ve yer destek ekipmanları (GSE) gibi havacılık ile doğrudan ilgili araçların ürettiği hava kirlilik seviyesini ve yer ulaşım araçları, yakıt depolama tankları gibi doğrudan havacılık ile ilgili olmayan araçların ürettiği hava kirlilik seviyelerini ölçme prensibine dayanmaktadır. EDMS sisteminin geçmişi 1980'lerin ortalarına kadar dayanmaktadır. Bilgisayar yazılımı ile desteklenen EDMS, havaalanının kirlilik ölçümü ile ilgili bir veri

tabanı oluşturmaktadır. Bu veri tabanında her bir havaaracı ile ilgili veriler sisteme girilmekte ve havaalanının kirlilik seviyesi kayıt altına alınmaktadır (Hall, 2006).

Uçaklardan kaynaklanan gazların atmosfere salınması ise ikinci önemli çevre kirliliğidir. Farklı uçak çeşitlerinde gasoline veya let kerosenin yanması ile çevreye ses kirliliğinin yanında emisyon olarak farklı kirleticiler de verilir ve yanması sonucu atmosfere gaz ve partikül olarak kirletici vermektedir. Bu yanma sonucu genel olarak CO₂ ve su atmosfere verilir. Dünyaya genel olarak bakıldığında atmosfere salınan CO₂ 'in %13 ü taşımacılıktan kaynaklanıyor (Penner, 2005). Bunların yanında NO_x, H₂O, VOC, CO, PM, SO de atmosfere verilen emisyonlar arasında sıralanabilir. Bu kirleticiler çevreye iklim değişikliği yönünden kötü etkide bulunurlar. Çizelge 3.7 bu kirleticilerin çevresel etkilerini vermektedir (Whitelegg, 2000).

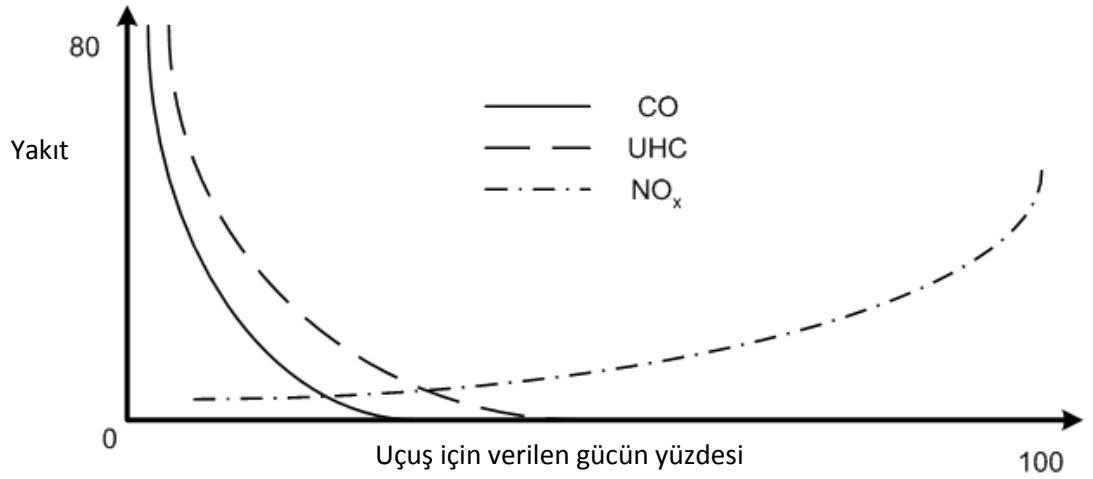
Çizelge 3.7: Uçak yakıtının yanması sonucu oluşan farklı kirleticilerin çevresel etkileri (Whitelegg, 2000).

Kirleticiler	Çevresel Etkiler
CO ₂	Greenhouse gazı, iklim değişiminde etkili
CO	Toksit gaz, Yaşayan canlılar üzerinde kötü etkili
NO _x	Tahriş edici gaz, yaşayan canlılar üzerinde kötü etkili Ekosistemde asitlenme ve ötrofikasyonda prosesinde görev alıyor Troposferik ozon oluşumunda görev alıyor
PM ₁₀ ve PM _{2,5}	Yaşayan canlılar üzerinde etkilisi var İklim değişiminde etkili
SO ₂	Yaşayan canlılar üzerinde etkisi var Ekosistemde asitlenmede görev alıyor İklim değişiminde etkili
HC ve VOC	Canlı yaşamı üzerinde (solunum hastalıklarında) etkili Yanma kalitesi ve enerji verimliliği göstergesi
Aerosoller	İklim değişikliği yönünde negatif etkili

Kullanılan petrol miktarından yola çıkarak, önümüzdeki 20 yıl içinde uçak sayısının %4, dolayısıyla havaya salınacak emisyonların 1,6- 10 oranında artması beklenmektedir (Boeing, 2010). Günümüzde kullanılan Emisyon yönetmeliği havalimanı çevresindeki lokal havanın kalitesine yöneliktir. Ama uçaklardan kaynaklanan emisyonlar sadece havalimanı çevresini

değil bunun yanında 1000m nin üstünde gerçekleştirdiği cruise bölümünde yukarı atmosfere verdiği emisyonlarda vardır. Bu emisyonlar uzun dönemde çevre açısından problem oluştururlar. ICAO burada verilen emisyonlar için yönetmelikler oluşturmak için birim oluşturmuştur. Ama gerek politik gerekse diplomatik yaklaşımlardan dolayı uluslar arası hava sahası için ortak bir emisyon seviyesi anlaşmasına varılması oldukça zorlayıcıdır (Jardine, 2005).

ICAO yönetmeliği LTO döngüsü için atmosfere verilen gaz emisyonların limit değerlerini kısıtlamaktadır. LTO döngüsünde bütün ticari uçaklardan çıkan emisyonların %56 'sı NO_x formunda atmosfere verilmektedir. Yanmayan hidrocarbonlar ise %5 civarlarındadır. Şekil 3.10 uçağın havalanma sırasında motorlara verilen güç ile yakıt oranı neticesinde atmosfere verilecek emisyonların boyutunu göstermektedir (Gauss, 2006).



Şekil 3.10: Motor emisyonları(Gauss, 2006)

Ozon üzerindeki zararlı etkisi ve yok etme mekanizmasından dolayı NO_x oluşumu bütün kaynaklardan azaltılması yönünde yaptırım uygulanmaktadır. NO_x oluşumu motordaki petrol akışına (kg harcanan petrol/saniye) ve emisyon yanma indeksine göre hesaplanır. NO_x yönünden LTO çevrimi dört bölümde incelenir. Bunlar kalkış (%100), tırmanış (%85), yaklaşma (%30), yerde hareket (%7). Yapılan genel gözlemler ve analizlere göre bir uçak için zaman dağılımı 0,7dk kalkış, 2,2 dk tırmanış, 4dk yaklaşma, 26 dk ise havalananındaki yer hareketleri süresini kapsar. Toplam emisyona bakıldığı zaman ise bu dört durumda atmosfere verilen tüm emisyonları kapsamaktadır (Rypdal, 2000).

Yer seviyesinde fotokimyasal bir oksitleyici olarak oluşan zararlı ozonun aksine (troposferik ozon), yer yüzeyinden 25-40 km yukarıdaki stratosferik ozon, güneşten gelen kısa dalga boylu morötesi (UV) radyasyonunu absorbe eden ve engelleyen doğal bir filtre görevi yapmaktadır.

Ozon, stratosferde moleküler oksijenden oluşma ve morötesi radyasyonla bozunma işlemleri arasında bir denge içinde bulunmaktadır. Hidrojen, azot ve klor oksitler gibi reaktif kimyasalların stratosferde bulunması, ozonun bozunmasına sebep olmaktadır. Bu durum, söz konusu dengeyi bozarak ozon miktarında net bir azalmaya neden olmaktadır. Bu kimyasallar stratosferden uzaklaştırılmadan önce birçok bozunma reaksiyonuna girmektedirler (Türkiye Çevre Sorunları, 2010).

Uçaklardan çıkan çeşitli emisyon gazlarının ozon tabakasındaki etkilerini belirlemek amacıyla troposferin üst kısmında ve stratosferin 9 ve 13'üncü kilometrelerinde uçan subsonik uçaklar ve stratosferin 17 ile 20'inci kilometrelerinde uçan süpersonik uçaklar üzerinde araştırmalar yapılmıştır. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change-Hükümet İçi İklim Değişikliği Heyeti) nin raporuna göre, troposferin üst kısımlarında ve stratosferin alt kısımlarındaki azot oksit (NOx) emisyonlarının ozonu artırması ve metan gazını azaltmasına karşılık daha yüksek seviyelerdeki azot oksit emisyonlarındaki artışın stratosferik ozon tabakasını yok etmesi beklenmekte ve ozon gazının habercisi olan azot oksit gazlarının yükseklik arttıkça çoğaldığı ifade edilmektedir. Uçakların neden olduğu ozondaki değişiklik, azot oksit gazlarının serbest bırakıldığı yüksekliğe bağlı olup troposferdeki bölgesel ölçekteki değişikliklere ve stratosferdeki global ölçekteki değişikliklere göre farklılık göstermektedir (Havacılık ve Global Atmosfer, 2010).

Özellikle stratosferdeki ozon kimyası tamamen farklılık göstermektedir. Bu tabakadaki NOx emisyonlarının neden olduğu katalitik reaksiyonlar neticesinde koruyucu ozon tabakası tahrip edilmektedir. Bu olay da güneşten gelen tehlikeli UV radyasyonunun Dünya yüzeyine daha fazla ulaşmasına sebep olmaktadır. Stratosferik ozon tabakasındaki incelme neticesinde gelecek yıllarda deri kanseri vakalarında artış olacağı tahmin edilmektedir (Colvile, 2000).

Araştırmalar, teknolojinin gelişmesine rağmen hava trafiğindeki hızlı yükselişin kirliliği de giderek arttırdığını göstermektedir. Uçak motorlarından çıkan zehirli gazlar çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yolcu uçakları Jet A1 olarak adlandırılan gaz yağının bir türevini kullanmaktadır. Dünya yakıt tüketiminin % 5-6'sı yolcu uçakları tarafından gerçekleştirilmektedir. Yeni yolcu uçaklarında 100 kilometre mesafede yolcu başına ortalama 3-3.5 litre yakıt harcanmaktadır. Eski uçaklarda ise bu oran 12 litreye yükselmektedir (Cebeci, 2003).

1 kg Jet A1 yakıtının tam olarak yanması ile yaklaşık 3.16 kg karbondioksit (CO₂) ve 1.25 kg su buharı (H₂O) emisyonu meydana gelmektedir. Kükürt dioksit (SO₂) emisyonları ise yakıttaki kükürt içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Havacılık ve Çevre, 2010).

Özellikle jet uçakları, LTO çevrimi esnasında yüksek miktarda azot oksit emisyonu oluşturmaktadır. Örneğin, 1990'ların ortalarında JFK hava alanındaki bir uçağın iniş ve kalkış süresince oluşturduğu azot oksit emisyonu, bir otomobilin yaklaşık 45 km'lik seyahati boyunca ürettiği azot oksit emisyonuna eşdeğer miktarda tespit edilmiştir (Murray, 2004).

Emisyon değişiminden dolayı atmosfer kompozisyonunda oluşacak geleceğe dönük senaryoların oluşturulması bir çok faktöre bağlı olduğundan çok kolay değildir. Her şeyden önce gelecekteki emisyon değişiminin ne ölçüde olacağına realistik bir yaklaşımın yapılabilmesi için, içerisinde bir çok faktörü içeren ve atmosfer şartlarını barındıran bir modelin kullanılması gerekmektedir. Ancak şu anki teknoloji geleceğe yönelik uzun dönem atmosferdeki değişimi tamamen doğru vermediğinden, emisyon değişiminin ne ölçüde olacağını da ortaya koyamaz. Senaryolar yardımı ile gelecekteki değişimin ölçüsü tam olarak verilemese de, düzeyini verme konusunda bir fikir ortaya koyar.

Havacılığın gelecekteki olası etkisini ortaya koymak adına, makul ölçüde geleceğe yönelik bir senaryo yazmak için atmosfer bileşenlerinden CO₂, NO_x, SO₂, CO ve HC emisyonlarının alt yapısının bilinmesi gerekir. 1992 IPCC de bahsedilen IS92 adlı senaryo baz alınarak bazı incelemeler yapılmıştır (IPCC 1999). Bu senaryoya sera gazı ve aerosol emisyonları geleceğe ait kirlilik, ekonomik büyüme, arsa kullanımı, teknolojik ilerleme, enerji ve yakıt gibi atmosfer bileşenlerinde önemli olan ve 1990-2100 yılları arasını kapsayan altı senaryosu da eklenmiştir. Küresel karbon çevrimi ve atmosferin kimyasının daha iyi anlaşılabilmesi için, bu emisyonların konsantrasyonları göz önüne alınmıştır.

Havacılıktaki ilerleme bölgesel ve küresel olarak ekonominin ilerlemesi ile çok ilgilidir. Ekonominin ilerlemesi, tatil çıkma isteği, uçuş teknolojisi, sefer sayısı, yakıt fiyatı gibi çeşitli etkileri de etkilemektedir. Yalnız talebin artması direk olarak emisyon miktarının artmasıyla ilişkilendirilemez. Motor ve uçaklarda yapılacak olan değişiklikler ileriki yıllarda motorun ve yakıtın verimliliğinin artmasıyla emisyon seviyesinin atmayacağı öngörülmektedir.

3.2.3. Su ve toprak kirliliği

Canlılığın kaynağı sayılabilecek toprağın yapısına katılan ve doğal olmayan maddeler toprak kirliliğine neden olur. Böyle topraklarda bitkiler yetişmez ve toprağı havalandırarak yarar sağlayan solucan vb. hayvanlar yaşayamaz duruma gelir. Topraktan bitkilere geçen kirlletici maddeler, besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşır (İÇOM, 2011). Su kirliliği, doğal çevre

içindeki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının, havaalanı faaliyetlerinden doğan kirleticilerin kontrolsüz olarak bu kaynaklara karışması şeklinde tanımlanabilir. Kirleticiler, havaalanı faaliyetleri sonucu doğrudan suya ve toprağa karışabildiği gibi bazen de dolaylı yollardan karışabilir. Örneğin, havaalanı kanalizasyon sistemi içinde bir arıtma uygulanmadığında, bu kirleticiler doğrudan çevredeki su kaynaklarına karışmaktadır. Yeraltı yakıt depolarından gelen sızıntılar, havaalanı içinde meydana gelen uçak kazaları gibi etkenler dolaylı yollardan bu kirleticilerin kontrolsüz olarak çevredeki su kaynaklarına karışmasına sebep olmaktadır. Havaalanı içinde su kaynaklarına olan etkileşim iki farklı şekilde ele alınabilir: Öncelikle yağın yağmur suları ve bunların temas ettiği olası kirleticiler göz önüne alınarak yapılan yüzey sularının uygun boşaltım sistemi, ikincisi ise havaalanı içinde yer alan faaliyetlerde kullanılan suyun olası kirleticilerle teması sonrasındaki boşaltım sistemidir. Yağmur suları uygun drenaj sistemi kullanarak kirletici riskinin daha fazla olduğu açık alanlardan, ayrı bir kanalizasyon sistemi ile toplanmasını gerektirebilir. Böylece, hem yeraltı hem de yerüstü sularına karışacak kirleticiler kontrol altına alınabilir. Ayrıca, havaalanı içerisinde yer alan kirlenmiş kullanım sularının uygun tahliye sistemleri ile bir atık su arıtma sisteminden geçirilmelidir.

Havaalanlarındaki su kirliliğine sebep olan faktörleri; bakım ve ikmal faaliyetleri sırasındaki yağ ve yakıtın dökülmesi ve yere sıçramaları; havaalanı yer hizmet araçlarının ve hava araçlarının yıkanması; çeşitli kimyasalların dolum ve boşaltım sırasında dökülmesi ve yere sıçramaları, karayollarının, apron ve pistin temizliği; sıvı depolarından sızıntı; uygun şekilde depolanmayan veya araziye bırakılan malzeme; inorganik tarım ilaçları; atıkların uygun olmayan şekilde araziye bırakılması; terminal binası atık su sistemi; yangın söndürme faaliyeti ve eğitimi; uçak kazaları; havaalanı inşaatı şeklinde sıralamak mümkündür. Bu faktörler incelendiğinde su kirliliğine neden olan faaliyetlerin sadece suyu kirletmeye neden olmadıkları beraberinde toprak kirliliğine ve havaalanı çevresindeki doğal hayatın da olumsuz şekilde etkilenmesine yol açtığı görülmektedir. Bu nedenle, su kirliliğine karşı alınacak önlemler aynı zamanda toprak kirliliği ve doğal hayatı korumaya da yönelik olmaktadır. Öncelikle havaalanı sahası içinde yer alan yeraltı ve yerüstü kaynak sularının mevcut durumu incelenerek yukarıda sıralanan faaliyetlerin olası sonuçları tahmin edilerek bu yönde havaalanı yüzey suları drenaj sistemi kurulmalıdır. Daha sonra uygun arıtma sistemi kurularak atık kullanım suları işlenmeli ve içlerindeki kirleticiler belirli oranlara düşürülerek tahliyeleri sağlanmalıdır (Durmaz, 2005).

4. HAVALİMANLARI VE İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI

4.1. Havaalanları ve Sınıflandırılması

Havalimanı hızlı ve konforlu bir ulaşım başlama noktasıdır. Ama aynı zamanda geliş ve gidiş yapan bir yolcu için de yolculuğun başlangıç ve bitiş noktasıdır. Uçaklarda insan ve kargo taşımacılığının katlanarak arttığı bir dönemde, hava ulaşımı ve bu mekanizmanın çok önemli bir parçasını oluşturan havalimanı da sosyal ve teknik bir olgu olarak gündelik yaşamımızın içine gittikçe daha fazla girmektedir. Bir havalimanı tesisinin bir terminal binasının ve bunların işletmesinin günümüzde sahip olduğu teknik, teknolojik karmaşık özellikler, bu yerlere mühendislik yönünden çok ilginç boyutlar kazandırmaktadır.

21.yüzyıla girerken, geride bıraktığımız yüzyılın tarihe havaalanı terminalleri ve uygulama örnekleri açısından büyük bir iz bıraktığı kuşkusuzdur. Bu çağda tasarlanıp inşa edilmeye başlanan bu yapılar, döneminin en yeni fikirlerinin en iyi biçimde şekillendirildiği ve hatta başka yapı türlerinde uygulanamayacak değişik fikirlerin yeni formlarla ifadelendirildiği bir dönem olmuştur.

Avrupa ülkelerinde yüzyıl ortalarında sayısı artmaya başlayan havaalanı tesisleri çoğunlukla 1970 ve 1980'lerde tasarlanıp uygulanarak çoğalmışlardır. Ama, genel olarak bu özel tasarımlı binaların gereksinim duyduğu altyapı inşaat ve kentsel çalışmalarla entegrasyonları çok yoğun deneysel çalışmalar ve buluşlarla desteklenen daha yakın dönemlerde gerçekleştirilmiştir. Paris Orly ve Roissy, Charles de Gaulle, Londra Heathrow ve Frankfurt havalimanlarında ilk kuruluş biçimleriyle kalınmayıp sürekli genişletme ve geliştirme uygulamasıyla bu yakın dönem canlılıklarının örnekleri artmaktadır.

4.1.1. Havalimanlarının sınıflandırılması

Havaalanları kullanım amacı ve sahiplik yapıları ile yapısal büyüklük, fiziksel özellik ve hizmet hacmi gibi kriterler göz önüne alınarak, değişik yöntemlere göre sınıflandırılabilmektedir. Bugün dünyada işletilen havaalanlarını incelediğimizde farklı

uygulamaları görmemiz mümkündür. Havaalanlarını kullanım amacına göre genel olarak askeri havaalanı ve sivil havacılık havaalanları olarak iki kategoride düşünebiliriz.

4.1.1.1. Askeri havaalanları

Alt ve üst yapı tesis ve kolaylıkları ile destek hizmet tesis ve kolaylıkları tamamen askeri uçak ve uçuş faaliyetlerine yönelik olarak planlanan ve askeri birimler tarafından yönetilip işletilen havaalanlarıdır. Tesis olarak çok çeşitli uçak tipine hizmet verebilecek yapıda dizayn edilmektedirler. Bugün dünyada kullanılan birçok sivil havaalanını başlangıçta askeri amaçlı olarak kurulmuştur. Birinci dünya savaşı ve özellikle ikinci dünya savaşından sonraki yıllarda birçok askeri havaalanı sivil havaalanına dönüştürülmüştür. Sovyetler Birliği'nin dağılması ve Varsova Paktı'nın sona ermesi de askeri havaalanlarının sivil havaalanlarına dönüştürülmesini hızlandıran bir başka etken olmuştur. Askeri havaalanlarının kullanım amacı esas olarak askeri uçak uçuş faaliyetlerine yönelik olmasına rağmen bazı ülkelerde ve ülkemizde olduğu gibi ortak kullanım anlaşmalarıyla sivil havacılık faaliyetlerine açılabilindiğini görmekteyiz.

4.1.1.2. Sivil havaalanları

Askeri amaçlı kullanılan havaalanları dışında kalan tüm havaalanlarını sivil havaalanı olarak belirtebiliriz. Sivil havaalanları da kendi aralarında kullanım amacı ve sahiplik yapıları ile yapısal büyüklük, fiziksel özellik ve hizmet hacmi gibi kriterler göz önüne alınarak, değişik yöntemlere göre sınıflandırılabilmektedir. Havaalanları Amerika Birleşik Devletleri Sivil Havacılık İdaresi FAA (Federal Aviation Administration) ve Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü ICAO (International Civil Aviation Organization) tarafından ayrı ayrı kodlandırılmakta ve sınıflandırılmaktadır.

4.1.2. FAA' ya göre havaalanlarının sınıflandırılması

Dünyada en fazla havaalanına sahip A.B.D.'de sivil havacılık hizmeti veren havaalanları FAA tarafından Çizelge 4.1'de gösterildiği gibi havaalanı referans kodu, havaalanını kullanacak hava araçlarının performansı, fiziksel ve çalışma özellikleri ile havaalanı yapım kriterleri arasında ilişki kurmak amacıyla kodlandırılarak 5 kategoriye ayrılmaktadır.

Yaklaşık olarak 19847 iniş alanı bulunan A.B.D'de, bu alanlardan 14586 tanesi özel kullanım, 5261 tanesi kamu kullanımında olup, helikopter alanları, deniz uçak alanları, kısa mesafeli iniş kalkış alanları(stol) bir grupta toplanmıştır.

Çizelge 4.1: FAA Havalimanı referans kodları (FAA, 2011)

Hava Aracı Yaklaşma Kategorisi	Hava Aracı Yaklaşma Hızı (Kt)	Uçak Tasarım Grubu	Hava Aracı Kanat Açıklığı (M)
A	<91	I	<15
B	91-121	II	15-24
C	121-141	III	24-36
D	141-166	IV	36-52
E	>166	V	>52

Bunların dışında esas olarak kar amaçlı ticari hizmet havaalanları, kargo hizmet havaalanları, trafiği rahatlatıcı havaalanları ve genel havacılık havaalanları sınıflaması yapılmaktadır (FAA, 2011). FAA yaklaşık olarak 3390 hava taşımacılık hizmetine açık ve ulusal önemi olan havaalanını ulusal havaalanı bütünleştirme planına (NPIAS) göre genelleştirerek, kar amaçlı ticari hizmet havaalanı ve genel havacılık havaalanı olarak iki gruba ayırmaktadır (FAA, 2000).

Kar amaçlı ticari hizmet havaalanları kamu sahipliğinde yıllık 10000 yolcudan fazla ulusal taşımacılık hizmeti verilen temel(birincil) havaalanları ile yıllık 2500 ile 10000 yolcu arası ulusal yolcu taşımacılığı hizmeti verilen temel olmayan (ikincil) havaalanlarını kapsamaktadır. Temel havaalanları bir veya birkaç hava taşıyıcısının kendisine merkez üs olarak seçtiği ve A.B.D.'de yıllık toplam ulusal yolcu taşımacılığının en az %1'inin gerçekleştirildiği büyük merkez havaalanı, yıllık toplam ulusal yolcu taşımacılığının en az %0.25 ile %1 arasında gerçekleştirildiği orta büyüklükteki merkez havaalanı ve yıllık toplam ulusal yolcu taşımacılığının %0.25 ile %0.05 arasında gerçekleştirildiği küçük merkez havaalanlarıdır (FAA, 1999).

Genel havacılık havaalanları, kar amaçlı ticari hizmet havaalanları gibi sınıflandırılmamaktadır. Bu sınıflandırmalar kar elde edilmesinin sonunda çıkan tablolara göre de karşılaştırılmamaktadır. Ticari hizmet havaalanlarının yoğunluğunu azaltmak amacı ile FAA tarafından belirlenerek dizayn edilen ve aynı zamanda genel havacılığa da hizmet eden kamu veya özel sahiplik yapısındaki trafiği rahatlatıcı havaalanları, kargo taşımacılığı hizmetlerine göre dizayn edilen havaalanları, özel sahiplik yapısında ve kamu kullanımına açık yıllık planlı 2500 yolcu hizmetinin verilebildiği fakat ticari hizmet havaalanı kriterlerine uymayan havaalanları ile genel havacılık kullanıcılarına bedel karşılığı her türlü havacılık hizmetinin verildiği havaalanlarını kapsamaktadır (FAA, 2000). FAA tarafından yapılan bu sınıflandırma türü genel olarak her havaalanı için uygulanmaktadır.

4.1.3. ICAO' ya göre havaalanlarının sınıflandırılması

Uluslar arası örgüt olan ICAO'nun yapmış olduğu kodlandırma Çizelge 4.2'de havaalanının pist özellikleri ile bu havaalanını kullanacak hava araçları arasındaki uygunluğu ve yeterlilik kriterlerini belirlemektedir (ICAO, 1999)

Çizelge 4.2: ICAO havalimanı referans kodları (ICAO, 2011)

Hava Aracı Yaklaşma Kategorisi	Referans Pist Uzunluğu	Havaalanı Kod Harfi	Hava Aracı Kanat Açıklığı (M)	İniş Takımları Arası Mesafe (M)
1	<800	A	<15	<4.5
2	800-1200	B	15-24	4.5-6
3	1200-1800	C	24-36	6-9
4	>1800	D	36-52	9-14
5		E	52-65	9-14

Türkiye'de havaalanları ICAO'nun referans kodları baz alınarak 14 Mayıs 2002 tarih, 24755 sayılı resmi gazete ile yayınlanan Havaalanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliğine (SYH-14A) göre küçük, orta büyüklükte ve büyük havaalanı olarak sınıflandırılmaktadır.

Küçük havaalanı, uçak referans baz uzunluğu 1200 m'den az, aydınlatma ve gelişmiş seyrüsefer cihazlarının bulunmadığı, pilotların aletsiz ve görerek (VFR) iniş-kalkış yapabildikleri, basit teknik yapılar dışında önemli üstyapı tesisleri bulunmayan, hava alanıdır. Bu havaalanlarına hava yolu işletmeleri tarafından yapılacak iniş ve kalkışlar hava yolu işletmecisi ve kaptan pilotun yetki ve sorumluluğundadır (Ulaştırma Bakanlığı, 2002).

Orta büyüklükteki havaalanı, uçak referans baz uzunluğu 1200-1800 m arası en az iki uçak kapasiteli apronu olan ve uçuş emniyeti bakımından asgari uçuş ünitelerine sahip havaalanlarıdır. Bu tür havaalanlarının iç hatlarda uçakların manevra yapabileceği ebatları içeren yolcu ve personel ihtiyacını karşılayabilecek terminal, teknik blok, kule, seyrüsefer cihazları, donanım yapıları, güvenlik ve benzeri gibi üstyapı binalarının yer aldığı; gece uçuşları düşünüldüğü hallerde ise, gerekli basit pist aydınlatma ve yeterli enerji teminine yönelik tesisleri de içeren ünitelere sahip olması gerekmektedir (Ulaştırma Bakanlığı, 2002).

Büyük havaalanı, uçak referans baz uzunluğu 1800 m'den büyük olan hava alanıdır. Hava alanı trafik kapasitesine göre apron ve taksi yollarını içeren büyük hava alanları, orta ve büyük gövdeli uçakların değişik hava koşullarında aletli (IFR) iniş ve kalkış yapabilecekleri, ICAO24 tarafından yayımlanan dokümanların son sekinde belirtilen tüm standart ve tavsiyelere uygun iç ve dış hat trafiğine müsait alt ve üst yapı kriterleri ile hava alanının seçilmiş kategorisine göre aydınlatma, sinyalizasyon ve uçuş güvenliği gibi elektronik ve

seyrüsefer sistemlerine sahip ve bulunduğu yerleşim bölgesinin gelişimine göre büyüme potansiyeli olan hava alanıdır (ICAO, 2011).

4.2. Dünya Havalimanları

Havalimanlarının bazıları, Avrupa'dakilerin çoğu gibi, dünya çapında önem taşıırken, bazıları da aslında daha çok ülke içine yönelik olsalar da, A.B.D.'ndekilerin çoğu gibi, sahip oldukları trafik hacmi bakımından dünyanın en büyük limanları olarak ortaya çıkmaktadırlar. Küresel ölçekte önemli 25 havalimanından 16'sı A.B.D.'ndedir. Bu 25 havalimanından 1 milyara yakın yolcu geçmektedir; ICAO'ya göre büyük havalimanlarından günde ortalama 106,000 yolcunun geçtiği sanılmaktadır.

Chicago'nun O'Hare havalimanı uzun yıllar dünyanın toplam 2000 havalimanı arasında en işleği olarak birinciliğini korumuştur. 1996'dan sonra ise Olimpiyatlar nedeniyle yolcu sayısını arttıran Atlanta havalimanı başa geçmiştir. Dallas Fort-Worth, Los Angeles, Londra Heathrow ve Tokyo'nun Narita havalimanları da uzun süredir ön sıralardaki yerlerini korumaktadırlar. Dünya havalimanlarından geçen 2.5 milyar dolayında yolcunun yarıya yakını zaten A.B.D. havalimanlarının yolcusudur; yüzde 28'e yakını Avrupa ve yüzde 20 kadarı da en büyük gelişmeyi gösteren Asya-Pasifik bölgesi havalimanlarından geçmiştir. Bu bölgedeki havalimanlarından Tokyo'nun Haneda, dünyanın en büyük 10 havalimanı arasına girmeyi başarmıştır; çok daha yeni olan Narita ise en hızlı gelişme oranı veren havalimanıdır.

Çizelge 4.3'e bakıldığında yolcu sayısı bakımından dünyada en yoğun ilk 50 havaalanını, bulundukları ülkeleri, 2009 yılında bu havaalanını kullanan yolcu sayılarını ve bir önceki yıla oranla değişim yüzdelerini görülebilir. Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Atlanta havaalanı yaklaşık olarak seksen sekiz bin yolcu talebi karşılayarak 2009 yılını en yoğun havaalanı unvanıyla tamamlamıştır. 2008 yılına nazaran %2.2'lik bir büyüme oranına sahip olan Atlanta dünya sıralamasında ilk sıraya oturmuştur. Yolcu sayısı bakımından en yoğun ilk on havaalanı içerisinde ABD 5 havaalanı ile girmiş bulunmaktadır. Bunun yanında ise Heathrow havalimanı yaklaşık olarak 66 milyon ile ikinci sırada ve Beijing ile Çin 65 milyon yolcu taşıyarak üçüncü sıraya yerleşmiştir. Bunların yanında Japonya, Fransa ve Almanya bu listede ilk ona giren diğer ülkelerdir.

İstanbul Atatürk havalimanına baktığımız zaman ise 2009 yılı yolcu yoğunluğu baz alınıp yapılan karşılaştırmada dünya sıralamasında bir önceki yıla nazaran %4.3 büyüme ve gelişme ile 39 uncu sırada yer aldığı görülmektedir. 2009 yılı süresince Atatürk Havalimanını kullanan

yolcu sayısı 29,854,119 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.3 İstanbul Atatürk Havalimanının sırasını göstermektedir. Dünya çağında sıralamaya giren ilk 50 havaalanını bulunduğu yeri ve ilerlemesini gösterilmektedir.

Çizelge 4.3: 2009 Yılı Yolcu Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları

2009 Yılı Yolcu Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları				
	Havalimanı	Havalimanı Kodu	Yolcu Sayısı	% Değişim
1	Atlanta, GA ABD	ATL	88,032,086	2.2
2	London, İngiltere	LHR	66,037,578	1.5
3	Beijing, Çin	PEK	65,372,012	16.9
4	Chicago, IL	ORD	64,158,343	6.1
5	Tokyo, Japonya	HND	61,903,656	7.2
6	Paris, Fransa	CDG	57,906,866	4.9
7	Los Angeles, ABD	LAX	56,520,843	5.5
8	Dallas/Ft. Worth, TX	DFW	56,030,457	1.9
9	Frankfurt, Almanya	FRA	50,932,840	4.7
10	Denver, CO ABD	DEN	50,167,485	2.1
11	Madrid, İspanya	MAD	48,250,784	5.1
12	New York, NY ABD	JFK	45,915,069	4.0
13	Hong Kong, Çin	HKG	45,558,807	4.8
14	Amsterdam, Hollanda	AMS	43,570,370	8.1
15	Dubai, BAE	DXB	40,901,752	9.2
16	Bangkok, Tayland	BKK	40,500,224	4.9
17	Las Vegas, NV ABD	LAS	40,469,012	6.3
18	Houston, TX ABD	IAH	40,007,354	4.1
19	Phoenix, AZ ABD	PHX	37,824,982	5.2
20	San Francisco, CA ABD	SFO	37,338,942	0.3
21	Singapore	SIN	37,203,978	1.3
22	Jakarta, Endonezya	CGK	37,143,719	15.2
23	Guangzhou, Çin	CAN	37,048,712	10.8
24	Charlotte, NC ABD	CLT	34,536,666	0.6
25	Miami, FL ABD	MIA	33,886,025	0.5
26	Rome, İtalya	FCO	33,723,213	4.0
27	Orlando, FL ABD	MCO	33,693,649	5.5
28	Sydney, Avustralya	SYD	33,451,383	0.4
29	Newark, NJ ABD	EWR	33,399,207	5.6
30	Munich, Almanya	MUC	32,681,067	5.4
31	London, İngiltere	LGW	32,398,979	5.3
32	Minneapolis/St. Paul, MN	MSP	32,378,599	4.9
33	Tokyo, Japonya	NRT	32,135,191	4.0
34	Shanghai, Çin	PVG	32,102,549	13.7

Çizelge 4.3: Devam

35	Detroit, MI ABD	DTW	31,357,388	10.8
36	Seattle/Tacoma, WA	SEA	31,227,512	3.0
37	Philadelphia, PA	PHL	30,669,564	3.7
38	Toronto, Kanada	YYZ	30,368,339	6.1
39	Istanbul, Türkiye	IST	29,854,119	4.3
40	Kuala Lumpur, Malezya	KUL	29,682,093	7.8
41	Seoul, Kore	ICN	28,677,161	4.9
42	Barcelona, İspanya	BCN	27,301,662	9.8
43	Boston, MA ABD	BOS	25,512,086	2.3
44	New Delhi, Hindistan	DEL	25,252,814	8.6
45	Melbourne, Avusturalya	MEL	25,248,762	1.4
46	Paris, Fransa	ORY	25,107,693	4.2
47	Shanghai, Çin	SHA	25,078,548	9.6
48	Mumbai, Hindistan	BOM	24,804,766	1.9
49	Shenzhen, Çin	SZX	24,486,406	14.4
50	Mexico City, Meksika	ME	24,243,056	7.5

Kaynak:http://atwonline.com/sites/atwonline.com/files/misc/ATW%20World%20Airline%20Report%202010_0.pdf

Çizelge 4.4'e bakıldığında uçak (LTO) sayısı bakımından dünyada en yoğun ilk 50 havaalanını, bulundukları ülkeleri, 2009 yılında bu havaalanını kullanan yolcu sayılarını ve bir önceki yıla oranla değişim yüzdelerini görülebilir. Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Atlanta havaalanı yolcu sayısında da olduğu gibi yaklaşık olarak 970 bin uçak talebi karşılayarak 2009 yılını en yoğun havaalanı unvanı almıştır. 2008 yılına nazaran %0.8'lik bir büyüme oranına sahip olan Atlanta dünya sıralamasında ilk sıraya oturmuştur. LTO uçak sayısı bakımından en yoğun ilk on havaalanı içerisinde ABD 8 havaalanı ile girmiş bulunmaktadır. Bunun yanında Fransa 525 bin uçak ile yedinci sıraya Çin ise 488 bin ile 10. sıraya girebilmiştir. Bunların yanında Yolcu sayısı bakımından ilk ondan olan İngiltere 12, Almanya ise 13. Sıraya yerleşmiştir.

İstanbul Atatürk havalimanına baktığımız zaman, 2009 yılında bu havaalanını kullanan yolcu sayılarını ve bir önceki yıla oranla değişim yüzdelerini görülebilir. İstanbul Atatürk Havalimanı, 2009 yılı uçak yoğunluğu baz alınıp yapılan karşılaştırmada dünya sıralamasında bir önceki yıla nazaran %2.8 büyüme ve gelişme ile 43. sırada yer aldığı görülmektedir. 2009 yılı süresince Atatürk Havalimanını kullanan uçak sayısı 283,953 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.4 İstanbul Atatürk Havalimanının sırasını ve diğer havalimanları ile karşılaştırmasını vermektedir.

Çizelge 4.4: 2009 Yılı LTO Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları

2009 Yılı LTO Sayısı Bakımından En Yoğun Havalimanları				
	Havalimanı	Havalimanı Kodu	LTO Sayısı	% Değişim
1	Atlanta, GA ABD	ATL	970,235	0.8
2	Chicago, IL ABD	ORD	827,899	6.1
3	Dallas/Ft. Worth, TX ABD	DFW	638,782	2.7
4	Los Angeles, CA ABD	LAX	634,383	15.9
5	Denver, CO ABD	DEN	607,019	2.0
6	Houston, TX ABD	IAH	538,168	6.6
7	Paris, Fransa	CDG	525,314	6.2
8	Las Vegas, NV ABD	LAS	511,064	11.7
9	Charlotte, NC ABD	CLT	509,448	5.0
10	Beijing, Çin	PEK	488,505	13.2
11	Philadelphia, PA ABD	PHL	472,668	3.9
12	London, İngiltere	LHR	466,393	2.6
13	Frankfurt, Almanya	FRA	463,111	4.7
14	Phoenix, AZ ABD	PHX	457,207	9.0
15	Madrid, İspanya	MAD	435,179	7.4
16	Detroit, MI ABD	DTW	432,589	6.5
17	Minneapolis/St. Paul, MN	MSP	432,395	3.9
18	New York, ABD	JFK	416,945	5.5
19	Newark, NJ ABD	EWR	411,607	5.3
20	Toronto, Kanada	YYZ	407,352	5.4
21	Amsterdam, Hollanda	AMS	406,974	8.9
22	Phoenix, AZ ABD	DVT	402,335	6.9
23	Munich, Almanya	MUC	396,805	8.2
24	San Francisco, CA ABD	SFO	379,751	2.1
25	Salt Lake City, UT ABD	SLC	372,3	4.4
26	New York, NY ABD	LGA	354,594	6.5
27	Miami, FL ABD	MIA	351,417	7.5
28	Los Angeles, CA ABD	VNY	351,285	9.2
29	Mexico City, Meksika	MEX	348,306	5.0
30	Boston, MA ABD	BOS	345,306	7.1
31	Washington, D.C. ABD	IAD	340,367	5.5
32	Memphis, TN ABD	MEM	338,973	6.7
33	Tokyo, Japonya	HND	335,716	1.2
34	Rome, İtalya	FCO	324,497	6.4
35	Seattle/Tacoma, WA ABD	SEA	317,873	7.9
36	Vancouver, Kanada	YVR	313,984	7.1
37	Guangzhou, Çin	CAN	308,863	10.2
38	Orlando, FL ABD	MCO	300,401	10.3
39	Long Beach, CA ABD	LGB	297,079	12.2

Çizelge 4.4: Devam

40	Sydney, Avusturalya	SYD	289,847	3.6
41	Hong Kong, CN	HKG	288,169	6.9
42	Shanghai, Çin	PVG	287,916	8.4
43	İstanbul, Türkiye	IST	283,953	2.8
44	Dubai, BAE	DXB	281,175	4.0
45	Barcelona, İspanya	BCN	278,965	13.3
46	Honolulu, HI	HNL	274,434	4.2
47	Jakarta, Endonezya	CGK	272,877	9.1
48	Washington, DC ABD	DCA	272,146	1.9
49	Baltimore, MD ABD	BWI	268,005	3.5
50	Ft. Lauderdale, FL ABD	FLL	266,97	9.7

Kaynak:http://atwonline.com/sites/atwonline.com/files/misc/ATW%20World%20Airline%20Report%202010_0.pdf

Havalimanları da, diğer ulaşım sektörlerindeki gelişmeler gibi, teknolojinin gelişmesiyle ve ele alınan özelliklere göre ki bunlar hava taşımacılığı için yolcu taşınması, yük taşınması ya da kalkış-inişler olarak kategorize edilebilirler, zaman içinde ya da bir yıldan diğer yıla önem sıraları değişebilmektedir ve örneklerle de bunun değiştiği gösterilmiştir. 1984 yılına bakıldığı zaman, yolcu taşımacılığında, dünyanın en büyük 12 havalimanının 11'i A.B.D.'deydi ve bu 12 havalimanı arasına yalnızca Londra'nın Heathrow havalimanı 6. olarak girebilmişti. Bunun yanında 2001 yılında ise dünyanın en büyük 12 havalimanına bakıldığı zaman, bu kez sadece 8'i A.B.D.'de yer almaktaydı. Geriye kalan 4 havaalanı ise Avrupa havalimanlarından Londra Heathrow, Frankfurt, Charles de Gaulle ve Schiphol ile Tokyo'nun Haneda'sı olmuştur (Hoş, 2003).

Havalimanlarının yolcu sayısı yanında, yük taşımacılığı ve iniş-kalkış ya da başka bir deyişle sefer yoğunluğu göz önüne alındığında, havalimanlarının sıralarının değiştiği görülmektedir. 2001 yılında seferler bakımından 909,535 iniş-kalkışla Chicago'nun O'Hare havalimanı yine başta gelmiş; onu Atlanta ve Dallas/Forth Worth izlemiştir. Bu bakımdan dünyanın önde gelen ilk 20 havalimanının 17'si A.B.D. havalimanlarıdır. Taşınan yükte yani kargo ise durum daha ilginçtir: Yine bir Amerikan havalimanı Memphis 2.6 milyon ton ile bu konuda birinci gelmekte; Los Angeles ve Hong Kong çok yakın miktarlarla onu izlemektedir (Hoş, 2003). İstanbul Atatürk Havalimanı, 2009 yılı uçak yoğunluğu baz alınıp yapılan karşılaştırmada dünya sıralamasında bir önceki yıla nazaran %2.8 büyümeye ve gelişmeye ile 43. sırada yer aldığı görülmektedir. 2009 yılı süresince Atatürk Havalimanını kullanan uçak sayısı 283,953 olarak tespit edilmiştir.

4.3. İstanbul Atatürk Havalimanı

Dünyanın sayılı metropollerinden biri olan İstanbul, coğrafi konumu, tarihi değerleri, sosyal yapısı ve ekonomik açıdan taşıdığı potansiyeli ve önemi ile dünyanın her zaman ilgi odaklarından birisi olmuştur. Bu bağlamda henüz havacılığında yüzüncü yılına doğru hızla ilerlemekte olan ülkemizde sivil havacılık sahasının kapsamı içerisinde önemli bir yer tutan havalimanları ve özellikle konumuz içerisinde mercek tutmaya çalışacağımız Atatürk Havalimanı, Türk sivil havacılık mevzuatı kurallarına tabi uluslararası değer taşıyan, ekonomik, ticari ve stratejik açıdan yaşamsal öneme sahip bir havalimanıdır.

İstanbul'da ilk hava meydanı, askeri amaçla 1912 yılında, Yeşilköy'de açıldı. 1944 yılında Chicago'da imzalanan Uluslararası Sivil Havacılık Anlaşmasından sonra, İstanbul Yeşilköy'de uluslararası bir hava limanı yapılmasına karar verildi. 1949'da başlanan inşaat, 1953'te tamamlandı ve 01 Ağustos 1953 yılında Yeşilköy Hava Limanı adı ile hizmete açıldı (DHMİ, 2011).

10.000 metrekarelik modern yolcu terminali, bakım hangarları, radyo alıcı,-verici cihazları ve yedek enerji santralına sahipti. Günün ihtiyaçları karşılanabiliyordu. Ancak, hava ulaşımındaki artış ve havacılık teknolojisindeki gelişmeler karşısında 06/24 pisti yetersiz kalınca, zamanla artan trafik ve büyük jet uçakları için alanın yeterli olmadığı da göz önünde bulundurularak, genişletme çalışmasına başlandı ve ikinci bir pist yapılmasına karar verildi. 1961'de verilen Yeşilköy Havalimanı'na 45 m genişliğinde ve 3 bin metre boyundaki yeni bir pist yapımına 1968'de başlandı ve inşaat 1972'de tamamlandı.

1971 yılında Yeşilköy Hava Limanı için bir master plan uygulamaya konuldu. Plan, 06/24 ve 18/36 pistlerinden başka, her biri yıllık 5 milyon yolcu kapasiteli 4 terminal binası ve eklerinden oluşuyordu. Proje, THY Hangar Tesisleri, Kargo Tesisleri, Hava Trafik Kontrol Kulesi ve Teknik Blok, Aydınlatma Sistemi, Elektrik Dağıtım Sistemi, eski 05/23 pistinin yeniden yapımı, akaryakıt ikmal tesisleri ile diğer tesisleri kapsamaktadır. Söz konusu projenin içinde yer alan Dış Hatlar Terminali 29 Ekim 1983'de işletmeye açıldı. 1985 yılında, kavuştuğu modern görünümü ile Atatürk Hava Limanı adını aldı (TAV, 2011).

Gelişen hava kargo taşımacılığı nedeniyle 1993 yılında Kargo Terminali Tesisleri hizmete açılmıştır. Artan yolcu trafiği nedeniyle, Yap-İşlet-Devret modeliyle yeni bir dış hatlar terminali yapımına karar verilmiş, proje yarışmasıyla proje belirlenmiş daha sonra ise Yap-İşlet-Devret modeliyle yapım ihalesi gerçekleştirilmiştir. Yeni terminal, 10.01.2000 tarihinde işletmeye açılmıştır.

Özelleştirmeler sonucu bazı havaalanlarının komple yönetim ve işletimi özel sektöre devredilmişken, bazı havaalanlarının sadece belirli bölümleri örneğin terminal işletimi özel sektöre devredilebilmektedir. Dünyada bu tip özelleştirme örnekleri çok fazladır. Bu durumda ortaya çok fazla yönetim ve işletim modelleri çıkmaktadır. Türkiye'deki yapıda bu yönüyle değişiktir. Mevcut sivil meydanların, askeri-sivil ortak kullanılan meydanlar hariç, çoğunun genel yönetim ve işletiminden DHMİ sorumludur. Özelleştirme kapsamında yap-islet-devret veya kirala-geliştir-isletdevret modeli uygulanan İstanbul Atatürk, Antalya, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes ve Dalaman havalimanlarında terminal işletimi imtiyazlı olarak özel sektöre devredilmiştir. Dolayısı ile havaalanı yönetici ve isleticisi ayrı terminal yönetici ve isleticisi ayrı olmaktadır (DHMİ, 2011).

Günümüzdeki İstanbul Atatürk Havalimanı, Tepe Akfen Vie yatırım ortaklığı ile yap-işlet-devret esasına göre kurulmuş bir havalimanı terminalidir. Havalimanında ilk ikisi (Tepe Grubu ve Akfen) Türk olmak üzere Vie (Viyana Havalimanı Şirketi'nin) de iştiraki bulunmaktadır. 1997 yılında yapılan yeni terminal ihalesini TAV konsorsiyumu kazanmıştır. Başlayan düzenlemeler ile havalimanında Tepe Akfen Vie yatırım ortaklığı çerçevesinde çalışmalar başlatılmış ve 5 yıl sonra devlete teslim edilmesi üzere 5 yıllık bir anlaşma imzalanmıştır. İnşaat 17 Şubat 1998 tarihinde başlamış, 3 Ocak 2000 tarihinde bitirilmiştir ve 10 Ocak 2000 tarihinde de yeni terminal hizmete açılmıştır.

Atatürk Havalimanı 940-974 hektar alan kaplamaktadır. Rakam çeşitli mimari ve şehircilik hesaplamaları dahilinde göz önünde bulundurulmuş ve bulundurulmayan sahalardan katılarak bu aralıkta verilmektedir. Bu alanın %10'luk bir kısmı terminal binası ve müştemilatı ve bunlar arasındaki alan, %90'luk bir kısmı ise pist ve uçuş güvenliği, kargo, manevralar (uçakların park pozisyonundan, taksi şeritlerini geçerek piste girmek için yaptığı taksi deneme hareketi) için ayrılmış boş sahaların bulunduğu açık hava sahaları olarak alan kaplamaktadır.

Toplam 11.776.961 m²'lik alana kurulu bulunan Havalimanında 62.500 m²'lik iç hatlar terminali, 268.000 m²'lik dış hatlar terminali olmak üzere toplam 330.500 m² lik, 27.5 milyon yolcu/yıl kapasiteli terminal mevcuttur.

Havalimanı temel elemanlarından biri pistler diğeri de apronlardır (DHMİ, 2011). Hali hazırda 3 pist ihtiva etmekte olan Atatürk Havalimanında 64 adet uçak park sahası, muhtelif boyutta ve isimlerde 11 adet apron bulunmaktadır. Park sahalarına aynı anda 13 adet DC-9, 17 adet B-727, 5 adet DC-10, 4 adet DC-8, 15 adet A-310, 7 adet B-747, 3 adet B-707 ve benzeri uçaklar park edebilmektedir (DHMİ, 2002). Havalimanında beton kaplamalı iki adet 3000x45 metre ebadında ve bir adeti ise 2600x60 metre ebadında üç adet pist bulunmaktadır.

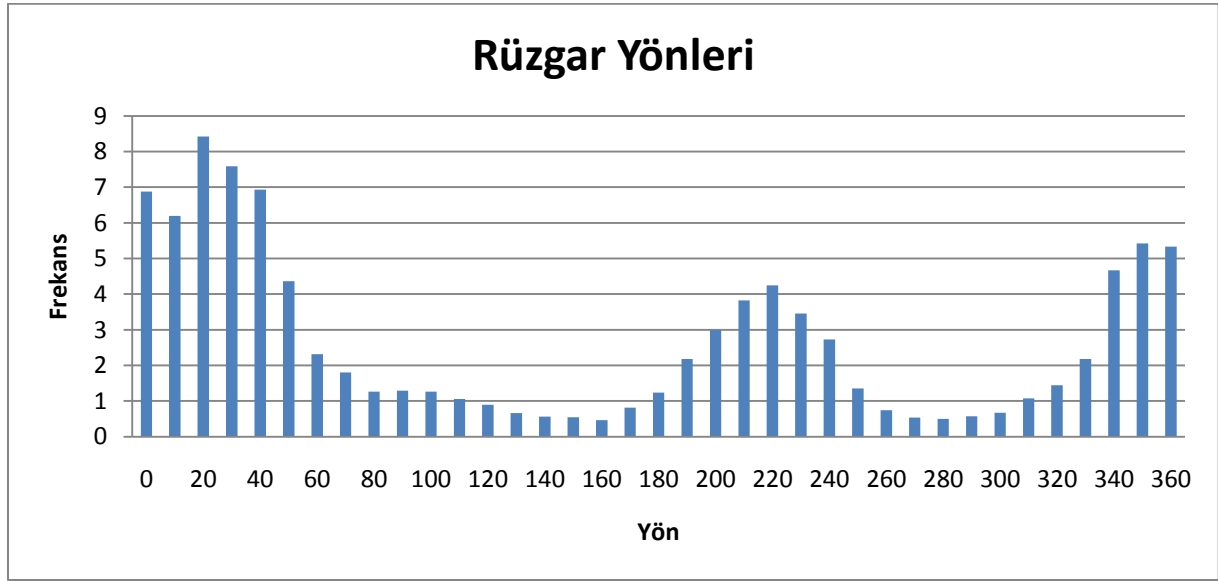
Atatürk Havalimanı, Uluslararası Havacılık Örgütü'nün yaptığı sınıflandırmaya göre CAT II (kategori 2) özelliklerine sahiptir. 24 saat hizmete açık olan havalimanı, tevsi çalışmalarının başlatıldığı 1997 yılındaki verilere göre günde 350-400 adet uçağa hizmet vermekte idi ve yıllık yolcu kapasitesi 11 milyon yolcu dolayındaydı. Bugüne bakıldığında ise günlük hizmet verilen uçak sayısının 650-700 civarlarında olduğu görülmektedir. Havalimanının üstün görünümü Şekil 4.1 de verilmiştir.



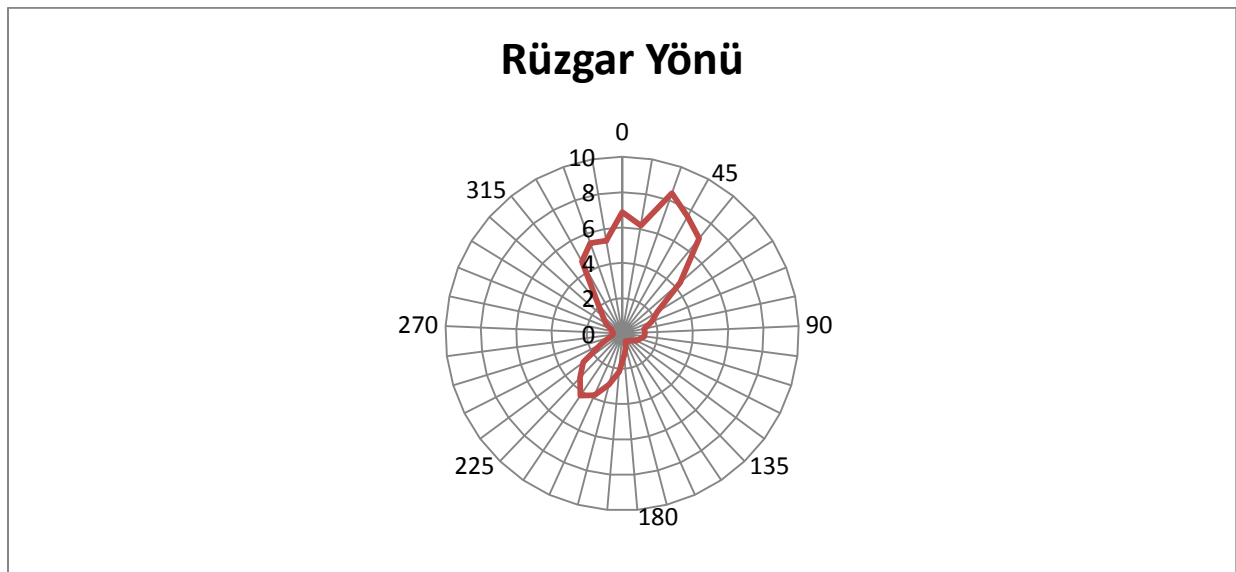
Şekil 4.1: Atatürk Uluslar arası Havalimanı üstün görünümü (TAV, 2011)

4.3.1 İstanbul Atatürk Havalimanı çevresindeki hakim rüzgar analizi

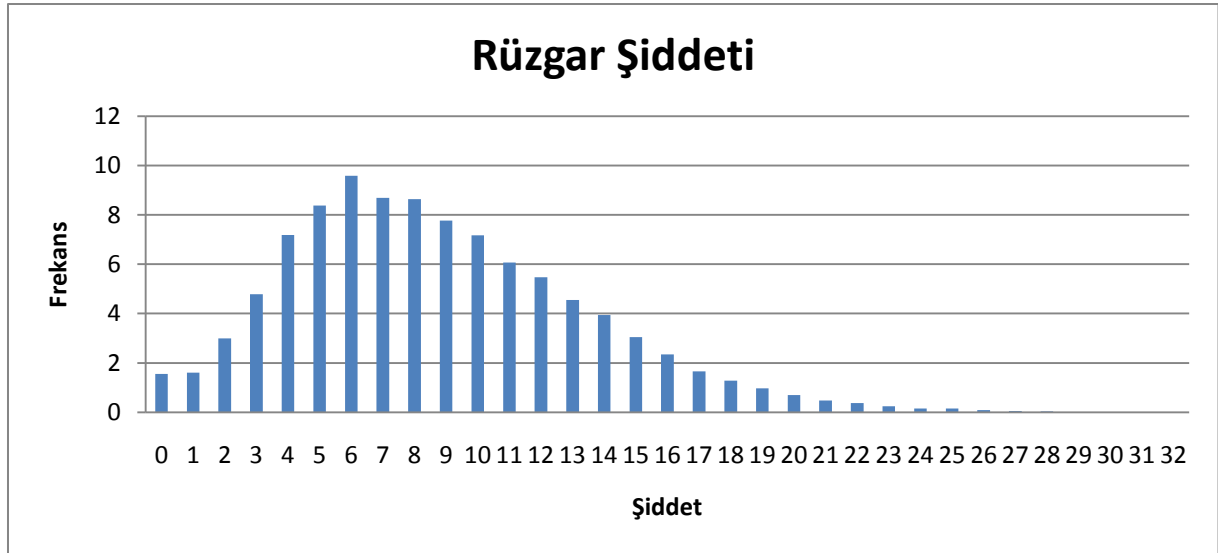
Atatürk Uluslararası Havalimanı için rüzgar yön ve şiddeti analizi yapıldığında kullanılan 5 yıllık veriler sonucunda hakim rüzgarın kuzeyli olduğu tespit edilmiştir. 350-40 derece arası hakim rüzgar yönü olduğu ortaya çıkmıştır. Zaman zaman ise 220 dereceden esen rüzgar bu bölgeyi etkisi altında bıraktığı gözlemlenmiştir. Rüzgar yönleri Şekil 4.2 ile Şekil 4.3 gösterilmektedir. Rüzgar şiddetine bakıldığı zaman ise ortalama değerin 6 knot civarında olduğu bulunmuştur. Rüzgar şiddeti ve dağılımı ise Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.2: Atatürk Havalimanı hakim rüzgar yönünü



Şekil 4.3: Atatürk Havalimanı hakim rüzgar yönünün bir başka gösterimi



Şekil 4.4: Atatürk Uluslararası Havalimanı rüzgar şiddeti

4.3.2. Atatürk Havalimanı pist kullanım dağılımları

Atatürk Uluslararası Havalimanında 1 tanesi helikopter pisti olmak üzere 4 tane pist bulunmaktadır. Bu pistlerin ayrıntılı bilgisi üst bölümde verilmiştir. Kullanımda olan bu üç pistin başlangıç noktalarına göre isimler verilmiştir. Uçak hangi noktasından alana iniş/alandan kalkış yapıyor ise raporlara o nokta olarak geçiriliyor. Bu isimler şekil 4.5 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Atatürk Havalimanı pist ve pist numaralarının gösterimi

Uçağın iniş/kalkış yapacağı sırada en önemli etkenlerden biri de hava durumudur. Görüş mesafesi, yağış, sıcaklık ve rüzgar bu meteorolojik etkenlerin başında gelmektedir. Kötü hava şartlarında uçuşlar iptal edilirken, bu kötü şartları belirleyen limit değerleri vardır. Rüzgar açısından bakıldığında ise uçağın inebilmesi/kalkabilmesi için kafadan 50 knot, arkadan 10 knot ve yandan 25 knot değerleri aşılmamalıdır. Bu değerlerin üzerine çıkılması halinde uçuş iptal edilir. Bunun yanında Atatürk Havalimanında bulunan 3 pistten ikisi paralel biri ise ayrı yöndedir. Rüzgar yön ve şiddetine göre de bu pistler arasında seçim yapılır. 2009 yılı için yapılan analizler sonucu pist kullanımları Çizelge 4.5’de verilmiştir. 06-24 pisti 2009 yılında %33 oranında kullanırken, 18R-36L %14, 18L-36R pisti ise %52 oranında kullanıldı. 18L-36R pistinin 36R tarafından yapılan kalkış/inişlerin %45 ile en fazla kullanılan pist oranına sahip olduğu ve kuzeyli olan hakim rüzgarı kafa tarafından alarak da rüzgar ile uyum içinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5: 2009 yılı içinde kullanılan pistler ve oranları

	İç Hatlar	%	Dış Hatlar	%	Toplam	%
06	28113	29	45190	28	73303	28
24	5292	5	7816	5	13108	5
18L	6157	6	11497	7	17654	7
18R	11745	12	21446	13	33191	13
36L	2015	2	1631	1	3646	1
36R	41811	42	76434	47	118245	45
H	3368	3	24	0	3392	1

5. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE METOD

5.1. IPCC Metodolojisi

1992 yılında Rio de Janeiro’da 150 civarında ülke tarafından imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile küresel olarak çevreye ve ekonomik gelişmeye karşı temel tehlikenin iklim değişikliği olduğu kabul edilmiştir. Sözleşmenin temel olarak, iklim sistemine insan etkisi sonucu verilen sera gazları ile oluşacak zararı düzenlemeyi amaçlamaktadır. Sözleşme ayrıca bütün taraflara; periyodik olarak ulusal envanterlerini geliştirmesi, yenilemesi ve yayınlaması, ve sera gazı emisyon envanterlerinde kıyaslamalı metodolojiler kullanması için çağrıda bulunmaktadır. Tekrar düzenlenmiş olan 1996 IPCC Kılavuzuyla, bu bahsedilen hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunması amaçlanmaktadır (IPCC, 1997).

IPCC Kılavuzu 3 kitaptan oluşmaktadır. Birinci kitap, ulusal envanter oluşturmak için, adım adım nasıl veri toplanacağı, bu verilerin nasıl değerlendirileceği ve elde edilen sonuçların en son adımda nasıl bildirileceğini içeren raporlama bilgilerini içermektedir. İkinci kitap, raporlamada kullanılacak olan Çizelgeleri içeren ve hesaplamaların nasıl yapılacağını gösteren bir çalışma kitabıdır. Üçüncü kitap ise kullanılabilecek metotları anlatan, ülkelerin kendi başlarına elde edemediği verilerin yerine kullanılabilecek ortalama değerleri içeren referans kitabıdır. Sera gazı envanteri hesaplamalarında IPCC ana başlıklar aşağıda yazıldığı şekli ile verilmektedir:

- Enerji
- Endüstriyel İşlemler
- Solvent ve diğer ürünlerin kullanımı
- Tarım
- Yeryüzü coğrafyasının ve ormanların kullanımı
- Atıklar

Bu çalışmada, “Enerji” başlığı altında, mobil kaynakların neden olduğu emisyonlar bölümünün içeriğinden yararlanılmıştır. Ulaştırma kısmında, havacılık sektörüne bağlı

faaliyetlerinde kullanılan yakıtların yakılması ve buharlaşmasından kaynaklanan emisyonlar hesaplanmaktadır (IPCC, 1997).

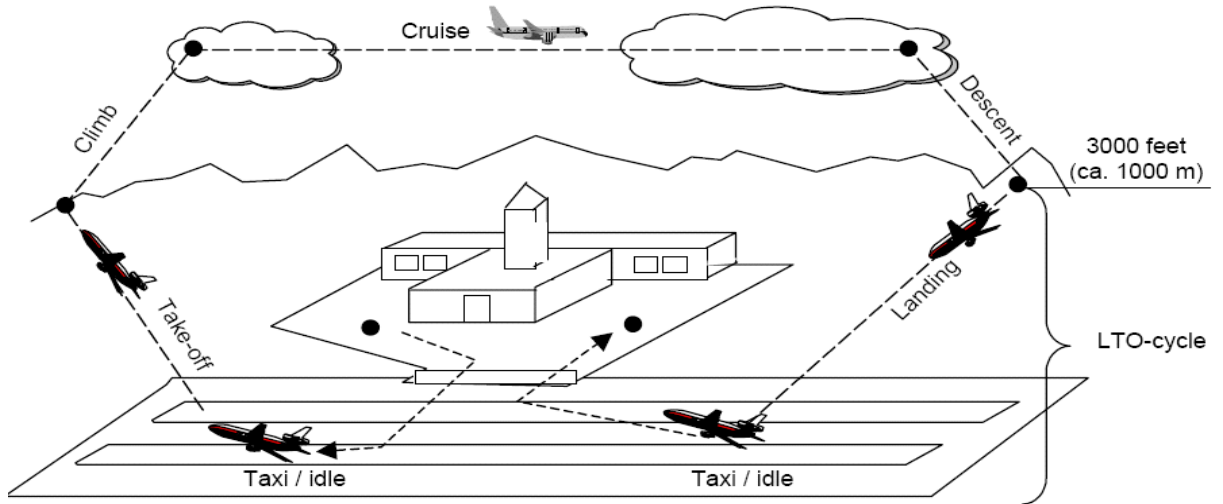
Enerji sistemlerinden kaynaklanan emisyon envanterinde CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC ile beraber SO₂ emisyonu gibi doğrudan ve dolaylı sera gazı özelliği içeren emisyonlar hesaplanmaktadır. Enerji sistemlerindeki emisyonlar, yakıtın yanmasından kaynaklanan emisyonlar ve kaçak emisyonlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Alt başlık olan ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonlar doğrudan yakıtın yanmasıyla ilgilidir. Özellikle CO₂ gazı diğer gazlardan farklı olarak daha kesin hesaplanabilmektedir, çünkü doğrudan yakıtın yakılmasıyla ilişkili bir gazdır. Yanma sonucunda ortaya çıkan CO₂, o yakıtın ne kadar verimli yakıldığının da bir göstergesidir, çünkü CO₂ yanmanın doğal ürünüdür. CO₂ emisyonu, yakıt satış veya tüketim değerlerinin kullanılarak birkaç düzeltme yardımıyla kolayca hesaplanabilmektedir.

IPCC Kılavuzu, önceden hesaplanmış olan ortalama değerlere sahiptir. Ama ulusal envanter aşamasında, o ülke eğer böyle bir imkana sahipse, kendi emisyon faktörlerini oluşturup bunları kullanması tavsiye edilmektedir. CO₂ gazından farklı olarak, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC gazlarının hesabında daha detaylı bilgiye gerek duyulmaktadır (IPCC, 1997).

Havayolu emisyon hesabında kullanılan faaliyet değerleri, sivil ticari kullanımdaki yolcu ve yük taşımacılığında, tarifeli veya charter uçakların trafiğini kapsamaktadır. Askeri ve özel kullanımlar bu trafiğe dahil değildir. Havacılık sektöründe uçaklardan kaynaklanan emisyonların (HC, CO, NO_x, SO_x, SO₂, N₂O, CO₂ ve diğer toksik maddeler) sınıflandırılması oluşum yerlerine göre iki başlık altında toplanmaktadır. Bunlar İniş/Kalkış faaliyetleri (Landing/Take-Off, LTO) ve Seyir faaliyetleri (Cruise) olarak isimlendirilir.

1. İniş/Kalkış Faaliyetleri: İngilizce literatür ifadesi ile Landing/Take Off cycle (LTO), 1000 m (3000 feet) altında hava meydanı civarında gerçekleşen bütün motor çalışır konumdaki, bekleme, yolcu indirme ve bindirme, tırmanma ve iniş aktivitelerini içermektedir. Bu çalışmada bu faaliyet ile ilgili değerlerden “LTO sayısı” şeklinde kısaltılmış olarak bahsedilecektir.
2. Seyir Faaliyetleri: 1000 metre üstündeki bütün aktiviteleri içerir (Literatürde “Cruise activity” şeklinde geçmektedir). Bir üst sınırı yoktur. 1000 metre üstündeki tırmanma veya iniş aktivitesi de seyir durumundaki aktivitelerdir.

Bu aşamada “Tier” kavramları ön plana çıkmaktadır ve detaylı bilgi verilmektedir. Uçucu organik bileşiklerin (VOC), karbon monoksit (CO) ve partiküler maddelerin emisyonları ise tam olmayan yanma sonucu gerçekleşmekte ve esas olarak iniş ve kalkışlarda (LTO) ortaya çıkmaktadır. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO-International Civil Aviation Organisation) tarafından tanımlanan LTO çevrimi esnasında uçaklardan çok sayıda kirletici emisyonu (NO_x, CO, HC, SO₂, N₂O, CO₂ ve diğer toksik maddeler) meydana gelmektedir. Yapılan çalışmada seyir halinde olan uçağın değil sadece LTO diye adlandırılan, uçağın havalimanına yaklaşmasını, inmesini, taksi denen yer manevraları yapmasını, uçuşu ve tırmanışı içeren beş bölümden oluşan kısımda atmosfere verdiği emisyon miktarı hesaplanmıştır. LTO emisyon faktörleri, Uluslararası Sivil Havacılık Kurumu (ICAO, International Civil Aviation Organization) veritabanından seçilmiş olan değerlerdir. Emisyon hesaplarında 1996 IPCC Kılavuzunda verilen ortalama değerler kullanılmıştır (IPCC, 1997). ICAO tarafından sunulan tipik bir LTO çevrimi Şekil 5.1’de gösterilmiştir. ICAO Tırmanışı uçağın uçuşunun ardından atmosferik sınır tabakasına (1000m) girişine kadar geçen periyot, aynı şekilde yaklaşmayı ise atmosferik sınır tabakasından inişe kadar geçen periyot şeklinde tanımlar. İkinci olarak Cruise diye adlandırılan uçağın atmosferik sınır tabakasının üstüne çıkmasından sonra varacağı havaalanına inmek için 1000m ye kadar yaklaşacağı periyodu kapsayan bölümdür.



Şekil 5.1: LTO çevrimi (IPCC,1997)

LTO çevrimi içerisinde gerçekleşen bir uçak operasyonuna bakıldığında zaman harcanan yakıtın, emisyonların yayılma hızı ve zamanı farklılık gösterir. Bunlar genel olarak uçak çeşidinin tipine, meteorolojik şartlara ve havaalanı şartlarına bağlıdır. Genel olarak bütün uçak çeşitleri için emisyonlarının %10’luk kısmı LTO seviyesinde gerçekleşen periyotlarda (CO ve HC’lar

hariç), %90 kısmı ise yüksek seviyelerde Cruise bölümündeki periyotta oluşur ve atmosfere verilir (FAA, 2004). Ulusal havacılıkta oluşan NO_x miktarının %60-80 kısmı, SO₂ ve CO₂'nin %80-90'ı 1000 metre üstündeki yüksekliklerde oluşmaktadır. CO için bu değer %50, ve VOC için %20-40 civarındadır (IPCC, 1997).

Bu çalışmada yaklaşma, taksi, uçuş ve tırmanış periyotlarında harcanan zaman LTO çevirimi standartlarından alınmıştır. Bu standartlara göre yaklaşma süresi 4 dakika, taksi süresi 26 dakika, kalkış süresi 0.7 dakika ve tırmanış süresi 2.2 dakika kabul edilip gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Emisyon ve yakıt tüketimi indeksleri IPCC'nin yayınladığı mobile yanmalar başlığı altında verilen ve bu çalışmada Çizelge 5.1 olarak isimlendirilen çizelgede verilmiştir.

5.2. LTO Çevrimi Emisyonları

Kullandığımız metot yer ile 1000m seviyesi arasında gerçekleşen (Tier 2) ve atmosfere verilen emisyon miktarını yaklaşım olarak vermektedir. LTO fazında kullanılan yakıt ve verilen emisyon miktarları her uçak çeşidi için verilen LTO istatistikleri yardımı ile tahmin edilmiştir. Çizelge 5.1 iç ve dış hatlarda genel olarak kullanılan yaygın uçak çeşitlerini ve bunların her bir LTO fazı için yaklaşık emisyon faktörlerini içermektedir.

Çizelge 5.1: Farklı uçak tipleri için LTO emisyon faktörleri (IPCC, 1997)

	Uçak Tipi	LTO emisyon Faktörleri (kg/LTO)							LTO Yakıt Tüketimi KG/LTO
		CO2	CH4	N2O	NOX	CO	NMVOC	SO2	
Büyük Ticari Uçaklar	A300	5450	0,12	0,2	25,86	14,8	1,12	1,72	1720
	A310	4760	0,63	0,2	19,46	28,3	5,67	1,51	1510
	A319	2310	0,06	0,1	8,73	6,35	0,54	0,73	730
	A320	2440	0,06	0,1	9,01	6,19	0,51	0,77	770
	A321	3020	0,14	0,1	16,72	7,55	1,27	0,96	960
	A330-200/300	7050	0,13	0,2	35,57	16,2	1,15	2,23	2230
	A340-200	5890	0,42	0,2	28,31	26,19	3,78	1,86	1860
	A340-400	6380	0,39	0,2	34,81	25,23	3,51	2,02	2020
	A340-500/600	10660	0,01	0,3	64,45	15,31	0,13	3,37	3370
	707	5890	9,75	0,2	10,96	92,37	87,71	1,86	1860
	717	2140	0,01	0,1	6,68	6,78	0,05	0,68	680
	727-100	3970	0,69	0,1	9,23	24,44	6,25	1,26	1260
	727-200	4610	0,81	0,1	11,97	27,16	7,32	1,46	1460

	737-100/200	2740	0,45	0,1	6,74	16,04	4,06	0,87	870
	737-300/400/500	2480	0,08	0,1	7,19	13,03	0,75	0,78	780
	737-600	2280	0,1	0,1	7,66	8,65	0,91	0,72	720
	737-700	2460	0,09	0,1	9,12	8	0,78	0,78	780
	737-800/900	2780	0,07	0,1	12,3	7,07	0,65	0,88	880
	747-100	10140	4,84	0,3	49,17	114,59	43,59	3,21	3210
	747-200	11370	1,82	0,4	49,52	79,78	16,41	3,6	3600
	747-300	11080	0,27	0,4	65	17,84	2,46	3,51	3510
	747-400	10240	0,22	0,3	42,88	26,72	2,02	3,24	3240
	757-200	4320	0,02	0,1	23,43	8,08	0,2	1,37	1370
	757-300	4630	0,01	0,1	17,85	11,62	0,1	1,46	1460
	767-200	4620	0,33	0,1	23,76	14,8	2,99	1,46	1460
	767-300	5610	0,12	0,2	28,19	14,47	1,07	1,77	1780
	767-400	5520	0,1	0,2	24,8	12,37	0,88	1,75	1750
	777-200/300	8100	0,07	0,3	52,81	12,76	0,59	2,56	2560
	DC-10	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31	2310
	DC-8-50/60/70	5360	0,15	0,2	15,62	26,31	1,36	1,7	1700
	DC-9	2650	0,46	0,1	6,16	16,29	4,17	0,84	840
	L-1011	7300	7,4	0,2	31,64	103,33	66,56	2,31	2310
	MD-11	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2,13	2,31	2310
	MD-80	3180	0,19	0,1	11,97	6,46	1,69	1,01	1010
	MD-90	2760	0,01	0,1	10,76	5,53	0,06	0,87	870
	TU-134	2930	1,8	0,1	8,68	27,98	16,19	0,93	930
	TU-154-M	5960	1,32	0,2	12	82,88	11,85	1,89	1890
	TU-154-B	7030	11,9	0,2	14,33	143,05	107,13	2,22	2230
Jetler	RJ-RJ85	1910	0,13	0,1	4,34	11,21	1,21	0,6	600
	BAE 146	1800	0,14	0,1	4,07	11,18	1,27	0,57	570
	CRJ-100ER	1060	0,06	0,03	2,27	6,7	0,56	0,33	330
	ERJ-145	990	0,06	0,03	2,69	6,18	0,5	0,31	310
	Fokker100/70/28	2390	0,14	0,1	5,75	13,84	1,29	0,76	760
	BAC111	2520	0,15	0,1	7,4	13,07	1,36	0,8	800
	Dornier 328Jet	870	0,06	0,03	2,99	5,35	0,52	0,27	280
	Gulfstream IV	2160	0,14	0,1	5,63	8,88	1,23	0,68	680
	Gulfstream V	1890	0,03	0,1	5,58	8,42	0,28	0,6	600
	Yak-42M	2880	0,25	0,1	10,66	10,22	2,27	0,91	910
Turboprops	Beech King Air	230	0,06	0,01	0,3	2,97	0,58	0,07	70
	DHC8-100	640	0	0,02	1,51	2,24	0	0,2	200
	ATR72-500	620	0,03	0,02	1,82	2,33	0,26	0,2	200

Havayolu trafiğinden kaynaklanan emisyonlar, kullanılan yakıt tipine, egzoz gazının salındığı yüksekliğe, motorun tipi ve verimine, uçuşun uzunluğuna bağlıdır. Emisyonlar, uçaklarda yakıt olarak kullanılan jet kerosen ve uçak benzininden kaynaklanmaktadır. 1996 IPCC Kılavuzunda önerilen Tier 2 metodu sadece jet yakıtı kullanan jet uçaklarında geçerlidir. Uçak benzinini küçük uçaklarda kullanılmaktadır ve havacılıkta kullanılan tüm yakıtın %1 gibi bir miktarına karşılık gelmektedir. Bu nedenle küresel tüketimde bu kadar az bir orana sahip olan ve özel havacılıktan gelen bu düşük miktar için emisyon faktörleri hesaplanmamıştır. Enerji kullanımı ve bu nedenle oluşan emisyonların miktarı, uçağın çalışma koşullarına ve her kademedeki (LTO veya seyir durumu) harcadığı zamana bağlıdır. Bu yaklaşımın uygulanabilmesi için hem iç hatlar hem de dış hatlar uçak sefer sayısı ve uçak çeşidi bilinmesi gerekmektedir. Bu yöntemde kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$\text{LTO Emisyonu} = \text{LTO Sayısı} \times \text{LTO Emisyon Faktörleri} \quad (5.1)$$

Formül 5.1 ile verilen yöntem ile Atatürk Uluslararası Havalimanına aylık ve günlük olarak iniş-kalkış yapan uçak sayıları Çizelgede verilen katsayılarla çarpılarak her uçak tipi için atmosfere verilen kirleticiler ayrı ayrı hesaplanıp, daha sonra toplanarak dönemsel bir tek sonuç elde edilmiştir.

5.3. IPCC Terminolojisine Göre İstanbul Atatürk Havalimanı Emisyon Analizi

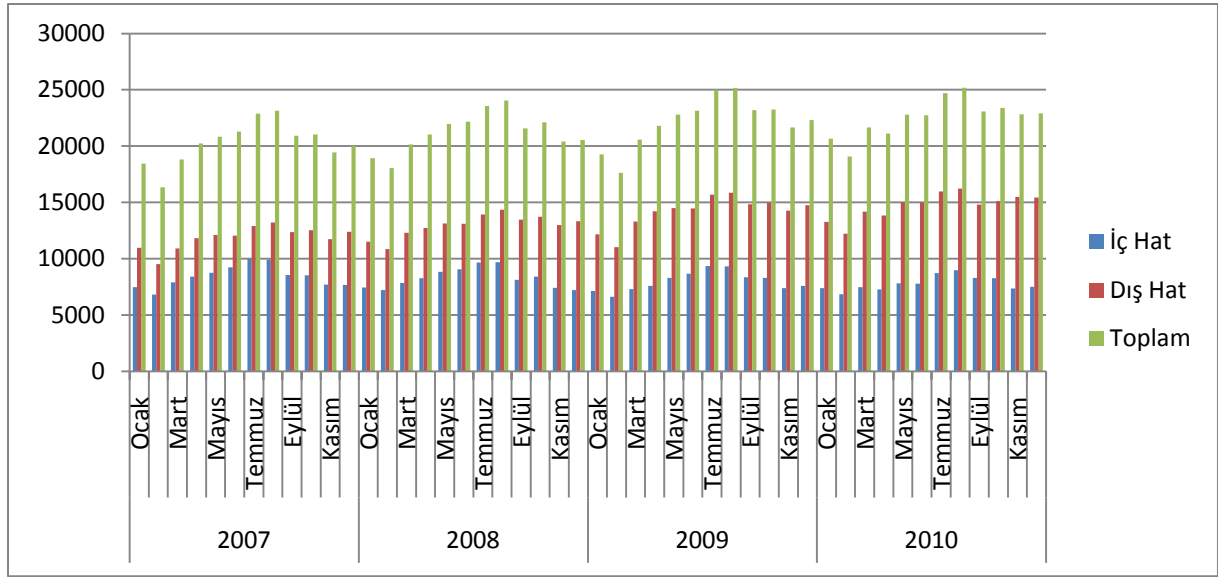
IPCC terminolojisi yardımı ile Atatürk Hava Limanı için yaklaşık olarak emisyon miktarları hesaplanması amaçlanmıştır. Bunun için ise iki ayrı veri grubu ile çalışılmıştır. Bu veriler Atatürk Hava Limanı uçuş bilgilerini kapsamaktadır. İlk kısım veriler aylık bazda olup 2007-2010 yılları arasını, veri içeriği ise aylık olarak Atatürk Havalimanına iniş ve kalkış yapan sadece ticari özellik gösteren uçak sayısını ve bu uçakların tiplerini içermektedir. Atatürk Hava Limanına iniş-kalkış yapan tüm uçaklarla ticari uçaklar arasındaki fark iç hatlar için %11, dış hatlar için %3,5 ve genel olarak ise %7 olarak hesaplanmıştır ve bu kısım ihmal edilmiştir. Bu 4 yıl aralığında iç hatlar ve dış hatlar ayrı olarak değerlendirilmiş ve sonuçları karşılaştırılarak birleştirilmiştir. Bunun yanında yapılacak dönemsel analizler için ikinci veri grubu olarak 2009 yılında iniş-kalkış yapan bütün ticari uçuşların günlük ve saatlik olarak verileri ele alınıp incelenmiştir. Bu 2009 verisi yine iniş ve kalkış yapan uçak sayısını ve uçak çeşidini günlük bazda ve iç-dış hat olarak içermektedir. Çizelge 5.2 2007 yılından 2010 yılına

kadar Atatürk Havaalanına İniş-Kalkış yapan uçak sayılarını içermektedir. Şekil 5.2 ise bu uçak sayılarının grafiksel olarak göstermektedir.

Ayrıca pist tercihi ve kullanım oranları sırasında kullanılacak rüzgar yönü ve şiddetini ortaya koymak adına 2005-2009 yılları arası yarım saatlik rüzgar yön ve şiddetleri kullanılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.2: 2007-2010 yılları arası Atatürk Havaalanına İniş-Kalkış yapan uçak sayıları

Yıl	Ay	İç Hat	Dış Hat	Toplam	Yıl	Ay	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2007	Ocak	7466	10971	18437	2009	Ocak	7115	12158	19273
2007	Şubat	6808	9522	16330	2009	Şubat	6611	11014	17625
2007	Mart	7884	10922	18806	2009	Mart	7290	13290	20580
2007	Nisan	8417	11810	20227	2009	Nisan	7587	14208	21795
2007	Mayıs	8735	12093	20828	2009	Mayıs	8303	14499	22802
2007	Haziran	9238	12042	21280	2009	Haziran	8656	14475	23131
2007	Temmuz	9982	12902	22884	2009	Temmuz	9348	15672	25020
2007	Ağustos	9918	13209	23127	2009	Ağustos	9303	15845	25148
2007	Eylül	8558	12360	20918	2009	Eylül	8359	14826	23185
2007	Ekim	8511	12532	21043	2009	Ekim	8279	14959	23238
2007	Kasım	7697	11746	19443	2009	Kasım	7386	14264	21650
2007	Aralık	7661	12379	20040	2009	Aralık	7579	14733	22312
2008	Ocak	7427	11496	18923	2010	Ocak	7390	13263	20653
2008	Şubat	7212	10842	18054	2010	Şubat	6830	12229	19059
2008	Mart	7850	12290	20140	2010	Mart	7469	14185	21654
2008	Nisan	8278	12741	21019	2010	Nisan	7282	13844	21126
2008	Mayıs	8831	13140	21971	2010	Mayıs	7800	14994	22794
2008	Haziran	9063	13108	22171	2010	Haziran	7781	14968	22749
2008	Temmuz	9645	13926	23571	2010	Temmuz	8730	15956	24686
2008	Ağustos	9689	14353	24042	2010	Ağustos	8972	16216	25188
2008	Eylül	8117	13459	21576	2010	Eylül	8285	14793	23078
2008	Ekim	8392	13711	22103	2010	Ekim	8259	15124	23383
2008	Kasım	7419	12991	20410	2010	Kasım	7356	15479	22835
2008	Aralık	7218	13333	20551	2010	Aralık	7486	15421	22907

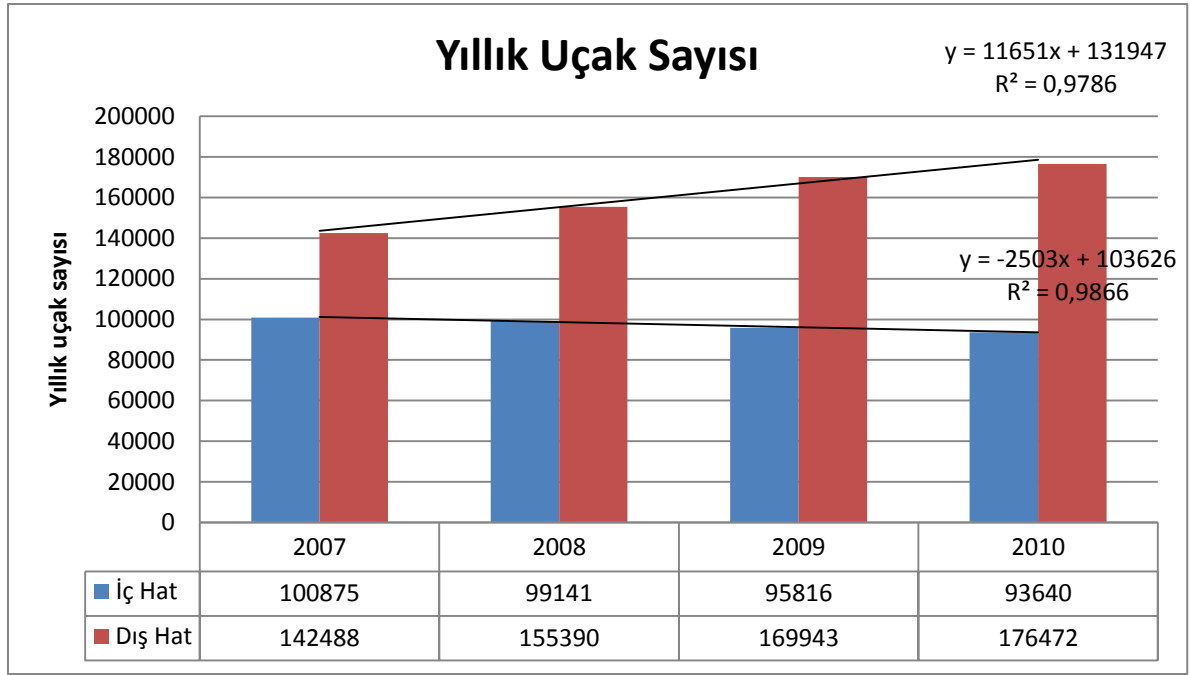


Şekil 5.2: 2007-2010 yılları arası Atatürk Havaalanına İniş-Kalkış yapan uçak sayıları

Hem iç hatlarda hem de dış hatlarda yaz aylarında bir artış kış aylarında ise bir azalış söz konusudur. Uçak seferlerinin en yoğun olduğu ay Temmuz en seyrek olduğu ay ise Şubat ayıdır. Yıl bazında bakıldığında ise Atatürk Uluslararası Hava Limanına iniş- kalkış yapan uçak sayılarında, iç hatların düşüş gösterdiği, dış hatlar ise artış gösterdiği gözlemlenmiştir. İç hatlardaki bu düşüşün nedeni ise Sabiha Gökçen Havalimanına olan talebin artış göstermesidir. Genel olarak bakıldığında ise 2007-2010 yılları arasında Atatürk Havalimanına iniş-kalkış yapan uçak sayısında bir artış olduğu gözükmemektedir. Çizelge 5.3 bu değişimlerin yıllara göre olan değişimini göstermektedir. Şekil 5.3 ise bu uçak sayılarının yıllık olarak değişimini ortaya koymaktadır. Yıllar arasındaki bağıntının güçlü olması, bu sayının yıllar içerisinde de artış göstermeye devam edeceğinin bir göstergesidir. Toplam olarak Atatürk havalimanına 2007 yılında 243363 uçak seferi yapılırken bu sayı 2010 yılında 270112 gibi bir sayıya yükselmiştir.

Çizelge 5.3: 2007-2010 Atatürk Uluslararası Havalimanı uçak sefer sayıları

	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2007	100875	142488	243363
2008	99141	155390	254531
2009	95816	169943	265759
2010	93640	176472	270112

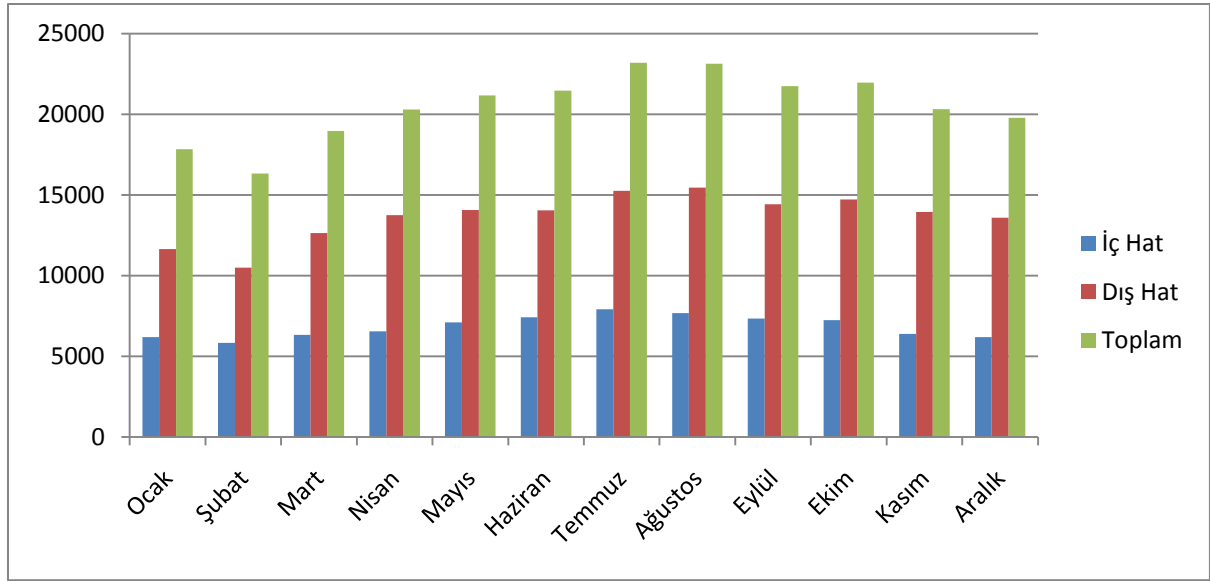


Şekil 5.3: 2007-2010 Atatürk Uluslararası Havalimanı uçak sefer sayıları

Atatürk havalimanı aylık olarak incelendiğinde ise aşağıdaki Çizelge 5.4 gibi bir sonucun çıktığını görürüz. Şubat aylarında sefer sayılarında olan azalma Şekil 5.4 de belirgin olarak görülmektedir. En yoğun aylar ise temmuz ve ağustos ayları olduğu açıktır. Aylar arasındaki bu fark dış hatlarda daha belirgin olup iç hatlarda daha az olmakla beraber yine de artış yaz aylarına doğru vardır. İç hat uçak seferleri dış hat uçak seferlerine göre daha azdır ve hemen hemen yarısı kadardır.

Çizelge 5.4: 2009 yılı Atatürk Havalimanı aylık uçak sefer sayıları

	İç Hat	Dış Hat	Toplam
Ocak	6175	11646	17821
Şubat	5836	10493	16329
Mart	6326	12640	18966
Nisan	6543	13749	20292
Mayıs	7104	14058	21162
Haziran	7408	14049	21457
Temmuz	7918	15259	23177
Ağustos	7675	15450	23125
Eylül	7328	14408	21736
Ekim	7231	14719	21950
Kasım	6382	13934	20316
Aralık	6180	13584	19764

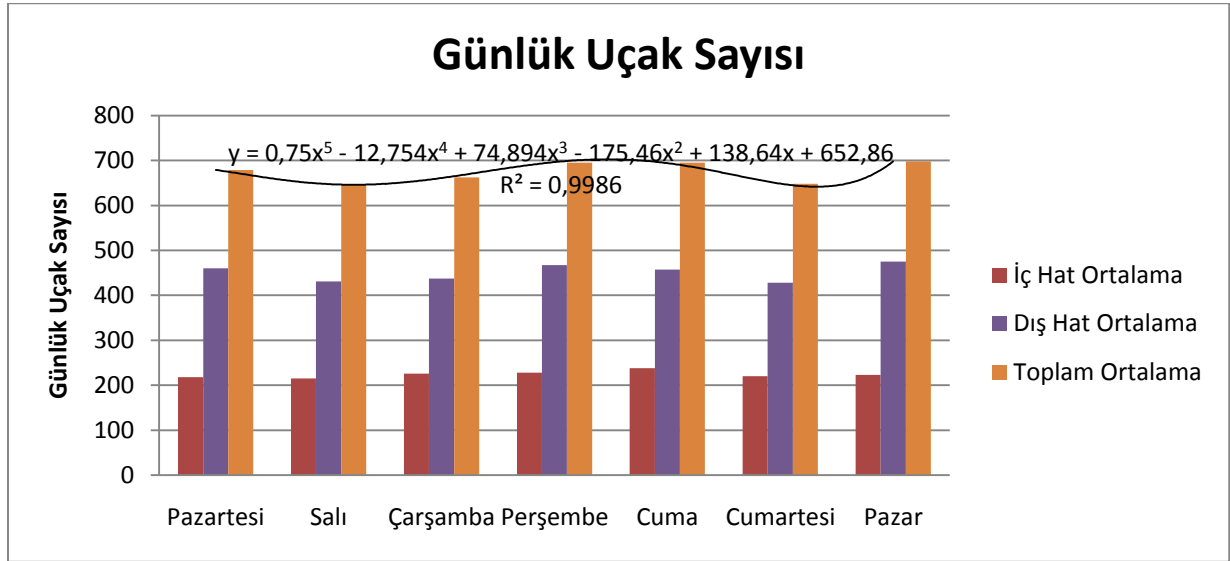


Şekil 5.4: 2009 yılı Atatürk Havalimanı aylık uçak sefer sayıları

Atatürk havalimanının günlük yoğunluğunu belirlemek ve yoğun günleri ortaya koymak adına yapılan analizlerin sonucunda ise iç hatlar için ortalama günlük 224 uçağın, dış hatlar için ortalama 450 ve toplam olarak ise 674 uçağın bu havalimanına günlük ortalama sefer düzenlediği ortaya konmuştur. İç hatlar yönünden en yoğun gün Cuma olduğu, dış hatlar yönünden ise Pazar olduğu bulunmuştur. Genele bakıldığı zaman ise Cuma ve Pazar gününün en yoğun olduğu Çizelge 5.5 görünmektedir. Görsel olarak ise bu sonuçlar Şekil 5.5 gösterilmiştir. 2009 yılında sefer yapan uçak sayılarının günlük olarak gösterimi iste ekte sunulmaktadır. Yapılan hesaplar sonucu varılan yüksek korelasyonla Salı ve Cumartesi'nin en az yoğun günler olduğunu ortaya koymuştur.

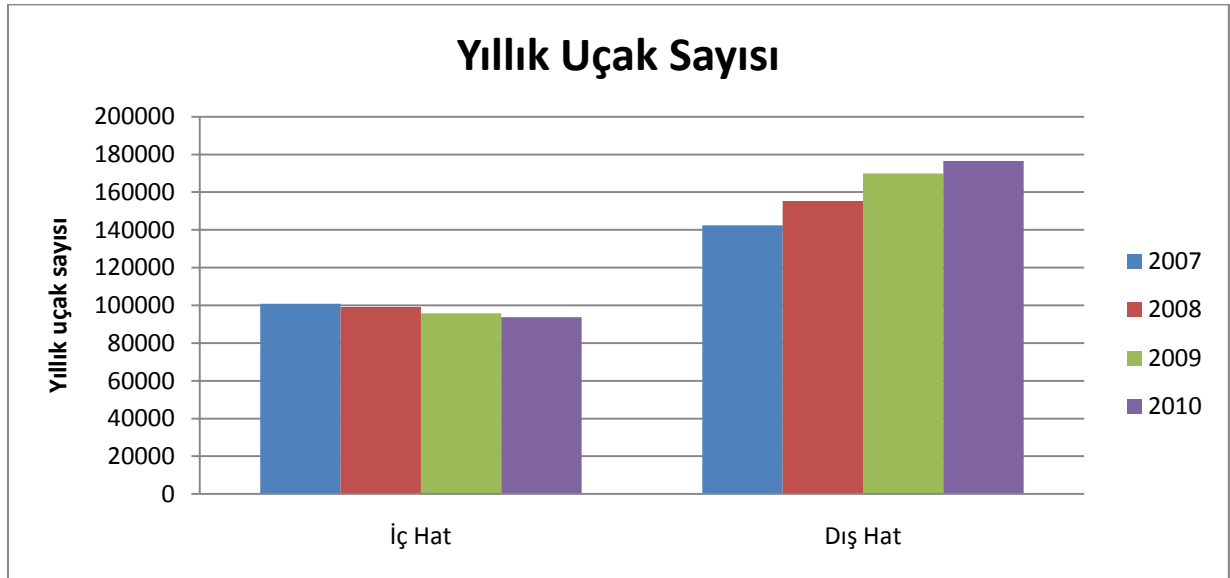
Çizelge 5.5: Atatürk Uluslararası Havalimanı için günlük ortalama uçak sayıları dağılımları

	Günlük Ortalama Uçak Sayısı		
	İç Hat	Dış Hat	Genel
Pazartesi	218	460	679
Salı	215	431	647
Çarşamba	226	437	662
Perşembe	228	467	695
Cuma	238	457	695
Cumartesi	220	428	648
Pazar	223	475	698



Şekil 5.5: Uçak sayılarının günlük dağılımı

Atatürk Uluslararası Havalimanının 4 yıllık sefer sayılarına bakıldığı zaman iç hatlarda bir azalışın, dış hatlarda ise bir artışın olduğu Şekil 5.6 gösterilmiştir. Dış hatlara olan yüksek talep dış hat seferlerindeki bu artışı açıklarken, iç hatlardaki azalışın nedeni olarak İstanbul'da bulunan ikinci havalimanı Sabiha Gökçen'e olan talebin artmasıyla açıklanabilir.



Şekil 5.6: Uçak sayılarının yıllık dağılımı

İkinci grup veri seti günlük ve saatlik olarak 2009 yılını içermektedir. Farklı kaynaklardan elde edilen bu iki grup arasında 2009 yılına bakıldığında uçak sayılarında farklılık olduğu

gözlemlenmektedir. Ancak yapılan bazı kabuller sonucu istisnaların listeden çıkarılması veya özel durumlarda iniş yapan uçakların listeye yazılmaması, özel şahıs jetlerinin/uçaklarının, askeri uçakların, yangın söndürme ve tabi alanlarda kullanılan özel amaçlı uçakların kayıtlarının farklı tutulmasındaki veriler arasında belli bir düzeyde farklılık göstermesine neden olmuştur. Çizelge 5.6 bu iki farklı veri setinin aynı dönemler için ne kadar farklı olduğunu göstermektedir. 2009 yılı verilerindeki bu farklılık iç hatlar için ortalama %14, dış hatlar için ortalama %4 ve genel için ortalama %7 civarında olduğu hesaplanmıştır.

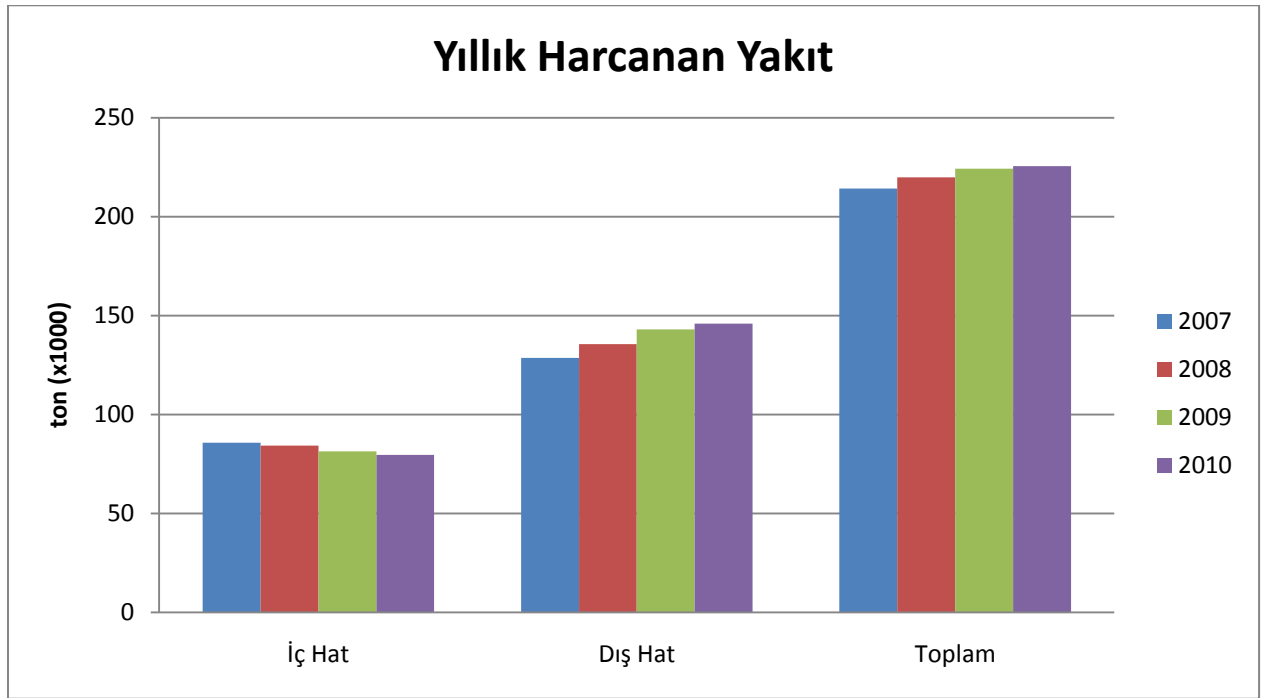
Çizelge 5.6: 2009 yılı verileri arasındaki yüzdelik fark çizelgesi

2009 Yılı Veri Çizelgesi								
Günlük			Aylık			Yüzdelik Fark (%)		
İç Hat	Dış Hat	Toplam	İç Hat	Dış Hat	Toplam	İç Hat	Dış Hat	Toplam
6175	11646	17821	7115	12158	19273	13	4	8
5836	10493	16329	6611	11014	17625	12	5	7
6326	12640	18966	7290	13290	20580	13	5	8
6543	13749	20292	7587	14208	21795	14	3	7
7104	14058	21162	8303	14499	22802	14	3	7
7408	14049	21457	8656	14475	23131	14	3	7
7918	15259	23177	9348	15672	25020	15	3	7
7675	15450	23125	9303	15845	25148	17	2	8
7328	14408	21736	8359	14826	23185	12	3	6
7231	14719	21950	8279	14959	23238	13	2	6
6382	13934	20316	7386	14264	21650	14	2	6
6180	13584	19764	7579	14733	22312	18	8	11

Atatürk Uluslararası Havalimanı için yapılacak emisyon analizinden önce emisyonların meydana gelmesi için gerekli yakıt yakımının gerçekleşmesi gerekir. Harcanan yakıtla birlikte emisyonlar meydana gelir ve atmosfere salınır. Yapılacak LTO emisyon analizinde inen/uçan uçak sayıları ile harcanan yakıt doğru orantılıdır. Dolayısı ile iç hat sefer sayısındaki yıllık azalma, iç hatlarda harcanan yakıtın da azalmasına neden olur. 2007 yılında 86 bin ton olan yakıt harcanması, 2010 yılında 80 bin ton seviyesine gerilemiştir. Bunun aksine dış hat sefer sayısındaki artış, dış hatlar için harcanan yakıtla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. 2007 yılında 129 bin ton olan yakıt harcaması, 2010 yılında 146 bin ton seviyesine yükselmiştir. Bu değişimler Çizelge 5.7 de gösterilmiştir. Bunun yanında genel olarak harcanan toplam yakıt, dış hat seferlerinde olan artışın iç hat seferlerinde olan azalıştan daha fazla olmasından dolayı artış göstermiştir. Yıllık harcanan yakıttaki bu değişimler Şekil 5.7 da gösterilmiştir.

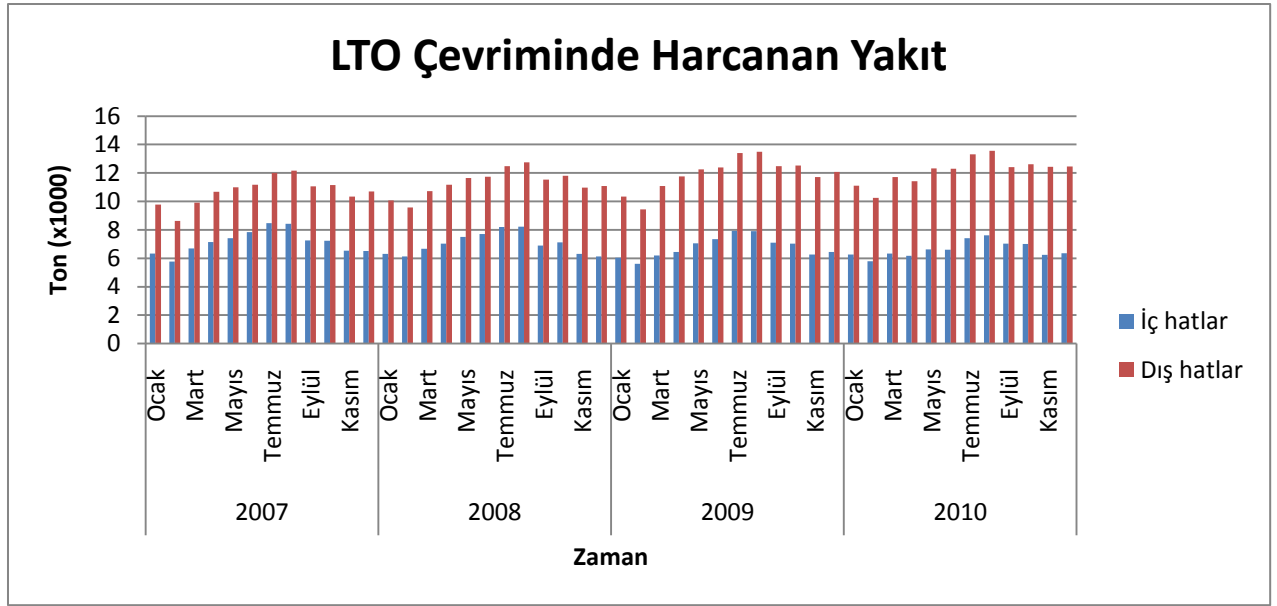
Çizelge 5.7: Harcanan yakıtın iç hat-dış hat yıllık dağılımı

Harcanan Yakıt (x1000 ton)			
Yıl	İç Hat	Dış Hat	Toplam
2007	86	129	214
2008	84	136	220
2009	81	143	224
2010	80	146	225



Şekil 5.7: Harcanan yakıtın iç hat-dış hat ve toplam olarak yıllık dağılımı

Harcanan yakıtın 4 yıl boyunca aylık dağılımına bakıldığı zaman ise sefer sayılarının en fazla olduğu Temmuz ayında, yakıt harcanması doğru orantılı olarak en fazla olduğu, bunun aksine Şubat ayında ise en az seviyede olduğu şekil 5.8 ile görülebilir. Hem iç hatlar hem de dış hatlar için Temmuz- Ağustos ayı seferleri ve harcanan yakıt seviyesi maksimum düzeydedir. 2007 yılında 86 bin ton olan yakıt harcanması, 2010 yılında 80 bin ton seviyesine gerilemiştir. Bunun aksine dış hat sefer sayısındaki artış,dış hatlar için harcanan yakıtla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. 2007 yılında 129 bin ton olan yakıt harcaması, 2010 yılında 146 bin ton seviyesine yükselmiştir. . Bunun yanında genel olarak harcanan toplam yakıt, dış hat seferlerinde olan artışın iç hat seferlerinde olan azalıştan daha fazla olmasından dolayı artış göstermiştir. Yıllık harcanan yakıttaki bu değişimler Şekil 5.7 da gösterilmiştir.

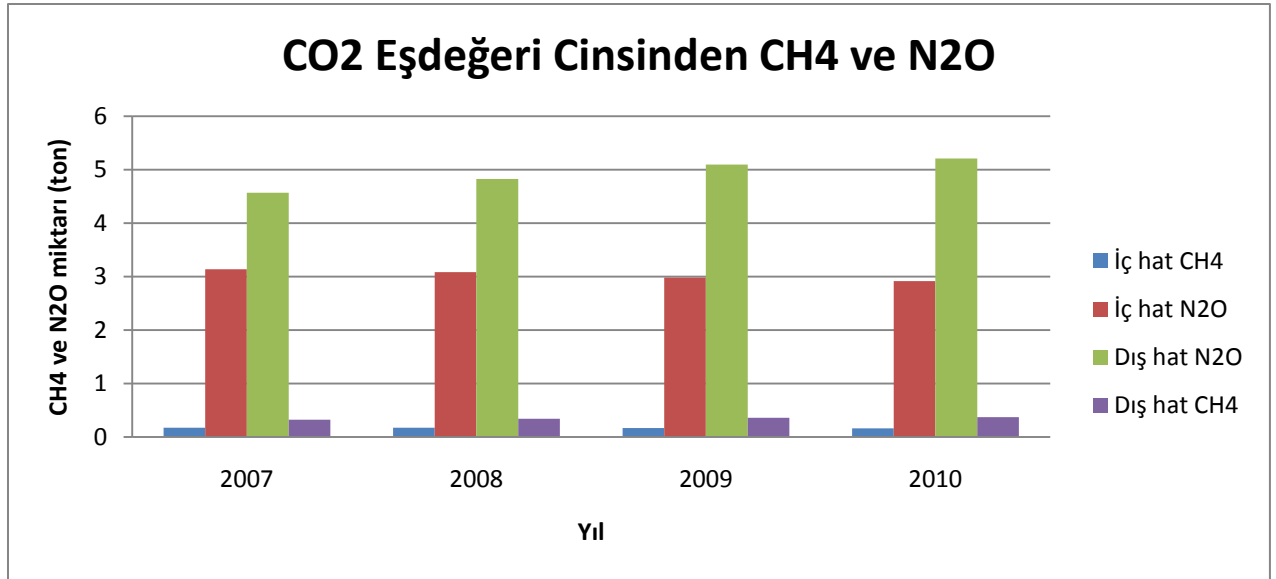


Şekil 5.8: LTO seviyesi içerisinde harcanan yakıtın iç hat-dış hat olarak aylık dağılımı

LTO çevrimi içerisinde atmosfere verilen ve en önemli sera gazları arasında sayılan N_2O ve CH_4 için de analiz yapılmıştır. Formül 2.1 olarak verilen çevrimle N_2O ve CH_4 emisyonları CO_2 eşdeğerine çevrilmiştir ve çıkan sonuçlar toplam yıllık emisyon miktarları olarak Çizelge 5.8’de verilmiştir. Çıkan sonuç ise iç hatlar için azalma dış hatlar için artma eğiliminde olduğudur. Bu eğilimin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 5.9’e bakılması gerekir. İç hatlar için 2007 yılı toplamında atmosfere verilen CO_2 eşdeğeri cinsinden N_2O miktarı 3100 ton seviyesinde iken 2010 yılında bu seviye 2900 ton düzeyine düşmektedir. Yine aynı şekilde 171 ton seviyesinde olan CO_2 eşdeğeri cinsinden CH_4 miktarı 160 ton seviyesine düşmüştür. Dış hatlar için ise CO_2 eşdeğeri cinsinden N_2O ve CH_4 2007-2010 yılları arasında artış göstermiştir.

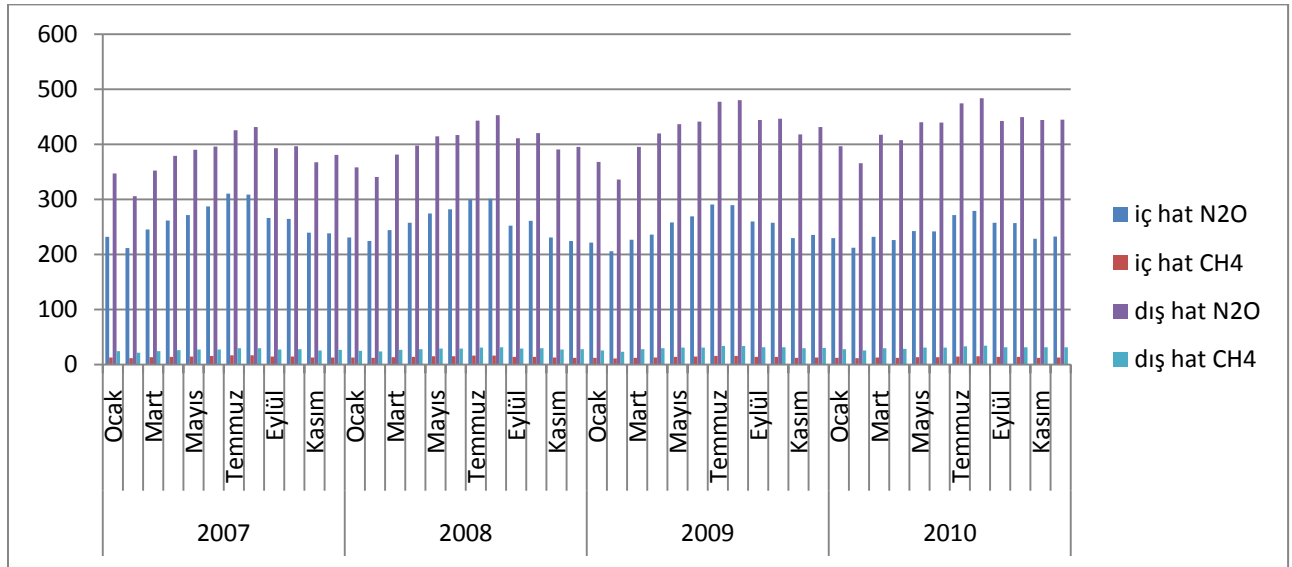
Çizelge 5.8: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen yaklaşık N_2O ve CH_4 emisyonlarının CO_2 eşdeğeri cinsinden ton olarak değerleri

	İç hat		Dış hat	
	N_2O	CH_4	N_2O	CH_4
2007	3100	171	4560	318
2008	3080	168	4820	338
2009	2980	162	5090	359
2010	2910	160	5200	368



Şekil 5.9: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen yaklaşık N₂O ve CH₄ emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden değerlerinin gösterimi

Atmosfere verilen emisyonların 4 yıl boyunca aylık dağılımına bakıldığında zaman ise sefer sayılarının en fazla olduğu Temmuz ayında, emisyon miktarları doğru orantılı olarak en fazla olduğu, bunun aksine sefer sayılarının en az olduğu Şubat ayında ise atmosfere verilen emisyon miktarlarının en az seviyede olduğu Şekil 5.10'den görülebilir. Hem iç hatlar hem de dış hatlar için Temmuz-Ağustos ayı seferleri ve emisyon seviyesi maksimum düzeydedir.



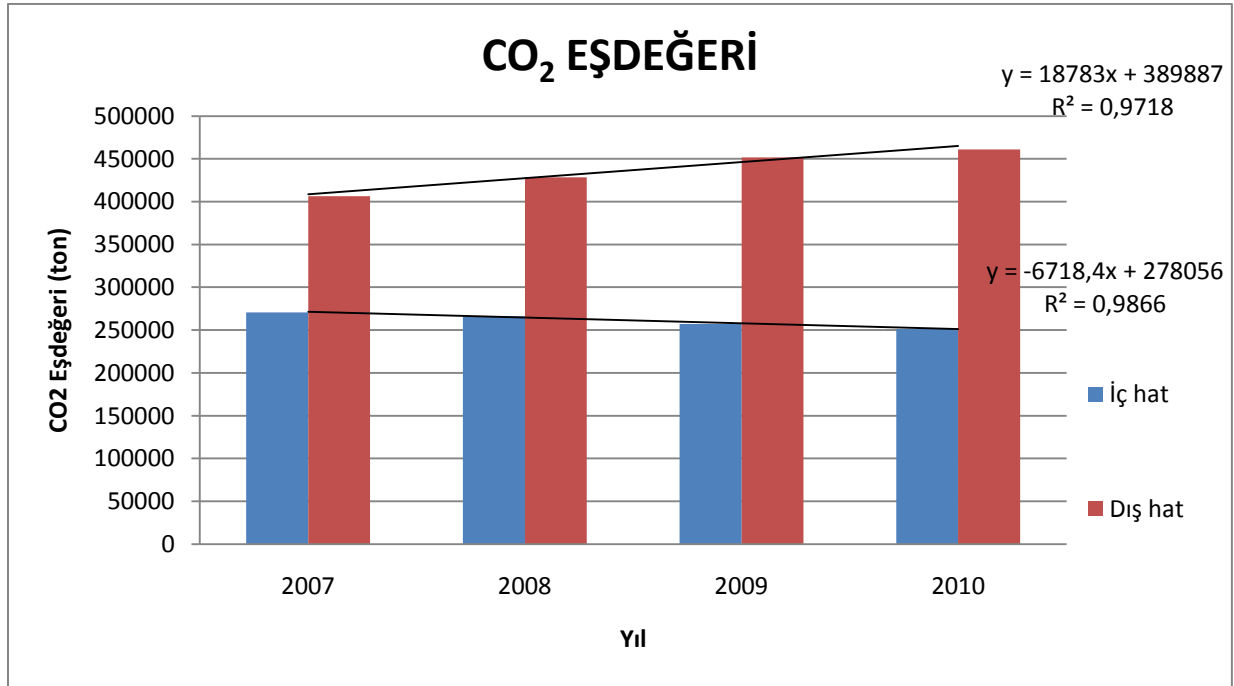
Şekil 5.10: İç ve dış hatlar için atmosfere verilen yaklaşık N₂O ve CH₄ emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden aylık gösterimi

N₂O, CH₄ ve CO₂ Formül 2.1 yardımı ile tek bir başlık altında toplanarak CO₂ eşdeğeri olarak verilmesi için Çizelge 5.9 yapılmıştır. Mertebe olarak karşılaştırıldıkları zaman CO₂, N₂O' ye

göre ortalama 100 kat ve CH₄ 'ye göre ise ortalama 1500 kat büyük olduğundan CO₂ merteye ve trend olarak baskınlık gösterir. Toplam olarak bu dağılım Şekil 5.11 da gösterilmiştir.

Çizelge: 5.9: İç ve dış hatlar için yıllık atmosfere verilen emisyonların yaklaşık değerleri

	İç hat				Dış hat			
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	CO ₂ Eşdeğeri	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	CO ₂ Eşdeğeri
2007	3136	172	270664	273972	4564	319	406224	411107
2008	3082	169	266020	269271	4822	338	428418	433578
2009	2979	163	257099	260241	5093	359	451615	457067
2010	2911	159	251243	254314	5205	368	461103	466675

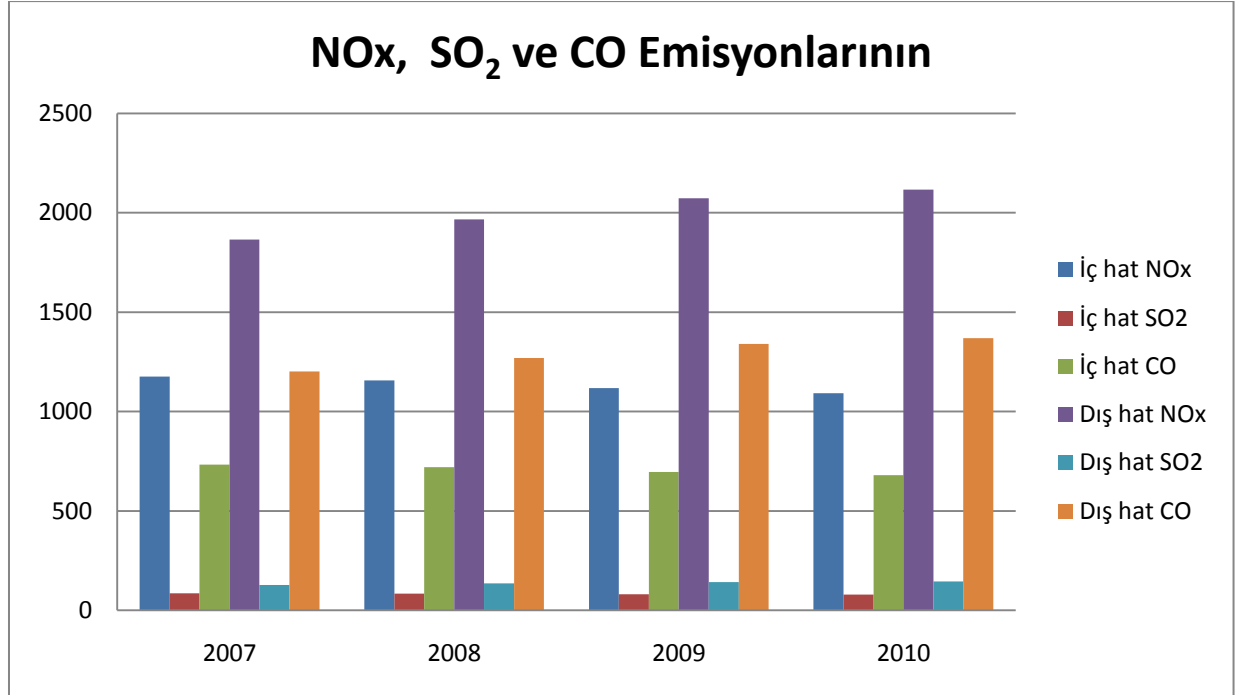


Şekil 5.11 : CO₂ eşdeğeri cinsinden iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı

Verilen emisyonların yanında uçaklardan kaynaklanan, etkileri önemli düzeyde olan birkaç gaz daha vardır. Bunlar NO_x, SO₂ ve CO'dır. Bunların yıllık dağılımları da Çizelge 5.10 de verilmiştir. Yıllık toplam değişimlerine bakıldığında zaman sefer sayıları ile uygunluk göstermekte ve iç hatlarda azalış dış hatlarda ise artış söz konusu olduğu gösterilmektedir. Bu değişimler sırası ile yıllık ve aylık olarak Şekil 5.12 ile Şekil 5.13 de verilmiştir.

Çizelge 5.10: NO_x, SO₂ ve CO emisyonlarının iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı

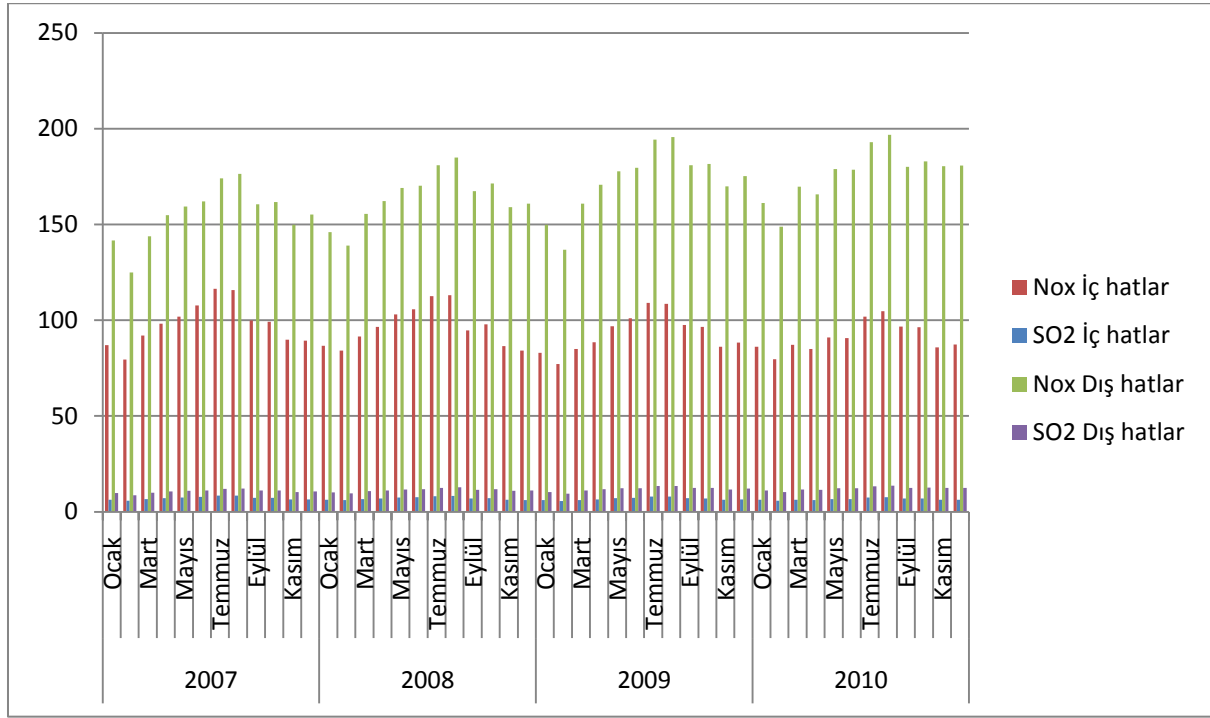
	İç hat			Dış hat		
	NO _x	SO ₂	CO	NO _x	SO ₂	CO
2007	1177	86	732	1864	129	1202
2008	1156	84	720	1966	136	1270
2009	1118	81	696	2073	143	1340
2010	1092	80	680	2117	146	1369



Şekil 5.12: NO_x, SO₂ ve CO emisyonlarının iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı

Atmosfere verilen emisyonların 4 yıl boyunca aylık dağılımına bakıldığında zaman sefer sayılarının en fazla olduğu Temmuz ayında, emisyon miktarları doğru orantılı olarak en fazla olduğu, bunun aksine sefer sayılarının en az olduğu Şubat ayında ise atmosfere verilen emisyon miktarlarının en az seviyede olduğu görülebilir. Hem iç hatlar hem de dış hatlar için Temmuz-Ağustos ayı seferleri ve emisyon seviyesi maksimum düzeydedir.

Yıllık toplam değişimlerine bakıldığında zaman sefer sayıları ile uygunluk göstermekte ve iç hatlarda azalış dış hatlarda ise artış söz konusu olduğu gösterilmektedir. Bu değişimler sırası ile yıllık ve aylık olarak Şekil 5.12 ile Şekil 5.13 de verilmiştir. Yıllık olarak göz önüne aldığımızda dış hatlarda sürekli bir artış olduğunu iç hatlarda ise bunun tersine bir azalış eğilimi içerisinde olduğunu görebiliyoruz.

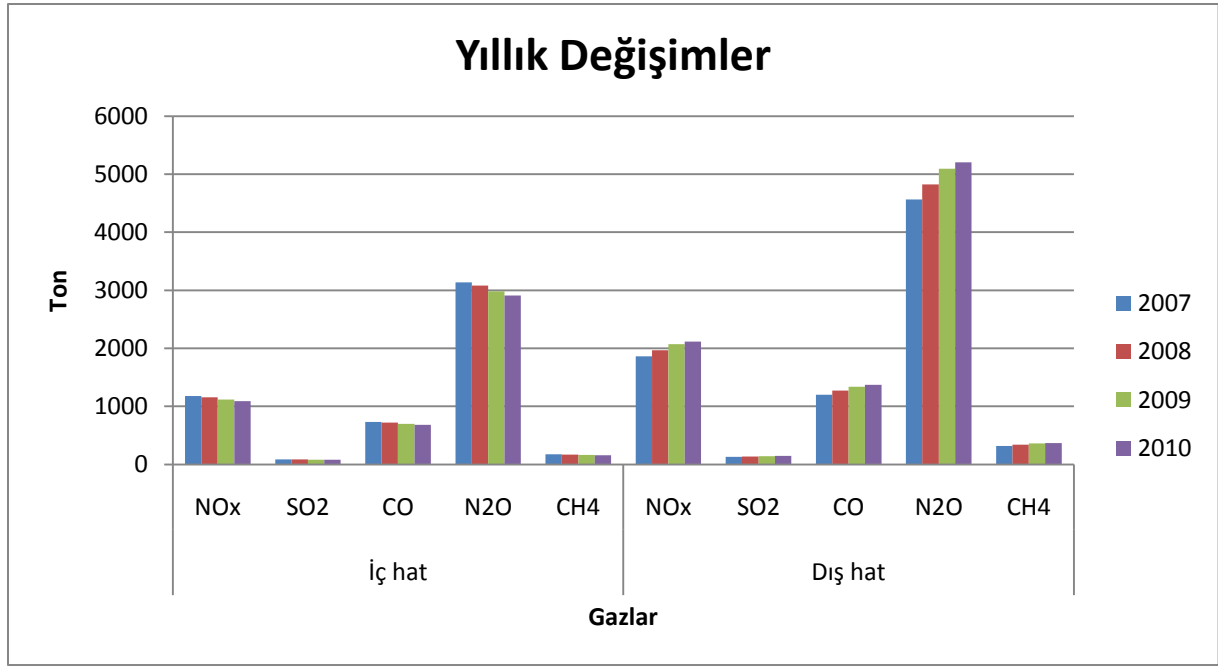


Şekil 5.13: NOx ile SO₂ emisyonlarının iç hat-dış hat olarak aylık dağılımı

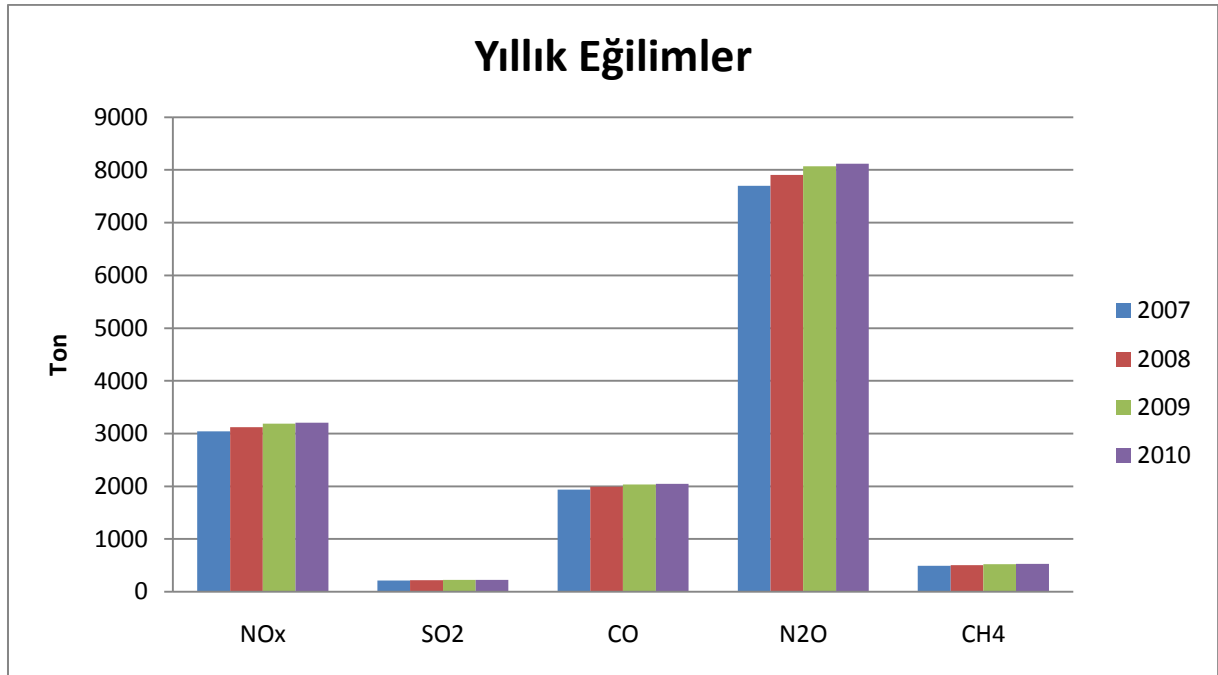
Son olarak uçaklardan kaynaklanan emisyonların bu dört yıllık analiz süresi içerisindeki değişimi ortaya koymak ve eğilimini anlamak açısından merteye olarak karşılaştırılabilecek emisyonlar Çizelge 5.11 da gösterilmiştir. İç hatlardan kaynaklanan emisyonlar sefer sayısına bağlı olarak azalma eğiliminde olduğu bunun aksine dış hatlardan kaynaklanan emisyonların ise sefer sayısına bağlı olarak artma eğiliminde olduğu Şekil 5.14’te görülmektedir. Genel toplama bakıldığında zaman, iç hatlardaki sefer sayılarındaki azalma dış hatlardaki artmanın yanında küçük kaldığından genel toplam sefer sayılarında artış gösterir. Dolayısı ile Atatürk Uluslararası Havalimanı için emisyon değerleri toplamı 4 yıl içinde artış gösterdiği görülmektedir. Bu artışı daha iyi anlayabilmek için Şekil 5.15 çizilmiştir.

Çizelge 5.11: Uçaklardan kaynaklanan emisyonların iç hat-dış hat olarak yıllık dağılımı

	İç hat					Dış hat				
	NOx	SO ₂	CO	N ₂ O	CH ₄	NOx	SO ₂	CO	N ₂ O	CH ₄
2007	1177	86	732	3136	172	1864	129	1202	4564	319
2008	1156	84	720	3082	169	1966	136	1270	4822	338
2009	1118	81	696	2979	163	2073	143	1340	5093	359
2010	1092	80	680	2911	159	2117	146	1369	5205	368



Şekil 5.14: Atatürk Havalimanı için emisyonların 4 yıllık değişimi



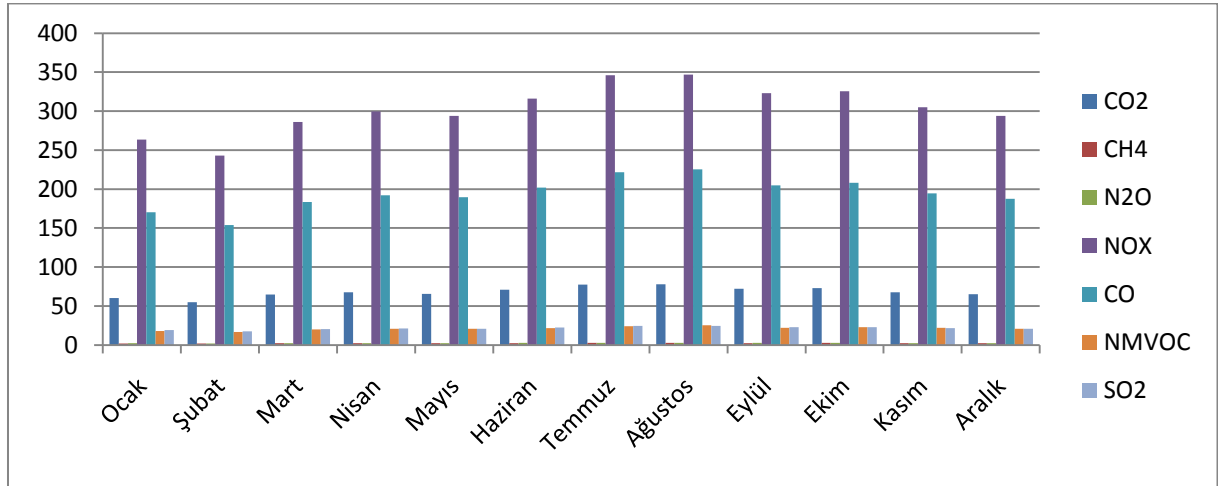
Şekil 5.15: Atatürk Havalimanı için emisyonların 4 yıllık eğilimi

Günlük 2009 yılı verileri yardımı ile Ocak ayından Aralık ayına kadar atmosfere verilen emisyonların miktarı ve çeşitleri Çizelge 5.12 da verilmiştir. Böylelikle bir yıl boyunca günlük verilerin aylığa dönüştürülmüş şekli ile emisyon miktarlarını aynı tabloda gösterilebilecektir. İç ve dış hatların toplamının verildiği Çizelge 5.12 son durumu

yansıtmaktadır. Şekil 5.16 ise bu emisyonları görsel olarak ortaya koymaktadır. CO₂ miktarının boyut olarak diğerlerinden fazla olması nedeni çizimin daha düzgün olması açısından 1000 kat küçültülerek çizilmiştir.

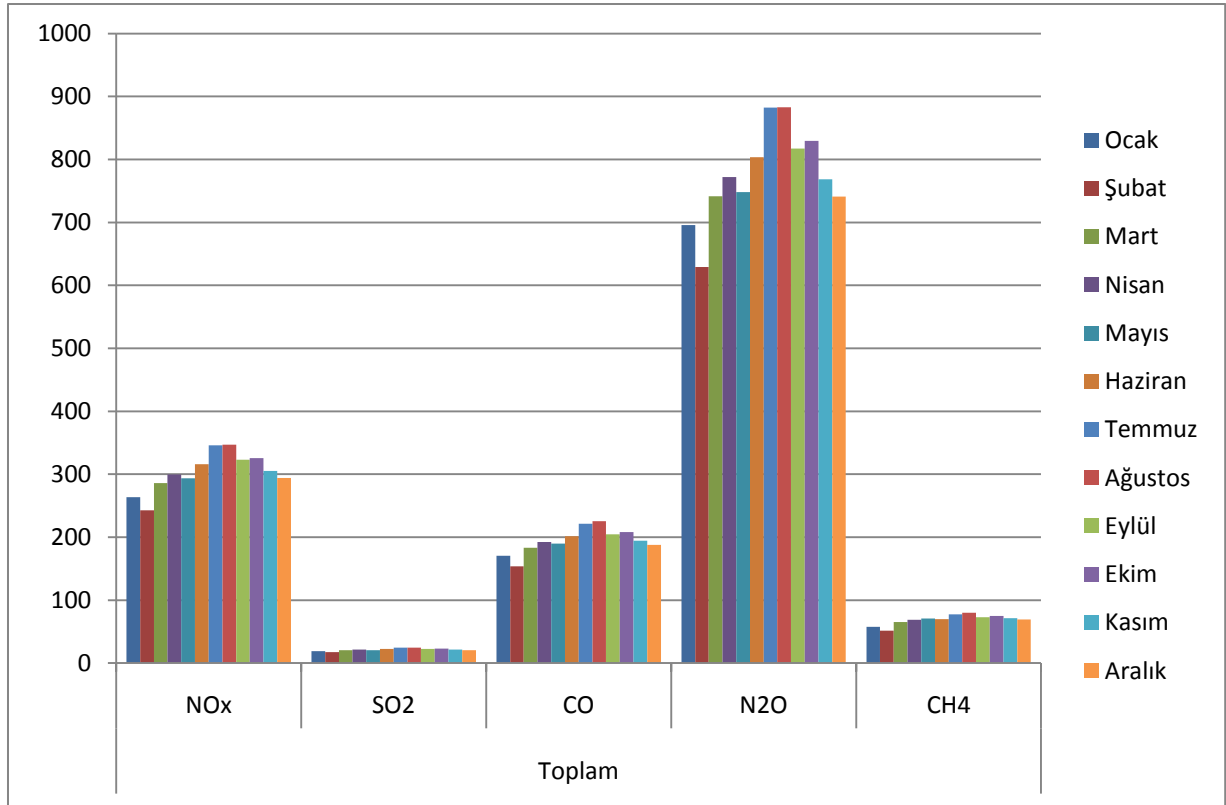
Çizelge 5.12: 2009 yılı aylık emisyon değerleri ve yakıt tüketimi

	LTO Emisyonları (Ton)							LTO Yakıt Tüketimi Ton
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM _{VOC}	SO ₂	
Ocak	60244	2,0	2,2	263	170	18	19	19055
Şubat	54789	1,8	2,0	243	154	17	17	17332
Mart	64582	2,2	2,4	286	183	20	20	20429
Nisan	67462	2,3	2,5	300	192	21	21	21344
Mayıs	65696	2,3	2,4	294	190	21	21	20787
Haziran	70688	2,4	2,6	316	202	22	22	22368
Temmuz	77521	2,7	2,8	346	222	24	25	24528
Ağustos	77739	2,8	2,8	347	225	25	25	24596
Eylül	72061	2,5	2,6	323	205	22	23	22802
Ekim	72777	2,5	2,7	325	208	23	23	23027
Kasım	67682	2,4	2,5	305	195	22	21	21416
Aralık	65219	2,3	2,4	294	188	21	21	20637



Şekil 5.16: 2009 yılı aylık emisyon değerleri ve yakıt tüketimi

Son olarak 2009 yılında aylık olarak emisyonların dağılımına batlığımız zaman uçak seferlerinin yoğun olduğu yaz aylarında bu emisyonların da maksimum seviyelerde dolaştığını, uçak seferlerinin az olduğu kış aylarında ise yaza oranla emisyon değerlerinin de azaldığı sonucunu ortaya koyabiliriz. Şekil 5.17 bu sonucu görsel olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 5.17: 2009 yılı aylık emisyon değerlerinin aylık olarak salınımı

2009 yılı toplamında havacılık sektöründen kaynaklanan yaklaşık 816000 ton CO₂ atmosfere verilmiştir. Bu miktarın diğer sektörlerle karşılaştırılmasını yapmak gerekirse, konut ısınması için kişi başına ortalama yılda 1,490 kg CO₂ atmosfere veriliyor (Ulubay, 2007). Konutlarda aydınlanma, temizlik, diğer elektrik tüketen cihazların (tv, radyo, bilgisayar, müzik seti, su ısıtıcısı v.b.) kullanılması sonucu kişi başına yılda 1,370 kilogram CO₂ üretilmektedir. Cep telefonlarının pillerini sarj etmek için kullandığımız enerjinin yıllık CO₂ karşılığı 35-70 kilogram arasında değişmektedir. Kullandığımız otomobillerin 1 kilometrede ürettikleri CO₂ miktarı 104 gramdan başlayıp 499 grama kadar çıkmaktadır. Bir aracın yılda ortalama 7-8,000 kilometre yol yaptığını varsayarsak, en çevreci aracın yıllık CO₂ üretimi 700-800 kilogram olurken, çevre düşmanı araçların katkısı 3.5-4.0 tondan aşağı düşmeyecektir. Yaklaşık 320 kilometre mesafe elektrikli tren ile gidildiğinde bunun yolcu başına CO₂ maliyeti 14.8 kilogram iken aynı mesafe uçak ile gidildiğinde kişi başına CO₂ bedeli 90 kilograma kadar çıkmaktadır (Emisyonlar, 2011). Ortalama 2009 yılında atmosfere verilen 81600 ton CO₂ 548 milyon kişinin ısınmasına, 600 milyon kişinin elektrikli cihazları kullanmasına 1 milyon arabanın yıllık CO₂ emisyonuna denktir. Çizelge 5.13 uçaklardan kaynaklanan emisyonun diğer emisyon veren sektörlerle karşılaşmasını göstermektedir.

Çizelge 5.13: Genel Karşılaştırma

2009 Uçaklardan Kaynaklanan CO2 miktarı (ton)	Isınma (kg/kişi)	Elektrikli Cihazlar (kg/kişi)	Telefon Sarjı (kg/telefon)	Çevreci Araba (kg/araba)	Eski Araba (kg/araba)
816000	1,49	1,37	50	750	3500
Sonuç	547651007	595620438	16320000	1088000	233143
	kişi	kişi	telefon	araba	araba

6. ÖZEL DURUM ÇALIŞMALARI VE ANALİZLERİ

İstanbul Atatürk Hava Limanında uçaklardan kaynaklanan emisyonlar farklı çevresel etkiler ile bir bölgeden diğerine taşınır ve yayılır. Atmosferin kararlılık koşullarına ve rüzgar etkisine oldukça bağlı olan bu taşınım, taşındığı bölgenin emisyon seviyesini değiştirir. Yeni Bosna bölgesinde bulunan ve Çevre Orhan Bakanlığına bağlı mobil hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri kullanılarak, rüzgar etkisinin Atatürk Havalimanından kaynaklanan emisyonların taşınımındaki etkisini ortaya konmak amaçlı bir analiz yapılmaya çalışılmıştır. İstasyonun, hava limanının kuzey doğusunda bulunması, rüzgar yönünün güney batılı yani 220-250 derece olması durumunda havalimanından oluşacak emisyonların istasyon üzerine doğru taşınacağını, bunu aksine kuzey doğulu yani 40-70 derece olması durumunda ise oluşacak emisyonların istasyon üzerine değil, zıt yöne yani Marmara denizine doğru taşınacağını ortaya koyar. Dolayısı ile güney batılı rüzgarların hakim olduğu zaman süresince mobil istasyonundan okunması gereken değerlerin normal değerlerin üzerinde olması, kuzey doğulu rüzgarların hakim olduğu süre zarfında ise mobil istasyonda okunması gereken emisyon değerleri normal seviyeden düşük olması beklenir.

Mobil istasyonda ölçümleri yapılan SO₂, PM₁₀ ve CO değerlerinin bu süre zarfında hesaplanan ortalama ve standart sapma oranları yardımı ile birimsizleştirilmiş şekilde analizlerde kullanılmıştır. Mobil istasyonun yeri Ekler kısmında verilmiştir.

6.1. Özel Durum Çalışması 06.10.2009-07.10.2009

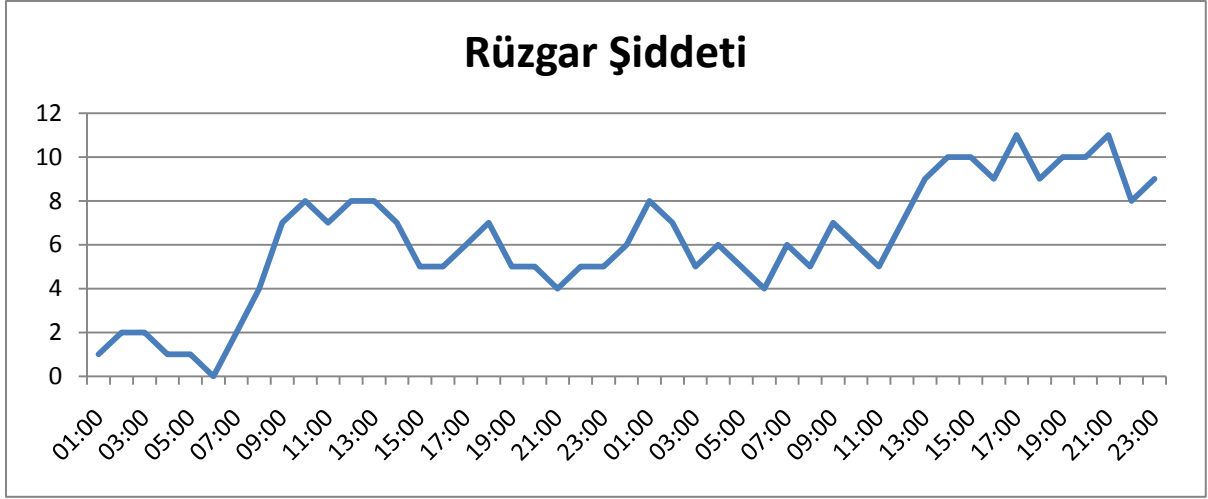
Atatürk Hava Limanı için yapılan özel durum çalışması 2009 yılı Ekim ayında iki gün seçilerek yapılmıştır. İlk tarih olarak seçilen 06-07 Ekim’de saatlik iniş-kalkış yapan uçak adeti, bu süre zarfında hakim olan rüzgar şiddeti ve yönü Çizelge 6.1 de verilmiştir. Mobil istasyonda ölçümleri yapılan SO₂,PM₁₀ ve CO değerlerinin bu süre zarfında hesaplanan ortalama ve standart sapma oranları yardımı ile birimsizleştirilmiş şekilde son değerleri yine Çizelge 6.1 de verilmiştir. 06 Ekim 2009 yani Salı günü 01:00 den itibaren alınan ölçüm değerleri 07 Ekim 2009 Çarşamba gecesi 23:00 a kadar devam etmektedir. Ölçüm

değerlerinin ilk saatlerinde rüzgar şiddetinin düşük olması, taşınımın minimum düzeyde olacağını gösterir. Bu süre zarfında rüzgar yönünün kuzey doğudan olduğuna dikkat çekmekte de yarar var. Rüzgar şiddeti sabah saat sekiz itibariyle artmaya başlamıştır ve ortalama 7 knot şiddetini gün sonuna kadar sürmüştür. Rüzgar yönüne bakıldığı zaman ise kuzey doğulu olduğu dikkat çekiyor. 07 Ekimde ise rüzgar şiddeti 15:00 itibariyle daha da artmıştır. Ancak bu saatten itibaren rüzgar yönü değişerek güney-günaybatı doğrultusunda olmuştur.

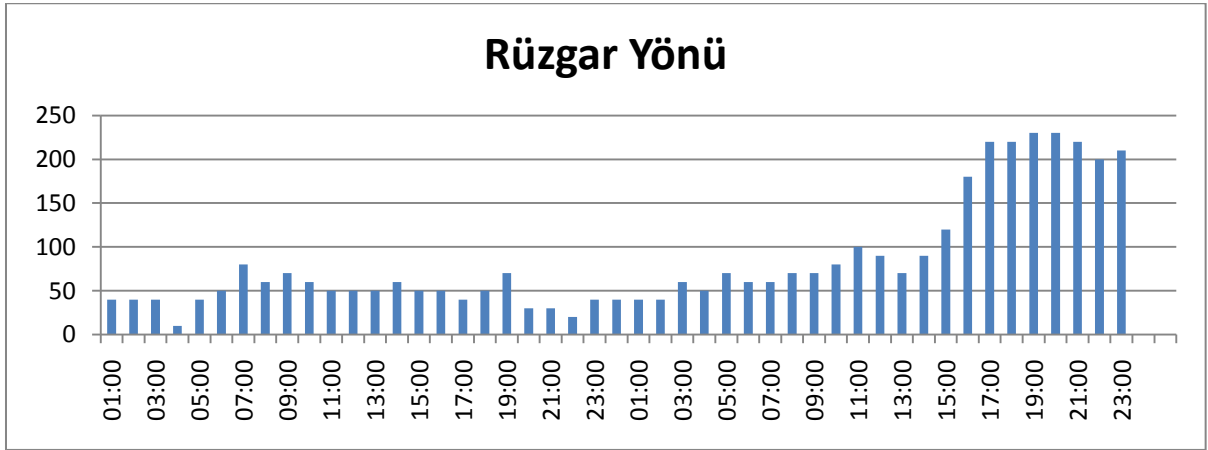
Çizelge 6.1: 06-07 Ekim 2009 saatlik emisyon rüzgar ve uçak sayısı verileri

06.10.09	SO ₂	PM10	CO	Rüzgar Şiddeti	Rüzgar Yönü	Uçak Adeti	07.10.09	SO ₂	PM10	CO	Rüzgar Şiddeti	Rüzgar Yönü	Uçak Adeti
01:00	1,98	1,76	1,31	1	40	16	01:00	-0,81	-0,26	-0,62	8	40	24
02:00	1,51	0,95	0,44	2	40	17	02:00	-0,35	0,14	-0,52	7	40	18
03:00	0,58	0,14	-0,24	2	40	20	03:00	-0,35	-0,26	-0,54	5	60	17
04:00	-0,35	-1,07	-0,93	1	10	19	04:00	-0,81	-0,67	-1,10	6	50	28
05:00	-0,35	-0,26	-0,24	1	40	28	05:00	-0,35	-0,83	-1,17	5	70	32
06:00	0,12	0,55	-0,62	0	50	30	06:00	-0,81	0,14	-0,61	4	60	34
07:00	0,12	-0,67	-0,52	2	80	23	07:00	-0,35	-0,67	-0,13	6	60	28
08:00	-0,35	-1,48	-0,54	4	60	26	08:00	-0,81	-0,67	-0,36	5	70	31
09:00	-0,81	-1,48	-1,10	7	70	35	09:00	-0,81	-1,07	-0,38	7	70	28
10:00	-0,81	-0,26	-1,17	8	60	25	10:00	-0,35	-0,83	0,14	6	80	31
11:00	-1,28	-0,67	-0,61	7	50	34	11:00	0,12	0,95	-0,33	5	100	36
12:00	-1,28	-0,83	-0,13	8	50	32	12:00	1,05	1,28	0,08	7	90	26
13:00	-0,81	-0,67	-0,36	8	50	40	13:00	0,58	0,79	0,08	9	70	32
14:00	-0,35	-1,07	-0,33	7	60	32	14:00	0,12	0,95	-0,12	10	90	30
15:00	-0,35	-0,18	-0,26	5	50	36	15:00	1,05	1,12	0,33	10	120	38
16:00	-0,81	-0,75	-0,08	5	50	28	16:00	0,58	1,76	1,59	9	180	28
17:00	-0,35	-0,26	-0,47	6	40	26	17:00	1,05	1,36	1,83	11	220	36
18:00	-0,81	-0,26	-0,33	7	50	34	18:00	1,05	1,76	2,22	9	220	26
19:00	-0,35	-1,07	-0,75	5	70	22	19:00	1,51	0,95	1,73	10	230	25
20:00	-0,35	-0,26	-0,93	5	30	20	20:00	1,98	1,60	1,62	10	230	18
21:00	-0,81	0,14	-0,58	4	30	29	21:00	1,51	1,76	2,48	11	220	20
22:00	-0,81	-0,67	-0,69	5	20	32	22:00	2,44	0,87	2,39	8	200	18
23:00	-1,28	-1,48	-0,93	5	40	28	23:00	1,98	1,12	1,66	9	210	19
00:00	-1,28	-1,48	-0,24	6	40	25							

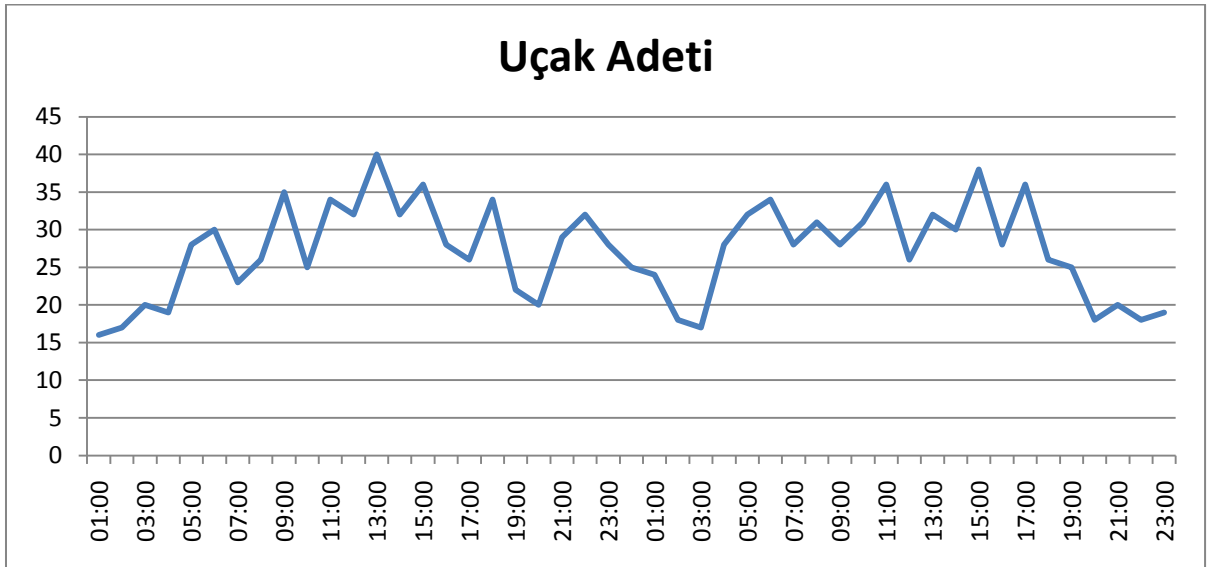
Uçak adetine bakıldığı zaman ise Salı günü toplam uçak sayısı 632 Çarşamba günü ise 648 olduğu görülür. Saatlik ortalama 27 adet uçağın iniş-kalkış yaptığı İstanbul Atatürk Havalimanı minimum seviyesini gece 01:00-03:00 civarlarında olduğu görülmektedir. Şekil 6.1 rüzgar şiddetini, Şekil 6.2 yönünü Şekil 6.3 ise saatlik uçak sayısını göstermektedir.



Şekil 6.1: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik rüzgar şiddeti

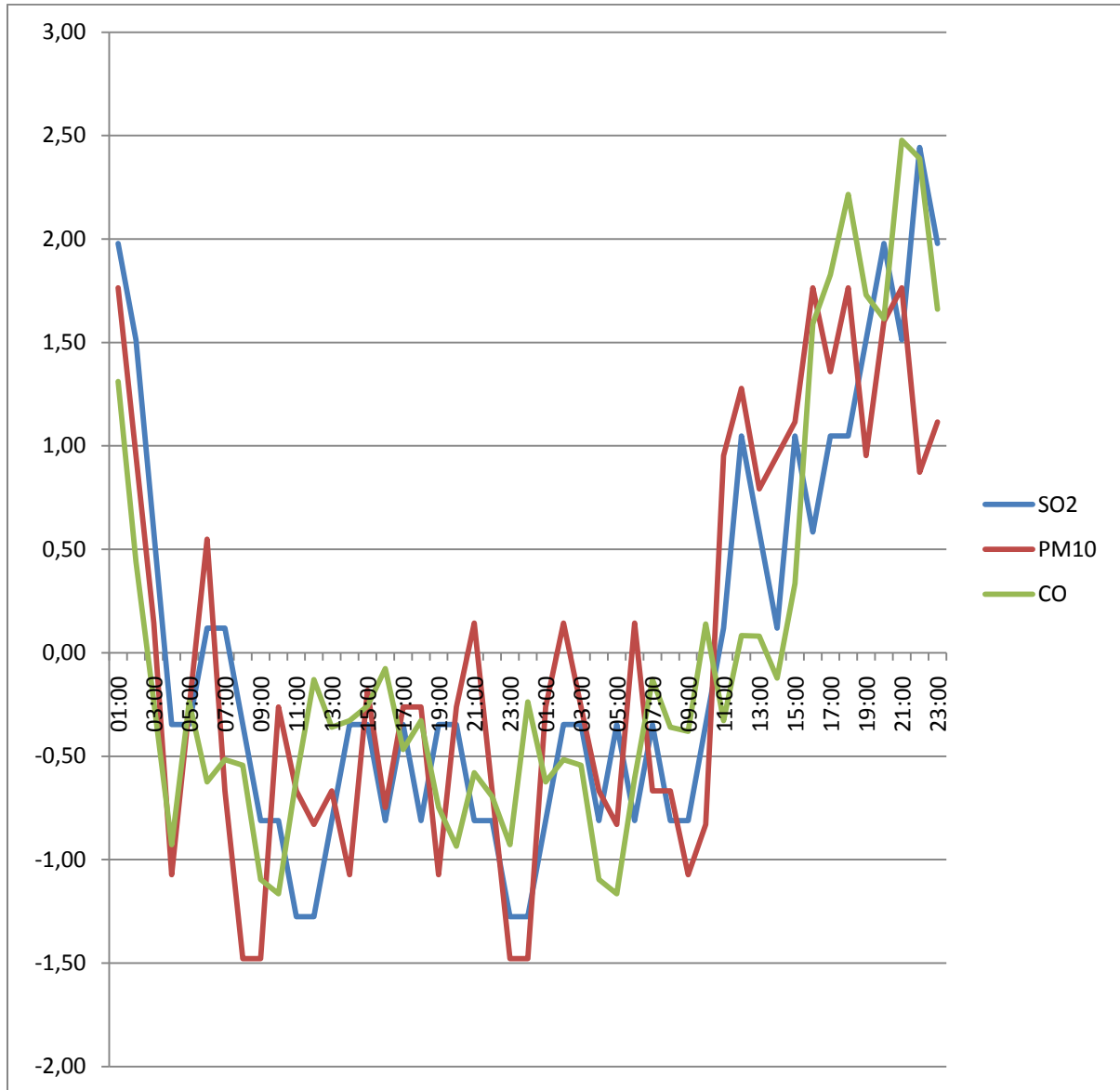


Şekil 6.2: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik rüzgar yönü



Şekil 6.3: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için saatlik uçak adeti

Rüzgar yönünün kuzey doğulu olduğu için mobil istasyon yönünde havalimanından emisyon taşınımı beklenmez. Rüzgar şiddetinin düşük olması sonucu ise bu süre zarfında emisyon düşüşünün açıklanmasına yardımcı olur. Daha sonra artan rüzgar şiddeti ve yine kuzey doğulu olan rüzgar yönü yardımı ile havalimanından mobil istasyona yönünde değil zıt yönde yani Marmara denizine doğru emisyon taşınmasına neden olur. Dolayısı ile mobil istasyonda okunan değerler havalimanı kaynaklı değil civar bölgeden kaynaklanan ısınma, mobil taşıt ve sanayi kaynaklıdır. Dolayısı ile değerler ortalama etrafında salınmaktadır. 07 Ekim 2009 saat 13:00 itibariyle rüzgar yönünün güney batılı yönüne dönmesi ve rüzgar şiddetinin artması sonucu, mobil istasyonda okunan değerler havalimanı kaynaklı emisyonlar olduğu kanısını ortaya koyar. Şekil 6.4 bu değişimi ortaya koymaktadır.



Şekil 6.4: 06-07 Ekim 2009 tarihleri için emisyonların saatlik değişimi

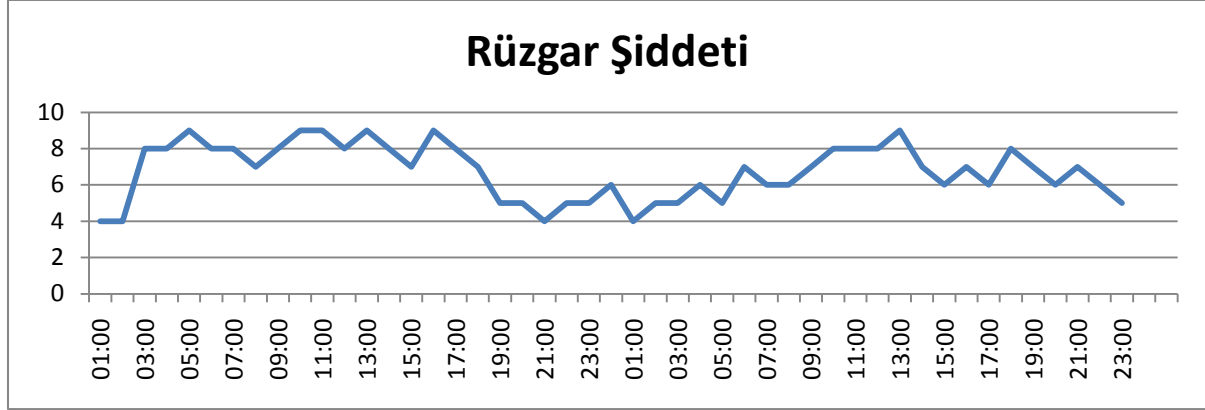
6.2. Özel Durum Çalışması 29.09.2009-30.09.2009

Atatürk Hava Limanı için yapılan özel durum çalışmasında ikinci analiz için 2009 yılı Eylül ayından iki gün seçilmiştir. 29-30 Eylül’de saatlik iniş-kalkış yapan uçak adeti, bu süre zarfında hakim olan rüzgar şiddeti ve yönü Çizelge 6.2 de verilmiştir. Mobil istasyonda ölçümleri yapılan SO₂,PM10 ve CO değerlerinin bu süre zarfında hesaplanan ortalama ve standart sapma oranları yardımı ile birimsizleştirilmiş şekilde son değerleri yine Çizelge 6.2 de verilmiştir. Ölçüm değerlerinin ilk saatlerinden son saatlerine kadar rüzgar ortalama şiddette 7 knot civarında esmektedir. Bu süre zarfında rüzgar yönü ilk gün 07:00 den ikinci gün 13:00 e kadar güney batılıdır. Saat 15:00 itibariyle rüzgar güney doğulu - doğulu olmuştur.

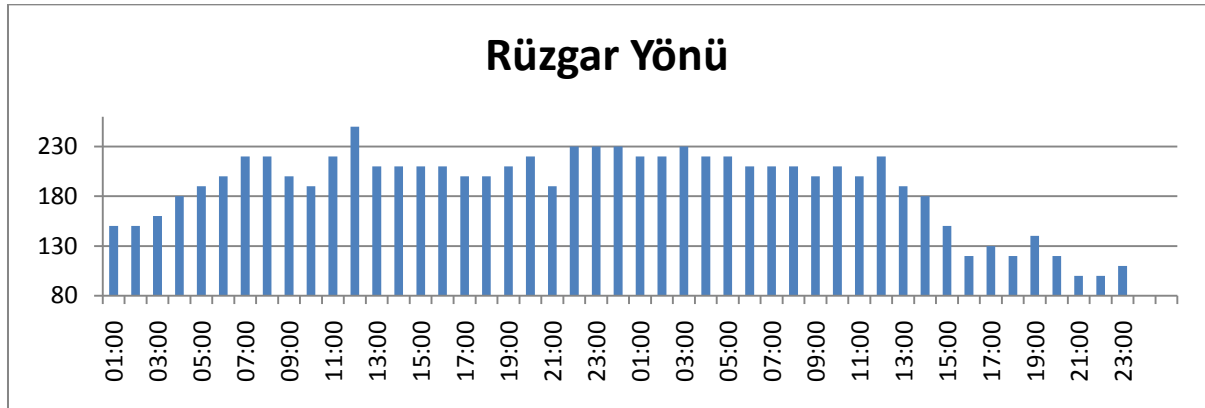
Çizelge 6.2: 29-30 Eylül 2009 saatlik emisyon rüzgar ve uçak sayısı verileri

29.09.09	SO ₂	PM10	CO	Rüzgar Şiddeti	Rüzgar Yönü	Uçak Adeti	30.09.09	SO ₂	PM10	CO	Rüzgar Şiddeti	Rüzgar Yönü	Uçak Adeti
01:00	-1,46	-1,32	-1,11	4	150	19	01:00	0,69	1,02	1,05	4	220	16
02:00	-1,46	-0,85	-1,26	4	150	22	02:00	1,23	1,43	1,55	5	220	22
03:00	-1,46	-1,54	-1,22	8	160	16	03:00	0,96	1,39	1,08	5	230	18
04:00	-1,46	-1,38	-0,98	8	180	17	04:00	0,69	1,58	0,94	6	220	31
05:00	-1,46	-1,63	-1,24	9	190	35	05:00	1,23	1,05	1,21	5	220	30
06:00	-1,46	-1,01	-1,17	8	200	37	06:00	1,23	1,24	0,75	7	210	23
07:00	-1,19	-1,10	-0,91	8	220	34	07:00	1,23	1,18	0,97	6	210	26
08:00	-0,65	-0,91	-0,15	7	220	28	08:00	1,23	1,24	1,00	6	210	35
09:00	0,15	-0,23	0,38	8	200	31	09:00	0,42	0,55	0,65	7	200	25
10:00	-0,38	-0,41	-0,46	9	190	32	10:00	0,15	0,46	0,60	8	210	32
11:00	0,42	-1,04	-0,93	9	220	31	11:00	0,15	0,12	0,20	8	200	30
12:00	0,69	0,24	-0,70	8	250	38	12:00	0,15	-0,07	-0,17	8	220	38
13:00	0,42	0,71	0,65	9	210	39	13:00	0,15	-0,01	-0,31	9	190	32
14:00	0,69	0,86	0,87	8	210	32	14:00	-0,11	-0,38	-0,47	7	180	34
15:00	0,69	0,55	1,24	7	210	30	15:00	-0,38	-1,01	-0,68	6	150	25
16:00	0,42	0,93	0,78	9	210	45	16:00	-0,38	-1,16	-0,78	7	120	30
17:00	0,69	1,18	0,67	8	200	25	17:00	-0,11	-1,01	-0,98	6	130	30
18:00	0,96	0,86	1,49	7	200	39	18:00	-1,19	-1,07	-1,20	8	120	20
19:00	1,23	1,11	1,41	5	210	20	19:00	-1,19	-1,01	-1,22	7	140	25
20:00	0,96	0,86	1,05	5	220	25	20:00	-1,46	-1,01	-0,73	6	120	28
21:00	0,69	0,71	0,75	4	190	13	21:00	-1,46	-1,07	-1,40	7	100	30
22:00	0,96	0,80	0,71	5	230	14	22:00	-1,73	-1,16	-1,77	6	100	28
23:00	0,96	0,61	0,75	5	230	13	23:00	-1,46	-0,95	-1,67	5	110	20
00:00	0,96	0,65	0,73	6	230	16							

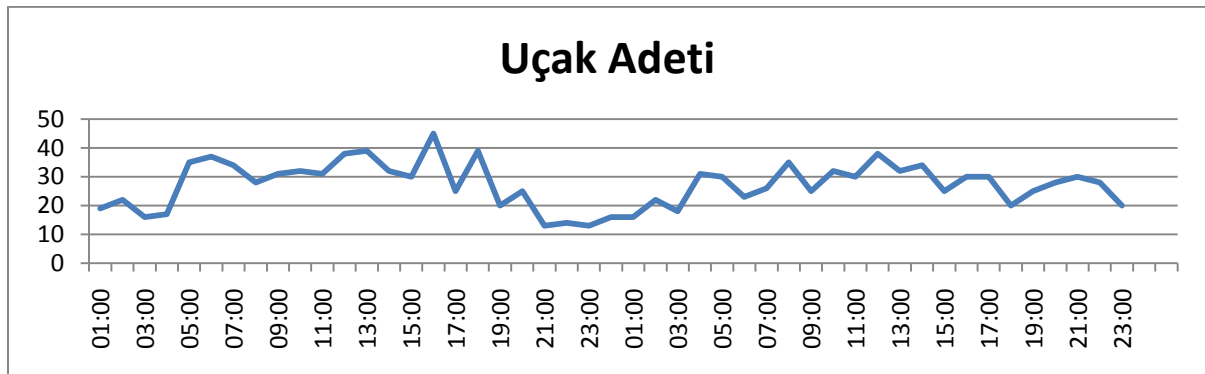
Uçak adetine bakıldığı zaman ise Salı günü toplam uçak sayısı 635 Çarşamba günü ise 644 olduğu görülür. Dolayısı ile yapılan ilk çalışmaki uçak sayıları ile yakınlık göstermesi oluşan emisyonlardaki sapmanın az olmasına neden olur. Saatlik ortalama 27 adet uçağın iniş-kalkış yaptığı İstanbul Atatürk Havalimanı minimum seviyesini gece 21:00-01:00 civarlarında olduğu görülmektedir. Şekil 6.5 rüzgar şiddetini, Şekil 6.6 rüzgar yönünü Şekil 6.7 ise saatlik uçak sayısını göstermektedir.



Şekil 6.5: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik rüzgar şiddeti

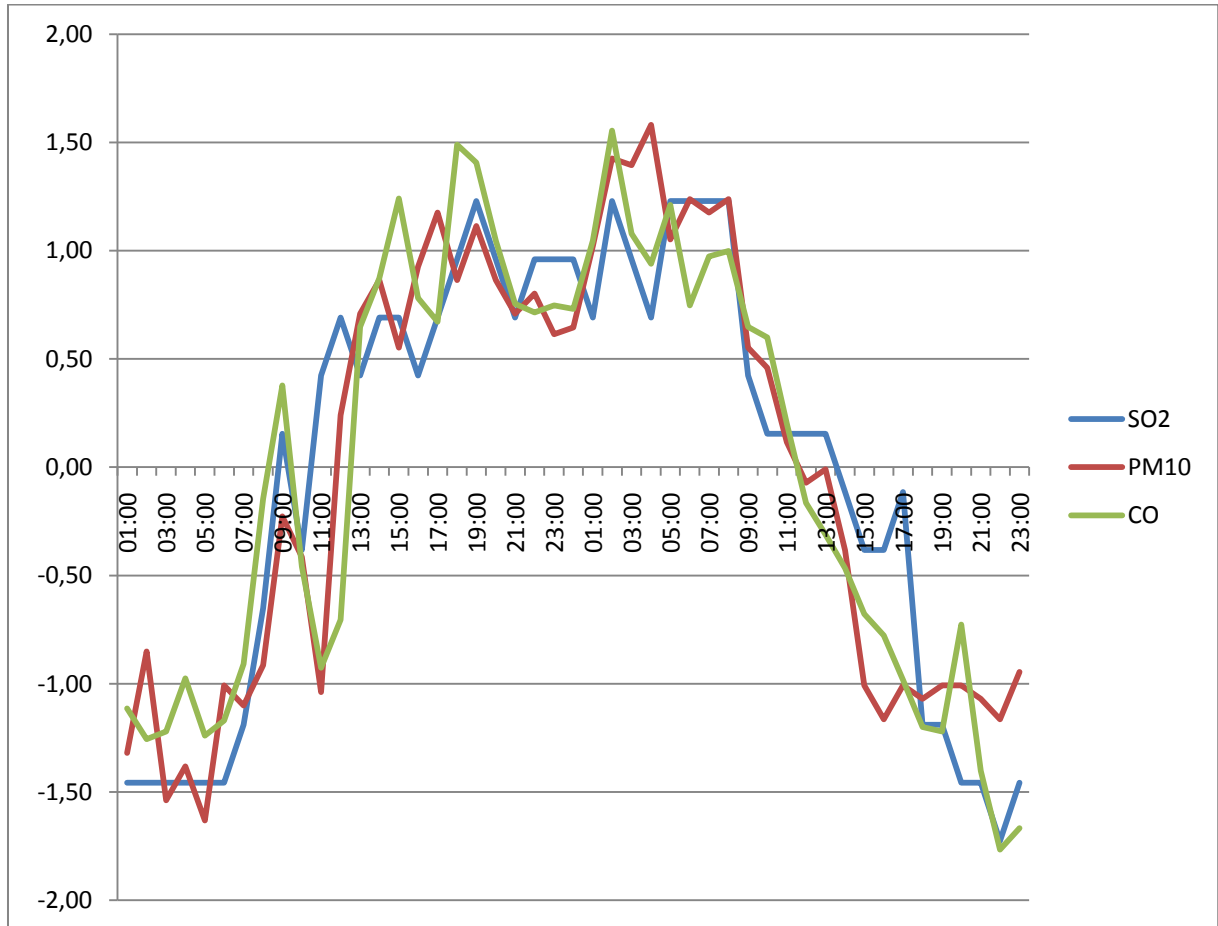


Şekil 6.6: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik rüzgar yönü



Şekil 6.7: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için saatlik uçak adeti

Hakim rüzgar yönü analiz yapılan süre zarfında güney batılı olduğu için mobil istasyon yönüne havalimanından emisyon taşınımı beklemek kaçınılmazdır. Rüzgar şiddetinin ortalama değerlerde esmesi sonucu ise bu süre zarfında emisyon miktarının mobil istasyon civarında yükselmesi beklenen bir durumdur. Daha sonra rüzgar yönünün yardımı ile havalimanından mobil istasyona yönünde doğru emisyon taşınımı ertesi gün 13:00'a kadar devam etmektedir. Dolayısı ile mobil istasyonda okunan değerler yalnız civar bölgeden kaynaklanan ısınma, mobil taşıt ve sanayi kaynaklı değil bunların yanında havalimanı kaynaklıdır. Değerler ortalama değer etrafından daha yüksek bir seviyeye çıkmasının nedeni de budur. 30 Eylül 2009 saat 15:00 itibarıyla rüzgar yönünün güney doğulu –doğulu yönüne dönmesi sonucu, mobil istasyonda okunan değerler düşmektedir. Dolayısı ile okunan değerlerde bu saatten itibaren havalimanının etkisi azalmakta ve istasyondaki okunan emisyon değerinin azalmasına neden olmamaktadır. Şekil 6.8 bu değişimi ortaya koymaktadır.



Şekil 6.8: 29-30 Eylül 2009 tarihleri için emisyonların saatlik değişimi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar; karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), su buharı (H₂O), nitrojen oksit (NO_x), çeşitli sülfür oksitler (SO_x), karbon monoksit (CO), çeşitli metan olmayan hidrokarbonlar (NMHC), diğer gazlar ve partiküllerdir. Uçak motorlarından kaynaklanan bu emisyonlar atmosfere ve yukarı troposfere etki etmektedir. Emisyonların yalnız çevre üzerinde değil sağlık üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Bu nedenlerden dolayı son zamanlarda emisyonların yanında miktarlarının bilinmesi de önem kazanmıştır. Daha spesifik bir açıklama yapmak gerekirse hava alanları yakınlarında, sülfür dioksitler ve nitrojen oksitler smog oluşumuna neden olur. Karbon monoksitler toksik ve hidrokarbonlar kanserojeniktir.

Atatürk Uluslararası Hava Limanı uçuş bilgilerini kapsayan veriler aylık bazda olup 2007-2010 yılları arasını, veri içeriği ise aylık olarak Atatürk Havalimanına iniş ve kalkış yapan sadece ticari özellik gösteren uçak sayısını ve bu uçakların tiplerini içermektedir.

Yapılan analizler sonucu Atatürk Uluslar arası Havalimanında hem iç hem de dış hatlardaki sefer sayılarının yaz aylarında bir artışa kış aylarında ise bir azalışa sahip olduğu bulunmuştur. Uçak seferlerinin en yoğun olduğu ay Temmuz en seyrek olduğu ay ise Şubat ayı olarak belirlenmiştir. Yıllar bazında değişime bakıldığında ise Atatürk Uluslararası Hava Limanına iniş-kalkış yapan uçak sayılarında, iç hatlarda bir azalma eğilimi, dış hatlar ise artma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. İç hatlardaki bu düşüşün nedeni ise Sabiha Gökçen Havalimanına olan talebin artış göstermesi olduğu kanaatine varılmıştır. Genel olarak iç-dış hatlardaki sefer sayılarının toplamına bakıldığı zaman ise 2007-2010 yılları arasında Atatürk Havalimanına iniş-kalkış yapan uçak sayısında bir artış olduğu görülmektedir.

Atatürk Uluslar arası Havalimanı için rüzgar yön ve şiddeti analizi yapıldığında kullanılan 5 yıllık veriler sonucunda hakim rüzgarın kuzeyli olduğu tespit edilmiştir. 350-40 derece arası hakim rüzgar yönü olduğu ortaya çıkmıştır.

Havalimanlarında pist seçimi için rüzgar yön ve şiddeti büyük önem taşır. 2009 yılı için yapılan analizler sonucu pist kullanım oranları hesaplanmıştır. 06-24 pisti 2009 yılında %33 oranında kullanırken, 18R-36L %14, 18L-36R pisti ise %52 oranında kullanıldı. 18L-36R

pistinin 36R tarafından yapılan kalkış/inişlerin %45 ile en fazla kullanılan pist oranına sahip olduğu ve kuzeyli olan hakim rüzgarı kafa tarafından alarak da rüzgar ile uyum içinde olduğu gösterilmiştir.

Uçak tiplerinin incelenmesi sonucu Boeing 737-800 uçak çeşidinin en fazla bulunan uçak çeşidi olduğunu ortaya koyuyor. Boeing 737 serisi içerisinde en fazla bulunan bu uçak emisyon miktarları açısından atmosfere en fazla emisyon veren uçak çeşidi olduğu IPCC tablosundan açıkça anlaşılıyor. 737 modelinin diğer uçakları LTO çevriminde daha az emisyon vermesine karşın 800 serisi daha fazla olması emisyon miktarının da fazla olmasına neden oluyor. Dolayısı ile 737-800 dışındaki seriler daha çevre dostu olduğu söylenebilir.

Son olarak uçaklardan kaynaklanan emisyonların bu dört yıllık analiz süresi içerisindeki değişimi ortaya konmuştur. Yıllık sefer sayısı değişimine bağlı olarak iç hatlarda gerçekleştirilen yıllık sefer sayısı, bu dört yıl içinde azaldığından dolayı, atmosfere verilen emisyonlarda da azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bunun aksine dış hatlardan kaynaklanan emisyonların ise dış hatlarda gerçekleştirilen sefer sayısındaki artıştan dolayı, yıllar içinde artma eğiliminde olduğu gösterilmiştir. Genel toplama bakıldığı zaman ise, iç hatlardaki sefer sayılarındaki azalma, dış hatlardaki artmanın yanında küçük kaldığından genel toplam sefer sayılarında artış olduğu bulunmuştur. Dolayısı ile Atatürk Uluslararası Havalimanı için emisyon değerleri toplamı 4 yıl içinde artış gösterdiği gösterilmiştir.

2009 yılı toplamında havacılık sektöründen kaynaklanan yaklaşık 816000 ton CO₂ atmosfere verilmiştir. Bu miktarın diğer sektörlerle karşılaştırmasını yapmak gerekirse, konut ısınması için kişi başına ortalama yılda 1,490 kg CO₂ atmosfere veriliyor. Ortalama 2009 yılında atmosfere verilen 816000 ton CO₂ 548 milyon kişinin ısınmasına, 600 milyon kişinin elektrikli cihazları kullanmasına, 1 milyon çevre dostu arabanın atmosfere verdiği emisyonu, 16 milyon cep telefonunun şarjı için gerekli enerjinin elde edilmesine, 230 bin eski model arabanın atmosfere verdiği yıllık CO₂ denk geldiği sonucuna varılmıştır.

Bu projenin yapılması sırasında, projeye eklenmesi düşünülen bir bölüm daha vardı. O da havalimanındaki yoğun dönemlerde uçaklardan meydana gelen emisyonların meteorolojik faktörlerle havalimanı çevresine yayılımı ve buradaki mobil hava kalitesi ölçer aletler ile bu artışın tespiti olarak düşünülmüştü. Fakat civar bölgedeki mobil hava kalitesi ölçüm yerlerinden alınan sonuçlar, yoğun zamanlardaki artışı ortaya koymadığından aralarında iyi bir ilişki yakalanamamıştır ve bu bölüm iptal edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Albritton, D. L., Cicerone, R. J., Barron, E. J., Dickinson, R. E., Fung, I. Y., Hansen, J. E and Karl, T. R., 2001. Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions, pp9-14, Committee on Science of Climate Change, National Academy Press, Washington, D.C.
- Atalık, A. 2005. Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri. URL http://www.zmo.org.tr/odamiz/kuresel_isinma.pdf.
- Aviation and Global Climate Change, URL: www.manchesterfoe.org.uk/pdf/AviationAndGlobalClimateChangeLeafletaef.pdf, 2010
- Aviation, URL: <http://www.aviation.dft.gov.uk/consult/night/index.htm>, 24.02.2010
- Bal Çetin, URL: <http://www.zamandayolculuk.com/cetinbal/aeroplane.htm>, 24.02.2010
- Borhan Yunus, Dinamik Meteoroloji Ders Notları, 2008
- Can, A. ve Baygüven, B., 2004. Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu Taslak Raporu, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü, Çevre İstatistikleri Şubesi, Ankara.
- Cebeci, U. “Arkadaki Kirli İzler”, 16.04.2010. URL: http://www.hurriyetim.com.tr/archive_articledisplay/0,,nvid~203170,00.asp
- Çevre Orman Bakanlığı, Yeni Bosna Mobil Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Veriler, URL: <http://www.cevreorman.gov.tr/COB/ilDurumRaporlari.aspx?sflang=tr>, 24.03.2011
- Department For Transport, URL: <http://www.dft.gov.uk/about/strategy/whitepapers/air/> iletişim adresli internet sayfası, 05.03.2011
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, İstatistik Yıllığı, 2007-2010 verileri, İstanbul, 2010
- Devlet Hava Meydanları, URL: <http://www.dhmi.gov.tr/> iletisim adresli internet sayfası, 03.04.2011

- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Teskilat ve Görevleri Hakkında Kanun (3254 S.K.), Resmi Gazete. 18988; 14 Ocak 1986.
- DHMİ, 2011, Atatürk Havalimanı, Tarihçe ve Genel bilgiler
- DHMİ İstanbul Müdürlüğü, 2011, Atatürk Havalimanı Uçak-Yolcu Raporu
- DHMİ, 2008. Hava Trafiği Raporları, 1990-2004 Dönemi, T.C. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DHMİ, Havaliman ve Meydanlarımıza Sefer Yapan Ticari Havayolu Şirketleri, s.204-208, 2010
- DİE, 2006. Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, URL <http://www.die.gov.tr/TURKISH/SONIST/TASIT/tasit.html>.
- DLH, URL:<http://www.dlh.gov.tr/> iletişim adresli internet sayfası 13.04.2011
- DMİ, URL:<http://www.meteor.gov.tr/> iletişim adresli internet sayfası 13.04.2011
- DPT, “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Hava Yolu
- EEA-European Environment Agency- Avrupa Çevre Ajansı Raporu, “Politika Yapıcıları için On Önemli Taşımacılık ve Çevre Sorunu”, Avrupa Birliğinde Taşımacılık ve Çevrenin Bütünleştirilmesinin İzlenmesini Sağlayan Göstergeler, 2004. www.reports.tr.eea.eu.int/TERM2004/tr/TERM2004_TR_final.pdf
- Emisyonlar, [Newcarnet.co.uk/co2 car emissions.html](http://Newcarnet.co.uk/co2_car_emissions.html). , 23.04.2011
- EPA, 2011. United States Environmental Protection Agency, (URL: <http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/content/climate.html>).
- Ertürk F., 2010, Hava Kirlenmesi, YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları
- FAA, “Airport Categories”, http://www.faa.gov/airports_airtraffic/airports/planning_capacity/passenger_allcargo_stats/categories/ . (15.03.2011).
- FAA, Noise Control and Compatibility Planning For Airports, AC Number:150/5020-1, 2010
- Friends of the Earth, “Aviation and Global Climate Change”, London, 2010.URL: www.foe.co.uk/resource/reports/aviation_climate_change.pdf
- Gauss M, Isaksen ISA, Lee DS, 2006, Impact of Aircraft NOx Emissions on Atmosphere

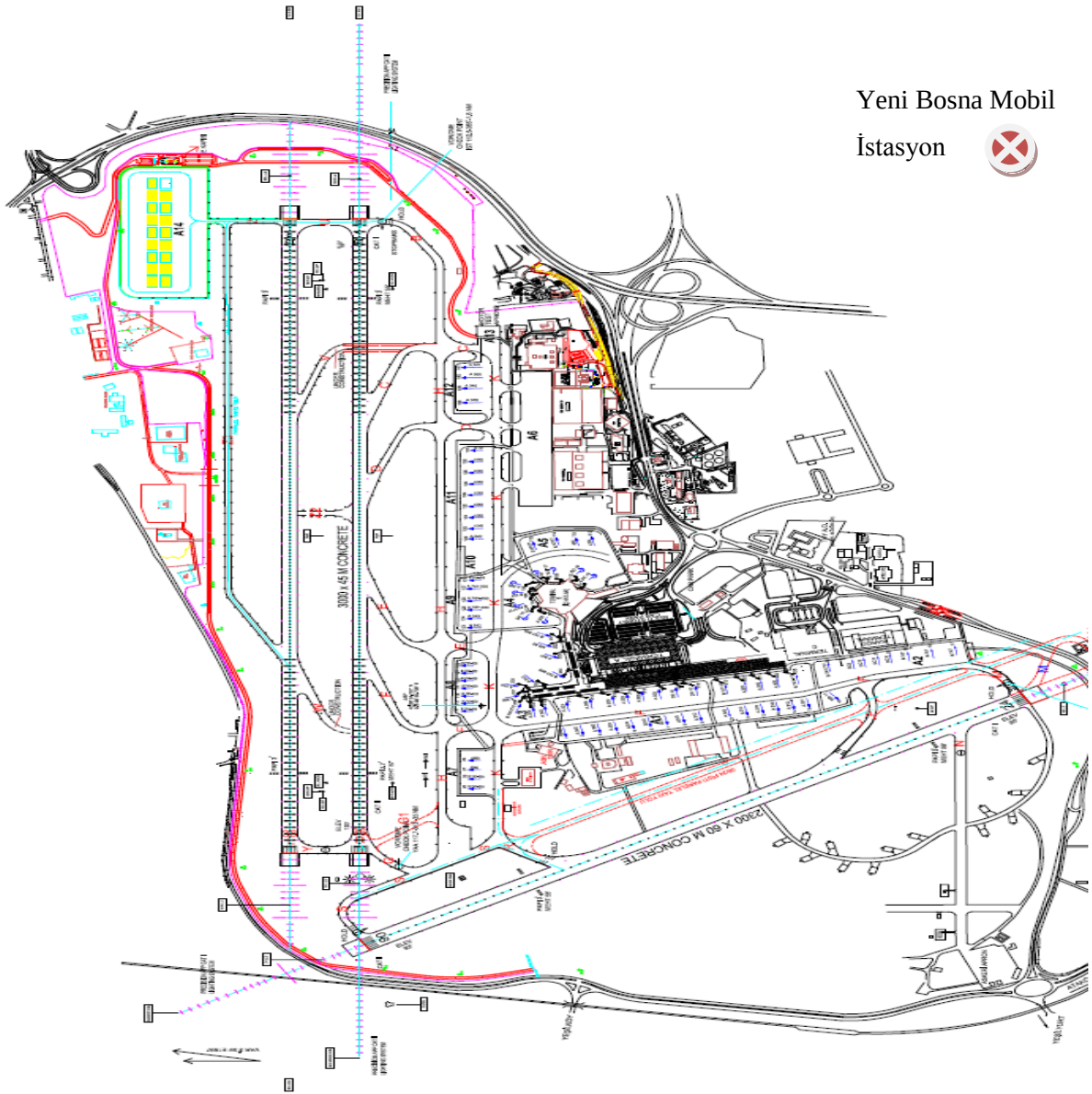
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M. ve Peterson, K., 2002. Greenhouse Gases And Global Warming Potential Values, Exerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions And Sinks: 1990-2000, pp 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Gorman D, Drewry A, Huang YL., 2003, The clinical toxicology of carbon monoxide. Toxicology.
- Hall, Clifford T.; Thrasher, Theodore G.; Draper Julie A. ve Holsclaw, Curtis A. , 2006, FAA EDMS Airport Air Quality Model Development
- Houghton, J. T., Filho, L. G. M., Griggs, D. J. and Maskell, K., 1997. An Inroduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report, IPCC Technical Paper, pp 8-10.
- Hoş Yüksel Bekir, 2003, Atatürk Havalimanı Yüksek Lisans Tezi
- ICAO, URL:http://www.icao.int/icaonet/anx/info/annexes_booklet_en.pdf . 18.03.2011
- International Civil Aviation Organization, Exhaust emission data bank, URL: www.icao.org, 23.04.2011
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1 pp 1-4, Intergovernmental Panel on Climate Change, United 97 Nations Environment Programme, Organization for Economic Co- Operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1 pp 3- 23, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report Working Groups I and III, “Aviation and the Global Atmosphere”, Summary of Policy Markers. URL: www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/av-e.pdf 18.12.2010
- İÇOM URL: <http://www.istanbulcevor.gov.tr/> iletişim adresli internet sayfası 12.02.2011
- İncecik Selahattin., Hava Kirliliği, İ.T.Ü. Yayınları, 1994.

- İncecik Selahattin, Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Hava Kirliliği Kursu, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi yayınları 1998
- İsmail İşmen, 2002, Milletlerarası Sivil Havacılık Konferansı , İTÜ, Sivil Havacılık Enstitüsü, İstanbul
- İTÜ, 2002, Sivil Havacılık Enstitüsü, İstanbul, s.24-25.
- Jardine CN, Calculation the Environmental Impact of Aviation Emissions, 2005
- Jet Motoru Teknolojisi, URL: <http://www.delinetciler.net/forum/bilimsel-makaleler/76735-jet-motoru-teknolojisi.html>, 22.12.2010
- Kesgin Uğur, 2002, Aircraft emissions at Turkish airport
- Kılıç, G., Tanış, A., Karaca, Ö. ve Özdemir, D., 2004. İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması Çalışma Grubu Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Leonor Tarrasón, Jan Eiof Jonson, Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation, 2002
- Muslu, Y., 2000. Ekoloji ve Çevre Sorunları, pp 223, 255-260, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- PAMPAL Süleyman, HAT_POGLU Seda ve ARIKAN Ebru Öztürk, “ Besyillık Kalkınma Planlarında Ulaşım Sektörünün incelenmesi”, URL <http://www.trafik.gov.tr/icerik/bildiriler/B6-48.doc>. 22.02. 2011
- Report of US Congress, Aviation and the Environment, 2004
- Rogers, H.L., Lee, D.S., Raper, D.W., Forster, P.M. de F., Wilson, C.W., Newton, P., 2010, The Impact of Aviation on the Atmosphere
- Romano, D., Gaudioso, D., De Lauretis, R., 2009, Aircraft Emissions: A Comparison of Methodologies Based on Different
- Rypdal Kristin, Kilde Niels, Treanton Karen, Aircraft Emissions, Norway 2000
- SHGM Hava Alanları Daire Başkanlığı, Sivil hava trafiğine açık havaalanları, <http://www.shgm.gov.tr/doc2/havlist.pdf>. 03.10. 2010
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, URL: <http://www.shgm.gov.tr/> iletisim adresli internet sayfası, 18.03.2011
- Şen Orhan, Hava Kirliliği Ders Notları, 2009
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011. İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu, URL <http://www.iklim.cevreorman.gov.tr>
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Faaliyet Raporu, 2009

- T.C.Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Hava Yolu Ulaştırması Alt Komisyonu Raporu, Ankara 2001
- The Boeing Company, 2010 Night Restrictions at Heathrow, Gatwick and Stansted,
- Turbo jet, URL: <http://www.mailce.com/turbo-jet-nedir-turbo-jeti-kim-buldu-turbo-jet-mekanizmasi-semalari.html>, 10.01.2011
- Türk Hava Yolları A.O., Faaliyet Raporu, 2009
- Türkiye Çevre Sorunları, “Hava Kirliliği”, URL: www.diyarbakircevre.gov.tr/sorun.htm, 23.02.2011
- Uçak Emisyonları, URL: http://dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/glossary/sheet_aircraft_emissions.php, 18.12.2010.
- Uçak Emisyonları, http://dev.ulb.ac.be/ceese/ABC_Impacts/glossary/aircraft_emissions.php, 18.12.2010
- Ulaştırma Bakanlığı, 2002, Hava Alanı Yapım, İşletim ve Sertifikalandırma Yönetmeliği, Resmi Gazete. 24755
- Ulaştırma Bakanlığı, 2002, Türk Sivil Havacılık sektörü faaliyet raporu
- Ulubağ, Hikmet, CO2 Cahilliğinden Kurtulmak, URL http://www.ulugbay.com/blog_hikmet/?p=36, 23.04.2011
- Vildan Durmaz, Hatice Küçükonal, Müfide Banar ve Mustafa Özen, Türkiye’de Uluslararası Trafiğe Açık Havaalanlarında ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Uygulamalarının Analizi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi, 22.04.2005
- Whitelegg John, 2000, Aviation: the social, economic and environmental impact of flying

EKLER

EK A. : Atatürk Havalimanı Genel Yerleşim Planı ve Yeni Bosna Mobil Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu



ÖZGEÇMİŞ

Kazım Çağatan, 1985 yılında Kıbrıs'ın Lefkoşa şehrinde doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Kıbrıs'ta tamamladı. 2004 yılında Bülent Ecevit Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Meteoroloji Mühendisliği lisans eğitimini 2008-2009 Öğretim yılı Haziran ayında bitirdikten sonra 2006 yılında başladığı İnşaat Fakültesine bağlı Çevre Mühendisliği ile ÇAP programını 2011 Güz döneminde bitirmiştir. Aynı zamanda 2009 yılında başladığı Fen Bilimleri'ne bağlı Atmosfer Bilimlerinde Yüksek Lisansını 2011 bahar dönemi sonunda bitirmeyi planlamaktadır.