T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ BİLİM DALI

YEŞİL HAVALİMANI KAPSAMINDA SERA GAZI EMİSYONLARI: İSTANBUL HAVALİMANI ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Pınar TURAN

KOCAELİ 2020

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ BİLİM DALI

YEŞİL HAVALİMANI KAPSAMINDA SERA GAZI EMİSYONLARI: İSTANBUL HAVALİMANI ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Pınar TURAN

KOCAELİ 2020

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ BİLİM DALI

YEŞİL HAVALİMANI KAPSAMINDA SERA GAZI EMİSYONLARI: İSTANBUL HAVALİMANI ÖRNEĞİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Pınar TURAN

Doç. Dr. Didem RODOPLU ŞAHİN

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 05.08.2020 / 19

KOCAELİ 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **v**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **vii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

1. YEŞİL HAVALİMANLARI **8**

1.1. YEŞİL KURULUŞ KAVRAMI, TANIMI VE OLUŞUM SÜREÇLERİ .. 8

1.1.1. Yeşil Kuruluş Kavramı 9

1.1.2. Yeşil Kuruluş Olma Kriterleri 10

1.1.2.1. Çevre Yönetim Sistemi ISO 14001 10

1.2. YEŞİL HAVAALANI PROJESİ VE OLUŞUM SÜREÇLERİ 12

1.2.1. Yeşil Havaalanı Olma Kriterleri 13

1.2.2. Türkiye'de Sivil Havacılık ve Yeşil Havalimanları 13

İKİNCİ BÖLÜM

2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ **17**

2.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMI, TANIMI VE NEDENLERİ 17

2.1.1. Sera Etkisi 19

2.2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN YAPILAN BAŞLICA DÜZENLEMELER 21

2.2.1. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)) 22

2.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)) 22

2.2.3. Kyoto Protokolü 24

2.2.4. Paris Anlaşması 26

2.3. SERA GAZI EMİSYONLARI KAVRAMI, TANIMI VE KAYNAKLARI 27

2.3.1. Sera Gazı Kaynakları 28

2.3.1.1. Havacılık Kaynaklı Sera Gazları 29

2.3.1.1.1. Karbondioksit (CO_2) 33
2.3.1.1.2. Azot Oksit (NO_x) 35
2.3.1.1.3. Sülfür Oksitler (SO_x) 36
2.3.1.1.4. Su Buharı (H_2O) 36
2.3.1.1.5. Karbonmonoksit (CO) 37
2.3.1.1.6. Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşikler (Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC)) 37

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. İSTANBUL HAVALİMANINDA TİCARİ UÇAKLARDAN KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ TAHMİNİ 39

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI 39
3.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ VE KAPSAMI 39
3.3. ARAŞTIRMANIN KISITLARI 45
3.4. İSTANBUL HAVALİMANI'NIN ANATOMİSİ 46
3.5. İSTANBUL HAVALİMANI SERA GAZI EMİSYON HESAPLAMALARI 50

SONUÇ VE ÖNERİLER 56

KAYNAKÇA 60

EKLER 67

ÖZET

Küresel iklim değişikliğinin sebebi olan küresel ısınma dünya genelinde çözüm aranan en ciddi problemlerdendir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları ile beraber oluşan sera etkisi küresel ısınmayı tetikleyen bir unsurdur. Bu problemi bertaraf etmek veya kontrol altına alabilmek için dünya genelinde birtakım projeler yürütülmektedir. Türkiye'de bu problem için havacılık sektöründe "Yeşil Havaalanı Projesi" 2009 yılında hayata geçirilmiştir. Havalimanı işletmeleri için teşvik mahiyetinde olan bu projede, küresel iklim değişikliğinin başlıca sebebi olan sera gazı emisyonlarını ölçümleme ve azaltma kriterleri de yer almaktadır. Havalimanlarında, sera gazı envanterleri oluşturabilmek için doğru bir ölçümleme aracı kullanılmalıdır. Bu çalışmada, İstanbul Havalimanı için jet kerosen yakıtını kullanan jet motorlu ticari uçaklardan kaynaklı yıllık sera gazı emisyonları "Tier 2 Metodu" kullanılarak hesaplanmıştır. 2019 yılı içerisinde İstanbul Havalimanı'nda gerçekleşen uçuşlara ait uçak tiplerine ulaşılarak, havalimanlarında ticari uçaklardan kaynaklı başlıca sera gazları için ayrıntılı bir ölçümleme yapılmıştır. 2019 yılında İstanbul Havalimanı'nda 1.230.247 ton CO_2, 34 ton HC, 6.300 ton NO_x, 2.915 ton CO ve 390 ton SO_2 emisyonu gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Yeşil Havaalanı kapsamında azaltılması gereken bu emisyon değerleri için yapılabilecek çalışmalara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Havalimanı, Küresel İklim Değişikliği, Sera Gazı Emisyonları, İstanbul Havalimanı

ABSTRACT

Global warming, which is the cause of global climate change, is one of the most serious problems for sought worldwide. The greenhouse effect that occurs with greenhouse gas emissions from human activities is a factor that triggers global warming. A number of projects are being carried out around the world in order to overcome or control this problem. For this problem, in the aviation sector in Turkey , "Green Airport Project" was launched in 2009. This project, which is an incentive for airport operators, also includes criteria for measuring and reducing greenhouse gas emissions, which is the main cause of global climate change. An accurate measurement tool should be used to create greenhouse gas inventories at airports. In this study, annual greenhouse gas emissions from jet engine commercial aircraft using jet kerosene fuel for Istanbul Airport were calculated using the “Tier 2 Method”. By reaching the types of aircraft belonging to the flights in Istanbul Airport in 2019, a detailed measurement was made for the major greenhouse gases originating from commercial aircraft at the airports. It was concluded that in 2019, 1,230,247 tons of CO_2, 34 tons of HC, 6,300 tons of NO_x, 2,915 tons of CO and 390 tons of SO_2 emission occurred at Istanbul Airport. The works that can be done for these emission values that need to be reduced within the scope of Green Airports are mentioned.

Keywords: Sustainability, Green Airports, Global Climate Change, Greenhouse Emissions, Istanbul Airport

KISALTMALAR LİSTESİ

ACI: Airports Council International

BM: Birleşmiş Milletler

CDM: The Clean Development Mechanism

CH_4: Metan

CO: Karbonmonoksit

CO_2: Karbondioksit

ÇYS: Çevre Yönetim Sistemi

DHMİ: Devlet Hava Meydanları İşletmesi

E: Emission

EF: Emission Factor

ET: Emissions Trade

F: Fuel

FAA: Federal Aviation Administration

H_2O: Hidrojen Dioksit

HC: Hidrokarbon

HFC: Hidroflorokarbon

IATA: International Air Transport Association

ICAO: International Civil Aviation Organization

IPCC: The Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO: International Standards Organization

JI: Joint Implementation

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

LTO: Landing and Take-off

NMVOC: Non-Methane Volatile Organic Compound

N_2O: Azot Dioksit

NO: Azot Monoksit

NO_x: Azot Oksitler

O_3: Ozon

PFC: Perflorokarbon

PM: Partikül Madde

SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SF_6: Kükürt Hekzaflorür

SO_2: Kükürt Dioksit

SO_x: Sülfür Oksitler

TSE: Türk Standartları Enstitüsü

UNCED: United Nations Conference on Environment and Development

UNEP: The United Nations Environment Programme

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

WCED: The World Commission on Environment and Development

WMO: The World Meteorological Organization

WWF: World Wildlife Fund

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınma (Aksu, 2011)..... 2
Şekil 2: Sıcaklık Değişimi; 1884-2019..... 18
Şekil 3: Havacılık Emisyonlarının Radyasyon Işımasına Tahmini Katkısı..... 20
Şekil 4: 2005 Yılında Havacılık Kaynaklı Sera Gazlarının Küresel Isınma Etkileri 21
Şekil 5: Orta Troposferdeki CO_2 Konsantrasyonu; 2002-2016..... 28
Şekil 6: 150 Yolcu ile 1 Saatlik Uçuş Sırasında Tipik İki Motorlu Jet Uçağından Kaynaklanan Emisyonlar..... 30
Şekil 7: CO_2 Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı (Mrazova, 2014: s. 111) 34
Şekil 8: Havacılıktan Kaynaklanan Emisyonlar İçin Karar Ağacı (European Environment Agency, 2009: s. 11)..... 42
Şekil 9: LTO (Landing and Take-off) Döngüsü..... 45
Şekil 10: İstanbul Havalimanı Anatomisi..... 48
Şekil 11:İstanbul Havalimanı (İstanbul Yeni Havalimanı, 2018: s. 25)..... 49

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: 2003-2017 Yılları Havacılık Sektöründeki Değişim 14
Tablo 2: 2019 Yılı İtibariyle Türkiye'deki Yeşil Havalimanı Sertifikasına Sahip Olan Havalimanları 16
Tablo 3: Havayolunun İklim Değişikliği Üzerindeki Çevresel Etkisi (Abdullah vd 2016: s. 247) 19
Tablo 4: Havalimanı Kaynakları ve İlgili Emisyonlar 31
Tablo 5:Türkiye'de Uluslararası Havacılık Faaliyetlerinden Kaynaklı Tahmini Karbondioksit Emisyonu Miktarı 35
Tablo 6: Referans Emisyon LTO Döngüsü 41
Tablo 7: Uçak Tipine Göre LTO Emisyon Faktörleri (ICAO, 2011: s. 70) 51
Tablo 8: İstanbul Havalimanı Uçak Tipine Göre 2019 Yılı LTO Sayıları 52
Tablo 9: İstanbul Havalimanı 2019 Yılı Ticari Uçaklardan Kaynaklı Sera Emisyonları 53

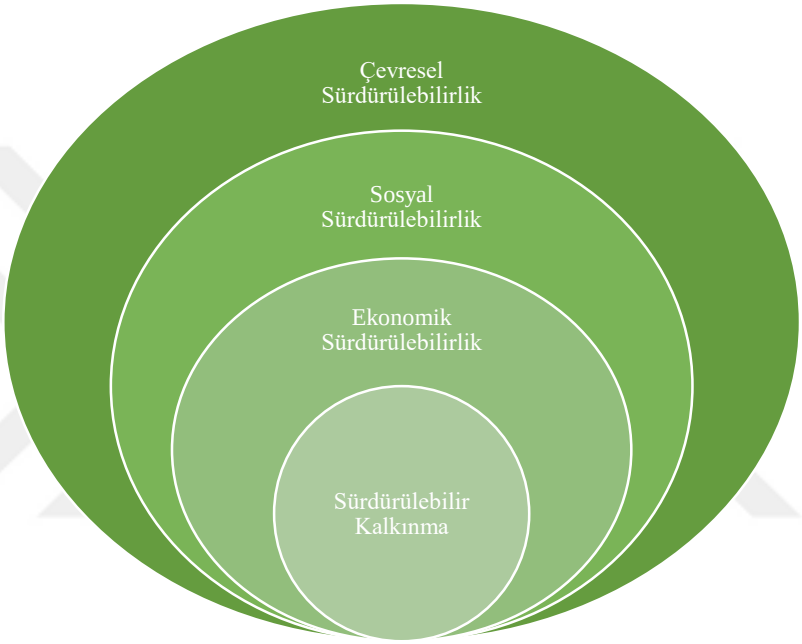
GİRİŞ

Dünyadaki insan nüfusu günden güne artış göstermektedir. Nüfusun artmasıyla beraber, ihtiyaçların karşılanabilmesi için doğal kaynaklara olan talep de artış göstermektedir. Yalnız, insan nüfusunun artış oranıyla paralel bir artış göstermeyen kaynakların kullanımı günümüz dünyasının en önemli gündem maddesini oluşturmaktadır. Doğal kaynakların kısıtlı olduğu bilincini küresel anlamda oluşturup, bu doğrultuda insanlığın ve yerkürenin geleceği için tüm devletlerin ortak hedefler doğrultusunda hareket etmeleri gerekmektedir. Dünya üzerinde çevresel sorunların artış göstermesi, çözüm yolu bulmak için daha fazla zaman kaybedilemeyeceğinin göstergesi niteliğindedir.

İnsanlığın ortak geleceği için küresel ölçekte sosyo-ekonomik yapıları ve gelişmişlik düzeyleri farklılık gösteren birçok ülkenin katılımıyla çevre sorunlarının değerlendirildiği "Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Bildirgesi (UNEP)" 1972 yılında Stockholm'de kabul edilmiştir. İlk kez 1987 yılında ortaya atılan "Sürdürülebilir Kalkınma" kavramı, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) tarafından hazırlanan Brundtland Raporu'nda; "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır (T.C. Dış İşleri Bakanlığı, 2002).

Brundtland Raporu'yla ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımlanması ve daha iyi anlaşılabilmesi için 1992 yılında Rio de Janeiro' da 178 üye ülkenin katılımıyla Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) düzenlenmiştir. Konferansta, sürdürülebilir kalkınma kavramı "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan gelişme" olarak tanımlanmıştır (United Nations Conference on Environment and Development [UNCED], 1992).

Sürdürülebilir kalkınma kavramının temelini; ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin bir arada sağlanması oluşturmaktadır. Ancak bu şekilde sürdürülebilir kalkınma kavramı hayata geçirilmiş olacağından sadece bir kalkınma modeline odaklanmak yetersiz olacaktır. Bu noktada, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik için kısıtlı çevresel kaynakların sürdürülebilirliği konusu üzerinde durulması gerekmektedir (Aksu, 2011: s. 6)



Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınma (Aksu, 2011)

Çevresel sürdürülebilirlik için öncelikle, ekosisteminin geçmişten günümüze değişimini incelemek gerekmektedir. Çevresel kaynakların mevcut durumu incelendiğinde, küresel ölçekte kontrol altına alınması gereken en büyük problemlerden birisinin iklim değişikliği olduğu söylenebilir. Bu sorunun çözümlenebilmesi için ulusal değil küresel ölçekte mücadele etmek gerekmektedir.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988 yılında 195 üye ülkenin katılımıyla Devletlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) oluşturulmuştur. IPCC'nin amacı, gelişmişlik düzeylerine

göre devletlere iklim politikalarını geliştirebilmek amacıyla kullanabilecekleri bilimsel bilgiler sağlamaktır (The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2020).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, küresel ısınmayı "Küresel iklim değişikliği, fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazı birikimlerindeki hızlı artışın doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışı ve iklimde oluşan değişiklikleri ifade etmektedir." şeklinde tanımlamıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

1880 yılından bu yana küresel sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Küresel iklim sıcaklığı ölçeğinde 2019 yılı, bu zamana kadar kayda geçmiş en sıcak ikinci yıl olma özelliğini taşımaktadır. 2019 yılının küresel sıcaklığı, sanayi öncesi döneme kıyasla 1.1 ^{o}C artış göstermiştir. Bu artışın 1.5 ^{o}C nin altında tutulması gerekmektedir. Aksi halde iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinden korunmak mümkün olmayacaktır (World Wildlife Fund [WWF], 2019: s. 33).

İnsan faaliyetleri, dünya atmosferinin çeşitli bölgelerine zarar vermektedir. Yerel hava kirliliği (özellikle duman (ozon) ve yakıtın yanmasından kaynaklanan küçük parçacıklar), özellikle kentsel alanlarda insan sağlığını tehdit etmektedir. Küresel ölçekte, stratosferik ozon tabakası bozulmaya, karbondioksit, metan ve diğer sera gazlarının emisyon miktarları da artmaya devam etmektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini artırmaktadır (United Nations, 1997: s. 1). Genel olarak, küresel net CO_2 emisyonlarının 2010 yılı baz alınarak, 2030 yılına kadar yaklaşık %45 oranında azaltılması ve 2050 yılına kadar net sıfıra ulaşması hedeflenmektedir (Airports Council International [ACI], 2019: s. 8)

Yerküre, insan faaliyetleri sonucunda açığa çıkan sera gazı emisyonları sebebiyle iklim değişikliği yaşamaktadır. İnsan nüfusunun hızla artması, insan

kaynaklı sera gazı emisyon miktarını da hızla arttırmaktadır. Bu emisyonların birçok kaynağı bulunmaktadır. Ulaşım sektörü, sera gazı emisyon kaynakları arasında büyük bir paya sahiptir. Artan nüfusun ihtiyaçlarından birinin ulaşım olması, sektöre olan talebi de arttırmaktadır. Bu durum da ulaşım sektöründen kaynaklı emisyon miktarında ciddi artışların yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Ulaşım çeşitlerinin sürdürülebilir olmasını sağlamak, emisyonlarda yaşanan artışın önüne geçmek için çevreye karşı sorumluluğumuzun yerine getirilmesi anlamına gelmektedir. Ulaşım sektörleri içerisinde havayolu ulaşımına; gerek en hızlı ulaşım sektörü olması, gerekse ulaşılabilirliğin artması sebebiyle günden güne talep artmaktadır.

Dünya genelinde, Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) verilerine göre 2019 yılında havayolu ulaşımı talebinde bir önceki yıla kıyasla %4,2'lik bir artış gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yolcu doluluk oranları %82,6 ile rekor seviyeleri görmüştür. Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) 2019 Havalimanı Bağlantı Raporu'na göre; Türkiye, doğrudan, dolaylı, havalimanı ve merkez bağlantı sayılarındaki artış sebebiyle 2019 yılında Avrupa'da 5. sıraya yükselmiştir. Havacılık alanında hızla büyüyen Türkiye 2019 sonu itibariyle havayolu bağlantı sayısını 126 ülke ve 328 noktaya yükseltmiştir (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü [SHGM], 2020: s. 37).

Havaalanları, seyahat etmek isteyen yolcu ile bu talepleri karşılamak isteyen havayolu şirketlerinin buluştuğu noktadır. Bu durum havaalanlarına olan ihtiyacı artırmıştır. Bu ihtiyaçlara karşılık vermek isteyen havaalanlarının, planlaması ve konumlandırılması stratejik bir önem arz etmeye başlamıştır. Zaman kavramının önem arz ettiği havacılık sektöründe, taleplerin karşılanabilmesi için havaalanlarının şehirden çok da uzak olmaması gerekmektedir. Bu durum; kentsel planlamalarda şehri havalimanları etrafında konuşlandıracak şekilde düzenlemeler yapılmasını gerektirmiştir. Havalimanları ile yerleşim yerlerinin birbirlerine yakınlaşması, havayollarını ve havalimanlarını sosyal hayata ve çevreye duyarlı hale gelmeye mecbur kılmıştır. Havalimanlarının, bulunduğu çevreyle uyumlu bir şekilde

devamlılığını sağlayabilmek amacıyla, çoklu sürdürülebilirlik kavramlarını benimsemesi gerekmektedir.

Ulaşım sektörü, sürdürülebilirliğin merkezinde yer almaktadır. Ulaşım sektörünü sürdürülebilir hale getirmek, ekonomik büyümeyi artırdığı gibi erişilebilirliği de geliştirecektir. Bu sebeple; ekonomiyi bütünleştiren sürdürülebilir ulaşım, çevreye karşı da sorumluluklarını yerine getirecektir. (UNCED, 2012).

Cokorilo tarafından 2016 yılında ele alınan bir çalışmada, yolcu taşımacılığına odaklanarak uzun mesafeli hava taşımacılığından kaynaklanan çevresel etkiler incelenmiştir. Çalışmada, havayolu şirketlerinin filolarında yer alan çeşitli uçak tipleri seçilerek kalite ve maliyet verimliliğini anlamak için performans ile ilgili spesifik çalışma parametreleri analiz edilmiştir. Seçilen uçak tiplerinin 2014 yılında her LTO döngüsü için gerçekleşen sera gazı emisyonlarından kaynaklı maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Belgrad Nikola Tesla Havalimanı'nın LTO döngüleri elde edilerek günlük trafiği analiz edildiğinde, Airbus A319 uçağının en büyük CO_2 emisyon maliyeti olan uçak olduğu tespit edilmiştir. Bunun iki sebebi olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sebeplerin birincisi, emisyon faktörünün yüksek olması, ikincisi ise en fazla LTO sayısına sahip olmasıdır. Tüm ölçümlemelerin sonucunda, havacılığın çevresel etkilerini en aza indirmek için alınabilecek önlemler üzerinde durulmuştur. (Cokorilo, 2016: s. 3713).

Schürmann ve arkadaşları tarafından Zürih Havalimanı'nda 30 Haziran 2004 - 15 Temmuz 2004 tarihleri arasında havalimanındaki emisyonların yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için ölçümlemeler yapılmıştır. NO, NO_2, CO ve CO_2 ölçümleri, rölanti sırasında uçağın gerçek kullanımdaki emisyon endekslerini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Terminallerin yakınındaki CO konsantrasyonlarının uçak hareketine büyük ölçüde bağlı olduğu ve NO konsantrasyonlarına yer destek araçlarından kaynaklanan emisyonların daha çok katkı

sağladığı tespit edilmiştir. Hava araçları için ölçülen emisyon endeksleri motor tipine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır (Schürmann vd 2007: s. 103)

Nikoleris ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış olduğu çalışmada, Dallas / Fort Worth Uluslararası Havalimanı'ndaki operasyonlarda uçak konumu verileri kullanılarak taksi operasyonları sırasında yakıt tüketimi ve emisyonlarının ayrıntılı bir tahmini yapılmıştır. Analizler, öncelikle havaalanının taksi yolu sistemindeki tıkanıklıktan kaynaklanan dur-kalk durumlarının tüketilen yakıtın yaklaşık % 18'ini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Sabit hızda veya frenlemede rölanti ve taksi durumlarının en büyük yakıt yanması ve emisyon kaynağı olduğu bulunmuştur ve uçak modellerinin bu hesaplamalarda ayrıştırıcı bir özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. (Nikoleris vd 2011: s. 302).

2014 yılında Mrazova tarafından sürdürülebilir kalkınmayı yeşil havacılık kapsamında açıklayabilmek adına yapılan çalışmada, CO_2 emisyonlarının iklim değişikliği üzerindeki etkisi incelenirken çeşitli havayolu firmalarının yakıt tüketiminden kaynaklı CO_2 emisyon hesaplamaları da yapılmıştır (Mrazova, 2014: s. 109).

Çağatan tarafından 2011 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı'nın çevresel etkilerini saptayabilmek için yürütülen çalışmada, uçaklardan kaynaklı sera gazı emisyonları ölçümlenmiştir. Tier metodolojisi kullanılarak 2009 yılı için İstanbul Atatürk Havalimanı'nda CO_2, NO_x, CO, CH_4, NMVOC, N_2O ve SO_2 gibi sera gazlarının emisyon hesaplamaları yapılmıştır. Yakıt tüketiminin hızla artmasıyla beraber özellikle CO_2 emisyon miktarlarının arttığı sonucuna varılmıştır (Çağatan, 2011: s. 17).

Atabey (2013), Diyarbakır ili için karbon ayak izi hesabı yapmıştır. İklim değişikliği üzerinde etkisi bilinen CO_2 emisyonlarının Tier metodolojisi kullanılarak tüm ulaşım çeşitleri için ölçümlemeleri gerçekleştirmiştir. 2011 yılı için havayolu

ulaşımından kaynaklı CO_2 emisyon miktarını 73,3 kiloton olarak hesaplamıştır (Atabey, 2013: s. 6).

Akpunar, 2015 yılındaki çalışmasında Türkiye'de bulunan başlıca havalimanları için karbon emisyonu ölçümlemesi yapmıştır. Bu çalışmada emisyon hesaplamaları yapılırken üç ayrı kategoride ölçümlemeler yapılmıştır. Uçaklardan ve yedek güç ünitesi kullanımından kaynaklı sera gazı emisyon hesaplamaları beraber ele alınmıştır (Akpunar, 2015: s. 13).

Çevresel sürdürülebilirlik; ekolojik sistemin bütünlüğü için atıkların yönetimi, su tüketimi, hava kalitesinin artırılması ve enerji tüketiminin azaltılması konularının iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Bu çalışmada, çevresel sürdürülebilirliğin alt başlıklarından biri olan hava kalitesinin artırılması ele alınacaktır. İstanbul Havalimanı'nda ticari uçaklardan kaynaklı sera gazı emisyonları hesaplanacaktır. İstanbul Havalimanı, planlama aşamasında "Yeşil Havaalanı Sertifikası" alabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle, havalimanının sera gazı emisyonlarını kontrol altında tutarak, emisyon azaltma yoluna gitmesi gerekmektedir. İlk etapta, İstanbul Havalimanı için emisyon değerlerinin hesaplanması ve daha sonrasında hesaplanan değerlerin azaltılması yolunda yapılması gerekenler planlanmalıdır. Bu planlamalar neticesinde, uluslararası karbon piyasalarında, karbon kredilerinden yararlanmak mümkün olacaktır. Düzenli ölçümlemeler ile birlikte, karbon emisyonu azaltma projelerinin hayata geçirilmesinde ihtiyaç duyulan finansal kaynaklara ulaşmak mümkün olacaktır.

1. YEŞİL HAVALİMANLARI

1.1. YEŞİL KURULUŞ KAVRAMI, TANIMI VE OLUŞUM SÜREÇLERİ

İşletmeler; gelişen teknolojileri, küresel boyutlara ulaşmış çevre felaketlerini ve potansiyel müşterilerin artan çevre kaygılarını göz önünde bulundurarak yeni stratejiler belirlemelidirler. Geçmişte uygulanan rekabet stratejileriyle, ulusal ve uluslararası piyasalarda, işletmelerin kurumsal kimliklerini sürdürebilmeleri ve rekabet üstünlüğü sağlayabilmeleri mümkün görünmemektedir. Bunun bilincinde olan kurumlar, ürün veya hizmet üretirken teknolojiden de yararlanarak çevreye duyarlı bir yönetim ve üretim stratejisi benimserken; pazarlama stratejilerini de bu doğrultuda geliştirip, yeşil işletmecilik imajını tercih etme yoluna gitmektedirler. Bu sebeple, toplumların ve tüketicilerin gözündeki imajlarını iyileştirirken geri dönüşüm ve vergi maliyetlerini de azaltma yoluna gitmektedirler. Tüm bu avantajlar, işletmeleri yeşil kuruluş olma yolunda hareket etmeye teşvik etmektedir (Şenocak ve Bursalı, 2018: s. 165).

Çevre yönetimi, "çevre ve insan arasındaki ilişkinin yönetilmesi" olarak tanımlanabilir. Çevre yönetimi, canlıların dengeli bir çevre içerisinde sağlıklı yaşama haklarını ellerinden almadan, çevresel kaynakların insan ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde kullanımını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu ihtiyaçlar karşılanırken gerçekleşen faaliyetlerin de bu doğrultuda doğal kaynakların dengesini bozmayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Bunlarla birlikte, kurumların çevresel stratejiler geliştirerek uygulamaları, kurumsal çevre yönetiminin kavramsal çerçevesini oluşturmaktadır (Eğin vd 2018: s. 9).

Çevre yönetimi alanındaki kilit nokta, yeşil yönetimin neden önemli olduğudur. Genel olarak, iş etiği ve sosyal sorumluluk, özellikle de çevre yönetimi karar vericiler

tarafından dikkate alınmalıdır. İşletmeler ve topluluklar, yeşil yönetimin önemli bir parçası olan, kurumsal sosyal sorumluluk fikrine giderek daha fazla önem vermektedirler (Lamond, 2008: s. 1126). Yöneticiler karar alırken, yalnızca şirketler tarafından teşvik edilmesi gereken etik değerleri ve sosyal değerleri göz önünde bulundurmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir ekonomik başarı sağlamak için çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bununla birlikte, doğal çevreye bağlılık mevcut rekabet senaryolarında stratejik bir konu haline gelmiştir (Molina-Azorín vd 2009: s. 1080).

1.1.1. Yeşil Kuruluş Kavramı

Yeşil kuruluş, tüketici ihtiyaçlarını karşılarken çevresel kaynakları kullanma biçiminde farklılaşmaya giden işletme olarak tanımlanabilir. Bu kuruluşlar, ihtiyaçlara karşılık verirken çevreye verecekleri zararı minimize etme (mümkünse yok etme) yolunda alternatif kaynak kullanarak, bu zihniyetle eşgüdümlü hareket edebilecek tedarikçi firmalar ve taşeronları tercih etmektedirler. Aynı zamanda, yeşil ürün ve hizmeti, pazarlama stratejisinden öte yaşam kalitesini arttırıcı unsur olarak tanımlayıp bu doğrultuda hareket etmektedirler. Bu sebeple, işletmelerin yeşil sorumluluğu ve yeşil etiği gerek tedarikçilerinin gerekse nihai tüketicilerinin yeşil kavramına bakış açısında pozitif etki yaratırken, anlayışın yayınlaşmasına katkı sağlamaktadır. Çevreye duyarlılığın artmasında işletmelerin bu tutumu, tüketicilerin duyarlılığının da artmasına sebep olacaktır (Emgin ve Türk, 2004). Bireyden topluma düşüncesi, genel bir çevre bilinci oluşumu ile geniş kitlelere ulaşıp etkinin yayılımını kolaylaştıracaktır.

İşletme yönetimlerinin, yeşil kuruluş kavramı çerçevesinde yenilenebilen ve yenilenemeyen kaynak rezervleri ile atık ve ürünlerin bileşimleri arasında bir denge kurarak kaynakların devamlılığını sağlamaları gerekmektedir (Özgener, 2016: s. 195). Aynı zamanda ekonomik olarak güçlenmek, emisyon miktarını azaltmak, temiz üretimi destekleyen teknolojilerin gelişimini destekleyici faaliyetlerde bulunmak, yeşil kuruluşun yönetimsel hedefleri arasında yer almaktadır (Akatay ve Aslan, 2008: s. 317).

1.1.2. Yeşil Kuruluş Olma Kriterleri

Havalimanlarındaki işletmeler "Yeşil Kuruluş" sertifikası alabilmek için öncelikle Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nden TS EN ISO 14001 "Çevre Yönetim Sistemi Belgelendirmesi" gerekliliklerini ve koşullarını sağlaması gerekmektedir. Aynı zamanda yine TSE'den temin edilecek olan "Sera Gazı Doğrulama Belgesi" ile sera gazı envanterinin doğruluğunu teyit ettirmek zorundadır. Her iki belgenin de standartları, TSE ve SHGM tarafından belirlenmiştir. Bu kapsamlar doğrultusunda işletmeler SHGM' ye başvuru yapabilmektedirler (SHGM, 2016).

İşletmelerden sera gazlarını yönetmeleri beklenmektedir. Sera gazı yönetimi planlaması yapmalarının yanı sıra bunu raporlamaları ve uygulamaları da gerekmektedir. Bu uygulamalar (Stevenson, 2015: s. 5);

- Enerji tüketimi ve yakıt tüketiminin takibi,
- Sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri ve enerji tüketimi,
- Çalışanlarda sera gazı emisyonlarının öneminin vurgulamak için farkındalık oluşturulması,
- İklim değişikliği, sera gazı emisyonları ve enerji hususlarında bir kurul oluşturulmasıdır.

İşletmeler, başvuru aşamasından sonra tüm koşulların sağlanması halinde "Yeşil Kuruluş" sertifikası almaya hak kazanmakla beraber SHGM'ye ödemekle mükellef oldukları ücretlerde de %20 oranında indirim hakkı elde etmektedirler (SHGM, 2016).

1.1.2.1. Çevre Yönetim Sistemi ISO 14001

Çevre kirliliğinin önüne geçebilmek amacıyla uluslararası platformlarda çözüm yolları aranmaya başlanmış ve bunlarla ilgili konferanslar düzenlenmiştir. Birleşmiş Milletler tarafından 1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporu'nun yanı sıra

Stockholm'de 1972 yılında ve bundan tam yirmi yıl sonra da Rio de Janerio'da çevre kirliliğinin önüne geçmek için konferanslar düzenlenmiştir. Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından 26 Ağustos 2002 – 4 Eylül 2002 tarihleri arasında "ISO 14000 Çevre Yönetim Sistem Standartları Serisi" ve Johannesburg'da 191 ülkeden 21.340 katılımcıyla gerçekleşen "Dünya Sürdürülebilirlik Zirvesi" çevre farkındalığı ve önleyici onarıcı faaliyetlerin belirlenebilmesi adına düzenlenen küresel etkinliklerdir. Düzenlenen bu konferansların sonucunda ekosistemin bozulmasını önleyici onarıcı faaliyetlerin belirlenmesi ve uluslararası standartlar ışığında uygulanması adına "Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS)" oluşturulması hususu işletmeler tarafından onaylanmıştır (Akatay ve Aslan, 2008: s. 317).

Sanayileşmiş ülkelerin çoğunda şirketler 1970'lerin başından bu yana devlet kurumlarının ihtiyaç duyduğu çevre koruma uygulamalarını benimsemiş olsalar da bu düzenlemeler büyük ölçüde su ve hava emisyonlarının kontrolü ve atıkların bertaraf edilmesine odaklanmaktadır. Devlet düzenlemeleri, genellikle işletmelerin emisyonları kontrol eden veya temizleyen teknolojileri kullanarak, zehirli hava ve su kirliliğini azaltmalarını veya sıfıra indirgemelerini gerektirmektedir. 1970'lerde karmaşık, maliyetli ve hızla değişen çevre düzenlemelerine uyum sağlamaya çalışan birçok işletme, emisyon sonrası kirletici kaynaklarını kontrol etmek yerine üretim süreçlerini azaltmaya veya ortadan kaldırmaya çalışan gönüllü kirlilik önleme uygulamalarını benimsemeye başlamıştır (Morrow ve Rondinelli, 2002: s. 161).

İşletmelerde dış denetimli çevre yönetim sistemleri, 1990'lardaki gelişmeler ve "Rio Zirvesi" ile oluşturulmuştur. Daha sonrasında, çevre yönetim sistemleri giderek yaygınlaşmıştır. Çevre yönetim standartları arasında en önemlisi ISO 14001'dir. Şimdiye kadar 130.000'den fazla kuruluş çevre yönetim sistemlerini ISO gerekliliklerine göre belgelendirmiştir. Sertifikasyon, tek başına çevresel uygulamaların hayata geçirildiğini ve işletmelerin çevresel performansının kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir (Nawrocka ve Parker, 2009: s. 601). Çevre yönetimi anlayışına sistemli bir yaklaşım getiren bu uygulamanın hızı ve boyutu, ekonomik şartlar ışığında işletmeler tarafından belirlenmektedir. Tüm bunlar

işletmeler için sürdürülebilir kalkınma için gerekli bir süreçtir (Korul, 2003-2004: s. 106).

1.2. YEŞİL HAVAALANI PROJESİ VE OLUŞUM SÜREÇLERİ

Günümüzde havalimanları birbirine bağlı küresel ekonomilerden etkilenen, sürekli değişen bir ortamda faaliyet göstermektedirler. Dünya genelinde yaşanan büyük durgunluklar ile havayolu ulaşımının daha maliyetli bir ulaşım türü olması havalimanlarını, daha verimli hizmet sunma ve rekabetçi bir avantaj ortamı yaratma yoluna gitmeye mecbur kılmıştır. Havalimanları, gelir akışlarını çeşitlendirmek için arazi ve tesis varlıklarını daha iyi kullanmayı özel bir fırsat olarak görmektedirler (Whiteman vd 2015: s. 4).

Dünya genelindeki endüstriler son yıllarda, şirketlerin çevreye olan bağlılıklarını gösteren ekolojik sertifikasyon sistemlerine olan ilgilerini artırmışlardır. Benzer şekilde, havacılık endüstrisinin endişeleri de son zamanlarda giderek yükselmektedir. Havalimanları, karbon nötr olma hedefi ile faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltma yoluna gitmektedirler. Şubat 2019 itibariyle 262 havalimanının Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI)'ne ait olan "Havalimanı Karbon Akreditasyonu (ACA)" ile denetlenmesi gerçekleşmiştir. Bu sayı, dünya çapında 70'ten fazla ülkede küresel hava yolcu trafiğinin %43'ünden fazlasına tekabül etmektedir. Havalimanı Karbon Akreditasyonu, 2009 yılında Avrupa Uluslararası Havalimanı Konseyi (ACI) tarafından geliştirilmiştir ve günümüzde havalimanları için tek küresel karbon yönetim standardı olma özelliğini taşmaktadır. Girişimin amacı, karbon emisyonlarını azaltmak ve tamamen havalimanlarının kontrolündeki operasyonlardan kaynaklı karbon emisyonlarını azaltmak için en iyi çözüm yolunu bularak karbon nötr nihai hedefine ulaşmaktır (Comendador vd 2019: s. 1).

1.2.1. Yeşil Havaalanı Olma Kriterleri

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından 2009 yılında havalimanlarının çevreye verdikleri zararı minimize etmesi veya tamamen ortadan kaldırılabilmesi amacıyla Türkiye'de başlatılmış bir çalışmadır (SHGM, 2016).

Yeşil havaalanı projesi kapsamında havalimanı işletmeleriyle beraber yer hizmetleri, bakım organizasyonları ve sağlık kuruluşları birtakım gereklilikleri yerine getirmekle yükümlüdürler. Tarife indirimleri elde edebilmek için yeşil havaalanı projesi çerçevesinde sera gazı emisyonlarını azaltarak bunları raporlaması gerekmektedir (Stevenson, 2015: s. 5). Havalimanı işletmeleri başvuru süreçlerinde etkin bir çevre yönetim sisteminin yanı sıra atık suların, buzlanmayı giderici/ önleyici faaliyetlerin, atıkların, tehlikeli madde ve karışımlarının, hava kirliliğinin, çevresel gürültünün ve yakıtların yönetiminin etkin bir şekilde planlanmasını sağlamak zorundadırlar (SHGM, 2019).

Gönderilen belgelerle beraber başvurusu kabul edilmiş olan havalimanının bünyesinde çalışan tüm kurum ve kuruluşların yetki belgesi, ruhsat, sertifika gibi belgelerin temdit ücretlerine SHGM tarafından %50 indirim uygulanmaktadır (SHGM, 2016). Bu da havacılık sektöründe yüksek maliyetleri düşürmek adına elde edilecek bir avantaj niteliği taşımaktadır. Aynı zamanda yeşil havaalanı içerisinde yer alan yeşil kuruluşlar için de ekonomik sürdürülebilirlik için atılmış bir adım olacaktır.

1.2.2. Türkiye'de Sivil Havacılık ve Yeşil Havalimanları

Ülkelerin aralarında kurmuş oldukları kültürel ve ticari ilişkilerin geliştirilmesi, kuvvetlendirilmesi ve sürdürülebilir olması için uluslararası ulaşımın gelişimi, sosyo-ekonomik refahın sağlanmasında büyük önem arz etmektedir. Uluslararası ulaşımın kolaylaşması ve hızlanması, devletler arasındaki sosyal ve ticari ilişkilerin kuvvetlenmesini sağlamaktadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2018: s. 358).

Bu noktada en hızlı ulaşım türü olan havacılık, ülkeler için stratejik bir sektör olma özelliği taşımaktadır. Türkiye Cumhuriyeti de aynı sebepten, büyük bir öneme haiz olan sektörün gelişimi ve yönetimi için sürekli yatırım ve destek politikaları benimsemiştir. Bu sayede sektörün gelişimi ve büyümesi kaçınılmaz olmuştur.

Dünya genelinde 2018 yılı için havayolu operasyonları veri tabanına yaklaşık 39 milyon uçuş dahil edilirken, bunların yaklaşık 38 milyonu yolcu uçakları tarafından gerçekleşmiştir (Graver vd 2019: s. 1). Türkiye'de ise 2003 yılından 2017 yılına kadar havayolu şirketlerinin uçak sayısı %220, koltuk kapasitesi %254, kargo kapasitesi %449 artmış, yurt içinde ve yurt dışında uçulan nokta sayısı 351'e ulaşmıştır. Havacılık sektöründe yaşanan gelişimlerin ayrıntılı verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2018: s. 359).

	2003	2017	Artış Oranı
Yolcu Sayısı- İç Hat (Bin Yolcu)	9.147	109.511	1097,18%
Yolcu Sayısı - Dış Hat (Bin Yolcu)	25.296	83.534	230,22%
Yolcu Sayısı – Toplam (Direkt Transit Dahil) (Bin Yolcu)	34.443	193.577	462,01%
Yük Miktarı - İç Hat (Kargo+Posta+Bagaj) (TON)	188.979	884.881	368,21%
Yük Miktarı - Dış Hat (Kargo+Posta+Bagaj) (TON)	775.101	2.596.400	234,98%
Yük Miktarı – Toplam (Kargo+Posta+Bagaj) (TON)	964.080	3.481.211	261,09%
Kargo Trafiği İç Hat (TON)	54.104	75.254	30,09%
Kargo Trafiği Dış Hat (TON)	222.179	1.180.969	431,53%

Tablo 1: 2003-2017 Yılları Havacılık Sektöründeki Değişim

Kargo Trafiği Toplam (TON)	276.283	1.256.224	354,68%
Uçak Trafiği - İç Hat	156.582	909.332	480,74%
Uçak Trafiği - Dış Hat	218.405	591.125	170,66%
Uçak Trafiği - Üst Geçiş (Overflight)	154.218	413.560	168,17%
Uçak Trafiği – Toplam (Üst Geçiş Dahil)	529.205	1.914.017	261,68%
Hava Aracı Sayısı	626	1.403	124,12%
Koltuk Kapasitesi	27.559	97.500	253,27%
Yük Kapasitesi (KG)	302.737	1.866.450	516,53%
İstihdam	65.000	196.041	201,60%
Sektörel Ciro - Milyar TL	3	92	2967,00%
İç Hat Nokta Sayısı	26	55	111,54%
Dış Hat Ülke Sayısı	50	119	138,00%
Dış Hat Nokta Sayısı	60	296	393,33%
HUA Sayısı	81	169	108,64%
Hava İhracat Tutarı (Milyon $)	3.228	16.992	426,39%

Tablo 2 (Devamı): 2003-2017 Yılları Havacılık Sektöründeki Değişim

Havacılık sektörü, artan yolcu talebine karşılık verebilmek adına Türkiye'de de hızla büyümeye devam etmektedir. Bu büyüme talebine karşılık verecek altyapılar ve yatırımlar da buna paralel olarak büyümek zorundadırlar. Bu yüzden havalimanları, havayolu şirketleri, hava kargo şirketleri, yer hizmeti kuruluşları, genel havacılık faaliyetleri ülkemizde gün geçtikçe hizmet ağını genişletmektedir. Sektörün büyüme eğilimi beraberinde çevre sorumluluklarını da artırmaktadır. Bu noktada havalimanlarına büyük sorumluluklar düşmektedir. Yaşam alanlarının merkezinde yer alan havalimanları, diğer havacılık şirketleriyle koordineli bir şekilde çevresel sorumluluklarını yerine getirmek zorundadırlar. Diğer tüm çevresel kaynaklar gibi hava kalitesinin korunması da büyük önem arz etmektedir.

Uçaklar, havalimanlarının faaliyetlerin odağında yer alır ve havalimanlarında yolcu hareketlerini, sera gazı emisyonlarının kullanımını, terminal hava sahasının tasarımını yani neredeyse tüm etkinlikleri etkilemektedir. Her bir uçak amaç ve kullanım açısından birbirinden ayrılmaktadır. Uçaklar kullanım amaçlarına göre; ticari hava taşıyıcıları, jet, kargo, genel havacılık veya askeri olmak üzere farklı kategorilerde tanımlanabilmektedirler. Motor teknolojisi açısından da jet, turboprop ve piston olmak kategorize edilmektedirler (National Academy of Sciences, 2008: s. 17).

Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne üyeliğine ilişkin yapılan çalışmalar neticesinde çevreyle ilgili değerlendirilmelerin yapılmasının yanı sıra hava kalitesi, su kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirliliğin kontrolü, kimyasallar, gürültü ile iklim değişikliği konularında düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Türkiye'nin bu düzenlemeleri yapması ve yatırım gerçekleştirmesi beklenmektedir (T.C. Dış İşleri Bakanlığı, 2020). Bu kapsamda yeşil havaalanı projesi hayata geçirilen projelerden biridir. Tablo 3'te 2019 yılı itibariyle "Yeşil Havalimanı Sertifikası" alan havalimanlarının listesi mevcuttur (SHGM, 2019).

YEŞİL HAVALİMANLARI 2019
Uşak Havalimanı
Tokat Havalimanı
Adana Havalimanı
Erzincan Havalimanı
Balıkesir Merkez Havalimanı
Isparta Süleyman Demirel Havalimanı
Siirt Havalimanı

Tablo 3: 2019 Yılı İtibariyle Türkiye'deki Yeşil Havalimanı Sertifikasına Sahip Olan Havalimanları

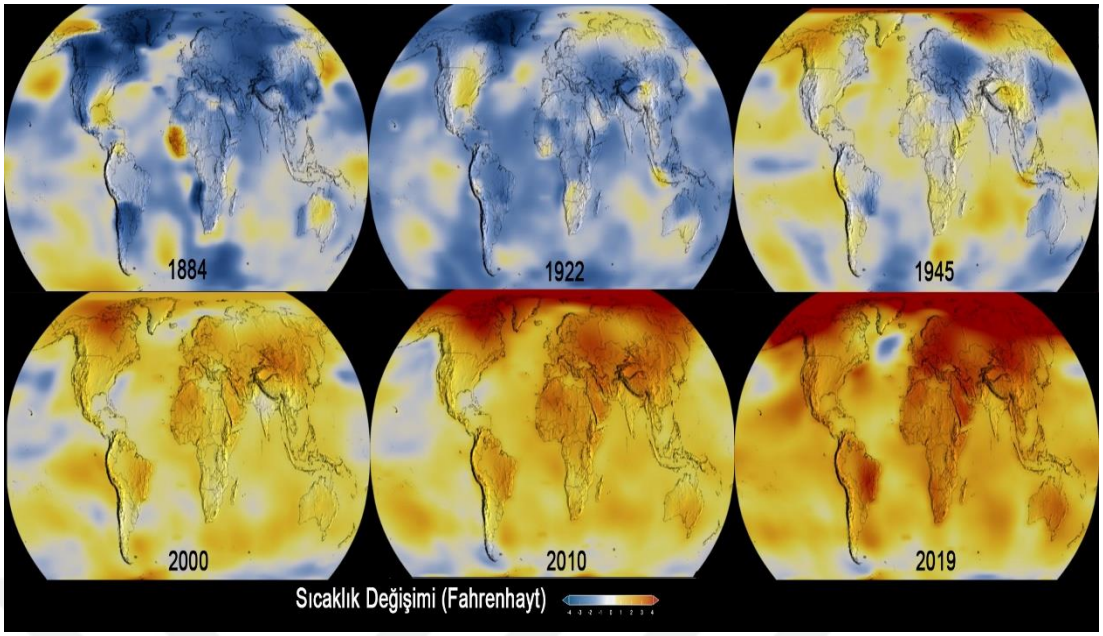
2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

2.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMI, TANIMI VE NEDENLERİ

Dünya üzerinde giderek artan kuraklık, beklenmedik hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı erozyonu ve okyanus asitlenmesi gibi doğa olayları iklim değişikliğinin olumsuz etkileri olarak gösterilmektedir. Tüm bunlar, gıda güvenliğini, yoksulluğu ortadan kaldırmak için sarf edilen çabaları ve sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmayı tehdit etmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliğine uyumun önemli ve acil bir küresel öncelik olduğu vurgulanmaktadır (UNCED, 2012: s. 50).

Potansiyel küresel iklim değişikliği sorununu kabul eden "Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)" ve "Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)" 1988 yılında "Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'ni (IPCC)" kurmuştur. Sera gazı azaltma hedefleri belirleyen IPCC, uluslararası ve ulusal emisyon miktarını azaltma ve azaltma çalışmalarına yol göstermede önemli bir rol oynamaktadır. IPCC'ye, Birleşmiş Milletler (BM) ve WMO'nun bütün üyeleri katılabilir. IPCC'nin rolü, insan kaynaklı iklim değişikliği riskini, potansiyel etkilerini, adaptasyon ve hafifletme seçeneklerini değerlendirmektir. Değerlendirmelerini ağırlıklı olarak hakemli ve yayınlanmış bilimsel / teknik literatüre dayandırmaktadır. IPCC; ulusal sera gazı envanterleri, özel raporlar ve teknik belgeler için metodoloji kılavuzları geliştirmiştir (National Academy of Sciences, 2008: s. 4).

Küresel ısınmanın Dünya genelindeki tarihsel artışı Şekil 2'de yer almaktadır. Şekil 2, 1884'ten bu yana değişen küresel yüzey sıcaklıklarının ilerleyişini göstermektedir. Koyu mavi, ortalamadan daha soğuk alanları gösterirken, koyu kırmızı, ortalamadan daha sıcak alanları göstermektedir (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2020).



Şekil 2: Sıcaklık Değişimi; 1884-2019

Havacılık görece küçük bir endüstri olmasına rağmen, iklim sistemi üzerinde orantısız olarak büyük bir etkiye sahiptir. Havacılığın çevresel etkileri arasında uçak motorundan kaynaklı gürültü ve partikül halindeki gazların emisyonu sayılabilir ve bunlar küresel ısınmayı arttırıcı etmenlerdir. Emisyon azaltmak için kullanılan yüksek yakıt verimli motorlara rağmen, havacılığa bağlı toplam hava kirliliğinde hızlı bir artış görülmektedir. Havacılık, etrafındaki topluluklara ve ekonomilere büyük faydalar sağlar. Hava taşımacılığı, yaklaşık 56 milyon işkolu ve 2,2 trilyon doları aşan küresel gayrisafi yurtiçi hasılası ile iş piyasasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu yüzden havacılık sürdürülebilir kalkınmaya stratejik bir katkıda bulunmaktadır (Mrazova, 2014: s. 109).



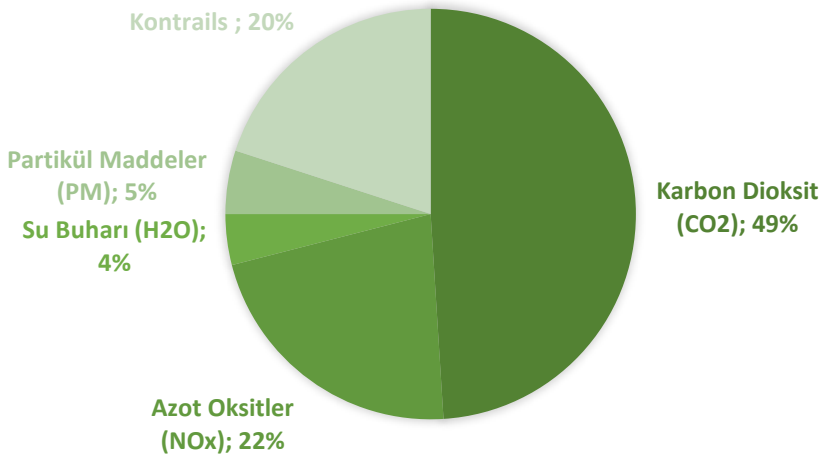
Tablo 4: Havayolunun İklim Değişikliği Üzerindeki Çevresel Etkisi (Abdullah vd 2016: s. 247)

2.1.1. Sera Etkisi

Dünya, Güneş'ten gelen radyasyon ışınları tarafından ısıtılmaktadır. Bu radyasyon ışınları sabittir ve zamanla değişmemektedir. Gelen Güneş radyasyonların %70'i kara alanları ve okyanuslar tarafından emilmektedir. Bu radyasyonların %30'u ise bulutlar, atmosferik aerosoller ve çöller tarafından uzaya uzun dalga boyları ve kızıl ötesi radyasyon olarak geri yansıtılmaktadır. Dünya'nın ısıl dengesi bu şekilde sağlanmaktadır. Yayılan bu enerjinin bir kısmı su buharı ve atmosferde bulunan "sera gazları" tarafından emilmektedir. Temel sera gazı karbon dioksittir (CO_2), ancak su buharı ana emisyon kaynağıdır. Radyasyon ışınlarının yeniden emilimine sebep olan bu gazlar Dünya üzerinde "sera etkisi" yaratmaktadır. Küresel sıcaklığı etkileyen bu gazların sanayi devriminden beri artış göstermesi sera etkisini artırmaktadır. Bu durum

da küresel sıcaklığın artışına neden olmaktadır (Select Committee on Economic Affairs , 2005: s. 10).

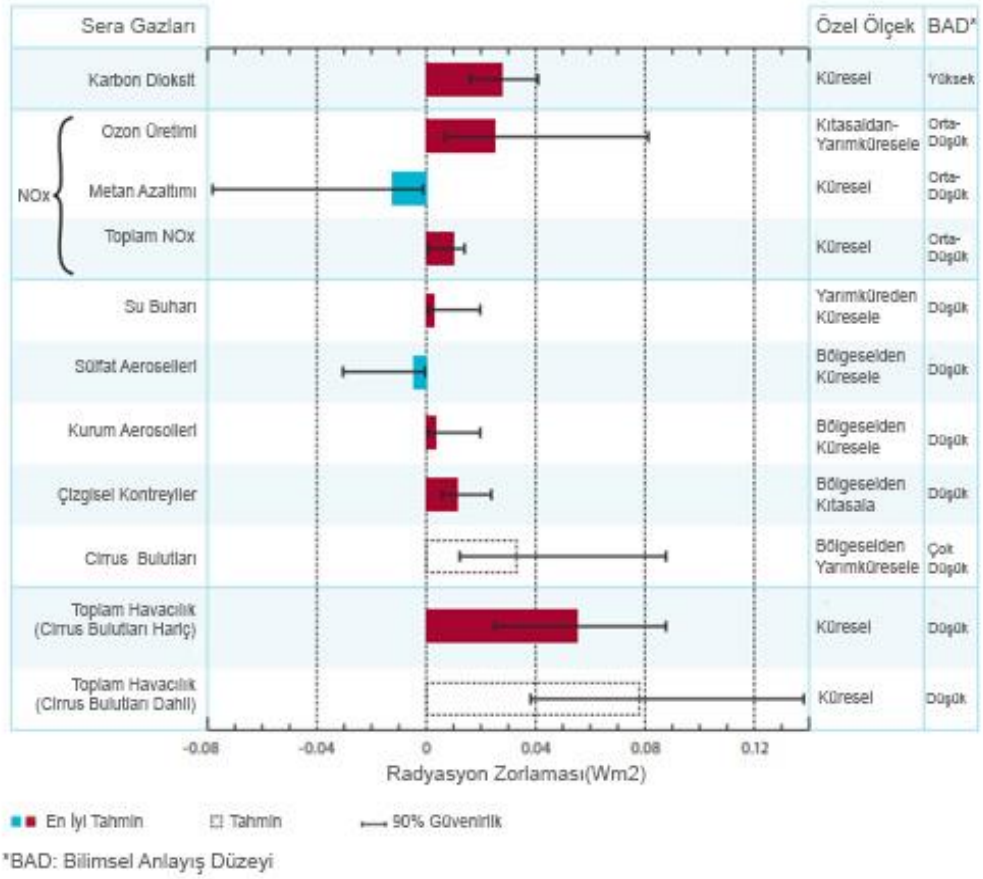
Küresel havacılık, yaşanan 0,7 °C'lik küresel ısınmada yaklaşık 0,02-0,03 °C (yaklaşık %3-4) bir katkıya sahiptir. Havacılık faaliyetlerinin önemli bir bölümü, küresel ısınmanın hızlanmasına katkıda bulunan karbondioksit (CO_2) ve diğer sera gazlarının Dünya atmosferine salınımını gerçekleştirmektedir (Abdullah vd 2016: s. 248). Şekil 3'te, IPCC'nin 2000 yılı için her bir havacılık emisyonu tipinin pozitif radyasyon ışımaya etkilerine ilişkin tahminler gösterilmektedir. Havacılık emisyonlarından kaynaklanan genel ısınma etkisi, karbondioksit kaynaklı ısınmadan yaklaşık iki kat daha fazla olarak tahmin edilmektedir. Şekil 3, net pozitif ısınma etkisine sahip emisyonların katkılarını göstermektedir. Negatif ısınma yani soğutma etkisi olan sülfat emisyonlarının etkisi dahil edilmemiştir (United States Government Accountability Office [GAO], 2009: s. 15).



Şekil 3: Havacılık Emisyonlarının Radyasyon Işımasına Tahmini Katkısı

Sera gazlarının hepsi, bir şekilde sera etkisine katkıda bulunmaktadır. Bazıları ısıtma etkisi yaratırken bazıları soğutma etkisi yaratmaktadır (Select Committee on Economic Affairs , 2005: s. 12). NO_x, dolaylı sera gazlarındandır. Çünkü doğrudan bir radyasyon etkisi yaratmamaktadır, ancak ozonu (ısınmaya yol açar) ve metanı (soğutmaya yol açar) baskılayarak diğer doğrudan sera gazlarının konsantrasyonunu

etkilemektedir. Sülfat aerosolleri hariç, diğer tüm emisyonlar ısınmaya neden olmaktadırlar. Sera gazlarının küresel ısınmaya etkileri Şekil 4'te gösterilmektedir (The Committee on Climate Change, 2009: s. 122).



Şekil 4: 2005 Yılında Havacılık Kaynaklı Sera Gazlarının Küresel Isınma Etkileri

2.2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN YAPILAN BAŞLICA DÜZENLEMELER

Sanayi büyümeye devam ettiği sürece havacılık endüstrisinin çevresel sürdürülebilirliği geliştirme taahhüdü ve eylemi daha fazla önem kazanacaktır.

Havacılık sektörü, zorlu hedeflerini gerçekleştirmek için kapsamlı bir çevre stratejisi üzerinde çalışmaktadır. Sektör, bu hedeflere ulaşmak ve büyümeyi devam ettirmek için özellikle biyoyakıtlar, altyapı ve küresel ekonomik önlemler gibi devletlerin pratik politikalarına ihtiyaç duymaktadır (Abdullah vd 2016: s. 248). İklim değişikliği ve karbon kullanımının etkilerini ele almak için ülkeler arasında çeşitli girişimler ve anlaşmalar ortaya çıkmıştır (Neofytou vd 2019: s. 124).

2.2.1. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Environment and Development (UNCED))

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı, iklim değişikliğinin küresel bir yapıya sahip olması nedeniyle küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hızlandırmak ve etkin çözüm yolları bulabilmek için tüm ülkelerle iş birliği yapmayı amaçlamaktadır. Konferans, gelişmekte olan ülkelerde ulusal düzeyde uygun etki azaltma eylemlerini, adaptasyon önlemlerini, teknoloji geliştirme ve transferini, kapasite geliştirmeyi desteklemek için yenilikçi finansman kaynakları da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan fon sağlamanın önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Yeşil İklim Fonu'nun başlatılıp, faaliyete geçirilmesini önermektedir. (UNCED, 2012: s. 50).

2.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC))

Haziran 1992'de “Dünya Zirvesi” olarak bilinen “Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme (UNEP))” tarafından desteklenen “Rio Çevre ve Kalkınma Bildirgesi”, 1972’de gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı Bildirisi'nde yapılan taahhüt üzerine kurulmuştur. Rio Çevre ve Kalkınma Bildirgesi, daha sonra sera gazı emisyonlarını sabitlemeyi amaçlamıştır. Sera gazı envanteri oluşturmak, bu kontrolü sağlayabilmek adına büyük önem arz etmektedir. Bu amaca hizmet vermek için “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği

Çerçevesi Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC))" oluşturulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri Senatosu tarafından onaylanan sözleşme, Başkan George H. W. Bush tarafından Ekim 1992'de imzalanmıştır. İmzalanan bu anlaşma karbon emisyonu miktarı açısından bir kısıt içermemekle beraber yasal bağlayıcılığı olmayan bir antlaşmadır. Emisyonlar için bağlayıcı sınırlar içeren protokoller ileri tarihlerde hayata geçirilmiştir. Bunlardan en bilineni Kyoto Protokolü'dür (Windsor, 2011: s. 5).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi (UNFCCC) 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Güncel olarak 197 üye ülkenin bulunduğu sözleşmeye Türkiye Cumhuriyeti 189. ülke olarak 24 Mayıs 2004 yılında katılım gerçekleştirmiştir. Anlaşmaya taraf ülkeler, sera gazı emisyonlarını azaltmakla mükellef olmuşlardır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi, tarafların iklim sistemini şimdiki ve gelecekteki insanlığın yararı için eşitlik temelinde, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve ilgili yetenekler doğrultusunda koruma gerekliliklerini içermektedir (UNCED, 2012: s. 51).

2050'de UNFCCC, sera gazı emisyonlarını 2000 yılı seviyesinden %50 oranında düşürmeyi amaçlamaktadır. UNFCCC'ye göre konferansın dört temel hedefi bulunmaktadır. Bunlar, gelişmiş ülkelerin emisyon sınırlama miktarını belirlemek, gelişmekte olan ülkelerin büyümesinin önüne geçmeden emisyonları nasıl sınırlandıracağını belirlemek, gelişmekte olan ülkelere sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik projeler için finansman sağlama seçeneklerini oluşturmak, katılımcı ülkeler arasında eşit ortaklık kavramını tanımlamaktır (Windsor, 2011: s. 7).

2.2.3. Kyoto Protokolü

Aralık 1997'de kabul edilen ve Şubat 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarındaki sınırları belirlemiştir. Emisyonları, 2012 yılında 1990 seviyelerinin %5 altına inecek şekilde azaltmayı amaçlayan protokol, 37 ülke ve Avrupa topluluğu için emisyon limitlerini belirlemiştir. Emisyon limitleri konusunda bağlayıcılığı olan protokol, ABD hariç 192 ülke tarafından imzalanmıştır. Kyoto Protokolü uyarınca kuruluşlar, emisyonları izlemekte ve ölçümlemektedirler. Protokolde, hem kolaylaştırıcı hem de uyum mekanizması tanımlanmıştır (Windsor, 2011: s. 6).

Türkiye, Kyoto Protokolü'ne 26 Ağustos 2009 yılında taraf olmuştur. Kyoto Protokolü'nün 2020 yılına kadar geçerliliği bulunmaktadır. 2020 yılından sonra temel olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (UNFCCC) dayanan "Paris Antlaşması" iklim değişikliği rejimini düzenleyecektir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Kyoto Protokolü'nde sera gazı emisyonlarıyla ilgili kontrollü artış veya azalış gerçekleştirmesi gereken ülkeler belirlenmiştir. Bu ülkeler protokolün Ek-B listesinde yer almaktadır. Protokole 2009 yılında imza atan Türkiye Ek- B listesinde değil Ek- dışı ülkeler listesinde yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye, sera gazı emisyonlarıyla ilgili azaltılması veya sınırlandırılmasıyla ilgili herhangi bir taahhütte bulunmamıştır (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2020).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (UNFCCC) ilişkin Kyoto Protokolü'nü imzalayan Ek- B ülkelerine sera gazı emisyonlarının azaltılması için zorunlu hedefler belirlenmiştir ve bu protokol uluslararası iklim değişikliği anlaşmasının eki niteliğindedir. Kyoto Protokolü'nü onaylayan Ek- B ülkeleri, CO_2 ve diğer beş sera gazı emisyonunu azaltmayı, bu gazların emisyon miktarlarını sabit tutmayı veya arttırırlarsa emisyon ticaretine girmeyi taahhüt etmektedirler (National Academy of Sciences, 2008: s. 3).

Kyoto Protokolü kapsamında sera gazı emisyonlarını sınırlama veya azaltma taahhüdünde bulunan ülkeler, öncelikli olarak ulusal tedbirlerle hedeflerine ulaşmalıdırlar. Bu hedefleri gerçekleştirememeleri durumuna karşı Kyoto Protokolü, karbon piyasalarını oluşturmuştur. Bunlar (United Nations Climate Change, 2020);

- Emisyon Ticareti (Emissions Trade - ET)
- Temiz Kalkınma Mekanizması (The Clean Development Mechanism - CDM)
- Ortak Uygulamalar (Joint Implementation - JI)'dır.

Emisyon ticareti; Ek- B listesindeki gelişmiş ülkelerin taahhüt etmiş oldukları emisyon miktarlarını sağlayamamaları halinde daha az emisyon üreten taraflardan emisyon satın alabildikleri emisyon piyasalarında gerçekleşen ticarettir (Emissions Trading, 2019). Protokole taraf ülkelerin yükümlülüklerinden fazla emisyon azaltımı sağlamaları halinde yükümlülük haricinde elde ettikleri fazla emisyon azaltma miktarını taraf başka ülkelere satabilme hakkı anlamına gelmektedir. Avrupa'da 2005 yılında kurulan emisyon ticareti sistemi, dünyadaki en büyük emisyon ticareti sistemidir. Sera gazları için belirlenen üst limit emisyon miktarından fazla salınım yapan işletmeleri hedef alan bu uygulama ile işletmelerin, kendi aralarında sera gazı azaltım kredilerinin ticaretini yapabilmeleri sağlanmıştır (Karakaya , 2014: s. 173).

Temiz kalkınma mekanizması; emisyon azaltma veya emisyon sınırlama taahhüdü olan ülkelerin, gelişmekte olan ülkelerde emisyon azaltma projelerinin uygulanmasını desteklemesidir (The Clean Development Mechanism, 2019). Ek-B ülkelerinin her biri bir ton CO_2 ve eşdeğeri olan sera gazı emisyon azaltımlarında elde ettikleri kredilere "Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredileri (Certified Emission Reduction – CER)" adı verilmektedir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlayan bu projeler gelişmekte olan ülkelerde gerçekleştiği takdirde proje sahibi ülkelerin temiz teknoloji transferi yapabilmesini sağlamaktadır. CDM projeleri neticesinde elde edilen CER kredilerine denk emisyon miktarları Ek-B ülkelerinin emisyon azaltma miktarı olarak değerlendirilir (Azari vd 2015: s. 2).

Ortak uygulama; emisyon azaltma taahhüdünde bulunan gelişmiş ülkenin bir başka gelişmiş ülke sınırları içerisinde gerçekleşecek olan emisyon azaltma projelerini maddi olarak desteklemesi durumudur (Joint Implementation, 2019).

Kyoto protokolü ile oluşturulan karbon piyasaları, üye ülkelerin sorumlulukları dahilinde karbon ticareti yapabilmelerini, emisyon azaltma projeleri oluşturabilmelerini veya projelere destek verebilmelerini mümkün kılmıştır. Bu uygulamalar gelişmekte olan ülkeler için avantaj sağlamanın yanı sıra gelir kaynağı oluşturmaktadır. Ülkeler veya işletmeler hayata geçirdikleri emisyon azaltıcı projeler ile bu kaynaklardan yararlanabilmektedirler. Düşük salınım yapan ülke ve işletmeler karbon ticaretinde satış gerçekleştirebilirken, hedeflerinin üzerinde salınım yapanlar bu piyasada alım yapabilmektedirler.

2.2.4. Paris Anlaşması

Paris Anlaşması, 2015 yılında 196 ülkenin kalkınma yörüngelerini dönüştürmek için bir araya geldiği, dünyanın sürdürülebilir kalkınma yolunda ilerlemesini, küresel ısınmanın sanayi öncesi döneme göre yükselişinin 1.5 ila 2 ^{o}C arasında sınırlı kalmasını sağlamayı amaçlayan bir düzenlemedir. Paris Anlaşması ile taraflar, uzun vadeli bir uyum hedefini kabul etmekle beraber, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum sağlamayı, iklim direncini ve düşük sera gazı emisyonlarını taahhüt etmektedirler. Ayrıca, düşük sera gazı emisyonları ve iklim koşullarının geliştirilmesi yolunda finans akışlarının sürekli hale getirilmesini amaçlamaktadırlar (United Nations Climate Change, 2019).

Paris Anlaşması, ülkelerin iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkma becerilerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Anlaşma, bu amaçlara ulaşmak için uygun finansmanları, yeni teknolojik sistem oluşturacak ve transfer edecek eylemleri ve kapasite geliştirme çalışmalarının çerçevesini belirlemek adına düzenlenmiştir. Aynı

zamanda gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin kendi ulusal hedefleri doğrultusunda desteklenmesini hedeflemektedir (United Nations Climate Change, 2020).

Paris Anlaşması, karbon emisyonlarını azaltma stratejisi sayesinde, güneş enerjisi, rüzgar türbinleri ve jeotermal enerji sistemleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına teşvik niteliği taşımaktadır. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi arttıracağı gibi kaynakların geliştirilmesine de katkıda bulunacaktır.

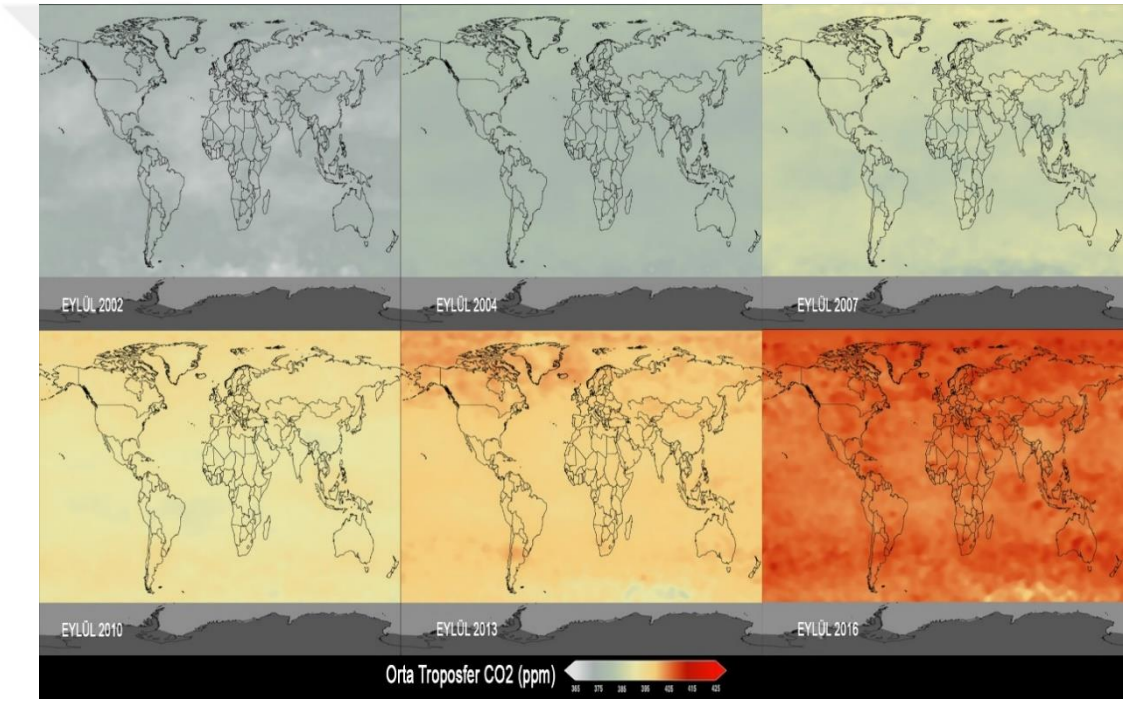
2020 yılı sonrasında iklim değişikliği tehdidine karşı küresel sosyo/ekonomik dayanıklılığın güçlendirilmesini amaçlayan Paris Anlaşması, 2016 yılında New York'ta 175 ülke temsilcisiyle beraber imzalanmıştır. Türkiye, gelişmekte olan ülke kategorisi altında anlaşmaya taraf olmuştur fakat hala onaylanmamıştır (T. C. Dış İşleri Bakanlığı, 2020).

Paris Anlaşması ile Türkiye Cumhuriyeti'nin de dünya genelinde gerçekleşen çevresel dönüşüm hareketlerine katılması ve bu süreç için hazırlıklı olması gerekmektedir. Başta enerji olmak üzere, ulaştırma, kentleşme ve sanayi gibi sektörlerde emisyon azaltma projelerinin gerçekleştirilmesi anlaşma kapsamında şirketlere büyük fırsatlar sunacaktır. Tam tersinin gerçekleştiği durumlarda ise şirketler ciddi külfetlerle karşılaşacaktır. Bu noktada Paris Anlaşması, tüm kurum ve kuruluşlar için büyük önem arz etmektedir (Karakaya, 2016: s. 7).

2.3. SERA GAZI EMİSYONLARI KAVRAMI, TANIMI VE KAYNAKLARI

Günümüzde dünyanın en önemli sorunlarından birisi iklim değişikliğidir. Sağlık, çevre ve ekonomi, iklim değişikliğinden doğrudan etkilenmektedir. Artan tehlikelere karşı koymak için çözüm aramak hayati önem taşımaktadır. Ülkelerin gelişmesi ve insan faaliyetleri, enerji talebini ve fosil yakıt bağımlılığını arttırmakta, bu durum da

sera gazı emisyonlarının artmasına katkıda bulunmaktadır (Neofytou vd 2019: s. 124). Son 250 yıl içerisindeki iklim değişikliği insan faaliyetlerinden kaynaklanmıştır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklı atmosfere salınan sera gazı emisyonları, iklim değişikliğinin göstergesi olan sıcaklık artışını, gözlemlenenden daha fazla etkilemektedir (Teske, 2019: s. 13). En bilinen sera gazı çeşitlerinden biri olan CO_2 'in 2002 ile 2016 yılları arasında Dünya atmosferindeki artışı Şekil 4'te yer almaktadır. Bu zaman serisi içerisinde, 2002'den bu yana 1,9 ila 8 mil yüksekliğindeki karbondioksit konsantrasyonu ve dağılımındaki küresel değişiklikler gösterilmektedir. Sarı-kırmızı bölgeler daha yüksek CO_2 konsantrasyonları gösterirken, mavi-yeşil alanlar daha düşük konsantrasyonları göstermektedir (NASA, 2020).



Şekil 5: Orta Troposferdeki CO_2 Konsantrasyonu; 2002-2016

2.3.1. Sera Gazı Kaynakları

Yaşam için bir tehdit olan 'sera etkisi'; doğrudan artan kaynak kullanımının sonucudur. Fosil yakıtların yakılması, ormanların kesilmesi ve yakılması karbondioksit (CO_2) salgılanmasına neden olmaktadır. CO_2 ve diğer bazı gazların atmosferde birikip, güneş ışınlarını Dünya yüzeyinin yakınında tutması, küresel

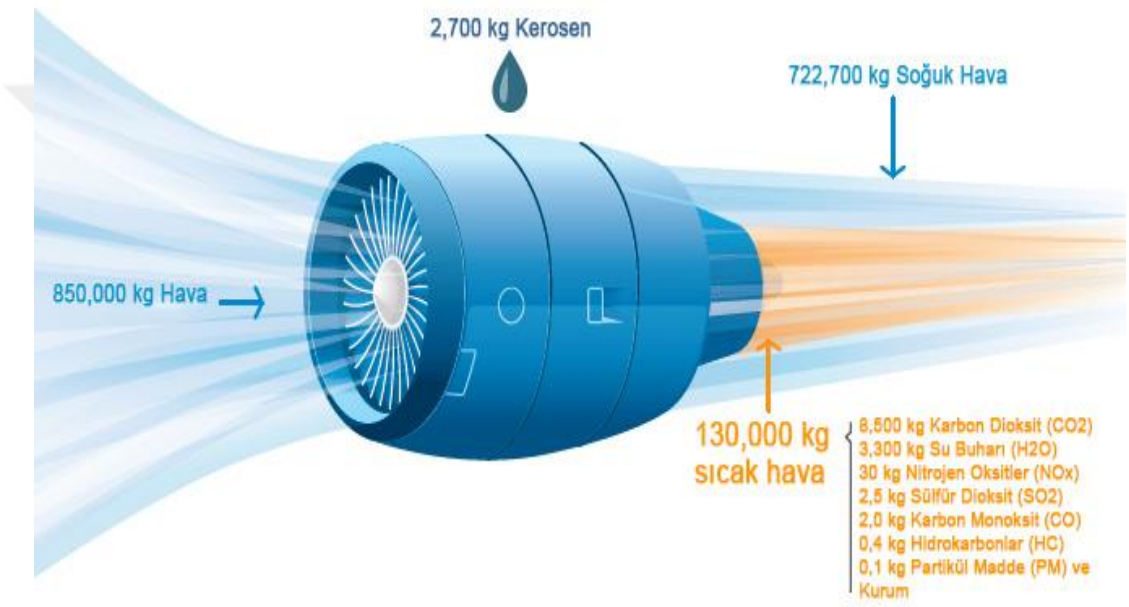
ısınmaya neden olmaktadır. Bu ısınma, önümüzdeki 45 yıl boyunca deniz seviyesinde yükselişlere, çok sayıda kıyı kenti ve nehir deltasının sular altında kalmasına neden olabilecek kadar büyük sorunları beraberinde getirmektedir. Çevresel sorunlar ve ekonomik kalkınma kavramları birbiriyle bağlantılıdır. Bu nedenle ekonomi ve ekoloji, sadece çevreyi korumak için değil, aynı zamanda kalkınmayı korumak ve teşvik etmek için karar verme ve kanun yapma süreçlerine tamamen entegre olmalıdır. Ekonomi, sadece sermaye üretimi olmadığı gibi ekoloji de sadece doğanın korunmasıyla alakalı bir kavram değildir. Her iki kavram da insanlığın gelişimi için eşit derecede öneme sahiptir (The World Commission on Environment and Development [WCED]: s. 37).

IPCC Beşinci Değerlendirme Raporuna göre; küresel taşımacılık 2010 yılında toplam insan faaliyetlerinden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının 23'ünü oluşturmaktadır ve bu emisyonlar son yıllarda hızlı bir şekilde artmaktadır. Emisyonlardaki bu istikrarlı artışın nedeni, tüm dünya bölgelerinde yolcu ve yük taşımacılığı faaliyetlerinin artmasıdır. Bu büyümenin yakın gelecekte azalacağına dair herhangi bir öngörü bulunmamaktadır. Taşımacılık sektöründe artan enerji talebi, temel olarak sera gazı yayan fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (Teske, 2019: s. 131).

2.3.1.1. Havacılık Kaynaklı Sera Gazları

Havacılık ile ilgili faaliyetlerde, insan sağlığı ve çevre üzerinde etkisi olabilecek gaz ve partikül emisyonları gibi çeşitli hava kirleticileri vardır (International Civil Aviation Organization [ICAO], 2011). Uçak emisyonları, uçakların zemine yakın veya yüksekte olmalarına bağlı olarak, öncelikle yerel hava kalitesi kirleticileri veya sera gazları olarak adlandırılmaktadırlar (Federal Aviation Administration [FAA], 2005: s. 1). Ticari uçaklar da dahil olmak üzere insan tarafından üretilen çeşitli kaynaklardan gelen emisyonlar, atmosferde ısıyı yakalar ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Uçuş operasyonları sırasında, uçaklar karbondioksit, azot oksitler (NO_x), kurum (is), su buharı gibi sera gazlarını ve diğer emisyonları yaymaktadır. Uçaklardan kaynaklanan karbondioksit emisyonları doğrudan yakıt yanmasının sonucunda oluşmaktadır. Bu yüzden yakılan yakıt miktarının azaltılması, salınan karbondioksit

miktarını da azaltır. Uçak motorları ayrıca yerel hava kalitesini etkileyen başka kirleticiler de yaymaktadırlar (GAO, 2009: s. 3). Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının araştırılması, hava taşımacılığının çevresel etkisinin ve toplam CO_2 ayak izinin azaltılması, Airbus ve Boeing gibi birçok uçak üreticisinin temel ilkesi haline gelmiştir (Mrazova, 2014: s. 113).



Şekil 6: 150 Yolcu ile 1 Saatlik Uçuş Sırasında Tipik İki Motorlu Jet Uçağından Kaynaklanan Emisyonlar

Şekil 6'da operasyonlarda uçak motorları tarafından yayılan ana kirleticiler karbondioksit (CO_2), azot oksitler (NO_x), sülfür oksitler (SO_x), yanmamış hidrokarbonlar (HC), karbonmonoksit (CO), partikül madde (PM) ve kurum gösterilmektedir (European Union Aviation Safety Agency [EASA], 2019: s. 22).

Karbondioksit, emisyonların yaklaşık %70'ini oluştururken, su buharı geri kalan %30'luk dilimin önemli çoğunluğunu oluşturur. Modern uçak motorları tarafından çok

az metan ve azot oksit üretilmekte veya hiç üretilmemektedir. Karbonmonoksit (CO), metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x), diğer gazlar, partikül maddeler (PM) ve kurum, emisyonların yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır (The European Organisation for the Safety of Air Navigation [EUROCONTROL], 2018: s. 19). Nitrik oksit (NO) ve azot dioksit (NO_2)' den oluşan azot oksitlerin (NO_x) yanı sıra sülfür oksitler ve kurum önemli emisyon çeşitleridir. Karbondioksit, azot oksitler ve su buharı emisyonları diğer parametrelere kıyasla en dikkat edilmesi gereken sera gazlarıdır (IPCC, 1999: s. 3).

IPCC 2006 rehberinde, başlıca hava kirleticileri olarak aşağıdaki listede verilen beş öncü kirleticiyi kabul etmiştir. Tablo 4'te her bir havalimanı unsuruna, genel emisyon sürecine ve ilgili kirleticilere yer verilmiştir (National Academy of Sciences, 2008: s. 13).

Kaynak	**Emisyon Süreci**	**Emisyonlar**
Uçaklar •Jet •Turboprop •Piston	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Öncüler ve Diğerleri • NMVOC
Yardımcı Güç Ünitesi (APU)	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Öncüler ve Diğerleri • NMVOC
Yer destek ekipmanı (GSE) • Bagaj traktörü • Kayış Yükleyici • Klima • Kabin Servis Aracı • vb.	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O • SF_6, HFC, PFC Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Ana Kirleticiler • SF_6, HFC, PFC Öncüler ve Diğerleri • NMVOC, diğer halojenli gazlar

Tablo 5: Havalimanı Kaynakları ve İlgili Emisyonlar

Yerden erişim aracı (GAV) • Yolculara ait özel araçlar • Havalimanı personelinin özel araçları • Havalimanının araçları • Servis Otobüsleri • Yük Kamyonları • vb.	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2 , CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Ana Kirleticiler • SF_6 , HFC, PFC Öncüler ve Diğerleri • NMVOC, diğer halojenli gazlar
Sabit kaynaklar • Güç / elektrik tüketimi • Kazan / Kalorifer • Uçak motoru testi • Yüzey Kaplama / Boyama • Yağdan arındırma • vb.	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x , NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Ana Kirleticiler• SF_6, HFC, PFCÖncüler ve Diğerleri• PM, NMVOC, diğer halojenli gazlar
Yangın Eğitimleri	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
İnşaat faaliyetleri • Pist uzatması veya geliştirilmesi • Terminal binası ve kapı alanı genişletmesi • Yeni taksi yolları • vb.	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SOx, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Ana Kirleticiler • SF_6, HFC, PFC Öncüler ve Diğerleri • NMVOC, diğer halojenli gazlar
Atık yönetimi faaliyetleri	Yanma işlemi sonucu oluşan	Ana Kirleticiler • CO_2, CH_4, N_2O Öncüler ve Diğerleri • H_2O, PM, SO_x, NO_x, CO, NMVOC
	Yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan	Ana Kirleticiler • SF_6, HFC, PFC Öncüler ve Diğerleri • PM, NMVOC, diğer halojenli gazlar

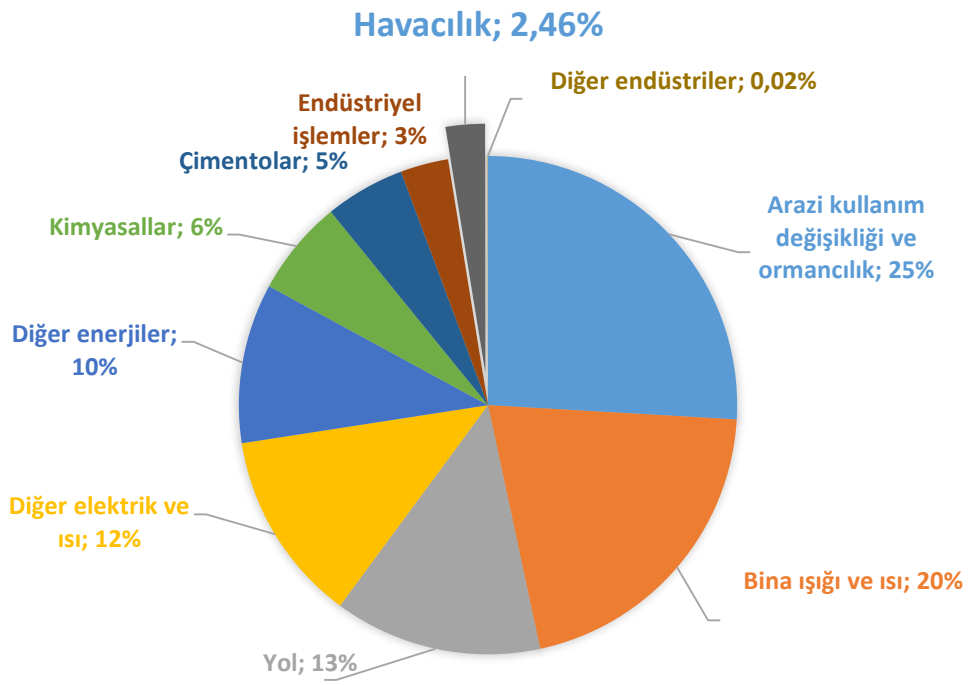
Tablo 4 (Devamı): Havalimanı Kaynakları ve İlgili Emisyonlar

Havacılık sektörünün paydaşları genel olarak, küresel ısınmanın hızlanmasına katkıda bulunan karbondioksit (CO_2) ve diğer sera gazlarını Dünya atmosferine salmaktadırlar. Havacılık sektörü aynı zamanda Jet-A veya Avgas gibi yakıtların yakılmasıyla uçuş sırasında uçakların çoğunluğundan salınan CO_2'ye ek olarak, yer hizmetleri araçlarından, yolcu ve personelin havalimanlarına erişmek için kullandığı araçlardan salınan sera gazları ile hava kirliliğinin artışına neden olmaktadır (Mrazova, 2014: s. 110). Havalimanlarının ısınma ve elektrik ihtiyaçları için kullandıkları fosil yakıtlarından, uçak kapılarına güç sağlayan yardımcı güç ünitelerinin kullandığı jet yakıtlardan da sera gazı emisyonları gerçekleşmektedir (FAA, 2020).

Tablo 4'te yer alan, yanma işlemi gerçekleşmeden oluşan emisyonlar kategorisi, buharlaşma ve kaçak salınımları içermektedir. "Atık yönetimi faaliyetleri" altında belirtilen kirleticiler ise bu kategorinin çok çeşitli süreçleri ve teknolojileri içermesinden kaynaklı olarak kesinliği çok yüksek olmayan bir rehber niteliğindedir (National Academy of Sciences, 2008: s. 13).

2.3.1.1.1. Karbondioksit (CO_2)

Havacılık, insandan kaynaklı küresel CO2 emisyonlarının yaklaşık %2,46'sına tekabül etmektedir. 2050 yılına kadar havacılığın küresel karbon emisyonlarına katkısın %3'e yükselmesi ve toplam sera gazı emisyonlarının %5'ine karşılık gelmesi beklenmektedir. Bu rakamlar nispeten düşük olsa da havacılık sektöründe, büyümesinden kaynaklı etkilerini telafi etmek için etkin emisyon azaltma önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Mrazova, 2014: s. 111). IPCC verilerine göre, havacılığın küresel karbondioksit emisyonları 2000 yılında 480 milyon ton civarında idi (GAO, 2009: s. 11).



Şekil 7: CO_2 Emisyonlarının Sektörlere Göre Dağılımı (Mrazova, 2014: s. 111)

En son yayınlanan IPCC raporunda, taşımacılık sektörü 2010 yılında küresel CO_2 doğrudan emisyonunun %27'sini oluşturduğu ve temel CO_2 emisyonlarının 2050 yılına kadar yaklaşık iki katına çıkacağı tahmin edilmiştir (Abdullah vd 2016: s. 248).

Türkiye'deki uluslararası havacılık faaliyetleri için %12'lik bir büyüme oranı esas alındığında, yakıt verimliliği de dikkate alınarak 2030 yılına kadar hesaplanan karbondioksit emisyon miktarı Tablo 5'te verilmiştir (Directorate General of Civil Aviation TURKEY, 2018: s. 57).

Esas Alınan (%12 Büyüme Oranı)				
Yıl	Uluslararası RTK* ('000)	Uluslararası Yakılan Yakıt (Ton)	Uluslararası CO2 Emisyonu (Ton)	Verimlilik
2016	18,227,000.00	5,139,890.00	16,242,052.40	0.282
2017	20,414,240.00	5,468,812.50	17,281,447.50	0.268
2018	22,863,948.80	6,116,779.19	19,329,022.24	0.268
2019	25,607,622.66	6,842,486.34	21,622,256.83	0.267
2020	28,680,537.37	7,655,169.01	24,190,334.07	0.267
2021	32,122,201.86	8,565,184.42	27,065,982.77	0.267
2022	35,976,866.08	9,584,140.94	30,285,885.37	0.266
2023	40,294,090.01	10,725,044.60	33,891,140.94	0.266
2024	45,129,380.81	12,002,464.18	37,927,786.81	0.266
2025	50,544,906.51	13,432,716.97	42,447,385.63	0.266
2026	56,610,295.29	15,034,077.08	47,507,683.57	0.266
2027	63,403,530.73	16,827,009.09	53,173,348.72	0.265
2028	71,011,954.42	18,834,429.87	59,516,798.39	0.265
2029	79,533,388.95	21,082,001.93	66,619,126.10	0.265
2030	89,077,395.62	23,598,461.95	74,571,139.76	0.265

Tablo 6:Türkiye'de Uluslararası Havacılık Faaliyetlerinden Kaynaklı Tahmini Karbondioksit Emisyonu Miktarı

2.3.1.1.2. Azot Oksit (NO_x)

Bir uçuş sırasında yayılan azot oksit (NO_x) kütlesinin, uçuşun tüm aşamaları için yakılan her bir kilogram yakıt için 0.0000856 kg emisyon endeksi olduğu kabul edilerek tahminler yapılmaktadır (EUROCONTROL, 2018: s. 62). Atmosferde, azot monoksit (NO) hızla akciğer iltihabı gibi insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerle ilişkili olan azot dioksite (NO_2) oksitlenir. NO_2 ayrıca ikincil partiküllerin ve yer seviyesindeki ozonun oluşumunda da önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, azot oksitlerin hava kalitesi üzerinde doğrudan ve dolaylı bir etkisi vardır (NASA, 2020).

Seyir yüksekliğinde uçaklardan kaynaklanan azot oksit (NO_x) emisyonlarının toplam radyoaktif ışımaya etkisi pozitiftir. Ozon (O_3) ve metan (CH_4) gazları ile etkileşimden kaynaklı bir takım soğutma etkisi yaratsa da toplamda ısınmaya pozitif etkisi mevcuttur (EASA, 2019: s. 87).

2.3.1.1.3. Sülfür Oksitler (SO_x)

SO_x (Sülfür oksitler) esas olarak SO2 ile temsil edilmektedir ve solunum sistemini tahriş eden bir gaz ailesini ifade etmektedirler. SO_x, kükürt içeren yakıtın yanmasıyla üretilmektedir. Ortaya çıkan SO_x, atmosferde sülfat aerosolleri oluşturmaktadır (National Academy of Sciences, 2008: s. 16). SO_x emisyon miktarı doğrudan kullanılan yakıtın kükürt içeriğine bağlıdır (EUROCONTROL, 2018: s. 20). Sülfat aerosolleri güneş ışınlarını doğrudan uzaya geri yansıtmaktadır ve bu nedenle radyoaktif ışımaya negatif olarak etki etmektedir (Lee, 2018: s. 5). Yani önemli bir soğutma aerosolü olan kükürt dioksidin oksijen ile birleşmesinden oluşan sülfat aerosolleri güneş ışığını yansıtır ve böylece soğutma etkisi yaratır (Select Committee on Economic Affairs , 2005: s. 12).

2.3.1.1.4. Su Buharı (H_2O)

Su buharı, hidrokarbon yakıtın yanmasıyla oluşan bir üründür ve doğal bir sera gazıdır. Suyun ışıma özelliği sebebiyle küresel ısınmada etken bir gazdır. Havacılıkta, yanma sonucu yayılan ilave su miktarı küçük bir pozitif radyoaktif ışıma etkisi yaratmaktadır (Lee, 2018: s. 5). Havacılıktan kaynaklanan emisyonların çoğunun meydana geldiği troposferde sadece kısa bir süre kalabilmektedir. Havacılık kaynaklı yayılan su buharı miktarı, doğal atmosferik kaynaklardan yayılan miktarlara kıyasla oldukça azdır (GAO, 2009: s. 13). Su buharı doğada en fazla bulunan sera gazıdır fakat onu önemli kılan iklimdeki sıcaklık değişimi karşısında fiziksel veya kimyasal olarak tepki vermesidir. Dünya atmosferi ısındıkça su buharı artmaktadır. Artan su buharı, sera gazı etkisinin oluşumunda büyük rol oynayan bulutların ve yağışların gerçekleşmesine sebebiyet vermektedir (NASA, 2020). Su buharı emisyonları, bulut gibi yoğunlaştırılmış su buharı izi olan kontrallerin ve cirrus bulutlarının oluşmasına neden olabilmektedirler. Hem kontrallerin hem de cirrus bulutlarının dünyanın atmosferi üzerinde ısınma etkisi yarattığına inanılmaktadır (GAO, 2009: s. 3). Oluşan bu bulut çeşitlerinin küresel ısınmaya etkisi ile ilgili araştırmalar devam etmektedir.

2.3.1.1.5. Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit (CO), kan dolaşımındaki oksijeni değiştirerek çeşitli fizyolojik hasara neden olabilecek renksiz ve kokusuz bir gazdır. Havadan gelen yakıt ve oksijen arasında eksik yanmanın bir ürünü olarak oluşur. CO oluşumuna elverişli yanma koşulları arasında daha düşük sıcaklıklar ve daha yüksek yakıt / hava oranları bulunur. CO'nun doğrudan çok az sera gazı etkisi vardır, ancak NO_x gibi O_3 oluşumu için bir öncüdür (National Academy of Sciences, 2008: s. 16).

2.3.1.1.6. Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşikler (Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC))

Metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC), özellikle normal atmosferik koşullar altında buhar olarak var olan ve tipik olarak fotokimyasal reaksiyonlara katılan yüksek buhar basıncına sahip hidrokarbonları (HC) içerir. Sonuç olarak, NMVOC'ler, O_3 oluşumu için öncülerdir. Bu halojenlenmemiş bileşiklerin doğrudan çok az sera gazı etkisi vardır. CO'ya benzer şekilde, özellikle düşük sıcaklık ve yakıt açısından zengin ortamlarda eksik yanma ürünleri olarak oluşmaktadırlar. Ayrıca, bir havalimanında bakım, boyama gibi çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan buharlaşmanın bir parçası olarak yayılabilmektedirler. Uçak ve yer hizmetleri araçlarının, yakıt ikmal işlemleri sırasında yanlış müdahaleler sonucunda kaçak emisyonlar olarak da yayılabilmektedirler (National Academy of Sciences, 2008: s. 16).

2.3.1.1.5. Partikül Maddeler (PM) ve Kurum (İs)

Partikül madde, aerodinamik çapı 10 mikrometre veya daha az olan partikülleri tanımlamak için kullanılan terimdir. Fiziko kimyasal açıdan partikül madde, doğal ve antropojenik kaynaklı doğrudan salınan ve ikincil olarak oluşturulmuş bileşenlerden (örneğin kurum, jeolojik malzeme, aşındırılmış parçacıklar ve biyolojik malzeme) oluşan kompleks bir karışımdır ve çok çeşitli bir bileşimdir (ağır metaller, sülfatlar,

nitratlar, amonyum, organik karbonlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, dioksinler / furanlar) (ICAO, 2011: s. 11). Partikül madde (PM) emisyonları yakıtın eksik yanmasından kaynaklanır (EUROCONTROL, 2018: s. 20). Yakıt yanması sonucu oluşan partiküllü maddeler gelen güneş ışığını emer ve atmosferi ısıtır. Bu maddeler iklim üzerinde küçük de olsa bir ısınma (pozitif radyasyon ışıması) etkisi yaratmaktadır (GAO, 2009: s. 13).

"Kurum" emisyonları, uçak parçacık emisyonlarının uçucu olmayan siyah-karbon içeriğine karşılık gelmektedir. Diğer uçucu parçacık emisyonları da içinde barındırır ve bulutların radyoaktif ışıma özelliklerinde değişikliklere yol açabilmektedir. Kurum emisyonları, havacılık keroseninin eksik yanmasının sonucunda oluşmaktadır. Kurum parçacıklarının kızılötesi radyasyonu yakaladığı ve ısınmayı doğrudan etkilediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kurumun sera gazı emisyonlarına etkisinin oldukça küçük olduğu da tespit edilmiştir (Lee, 2018: s. 5).

3. İSTANBUL HAVALİMANINDA TİCARİ UÇAKLARDAN KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ TAHMİNİ

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Sürdürülebilir kalkınmanın alt başlıklarından olan çevresel sürdürülebilirlik kavramı için tüm dünyada bir takım çalışmalar yürütülmektedir. Sadece bugüne odaklanmayıp, gelecek nesillere daha yaşanılası bir Dünya bırakabilmek adına yapılan tüm bu çalışmalar için ihtiyaç duyulan birtakım ölçümlemelerin yapılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda hava kalitesinin artırılabilmesi adına öncelikle problemin tanımlanması ve ölçümlenmesi gerekmektedir. Neticelen ölçümleme çalışmaları doğrultusunda yapılabilecekler kararlaştırılmalıdır. Bu araştırmada hava kalitesi üzerinde büyük etkileri olan havacılık sektörünün, İstanbul Havalimanı bazında ticari uçaklardan kaynaklı hava kirleticilerinin miktarının hesaplanması amaçlanmıştır. Hesaplamalar doğrultusunda havalimanının çevresel hava kalitesine etkisi incelenerek azaltıcı - önleyici faaliyetler konusunda alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur. Hava kalitesini artırmak için emisyon azaltma çalışmaları yapılmalıdır. Uluslararası karbon piyasalarında karbon kredilerinden yararlanabilmek için emisyon azaltma proje önerileri sunulmuştur.

3.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ VE KAPSAMI

İstanbul Havalimanı'nda ticari uçaklardan kaynaklı sera gazı emisyonu hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar için IPCC tarafından geliştirilen "Tier Metodolojileri" temel alınmıştır. Bu metodolojinin 3 farklı alt boyutu vardır.

Tier 1 Metodu: İç hat ve dış hat uçuşlarının hem LTO hem de seyrüsefer boyunca kullanılan yakıt miktarının yaymış olduğu emisyon değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Kullanılan yakıt miktarı temel alınarak yapılan bir hesaplama yöntemidir. Emisyon faktörleri, IPCC 2009 verilerinde iç hat ve dış hat için ayrı ayrı LTO döngüsü ve seyrüsefer için kullanılan yakıt miktarına bağlı olarak verilmiştir (European Environment Agency, 2009: s. 17). Bu hesaplama için kullanılan formül aşağıdaki gibidir (National Academy of Sciences, 2008);

- Emisyon Miktarı (E) = Kullanılan Yakıt (F) * Emisyon Faktörü (EF)

Tier 2 Metodu: Uçak tipine göre LTO'lar hakkında bilgi edinmenin mümkün olduğu ancak seyir mesafeleri hakkında bilgi bulunmadığı durumlarda kullanılmak üzere Tier 2 metodu geliştirilmiştir. Bu metot için gereken bilgiler, uçak tipleri ve bu uçak tiplerinin hem yurtiçi hem yurtdışı uçuşları için gerçekleşen LTO sayılarıdır. Tier 2 metodunda her bir uçak tipi için aşağıdaki formül kullanılarak hesaplamalar yapılmalıdır (European Environment Agency, 2009: s. 20);

- Emisyon Miktarı (E) = İniş ve Kalkış Sayısı (LTO) * Emisyon Faktörü(EF)

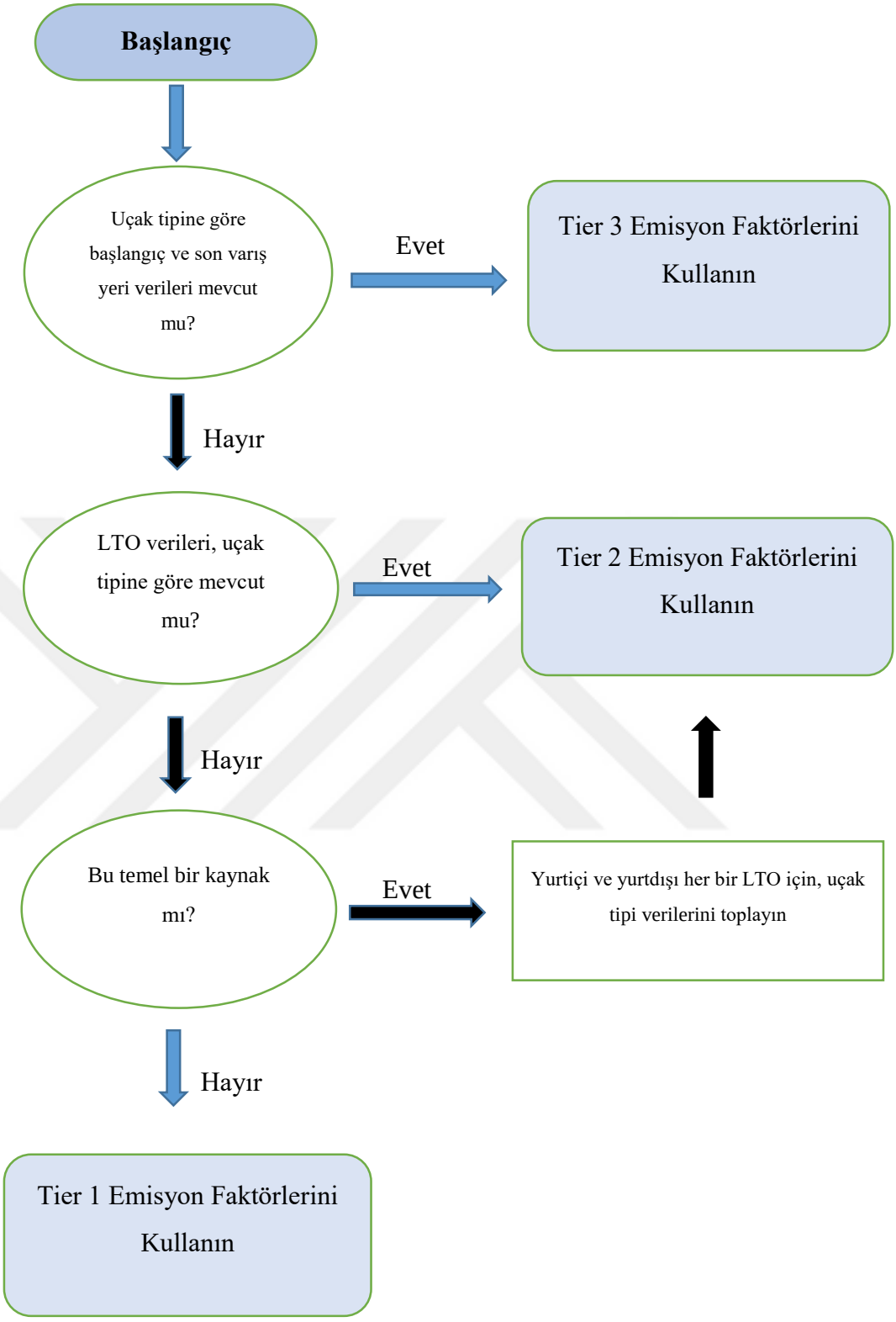
Tier 3 Metodu: Bu metodoloji Tier 1 ve Tier 2'ye kıyasla daha ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulan bir metottur. Gerçekleşen bir uçuş için uçak motor bilgilerinin dışında iniş kalkışın gerçekleşeceği meydan bilgilerine ihtiyaç vardır. Farklı uçuş mesafeleri ve uçuş aşamaları için emisyon faktörleri hesaplanmıştır. Gerçekleşen uçuşun seyir mesafesi, iniş kalkış gerçekleşen havalimanının bilgileri ve uçak motor tipi bilgileri ışığında emisyon faktörleri hesaplanmaktadır. Tier 3 metodunda kullanılan veriler, emisyon miktarının uçuş aşamalarına göre değişkenlik gösterdiğini temel almaktadır (European Environment Agency, 2009: s. 26). Referans emisyonlar için LTO döngüsü içerisindeki aşamaların süreleri ve motor itme gücü yüzdeleri Tablo 6'da verilmiştir (ICAO, 2011: s. 42).

LTO Operasyon Aşamaları		Süre (Dakika)	İtme Gücünün Yüzdesi (%)
Yaklaşma		4.0	30
Taksi Süreci	İniş Taksi	7.0	7
	Kalkış Taksi	19.0	
Kalkış		0.7	100
Yaklaşma		2.2	85

Tablo 7: Referans Emisyon LTO Döngüsü

Her bir uçuş için kullanılan uçak motor tipi bilgileri ve havalimanı bilgileri elde edildiği taktirde, ICAO veri bankasında yer alan emisyon faktörleri ile Tier 3 metodu kullanılarak hesaplamalar yapılabilmektedir. Bu ayrıntılı hesaplama yönetimi için bilgisayar uygulamalarından yararlanılabilir. Gerçekleşen her uçuş için daha güvenilir ve hassas ölçümlerin yapılabilmesi adına bu metodun kullanılması gerekmektedir.

Öncelikle hesaplamanın yapılacağı Tier metodunun seçilmesi gerekmektedir. Metot tercihi yapılırken ulaşılan verilerin güvenilirliği ve kapsamı dikkate alınmalıdır. Elde edilen veriler ışığında, Şekil 8'de gösterildiği gibi yollar izlenerek metot seçilmelidir.



Şekil 8: Havacılıktan Kaynaklanan Emisyonlar İçin Karar Ağacı (European Environment Agency, 2009: s. 11)

Bu araştırmanın kapsamında, Şekil 8'den yola çıkarak Tier 2 metodu ile İstanbul Havalimanı'nda uçak motorlarının doğrudan yakıt yanması sonucu oluşturduğu sera gazı emisyon hesaplamaları yapılmıştır. Diğer Tier metotlarına göre daha az ayrıntı içeren veriler ışığında hesaplamaların yapılabileceği Tier 2 metodu için, her uçak tipinin sera gazı emisyon endekslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer tüm taşıtlar gibi uçakların da farklı seviyelerde ve çalışma modlarında yakıt tüketimi gibi sera gazı emisyon oranları da farklılık göstermektedir. Kriterler belirlenip envanterler oluşturulurken yerel hava kalitesine odaklanılmıştır.

Emisyon hesaplamaları uçak marka ve modellerine göre yapılmaktadır. Uçakların hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri marka ve modellerine göre farklılık göstermektedir. Dünya genelinde en yaygın kullanımı olan yolcu uçağı üreticileri; Boeing, Airbus, Bombardier ve Embraer'dir. Bu uçak üreticileri hakkında kısa bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Boeing: Boeing, dünyanın en büyük havacılık şirketi, ticari uçaklar, savunma, uzay ve güvenlik sistemlerinin önde gelen üreticisi ve satış sonrası destek hizmet sağlayıcısıdır. Amerika'nın en büyük imalat ihracatçısı olarak şirket, 150'den fazla ülkede havayollarına, ABD'ye ve müttefik devlet müşterilerine hizmet sunmaktadır. Boeing ürünleri ve özel hizmetleri arasında ticari ve askeri uçaklar, uydular, silahlar, elektronik ve savunma sistemleri, fırlatma sistemleri, gelişmiş bilgi ve iletişim sistemleri ve performansa dayalı lojistik ve eğitim yer alır. Boeing, onlarca yıldır ticari jet uçaklarının önde gelen üreticisi olmuştur. Şirket, günümüzde 737, 747, 767, 777 ve 787 uçak ailelerini ve Boeing Business Jet serisini üretmektedir. Yeni ürün geliştirme çalışmaları arasında Boeing 787-10 Dreamliner, 737 MAX ve 777X yer almaktadır. Dünyada hizmet veren uçakların neredeyse yarısı olan 10.000'den fazla Boeing yapımı ticari jet uçağı hizmet vermektedir. Şirket aynı zamanda en başarılı kargo uçaklarını da üretmektedir ve dünyadaki kargonun yaklaşık yüzde 90'ı Boeing uçaklarında taşınmaktadır (Boeing, 2020).

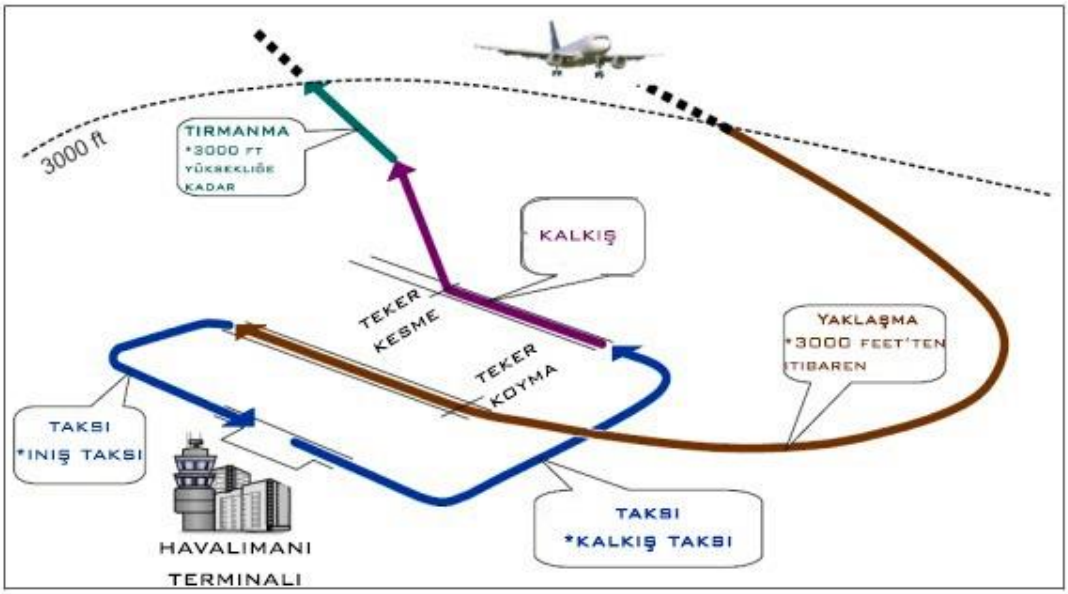
Airbus: Airbus, küresel havacılık sektöründe kendini kanıtlamış bir lider olarak, daha iyi bağlantılı, daha güvenli ve daha rahat bir dünya yaratmak amacıyla yenilikçi çözümler sunmaktadır. Ticari uçak, helikopter, savunma, güvenlik ve uzay segmentlerini kapsayan bu son teknoloji ürünler ve hizmetler, geniş kapsamlı uzmanlıktan ve yenilikçiliğe olan sürekli vurgudan yararlanmaktadır. Uzay ve Savunma ile Helikopter Bölümleri ile ticari bir uçak üreticisi olan Airbus, Avrupa'nın en büyük havacılık ve uzay şirketidir ve dünya çapında bir liderdir. Airbus, dünya çapında yaklaşık 180 lokasyon ve 12.000 doğrudan tedarikçisiyle öne çıkmaktadır. Şirket, Asya, Avrupa ve Amerika'da uçak ve helikopter son montaj hatlarına sahiptir ve 2000 yılından bu yana altı kattan fazla sipariş artışı sağlamıştır. İnovasyon, en son teknolojileri ve küresel ilerlemeye katkıda bulunmak için bilimsel mükemmelliği teşvik eden Airbus'ta her zaman itici bir güç olmuştur (Airbus, 2020).

Bombardier: İki iş segmenti ile Bombardier, ulaşım endüstrisinde küresel bir liderdir ve yenilikçi ve oyunun kurallarını değiştiren uçaklar ve trenler yaratmaktadır. Ürünleri ve hizmetleri, yolcu konforu, enerji verimliliği, güvenilirlik ve güvenlikte yeni standartlar belirleyen birinci sınıf ulaşım deneyimleri sağlamaktadır. Dünya çapında hizmet veren yaklaşık 4.900 uçağıyla Bombardier Aviation, kapsamlı bir satış sonrası hizmetine sahiptir (Bombardier Aviation, 2020).

Embraer: Ulusal hükümetin yardımıyla 1969'da kurulan Embraer, Brezilya teknolojisinde devrim yaratmıştır. Tarihi, hem sivil hem de askeri amaçlar için tasarlanmış, 15 ila 21 yolcu taşıma kapasitesine sahip bir turboprop uçak olan Bandeirante ile başlamıştır. Günümüze kadar toplam 8000'den fazla uçak teslim etmiş olan şirketin 18000'den fazla çalışanı bulunmaktadır (Embraer, 2020).

Yerel hava kalitesini etkileyen sera gazı emisyonlarının hesaplamaları yapılırken, uçakların 3000 feet yüksekliğe tırmandığı ve iniş gerçekleştirdiği süreci de kapsayan uçuş operasyonlarından kaynaklı emisyonlar dikkate alınmaktadır. Uçakların havalimanlarına gerçekleştirdikleri her bir uçuş operasyonuna (bir iniş ve

bir kalkış) "LTO (Landing and Take-Off (LTO)) döngüsü" denilmektedir. Her bir LTO döngüsü kalkış, yaklaşma, tırmanma ve taksi süreçlerini içerisinde barındırır (National Academy of Sciences, 2008: s. 18). 2017 yılında emisyon verileri 418 tür turbofan veya turbojet motoru, 117 tür turboprop motor ve 4 tip jenerik tip olan 20 tip pistonlu motor olmak üzere toplamda 555 farklı tipte motor için hesaplanmıştır (EUROCONTROL, 2018: s. 46). LTO döngüsünün aşamaları Şekil 9'da yer almaktadır (Correia, 2009: s. 4).



Şekil 9: LTO (Landing and Take-off) Döngüsü

3.3. ARAŞTIRMANIN KISITLARI

Türkiye'deki havalimanları içerisinde en fazla yolcu kapasitesine sahip olması planlanan İstanbul Havalimanı araştırma kapsamında tercih edilmiştir. Türkiye'deki diğer havalimanları bu çalışmada hesaplamalara dahil edilmemiştir. Hesaplamalar yapılırken kullanım amacına göre sivil havacılık sektöründeki ticari amaçlı uçuş gerçekleştiren jet motorlu uçaklar için hesaplamalar yapılırken, genel havacılık ve askeri amaçlı gerçekleşen uçuşlar araştırmaya dahil edilmemiştir. Tier metodları içerisindeki Tier 2 metodu tercih edilmiştir. Daha hassas ölçüm yapılabilmesi için kullanılması gereken Tier 3 metodunda ihtiyaç duyulan bilgilere ulaşılamamıştır. Bu

sebeple Tier 1 metoduna göre de daha hassas ölçüm yapan Tier 2 metodu kapsamında hesaplamalar yapılmıştır.

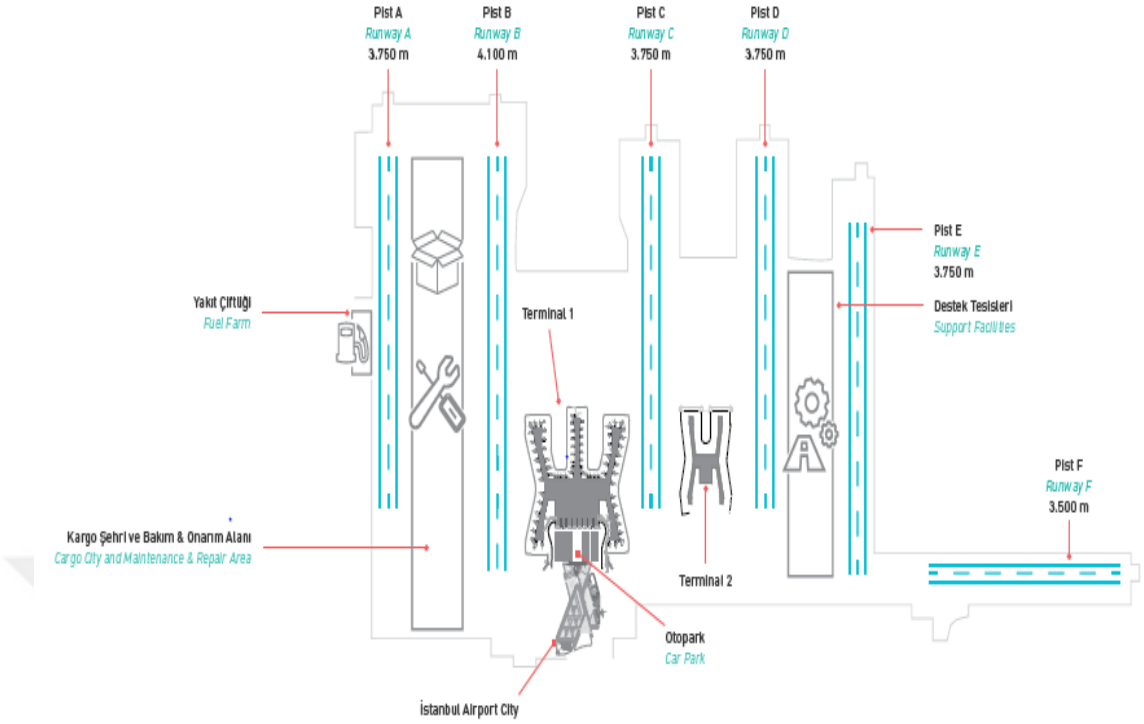
İstanbul Havalimanı'nda uçaklardan kaynaklı sera gazı emisyon hesaplamaları yapılırken Tier 2 metodu kullanılmıştır. Havalimanına iniş kalkış gerçekleştiren her bir ticari uçak tipi için doğrudan yakıt yanmasından kaynaklı sera gazı emisyon hesaplaması yapılmıştır. Uçak motorlarında, eksik yakıt yanması sonucunda oluşan sera gazları hesaplamalara dahil edilmemiştir. 2019 yılı İstanbul Havalimanı uçuş kayıtlarına geçen uçak modelleri içerisinde jet motorlara sahip uçaklar için emisyon değerleri hesaplanmıştır. Piston ve turboprop motorlar hesaplamaya dahil edilmemiştir. Jet kerosen yakıtını kullanan jet motorları için hesaplamalar yapılmıştır. Bunların dışındaki uçak modelleri 2019 yılında gerçekleşen ticari uçakların yalnızca %1 ini oluşturmaktadır. İstanbul Havalimanı 2019 yılı ticari uçaklarla gerçekleşen uçuşlar içerisinde ICAO 2004 verilerinde yer almayan B789, A306, B788, B772, A318, A359, A322, B748, B773, B38M ve B39M kodlu uçaklar için emisyon değerlerine ulaşılamamıştır. Bu yüzden hesaplamalar yapılırken bu uçak tipleri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

3.4. İSTANBUL HAVALİMANI'NIN ANATOMİSİ

İstanbul Havalimanı, konum olarak şehir merkezinden yaklaşık 35 kilometre uzakta yer almaktadır. 76,5 milyon metrekarelik alana inşa edilmiştir. Havalimanı inşasının 4 fazda tamamlanması planlamalar arasında yer almaktadır. Tüm fazların tamamlanmasıyla birlikte yılda 200 milyon yolcuya hizmet vermesi ve 350'den fazla destinasyona uçuş imkanı sağlanması hedeflenmektedir. İstanbul Havalimanı;

- 1.400.000 m^2 terminal binası,
- 55.000 m^2 duty free mağazası,
- 32.000 m^2 yeme içme alanı,
- 22.000 m^2 özel yolcu salonu,

- 450’den fazla otel odası,
- 10.000 m^2 ofis alanı,
- 10.000 m^2 perakende alanı,
- 13 Check-in adası,
- 228 pasaport kontrol noktası,
- 143 yolcu biniş köprüsü,
- 600’den fazla asansör, yürüyen bant ve yürüyen merdiven,
- 7 terminal giriş kapısı,
- 20.000’den fazla bekleme koltuğu,
- 90 metre yüksekliğinde hava trafik kontrol kulesi,
- 6 adet pist (Pist A: 3750 m, Pist B: 4100 m, Pist C :3750 m, Pist D: 3750m, Pist E: 3750 m, Pist F: 3500 m),
- 1.400.000 m^2 kargo alanı,
- 5.500.000 ton kargo kapasitesi,
- 700.000 m^2 bakım-onarım hangarından oluşmaktadır. İstanbul Havalimanın anatomik yapısı Şekil 10’da gösterilmektedir (İstanbul Yeni Havalimanı, 2018: s. 9).



Şekil 10: İstanbul Havalimanı Anatomisi

İstanbul Havalimanı kuruluş aşamasından itibaren yeşil havalimanı olma gerekliliklerini karşılayabilecek nitelikte tasarlanmıştır. Uluslararası enerji ve çevresel tasarım hususlarına dikkat edilerek sertifikalandırılması istenmiştir (Stevenson, 2015: s. 5).



Şekil 11:İstanbul Havalimanı *(İstanbul Yeni Havalimanı, 2018: s. 25)*

İstanbul Havalimanı, sürdürülebilirliğin tüm boyutları için hedefler belirlemiştir. Bunlar; ekonomik sürdürülebilirlik hedefleri; kamuya 25 yılda gelecek gelir akışı 22,2 milyar Avro + KDV, dolaylı 1,5 milyon ve doğrudan 100,000 kişinin istihdam edilmesidir. Operasyonel sürdürülebilirlik hedefleri; tüm fazlar tamamlandığında toplam 200 milyon yolcu kapasitesi, 347'si dar gövdeli, 264'ü geniş gövdeli olmak üzere toplam 611 uçak par kapasitesi, 1. fazın sonunda toplam yolcu kapasitesinin 90 milyon yolcuya ulaşmasıdır. Çevresel sürdürülebilirlik hedefleri; ana terminal binası için "LEED Sertifikası", havalimanı işletmesi için "İklim Değişikliği Adaptasyon ve Eylem Programı", ISO14001:2005 çevre yönetim sistemi belgesi, ISO50001 enerji yönetim sistemi, "ACI Airport Carbon Accreditation" programı, küresel ısınmayla aktif mücadele hedefi kapsamında faaliyetler kaynaklı karbon emisyon miktarını asgariye indirme, kuş izleme ve yönetim faaliyetleri, havalimanındaki faaliyetlerden kaynaklı atıkların etkin yönetimi, sıfır atık projesi, atıktan sanata projesi, doğal kaynak kullanma stratejileri, 5.000 hektarlık ağaçlandırma çalışmaları, 14064 Sera Gazı Envanteri Hesaplama, raporlama ve doğrulama, "Yeşil Havaalanı ve Yeşil Kuruluş Sertifikası", Hava kalitesi modelleme çalışmaları yer almaktadır. Sosyal

sürdürülebilirlik hedefleri; yerel halk ile kesintisiz diyaloğun sağlanması, şeffaf bilgi akışının sağlanması, bilimsel veri ile temellendirme, toplumsal cinsiyet eşitliği, yereli gözeten örnek projeler, etkin paydaş katılımı, sosyal etkinliklerin profesyonel yönetim, yerel istihdam önceliğidir (İGA, 2020).

İstanbul Havalimanı tasarım aşamasından itibaren yeşil havalimanı olma hedefiyle inşa edilmiştir. Yukarıda da bahsedilen İstanbul Havalimanı'nın çevresel sürdürülebilirlik hedefleri içerisinde sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve kontrol altına alınması hususu, çalışmanın temelinde İstanbul Havalimanı'nın seçilme sebebini oluşturmaktadır. Türkiye'de mevcut 58 havalimanı bulunmaktadır. Bunlar içerisinde İstanbul Havalimanı, 200 milyon yolcu kapasitesi ile en büyük havalimanı olma özelliğini göstermektedir. Araştırmada, bu bilgiler ışığında Türkiye'deki havalimanları içerisinde gerek yoğunluğu gerekse çevreye duyarlı bir havalimanı olma özelliği taşıması sebebiyle İstanbul Havalimanı tercih edilmiştir.

3.5. İSTANBUL HAVALİMANI SERA GAZI EMİSYON HESAPLAMALARI

Bu çalışma kapsamında ICAO tarafından belirlenen jet kerosen yakıtını kullanan her jet motorlu uçak tipi için LTO döngüsünde salınan sera gazı emisyon değerlerinin bulunduğu kapsamlı tablodan yararlanılmıştır. İlgili tablo ekler bölümünde yer almaktadır. Tabloda yer alan değerler karbondioksit, hidrokarbon, azot oksit, karbonmonoksit ve sülfürdioksit için hesaplanmıştır. ICAO tarafından 2004 yılında yayınlanan listeden jet motorlu ticari uçakların emisyon değerleri alınarak Tablo 7 oluşturulmuştur.

Uçak Tipi	LTO emisyon faktörleri / uçak kg / LTO / uçak					Yakıt tüketimi (kg / LTO /Uçak Tipi)
	CO_2	HC	NO_x	CO	SO_2	
A321	3020	1,42	16,72	7,55	0,96	960
737-800 (B738)	2780	0,72	12,30	7,07	0,88	880
A330-300 (A333)	7050	1,28	35,57	16,20	2,23	2230
A320	2440	0,57	9,01	6,19	0,77	770
777-200 (B77W)	8100	0,66	52,81	12,76	2,56	2560
A330-200 (A332)	7050	1,28	35,57	16,20	2,23	2230
737-900 (B739)	2780	0,72	12,30	7,07	0,88	880
A319	2310	0,59	8,73	6,35	0,73	730
A21N	3020	1,42	16,72	7,55	0,96	960
737-700 (B737)	2460	0,86	9,12	8,00	0,78	780
737-300 (B733)	2480	0,84	7,19	13,03	0,78	780
A340-300 (A343)	6380	3,90	34,81	25,23	2,02	2020
A310	4760	6,30	19,46	28,30	1,51	1510
777-300 (B77L)	8100	0,66	52,81	12,76	2,56	2560
A20N	2440	0,57	9,01	6,19	0,77	770
767-300 (B763)	5610	1,19	28,19	14,47	1,77	1780
A340-600 (A346)	10660	0,14	64,45	15,31	3,37	3370
A300	5450	1,25	25,86	14,80	1,72	1720
757-200 (B752)	4320	0,22	23,43	8,08	1,37	1370
737-500 (B735)	2480	0,84	7,19	13,03	0,78	780
737-400 (B734)	2480	0,84	7,19	13,03	0,78	780
747-400 (B744)	10240	2,25	42,88	26,72	3,24	3240
A30B	5450	1,25	25,86	14,80	1,72	1720
A340-500 (A345)	10660	0,14	64,45	15,31	3,37	3370
737-600 (B736)	2280	1,01	7,66	8,65	0,72	720
A330	7050	1,28	35,57	16,20	2,23	2230
767-200 (B762)	4620	3,32	23,76	14,80	1,46	1460

Tablo 8: Uçak Tipine Göre LTO Emisyon Faktörleri (ICAO, 2011: s. 70)

İstanbul Havalimanı'nda 2019 yılı boyunca iniş-kalkış gerçekleştiren her uçak tipi LTO sayıları Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (İstatistik Şube Müdürlüğü) ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen veriler içerisinde jet motorlu Airbus ve Boeing modellerinin LTO sayıları azalan şekilde sıralanmıştır. Bu modeller İstanbul Havalimanı'nda gerçekleşen LTO sayılarının %96,37'sini oluşturmaktadır. Tablo 8'de 14 adet Airbus modeli bulunurken, 13 adet Boeing modeli

bulunmakla beraber toplam 27 uçak tipi yer almaktadır. Uçak tipleri ICAO kodları kullanılarak listelenmiştir.

İstanbul Havalimanı Uçak Trafiğinin Uçak Tiplerine Göre Dağılımı – 2019	
Uçak Tipi (ICAO)	**Uçak Trafiği (LTO Sayısı)**
A321	94.332
B738	75.906
A333	34.078
A320	26.898
B77W	19.881
A332	16.466
B739	13.663
A319	13.468
A21N	9.315
B737	3.843
B733	1.661
A343	1.187
A310	1.111
B77L	974
A20N	939
B763	444
A346	408
A300	382
B752	358
B735	327
B734	316
B744	214
A30B	184
A345	148
B736	118
A330	46
B762	16
Genel Toplam	**316.683**

Tablo 9: İstanbul Havalimanı Uçak Tipine Göre 2019 Yılı LTO Sayıları

Tier 2 metodu kullanılarak İstanbul Havalimanı'nda ticari uçaklardan kaynaklı 2019 yılı sera gazı emisyon ölçümlemesi yapılmak istenmiştir. Bu hesaplama yapılırken aşağıdaki Tier 2 formülü kullanılmıştır.

- Emisyon Miktarı (E) = İniş ve Kalkış Sayısı (LTO) * Emisyon Faktörü(EF)

Emisyon miktarı hesaplaması yapılırken Tablo 7'de verilen emisyon faktörleri ile Tablo 8'de yer LTO sayıları çarpılmıştır. Bu sayede her bir uçak tipi için sera gazı emisyon değerleri yıllık bazda hesaplanırken, havalimanı için toplam emisyon değerleri daha ayrıntılı ve daha sağlıklı hesaplanmıştır. İstanbul Havalimanı için 2019 yılı ticari uçaklardan kaynaklı sera gazı emisyon değerleri Tablo 9'da yer almaktadır.

Uçak Tipi	**LTO Emisyon Faktörleri / Uçak (Kg / LTO / Uçak Tipi)**					**Yakıt tüketimi (Kg / LTO /Uçak Tipi)**
	CO_2	**HC**	**NO_x**	**CO**	**SO_2**	
A321	284882640	133951,44	1577231,04	712206,60	90558,72	90558720
737-800 (B738)	211018680	54652,32	933643,80	536655,42	66797,28	66797280
A330-300 (A333)	240249900	43619,84	1212154,46	552063,60	75993,94	75993940
A320	65631120	15331,86	242350,98	166498,62	20711,46	20711460
777-200 (B77L)	161036100	13121,46	1049915,61	253681,56	50895,36	50895360
A330-200 (A332)	116085300	21076,48	585695,62	266749,20	36719,18	36719180
737-900 (B739)	37983140	9837,36	168054,90	96597,41	12023,44	12023440
A319	31111080	7946,12	117575,64	85521,80	9831,64	9831640
A21N	28131300	13227,30	155746,80	70328,25	8942,40	8942400
737-700 (B737)	9453780	3304,98	35048,16	30744,00	2997,54	2997540

Tablo 10: İstanbul Havalimanı 2019 Yılı Ticari Uçaklardan Kaynaklı Sera Emisyonları

737-300 (B733)	4119280	1395,24	11942,59	21642,83	1295,58	1295580
A340-300 (A343)	7573060	4629,30	41319,47	29948,01	2397,74	2397740
A310	5288360	6999,30	21620,06	31441,30	1677,61	1677610
777-300 (B77W)	7889400	642,84	51436,94	12428,24	2493,44	2493440
A20N	2291160	535,23	8460,39	5812,41	723,03	723030
767-300 (B763)	2490840	528,36	12516,36	6424,68	785,88	790320
A340-600 (A346)	4349280	57,12	26295,60	6246,48	1374,96	1374960
A300	2081900	477,50	9878,52	5653,60	657,04	657040
757-200 (B752)	1546560	78,76	8387,94	2892,64	490,46	490460
737-500 (B735)	810960	274,68	2351,13	4260,81	255,06	255060
737-400 (B734)	783680	265,44	2272,04	4117,48	246,48	246480
747-400 (B744)	2191360	481,50	9176,32	5718,08	693,36	693360
A30B	1002800	230,00	4758,24	2723,20	316,48	316480
A340-500 (A345)	1577680	20,72	9538,60	2265,88	498,76	498760
737-600 (B736)	269040	119,18	903,88	1020,70	84,96	84960
A330	324300	58,88	1636,22	745,20	102,58	102580
767-200 (B762)	73920	53,12	380,16	236,80	23,36	23360
Toplam	**1230246620**	**332916,33**	**6300291,47**	**2914624,80**	**389587,74**	**389592180**

Tablo 9 (Devamı): İstanbul Havalimanı 2019 Yılı Ticari Uçaklardan Kaynaklı Sera Emisyonları

Tablo 9'da 2019 yılı için uçak tiplerine göre CO_2, HC, NO_x, CO ve SO_2 gibi başlıca sera gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. 2019 yılında;

- CO_2 için 1.230.246.620 kg,
- HC için ise 33.916,33 kg,
- NO_x için 6.300.291,47 kg,

- CO için 2.914.624,80 kg,
- SO_2 için 389.587,74 kg emisyon gerçekleşmiştir.

Yapılan ölçümlemeler doğrultusunda yıllık sera gazı emisyon envanterlerinde ilgili yerler veriler kullanılarak doldurulduktan sonra emisyon azaltım işlemlerinin ardından bu değerler azaltma miktarlarının belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Karbon piyasalarında, karbon kredilerinden yararlanabilmek için bu tarz ölçümleme ve azaltma işlemleri kademe kademe kaydedilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde ele alınan küresel iklim değişikliği, çözüm bulunmaya çalışılan bir problem halini almıştır. Ortak geleceğimiz olarak nitelendirilen birçok proje ve çalışma yürütülürken devletler sorumluluklarını yerine getirmeye çalışmaktadırlar. Küresel boyutlara ulaşan iklim değişikliği problemi, insan faaliyetlerinden kaynaklanırken, çözüm yolları küreselden bireysele olacak şekilde planlanmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini azaltma çalışmalarında gerek küresel ölçekte gerekse devlet yönetimlerince proje temelli teşvik çalışmaları hayata geçirilmiştir. Türkiye'de 2009 yılında havacılık sektörü için hayata geçirilen en bilindik proje ise "Yeşil Havalimanı Sertifikası" programıdır. Bu proje kapsamında havalimanı yönetimlerine teşvikler sunulmuştur. Problemin ciddi boyutlara ulaşmış olması bu projeleri teşvik boyutundan çıkartıp zorunluluk hali almasına sebebiyet verebilir. Her havalimanı yönetiminin bu gerçeği göz önünde bulundurarak bina tasarım aşamasından başlayarak üzerine düşen sorumlulukları yerine getirmesi gerekmektedir. Aynı zamanda bu anlayışı, bina tasarımı boyutlarının üzerine çıkartıp, yönetim faaliyetlerinde de devam edecek şekilde kurum kültürü haline getirmek gerekmektedir.

Karbon piyasaları, gelişmekte olan ülkelerde emisyon azaltıcı faaliyetlerin gerçekleşmesi halinde ciddi bir gelir kaynağıdır. Gelişmiş ülkelerin Kyoto Protokolü'yle beraber sera gazı emisyonlarını azaltıcı-önleyici faaliyetlerde bulunmaları gerekmektedir. Bu ülkelerin sorumlulukları dahilindeki emisyon hedeflerini tutturamamaları, gelişmekte olan ülkelerden karbon kredisi satın almalarını gerektirmekte, bu durum da karbon piyasalarında gelişmekte olan ülkelere avantaj sağlamaktadır. İstanbul Havalimanı'nda emisyon azaltıcı faaliyetlerin oluşturulması, bu piyasalardan yararlanabilmesini sağlayacağından, öncelikli olarak sera gazı emisyon envanteri oluşturulması gerekmektedir. Emisyon azaltıcı-önleyici faaliyetler kapsamında İstanbul Havalimanı yönetimi uçak taksi sürelerini azaltma veya pist başına kadar uçağın motor çalışmasına gerek duymadan hareket etmesini sağlayan yeni teknolojik araçların -uçak push-back işlemleri için kullanılan araçlar gibi araçlar

ile- tercih edilebilir. Bu ve bunun gibi projeler karbon piyasalarından havacılık sektörünün ciddi gelir elde etmesini sağlayabilir.

"Yeşil Havalimanı Sertifikası" kapsamında havalimanlarının birden fazla çevresel etkilerini azaltıcı faaliyetleri sürdürmesi gerekmektedir. Havalimanlarının çevreye duyarlı tasarlanması ve yönetilmesi boyutunda yürütülen çalışmalar içerisinde sera gazı emisyonlarının azaltılması çalışmaları yer almaktadır. Havacılık sektörü, küresel iklim değişikliğinin sebebi olan sera gazları içerisindeki CO2 emisyonlarında %2,46'lık bir paya sahiptir. Bu sebeple küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltma çalışmaları içerisinde havacılık sektöründe yapılacak emisyon azaltıcı faaliyetler ciddi önem arz etmektedir. Bu faaliyetler için yönetimlerin kapsamlı ve gerçek ölçümler yaparak azaltma çalışmalarına odaklanmaları gerekmektedir.

Havalimanı binaları tasarlanırken yapılabilecek bazı çalışmalar neticesinde emisyon azaltımları gerçekleşebilir. Emisyon azaltma çalışmalarına örnek olarak yönetimler; havalimanı bina yalıtımını iyileştirmek gibi düşük maliyetli enerji verimliliği önlemleri alabilirler. Bu tür önlemler aynı anda hem sera gazı emisyonlarını ve hem de işletme maliyetlerini azaltacaktır. Ayrıca havalimanları, yenilenebilir enerji satın alabilirler, havalimanlarında yenilenebilir enerji sistemleri kullanabilirler (havalimanı operasyonlarıyla uyumlu olmaları koşuluyla), enerji tüketimlerini azaltabilirler, ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinin verimliliğini ölçümleyerek azaltmak için çözüm yolları üretebilirler. Düşük veya sıfır emisyonlu araçlar ile sera gazı emisyonlarını azaltabilirler. Bunlara ek olarak, iyileştirilmiş operasyonel uygulamalar ile CO2 emisyonlarında daha fazla azalma elde edebilirler. Ayrıca, daha verimli hava trafik yönetiminin ve alternatif yakıtların tam olarak uygulanması da bu hedefler için başvurulabilecek yöntemlerdir.

Geleneksel taksi işlemi sırasında sadece uçağın tek motorunun kullanılması çözümü yakıt tüketimini ve dolayısıyla emisyonlarını %25'e kadar azaltabildiği ölçümlenmiştir (Postorino vd 2019: s. 172). Bu durum yeşil havalimanı sertifikasına

sahip olmak isteyen yönetimlerin operasyon süreçlerine dahil etmeleri gereken bir prosedür halini alabilir. Bunların yanı sıra uçakların hava sahasındaki taksi süresini azaltması ve motorların rölantide dahi çalışmasının engellenmesini sağlayacak operasyon süreçleri ve araçları, emisyon miktarlarının LTO döngüsü içerisinde azalmasına katkı sağlayacaktır. Operasyonel olarak gerçekleşmesi mümkün olan bu iyileştirmeler ile uçak üreticilerinin konuyla ilgili emisyon azaltma faaliyetleri süreci destekleyecektir.

Havacılık sektöründe havalimanlarının yanı sıra uçak üreticilerinin de emisyon azaltma çalışmaları devam etmektedir. Bu konuyla ilgili uçak üreticilerinin geliştirdikleri teknolojik çalışmalar da mevcuttur. Örneğin; Airbus, Rolls-Royce ve Siemens tarafından "E-Fan X" ismiyle geliştirilen hibrit-elektrik teknolojisiyle donatılmış uçak motorları üretilmeye başlanmıştır. 2020 yılından itibaren kullanılması hedeflenen elektrikli bu motorlar fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltacağı gibi hava kalitesinin artırılması hususunda büyük faydalar sağlayacaktır. Safran ve Airbus şirketleri, uçakların ana motorlarını veya havalimanlarındaki push-back araçlarını kullanmak zorunda kalmadan, itme ve taksi yapmalarını sağlayan bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem, ana iniş takımlarındaki tekerleklerin elektrik motoruyla donatılıp yardımcı güç ünitelerinden güç alarak çalışması prensibine dayanmaktadır. Çift motorlu, kısa veya orta menzilde görev yapan uçakların taksi operasyonlarında %4'e varan yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Bu sayede yakıt tasarrufu sağlanırken, emisyon miktarlarında ve gürültü seviyelerinde de azalmalar sağlanacaktır. Bu durum hem operasyonel hem de ekonomik verimliliği beraberinde getirecektir. Uygulanması planlanan bu sistem için hidrojen yakıt pillerinin de geliştirilmesi operasyondan kaynaklı çevresel etkilerin azalmasında büyük rol oynayacaktır (EASA, 2019: s. 39).

Havacılıktan kaynaklı sera gazı emisyon hesaplamaları yapılırken ileri çalışmalarda Tier 3 metodunun ihtiyaç duyduğu bilgilere ulaşılması halinde daha kapsamlı ve ayrıntılı bir ölçümleme yapılabilir. Aynı zamanda havalimanlarındaki diğer kuruluşlar ait ana kirleticilerinin de hesaba katılması, sera gazı envanter raporunun oluşumuna katkı sağlayacaktır. Envanterlerin oluşturulması, problemin

büyüklüğünün algılanması ve emisyon azaltma yüzdelerinin belirlenmesi hususunda önem arz etmektedir.

2020 yılında tüm dünyayı etkilediği gibi havacılığı da etkisi altına alan koronavirüs salgını sebebiyle hava ulaşımı sekteye uğramıştır. Koronavirüs ile beraber uçuşlar uzun bir süre gerçekleşememiş bu sebeple çalışmaya 2020 verileri dahil edilmemiştir. İlerleyen zamanlarda, koronavirüsün hava kalitesine olan etkisini incelemek adına, 2020 verileri ile yapılacak olan ölçümleme 2019 verileriyle kıyaslanarak çalışma devam ettirilebilir.

KAYNAKÇA

1. Kitaplar

Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre. Denizli: Güney Ege Kalkınma Ajansı.

Karakaya, E. (2014). "Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları: Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme". Şu kitapta: Etem Karakaya. Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi. İstanbul: Bağlam Yayıncılık.

Neofytou, Hera, Charikleia Karakosta, Natalia Caldés Gómez (2019). "Impact Assessment of Climate and Energy Policy Scenarios: A Multi-criteria Approach." Şu kitapta: Ed. Doukas, Haris, Alexandros Flamos, Jenny Lieu. Understanding Risks And Uncertainties In Energy And Climate Policy: Multidisciplinary Methods And Tools For A Low Carbon Society. Springer Open, 123-142.

Özgener, Ş. (2016). İş Ahlakının Temelleri: Yönetsel Bir Yaklaşım. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık

Teske, S. (2019). Achieving the Paris Climate Agreement Goals: Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5°C and +2°C. Avustralya: Springer

Windsor, S. (2011). An Introduction to Green Process Management. Amerika: Quality Press

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

Adam Whiteman, David Bannard, Terri Smalinsky vd (2015). Renewable Energy as an Airport Revenue Source. Washington: Airport Cooperative Research Program.

Ayten Akatay, Şebnem Aslan (2008). "Yeşil Yönetim ve İşletmeleri ISO 14001 Sertifikası Almaya Yönelten Faktörler". Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10 (1): 313-319.

Akpunar, İdris (2015). Yeşil Havaalanı Kriterleri Kapsamında Türkiye'deki Karbon Emisyonunun Tahmini. Yüksek lisans tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Atabey, Teknur (2013). Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Azari Habib Y., Seyedghomi Mirrasoul, Azari Jalal Y., Oskooee Mohammad M. Barghi (2015). "CO2 Emissions Trading Market in Turkey: A Financial Market Perspective". 5th International Scientific Conference of Iranian Academicians Abroad in Turkey. İstanbul.

Basiago, A.D., (1998). “Economic, Social, and Environmental Sustainability Indevelopment Theory and Urban Planning Practice”. The Environmentalist, 19: 145-161.

Brandon Graver, Kevin Zhang, Dan Rutherford (2019). “CO2 Emissions From Commercial Aviation, 2018”. The International Council on Clean Transportation, 1-13.

Burak Şenocak, Yeliz Mohan Bursalı (2018). “İşletmelerde Çevresel Sürdürülebilirlik Bilinci ve Yeşil İşletmecilik Uygulamaları ile İşletme Başarısı Arasındaki İlişki”. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23 (1): 161-183.

Cokorilo, Olja, (2016). “Environmental Issues for Aircraft Operations at Airports.” Transportation Research Procedia, 14: 3713:3720.

Committee on Climate Change (2009). Non-CO2 Climate Effects of Aviation. Meeting the UK Aviation Target – Options for Reducing Emissions to 2050. Birleşik Krallık: Seacourt.

Çağatan, K. (2011). İstanbul Atatürk Havalimanı İçin Uçak Emisyonlarının Belirlenmesi ve Çevresel Etkileri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

David Morrow, Dennis Rondinelli (2002). “Adopting Corporate Environmental Management Systems: Motivations and Results of ISO 14001 and EMAS Certification”. European Management Journal, 20 (2): 159-171.

Dagmara Nawrocka, Thomas Parker (2009). “Finding The Connection: Environmental Management Systems and Environmental Performance”. Journal of Cleaner Production, 17 (6): 601-607.

Ercan Eğin, Gül Binboğa, Soner Alaca (2018). “Sürdürülebilir Rekabet Üstünlüğü Sağlamada Yeşil Temel Yeteneğin Rolü”. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 16 (2): 1-20.

European Union Aviation Safety Agency [EASA]. (2019). European Aviation Environmental Report 2019.

Gregor Schürmann, Klaus Schäfer, Carsten Jahn vd (2007). “The Impact of NOx, CO and VOC Emissions on The Air Quality of Zurich Airport”. Atmospheric Environment, 41 (26): 103-118.

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2011). Airport Air Quality Manuel. Montreal, Kanada: International Civil Aviation Organization [ICAO].

İGA. (2020). 2017-2019 Dönemi Sürdürülebilirlik Raporu: Dünya Bizimle Dönüşüyor. İstanbul: İstanbul Havalimanı (İGA).

İstanbul Yeni Havalimanı. (2018). İstanbul: İstanbul Yeni Havalimanı.

Jai Ghorpade, Thomas J. Atchison (1980). “The Concept of Job Analysis: A Review and Some Suggestions”. Public Personnel Management Journal, 9 (3): 134-144.

Jose F Molina-Azorin, Enrique Claver-Cortés, López-Gamero María D. vd (2009). "Green Management and Financial Performance: A Literature Review". Management Decision, 47 (7): 1080-1100.

Karakaya, Etem (2016). "Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme". Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3 (1): 1-12.

Korul, Vildan (2003). "Havaalanı Çevre Yönetim Sistemi". Sosyal Bilimler Dergisi: 99-120.

Lamond, David (2008). "Treading The Lines Between Self-interest, Cultural Relativism and Universal Principles: Ethics in The Global Marketplace". Management Decision, 46 (8): 1122-1131.

Lee, D. S. (2018). The Current State of Scientific Understanding of The Non-CO2 Effects of Aviation on Climate. Manchester: Manchester Metropolitan University.

Maria Nadia Postorino, Luca Mantecchini, Filippo Paganelli (2019). "Improving Taxi-out Operations at City Airports to Reduce CO2 Emissions". Transport Policy, 80: 167-176.

Mrazova, Maria (2014). "Sustainable development – the key for green aviation". Incas Bulletin, 6 (1): 109-122.

Muhammad-Azfar Abdullah, Boon Cheong Chew, Syaiful-Rizal Hamid (2016). "Benchmarking Key Success Factors for the Future Green Airline Industry". Social and Behavioral Sciences, 224: 246-253.

National Academy of Sciences (2008). Appendices to ACRP Report 11: Guidebook on Preparing Airport GHG Emissions Inventories. Washington: The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Övgü Emgin, Zehra Türk (2004). Yeşil Pazarlama (Green Marketing). Mevzuat Dergisi, 6 (78).

Stevenson, A. (2015). İstanbul Yeni Havalimanı: Çevresel Mevcut Durum ve Etki Değerlendirmesi. İstanbul Havalimanı. İstanbul: Environ.

Tasos Nikoleris, Gautam Gupta, Matthew Kistler (2011). "Detailed Estimation of Fuel Consumption and Emissions During Aircraft Taxi Operations at Dallas/Fort Worth International Airport". Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16 (4): 302-308.

Victor Fernando Gomez Comendador, Rosa María Arnaldo Valdés, Bernard Lisker (2019). "A Holistic Approach to the Environmental Certification of Green Airports". Sustainability, 11 (15): 1-38.

3. Elektronik Kaynaklar

Airbus. https://www.airbus.com/company/we-are-airbus.html (Erişim Tarihi: 3 Temmuz 2020)

Airports Council International [ACI]. (2019). Airport Carbon Accreditation Annual Report 2018-2019. Brussels, Belgium: Airports Council International [ACI]. https://www.aci-europe.org/downloads/resources/AIRPORT%20CARBON%20ACCREDITATION%20ANNUAL%20REPORT%202018-2019.pdf (Erişim Tarihi: 2020)

Boeing. https://www.boeing.com/company/general-info/, (Erişim Tarihi: 3 Temmuz 2020)

Bombardier Aviation. https://www.bombardier.com/en/about-us.html, (Erişim Tarihi: 3 Temmuz 2020)

Committee on Climate Change. https://www.theccc.org.uk/archive/aws2/Aviation%20Report%2009/21667B%20CCC%20Chapter%206.pdf (Erişim Tarihi: 5 Haziran 2020).

Correia, P. J. (2009). Gas Turbine Emissions In Airports Vicinity During LTO Cycles. Portekiz: University of Beira Interior. https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2050/1/Thesis-PJLC-M2607.pdf (Erişim Tarihi: 2020)

Embraer. https://embraer.com/global/en/about-us, (Erişim Tarihi: 3 Temmuz 2020)

EUROCONTROL. (2018). European Aviation Fuel Burn and Emissions Inventory System (FEIS). https://www.eurocontrol.int/archive_download/all/node/10454 (Erişim Tarihi: 18 Mayıs 2020)

European Environment Agency. (2009). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2009. European Environment Agency: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation_annex.zip/at_download/file (Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2020)

SHGM. https://www.icao.int/environmental-protection/Lists/States_Action_Plans/Attachments/83/June%202018%20ICAO%20State%20Action%20Plan%20for%20Emissions%20Reduction%20SON_Version1.pdf (Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2020)

FAA. (2005). Aviation & Emissions - A Primer. Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy. United State of America: Federal Aviation Administration [FAA]. https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/aeprimer.pdf (Erişim Tarihi: 29 Mayıs 2020)

Federal Aviation Administration [FAA]. (2020). Airport Carbon Emissions Reduction. Amerika Birleşik Devletri. https://www.faa.gov/airports/environmental/air_quality/carbon_emissions_reduction/ (Erişim Tarihi: 21 Mayıs 2020)

IPCC. (1999). Aviation and The Global Atmosphere. UNEP; WMO. Costa Rica: The Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/av-en-1.pdf (Erişim Tarihi: 20 Aralık 2019).

IPCC. (2020). https://www.ipcc.ch/about/ (Erişim Tarihi: 1 Nisan 2020).

NASA. (2020). Carbon Dioxide. Global Climate Change: Vital Signs to The Planet. https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/ (Erişim Tarihi: 1 Haziran 2020)

NASA. (2020). The Causes of Climate Change. Global Climate Change: Vital Signs of the Planet. https://climate.nasa.gov/causes/ (Erişim Tarihi: 1 Haziran 2020)

Ruble, V. M. (2011). Status Report on Sustainable Airports in the United States: Case Study of Chicago O'Hare International Airports. http://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp/105 (Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2020)

Select Committee on Economic Affairs. (2005). http://ccsl.iccip.net/economics.pdf (Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2020)

SHGM. (2016). Yeşil Havaalanı Projesi. http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-projeler/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi (Erişim Tarihi: 25 Aralık 2019)

SHGM. (2016). Yeşil Havaalanı Projesi Uygulama Esasları. http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/projeler/YESIL_HAVAALANI_PROJESI_UYGULAMA_ESASLARI.pdf (Erişim Tarihi: 24 Aralık 2019)

SHGM. (2019). Yeşil Havaalanı Projesi Sektörel Kriterleri Dökümanı. http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/projeler/Yesil_Havaalani_Projesi_sektorel_kriterler.PDF (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2019)

SHGM. (2020). Havayolu Uçak Filosu İstatistikleri. http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/4547-istatistikler (Erişim Tarihi: 25 Haziran 2020)

SHGM. (2020). Faaliyet Raporu 2019. http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/faaliyet/2019.pdf (Erişim Tarihi: 25 Nisan 2019)

Sustainability. (2010). Sustainability. Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı: https://www.epa.gov/sustainability/learn-about-sustainability#what (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2020)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). İklim Değişikliği Müzakereleri: https://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376 (Erişim Tarihi: 28 Nisan 2020)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). İklim Değişikliği. https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587 (Erişim Tarihi: 28 Nisan 2020)

T.C. Dış İşleri Bakanlığı. (2002). Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi. http://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa (Erişim Tarihi: 28 Nisan 2020)

T.C. Dış İşleri Bakanlığı. (2020). Paris Anlaşması. http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa adresinden alındı (Erişim Tarihi: 29 Nisan 2020)

T.C. Dış İşleri Bakanlığı. (2020). Avrupa Birliği ile Çevre Alanında İlişkiler. http://www.mfa.gov.tr/iv_-avrupa-birligi-ile-cevre-alaninda-iliskiler.tr.mfa (Erişim Tarihi: 30 Nisan 2020)

T.C. Dışişleri Bakanlığı. (2020). Kyoto Protokolü. http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa (Erişim Tarihi: 28 Nisan 2020)

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018). İklim Değişikliği ve Mevcut Durum. https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=degisiklik (Erişim Tarihi: 22 Nisan 2020)

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2018). Havacılık ve Uzay Teknolojileri. https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/havacilik/havacilik.pdf (Erişim Tarihi: 30 Nisan 2020)

The World Commission on Environment and Development [WCED]. Our Common Future. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2019)

UNCED. (2012). The Future We Want. Rio de Janeiro, Brezilya: United Nations. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf (Erişim Tarihi: 17 Aralık 2019)

United Nations Climate Change (1997). Protecting the Atmosphere. Rio de Janeiro: World Resources Institute. http://pdf.wri.org/rio5climate.pdf (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2019). Emissions Trading. United Nations Climate Change: https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2019). Joint Implementation. United Nations Climate Change: https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/joint-implementation (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2019). Nationally Determined Contributions (NDCs). United Nations Climate Change: https://unfccc.int/nationally-determined-contributions-ndcs (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2019). The Clean Development Mechanism. United Nations Climate Change: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2020). Mechanisms under the Kyoto Protocol. 2020 tarihinde United Nations Climate Change: https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Climate Change. (2020). The Paris Agreement. 2020 tarihinde United Nations Climate Change: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement (Erişim Tarihi: 30 Haziran 2020)

United Nations Conference on Environment and Development [UNCED]. (1992). Agenda 21. Rio de Janerio.

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf (Erişim Tarihi: 25 Haziran 2020)

United States Government Accountability Office [GAO]. (2009). Aviation and Climate Change. Washington, Amerika Birleşik Devletleri. https://www.gao.gov/new.items/d09554.pdf (Erişim Tarihi: 18 Haziran 2020)

World Wildlife Fund [WWF]. (2019). WWF- Türkiye 2019. İklim Değişikliği. İstanbul: World Wildlife Fund. https://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/fr_2019_web__07_04_2020_.pdf?9841/faaliyetraporu2019 (Erişim Tarihi: 17 Mayıs 2020)

EKLER

Ek-1

Attachment B to Appendix 1

SIMPLIFIED AIRCRAFT EMISSION INDICES

Table B-1. LTO emission factor by aircraft

Aircraft[1]		LTO emission factors/aeroplane kg/LTO/aircraft)[2]					Fuel consumption (kg/LTO/aircraft)
		CO_2[3]	*HC*	NO_x	*CO*	SO_2[4]	
Large commercial aircraft[5] Source: ICAO (2004)[6]	A300	5 450	1.25	25.86	14.80	1.72	1 720
	A310	4 760	6.30	19.46	28.30	1.51	1 510
	A319	2 310	0.59	8.73	6.35	0.73	730
	A320	2 440	0.57	9.01	6.19	0.77	770
	A321	3 020	1.42	16.72	7.55	0.96	960
	A330-200/300	7 050	1.28	35.57	16.20	2.23	2 230
	A340-200	5 890	4.20	28.31	26.19	1.86	1 860
	A340-300	6 380	3.90	34.81	25.23	2.02	2 020
	A340-500/600	10 660	0.14	64.45	15.31	3.37	3 370
	707	5 890	97.45	10.96	92.37	1.86	1 860
	717	2 140	0.05	6.68	6.78	0.68	680
	727-100	3 970	6.94	9.23	24.44	1.26	1 260
	727-200	4 610	8.14	11.97	27.16	1.46	1460
	737-100/200	2 740	4.51	6.74	16.04	0.87	870
	737-300/400/500	2 480	0.84	7.19	13.03	0.78	780
	737-600	2 280	1.01	7.66	8.65	0.72	720
	737-700	2 460	0.86	9.12	8.00	0.78	780
	737-800/900	2 780	0.72	12.30	7.07	0.88	880
	747-100	10 140	48.43	49.17	114.59	3.21	3 210
	747-200	11 370	18.24	49.52	79.78	3.60	3 600
	747-300	11 080	2.73	65.00	17.84	3.51	3 510
	747-400	10 240	2.25	42.88	26.72	3.24	3 240
	757-200	4 320	0.22	23.43	8.08	1.37	1 370
	757-300	4630	0.11	17.85	11.62	1.46	1 460
	767-200	4 620	3.32	23.76	14.80	1.46	1 460
	767-300	5 610	1.19	28.19	14.47	1.77	1 780
	767-400	5 520	0.98	24.80	12.37	1.75	1 750
	777-200/300	8 100	0.66	52.81	12.76	2.56	2 560
	DC-10	7 290	2.37	35.65	20.59	2.31	2 310
	DC-8-50/60/70	5 360	1.51	15.62	26.31	1.70	1 700
	DC-9	2 650	4.63	6.16	16.29	0.84	840
	L-1011	7 300	73.96	31.64	103.33	2.31	2 310

Aircraft[1]		LTO emission factors/aeroplane kg/LTO/aircraft)[2]					Fuel consumption (kg/LTO/aircraft)
		CO_2[3]	*HC*	NO_x	*CO*	SO_2[4]	
Large commercial aircraft[5] Source: ICAO (2004)[6]	MD-11	7 290	2.37	35.65	20.59	2.31	2 310
	MD-80	3 180	1.87	11.97	6.46	1.01	1 010
	MD-90	2 760	0.06	10.76	5.53	0.87	870
	TU-134	5 860	35.97	17.35	55.96	1.86	1 860
	TU-154-M	7 040	17.56	16.00	110.51	2.51	2 510
	TU-154-B	9 370	158.71	19.11	190.74	2.97	2 970
Regional jets/business jets > 26.7 kN thrust	RJ-RJ85	950	0.67	2.17	5.61	0.30	300
	BAE 146	900	0.70	2.03	5.59	0.29	290
	CRJ-100ER	1 060	0.63	2.27	6.70	0.33	330
	ERJ-145	990	0.56	2.69	6.18	0.31	310
	Fokker 100/70/28	2 390	1.43	5.75	13.84	0.76	760
	BAC111	2 520	1.52	7.40	13.07	0.80	800
	Dornier 328 Jet	870	0.57	2.99	5.35	0.27	280
	Gulfstream IV	2 160	1.37	5.63	8.88	0.68	680
	Gulfstream V	1 890	0.31	5.58	8.42	0.60	600
	Yak-42M	1 920	1.68	7.11	6.81	0.61	610
Low thrust jets (Fn < 26.7 kN) Source: FAEED222[7]	Cessna 525/560	1 060	3.35	0.74	34.07	0.34	340
Turboprops Source: FOI[8]	Beech King Air[9]	230	0.64	0.30	2.97	0.07	70
	DHC8-100[10]	640	0.00	1.51	2.24	0.20	200
	ATR72-500[11]	620	0.29	1.82	2.33	0.20	200

Ek-2

TİCARİ UÇAK TRAFİĞİ									
Havalimanları	2018 YIL SONU			2019 YIL SONU			2019/2018 (%)		
	İç Hat	Dış Hat	Toplam	İç Hat	Dış Hat	Toplam	İç Hat	Dış Hat	Toplam
İstanbul Atatürk	126.189	321.230	447.419	27.773	92.270	120.043			
İstanbul(*)	475	230	705	80.644	245.763	326.407			
İstanbul Sabiha Gökçen(*)	141.157	83.056	224.213	132.098	97.820	229.918	-6	18	3
Ankara Esenboğa	92.841	16.938	109.779	71.992	18.109	90.101	-22	7	-18
İzmir Adnan Menderes	64.826	18.255	83.081	54.056	22.521	76.577	-17	23	-8
Antalya	48.377	132.734	181.111	42.753	154.626	197.379	-12	16	9
Gazipaşa Alanya(*)	4.063	3.791	7.854	3.460	3.667	7.127	-15	-3	-9
Muğla Dalaman	10.669	16.469	27.138	10.359	18.071	28.430	-3	10	5
Muğla Milas-Bodrum	17.548	9.384	26.932	16.478	11.008	27.486	-6	17	2
Adana	30.512	4.960	35.472	25.724	6.183	31.907	-16	25	-10
Trabzon	23.088	2.096	25.184	20.032	3.033	23.065	-13	45	-8
Erzurum	8.065	77	8.142	5.930	75	6.005	-26	-3	-26
Gaziantep	14.922	1.884	16.806	13.418	2.537	15.955	-10	35	-5
Adıyaman	1.825	28	1.853	1.584	13	1.597	-13	-54	-14
Ağrı Ahmed-i Hani	2.145	4	2.149	2.045		2.045	-5	-100	-5
Amasya Merzifon	1.188	65	1.253	1.097	43	1.140	-8	-34	-9
Aydın Çıldır(*)									
Balıkesir Koca Seyit	3.369	79	3.448	2.318	34	2.352	-31	-57	-32
Balıkesir Merkez									
Batman	4.130	27	4.157	3.113	7	3.120	-25	-74	-25
Bingöl	1.498	9	1.507	1.389	4	1.393	-7	-56	-8
Bursa Yenişehir	1.582	121	1.703	1.791	106	1.897	13	-12	11
Çanakkale	1.434	64	1.498	935	27	962	-35	-58	-36
Çanakkale Gökçeada									
Denizli Çardak	3.971	514	4.485	3.730	642	4.372	-6	25	-3
Diyarbakır	12.471	386	12.857	10.264	592	10.856	-18	53	-16
Elazığ	6.229	258	6.487	5.259	276	5.535	-16	7	-15
Erzincan	3.213	4	3.217	2.666	8	2.674	-17	100	-17
Eskişehir Hasan Polatkan(*)	7	668	675	6	603	609	-14	-10	-10
Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi	1.241		1.241	1.195		1.195	-4		-4
Hatay	6.703	2.086	8.789	6.103	2.035	8.138	-9	-2,4	-7
Iğdır Şehit Bülent Aydın	1.820		1.820	1.620	10	1.630	-11		-10
Isparta Süleyman Demirel	677	417	1.094	624	317	941	-8	-24	-14
Kahramanmaraş	2.346	12	2.358	1.912	5	1.917	-18	-58	-19
Kars Harakani	3.618		3.618	3.192	1	3.193	-12		-12
Kastamonu	759	18	777	505	20	525	-33	11	-32
Kayseri	11.677	2.281	13.958	12.243	2.308	14.551	5	1	4
Kocaeli Cengiz Topel	311	28	339	316	34	350	2	21	3
Konya	6.967	820	7.787	5.842	874	6.716	-16	7	-14
Malatya	5.521	106	5.627	4.581	73	4.654	-17	-31	-17
Mardin	4.410	29	4.439	3.426	17	3.443	-22	-41	-22
Muş Sultan Alparslan	2.808	17	2.825	2.336	12	2.348	-17	-29	-17
Kapadokya	2.498	20	2.518	3.091	30	3.121	24	50	24
Ordu-Giresun	6.956	128	7.084	6.359	179	6.538	-9	40	-8
Samsun Çarşamba	10.624	816	11.440	8.389	961	9.350	-21	18	-18
Siirt				279		279			
Sinop	1.338	5	1.343	1.036	2	1.038	-23	-60	-23
Sivas Nuri Demirağ	3.650	58	3.708	3.062	31	3.093	-16	-47	-17
Şanlıurfa Gap	5.246	124	5.370	4.564	78	4.642	-13	-37	-14
Şırnak Şerafettin Elçi	2.659		2.659	2.281		2.281	-14		-14
Tekirdağ Çorlu Atatürk	682	87	769	448	57	505	-34	-34	-34
Tokat									
Uşak	197	1	198	271	8	279	38	700	41
Van Ferit Melen	9.372	28	9.400	8.197	53	8.250	-13	89	-12
Zafer(*)	608	189	797	556	171	727	-9	-10	-9
Zonguldak Çaycuma(*)		218	218	238	76	314		-65	44
DHMİ TOPLAMI	572.172	532.667	1.104.839	406.578	337.290	743.868	-28,9	-36,7	-32,7
TÜRKİYE GENELİ	718.482	620.819	1.339.301	623.580	685.390	1.308.970	-13,2	10,4	-2,3

(*)İşaretli havalimanlarından Zonguldak Çaycuma,Gazipaşa Alanya,Zafer ve Aydın Çıldır Havalimanları DHMİ denetimli özel şirket tarafından işletilmektedir. İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı Savunma Sanayii Başkanlığı denetiminde özel şirket tarafından,Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı, Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından, İstanbul Havalimanı DHMİ denetimi ve gözetimi altında özel şirket tarafından işletilmekte olduğundan DHMİ toplamında hariç tutulmuştur.

Ek-3

İstanbul Havalimanı Uçak Trafiğinin Uçak Tiplerine Göre Dağılımı - 2019					
Uçak Tipi (ICAO)	**Uçak Trafiği**	**Uçak Tipi (ICAO)**	**Uçak Trafiği**	**Uçak Tipi (ICAO)**	**Uçak Trafiği**
A321	94.332	CRJ9	169	ASTR	6
B738	75.906	MD11	154	C750	6
A333	34.078	A345	148	DH8D	6
A320	26.898	B736	118	E550	6
B77W	19.881	BCS3	104	F900	6
A332	16.466	CL60	71	P180	6
B739	13.663	MD83	68	A139	4
A319	13.468	B748	58	BD70	4
A21N	9.315	C56X	48	C130	4
B737	3.843	A330	46	FA50	4
B789	2.250	B773	46	G150	4
A306	2.049	H25B	46	G450	4
B788	1.850	GLF4	35	J328	4
B733	1.661	FA7X	34	LJ45	4
E195	1.406	CRJ2	33	B742	3
A343	1.187	C550	25	C17	3
A310	1.111	GLEX	21	C525	3
B77L	974	F2TH	20	A119	2
A20N	939	B38M	18	B39M	2
B772	912	CL35	18	B407	2
A318	826	B762	16	C30J	2
E170	510	C650	15	C68A	2
B763	444	GLF5	15	FA8X	2
A346	408	S76	11	GFL5	2
A300	382	B747	10	H60	2
B752	358	CN35	10	IL76	2
E190	353	E145	10	LJ35	2
B735	327	GALX	10	B771	1
B734	316	G280	9	C25B	1
A359	275	C25A	8	Diğer	1.274
A322	239	GL5T	8	**Genel Toplam**	**328.626**
B744	214	GLF6	8		
A30B	184	CL30	7		