




## Muğla Dalaman Havalimanı Uçaklardan Kaynaklanan Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi


<sup>1</sup>Kazım Kumaş, <sup>2</sup>Onur İnan, <sup>3</sup>Ali Akyüz, \*<sup>4,5</sup>Afşin Güngör

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektrik ve Enerji Bölümü,  
kkumas@mehmetakif.edu.tr 

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektronik Otomasyon Bölümü,  
oinan@mehmetakif.edu.tr, 

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektronik Otomasyon Bölümü,  
aakyuz@mehmetakif.edu.tr, 

\*<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi,

<sup>5</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü  
afsingunor@mehmetakif.edu.tr, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 01.10.2018

Kabul Tarihi: 30.01.2019

### Öz

İnsan aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan ve atmosfere salınan sera gazları, sanayi devriminden bu yana büyük ölçüde artmıştır. Sera gazlarının ısı tutma kapasitesi küresel ısınmaya neden olmaktadır. Sera gazının oluşumunda en önemli etkenlerden birisi de ulaşım sektörüdür. Son yıllarda havacılıktaki gelişmelere paralel olarak havalimanları buldukları bölgelerin ekonomik gelişimini olumlu yönde etkilemiş, ancak çevreyi olumsuz olarak etkilemiştir. Uçakların iniş/kalkış sayıları ve seyir aşamalarında harcadıkları yakıt sonucu oluşan sera gazları ile hava kirleticileri, iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu unsurların gelecekteki olumsuz etkilerini azaltmak, ancak uygun emisyon envanterleri ve ilgili teknoloji stratejileri sağlayarak mümkün olacaktır.

Bu çalışmada, karbon ayak izi, 2017 yılındaki Muğla havalimanlarından yapılan uçuş sayısı ve uçak tipine bağlı verilerden hesaplanmıştır. Emisyon hesaplamalarında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli tarafından önerilmiş olan Tier yaklaşım metodolojisi kullanılmıştır. Ulaştırma kaynaklı oluşan sera gazları içerisinde önemli derecede CO<sub>2</sub> gazı bulunması sebebiyle CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 93410,750 tCO<sub>2</sub> / yıl olarak tespit edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketiminin artmasının CO<sub>2</sub> emisyonunu arttırdığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** LTO, Sera Gazı, IPCC, Karbon ayak izi

## Determination of Carbon Footprint from Airplanes: Muğla Province Airports

<sup>1</sup>Kazım Kumaş, <sup>2</sup>Onur İnan, <sup>3</sup>Ali Akyüz, \*<sup>4,5</sup>Afşin Güngör

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektrik ve Enerji Bölümü,  
kkumas@mehmetakif.edu.tr

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektronik Otomasyon Bölümü,  
oinan@mehmetakif.edu.tr,

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez TBMYO, Elektronik Otomasyon Bölümü,  
aakyuz@mehmetakif.edu.tr,

\*<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi,

<sup>5</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü  
afsingunor@mehmetakif.edu.tr

### Abstract

As a result of human activities occurred and released into the atmosphere, greenhouse gases have increased greatly since the industrial revolution. The heat holding capacity of greenhouse gases causes global warming. Transportation sector is one of the

\*Sorumlu Yazar: Bucak Teknoloji Fakültesi, Bucak/Burdur, afsingunor@mehmetakif.edu.tr

Doi: 10.21541/apjes.466338

most important factors in the formation of greenhouse gas. In parallel with the developments in aviation in recent years, the airports have positively affected the economic development of the regions in which they are located however adversely affected the environment. Greenhouse gases and air pollutants generated as a result of the fuel used by landing/take off numbers of aircraft together with the fuel consumption stage, negatively affect climate change. Reducing the future negative effects of these elements will only be possible by providing appropriate emission inventories and relevant technology strategies.

In this study, the carbon footprint was calculated from the data dependent onto the number of flights and types of aircraft from Muğla airports in the 2017 year. Tier approach methodology proposed by Intergovernmental Panel on Climate Change was used in emission calculations. Due to the fact that there is a significant amount of CO<sub>2</sub> gas in the greenhouse gases arising from transportation, the amount of CO<sub>2</sub> emissions has been determined as 93410,750 tCO<sub>2</sub> / year. As a result of the calculations, it was observed that the increase in fuel consumption increased CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords:** LTO, Greenhouse Gas, IPCC, Carbon footprint

## 1. GİRİŞ

İnsanların hayatında zaruri ihtiyaçlarından biride ulaşım dır. Modern ulaşım yöntemleri olmadan hayatın sürdürülebilir olması düşünülemez. Ticaret, eğitim, sağlık, seyahat gibi ihtiyaçların karşılanması, insanların bir noktadan başka bir noktaya ulaşma zorunlulukları ulaşım hizmetinden mahrum bir millet için düşünülemez. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de ulaşım sektörlerinden havayolu taşımacılığı son zamanlarda artış göstermektedir[1]. Bunun yanı sıra bu alanındaki teknolojik gelişmeler ile pazar talepleri doğrultusunda ulaşımın kamuda uygun seviyelere gelmesi havacılık hizmetini hem yurt içinde hem de yurt dışında kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Küresel ölçekli karbon salınımı kaçınılmaz bir alan olan, havacılık alanında da geliştirilen yöntemlerle ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen standartlar doğrultusunda çalışılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde en önemlilerinden biri de yeşil havaalanları projesidir. Sürdürülebilir bir çevreyle birlikte hava kalitesinin oluşturulmasına yönelik dünya genelinde birden fazla ülkede havaalanı işletmeleri bu projede yer almaktadır. Bunun yanı sıra Yeşil Kuruluş unvanına sahip firmalar farklı konularda kamunun yönetmeliklerle sağladığı imkânlar doğrultusunda teşvik ve indirimlerden yararlanmaktadır[2].

Son zamanlarda gelişim gösteren havacılık sektörü ile beraber artmakta olan uçak sayısı ve sefer sayıları da hava kirliliğinin en önemli etkenlerinden biridir. Uçakların uçuşları sırasında atmosfere saldıkları kirleticilerle, kalkma, inme esnasında tükettikleri yakıtlar nedeniyle önemli miktarda emisyon salmaktadırlar. Uçakların atmosfere saldırdığı en bilinen emisyon karbondioksittir. Bunun dışındaki emisyonlar ise azot oksit, karbon monoksit, kükürt oksit ile diğer gazlar ve partiküllerdir. Bu zararlı emisyonlar atmosfer ve yukarı trofere etki etmektedir. Emisyonların çevreye etkisinin yanı sıra sağlık üzerinde de olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenlerle son yıllarda emisyon miktarlarının öğrenilmesi de önemli hale gelmiştir[1].

Uçak motorları sebebiyle oluşan iki önemli emisyon sorunu bulunmaktadır. Birincisi yerde manevra sırasında düşük güçle yüksek yanma verimi sağlamak için yüksek miktarda yakıtın yakılmasıyla oluşan fazla miktarda yanmamış

hidrokarbonun ortaya çıkması ve bu hidrokarbon miktarının azaltılmasının zorunluluğudur. İkincisi ise kalkma, tırmanma ve seyir esnasında uçaklardan oluşan nitrojen oksitlerdir. Bu sorunları gidermek için Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından iniş/kalkış (LTO) çevrimi ile yüksek seviyelerdeki seyir için standartlar belirlendi. Böylece belirlenen standartlar ile havalimanlarında hava kirliliği ile atmosferde ozonun deformasyonunu kontrol edilmesi hedeflenmektedir[3]. Havalimanlarında uçağın hareketi dışında, uçuştan önce araçlar, yer destek ekipmanı ile karaya ait bulunan taşıtlar, güç ve ısı üretim birimleri çevreye zarar veren gaz emisyonu kaynakları arasındadır. Dünyada tüketilen yakıtın %5-6’sı yolcuları taşıyan uçaklar tarafından gerçekleştirilmektedir. Yeni uçaklarda 100 km’de kişi başına tüketilen yakıt 3.5 lt civarında iken eski uçaklarda bu miktar 12 lt civarındadır. Uçağın motorundan kaynaklı emisyonlar genelde %70CO<sub>2</sub>, % 29H<sub>2</sub>O ve %1 oranında diğer zararlı emisyonlardan kaynaklanır. Bu zararlı gazlar uçağın motor tipi, kullandığı yakıt, uçuş mesafeleri ve yüksekliğine göre değişim göstermektedir [3]. Tınmaz vd. (2002), çoğunluğu Eski Sovyet ülkelerinden olmak üzere Çorlu havaalanına inen uçaklara ait LTO aşamasında çevreye saldıkları egzoz emisyonlarını değerlendirmişlerdir.[4] Kaygusuz (2003) yaptığı çalışmada 2001 yılına ait LTO aşamasında elde edilen NO<sub>x</sub> ve CO egzoz emisyon miktarlarının Türkiye geneline göre toplam elde edilen emisyon miktarının % 0,25 ile % 0,3’lük kısmını oluşturduğunu ifade etmiştir.[5] Kesgin (2006) yaptığı çalışmada ICAO emisyon verileri, LTO emisyon parametreleri ve yakıt akışkanlarını kullanarak aralarında Atatürk havaalanında olduğu minimum ve maksimum yakıt tüketimine bağlı olarak Türkiye’de bulunan büyük havalimanlarının LTO emisyonlarını hesaplamıştır. LTO emisyonları 7614,34 ile 8338,79 ton /yıl arasında bulunmuştur[6]. Schürmann vd. (2007) yaptıkları çalışmada, Zurich Havalimanında (NO, NO<sub>2</sub>, CO ve CO<sub>2</sub>) emisyonlarını belirlemede uçağın rölanti sırasındaki emisyon indislerini açık yol aygıtıyla ölçmüşler ve ICAO tarafından belirlenen emisyon değerlerindeki emisyon indisleriyle karşılaştırmışlardır[7] Elbir (2008) yaptığı çalışmada, 2004 yılı havaalanı uçuş verileri ve ICAO emisyon değerlerini kullanarak Adnan Menderes Havalimanının 2004 yılına ait uçuşlarından oluşan NO<sub>x</sub>, CO ve HC emisyonlarını 197, 138 ve 21 t/yıl olarak tespit etmiştir[8]. Song ve Shon (2012) yaptıkları çalışmada Kore bulunan dört farklı havaalanı için

2009-2010 yıllarını içerisine alan çalışmada uçaklardan kaynaklı oluşan emisyonların tahmininde Emission and Dispersion Modeling System (EDMS) metodunu kullanmışlardır[9]. Ekici vd. (2013) yaptıkları çalışmada, Ankara, İstanbul ve Antalya'nın da yer aldığı Türkiye'nin yoğun olduğu beş havaalanına ait uçuş bilgileri ile ICAO emisyon parametrelerini kullanarak HC, CO ve NOx emisyonlarını incelemiştir. Emisyon değerlerini sırasıyla 215, 1483 ve 1417 ton/yıl olarak tespit etmişlerdir[10]. Rismann vd. (2013) yaptıkları çalışmada, uçak emisyonlarının etkisini incelemek için dünyanın en yoğun havaalanı olan Atlanta Havaalanı'nda LTO emisyonlarını Advanced Modelling System for Transport, Emissions, Reactions and Deposition of Atmospheric Matter (AMSTERDAM) modelini kullanarak değerlendirmişlerdir [11]. Pecorari vd. (2016) yaptıkları çalışmada, uçak egzoz emisyonları (NOx, HC ve CO) dağılımında Lagrangian partikül yöntemini kullanmışlardır. Mekansal ve geçici uçak egzoz dağılımını LTO döngüleri için analiz etmişlerdir[12]. Yılmaz (2017) yaptığı çalışmada, Kayseri havaalanında pistte ilerleme aşamasında 2 dakikalık azalmayla LTO toplam emisyonlarda %4 civarında azalma olabileceğini belirtmiştir[13].

Türkiye'de gelir kaynakları bakımından turizm önemli bir yer tutmaktadır. Muğla ili de Türkiye'nin önemli turizm kaynakları arasındadır. Bu nedenle gerek yurt içi gerek yurt dışı olmak üzere havaalanlarında turist yoğunluğu yaşanmaktadır. Küresel açıdan çevresel sorunlar havacılıktan kaynaklı yakıt tüketimi ile emisyonlar iklim değişikliğine neden olmaktadır. IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli)'ye göre insan faaliyetleri sonucu oluşan emisyonun küresel ısınmaya etkisinin %3.5 ini hava taşımacılığı oluşturmaktadır. Havaalanlarının karbon ayak izi, küresel ısınma bakımından oldukça önemli bir hale gelmiştir ve karbon ayak izi havaalanı faaliyetleri sırasında salınan CO<sub>2</sub> emisyonu miktarının hesabı ile belirlenir.[14]

Bu çalışmada, karbon ayak izi, 2017 yılındaki Muğla havalimanlarından yapılan uçuş sayısı ve uçak tipine bağlı verilerden hesaplanmıştır. Emisyon hesaplamalarında IPCC tarafından önerilmiş olan Tier yaklaşım metodolojisi kullanılmıştır. Ulaştırma kaynaklı oluşan sera gazları içerisinde önemli derecede CO<sub>2</sub> gazı bulunması sebebiyle CO<sub>2</sub> emisyon miktarı tespit edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketiminin artmasının CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırdığı gözlenmiştir

## 2. MATERYAL VE METOT

Muğla hem Türkiye'nin hem de Dünya'nın önde gelen turizm merkezleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle yılın her ayı gerek yerli gerekse yabancı turistler tarafından ilgi gören iller arasındadır. Bu yüzden Muğla havalimanı yoğun bir uçuş trafiğine sahiptir. 2017 yılına ait Muğla havalimanına inen ve kalkan uçak sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Muğla Havalimanı Uçuş Bilgileri

AYLAR	İnen Uçak Sayısı	Kalkan Uçak Sayısı
OCAK	502	1.016
ŞUBAT	531	642
MART	637	800
NİSAN	1.302	1.458
MAYIS	3.140	2.415
HAZİRAN	3.967	3.788
TEMMUZ	4.693	5.312
AĞUSTOS	4.748	5.357
EYLÜL	4.305	4.015
EKİM	2.987	2.124
KASIM	734	811
ARALIK	711	782
<b>TOPLAM</b>	<b>28.257</b>	<b>28.520</b>

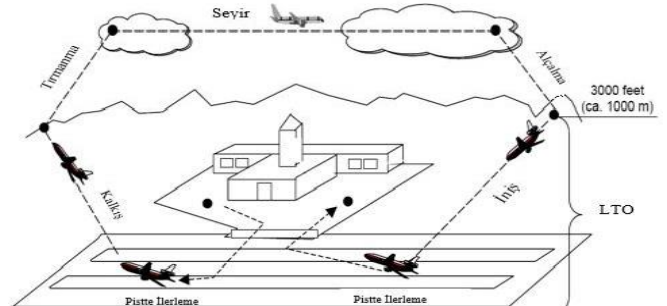
Tablo 1'de verilen uçuş bilgilerine göre Muğla havaalanına 28.257 uçak inmekte, 28.520 uçak ise kalkmaktadır. Yıllık ortalama olarak ise 2.335 uçak inmekte, 2.377 uçak ise kalkmaktadır. Bu veriler oldukça yüksektir. Uçaklar kalkış sırasında önemli bir miktarda yakıt harcamaktadır. Bu nedenle emisyon miktarının yoğunluğu da uçağın kalkış sırasında olmaktadır.

Bu çalışmada Muğla havalimanında gelen ve giden uçuş verileri göz önünde bulundurularak uçakların LTO sayılarına göre havaalanının karbon ayak izi tespiti yapılmıştır. Türkiye'de en çok tercih edilen uçak markaları, modelleri, miktarları, LTO sayıları ve CO<sub>2</sub> değerleri Tablo 2'de belirtilmiştir

**Tablo 2.** Uçak marka ve model tipine göre emisyon değerleri(IPCC/UNEP/OECD/IEA,1997)

Uçak Marka ve Modeli	Miktarı	LTO Sayısı	CO <sub>2</sub> emisyon (kg)
AIRBUS-A330	61	2230	7050
AIRBUS-A320	67	770	2440
AIRBUS-A321	91	960	3020
BOEING-737	303	880	2780

Literatürde iniş/kalkış (LTO), 1000 m (3000 feet) altında hava meydanı civarlarında gerçekleşen bütün motor çalışır konumdaki, bekleme, yolcu indirme ve bindirme, tırmanma ve iniş faaliyetlerini kapsamaktadır.[14]



**Şekil 1.** LTO Döngüsü

Uçak aktiviteleri LTO ile seyir olarak iki kısımdan meydana gelir. 1000 metrenin altındaki aktiviteler LTO aşamasında gerçekleşir. Bu aktiviteler, kalkış, tırmanış, yaklaşma ve pistte ilerleme aşamalarından oluşur. Seyir olarak adlandırılan ikinci kısım ise 1000 metrenin üzerindeki tüm aktiviteler ile tırmanış sırasının sonundan iniş aşamasına kadar ki aktiviteleri içermektedir. LTO döngüsü Şekil 1’de verilmiştir[16].

Türkiye’de en çok tercih edilen uçak modellerinin toplam miktarının yüzdesel oranı Tablo 3’de verilmiştir. Giden her bir uçak modeli ile ilgili net bilgi edinilemediği için hesaplamada Tablo 4’deki yüzdelik oranlar kullanılmıştır. Her aya göre uçak modellerine ait uçak sayısı yüzdesel oran çarpılarak tahmini bir değer hesaplanmıştır [17]. Her bir

uçak modeli için elde edilen uçak sayıları Tablo 4’de verilmiştir

**Tablo 3.** Türkiye’deki uçak marka ve modellerinin miktarının dağılımı

Uçak Marka ve Modeli	Miktarı	% Oranı
AIRBUS-A330	61	11,65
AIRBUS-A320	67	12,78
AIRBUS-A321	91	17,33
BOEING-737	303	58,24

**Tablo 4.** Muğla havalimanı gelen/giden uçak sayıları ve modelleri

AYLAR	Gelen/Giden Uçak Sayısı	BOEING-737 tipi Uçak Sayısı	AIRBUS-A321 tipi Uçak Sayısı	AIRBUS-A320 tipi Uçak Sayısı	AIRBUS-A330 tipi Uçak Sayısı
OCAK	1.016	592	176	130	118
ŞUBAT	642	374	111	82	75
MART	800	466	139	102	93
NİSAN	1.458	849	253	186	170
MAYIS	2.415	1.406	419	309	281
HAZİRAN	3.788	2.206	656	484	441
TEMMUZ	5.312	3.094	921	679	619
AĞUSTOS	5.357	3.120	928	685	624
EYLÜL	4.015	2.338	696	513	468
EKİM	2.124	1.237	368	271	247
KASIM	811	472	141	104	94
ARALIK	782	455	136	100	91

Emisyon hesabında IPCC tarafından belirlenen Tier 1 ve Tier 2 yöntemleri kullanılmıştır. Tier 1 yöntemi LTO ve seyir aktivitelerinde harcanan yakıtın emisyon faktörü ile çarpımıyla bulunur. Tier 1 yönteminde yakıt tüketimi temel almır ve emisyon miktarı tüketilen yakıt miktarı ve tipine bağlı emisyon faktörü kullanılarak tespit edilir. Tier 2 yönteminde araçların yapmış olduğu faaliyetler hesaba dahil edilir.

Tier 2 metodolojisi daha fazla veri gereksinimine karşın daha hassas sonuçlar vermektedir. Havacılık alanında jet yakıtların kullanımı yaygındır ve hesaplamalar jet yakıtlı uçaklara göre yapılmıştır. Tier 2 yöntemi ise jet yakıt kullanan uçaklar emisyonunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. Tier 2 yönteminin gerçekleştirilebilmesi için LTO sayısı ile uçak çeşitlerinin bilgisi gerekir. Bu yöntemde LTO emisyonu; LTO sayısı ile LTO Emisyon faktörünün çarpımı ile elde edilir [16]. Muğla havalimanında uçaklardan kaynaklanan emisyonun belirlenmesinde 2017 yılı uçak çeşitleri ve uçak bazında LTO sayıları için Devlet

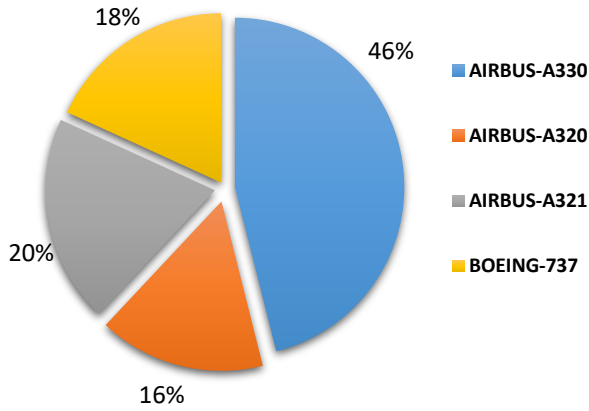
Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü’nün verilerinden faydalanılmıştır. IPCC tarafından belirlenen emisyon faktörleri ve yakıt tüketimleri Tier 2 yöntemi kullanılarak emisyon değerleri her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Aylık olarak kalkan uçak sayıları modellerine göre sınıflandırılmıştır. Her bir uçağın CO<sub>2</sub> emisyon miktarı farklı olması sebebiyle her uçak modele ait emisyon değeri ayrı hesaplanmıştır. Aylık her bir uçağa ait emisyon miktarları Tablo 4’de belirtilmiştir

### 3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

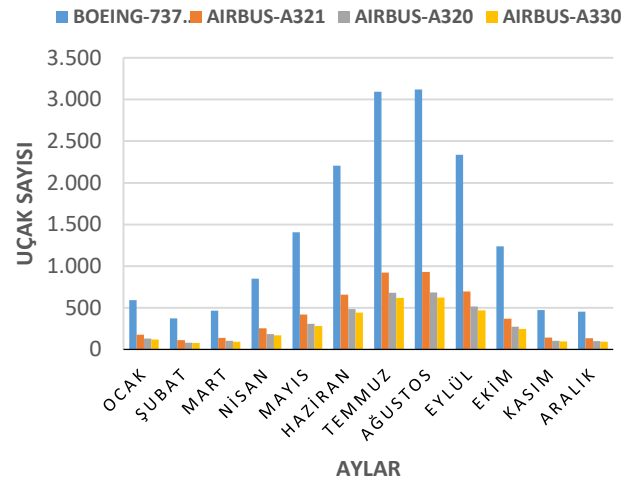
Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMI) verilerine göre Muğla Havalimanının 2017 yılında LTO yapan uçak sayısı değerlerinin yüzdesel dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Bu verilere göre 2017 yılı için LTO sayısı uçak modelleri bakımından değerlendirildiğinde Airbus-A330 tipi uçak 2230 LTO sayısı ile Muğla Havalimanına en

çok iniş kalkış yapan uçaktır. Bunu sırasıyla Airbus-A321, Boeing-737 ve Airbus-A320 takip etmektedir.



Şekil 2. Muğla Havalimanının LTO sayılarına göre uçak modellerinin dağılımı

Muğla'nın önemli turizm merkezlerinden birisi olması sebebiyle en fazla seferin temmuz ve ağustos ayları içerisinde olduğu Şekil 3'te görülmektedir. Tüm aylara göre bakıldığında en çok tercih edilen uçak modeli ise Boeing-737'dir.



Şekil 3. Muğla havalimanının uçak modelli sefer sayısının aylara göre dağılımı

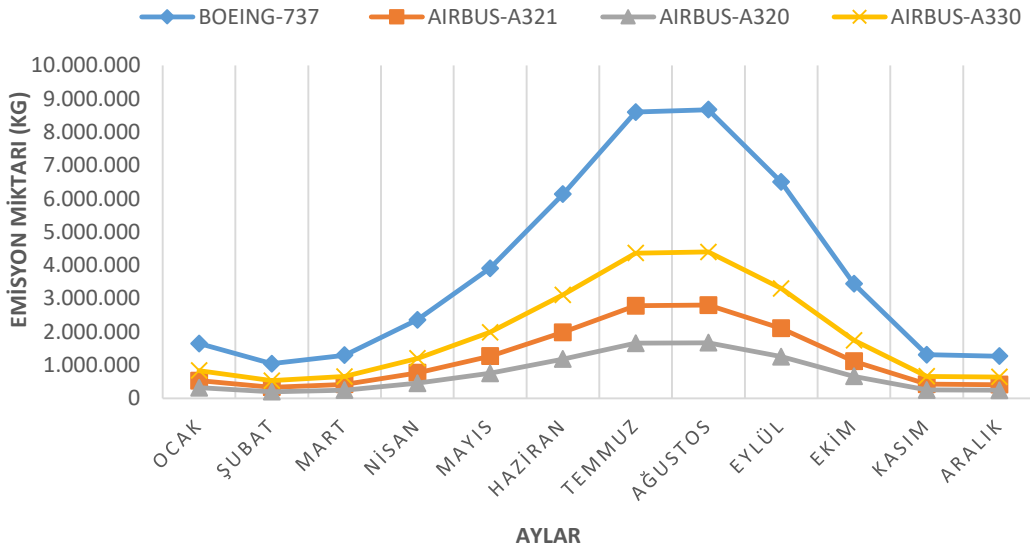
Bu çalışmada 2017 yılı Muğla havalimanında uçak modellerinden LTO ve seyir sırasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu, IPCC tarafından belirlenen Tier 2 yöntemine göre tespit edilmiş ve her bir uçağın aylık emisyon değeri bulunmuştur. Hesaplamalarda emisyon faktörleri ile yakıt tüketimi değerleri Tablo 2'den alınmıştır. Hesaplamalarda çıkan sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Milas Bodrum havaalanı gelen/giden uçak tiplerine ait emisyon değerleri

AYLAR	BOEING-737 tipi CO <sub>2</sub> Emisyon (kg)	AIRBUS-A321 tipi CO <sub>2</sub> Emisyon (kg)	AIRBUS-A320 tipi CO <sub>2</sub> Emisyon (kg)	AIRBUS-A330 tipi CO <sub>2</sub> Emisyon (kg)	Toplam CO <sub>2</sub> Emisyon (kg)
Ocak	1.645,760	531.520	317.200	831.900	3.326,380
Şubat	1.039,720	335.220	200.080	528.750	2.103,770
Mart	1.295,480	419.780	248.880	655.650	2.619,790
Nisan	2.360,220	764.060	453.840	1.198,500	4.776,620
Mayıs	3.908,680	1.265,380	753.960	1.981,050	7.909,070
Haziran	6.132,680	1.981,120	1.180,960	3.109,050	12.403,810
Temmuz	8.601,320	2.781,420	1.656,760	4.363,950	17.40,450
Ağustos	8.673,600	2.802,560	1.671,400	4.399,200	17.546,760
Eylül	6.499,640	2.101,920	1.251,720	3.299,400	13.152,680
Ekim	3.438,860	1.111,360	661.240	1.741,350	6.952,810
Kasım	1.312,160	425.820	253.760	662.700	2.654,440
Aralık	1.264,900	410.720	244.000	641.550	2.561,170
<b>Toplam</b>					<b>93.410,750</b>

Hesaplamalarda uçak modellerine ait emisyon miktarı yaz turizmin en yoğun olduğu temmuz ve ağustosta olmak üzere en fazla Boeing-737'den kaynaklanmaktadır. Boeing-737'nin modelli uçağın emisyon faktörü Airbus-A321 ve Airbus-A330'e göre daha düşüktür. Fakat aylara göre

Boeing-737 iniş kalkış sayısının diğer uçak modellerine göre fazla olması emisyon miktarının daha fazla olmasına sebep olmuştur. Her bir ay için farklı uçak modellerine ait CO<sub>2</sub> emisyon miktarları Şekil 4'te gösterilmiştir



Şekil 4. Uçak modellerine göre CO<sub>2</sub> emisyon miktarları

Her bir ay için farklı uçak modellerinin CO<sub>2</sub> emisyon miktarları bakıldığında yıllık olarak toplamda en fazla Boeing-737 modeli uçaktan emisyon miktarı oluşmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uçaklardan kaynaklı emisyonların başında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gelmekte ve bu emisyonlar atmosferi etkilemektedir. Emisyonlar sadece çevreyi değil insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Bu sebeplerden dolayı son yıllarda emisyon miktarlarının tespiti oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Muğla havalimanına ait bazı uçak modellerinin 2017 yılı uçuş verilerine göre her bir ay için karbon ayak izi tespit edilmiştir.

Uçak tipleri incelendiğinde Boeing 737 uçak tipinin diğer uçak tiplerine göre emisyon miktarı olarak atmosfere en çok emisyon veren uçak tipi olduğu hesaplamalarda tespit edilmiştir. Emisyon miktarlarına göre Boeing 737 tipi uçağını Airbus-A330, Airbus-A321, Airbus-A320 tipi uçaklar takip etmektedir.

2017 yılına ait uçak tiplerinden 93.410,750 tCO<sub>2</sub>/yıl emisyon meydana gelmiştir. Hesaplanan bu emisyonun büyük miktarının turizm yoğunluğunun çok olduğu temmuz ve ağustos aylarında olduğu görülmüştür.

Ülkemizin 2020 yılına kadar emisyon azalımı veya sınırlaması bulunmamasına rağmen uluslararası sözleşmelerin getirdiği sorumluluklar nedeniyle 2020 yılı sonrasına yaşanabilecek problemler karşı emisyon azaltılması ile ilgili yeni ve daha uygulanabilir programlar geliştirmelidir.

Havalimanlarında bazı önlemlerin alınarak emisyonların azaltılması için örnek verilecek olursa;

Bunu sırasıyla Airbus-A330, Airbus-A321, Airbus-A320 uçak modelleri izlemektedir.

- Yolcu indirme-bindirme servis zamanları azaltılmalıdır.
- Uçak üretimini gerçekleştiren firmaların hava araçlarının tasarım safhasında çevresel yönlerin düşünülerek belirli alanlarda kısıtlamalara gidilmelidir.
- Uçak doluluk oranları üst seviyelere getirilerek sefer sayıları ulaşımın etkilenmeyecek şekilde düzenlenmelidir.
- Son yıllarda ülkemize gelen turist sayıları da göz önünde bulundurulduğunda gelecek yıllarda hava kalitesini olumsuz etkileyecek emisyonlara karşı yeni stratejiler geliştirilerek, emisyon miktarlarının doğru tespitine imkan sağlanmalıdır.
- Hava ulaşımından kaynaklı emisyonların tespitinde net uçuş sayılarına ulaşılmaması nedeniyle ortalama kabuller alınmaktadır. Bu nedenle sağlıklı verilere ulaşabilecek yöntemler geliştirilmelidir.
- IPCC’de her uçak modellerine ait emisyon değerleri olması nedeniyle net emisyon miktarlarına ulaşılamamaktadır. Bu nedenle sektörün karbon ayak izini hesaplanmasında kullanılabilir yeni teknikler ve projeler üretmelidir.

Sonuç olarak personel eğitimleriyle, önerilerin hayata geçirilmesiyle vb. uygulamalar ile emisyon salınımının etkisinin sektörel dağılımına bakılmaksızın azaltılmasında başarılı olunacağı, ayrıca bilimsel çalışmalarında emisyon salınımını azaltmada katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

- [1]. K. Çağatan, “İstanbul Atatürk Havalimanı İçin Uçak Emisyonlarının Belirlenmesi ve Çevresel Etkileri”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, 2011.
- [2]. İ. Akpunar, Yeşil Havaalanı Kriterleri Kapsamında Türkiye’deki Karbon Emisyonunun Tahmini, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, 2015.
- [3]. İ. Ünal, F. Türkoğlu and, B. Doğan, “Nevşehir Kapadokya Havalimanı’nın Emisyon ve Gürültü Açısından Değerlendirilmesi”, Mühendis ve Makine, 55, 654, 24-29, 2014.
- [4]. E. Tınmaz, A. Özkan and A. Akpınar “Aircraft originated air pollution in the example of Çorlu airport” Journal of Environmental Protection and Ecology, 3(3); 586-592; 2002.
- [5]. K. Kaygusuz, “Energy policy and climate change in Turkey” Energy Conver Manage 44;1671– 1688, 2003.
- [6]. U. Keşgin, “Aircraft emissions at Turkish airports”, Energy, 31, 372-38, 2006.
- [7]. G. Schürmann, K. Schafer, C. Jahn, H. Hoffmann, M. Bauerfeind, E. Fleuti and B. Rappengluck, “The Impact of NOx, CO and VOC Emissions on the Air Quality of Zurich Airport”. Atmospheric Environment. 41, 103-118, 2007.
- [8]. T. Elbir, “Estimation of Engine Emissions from Commercial Aircraft at a Midsized Turkish Airport” Journal of Environmental Engineering, 134, 210-215, 2008.
- [9]. S. Song, and Z. Shon, “Emissions of greenhouse gases and air pollutants from commercial aircraft at international airports in Korea”, Atmospheric Environment, 61, 148-158, 2012.
- [10]. S. Ekici, G. Yalin, O. Altuntaş and T.H. Karakoç, “Calculation of HC, CO and NOx from Civil Aviation in Turkey in 2012”. International Journal of Environment and Pollution. 53, 232–244, 2013.
- [11]. J. Rissman, S. Arunachalam, T. Bendor and J.J. West, “Equity and health impacts of aircraft emissions at the Hartsfield- Jackson Atlanta International Airport” Landscape and Urban Planning, 120, 234-247, 2013.
- [12]. E. Pecorari, A. Mantovani, C. Franceschini, D. Bassano, L. Palmeri and G. Rampazzo Analysis of the effects of the meteorology on aircraft exhaust dispersion and deposition using a Lagrangian particle model. Science of the Total Environment, 541, 839-856, 2016.
- [13]. I. Yılmaz, “Emissions from passenger aircrafts at Kayseri Airport, Turkey”, Journal of Air Transport Management, Volume 58, 176- 182, 2017.
- [14]. G. Özdemir, An Appraisal of Setting Environmental Strategy for Airports and A Case Study of Their Contribution to Global Warming From Turkey, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ph.D. Thesis, 179s, 2013.
- [15]. IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1; pages: 1-4, Inver governmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris. 84
- [16]. K. Özgünoğlu and N. Uygur, “Kahramanmaraş Havalimanı İçin Uçaklardan Kaynaklanan Emisyonların Belirlenmesi”, KSU. Journal of Engineering Sciences, 20(3). 2017.
- [17]. İ. F. Yaka, M. Bayrak, A. Koçer and A. Güngör, Ulaşımında Karbon Ayak İzi: Antalya Havalimanı Örneği, IV Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2018.