

TÜRKİYE'DEKİ BAZI HAVA ALANLARINDA İÇ HAT UÇUŞLARI İÇİN UÇAK SEÇİMİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİN GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMASININ İNCELENMESİ

Önder ALTUNTAŞ*

Hikmet KARAKOÇ

Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksek Okulu, 26470, Eskişehir
E-mailler: oaltuntas@anadolu.edu.tr, hkarakoc@anadolu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19 Nisan 2010, Kabul Tarihi: 19 Ocak 2011

ÖZET

Havayolu işletmelerinin hava aracı satın alım süreçlerini etkileyen en önemli iki parametre işletme stratejisi ve karar vericinin yatırım politikasıdır. İşletmeler, sahip oldukları filo tipi ve uçuş rotalarının özelliklerine göre bu iki parametrenin önem sırasını değiştirebilir. Küresel ısınmanın önem kazandığı ve çevresel bilincin arttığı günümüzde uçak alımlarında çevresel parametreler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada, Eskişehir, Uşak, Adıyaman, Çanakkale ve Ağrı'da gerçekleştirilen 2006 ile 2009 yılları arasındaki iç hat uçuşlarının çevresel etkileri incelenmiştir. Türkiye'deki bu iç hatlarda halen kullanılan dar gövdeli ve büyük uçakların yerine, bölgesel jet uçaklarının tercih edilmesiyle, iniş ve kalkış safhasında oluşan uçak emisyonlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri % 62,72 ve ekosistem kalitesi üzerindeki etkisi ise % 68,10 oranında azalacağı bu çalışmada yapılan analizlerde öngörülmektedir. Havayolu işletmelerinin, uçak doluluk oranlarını dikkate alarak belirli uçuş hatlarında bölgesel jet uçaklarını kullanarak havayolu taşımacılığının çevre üzerinde etkilerini en küçüklemesinin, yolcular tarafından önemli bir tercih nedeni olacağı düşünülebilir.

Anahtar Kelimeler: Uçak emisyonları, Çevresel analiz, İnsan sağlığı etkisi, Ekosistem kalitesi etkisi, Hava aracı seçim kriterleri.

INVESTIGATION OF THE ENVIRONMENTAL CONCERN IN AIRCRAFT SELECTION FOR DOMESTIC FLIGHTS IN SOME TURKISH AIRPORTS

ABSTRACT

The two most important parameters that affect airlines' aircraft purchase process are the management strategy and investment policy of the decision maker. Airlines may change the priority of these parameters, due to the characteristics of a fleet and flight path. Nowadays, as the global warming is going to be more critical than ever before and the environmental awareness is increasing every day, environmental parameter should be taken into consideration in aircraft purchases.

In this study, environmental impacts of domestic flights at Eskişehir, Uşak, Adıyaman, Ağrı and Çanakkale airports between 2006 and 2009 was investigated. As a result, it is envisioned that impact of aircraft emissions at take-off and landing (LTO) phases will drop 62.72% and 68.10% on human health and on the ecosystem quality, respectively, if the regional jet aircrafts will be preferred instead of currently used narrow-body and large aircrafts in these domestic routes. It is anticipated that if airlines minimize environmental impacts of their aircrafts this will be a preference criterion for passengers.

Keywords: Aircraft emissions, Environmental analysis, Human health impact, Ecosystem quality impact, Aircraft selection criteria.

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Hava taşımacılığı, dünya genelindeki 2000 havayolu işletmesi bünyesinde bulunan toplam 23.000 hava aracı ile gerçekleştirilmektedir [1]. 2025 yılına kadar öngörülen % 4,6'lık yıllık artış oranı ile toplam uçak sayısının 45.000 olması kaçınılmazdır. Havacılığın, küresel ısınmaya neden olan tüm enerji kaynakları içindeki payının % 2 olduğu düşünüldüğünde ise çevresel etkilerinin incelenmesinin gerekli olduğu görülmektedir [2].

Bu bölümde ilk olarak hava araçlarının kısa bir karşılaştırılması yapılacak, sonra hava araçlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarının çevre üzerindeki etkilerinden bahsedilecektir.

1.1. Hava Aracı Seçimi

Havacılık, genel, ticari ve askeri olmak üzere başlıca 3 kategoride incelenir. Askeri havacılık, savunma ve hava içindeki tüm askeri faaliyetleri içerirken, genel havacılık eğitim, itfaiye, gezi, hava taksi ve tıbbi yardım operasyonları gibi faaliyetleri içerir. Ticari havacılık ise yolcu, kargo ya da plansız tarifeli hava taşımacılığı faaliyetleridir. Bu tip sınıflandırmanın haricinde menzil, motor tipi ve yolcu sayısına göre sınıflandırmalar da yapılmaktadır [3-6]. Bu sınıflandırmalar Şekil 1'de gösterilmektedir.

Menzil	Kısa Menzil	Orta Menzil	Uzun Menzil
Motor Tipi	Piston-prop	Turboprop	Turbofan
Koltuk Kapasitesi	Geniş Gövdeli Büyük Uçaklar (220 yolcu ve üzeri)		
	Dar Gövdeli Büyük Uçaklar (110 – 220 yolcu)		
	Bölgesel Jetler (30 – 110 yolcu)		
	Turbopropolar (30 yolcu ve üzeri)		

Şekil 1. Ticari hava araçlarının sınıflandırılması.

2000 yılında, dünya genelindeki ortalama 197 koltuk kapasiteli ticari uçak sayısı 14.000 civarındayken, % 4 artış oranı ile 2009 yılı sonunda 17.000'e ulaşmıştır [7,8].

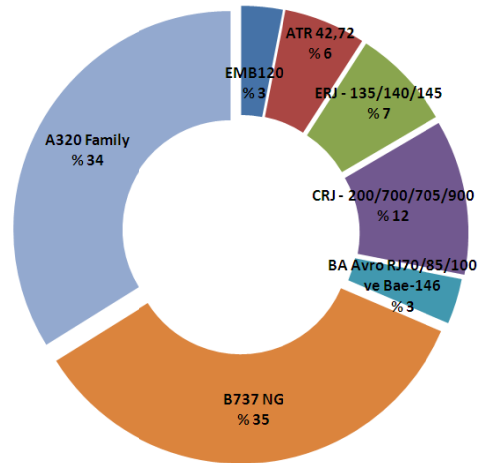
Havacılığın gelişmesine bağlı olarak işletmeler uçak sayılarını arttırmaya devam edecektir. İşletmelerde, filo tiplerinin seçim kriterleri önem sırasıyla; doğrudan işletme maliyetleri, uçak fiyatı ve performansı, ortak çıkarlar, bakım kolaylığı, operasyon esnekliği, konfor, hava aracının değerini koruması, gürültü ve egzoz emisyonu şeklinde listelenebilir [9]. Bu önem sıralamasından da anlaşılacağı gibi, uçak seçimini öncelikli olarak, işletme stratejisi ve karar vericinin yatırım politikası etkiler.

İşletme stratejilerine, uçak üretici firmalarının sundukları satış sonrası garanti, yedek parça, bakım ve servis hizmetleri gibi etkenler gösterilebilir. Bunun haricinde, havayolu işletmesinin envanterindeki uçak tipini değiştirmemesi, teknik personel yetiştirme ve yedek parça depolama gibi önemli iki işletme stratejisini de belirli bir oranda etkiler.

Karar vericinin yatırım politikaları ise uçağı satın alan havayolu işletmesinin, uçak üreticisi olduğu yabancı firmalar ve ülkeler ile ikili ilişkileri ön plandadır. Yatırım politikası düşünülerek uçak alımı gerçekleştirildiğinde, işletme stratejileri ikinci plana atılır.

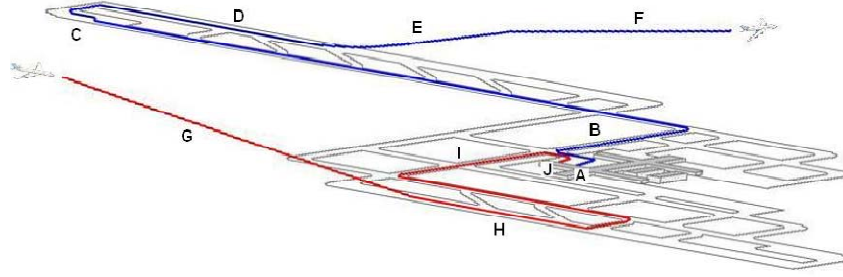
İşletme stratejisi ve karar vericinin yatırım politikası haricinde, planlanmış hava trafiğinin yılda ortalama % 4,6 artacağı düşünülen bir senaryoda [7], hava araçlarının çevresel etkilerini de bir seçim parametresi olarak düşünülmesi önemlidir.

Şekil 2'de orta ve kısa menzillerde en çok kullanılan uçak tiplerinin dağılımı listelenmiştir. B737 NG (*Next Generation*) ve A320 Family tipi dar gövdeli büyük uçakları hava yolu işletmelerinin envanterlerinde bulunan en yaygın uçak tipleridir. Bu tip uçakların oturma kapasiteleri 110 ile 220 arasında ve maksimum menzilleri 2500 km ile 6900 km arasında değişir. Bu uçaklarda en çok tercih edilen motor tipi ise bir turbofan motoru olan CFM-56 serisidir. Bölgesel jetlere bakıldığında ise koltuk kapasiteleri 30 ile 130 arasında ve maksimum menzilleri ise 1500 km ile 4300 km (kısa ve orta menzil) arasında değişmektedir. Bölgesel jetlerde ise turbofan olarak LF-507, ALF-502R, CF-34-8 ve AE-3007A tipi motorlar kullanılırken, turboprop olarak EMB 120 ve ATR 42,72 tipi motorlar kullanılmaktadır [10-17].



Şekil 2. 2009 yılında dünya genelinde kullanılan kısa ve orta menzilli uçakların dağılımı.

Türkiye'deki Bazı Hava Alanlarında İç Hat Uçuşları İçin Uçak Seçiminde Çevresel Etkilerin Göz Önünde Bulundurulmasının İncelenmesi



Şekil 3. Uçakların uçuş operasyon safhaları [5].

Tablo 1. Şekil 3'ün açıklanması [5].

Kalkış	
A.	Motor çalıştırma
B.	Taksi hareketi
C.	Bekleme (piste çıkmadan önce sırada bekleme)
D.	Taşıma noktasına kadar kalkış
E.	Gücün azaltılmaya başlandığı ilk tırmanma (800 – 1500 ft irtifa arası)
F.	İvmelenme ve tırmanma
Düz Uçuş	
İniş	
G.	Son yaklaşma ve flap açma
H.	İniş
İ.	Taksi hareketi ve park
J.	Motor kapatma

Yukarıdaki sınıflandırmadan da anlaşılacağı üzere bölgesel jet, kısa ve orta menzilli, dar ve geniş gövdeli uçaklara nazaran daha az yolcu kapasiteli uçaklara verilen genel bir tanımlamadır.

Uçuş faaliyeti, yer ve uçuş operasyonları olmak üzere iki bölümden oluşur [5]. Yer operasyonları, yakıt ve yolcu ikmali, bagaj taşıma ve bakım faaliyetleri şeklinde listelenebilir. Uçakların çevresel etkilerini anlaşılabilmesi için uçuş operasyonlarının bilinmesi gerekmektedir. Uçuş operasyonunun tüm safhaları Şekil 3 ve Tablo 1'de gösterilmektedir.

Düz uçuş haricindeki kalan safhaya, iniş-kalkış safhası (*LTO – Landing and Take off*) denilir. LTO safhaları ve ortalama süreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. LTO'nun modları ve süreleri [18].

Çalışma Modu	Motor Performansı (%)	Süresi (dakika)
Kalkış	100	0,7
Tırmanma	85	2,2
Yaklaşma	30	4,0
Taksi	7	26,0

1.2. Hava Araçlarından Kaynaklanan Emisyonların Çevre Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliği, son zamanlarda üzerinde durulan önemli bir çalışma konusu olmuştur. Hava araçlarının çevresel etkileri üzerine, özellikle küresel ısınma alanında, birçok çalışma yapılmıştır. ICAO'nun verilerine göre, havacılığın CO₂ üretiminin toplam içindeki payı % 2,5'ten % 3'e yükselmiştir. Programlı

hava trafiğinin 2001 ile 2008 yılları arasında % 4 arttığı bilinmekte ve 2025 yılında kadar yıllık % 4,6 artış beklenmesi, CO₂ üretiminin daha da artabileceğini göstermiştir [19, 20].

ICAO'nun uçakların yerde çalıştırılmaları ve uçuş şartları için yayınladığı standartlar, çevresel etkilerin incelenmesi için önemli bir parametredir. Bu standartlar ile 915 metre irtifa altında gerçekleştirilen referans bir LTO için havacılıktaki öncelikli olan emisyon parametrelerinden küresel ısınmaya dolaylı etkisi olan NO_x, CO ve HC emisyonları yayımlanmıştır. Küresel ısınmaya doğrudan etkisi olan H₂O ve CO₂ emisyonları da normal yanma denklemlerinden elde edilerek hesaplamalara eklenmiştir [5, 21, 22].

ICAO'nun hava aracı motor emisyonlarını hesaplamada basit, ileri ve detaylı olmak üzere üç tane farklı yaklaşım ortaya konulmuştur. Bunlar, hava aracı – motor kombinasyonu, çalışma modlarının süresi ve yakıt – egzoz emisyon miktarının elde edilmesine göre sınıflandırılmıştır [5]. Yapılacak incelemeler ICAO veri bankasında alınan veriler ile yapılacağı için ileri seviye yaklaşımlı egzoz emisyon analizi olarak gösterilebilir.

Kesgin (2002), Türkiye'deki 40 hava alanının LTO safhasındaki egzoz emisyon değerlerinin tahmini üzerine çalışma yapmıştır. 2001 yılında, LTO safhasında yılda ortalama 7614,34 ile 8338,79 ton egzoz emisyonu üretildiği tahmin edilmiş ve LTO safhasında yaklaşık % 25'lik bir azalma söz konusu olduğunda, üretilen toplam emisyon miktarında % 31

ile % 33 arasında bir azalma olabileceği gösterilmiştir. Bunun haricinde, taksii süresinin 2 dakika azaltılması ile LTO safhası egzoz emisyon değerinde % 6 azalma olabileceği belirtilmiştir [23].

Tınmaz ve ark. (2002), çoğunlukla eski Sovyet ülkelerinden Çorlu Havaalanına gelen uçakların LTO safhasında çevreye salınan egzoz emisyon değerlerini incelemiştir [24].

Kaygusuz (2003) yaptığı çalışmada, 2001 yılında LTO safhasından üretilen NO_x ve CO egzoz emisyon değerlerinin, Türkiye genelinde üretilen toplam egzoz emisyon miktarının % 0,3 ve % 0,25 gibi önemli bir kısmını oluşturduğu göstermiştir [25].

Türkiye genelindeki hava alanlarında sadece egzoz emisyon üretim miktarlarının hesaplandığı ve bunların gelecek tahminlerinin yapıldığı görülmüştür. Bu noktada havaalanlarında üretilen egzoz emisyonlarının çevreye olan etkisine bakılmamıştır. Bu çalışmada, Türkiye'deki belirli havaalanları dikkate alınarak, kısa menzil uçuşlarda dar gövdeli büyük uçaklarda kullanılan CFM56-5A1 ile Avrupa ve Amerika'da yaygın olarak tercih edilen bölgesel jetlerde kullanılan AE-3007A1s, ALF502R-5, LF507, CF34-8C1 motorlarının egzoz emisyon etkileri ileri hesaplamalar yaklaşımıyla analiz edilmiştir.

2. ÇEVRESEL ETKİ ANALİZİ

Hava araçları uçuşlarını, troposfer ve stratosfer arasında gerçekleştirir. Atmosferin bu kısmı, yeryüzünde oluşan çeşitli sera gazlarının toplandığı ve küresel ısınmaya neden olduğu bölgelerdir. Hava araçlarında gerçekleşen yanma sonucunda oluşan egzoz emisyonlarının, doğrudan bu bölge üzerinde gerçekleşmesi elbette küresel ısınmayı da aynı oranda etkileyecektir [26].

İniş ve kalkış faaliyetleri şehir merkezleri üzerinde yapılması nedeniyle, tüm egzoz emisyonlarının yaşam alanları üzerine salınması, insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve doğal kaynaklara doğrudan etkilediğinden dolayı bu safhanın da çevresel etkilerinin incelenmesi önemli olacaktır. Uçak emisyonlarının çevresel etkilerinin belirlenmesi için, çevresel analizin yapılması gerekir. Çevresel analiz, bir yaşam döngüsü analizidir. Böyle bir analiz sonucunda incelenecek olan sistemin yaşam ömrü boyunca yapılan tüm basamakların etkileri belirlenir. Belirlenen etkiler, insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve doğal kaynak olmak üzere üç başlık altında incelenir.

İnsan sağlığı etkisi, DALY (*Disability Adjusted Life Years*) ile ölçeklendirilir. DALY, yaşanabilir ömürden sağlıklı bir yılın kaybolması anlamına gelmektedir. İnsan sağlığı etkileri; solunum yolu ve kanserojen etkiler, küresel değişim etkileri ve ozon tabakasının azalması ile artan radyasyon yağmurları olarak genişletilebilir. Ekosistem kalitesi etkisi, PDF*m²*yr

(PDF: *Potentially Disappeared Fraction*) olarak tanımlanır. PDF*m²*yr, bir yılda belirli bir metrekare alandaki yok oluşu gösterir. Bu etki faktörü insan sağlığı gibi homojen bir dağılım göstermez. Ekosistem kalitesi etkisi; ekotoksiste, asidifikasyon/ötrofikasyon, bölge kullanım ve transformasyonu olarak genişletilebilir. Doğal kaynak tüketim etkisi ise MJ olarak gösterilir [27]. Sistem olarak motor incelendiğinde, sistem girdisi yakıt, çıktı ise egzoz emisyonları olur. Sadece egzoz emisyonları açısından yapılan bir incelemede doğal kaynak tüketimi üzerine etkileri incelenmeyecektir.

Bu çalışmada, Türkiye'de yolcu taşıma kapasitesi açısından bölgesel jet uçaklarının uçuşlarını gerçekleştirebileceği, iç hat uçuşlarını sadece İstanbul ve Ankara ile karşılıklı olarak gerçekleştiren, Eskişehir, Uşak, Adıyaman, Çanakkale ve Ağrı havaalanlarının çevresel etkileri incelenmiştir.

Tablo 3'de 2006-2009 yılları arasında faaliyet gösteren beş farklı hava alanına yıl içinde inen toplam hava aracı sayıları gösterilmiştir [28]. Tablo 3'de gösterildiği gibi, Türkiye'de uçuş sayıları yıllara göre belirli bir oran içinde değişmemektedir. Tüm dünyada olduğu gibi uçuş sayılarını etkileyen farklı parametreler söz konusudur. Bu çalışmada bu parametreler üzerinde durulmayacak sadece uçuş sayıları ele alınarak incelemeler yapılacaktır.

Tablo 3. Yıllara göre hava alanları uçuş sayıları [28].

Hava alanı	LTO sayısı			
	2006	2007	2008	2009
Eskişehir	----	4788	2709	7161
Uşak	250	513	430	288
Adıyaman	552	586	916	880
Çanakkale	1327	1826	1182	1282
Ağrı	409	482	649	179

Farklı motorlarda kullanılan yakıtların karbon-hidrojen oranlarına bakıldığında neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Bu nedenle yapılan incelemede kerosenin kimyasal formülü C₁₂H₂₃ olarak alınmıştır. Bir kilogram yakıtın yanması sonucunda yaklaşık olarak 3,15 kg karbondioksit (CO₂), 1,24 kg su (H₂O) ve kurşundan kaynaklanan 0,6 g sülfürdioksit (SO₂) oluşur [29]. Çevresel analiz yapılırken, bir birim yakıt için üretilen egzoz emisyon değerlerinde, genel yanma denkleminde elde edilen egzoz emisyon parametrelerine ek olarak, ICAO kaynaklarında verilmiş egzoz emisyon parametreleri de kullanılır [30]. Bu çalışmada Tablo 4'de gösterilen, referans (31)'dan alınmış, en yaygın kullanılan motor parametreleri kullanılacaktır. Tablo 4'te CFM56-5A1 tipi motor için bir LTO'da 385 kg C₁₂H₂₃ yakılması sonucunda 477,40 kg H₂O, 1212,75 kg CO₂, 0,23 kg SO₂, 3,09 kg CO, 0,28 kg HC ve 4,51 kg NO_x üretildiği gösterilmiştir. Diğer motor tipleri için tüketilen yakıt miktarına karşılık ne kadar egzoz emisyonu oluştuğu gösterilmektedir.

Türkiye'deki Bazı Hava Alanlarında İç Hat Uçuşları İçin Uçak Seçiminde Çevresel Etkilerin Göz Önünde Bulundurulmasının İncelenmesi

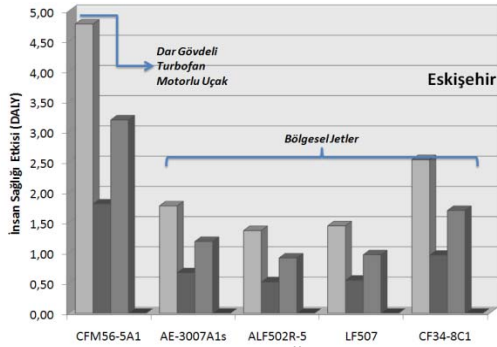
Tablo 4. Farklı motor tipleri için egzoz emisyon değerleri [31].

Motor Tipleri	Yakıt, (kg)	Emisyon Parametreleri, (kg)					
		H ₂ O	CO ₂	SO ₂	CO	HC	NO _x
CFM56-5A1	385	477,40	1212,75	0,23	3,09	0,28	4,51
AE-3007A1s	164	203,36	516,60	0,10	1,91	0,28	1,50
ALF502R-5	143	177,32	450,45	0,09	2,80	0,35	1,02
LF507	151	187,24	475,65	0,09	2,80	0,34	1,09
CF34-8C1	239	296,36	752,85	0,14	2,84	0,01	2,12

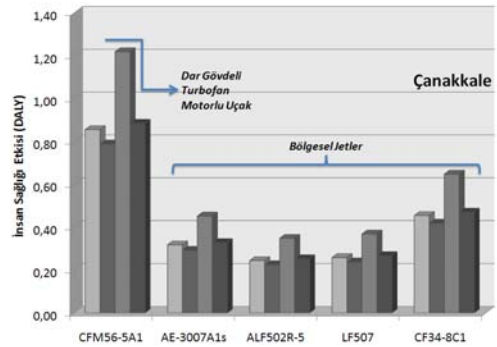
Çevresel yaşam döngüsü programı (*SimaPro 7*) yardımıyla, her farklı motor için bir LTO'da tüketilen yakıt miktarına göre, 2006-2009 yılları arasında hava alanlarında gerçekleştirilen hava aracı taşımacılık faaliyetlerinin çevresel etki değerleri incelenmiştir.

Kullanılan *SimaPro 7* programı, günümüzde yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin uygulandığı programlardan birisidir. Program içerisinde bulunan kütüphaneler, farklı etki değerlendirme yöntemleri ile çevresel etki analizi gerçekleştirmeye imkan sağlar.

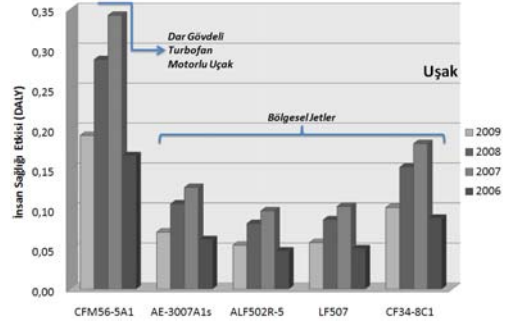
İncelemeler sonucunda havaalanlarında havayolu taşımacılığının insan sağlığına etki değerleri Şekil 4 ile Şekil 8 arasında gösterilmiştir.



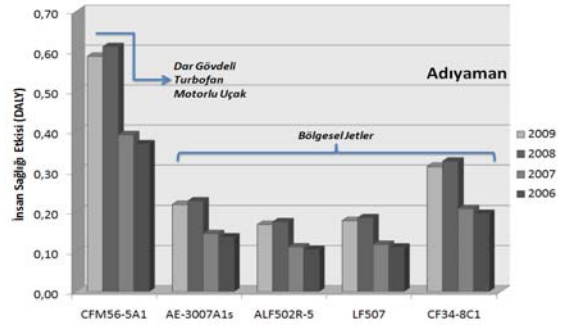
Şekil 4. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Havaalanına gerçekleşen iç hat uçuşlarının insan sağlığına etki değerleri (DALY).



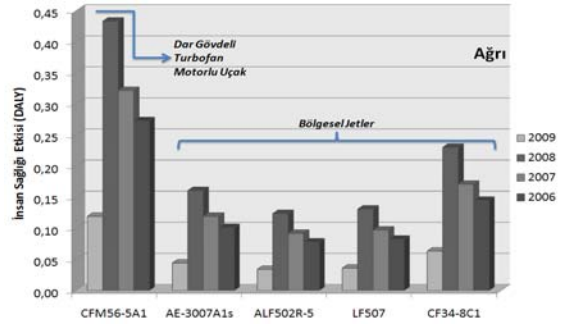
Şekil 5. Çanakkale Havaalanına gerçekleşen iç hat uçuşlarının insan sağlığına etki değerleri (DALY).



Şekil 6. Uşak Havaalanına gerçekleşen iç hat uçuşlarının insan sağlığına etki değerleri (DALY).



Şekil 7. Adıyaman Havaalanına gerçekleşen iç hat uçuşlarının insan sağlığına etki değerleri (DALY).



Şekil 8. Ağrı Havaalanına gerçekleşen iç hat uçuşlarının insan sağlığına etki değerleri (DALY).

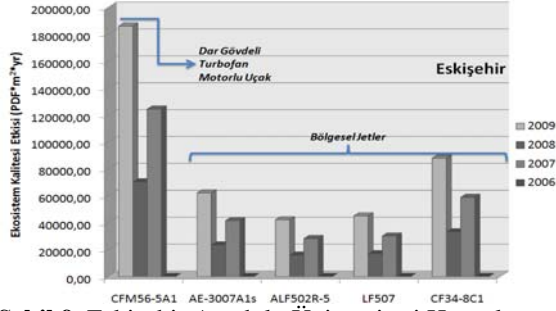
Bölgesel jetler ile örnek olarak alınmış dar gövdelli turbofan motoru arasındaki insan sağlığına etki değerlerinin uçuş sayısı ile doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Bu noktada uçuş sayısının, insan sağlığı etki değerini doğrudan etkileyen bir parametre olduğu görülmektedir.

2009 yılı incelendiğinde, dar gövdelli turbofan motoru kullanılmasıyla insan sağlığı etkisi, Şekil 4'de gösterildiği gibi, Eskişehir'de 4,78 DALY iken, aynı yıl içinde Amerika ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılan bölgesel jet uçakları kullanılmış olsaydı ortalama 1,78 DALY olacağı görülmektedir. Şekil 5 ile Şekil 8 arasındaki grafiklerde, aynı değer, Uşak için 0,19 DALY'den 0,07 DALY'e, Adıyaman için 0,59 DALY'den 0,22 DALY'e, Çanakkale için 0,86 DALY'den 0,32 DALY'e ve Ağrı için 0,12 DALY'den 0,04 DALY'e düşeceği görülmektedir.

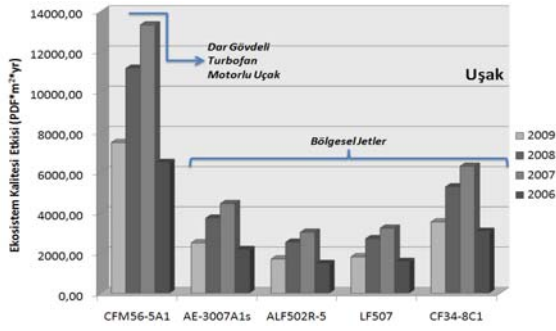
Türkiye'deki Bazı Hava Alanlarında İç Hat Uçuşları İçin Uçak Seçiminde Çevresel Etkilerin Göz Önünde Bulundurulmasının İncelenmesi

Egzoz emisyonlarının insan sağlığı üzerindeki etkisi, uçuş sayısı ile doğrudan etkili olduğu için, dar gövdeli turbofan motorlu uçaklar yerine bölgesel jetler kullanılsaydı, % 62,72 oranında azalmış olacaktı.

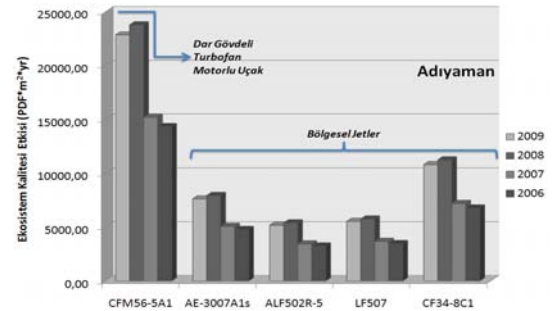
2006-2009 yılları arasında iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etkileri Şekil 9 ile Şekil 13 arasında gösterilmiştir.



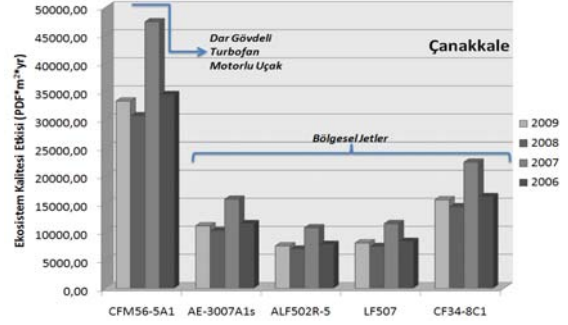
Şekil 9. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Havaalanına gerçekleştirilen iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerleri (PDF*m²*yr).



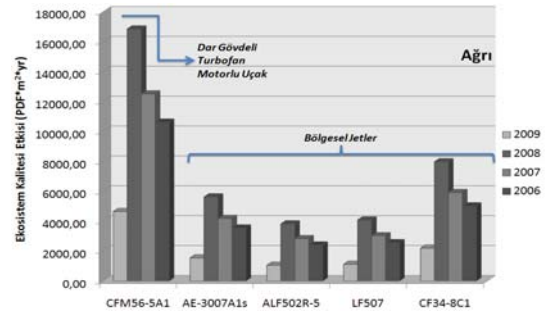
Şekil 10. Uşak Havaalanına gerçekleştirilen iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerleri (PDF*m²*yr).



Şekil 11. Adıyaman Havaalanına gerçekleştirilen iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerleri (PDF*m²*yr).



Şekil 12. Çanakkale Havaalanına gerçekleştirilen iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerleri (PDF*m²*yr).



Şekil 13. Ağrı Havaalanına gerçekleştirilen iç hat uçuşların ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerleri (PDF*m²*yr).

Havayolu taşımacılığının insan sağlığı üzerindeki etkisinde olduğu gibi, 2006-2009 yılları arasında, bölgesel jetler ile örnek olarak alınmış dar gövdeli turbofan motoru arasındaki ekosistem kalitesi etki değerlerinin uçuş sayısı ile doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Bu noktada uçuş sayısının, ekosistem kalitesi üzerindeki etki değerini doğrudan etkileyen bir parametre olduğu görülmektedir.

İnsan sağlığı etkisinde yapılan yaklaşıma benzer olarak Şekil 9 ile Şekil 13 arasındaki gösterilen ekosistem kalitesi etkisi incelendiğinde, 2009 yılında, Eskişehir'de dar gövdeli turbofan motoru kullanılmasıyla 186190 PDF*m²*yr iken, 2009 yılı içinde Avrupa ve Amerika'da yaygın olarak kullanılan bölgesel jet uçakları kullanılmış olsaydı ortalama 59400 PDF*m²*yr olacağı görülmektedir. Aynı değer, Uşak için 7488 PDF*m²*yr'den 2390 PDF*m²*yr'e, Adıyaman için 22880 PDF*m²*yr'den 7300 PDF*m²*yr'e, Çanakkale için 33330 PDF*m²*yr'den 10635 PDF*m²*yr'e ve Ağrı için 4655 PDF*m²*yr'den 1485 PDF*m²*yr'e düşeceği görülmektedir.

Dar gövdeli turbofan motorlu uçaklar yerine, bölgesel jetlerin kullanılmasıyla, egzoz emisyonlarının ekosistem kalitesi üzerindeki etkisi % 68,10 oranında azalacaktır.

Bölgesel jet seçiminde de hem insan sağlığı etkisi üzerine hem de ekosistem kalitesi üzerine etki değerleri birbirlerinden farklı olduğu için havayolu

Türkiye'deki Bazı Hava Alanlarında İç Hat Uçuşları İçin Uçak Seçiminde Çevresel Etkilerin Göz Önünde Bulundurulmasının İncelenmesi

işletmelerinin en az etki değerine sahip bölgesel jet tercih etmesi de ayrıca önemli olacaktır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'de havaalanlarında üretilen egzoz emsiyonların doğrudan insan sağlığı ve ekosistem kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. 2006-2009 tarihlerinde bölgesel jet uçakları kullanılsaydı uçakların insan sağlığı üzerindeki etkisinin % 62,72, ekosistem kalitesi üzerindeki etkisinin ise % 68,10 azalma olacağı gösterilmiştir. Bu noktada, çevreye duyarlı bir hava taşımacılığı için, doluluk oranları yüksek olan uçuş bacakları gözetilecek şekilde, bölgesel jetlerin tercih edilmesi önemli olacaktır. Fazla yolcu taşınması gereken bölgelerde yolcu sayısı düşük olan bölgesel jetlerin kullanılması fazla etkin olmayabilir. Bölgesel jet kullanan işletmeler çevreye duyarlı bireyler tarafından tercih edilen işletme olacaktır. Bu, rekabetin yoğun, kar marjlarının çok düşük olduğu havayolu sektöründe işletmeye ciddi bir avantaj sağlayacaktır.

Uçak üreticileri tarafından, hava araçlarının tasarım aşamasında da, çevresel etki değerlerinin belirlenmesi ve belirli kısıtların getirilmesi çevresel duyarlılık için önemlidir.

Türk sivil havacılık otoritesinin, mevcut hava araçlarını, ekonomik ve çevresel boyutta yeniden incelemesi, hava aracı yenilemelerinde destek planları çıkartılması için bir vizyon çalışması yapması gerekmektedir.

Bir LTO'nun % 79'unu kapsayan taksi safhasının olabildiğince azaltılması da alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir. Bu noktada kalkış prosedürlerinde yeniliklerin yapılması veya sadece iç hat yapılacak havaalanlarında ön prosedürlerin azaltılması çevresel açıdan daha etkin olabilecektir.

4. KAYNAKLAR

[1] Air Transport Action Group (ATAG), "The economic and social benefits of air transport 2008" <http://www.atag.org/files/ATAG%20brochure-124015A.pdf> Siteye giriş: 01.04.2010.

[2] Bernstein et al. (2007). Climate change 2007: Synthesis report (adopted section by section at IPCC Plenary XXVII in Valencia, Spain, 12 – 17 November 2007).

[3] Hancox R, Lowe S, Pulles H, Velzen A, Baarse G, (2001) "Evaluating the economic and environmental effects of measures to reduce aircraft emissions. [Review about aviation emissions that prepared for Association for European Transport]".

[4] International Business Aviation Council (2009) "[Review of emission trading scheme (ETS) implementation within EU]. European Union emission

trading scheme (ETS) requirements for non-EU registered aircraft" *IBAC Bulletin* 09-01, 27.05.2009.

[5] ICAO Secretariat (2007) "Airport air quality guidance manual" Report No. Doc 9889.

[6] Jenichen EA (2009) "Embraer market outlook 2009 – 2028 6th ed." *Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica SA*.

[7] ICAO Secretariat (2004) "Operational opportunities to minimize fuel use and reduce emissions" Report No. CIR 303 AN/176.

[8] Gonzalez RK (2009) "Annual report of the Council 2008" Report No. Doc – 9916.

[9] Clark P (2007) "Buying the Big Jets; Fleet Planning for Airlines" Ashgate publish, İngiltere. ISBN:978-0-7546-7091-9.

[10] Airbus Press Release (2009) "Saudi Arabia airlines first A320" http://www.airbus.com/en/presscentre/pressreleases/pressreleases_items/09_10_01_saudi_arabia_airlines_first_a320.html Siteye giriş: 03.03.2010.

[11] Boeing Press Release (2003) "A World of Service for the Boeing 737" <http://www.boeing.com/commercial/news/feature/737.html> Siteye giriş: 03.03.2010.

[12] Bae Systems Product Information Service (2010) "Bae systems product information" http://www.baesystems.com/ProductsServices/ra_ba146.html Siteye giriş: 03.03.2010.

[13] Bae Systems Product Information Service (2010) "Bae systems product information" http://www.baesystems.com/ProductsServices/ra_avro_rj.html Siteye giriş: 03.03.2010.

[14] Bombardier Product Information Service (2010) "Bombardier product information" <http://www.crj.bombardier.com/CRJ/en/crjstory.jsp?language=en&crjId=revolution&lastId=range.jsp?crjId=705> Siteye giriş: 03.03.2010.

[15] Embraer Product Information Service (2010) "Embraer product information" <http://www.embraercommercialjets.com/english/content/erj/default.asp?tela=sucess> Siteye giriş: 03.03.2010.

[16] ATR Aircraft Product Information Service (2010) "ATR aircraft systems product information" <http://www.atraircraft.com/public/atr/html/products/products.php?aid=508&pid=30442> Siteye giriş: 03.03.2010.

[17] Embraer Product Information Service (2010) "Embraer product information" http://www.embraer.com/english/content/aeronaves/emmb120.asp?tela=firm_orders Siteye giriş: 03.03.2010.

[18] ICAO Secretariat (2008) “Annex 16 — environmental protection volume II — aircraft engine emissions” ISBN 978-92-9231-123-0.

[19] Gonzalez R.K. (2009) “Annual report of the Council 2008” Report No. Doc – 9916.

[20] ICAO Secretariat (2007) “Outlook for air transport to the year 2025” Report No. Cir 313.

[21] ICAO Secretariat (2001) “Background information paper – aircraft engine emissions ICAO’s existing policies (EnvColl-BIP/5, 3/4/01)” *Presented in Colloquium on Environmental Aspects of Aviation in Montreal*, 9 – 11 April 2001.

[22] Skeie RB, Fuglestedt J, Berntsen T, Lund MT, Myhre G, Rypdal K (2009) “Global temperature change from the transport sectors: Historical development and future scenarios” *Atmospheric Environment* 43(39): 6260-6270 (doi:10.1016/j.atmosenv.2009.05.025).

[23] Kesgin U. “Aircraft emissions at Turkish airports” *Energy* 31;372–384 (2006).

[24] Tınmaz E, Özkan A, Akpınar A. “Aircraft originated air pollution in the example of Çorlu airport” *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 3(3);586-592;(2002).

[25] Kaygusuz K. “Energy policy and climate change in Turkey” *Energy Conver Manage* 44;1671–1688 (2003).

[26] Cleveland CJ (2004) “Encyclopedia of energy” *Elsevier Academic Press*.

[27] Goedkoop M, Spriensma R (2000) “The eco-indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment” *Pré Consultants* www.pre.nl/eco-indicator99/ Siteye giriş: 01.03.2010.

[28] DHMI, *Devlet Hava Meydanları İşletmesi*, <http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx> Siteye giriş: 01.04.2010.

[29] Döpelheur A (2000) “Aircraft emission parameter modelling” *Air and Space Europe* 2: 34-37

[30] ICAO Secretariat (2009) “ICAO engine exhaust emissions data bank” Report No. Doc 9646 <http://www.icao.int/icao/en/download.htm#Aircraft> Siteye giriş: 03.03.2010.

[31] Tunca F, Altuntas O, Karakoc TH. “Effects of emissions to the human health and ecological quality for selection of commercial aircraft in airways” *5th International Ege Energy Symposium and Exhibition*, paper no: IESE196, Denizli, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞLER

Araş. Gör. Önder ALTUNTAŞ

1982 yılında İstanbul’da doğmuştur. 2004 yılı Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu, Uçak Gövde-Motor Bakım Bölümünü, 2007 yılında ise Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık A.B.D.’de yüksek lisansını tamamlamıştır. Şu anda, Doktora eğitimine aynı anabilim dalında devam etmektedir.

Yazarın çalışma konuları piston-prop uçak motorları, enerji-ekserji ve çevresel etkiler üzerinedir. Bu konularla ilgili birçok bildiri ve yayına sahiptir.

Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ

1980’de Anadolu Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirdi. 1982’de Yıldız Teknik Üniversitesi’nden Yüksek Lisans Derecesini aldı. 1987’de Doktor, 1988’de Yardımcı Doçent, 1991’de Doçent, 1997’de Profesör oldu. Araştırma konuları Tesisat, Gaz Türbinleri, Havacılık, Yakıtlar ve Yanma, Doğalgaz ve Enerji Ekonomisidir. Ulusal ve uluslararası 60 makale ve bildirisi, ayrıca 10 kitabı yayınlanmıştır. TTMD ve TİMDER dergilerinin Genel Yayın Yönetmenliğini - Editörlüğünü sürdürmektedir. MMO Eskişehir Şubesi, TIBTD, Eskişehir Öğretim Elemanları Derneği ve TTMD’de Yönetim Kurulu üyesi olarak çalışmış olup, Atatürkçü Düşünce Derneği Şubesi ve Eskişehir Arama Kurtarma Derneği (ESKUT) Başkanlığı görevlerini yürütmüştür.

ÇİTOSAN, EŞÇİM, 1.Hv. İk. Bk., ODE, İzocam, Gelişim Teknik ve Demirdöküm için çeşitli proje çalışmaları, kitap çalışmaları ve danışmanlık yapmıştır.

Halen Anadolu Üniversitesi’nde öğretim üyesidir ve Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürlüğünü yürütmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.