

**HAVAALANI ÇEVRE YÖNETİM PERFORMANSININ ÇOK KRİTERLİ
KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ:
TÜRKİYE'DEKİ BEŞ BÜYÜK HAVAALANINDA BİR UYGULAMA**

Doktora Tezi

Mustafa UZGÖR

Eskişehir 2024

**HAVAALANI ÇEVRE YÖNETİM PERFORMANSININ ÇOK KRİTERLİ
KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ:
TÜRKİYE'DEKİ BEŞ BÜYÜK HAVAALANINDA BİR UYGULAMA**

Mustafa UZGÖR

DOKTORA TEZİ

Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2024

Bu tez çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 22ADP381 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mustafa UZGÖR'ün "Havaalanı Çevre Yönetim Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi: Türkiye'deki Beş Büyük Havaalanında Bir Uygulama" başlıklı tezi 10/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	:
Üye	:
Üye	:
Üye	:
Üye	:

.....

Enstitü Müdürü

ÖZET

HAVAALANI ÇEVRE YÖNETİM PERFORMANSININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE'DEKİ BEŞ BÜYÜK HAVAALANINDA BİR UYGULAMA

Mustafa UZGÖR

Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2024

Danışman: Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ

Hava taşımacılığının çevresel etkileri konusunda odak noktası her ne kadar havayolu endüstrisi olsa da havaalanları, yer operasyonlarından salınan emisyonlar, gürültü etkileri ve terminal binasındaki enerji kullanımı gibi pek çok açıdan çevresel etkiler barındırmaktadır. Bu araştırmada havaalanlarının çevresel etkileri daha iyi yönetmesine katkı sağlanması bakımından havaalanlarının çevre yönetim performansını yansıtan kriterleri belirlemek, bu kriterlerin önem derecelerini tespit etmek ve Türkiye'deki en büyük beş havaalanının çevre yönetim performanslarını değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla yarı-yapılandırılmış görüşmeler ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında SWARA yöntemi, alternatiflerin değerlendirilmesinde ise COCOSO, MARCOS, TOPSIS, VIKOR ve Borda yöntemleri kullanılmıştır. Analizler neticesinde en önemli ana kriterin karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriteri olduğu, en az önemli ana kriterin ise biyoçeşitlilik yönetimi kriteri olduğu bulunmuştur. Genel çevre yönetim performansı en yüksek havaalanının İstanbul Havaalanı olduğu görülmüştür. Onu sırasıyla Antalya Havaalanı, Sabiha Gökçen Havaalanı, Ankara Esenboğa Havaalanı ve İzmir Adnan Menderes Havaalanı izlemiştir. Burada daha yoğun havaalanlarının performansının daha yüksek çıktığı görülmüştür. Buna karşın gürültü yönetimi ana kriteri özelinde ise daha az yoğun havaalanlarının performansının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Su ve atık yönetimi konusunda ise görece daha sıcak iklimde bulunan havaalanlarının performansının daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil performans, Havaalanı çevre yönetim performansı, Havaalanı çevresel yönetimi, Çok kriterli karar verme, Havaalanı ve çevre

ABSTRACT

EVALUATION OF AIRPORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PERFORMANCE WITH MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS: AN APPLICATION AT FIVE MAJOR AIRPORTS IN TÜRKİYE

Mustafa UZGÖR

Department of Civil Aviation Management

Anadolu University Graduate School of Social Sciences, January 2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Savaş S. ATEŞ

Although the focus on the environmental impacts of air transportation is on the airline industry, airports have environmental impacts in many aspects such as emissions from ground operations, noise impacts and energy use in the terminal building. This study aims to identify the criteria that reflect the environmental management performance of airports, to determine the importance of these criteria and to evaluate the environmental management performance of the five major airports in Türkiye in order to contribute to better management of environmental impacts of airports. For this purpose, semi-structured interviews and multi criteria decision making methods were used. SWARA method was used to weight the criteria and COCOSO, MARCOS, TOPSIS, VIKOR and Borda methods were used to evaluate the alternatives. As a result of the analysis, it was found that the most important main criterion is carbon emission and energy management criterion, while the least important main criterion is biodiversity management criterion. Istanbul Airport has the highest overall environmental management performance. It was followed by Antalya Airport, Sabiha Gökçen Airport, Ankara Esenboğa Airport and Izmir Adnan Menderes Airport. It is observed that busier airports have higher performance. On the other hand, for the main criterion of noise management, it is concluded that the performance of less busy airports is higher. In terms of water and waste management, airports located in relatively warmer climates are found to have lower performance.

Keywords: Green performance, Airport environmental management performance, Airport environmental management, Multi criteria decision-making, airport and environment

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığımı ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Mustafa UZGÖR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleŐtirilmesinde çok önemli katkıları olan, karŐılaŐtıđım zorluklarda desteğini esirgemeyen, tez çalışmasında yaptığı yönlendirmelerle tezin tamamlanmasında büyük katkı sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ'e teŐekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde bulunarak çalıőmayı yönlendiren Doç. Dr. Vildan DURMAZ'a, tezin düzeltilmesi ve akıcı hale getirilmesinde önemli rolü olan Dr. Öğr. Üyesi Őenay LEZKİ'ye ve katkıda bulunan jüri yesi hocalarıma teşekkür ederim. Çalışmada gerçekleştirilen görüşmelere katılan uzmanlara da teŐekkürlerimi sunarım.

Tezin gözden geçirilmesinde yardımcı olan ve manevi destek veren arkadaŐım ArŐ. Gör. Dr. Temel Caner USTAÖMER'e teşekkür ederim.

Bu günlere gelmem için beni koŐulsuz destekleyen ve her zaman yanımda olduklarını bildiğim anneme, babama ve ablalarıma teŐekkürü borç bilirim. Aramıza mesafeler girse de her zaman birlikteyiz.

Acı tatlı her anımda yanımda olan ve bana varlıklarıyla g veren eŐim Füsun ve biricik oğlum Kerem, sizlere kucak dolusu teşekkür ederim. Bu uzun ve zorlu süreçte her zaman yanımda oldunuz, bedenem ayrı düŐtüđümüz zamanlar olsa da ruhen her an yanımdaydınız. İyi ki varsınız.

Mustafa UZGÖR

Eskişehir, 2024

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve Soruları	2
1.2. Araştırmanın Özgün Değeri ve Kapsamı.....	3
1.3. Araştırmanın Önemi	4
1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	6
2.1. Havaalanı Kavramı.....	6
2.1.1. Havaalanı unsurları.....	9
2.1.1.1. Hava tarafı unsurları.....	10
2.1.1.2. Kara tarafı unsurları	16
2.1.2. Havaalanı ekipmanları.....	20
2.1.2.1. Hava seyrüsefer sistemleri.....	20
2.1.2.2. Yer hizmeti ekipmanları	21
2.1.2.3. Bakım ekipmanları	23
2.1.2.4. Yakıt ikmal ekipmanları	23
2.1.2.5. Kurtarma ve yangınla mücadele ekipmanları	24
2.2. Havaalanındaki Paydaşlar	25
2.2.1. İç paydaşlar	26
2.2.1.1. Çalışanlar.....	26
2.2.1.2. Havayolları.....	27
2.2.1.3. Yolcular.....	28
2.2.1.4. Hizmet sağlayıcılar	30
2.2.1.5. İmtiyaz sahipleri	31
2.2.2. Dış paydaşlar.....	33
2.2.2.1. Düzenleyici ve etkili organizasyonlar	33
2.2.2.2. Yerel ve merkezi yönetim.....	38
2.2.2.3. Yerel topluluklar	39
2.3. Havaalanı ve Çevre	40
2.3.1. Çevresel politikalar	41
2.3.1.1. Uluslararası politikalar	42
2.3.1.2. Ulusal politikalar	51
2.3.2. Çevresel düzenlemeler.....	57
2.3.2.1. Uluslararası düzenlemeler	57

2.3.2.2. Ulusal düzenlemeler	61
2.3.3. Havaalanlarının çevresel etkileri	63
2.3.3.1. Gürültü.....	64
2.3.3.2. Sera gazı emisyonları.....	65
2.3.3.3. Enerji ve su tüketimi.....	67
2.3.3.4. Atıklar.....	69
2.3.3.5. Su ve toprak kirliliği	71
2.3.3.6. Biyoçeşitlilik.....	73
2.3.4. Havaalanlarındaki çevresel etkilerin değerlendirilmesi	74
2.3.4.1. Yaşam döngüsü analizi.....	75
2.3.4.2. Emisyon ölçüm yöntemleri.....	76
2.3.4.3. Gürültü değerlendirme yaklaşımları.....	80
2.3.5. Havaalanlarında çevresel etkilerin raporlanması	84
2.3.5.1. GRI.....	85
2.3.5.2. CDP.....	87
2.3.6. Havaalanlarında çevresel etkilerin azaltılması.....	88
2.3.6.1. Çevre yönetim sistemi	91
2.3.6.2. Hava trafik yönetimi.....	95
2.3.6.3. Apron yönetimi	96
2.3.6.4. Terminal yönetimi.....	99
2.3.6.5. Yenilenebilir tesis ve altyapı yönetimi.....	102
2.4. Havacılıkta Çevresel Sürdürülebilirlik ve Çok Kriterli Karar Verme Çalışmaları.....	103
2.4.1. Havacılıkta çevresel sürdürülebilirlikle ilgili çalışmalar	103
2.4.2. Havacılıkta çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar	107
2.4.3. Literatürde bu çalışmayla benzer yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar ..	108
3. YÖNTEM	111
3.1. Amacın Belirlenmesi	111
3.2. Araştırma ve Analiz Yöntemlerinin Belirlenmesi.....	111
3.3. Havaalanı Alternatiflerinin Belirlenmesi.....	112
3.4. Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi.....	113
3.5. Analiz için Verilerin Toplanması.....	119
3.6. Kriter Ağırılıklarının Belirlenmesi.....	120
3.6.1. SWARA yöntemi	121
3.7. Alternatiflerin Değerlendirilmesi	122
3.7.1. COCOSO yöntemi	124
3.7.2. MARCOS yöntemi.....	125
3.7.3. TOPSIS yöntemi	127
3.7.4. VIKOR yöntemi.....	128
3.7.5. Borda sayım yöntemi.....	131
3.8. Sonuçların Yorumlanması.....	132
3.9. Araştırma Etiği.....	132

4. ANALİZLER VE BULGULAR	133
4.1. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması	133
4.2. Havaalanı Alternatiflerinin Değerlendirilmesiyle İlgili Analizler	140
4.3. Bulguların Yorumlanması.....	158
4.3.1. Kriter ağırlıklarının yorumlanması.....	159
4.3.1.1. <i>Karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması</i>	161
4.3.1.2. <i>Atık ve su yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması</i>	162
4.3.1.3. <i>Gürültü yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması</i>	162
4.3.1.4. <i>Yeşil yönetim kriterinin önem düzeyinin yorumlanması</i>	163
4.3.1.5. <i>Biyçeşitlilik yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması</i>	164
4.3.2. Havaalanlarının çevresel performanslarının yorumlanması	165
4.3.2.1. <i>IST (İstanbul Havaalanı)</i>	165
4.3.2.2. <i>AYT (Antalya Havaalanı)</i>	168
4.3.2.3. <i>SAW (Sabiha Gökçen Havaalanı)</i>	171
4.3.2.4. <i>ESB (Ankara Esenboğa Havaalanı)</i>	173
4.3.2.5. <i>ADB (İzmir Adnan Menderes Havaalanı)</i>	175
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	179

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Yolcu sayısı bakımından dünyanın en büyük 10 havaalanı.....	9
Tablo 2.2. CORSIA uygulama esasları dokümanları.....	58
Tablo 2.3. Havaalanı çevresel sürdürülebilirliğiyle ilgili bazı uluslararası düzenlemeler	60
Tablo 2.4. Havaalanı çevresel sürdürülebilirliğiyle ilgili bazı ulusal düzenlemeler.....	62
Tablo 2.5. Havaalanı emisyonlarının kapsamı.....	67
Tablo 2.6. EEA/EMEP üç kademeli envanter yöntemi için gerekli girdiler.....	79
Tablo 2.7. Yaygın kullanılan gürültü ölçüm parametreleri.....	81
Tablo 2.8. GRI raporlamasında yer alan bazı çevresel parametreler	87
Tablo 2.9. Benzer yöntemleri kullanan çalışmalar ve kullanım alanları.....	110
Tablo 3.1. Türkiye'deki beş büyük havaalanının trafik yoğunluğu.....	112
Tablo 3.2. Kriterleri belirlerken yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve uzmanlarla ilgili bilgiler	114
Tablo 3.3. Araştırmada kullanılan yeşil havaalanı kriterleri ve kriter belirlemede yararlanılan kaynaklar.....	115
Tablo 3.4. Araştırmada kullanılan yeşil kriterler ve açıklamaları.....	117
Tablo 3.5. Nitel kriter verilerinin toplandığı uzmanlarla ilgili bilgiler	120
Tablo 3.6. Kriterlerin ağırlıklandırmasını yapan karar vericilerle ilgili bilgiler	121
Tablo 3.7. Çok kriterli karar verme problemlerine göre kullanılan ÇKKV yöntemleri .	124
Tablo 4.1. Ana kriterler için karar vericilerin önem sıralaması	133
Tablo 4.2. Ana kriterler için karar vericilerin ağırlıklandırma skorları	133
Tablo 4.3. Ana kriterler için ortalama ve karşılaştırmalı önem dereceleri katsayılar düzeltilmiş ve nihai ağırlıklar	134
Tablo 4.4. Karbon emisyonu ve enerji yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları	135
Tablo 4.5. Gürültü yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları	136
Tablo 4.6. Su ve atık yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları	137
Tablo 4.7. Biyoçeşitlilik yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları.....	138
Tablo 4.8. Yeşil yönetim alt kriterlerinin ağırlıkları	139
Tablo 4.9. Karar vericilerin nitel kriterlere verdikleri puanların ortalaması.....	141
Tablo 4.10. Karar matrisi	141
Tablo 4.11. COCOSO analiz bulguları	143
Tablo 4.12. COCOSO yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması	144

Tablo 4.13. MARCOS analiz bulguları.....	145
Tablo 4.14. MARCOS yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması	146
Tablo 4.15. TOPSIS analiz bulguları	147
Tablo 4.16. TOPSIS yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması	149
Tablo 4.17. VIKOR analiz bulguları.....	150
Tablo 4.18. VIKOR yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması	151
Tablo 4.19. Havaalanlarının bütünleşik genel çevre yönetim performansları	151
Tablo 4.20. Yöntemler arası korelasyon değerleri	153
Tablo 4.21. Havaalanlarının K1 ana kriterindeki performansları	154
Tablo 4.22. Havaalanlarının K2 ana kriterindeki performansları	155
Tablo 4.23. Havaalanlarının K3 ana kriterindeki performansları	156
Tablo 4.24. Havaalanlarının K4 ana kriterindeki performansları	157
Tablo 4.25. Havaalanlarının K5 ana kriterindeki performansları	158
Tablo 4.26. Literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan yeşil kriterler ve ağırlıkları...	160

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Havaalanı unsurları.....	10
Şekil 2.2. Havaalanı paydaşları	26
Şekil 2.3. Politikayla ilişkili kavramların hiyerarşisi	41
Şekil 2.4. CORSIA kapsamında CO ₂ emisyon verisi toplama süreci	46
Şekil 2.5. ACA Karbon akreditasyon seviyeleri.....	51
Şekil 2.6. Havaalanlarının çevresel etkileri	63
Şekil 2.7. Havaalanı gürültü ölçüm ekipmanı	80
Şekil 2.8. Antalya Havaalanı gürültü haritası 2020 Lgag.....	83
Şekil 2.9. CDP Katılım düzeyleri	88
Şekil 2.10. Havaalanlarında çevresel etkileri azaltma yolları	89
Şekil 2.11. ICAO gürültü azaltımı denge yaklaşımı.....	90
Şekil 2.12. CDA ve geleneksel yaklaşıma karşılaştırması	96
Şekil 2.13. Buz çözücü içeren atık suyun daha iyi yönetilmesinde öne çıkan çözümler ..	99
Şekil 2.14. Milas Bodrum Havaalanı güneş enerji panelleri	103
Şekil 3.1. Araştırma süreci	111
Şekil 3.2. Değerlendirme kriterlerinin elde edilen kaynağa göre gösterimi	116
Şekil 4.1. Ana kriterlerin önem düzeyleri.....	135
Şekil 4.2. Karbon emisyonu ve enerji yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri	136
Şekil 4.3. Gürültü yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri	137
Şekil 4.4. Su ve atık yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri	138
Şekil 4.5. Biyoçeşitlilik yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri	139
Şekil 4.6. Yeşil yönetim alt kriterlerinin önem düzeyleri.....	140
Şekil 4.7. Türkiye’deki beş büyük havaalanının çevre yönetim performans skorları	152
Şekil 4.8. Genel çevre yönetim performans sıralaması sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması.....	152
Şekil 4.9. K1 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması	154
Şekil 4.10. K2 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması	155
Şekil 4.11. K3 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması	156
Şekil 4.12. K4 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması	157
Şekil 4.13. K5 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması	158
Şekil 4.14. Bulguların yorumlanması	159
Şekil 5.1. Havaalanlarının çevre yönetim performanslarını artırabilecek öneriler.....	187

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACA	: Airport Carbon Accreditation
ACERT	: Airport Carbon and Emissions Reporting Tool
ACI	: Airports Council International
ADB	: İzmir Adnan Menderes Havaalanı IATA kodu
AGES-S	: Aircraft Ground Energy System – Simulator
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analytic Network Process
ATAG	: Air Transport Action Group
AYT	: Antalya Havaalanı IATA kodu
CAEP	: Committee on Aviation Environmental Protection
CDA	: Continuous Descent Approach
COCOSO	: Combined Compromise Solution
CORSIA	: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
COVID	: Coronavirus disease
CRITIC	: Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇYS	: Çevre Yönetim Sistemi
DEA	: Data Envelopment Analysis
DHMİ	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
ECAC	: European Civil Aviation Conference
EMAS	: Eco-Management and Audit Scheme
ESB	: Ankara Esenboğa Havaalanı IATA kodu
ETS	: Emission Trading System
EUROCONTROL	: European Organisation for the Safety of Air Navigation
EWP	: Exponentially Weighted Product
GRI	: Global Reporting Initiative
HC	: Hidrokarbon
IATA	: International Air Transport Association
ICAO	: International Civil Aviation Organization
ISO	: International Organization for Standardization
IST	: İstanbul Havaalanı IATA kodu

İHA	: İnsansız Hava Aracı
LED	: Light-emitting diode
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LTO	: Landing take-off
MARCOS	: Measurement Alternatives and Ranking according to the Compromise Solution
NO_x	: Azot oksit
RTK	: Revenue Tonne Kilometer
SAF	: Sustainable Aviation Fuel
SARP	: Standards and Recommended Practices
SARS	: Severe Acute Respiratory Syndrome
SAW	: Simple Additive Weighting
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SO_x	: Sülfür oksit
SWARA	: Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜBİTAK MAM	: TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
VIKOR	: VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje

1. GİRİŞ

Başlıca fosil yakıt kullanımının neden olduğu iklim değişikliği gibi olumsuz çevresel etkiler, özellikle hükümet politikaları, iş stratejileri ve ekolojik etkiler bakımından yıllardır küresel düzeyde endişe yaratan bir konudur. Teknoloji ve endüstriyel gelişmeler her ne kadar insan yaşamını kolaylaştırırsa da bu gelişmelerin tam da merkezinde yer almaktadır (Rajan, 2006). Havayolu taşımacılığı da hem ölçek olarak hem de teknolojik bakımdan gelişen sektörlerin başında yer almakta, bir yandan sosyal ve ekonomik fayda yaratırken diğer yandan çevreye etkisiyle gündeme gelmektedir.

Hava taşımacılığı; geçmişte petrol krizi, 11 Eylül saldırıları, SARS virüsü ve 2008 ekonomik krizi gibi krizlerden etkilense de sürekli bir artış eğilimindedir (Pearce, 2012; Tanrıverdi vd., 2020). COVID-19 pandemisi önceki krizlerden daha büyük bir etki gösterse de pandemi sonrası veriler, tıpkı diğer krizlerden sonra olduğu gibi büyümenin devam edeceğine dair sinyaller vermektedir (EUROCONTROL, 2021a). Ancak havacılığın çevreye etkileri son yıllarda büyüyen bir endişe konusu haline gelmiştir. Havacılık endüstrisi havada büyük miktarda yakıt harcamakta, bu yüzden havacılık sera gazı emisyonları iklim değişikliğinin ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Küresel havacılık sektörü, toplam insan kaynaklı CO₂ emisyonunun %2'sinden sorumlu iken, tüm ulaşım sektörünün içinde havacılık sektörünün payı ise yaklaşık %12 seviyesindedir (ATAG, 2020a). Mevcut projeksiyonlar, 2050 yılında hava yolcu seyahatlerine yönelik talebin 10 milyarı aşabileceğini tahmin etmektedir. Olağan akışta beklenen 2021-2050 karbon emisyonları yaklaşık 21,2 gigaton CO₂'dir (IATA, 2021). Bu, hava taşımacılığındaki büyümenin ancak çevresel etkinin en aza indirgenmesiyle anlamlı olacağını göstermektedir.

Hava taşımacılığının merkezi konumundaki havaalanları ise yerel ve ulusal ekonomiye ciddi katkıları olmasıyla birlikte hava araçları ve insanlar için kümelenme noktalarıdır ve başta hava kirliliği, gürültü ve toprak/su kirliliği olmak üzere önemli çevresel etkiler barındırmaktadır. Havacılıkta çevresel sürdürülebilirlikle ilgili odak noktasının önemli bir kısmı hava aracı emisyonlarının azaltılmasına yönelmiş olsa da, havaalanları da yeşil dönüşüm vizyonunu desteklemek konusunda giderek artan bir baskı altındadır (Ryley vd., 2013). Uçaklardan kaynaklanan emisyonlar havacılık emisyonlarının baskın türü olsa da, havaalanlarının işletilmesi ve çalışanların, yolcuların, yüklerin, malların ve atıkların havaalanı sahalarında taşınması da atmosfere gaz ve partikül salınmasına neden olmaktadır (Daley, 2010, s. 30). Genel olarak, bu emisyonlar herhangi

bir fosil yakıt yakma işleminin tipik bir örneğidir. Bu nedenle, havaalanları ve yardımcı araçları potansiyel olarak CO₂, H₂O, NO_x, SO_x, HC, CO ve partiküller yaymaktadırlar. Bir diğer önemli çevresel ve aynı zamanda sosyal etki havaalanı çevresindeki gürültü kirliliğidir. Gürültü, havaalanlarındaki uçak operasyonlarıyla ilgili şikayetlerin başlıca nedenlerinden biridir ve bir havaalanının genişletilmesi önerildiğinde bölge sakinleri ve komşuların dile getirdiği başlıca sorunlardandır (Antoine ve Kroo, 2004). Ayrıca gürültü, havaalanlarının büyümesinin önündeki başlıca kısıtlardan biridir (Gasco vd., 2017). Diğer çevresel etkiler arasında ise çevredeki bitki ve hayvan türleriyle etkileşim (Altuntaş, 2019) ve katı/sıvı atıkların su ve toprak kirliliği etkileri (Pitt vd., 2002) bulunmaktadır. Özetle havaalanı operasyonları, her aşamasında kirlilik oluşturma potansiyeli barındırmaktadır. Bu etkileri azaltmak için Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) yeni düzenlemeler hayata geçirmekte ve genel kurullarda çevresel hedefler belirlemekte, Uluslararası Havaalanları Konseyi (ACI) ise çevre komitesi aracılığıyla karbon akreditasyonu, yerel hava kalitesi ve gürültü konularında politika tavsiyeleri vermektedir. (ACI, 2023a; ICAO, 2019). Uçak emisyonları Kyoto protokolüne dahil edilmemesine rağmen, doğrudan havaalanı işletmecileri tarafından kontrol edilen emisyonlar yer bazlıdır ve bu nedenle ulusal emisyon hedeflerine tabidir. Havaalanları için güncellenen çevresel düzenlemelere uyum sağlayabilmek ve çevresel etkilerini kontrol altına almak, gelecekte uluslararası alanda havacılık faaliyetlerine devam edebilmek adına kritik öneme sahip olacaktır.

Bu bağlamda bu araştırma, havaalanlarının çevre performanslarının değerlendirilebileceği çevresel kriterleri ve Türkiye'deki beş büyük havaalanının çevre performansının değerlendirilmesini konu edinmektedir. Araştırmanın giriş bölümünde araştırmanın amacı, soruları, önemi, kapsamı ve sınırlılıkları ele alınmıştır. İkinci bölümde kavramsal çerçeve, üçüncü bölümde ise araştırmanın yöntemi kapsamında araştırma süreci ve analizler için kullanılan karar verme yöntemleri ayrıntılı biçimde verilmiştir. Dördüncü bölümde araştırma bulguları, beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Soruları

Bu araştırma, havaalanlarının çevresel etkilerini yönetebilmesine katkı sağlamak amacıyla havaalanlarının çevre yönetim performansını belirleyen kriterlerin (yeşil kriterler) neler olduğunu ortaya koymayı, bu kriterlerin önem ağırlıklarını tespit etmeyi ve Türkiye'de yolcu sayısı bakımından en büyük beş havaalanının çevre yönetim performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmaktadır:

- Havaalanlarının çevre yönetim performansını belirleyen kriterler nelerdir, literatürde var olan kriterlerden daha farklı önemli kriterler var mıdır?
- Havaalanlarının çevre yönetim performansını belirlemede etkili olan kriterlerin göreceli önem ağırlıkları nedir?
- Çevresel kriterler doğrultusunda Türkiye'deki beş büyük havaalanının birbirlerine göre çevre yönetim performansları ne düzeydedir?

1.2. Araştırmanın Özgün Değeri ve Kapsamı

Havacılık alanında sürdürülebilirliğe yönelik artan ilgi, konunun akademik alanda da giderek popüler hale gelmesine yol açmıştır (Chen ve Ren, 2018; Monsalud vd., 2015). Sürdürülebilir havacılık literatürü incelendiğinde literatürde havaalanlarındaki sera gazı emisyon değerlerinin hesaplanması (Kafalı ve Altuntaş, 2020), GRI sürdürülebilirlik raporlaması verileriyle havaalanlarının kurumsal sürdürülebilirlik seviyelerinin kıyaslanması (Koç ve Durmaz, 2015), karbon salınım seviyesi ve azaltılmasına yönelik stratejiler (Monsalud vd., 2014), yeşil filo yönetimi (Lee vd., 2018), alternatif yakıtların kıyaslanması (Chen ve Ren, 2018), gürültü ve atık yönetimi (Li vd., 2003; Pitt vd., 2002), vb. konularda çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmaya benzer şekilde Kılış ve Kılış (2016) çevresel kriterlerle hizmet kalitesi kriterlerini birleştirerek havaalanlarının sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmişlerdir. Kumar vd. (2020) ise tamamen nitel kriterlerle Hindistan havaalanlarının yeşil performanslarını değerlendirmişlerdir. Chao vd. (2017) Delphi metodu kullanarak çevre performans göstergeleri oluşturmuş ve isimsiz beş uluslararası havaalanını değerlendirmişlerdir. Söz konusu çalışmada kullanılan göstergelerin tamamı nitel kriterlerden oluşturulmuştur. Lu vd. (2018) Tayvan'daki üç havaalanının sürdürülebilirlik seviyelerini dengeli skor kartıyla ölçmüşlerdir. Sreenath vd. (2021) ise gelişmekte olan ülkelerdeki yoğun havaalanlarının sürdürülebilirlik uygulamalarını incelemişler, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle bu uygulamalar arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak sürdürülebilirlik girişimlerini destekleyen yenilikçi teknolojileri sunmuşlardır. Ancak Türkiye bağlamında havaalanları için çevresel sürdürülebilirlik kriterlerini ortaya koyan ve havaalanlarının çevresel sürdürülebilirlik seviyelerini karşılaştırmalı şekilde değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca yapılan literatür incelemesi ve uzman görüşmeleri neticesinde, daha kapsamlı ve bütüncül sonuçlar alabilmek adına özgün

biçimde hem nitel hem de nicel kriterler oluşturulmuştur. Bu sayede literatürden farklı olarak daha geniş kapsamlı çevresel kriterlerle bir değerlendirme yapılmıştır. Literatürdeki çevresel kriterlerden faydalanılmış olmakla birlikte uzmanlarla yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmeler sayesinde literatürde rastlamadığımız yeni kriterler de oluşturularak değerlendirilmede kullanılmıştır. Araştırmada sadece çevresel sürdürülebilirlikle ilgili performans göstergeleri üzerinde durulmuş olup sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik konuları bu araştırmanın kapsamına dahil edilmemiştir. Havaalanlarının değerlendirilmesi aşamasında ise literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak dört ayrı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmış ve tüm sonuçlar Borda sayım yöntemiyle birleştirilmiştir.

Bu çalışmada havaalanlarının çevresel performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler çevresel sürdürülebilirlik kriterlerini kapsamaktadır. Çalışma, Türkiye’de yolcu ve uçak trafiği bakımından en büyük ilk beş havaalanını (İstanbul Havaalanı, Sabiha Gökçen Havaalanı, Antalya Havaalanı, İzmir Adnan Menderes Havaalanı ve Ankara Esenboğa Havaalanı) kapsamaktadır.

1.3. Araştırmanın Önemi

Önemi giderek daha da yaygınlaşan sürdürülebilirlik ve yeşil kavramları, içinde bulunulan yüzyılın kalanında hiç şüphesiz hayatı derinden etkilemeye devam edecektir. Ülkemizin büyüme ve gelişmesinde lokomotif rolü üstlenen havacılığın sürdürülebilir kalkınmasında, giderek daha da ticarileşen, hatta şehirleşen havaalanlarının önemli bir yeri vardır. Bu havaalanlarının ne kadar yeşil olduğunun tespit edilmesi; halihazırdaki eksikliklerin görülebilmesini sağlayacak, gelecekte atılacak sürdürülebilirlik adımlarında yol gösterici olacaktır. Ayrıca kapsayıcı çevre yönetim kriterlerinin (yeşil kriterler) belirlenmesi, çevre yönetim performans değerlendirmesinde bir standart oluşturulmasına katkıda bulunacaktır.

Türkiye’de başta turizm olmak üzere birçok sektörü destekleyen havacılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından havaalanlarının ne kadar “yeşil” olduklarını tespit etmek ve değerlendirmek, havaalanı işletmecilerine ve karar vericilere iyileştirmelere hangi alanlarda ihtiyaç duyulduğuna dair ipucu verecektir. Bu sayede uluslararası politikaların ulusal bazda gereklerini yerine getirme sürecine katkı sağlanacaktır. Türkiye’de bu kapsamda SHGM 2009 yılında havaalanlarında faaliyet gösteren işletmelerin operasyonları sonucunda ortaya çıkan / çıkabilecek olan olumsuz çevresel

etkileri ve sera gazı emisyonlarının olumsuz etkilerini tespit ederek azaltabilmek amacıyla Yeşil Havaalanı Projesi başlatmıştır. Ancak SHGM'nin Yeşil Havaalanı projesindeki sektörel kriterlere bakıldığında, havaalanı içerisindeki her bir hizmet sağlayıcıyla ilgili ayrı şartların olduğu görülmektedir. Ancak söz konusu kriterlerin prosedür ağırlıklı ve evet/hayır cevabı taşıyan şartlar olduğu görülmüştür. Benzer şekilde DHMİ de halihazırda "Karbonsuz Havalimanı Projesi" üzerinde çalışmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu kriterlerin nicel ve nitel olarak ölçülebilirlik ve veri toplanabilirlik açısından rafine edilmesi, akademik literatürle desteklenerek güncellenmesi sonucunda daha pratik ve bütüncül bir yeşil kriter listesi oluşturulması literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışmanın sonuçlarının SHGM ve DHMİ'nin çevre konusundaki çalışmalarına yardımcı olabilecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.

1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma, birtakım sınırlılıklar barındırmaktadır. İlk olarak araştırmanın örneklemini Türkiye'de yolcu trafiği bakımından en büyük beş havaalanı oluşturmaktadır. Her ne kadar diğer havaalanları da çevresel etkiler barındırsa da bunların çevresel etkileri ve çevre yönetim performansları araştırma kapsamında ele alınmamıştır. Bunun nedeni, küçük ve orta ölçekli havaalanlarının çevresel etkilerinin görece daha az olması ve bu havaalanlarının çevresel verilerine erişmenin zor olacağı düşünülmesidir (Upham ve Mills, 2005). Ayrıca araştırmada beş havaalanının aynı yıllarda aynı değişkenlerine ait nicel verilerine erişilemediği için hem güncel hem de aynı yıla ait veri olan 2021 yıl sonu verileri esas alınmıştır. Daha güncel veriler tüm havaalanları için yayınlanmadığından dolayı erişilememiştir. Nitel kriter verileri ise 2021 Eylül – 2022 Aralık aralığında toplanmış ve mümkün olduğunca nicel kriterlerle aynı zamanda veri toplanmasına çalışılmıştır. Ayrıca örneklemdaki havaalanlarının çevresel verilerinin raporlanma şeklinde belirli bir standart bulunmamaktadır ve daha eski veriler de mevcut değildir. Bu yüzden birden fazla yılı içeren periyodik bir döneme ait boylamsal bir araştırma yapılamamıştır. Araştırmada nicel çevresel kriter verilerini desteklemek için nitel kriterlere de yer verilmiştir. Nitel verilerin değeri ve bilimsel açıdan önemi bir kenara, bu çalışma bir performans değerlendirme çalışması olduğu için daha objektif sonuçlar verecek nicel kriterlerin tek başına kullanılmaması bir sınırlılık doğurabilir. Bu sınırlılığı en aza indirmek için araştırmada nicel kriterlere nitel kriterlerden daha fazla yer verilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Havaalanları, küresel hava taşımacılığı ağının vazgeçilmez bir parçası olarak, insan hareketliliğinin ve ticaretin anahtar merkezlerinden biridir. Ancak, bu önemli ulaşım altyapısı, geniş çaplı faaliyetleri ve büyük tesisleri nedeniyle çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir. Havaalanlarının giderek büyümesi ve operasyonların artması, ekonomik ve sosyal faydayı artırmasının yanı sıra enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, gürültü kirliliği, su kullanımı ve doğal yaşam alanlarına olan etkileri gibi çeşitli çevresel sonuçları beraberinde getirmektedir (Gössling ve Upham, 2009). Havaalanları bu etkileri kontrol altına almak konusunda giderek artan bir baskıyla karşı karşıyadır (Marais vd., 2016). Bu çevresel etkileri en aza indirmek ve sürdürülebilir uygulamaları benimsemek, havaalanlarının çevresel düzenlemelerle uyumlu çalışmasını ve çevresel etkilerini yönetmesini gerektirmektedir.

Havaalanlarında; uçaklara, yolculara ve kargolara gereken hizmet ve altyapının sağlanabilmesi için özel bölümler ve ekipmanlar bulunmaktadır. Çevresel etkiler, havaalanının bölümlerine ve faaliyetlerin türüne göre değişiklik göstermektedir. Bu bakımdan öncelikle havaalanlarının temel işlevleri, havaalanı faaliyetleri, ilgili paydaşlar ve havaalanında kullanılan ekipmanlar gibi kavramsal bilgilerin verilmesi çevresel etkileşimin anlaşılması açısından önem arz etmektedir. Benzer şekilde havaalanlarını ilgilendiren çevresel düzenlemeler, çevresel etkilerin anlaşılması, ölçülmesi ve raporlanması gibi çevresel etkilerin yönetilebilmesinde kritik öneme sahip olan kavramsal bilgiler de bu başlık altında ele alınmıştır.

2.1. Havaalanı Kavramı

Hava taşımacılığı sisteminin önemli bir parçası olan havaalanları, yolcuların ve yüklerin karadan havaya aktarılması ve havayollarının iniş kalkış yapabilmesi için gereken tüm altyapıyı sağlayan yapılardır (Graham, 2023, s. 1). ICAO'ya göre ise havaalanları; “tüm binalar, tesisler ve ekipmanlarıyla tamamen veya kısmen hava araçlarının varış, kalkış ve yüzey hareketleri için kullanılması amaçlanan kara veya su üzerindeki tanımlanmış bir alan” şeklinde tanımlanmıştır (ICAO, 2006a).

Hava taşımacılığı hizmetinin sunumu havaalanlarında başlamakta, havacılık faaliyetlerinin büyük bölümü havaalanlarında icra edilmektedir (Ateş, 2018, s. 3). Her havaalanı, coğrafi konumu ve durumu, hava/kara tarafı tesislerinin kapsamı, operasyon karması, hizmet verilen yerleşim alanı, nüfus demografisi, işletme özellikleri, yolcu/kargo

hacimleri, mevsimsellik ve mülkiyet yapısı gibi özellikler açısından farklılık gösterebilmektedir. Ancak tüm ticari havaalanları; uçakların emniyetli bir şekilde iniş, kalkış ve manevra yapmasını sağlayan donanım ve tesisler, uçakların uçuşlar arasında hizmet almasını sağlayan donanımlar, hava trafik kontrol birimleri, yolcu terminalleri ve kargo hangarları ile yolcuların, bagajların ve kargonun emniyet, güvenlik, gümrük ve göçmenlikle ilgili uluslararası düzenlemelere uygun olarak transferinin sağlanabileceği tesisler dahil olmak üzere benzer temel altyapıyı sunmaktadır (Budd ve Ison, 2018, s. 51). Söz konusu havaalanı faaliyetleri temelde hava trafik, yer operasyon ve ticari aktiviteler şeklinde gruplandırılabilirken faaliyetlerin gerçekleştirildiği tesisler ise hava tarafı ve kara tarafı şeklinde gruplandırılmaktadır (Doganis, 1992, s. 7). Hava tarafında uçakların iniş kalkışı sırasında oluşan yerel hava kirliliği, iniş kalkış ve yer hareketlerinin çevredeki yerleşimler üzerindeki gürültü etkisi, uçakların park hareketleri sırasında ortaya çıkan emisyonlar, yer hizmeti araçlarının emisyon salınımları, uçak hizmeti neticesinde ortaya çıkan atıklar, uçak yıkama, buz çözme ve önleme sıvılarının uygun şekilde toplanmama potansiyeli vb. çevresel çıktılar söz konusu olabilmektedir. Kara tarafında ise daha çok terminal binasındaki hizmet alanlarındaki enerji tüketimi, su tüketimi, katı ve sıvı atık oluşumu, havaalanına ulaşımında kullanılan araçların gürültü ve karbon emisyonları çevresel sorunlar doğurabilmektedir (Ashford vd., 2013; Puls ve Wittmer, 2021).

ICAO, havaalanlarını tanımlarken 4'lü kodlar, IATA ise 3'lü kodlar kullanmaktadır. ICAO kodları tanımlarken ülkelere ve bölgelere birer kod atamışken, IATA havaalanının isminden yola çıkarak kodları belirlemiştir. Bu tezde örnekleme bulunan havaalanları ifade edilirken IATA'nın 3'lü kodları kullanılmıştır. Havaalanlarının sınıflandırmasında ise ICAO havaalanını kullanan hava araçlarının boyutlarına göre bir sınıflandırma yapmıştır. ABD yaklaşımında ise havaalanları yine büyüklüğüne göre sınıflandırılmakta, havaalanını en yoğun kullanacak olan "kritik" veya "tasarım" uçağına göre tasarlanmaktadır (Horonjeff vd., 2010, s. 174). Kritik uçağın tasarım faktörlerinin çevre dostu olması, havaalanında oluşan çevresel çıktıları azaltması bakımından önemlidir. Havaalanı tesis ve donanımlarıyla ilgili detaylı bilgiler, ICAO'nun Ek 14 dokümanlarında yer almaktadır. Bu tesis ve donanımların Ek 14'de belirtildiği gibi planlanması, tasarlanması, işletilmesi ve bakımının yapılması emniyetli ve verimli bir operasyon yürütülmesini sağlayacaktır. Bu ise olası çevresel tehditlerin bertaraf edilmesinde ya da azaltılmasında kritik öneme sahiptir. Öte yandan Ek 14, havaalanlarının işletilmesi ve geliştirilmesinde dikkate alınması gereken çevresel boyutları içermemektedir (ICAO,

2018a). ICAO, havacılıkla ilgili çevresel konulardan hava aracı gürültüsü ve emisyonla ilgili olanları Annex 16 Cilt 1,2 ve 3’de ele alırken, sektör genelinde karbon azaltımı tasarısı olan CORSIA’yı Annex 16 Cilt 4’de ele almıştır. Havaalanlarına özel çevresel konulara ise ICAO, 9184 numaralı “Havaalanı Planlama Kılavuzu Kısım 2 – Arazi Kullanımı ve Çevresel Yönetim” dokümanında yer vermiştir (ICAO, 2018b).

Sivil havacılığa hizmet veren havaalanları, ortalama günde birden az özel uçağa hizmet veren kontrolsüz pistlerden, yılda yüz binlerce uçuşa ve milyonlarca yolcuya hizmet veren büyük uluslararası havaalanlarına kadar çeşitlilik göstermektedir (Horonjeff vd., 2010, s. 11). Tablo 2.1, 2022 sonu ACI verilerine göre yolcu sayısı bakımından en yoğun 10 havaalanını göstermektedir (ACI, 2023b). Büyük havaalanlarının çevresel etkileri ortalama bir şehirle kıyaslanacak düzeyde olduğu için bu havaalanlarını yakından incelemek önemlidir (Upham ve Mills, 2005). Öte yandan dünya genelinde çoğu havaalanı küçüktür ve trafikleri yüksek olan havaalanları az sayıda belli alanlarda yoğunlaşmıştır. Aralarında İstanbul Havaalanı’nın da bulunduğu büyük merkezler ise küresel hava taşımacılığının komuta ve kontrol noktaları olmanın yanı sıra, kendi başlarına da büyük ticari işletmeler haline gelmiştir (Budd ve Ison, 2018, ss. 49–50). Günümüzde havaalanları, yılda 4,5 milyar yolcuya ve 46,8 milyon uçuşa hizmet vermektedir (ATAG, 2020a). Artan talep ve hızlı gelişim ihtiyacı neticesinde yaygınlaşan özelleştirme uygulamaları ve ticarileşme yaklaşımlarıyla birlikte havaalanlarında giderek daha fazla sosyal, ticari ve turistik gelişim eğilimi görülmekte olup, konferans tesisleri, alışveriş alanları, oteller ve turizm ofisleri yaygınlaşmıştır (Edwards, 2005, s. 6). Öte yandan bu ticari faaliyetler, havaalanları için ekstra çevresel baskı ve maliyetler de getirmektedir (Humphreys ve Francis, 2002). Ticari etkileşimin fazla olduğu büyük havaalanlarında yolcuların yiyecek ve içecek ihtiyacı sonucu oluşan organik ve organik olmayan atıkların artması, artan su tüketimi, enerji tüketimini ve ihtiyacını artıran iklimlendirme, ışıklandırma, otomasyon vb. sistemlerin daha fazla kullanımı gibi çevresel sonuçlar meydana gelebilmektedir.

Tablo 2.1. Yolcu sayısı bakımından dünyanın en büyük 10 havaalanı (ACI, 2023b)

<i>Sıralama</i>	<i>Havaalanı</i>	<i>Yolcu sayısı (milyon)</i>
<i>1</i>	Atlanta	93,69
<i>2</i>	Dallas/Fort Worth	73,36
<i>3</i>	Denver	69,28
<i>4</i>	Chicago	68,34
<i>5</i>	Dubai	66,06
<i>6</i>	Los Angeles	65,92
<i>7</i>	İstanbul	64,28
<i>8</i>	Londra	61,61
<i>9</i>	Yeni Delhi	59,49
<i>10</i>	Paris	57,47

Ayrıca havaalanları, hava taşımacılığı sektöründe çok önemli bir rol oynamalarının yanı sıra, hizmet verdikleri bölgeler için stratejik bir öneme sahiptir. Bazı bölgelerde, yüksek hızlı demiryolu ve önemli karayolu ağlarına bağlantılar kurarak şehirler arası ulaşım ağına entegre olmaktadır (örneğin Paris Charles de Gaulle ve Frankfurt havaalanları) (de Barros, 2013, s. 226). Bu sayede havaalanları sosyal ve ekonomik rolüyle, küresel bağlantıları kolaylaştırmakta, farklı kültürlerin buluştuğu ve ekonomik kalkınmanın teşvik edildiği önemli sosyal kavşak noktalarını temsil etmektedirler (Paling ve Thomas, 2018). Önemli istihdam fırsatları sağlayarak ekonomik kalkınmayı teşvik edebilir, izole edilmiş topluluklar için bir kurtarıcı rolü oynayabilirler (Graham, 2023, ss. 1–2). Bununla birlikte havaalanları hem buldukları çevre hem de yakınlarında yaşayan sakinlerin yaşam kalitesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptirler. Özellikle küresel ısınmayla bağlantılı olarak genel çevre sorunlarına ilişkin artan farkındalık, havaalanlarıyla ilgili çevresel kaygıları da artırmıştır (Daley, 2010).

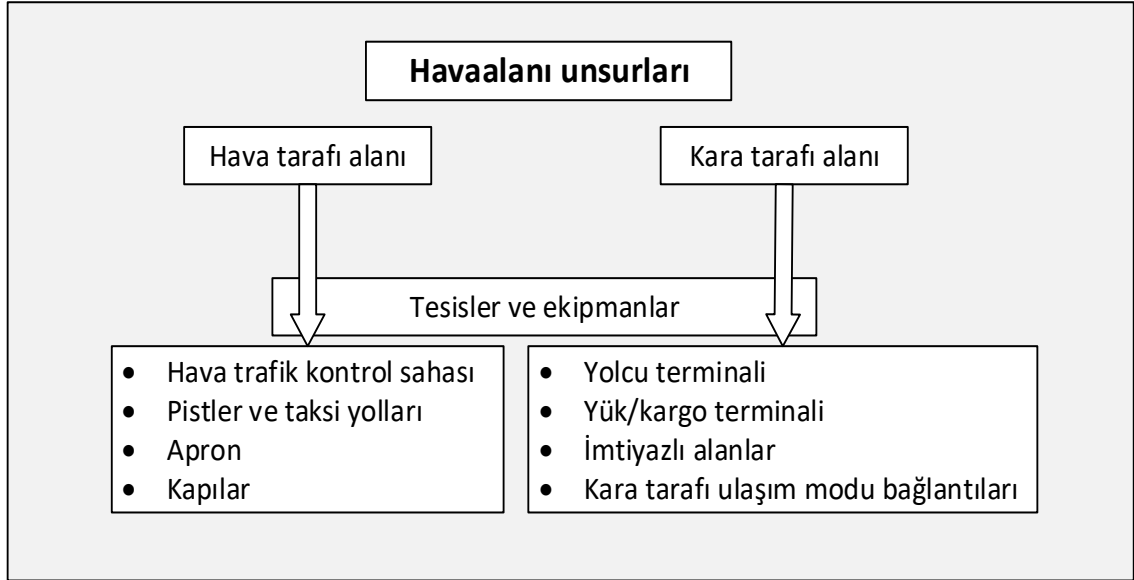
2.1.1. Havaalanı unsurları

Havaalanları temelde hava tarafı ve kara tarafı unsurlarından oluşmaktadır. Hava tarafı pistleri, taksi yollarını, apronları, uçak bakım alanlarını ve hava trafik kontrol tesis ve ekipmanlarını içermektedir. Kara tarafı ise yolcu terminal binalarını, kargo terminallerini, diğer destekleyici tesisleri (örneğin havaalanı idaresi, kamu hizmeti tesisleri ve yiyecek-ıçecek hizmetleri), yer erişim tesislerini (kaldırım kenarı, erişim yolları, otomobil park alanları ve binaları, demiryolu istasyonları, vb.) ve havacılık dışı ek tesisleri (örneğin oteller, ofis binaları ve alışveriş alanları) içermektedir (Odoni, 2016a, s. 361).

Havaalanlarının çevreyle etkileşimini daha iyi anlayabilmek için havaalanındaki hava ve kara tarafı unsurlarını tanımlamak önem arz etmektedir.

İşlevsel olarak terminal binaları, kara tarafını hava tarafından ayıran binalardır ve kamusal alan ile havaalanının mülkü arasındaki sınırı belirlemektedir. Kara tarafı ile hava tarafı arasındaki çizgiyi geçmek, yerden havaya geçişin sembolüdür. Bilet kontrolleri, gümrük ve göçmenlik bariyerleri, bagaj alımı ve gümrüksüz salonlar bu geçişin yapıldığı alanlardır (Edwards, 2005, s. 9). Genellikle hava tarafında açığa çıkan sera gazı emisyonlarının çoğunluğu hava tarafında, uçakların iniş kalkış ve manevraları sırasında (%60) ortaya çıkarken daha az bir kısmı ise kara tarafında yer hizmeti sağlanırken (%20), yer erişim sistemlerinden (%15) ve havaalanı binalarındaki enerji tüketimlerinden (%5) ortaya çıkmaktadır (Janić, 2007).

Kaynaklarda küçük farklılıklar ve detaylar olmakla birlikte temelde havaalanı elemanlarının gruplandırılması Şekil 2.1'deki gibi gösterilmektedir (Janić, 2019, s. 3). Aşağıdaki alt başlıklarda hava tarafı ve kara tarafı elemanlarına dair bilgiler verilmiştir.



Şekil 2.1. Havaalanı unsurları (Janić, 2019, s. 3)

2.1.1.1. Hava tarafı unsurları

Havacılık operasyonları için emniyetin önemi nedeniyle, hava tarafı tasarımı, ICAO tarafından yıllar içinde kabul edilen ve Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 14'te yayınlanan ayrıntılı bir dizi standart ve önerilen uygulamaya uygun olmalıdır (Odoni, 2016a, s. 366). Bir havaalanının hava tarafı, pistler, apron ve taksidyolları gibi tüm uçak

manevra alanlarını ve bunlara bitişik topraklı veya sert yüzeyli alanları kapsamaktadır (Budd ve Ison, 2017, s. 42). Başka bir deyişle uçaklara erişimin mümkün olduğu alanlardır. Bir havaalanının hava tarafında bulunan en belirgin tesisler pistler, taksi yolları, apron (uçak park alanları), seyrüsefer yardımcıları, aydınlatma sistemleri, tabelalar ve işaretlerdir. Buna ek olarak, hava kurtarma ve yangınla mücadele (ARFF) tesisleri, kar küreme ve uçak buz çözme istasyonları ve yakıt tesisleri gibi havaalanlarının emniyetli bir şekilde işletilmesine yardımcı olacak tesisler de hava tarafında veya yakınında bulunabilir (Young ve Wells, 2019, s. 102). Tesislerin ölçeği ve çeşitliliği havaalanının büyüklüğüyle değişiklik göstermektedir. Hava tarafı, bir havaalanının toplam arazi alanının yüzde 80-90'ını kapsayabilir ve yetkisiz erişimi önlemek için güvenli bir çevre çiti ile korunmaktadır.

Hava tarafı uçaklara hizmet verilen alanlar olup çevresel etkilerin yoğunlukta olduğu bölümdür. Hava tarafındaki hava seyrüsefer sistemlerinin, ekipmanların, iklimlendirme, aydınlatmalar vb. tesislerin işlevselliğinin sağlanması için belli miktarda enerji ihtiyacı söz konusudur (Baxter vd., 2018). Ayrıca hava tarafı apronları, hava tarafında bulunan hava kargo terminalleri ve uçak bakım merkezleri için enerji sağlanması gerekmektedir (Janić, 2011). Öte yandan bir havaalanının operasyonel alanında, atık sular önemli bir çevresel tehdit oluşturmaktadır ve nispeten yüksek konsantrasyonda kirletici içerdikleri için hem toprak hem de yeraltı suları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilirler (Somerville vd., 2015, s. 85). Yağmur suları kar ve buz temizleme kimyasalların kullanılması, havaalanı apron alanlarında kazara yakıt ve yağ dökülmesi gibi havaalanı operasyonlarından etkilenebilir. Söz konusu çevresel etkiler, aşağıdaki başlıklarda hava tarafı unsurları için ayrıca değerlendirilmiştir.

2.1.1.1.1. Pistler

Havaalanlarının en önemli varlığı olan pistler, havaalanı yüzeyinde uçakların emniyetli kalkış ve inişleri için hazırlanmış yüzey kaplamalı alanlardır (Horonjeff vd., 2010, s. 177). Bir havaalanında, havaalanının çeşitli koşullar altında emniyetli ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak şekilde yerleştirilmiş, yönlendirilmiş ve yapılandırılmış bir veya birkaç pist bulunabilir.

Motorlu uçuşun ilk yıllarında, ilk uçakların nispeten düşük ağırlığı, özel bir iniş yüzeyi hazırlamaya gerek olmadığı ve kalkış ve inişlerin herhangi bir yönden gerçekleşebileceği anlamına gelmekteydi. Ancak 1920'lerin ortalarından itibaren giderek

daha büyük ve ağır uçakların kullanılmaya başlanması, daha güçlü ve daha dayanıklı sert zeminli pistlerin hazırlanmasını gerektirmiştir (Budd ve Ison, 2017).

Pistlerin yerleşimleri, yönelimleri ve fiziksel özellikleri bir havaalanının kapasitesini, operasyonel verimliliğini ve emniyetini etkilemektedir. Pistlerin konumu, yönü ve sayısının belirlenmesinde başlıca aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır (Budd ve Ison, 2017; Özgür, 2018, s. 42):

- Gürültü, doğal canlı çeşitliliği, yerel hava kalitesi gibi çevresel kısıtlamalar,
- Hizmet verilecek hava trafiğinin türü ve yoğunluğu,
- Yerel hava koşulları (özellikle hakim rüzgar ve görüş mesafesi),
- Havaalanı ve çevresinin topografik yapısı,
- Havaalanı ve etrafındaki hava trafiği,
- Uçak performans gereksinimleri,

Bu kısıtlar içinde gürültü kısıtlamaları son yıllarda havaalanlarının planlanması aşamasında giderek daha fazla gündeme gelmekte ve planlama aşamasında yerel halkla iş birliğini gerektirmektedir. Bunun belki de bugüne kadarki en iyi örneği, yeni bir piste izin verilmesinin ön koşulu olarak yerel toplum ve planlama otoritesiyle ortaklaşa 34 çevresel önlem paketinin müzakere edildiği Manchester Havaalanı'dır (Humphreys ve Francis, 2002). Gürültü özellikle havaalanı yakınında yaşayan insanların hayat kalitesini ve sağlıklarını olumsuz etkilemektedir (Morrell vd., 1997). Pistler planlanırken varış ve kalkış güzergahlarının mümkün olduğunca yerleşim alanlarından ve okul, hastane gibi hassas yapıların üzerinden geçmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bölge ekosistemine, yer altı ve üstü kaynaklarına etkileri de dikkate alınmalıdır (Özgür, 2018, ss. 43–44).

Bir uçağın kanatları üzerindeki hava akışını en üst düzeye çıkarmak ve maksimum miktarda kaldırma kuvveti üretmek için, uçağın rüzgâra doğru inmesi ve kalkması gerekmektedir. En sık görülen rüzgâr yönü hakim rüzgar olarak adlandırılır ve pistler uçuşun bu doğal yardımcısından faydalanmak için ona göre hizalanır (Budd ve Ison, 2017). Bir havaalanındaki pist veya pistlerin uygun yönü, bir rüzgâr gülü kullanılarak grafik vektör analizi yoluyla belirlenebilmektedir. Pistlerin konumu ve yönünü belirlemede gürültüden daha çok öne çıkan unsur hakim rüzgar ve görüş gibi yerel coğrafi koşullardır. Hakim rüzgar yönünün ve dolayısıyla optimum pist yönünün belirlenmesinin yanı sıra diğer önemli tasarım hususları arasında pistlerin sayısı ve fiziksel boyutları yer almaktadır. Pist sayısı, en yoğun operasyonlar sırasında mevcut talebi karşılamak için yeterli olmalıdır.

En yoğun dönemi neyin oluşturduğunu ve diğer zamanlarda yetersiz kullanılabilen pist altyapısı inşa etmenin maliyet ve çevresel açıdan etkin olup olmadığını belirlemek için dikkatli bir analiz yapılması gerekir. Pist uzunluğu kısmen yerel topografya, ortalama yüzey sıcaklıkları ve yükseklik gibi sahanın fiziksel özelliklerine, kısmen de havaalanını günümüzde ve gelecekte kullanacak uçakların performans özelliklerine ve ağırlıklarına göre belirlenmektedir. Pistlerin ayrıca havaalanını kullanması muhtemelen en büyük uçaklara hizmet verecek kadar uzun, geniş ve sağlam olması gerekmektedir (Budd ve Ison, 2017; Wells ve Young, 2004). Bu sayede yeniden yatırım yapılmasının ve olası beklenmedik çevresel etkilerin önüne geçilecektir.

Pist konfigürasyonu, bir havaalanındaki bir veya daha fazla pistin sayısını ve göreceli yönlerini ifade etmektedir (Horonjeff vd., 2010, s. 177). Birçok pist konfigürasyonu mevcuttur. Temel konfigürasyonlar arasında tek pistler, paralel pistler, kesişen pistler ve açık V pistleri yer almaktadır. Havaalanı için uygun konfigürasyon belirlenirken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır (Ashford vd., 2011, s. 300):

- Pist kapasitesi,
- Terminal alanına ile havaalanı arasındaki mekânsal ilişki
- Operasyonu geliştirecek geometrik özellikler.

Pist konfigürasyonlarının havaalanı çevresindeki gürültü düzeyleri üzerinde etkisi bulunmaktadır (El-Fadel vd., 2002). Pistlerin konfigürasyonunun gürültü etkisi çevredeki yerleşim yerlerinin dağılımıyla ilişkilidir. Ancak genel olarak birden fazla yönelimli birden çok pistin olduğu karma pist konfigürasyonları her ne kadar operasyonel kapasiteyi artırsa da bir dezavantaj olarak, daha büyük bir gürültü konturu yaratacaktır (Suau-Sanchez vd., 2011, s. 282).

2.1.1.1.2. Taksi yolu

Taksi yollarının temel işlevi, uçakların pistlere ve pistlerden havaalanının diğer alanlarına (örneğin yolcu ve kargo terminal binaları ile uçak bakım ve yakıt depolama alanları) hızlı bir şekilde gidip gelmeleri için erişim sağlamaktır (Janić, 2019, s. 5; Young ve Wells, 2019, s. 122). Taksi yolu sisteminin tasarlanmasındaki ana kriter, uçağın hızlı ve en kısa yol kullanarak pist ya da pistlere manevra yapabilmesidir. Taksi yolları için tasarım standartları genişlik, taksi yolları ve paralel taksi yolları arasındaki minimum ayırma mesafeleri, uzunlamasına ve çapraz eğimler, görüş mesafeleri ve diğer nesnelere olan mesafeler gibi unsurları içermektedir (Janić, 2019, s. 5). Taksi yolları, pistin apron ve

havaalanındaki diğer alanlarla bağlantısını en kısa ve en hızlı şekilde sağlamalıdır. Bu sayede uçağın yakıt tüketimi ve harcanan zaman en aza indirgenecek, hava tarafı daha etkin kullanılacaktır (Kazda ve Caves, 2015, s. 113). Taksi sırasında uçaklar, yerleşim alanlarının yakınında en az gürültüye neden olacak yolları kullanmaya yönlendirilebilir (Daley, 2010, s. 153). Uçakların taksi yolu bekleme noktalarında beklemeleri gerekiyorsa, hava trafik yönetimi prosedürleri beklemelerin yerel sakinler üzerinde en az etkiye sahip olacak yerlerde gerçekleşmesini sağlayabilir (C. Thomas ve Lever, 2003). Taksi yollarının eğimi yeterli drenajı sağlamalıdır. Öte yandan gerektiğinden fazla eğim, taksi sırasında uçaklardan daha fazla sera gazı emisyonu salınmasına neden olabilir.

Taksi yolları genel olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılmaktadır (Özgür, 2018; Young ve Wells, 2019):

- Paralel taksi yolu,
- Pist bağlantı taksi yolu,
- Apron taksi yolu,
- Bypass/yan taksi yolu,
- Hızlı çıkış taksi yolu.

Tipik olarak, öncelikle pistlerin ve kara tarafı tesislerinin konumlandırılması ve yapılandırılması gerçekleştirilir. Taksi yolu sistemi ise daha sonra pistler ile diğer alanlar arasında bağlantı sağlamak üzere tasarlanmaktadır (Neufville ve Odoni, 2013, s. 334). Uygun tasarlanmamış bir taksi yolu sistemi, uçakların pistler ve apron arasında dolambaçlı rotalar izlemesini gerektirebilir, bu da havayolu işletme maliyetlerini ve çevresel etkileri artırır, zaman kaybına neden olur. Türünden bağımsız olarak taksi yollarının aşağıdaki hususları sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Budd ve Ison, 2017, s. 55; Kazda ve Caves, 2015):

- Uçaklar arasında yeterli ayırma sağlamak,
- Gelişleri, kalkışları veya diğer taksi yolu operasyonlarını tehlikeye atmamak, engellemek veya geciktirmemek,
- Taksi mesafelerini en aza indirmek için terminal ile aktif pist(ler) arasında uygulanabilir en kısa rotayı sağlamak,
- İniş yapan uçakların pisti mümkün olduğunca çabuk boşaltmasını sağlamak için RET'ler (veya yüksek hızlı dönüşler) dahil olmak üzere yeterli sayıda pist giriş/çıkış noktası sunmak,
- Yerel çevresel veya sosyal etkilerin en aza indirilmesi veya azaltılması.

Taksi yollarının özellikle havaalanı sınırına ve yerel konutlara yakın olabileceği durumlarda çevresel ve sosyal etki konularının, taksi yolunun faaliyetleri açısından dikkate alınması gerekmektedir. Öte yandan taksi yolunu kullanan uçaklardan kaynaklanan yer gürültüsü ile ilgili etkiler olabilir ve taksi yolu ile yerel konutlar arasında bir gürültü bandı gerekli olabilir. Bir taksi yolunun operasyonları günün veya gecenin bazı bölümlerinde kısıtlanabilir veya yer gürültüsü seviyelerini azaltmak için taksi yollarında azaltılmış uçak motoru operasyonları (veya tek motorlu taksi yolu operasyonları) kullanılabilir. Tek motorlu taksi yapmak, taksi yolunun hemen bitişiğindeki yerel konutlar için hava kalitesini ve koku seviyelerini de iyileştirebilir (Budd ve Ison, 2017, s. 56).

2.1.1.1.3. Apron

“Ramp” adı da verilen apronlar uçak park yeridir. Burada uçak park yerleri terminal binalarıyla arayüz oluşturur ve uçaklar uçuşlar arasında hizmet alır (Horonjeff vd., 2010). Apronlar tüm hareket alanı kaplamaları arasında en ağır yükü taşıyan alanlardır. Uçaklar kalkıştan hemen önce apronda maksimum kütlesine sahiptir. Bu yüzden bu alanın da kaplama gereksinimleri mevcuttur.

Apron alanları, uçakların emniyetli ve etkili bir şekilde giriş ve çıkışına olanak tanıyacak şekilde tasarlanmalı, engellerden veya diğer kısıtlamalardan arındırılmalı, yolcu ve yük alınıp bırakılması sırasında servis araçlarının (bagaj taşıma ekipmanı, teknik hizmet araçları, yakıt tankları ve ikram araçları dahil) erişimine de izin vermelidir (Ashford vd., 2011; Kazda ve Caves, 2015).

Apron tasarlanırken operasyon sahası üzerinde doğabilecek emniyet, gürültü ve egzoz gazları gibi olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, aprondan uçağa erişen personelin ve yolcuların sağlığı ve güvenliğine önem verilmesi prensipleri göz önünde bulundurulmalıdır (Kazda ve Caves, 2015, s. 128). Özellikle uçak yer gürültüsü ve hava kalitesi açısından dikkate alınması gereken çevresel ve toplumsal etki konuları önem arz etmektedir. Bazı uçak park yerlerinin kullanımı günün veya gecenin bazı kısımlarında kısıtlanabilirken, uçağın yer gürültüsünü ve emisyonlarını azaltmak için uçağın yerleşik güç sistemlerinin kullanılmasına alternatif olarak havaalanı tarafından sabit elektrikli yer güç ünitesi sağlanabilir. Çoklu Uçak Rampa Sistemleri (MARS), havaalanlarının kapılarını ve buna bağlı olarak uçağın sonraki sefere hazırlanmasını (turnaround) daha esnek ve verimli hale getirmesine olanak tanımaktadır (Budd ve Ison, 2017, s. 57).

2.1.1.2. Kara tarafı unsurları

Havaalanlarında kara tarafı elemanları, havaalanı terminali ve ilişkili tesisleri kapsamaktadır. Kara tarafı elemanlarını havaalanına ulaşım sistemi, havaalanı yer ulaşım tesisleri ve terminal binası şeklinde gruplandırmak mümkündür (Şengür, 2018, s. 62). Kara tarafı unsurlarının çevresel etkileri, genellikle hava tarafına kıyasla daha az olmakla birlikte havaalanı işletmecilerinin yönetmesi gereken başlıca konulardandır. Havaalanının kara tarafındaki alanda, birincil enerji tüketicileri havaalanı yer erişim sistemleri/modları ve yolcu ve hava kargo terminallerinin yanı sıra havaalanına hizmet veren diğer idari binalardır (Janić, 2011). Terminal binalarının ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyaçları enerji tüketimini artırırken, tesislerin inşaatı ve genişletilmesi doğal alanların tahrip edilmesine yol açabilir. Öte yandan havaalanına ulaşımında kullanılan bireysel araçlar ya da toplu taşıma araçları gürültü ve sera gazı emisyonuna neden olmaktadır (Janić, 2007). Çevresel etkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için kara tarafı unsurlarının açıklanmasında fayda vardır.

2.1.1.2.1. Havaalanına ulaşım sistemi

Havaalanına ulaşım sistemi, terminal erişim kaldırımları, bağlantılı karayolları, park tesisleri, giden ve gelen yolcuların, ziyaretçilerin ve bagajların terminale girip çıkmasını sağlayan bağlantı yollarından oluşan karmaşık bir sistemdir (Horonjeff vd., 2010, s. 384). Havaalanı ulaşım bağlantısı, yolcuyu havaalanına gidiş ve dönüşte taşımak için gereken tüm kara ulaşım tesislerini, araçları ve diğer taşımacılık türü tesislerini içerir. Ulaşım bağlantısına otoyollar, şehirlerarası ve şehir içi demiryolu hizmetleri, otomobiller, taksiler, otobüsler, özel servisler ve havaalanı dışı ve havaalanı içi park alanları ve tren istasyonları da dahil olmak üzere tüm transfer istasyonları dahildir (Young ve Wells, 2019, ss. 229–230). Bunlar içerisinde en çevre dostu olanları elektrikli otobüsler, raylı sistemler vb. fosil yakıt yakmayan toplu taşıma araçlarıdır.

Havaalanı ulaşım sistemi aşağıdaki olanakları içermektedir:

- Yolcuların terminal binasına giriş ve terminal binasından araç erişimi için yükleme ve boşaltma yapmasını sağlayan bordür cephesi
- Yolcu ve ziyaretçilere kısa ve uzun süreli park yerleri sağlayan otomobil park tesisleri ile kiralık araç, toplu taşıma, taksi vb. hizmetlerine yönelik tesisler
- Terminal bordürlerine, park alanlarına ve kamu cadde ve otoyol sistemine erişimi sağlayan araç yolları

- Otopark tesisleri ile terminal binası arasında erişimi sağlayan tüneller, köprüler ve otomatik cihazlar dahil olmak üzere yolları geçmek için belirlenmiş yaya yürüyüş yolları
- Terminaldeki çeşitli tesislere ve hava taşımacılığı, akaryakıt kamyonu park yerleri ve bakım gibi diğer havaalanı tesislerine erişimi sağlayan servis yolları ve yangın şeritleri.

Havaalanına ulaşımında yaygın kullanılan türler araba ile ulaşım, otobüs vb. karayolu toplu taşıma araçlarıyla ulaşım ve metro, tramvay gibi raylı sistemlerle ulaşım (Şengür, 2018). Avrupa'daki büyük havaalanlarının çoğunda havayolu yolcularının en az yüzde 50'si tren kullanırken, ABD'de bu sayı çok daha düşüktür (Edwards, 2005, s. 42). Havaalanlarına erişim sağlamanın ana yolu olarak özel araçların yoğun kullanımı, havaalanlarının genişleme kabiliyetini büyük ölçüde kısıtlayabilmektedir. Bir havaalanının sınırlı arazi alanı içerisinde şahsi araçlarla erişim imkanını genişletmek yerine, çevresel etkiyi sınırlandıracak alternatif kara ulaşımı biçimlerine ihtiyaç duyulduğu kabul edilmektedir (Graham, 2023). Bunlardan yer üstü ve yer altı raylı tren sistemleri, yolcu terminallerine doğrudan erişim sağlayan önemli ulaşım altyapısı elemanlarından (Örneğin Stansted Havaalanı).

Yolcular, yolculara eşlik eden ziyaretçiler, havaalanında çalışan kişiler, araç kiralama ve havaalanı kiracıları ile iş yapanlar için havaalanında veya yakınında halka açık park olanakları sağlanmaktadır. Özellikle arabayla havaalanına ulaşımın yaygın olduğu havaalanlarında bu konu oldukça önemlidir. Ticari hizmet veren havaalanlarının çoğunda kısa ve uzun süreli park için ayrı park tesisleri bulunmaktadır. (Young ve Wells, 2019). Havaalanındaki araç park yerlerinin sundurmasına kurulan güneş enerji sistemleri, havaalanına gelen araçlarının çevresel ayak izini azaltması bakımından iyi uygulama örnekleri arasında gösterilebilir (Örneğin Bodrum Havaalanı). Havaalanına gelen yolcuların terminal binasına hızlı ulaşımı ise bir diğer önemli konudur. Terminal önündeki yolcu indirme bindirme noktaları iniş ve iniş işlemlerinin yapıldığı alanlara mümkün olduğunca yakın olmalı ve az yürüme mesafesi gerektirmelidir (Şengür, 2018).

2.1.1.2.2. Terminal binası

Terminal alanı, hava tarafı ile havaalanının geri kalanı arasındaki temel arayüzdür. Karayolu ulaşım altyapısıyla uçak arasındaki ana bağlantıdır. Havaalanı terminali genellikle gelen uluslararası yolcuların ülkeyle ilk temas noktasıdır. Ülkenin vitrinidir ve

yolcu üzerinde geliştire ilk, ayrılırken de son izlenimi bırakır. İyi bir yolcu izlenimi bırakmak için, terminalin işletilme şekli ile binanın işlevselliğine öncelik verilmesi gerekmektedir (Kazda ve Caves, 2015, s. 261). Bununla birlikte terminal binasının çevre dostu yeşil tasarım standartlarına uygun inşa edilmesi, binada enerji ve su tasarrufu sağlayacaktır. Örneğin terminal binası çatısının gün ışığından maksimum düzeyde faydalanılacak şekilde tasarlanması, dış cephe yüzeylerinde yeni geliştirilen solar folyoların kurulması, çatıdaki uygun yerlere benzer alternatif enerji kaynaklarının kurulması, otomasyon sistemlerinin teknolojik altyapıyla güçlendirilmesi vb. söz konusu yeşil bina tasarımı unsurlarındandır (Edwards, 2005).

Terminal binalarında genellikle yolcu ve bagaj işleme, kargo elleçleme ve havaalanı bakımı, operasyonları ve yönetim faaliyetlerine yönelik aşağıdaki tesisler yer almaktadır (Horonjeff vd., 2010, s. 383):

- Bilet işlemleri, bagaj check-in işlemleri, uçuş bilgileri, idari personel ve tesisler için kullanılan uçak bileti gişeleri ve ofisleri.
- İmtiyazlı alanlar, yolcu ve ziyaretçiler için kolaylıklar, yiyecek hazırlama alanları ve yiyecek ve çeşitli depolama alanları gibi kamuya açık ve kamuya açık olmayan alanlardan oluşan terminal hizmet alanı
- Dolaşım, yolcu ve ziyaretçiler için bekleme lobisi
- Yolcu ve ziyaretçilerin genel dolaşımına yönelik, merdiven, yürüyen merdiven, asansör, koridor gibi alanlardan oluşan dolaşım alanları
- Giden uçuşlarda bagajların tasnif edilmesi ve işlenmesi için halka açık olmayan bagaj alanı
- Aynı veya farklı havayollarında bir uçuştan diğerine aktarılan bagajların işlenmesi için kullanılan hat içi ve hatlar arası bagaj alanı
- Gelen bir uçuştan bagajların alınması ve gelen yolcunun talep edeceği bagajların teslim edilmesi için kullanılan gelen bagajların teslim alanı
- Havaalanı yönetimi, işletmesi ve bakım tesisleri için kullanılan havaalanı idaresi ve hizmet alanları
- Uluslararası uçuşlarla gelen yolcuların işlenmesinin yanı sıra güvenlik işlevlerinin gerçekleştirildiği gümrüklü alanlar

Çok sayıda transit ve transfer yolcunun bulunduğu bir havaalanında, terminalin hava tarafı transit kısmı yeterince geniş olmalı ve yolcuların bağlantılı uçuşlar arasında hızlı bir şekilde dolaşmasını sağlayacak şekilde sistemlerle donatılmalıdır (Kazda ve Caves, 2015).

Öte yandan son yıllarda havaalanı endüstrisindeki önemli bir gelişme, havaalanları için "imtiyaz gelirlerinin" artan önemi olmuştur. Bunlar, perakendecilik, reklamcılık, araç kiralama, otopark ve arazi kiralama dahil olmak üzere bir havaalanının çok çeşitli yelpazedeki havacılık dışı hizmetlerinden elde edilen gelirlerdir (Kidokoro ve Zhang, 2022, s. 187). Yolcular havaalanında geçirdikleri süre zarfında, mevcut çeşitli mağaza ve hizmetleri kullanabilirler, böylece havaalanı ve imtiyaz sahipleri (mağaza işletmecileri) için gelir sağlamış olurlar. Havacılık dışı faaliyetlerin kapsamı daha çok havaalanındaki mevcut alana, havaalanı türüne (hub, charter, düşük maliyetli, bölgesel), yönetim felsefesine ve yolcu hacimlerine ve aynı zamanda belirli ülke geleneklerine ve uygulamalarına bağlıdır. Günümüz yolcuları kendilerine kapıda son dakika dutyfree alışverişinden daha fazlasının sunulmasını beklemektedir (Edwards, 2005). Yolcular oteller, iş hizmetleri, alıştıkları standart kalitede çeşitli ikram olanakları, dinlenme alanları gibi daha geniş bir hizmet yelpazesine ihtiyaç duymaktadırlar. Havaalanlarında ayrıca spor merkezleri, süper marketler, sinemalar, klinikler vb. ek hizmet tesisleri her ne kadar havaalanında yer işgal etseler de yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak söz konusu ticari tesislerin ve yolcu dolaşımının artması, terminal binasının ısıtma, soğutma, havalandırma, ışıklandırma vb. için gereken enerji ihtiyacını, su kullanımını, atık oluşumunu arttırmaktadır. Ayrıca artan yolcu sayısı terminal binasındaki hava kalitesini düşürür gürültü seviyelerini artırır. Bu benzer şekilde operasyonların da daha yoğun olduğu, havaalanında çalışan sayısının da daha fazla olması gerektiği anlamına gelir. Dolayısıyla yolcuların tüm ihtiyaçlarını sağlayabildiği büyük havaalanları bir yandan ticari gelirlerini artırırken diğer yandan çevresel sorunlarla baş etmeleri gerekmektedir (Janić, 2011).

Bazı havaalanlarında sadece gelen ve giden kargoların işlendiği kargo terminalleri de bulunmaktadır. Kargo taşımacılığı, nakliyecilerin (veya göndericilerin) konteynerler içinde veya yığma (bulk) olarak kamyon ya da tırlarla kargoları çıkış havaalanı kargo terminaline teslim ettiğinde başlar. Kargo terminalinde esas olarak kargoların konteyner ve paletlere sığacak biçimde dönüştürülmesi, kargoların destinasyonlarına göre ayrıştırılması, gönderim sağlanana kadar depolanması ve kargoların fiziki olarak uçağa yüklenmesi, boşaltılması ve resmi dokümantasyon işlemlerinin tamamlanması işlevleri yerine getirilmektedir (Feng vd., 2015, s. 265). Kargo terminallerinin kendi uçak park stantlarına, ramp elleçleme ekipmanı için gerekli alana ve bina içinde gerekli elleçleme ve depolama tesislerine ihtiyacı vardır. Kara tarafına erişim, tercihen havaalanı çevresine yakın ana yollara bağlanan kamyon park yeri ve yollarla sağlanmaktadır. Kargo terminaline gelen

kamyonlar, kargo terminallerindeki yükleme araçları ve tesisler tıpkı yolcu terminalindekine benzer çevresel etkileşimler barındırmaktadır. Kargo terminaline hizmet almak için gelen uçaklar genellikle eski uçaklardır ve bunların sera gazı emisyon seviyeleri nispeten daha yüksektir ve daha fazla gürültü açığa çıkarmaktadır (Morrell ve Klein, 2019).

2.1.2. Havaalanı ekipmanları

Havaalanlarında gerekli hava taşımacılığı hizmetinin sağlanabilmesi için çok çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır. Bagaj çekici traktörler, pist ışıkları, bagaj taşıma sistemleri, klima üniteleri ve yakıt pompaları dahil olmak üzere havaalanı ekipmanları büyük ölçüde elektrik ve fosil yakıtlara dayanmaktadır. Bu faaliyetler, sera gazı emisyonlarına ve hava kirliliğine katkıda bulunmanın yanı sıra yerel enerji kaynakları üzerinde baskı oluşturmakta ve gürültü kirliliğine neden olmaktadır. Hava taşıtlarının yakıt ikmali, işletimi ve temizliği ile ilgili atıklar da drenaj sistemi yoluyla yakındaki göllere ve akarsulara taşınarak kirlilik oluşturabilir. Bu başlıkta havaalanında kullanılan ekipmanlar potansiyel çevresel etkileriyle birlikte ele alınmıştır.

2.1.2.1. Hava seyrüsefer sistemleri

Havaalanında konumlandırılan ve uçakların iniş kalkışlarına yardım eden navigasyon sistemleri havaalanında bulunan en temel yerleşik ekipmanlardır. Havaalanındaki seyrüsefer yardımcıları genel olarak yer tabanlı sistemler ve uydu tabanlı sistemler olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir (Horonjeff vd., 2010). Her bir sistem kokpitte kurulu sistemlerce tamamlanmaktadır. Yer tabanlı sistemler her yöne çalışan radyo işareti (Nondirectional beacon – NDB), çok yüksek frekanslı her yöne yayın yapan radyo (Very high frequency omnirange (VOR) radio), mesafe ölçüm ekipmanı (Distance measuring equipment – DME), uzun menzilli gözetim radarları, aletli iniş sistemi (Instrument landing system – ILS) ve yer radarını içermektedir. Uydu tabanlı sistemler ise küresel konumlandırma sistemi (Ground positioning system (GPS) ve otomatik bağımlı gözetim yayını (Automated dependent surveillance broadcast – ADS-B) sistemlerinden oluşmaktadır (Young ve Wells, 2019). Navigasyon sistemlerinin güç ve aydınlatma amacıyla kullandığı elektrik havaalanları için göz ardı edilebilir olsa da çevresel etkiler barındırabilir (Janić, 2011). Öte yandan hava seyrüsefer sistemindeki olası tıkanıklıklar ya da aksaklıklar gecikmelere neden olabilir. Gecikmeler ise havaalanındaki yolcu akışını

kesintiye uğratarak fazladan çevresel maliyetler oluşturmaktadır. Bu yüzden bu sistemlerin bakımı ve kontrolü önem arz etmektedir.

Seyrüsefer yardımcı sistemlerinin yanı sıra aydınlatma, kontrol ve gözetleme kuleleri havaalanlarındaki altyapı gereksinimleri arasında bulunmaktadır. Pist ve taksi yolu aydınlatması için kullanılan enerji yoğun aydınlatma sistemleri, elektrik tüketimine ve sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, hava trafik kontrol kulelerinin ve yer tabanlı radar sistemlerinin operasyonları sürekli bir elektrik kaynağı gerektirmekte ve havaalanlarının genel enerji ayak izine katkıda bulunmaktadır (Ortega Alba ve Manana, 2017). Sürdürülebilir havaalanı yönetiminin amaçları arasında enerji tasarruflu aydınlatma teknolojilerinin uygulanması, arazi kullanımını azaltmak için pist yerleşiminin optimize edilmesi ve kritik kontrol altyapısına güç sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması gibi bu navigasyon sistemlerinin çevresel etkilerini azaltıcı uygulamalar bulunmaktadır (Baxter vd., 2019).

Biyoçeşitliliğin korunumu açısından uçakların ihtiyaç duyduğu seyrüsefer sistemlerinin kurulumu için gereken alan çevredeki habitat yaşamını etkilemektedir. Havaalanı çevresindeki vahşi yaşamın kontrolü, bu sistemlerle havaalanındaki vahşi yaşam etkileşimini önlemek için gereklidir. Seyrüsefer sistemlerine olası hayvan girişinde hayvanların telef olması ve bunun diğer hayvanları bölgeye çekmesi, sistemlerin zarar görmesi, toprak ve su kirliliği gibi tehditler söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, havaalanı sınırları içerisindeki yaban hayatı tehditlerini önlemek veya azaltmak için önlemler alınmalıdır (Kelly ve Allan, 2006).

2.1.2.2. Yer hizmeti ekipmanları

Yer hizmeti ekipmanları, uçak yer hizmeti, bakım ve yolcu ve kargo yükleme/boşaltma işlemleri için kullanılır. Uçak çekicileri ve çekici traktörler apron sahasında en sık kullanılan araçlardır. Çekiciler uçak manevrasına yardımcı olurlarken traktörler ise bagaj yükleme boşaltma vb. yer hizmetleri esnasında bagaj arabalarını, motorsuz merdivenleri vb. çekmek için kullanılır. Çekici traktörler sadece burun terminale bakacak pozisyonda park etmiş bir uçağı geri itmek için veya uzak stantlara, bakım alanlarına daha kapsamlı çekmeler için gerekli olabilir. Konveyörler, bagajların, kargoların ve postaların uçağın kargo bölümlerine götürülüp getirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bir diğer yer hizmeti ekipmanı olan motorlu merdivenler, körük bulunmadığında yolcu indirme-bindirme amacıyla kullanılmaktadır. Öte yandan havayolları veya anlaşmalı

oldukları yer hizmeti kuruluşları, fiziksel engelli hastaların ve ilgili ekipmanın uçağa götürülüp getirilmesi için çeşitli hasta nakil araçları (ambuliftler) kullanmaktadır. Uçaklar bir sonraki sefere hazırlanırken ikram malzemeleri de terminal binasından getirilerek yüklenmektedir. İkram araçları genellikle kamyon motorundan güç alan hidrolik bir makaslı kaldırma tertibatı kullanmaktadır (Neufville ve Odoni, 2013). Bahsedilen ekipmanlar genellikle dizel yakıtla çalışırlar ve işletme sırasında kirletici madde emisyonu ve gürültü üretebilirler. Ayrıca konveyör bantlar, yükleyici araçlar gibi bagaj taşıma sistemleri enerji tüketmektedirler ve havaalanının karbon ayak izini artırmaktadırlar. Yerdeki uçaklara bağlanan iklimlendirme üniteleri park edilmiş uçaklar için ısıtma ve soğutma kontrolü sağlar. Bunlar da elektrik tüketirler ve enerji tüketimi ile emisyonlara katkıda bulunurlar (Dimitriou vd., 2014).

Yer hizmeti ekipmanları arasında buz çözme (de-icing), önleme (anti-icing) ve yıkama işlemi yapan araçlar çevresel etkiler barındırmaktadır. Yıkamada gövde ve kanatlara buz çözücü sıvı püskürtmek ve uçağı, özellikle kanat ve kuyruktaki hareketli yüzeyleri, motor kaportalarını ve kabin camlarını yıkamak için uygun tipik çok amaçlı araçlar kullanılmaktadır (Ashford vd., 2013). Bu kendinden tahrikli tanker üniteleri, dar ve geniş gövdeli uçaklarda püskürtme veya çeşitli bakım görevleri için sabit bir kaldırma platformu sağlar. Apron drenaj tesisleri, buz çözücü ya da önleyici sıvılar, sıvı üreticilerinin tavsiyelerine, sağlık ve yerel çevre yönetmeliklerine ve hava operatörü gereksinimlerine uygun olarak toplanmalı, yeraltı sularına ya da toprağı karıştırılmamalıdır. Buz çözme/buzlanmayı önleme tesislerinin kullanımında dikkate alınması gereken çevresel faktörler şunlardır (ICAO, 2018c):

- Çevrenin toksik maddelere karşı korunması,
- Kullanılmış glikolün ve diğer buz çözücü/buzlanmayı önleyici kirleticilerin izole edilmesi ve toplanarak havaalanı yağmur drenaj sistemine akmasının önlenmesi,
- Kullanılmış glikolün geri dönüştürülmesi.

Havaalanı yer hizmeti sağlanırken kullanılan ekipmanlardan biri de motor çalıştırma ya da güç verme için uygun ekipmanın sağlanması, konumlandırılması ve kaldırılmasıdır. Yer güç üniteleri (GPU), kapılarda park edilmiş uçaklara elektrik sağlar. Genellikle dizel jeneratörlerden enerji tüketirler ve emisyon salınımını artırırılar. Ancak yine de GPU'lar uçağın kendi güç ünitesi olan yardımcı güç ünitesine (APU) kıyasla daha az enerji tüketmekte, insan sağlığını, ekosistem kalitesini ve yer operasyonu kaynaklarını daha az etkilemektedir (Altuntaş vd., 2014). Uçak çalıştırma üniteleri (ASU) ise uçak motorlarını

çalıştırmak için gerekli ilk sıkıştırılmış havayı sağlamaktadır. Bunların çalıştırılması gürültü ve kirletici madde emisyonu üretmektedir.

Havaalanının terminal tarafında da araç kiralama üsleri, otobüs durakları ve otobüs istasyonları, otoparklar ve yollar dahil olmak üzere kara taşımacılığı alanlarından gelen yüzey akışı, yağlar, yakıtlar ve ağır metaller gibi çok çeşitli potansiyel kirletici kimyasallar içerebilmektedir (Marais vd., 2016).

2.1.2.3. Bakım ekipmanları

Pist bakımı, terminal inşaatı ve tesis bakımı için kullanılan ekipmanlardır. Pist temizliği, bakımı ve kar temizleme için kullanılan pist süpürme, işaretleme, kar temizleme ekipmanları bunlar arasındadır. Çizgi markalama makineleri, pist işaretlerini ve diğer yüzey işaretlerini boyamak için kullanılır. Çevresel etkileri nispeten küçüktür, ancak işletmeleri sırasında enerji tüketebilirler ve boyanın dökülerek toprak ve suyu kirletme potansiyeli bulunmaktadır (Daley, 2010). Pist temizleyicileri ve kar küreme araçları işletilirken özellikle dizel motor kullananlar, hava kirleticileri, CO₂, NO_x ve partikül madde (PM) gibi hava kirleticilerini yayabilir. Ayrıca işletilmeleri esnasında gürültü de açığa çıkmaktadır (Marais vd., 2016). Havaalanı genişlemesi, bakımı veya yenileme için kullanılan inşaat makineleri işletilirken emisyonlar üretebilir. Buldozerler, ekskavatörler ve diğer ağır ekipmanlar genellikle dizel veya benzinle çalışır ve hava kirliliği ve sera gazı emisyonlarına katkıda bulunur. İnşaat faaliyetleri ayrıca yerel ekosistemleri ve habitatları bozabilir.

Apron bakımı ve temizlik için kullanılan kimyasallar, uygun şekilde yönetilmezse su kalitesini etkileyebilir. Havaalanlarının emniyetli ve iyi bakımlı altyapıyı sağlamanın yanı sıra çevresel etkilerini en aza indirmek arasında bir denge kurmaları önemlidir (Budd ve Ison, 2018). Sürdürülebilir uygulamalar, teknolojik yenilikler ve çevresel düzenlemelere uyum, bu dengeyi sağlamada kritik öneme sahiptir.

2.1.2.4. Yakıt ikmal ekipmanları

Havaalanlarında sıklıkla kullanılan ekipmanlardan biri uçak yakıt ikmali ekipmanlarıdır. Uçaklara yakıt ikmali için uygulanan yöntemler çevresel kirlilik oluşturma potansiyeli barındırmaktadır. Uçaklara yakıt ikmalinde genellikle şu üç yöntem kullanılmaktadır (Horonjeff vd., 2010, s. 458):

- Apron hidrant sisteminden,

- Yakıt çukurlarından
- Mobil yakıt kamyonlarından

Hidrant sisteminde yakıt, dağıtıcı en yakın hidrant vanasına takılarak park halindeki uçağa hızla pompalanabilir. Hidrant sisteminin bir varyasyonu da benzer şekilde merkezi bir yakıt deposuna bağlı olan yakıt doldurma çukurudur. Ancak her çukurda hortum, makara, filtre ve hava giderici bulunduğundan, apronda mobil dağıtıcılara gerek yoktur. Çoğu küçük havaalanında ise geleneksel yakıt ikmal sistemi, kendi pompalarını, makaralarını, sayaçlarını, filtrelerini ve hava gidericilerini taşıyan yakıt ikmal kamyonlarıdır. Çok büyük miktarda yakıt yükü (yaklaşık 30.000 litreye kadar) taşıyan bu kamyonlar apronda çalışmak üzere özel olarak tasarlanmıştır (Ashford vd., 2011). Yakıt tankerleri zararlı gaz emisyonları yaymakla birlikte dolum yaparken de emisyonlar yayabilir ve sızıntı riskleri oluşturabilir. Bu sızıntılar etkin bir şekilde kaldırılmadığında yer altı sularını ve toprağı kirletebilir. Yakıt depolama alanlarında ise sızıntıları ve kirliliği önlemek için düzgün şekilde bakım yapılmadığında benzer çevresel riskler meydana gelebilir. Uçak yakıtı dökülmeleri insan hatası, hatalı valfler veya yakıt havalandırması sonucu meydana gelebilir. Yakıt ikmali dökülmeleri, uçak kanatları üzerindeki güneş ısısının dolu yakıt tanklarındaki yakıt deliklerinden taşmalara yol açabildiği sıcak dönemlerde zirve yapma eğilimindedir (Marais vd., 2016). Yakıt ikmali için apron eğimi etkin drenaj gereklilikleriyle tutarlı olarak minimumda tutulmalıdır (Horonjeff vd., 2010).

2.1.2.5. Kurtarma ve yangınla mücadele ekipmanları

Havaalanında ya da çevresinde gerçekleşebilecek uçak kazalarına ya da acil durumlarda müdahale edilerek kazaya karışan insanlara yardım edilen hizmet hava aracı kurtarma ve yangınla mücadele (ARFF) hizmetidir. Bu hizmet yerine getirilirken RFF araçları kullanılır. Bu araçlar genel olarak zorlu arazi koşullarında hareket kabiliyeti yüksek, yangın söndürücü malzeme, ekipman ve personelleri taşıyan, yangınla mücadele ve kurtarma hizmetleri için özel üretilmiş hızlı araçlardır (Ergün, 2018, s. 129). Havaalanında bulundurulması gereken asgari kurtarma ve RFF aracı sayısı havaalanının kategorisi yükseldikçe artmaktadır. Yangın söndürme çalışmalarında kullanılan su, yanmış malzemelerden salınan yüksek konsantrasyonlarda hidrokarbon ve ağır metal içerebilir (Marais vd., 2016). Bu ise yeraltı sularına ve toprağı karışarak çevresel kirlilik oluşturabilir. Yangınlara zamanında ve doğru şekilde müdahale edilememesi ortaya acıkan zararlı gaz emisyonu miktarını ve hava kirliliğini artıracak ve yangın çevresindeki canlılara

zarar verebilecektir. Öte yandan havaalanının ARFF kategorisine göre değişmekle birlikte acil durumlarda müdahale kabiliyetini sağlamak için tatbikatlar yapılması gerekmektedir. ARFF eğitim alanlarındaki çevresel kirlenme ise, eğitim tatbikatlarında yangın çıkarmak için kullanılan yağların, yakıtların, çözücülerin ve diğer yanıcı ürünlerin kullanımından, metal parçaların daha sonra yakılmasından ve son olarak yangın söndürme maddelerinin kullanımından kaynaklanmaktadır (Nunes vd., 2011, s. 3032).

2.2. Havaalanındaki Paydaşlar

Havaalanlarında çevresel etkilerin değerlendirilmesi, havaalanı operasyonlarına dahil olan veya bunlardan etkilenen çok sayıda farklı kurum nedeniyle daha zor hale gelmektedir. Bunlar arasında havaalanı işletmecisi, havayolları, hükümetler ve yasal kuruluşlar, çevre ve koruma grupları ve yerel sakinler gibi paydaş grupları bulunmaktadır (Graham, 2023, s. 496).

Havaalanlarının planlanmasında ve işletilmesinde, tüm havaalanı paydaşları arasındaki etkileşimler dikkate alınmalıdır (Ashford vd., 2013, s. 1). Havaalanları, paydaşların gelecekteki gelişmeler üzerindeki etkisinin giderek daha fazla farkına varmakta ve sonuç olarak paydaş katılımını daha yüksek seviyelere çıkarma ve paydaşların görüş ve düşüncelerini kabul etme yönünde ilerlemektedir (Rawson ve Hooper, 2012, s. 40). Paydaş teorisi, bir kuruluşta meşru bir çıkarı olan herhangi bir grup veya bireyin, ya da kuruluşun hedeflerini etkileyebilen veya bunlardan etkilenen herkesin bir paydaş olduğunu öne sürmektedir (Freeman, 2010; Mitchell vd., 1997, s. 854). Havaalanındaki paydaşlar iç ve dış paydaşlar şeklinde gruplandırılabilir. İç paydaşlar arasında başta çalışanlar, havaalanının asıl müşterisi olan havayolları ve havayolunun müşterisi olan yolcular olmakla birlikte imtiyaz sahipleri ve tedarikçiler bulunmaktadır. Dış paydaşlar ise düzenleyici ve yerel otoriteler, yerel topluluklar, birlikler ve medya şeklinde gruplandırılabilir. Bu farklı paydaş gruplarının ihtiyaçlarını dengelemek zordur ve farklı paydaşların farklı ilgileri ve beklentileri vardır (Amaesi ve Crane, 2006). Havaalanındaki paydaşlar Şekil 2.2’de görselleştirilmiştir.



Şekil 2.2. Havaalanı paydaşları

2.2.1. İç paydaşlar

2.2.1.1. Çalışanlar

Havaalanlarının başarılı ve emniyetli işletilmesi için çalışanların gönülden bağlılığı ve çabaları esastır (Balakrishnan ve Masthan, 2013). Havaalanı çalışanları hem havaalanı kuruluşunun doğrudan çalışanlarını hem de imtiyaz sahipleri ya da tedarikçiler gibi havaalanında faaliyet gösteren şirketlerin çalışanlarını içermektedir. COVID-19 öncesi tahminlere göre, 2019 yılında havacılık sektörünün doğrudan yarattığı 11,3 milyon işin 0,65 milyonu havaalanı işletmecileri tarafından, havaalanı operasyonları, planlama, mühendislik ve güvenlik alanlarında istihdam edilmiştir ve ayrıca havaalanlarında perakende satış mağazaları, restoranlar, oteller ve sınır görevlileri gibi işlerde 5,5 milyon çalışan istihdam edilmektedir (ATAG, 2020b). Havaalanı çalışanlarının havaalanı çevresel etkilerinin ele alınmasındaki rolü oldukça önemlidir.

Genelde özel uzmanlık ve yetkinlik gerektiren bir çalışma alanı olan havaalanlarında yolcuların memnuniyeti, konforu ve güvenliğinin sağlanması ancak kuruluşun bağlılığı yüksek ve ehliyetli çalışanlara sahip olmasıyla mümkündür (Balakrishnan vd., 2013). Havaalanlarında çalışan personel, havacılık güvenliği, yolcu hizmetleri, hava trafik kontrolü, bakım ve yer hizmetleri gibi çeşitli departmanlarda önemli roller üstlenmektedir. Havaalanı çalışanları, havaalanlarının emniyetli ve verimli bir şekilde işletilmesinde önemli bir rol üstlenirler. Örneğin hava trafik kontrolörleri çarpışmaları önler ve kalkış ve varışların zamanında yapılmasını sağlar. Bakım ekipleri, güvenliği tehlikeye atabilecek altyapı arızalarının önlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Havacılık güvenlik personeli ise terör eylemlerini önlemekten ve tüm paydaşlar için güvenli bir ortam sağlamaktan sorumludur. Ancak görevi ne olursa olsun havaalanı çalışanlarının kararları ve eylemleri bir havaalanının çevresel performansını doğrudan etkileyebilme potansiyeli taşımaktadır. Örneğin, hava trafik kontrolörleri yakıt tüketimini ve emisyonları azaltmak için uçuş rotalarını optimize edecek taktiksel kararlar verebilir. Yer operasyonda ve apron hizmetlerinde mevcut olması halinde elektrikli veya düşük emisyonlu araçlar kullanılabilir ya da gereksiz elektrik kullanımı ya da su tüketiminden kaçınılabilir.

2.2.1.2. Havayolları

Küresel havayolu endüstrisi dünyanın hemen her ülkesine hizmet vermekte ve küresel bir ekonominin yaratılmasında ayrılmaz bir rol oynamaktadır. Havayolu endüstrisinin kendisi hem kendi faaliyetleri hem de uçak imalatı ve turizm gibi ilgili endüstriler üzerindeki etkileri açısından büyük bir ekonomik güçtür (Peter Belobaba, 2016). Jet motorlu hava araçlarının ticari hava taşımacılığında kullanılması, geniş gövdeli Jumbo jetlerin tanıtılması gibi bir dizi teknolojik gelişmelerle büyüyen havayolu sektörü, 1978 Havayolu Serbestleşmesi Anlaşması neticesinde ortaya çıkan düşük maliyetli havayolları (LCC) ve artan rekabetle birlikte giderek daha fazla insana hizmet ulaştırmış, çok sayıda istihdam sağlamıştır (Wensveen, 2011). Buna ek olarak havayolu şirketleri geçtiğimiz yarım yüzyılda önemli yasal değişiklikleri yaşamış ve bugün dünyanın farklı yerlerinde çok çeşitli sıkı kural ve düzenlemelere tabi olmuştur (Odoni, 2016b, s. 19). Son yıllarda öne çıkan düzenlemeler genelde havayolu taşımacılığı sektörünün özelde ise havayolu sektörünün çevresel etkilerini kontrol altına almaya odaklanmıştır. Havayolu sektörünün hızla büyümesiyle birlikte, uçakların saldırdığı sera gazı emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliği ve uçak gürültüsü başta olmak üzere küresel ve yerel çevresel

etkiler giderek daha fazla dikkat çekmektedir (Abdullah vd., 2016, ss. 247–248). Bununla birlikte çevresel sorunlarla baş etmek, tüm havacılık sektörü paydaşlarının ve kural koyucuların iş birliğini gerektirmektedir.

Havayolları havaalanları üzerinden hava taşımacılığı hizmeti sağlamaktadır. Havaalanı işletmecisi ile havayolları arasındaki ilişki, herhangi bir havaalanı işletmesinin başarısında kilit rol oynamaktadır (Graham, 2023, s. 163). Havayolları yolcu taşıyacakları havaalanlarını seçerken, havaalanındaki yolcu talebi (gelir yaratma potansiyeli) ve havaalanında faaliyet göstermenin maliyeti gibi kriterleri göz önünde bulundurmaktadırlar. Bir havaalanı, bir havayolu için, uçuşlarının büyük bir kısmının gerçekleştirildiği bir operasyon merkezi (hub/üs) olarak ya da belirli bir taşıyıcı için uçuşların daha az bir kısmının gerçekleştirildiği merkezi olmayan bir havaalanı olarak hizmet verebilir (Peter Belobaba, 2016). Her iki durumda da havaalanı verimli bir şekilde hava taşıyıcılarının zamanında performans göstermesine katkıda bulunmalıdır. Öte yandan havaalanlarının paydaşları içinde çevresel etkileşimi en fazla artıranı havayollarıdır çünkü esas kirlilik merkezi olan uçakları işletmektedirler. Havayolları, küresel ölçekte iklim değişikliğine neden olan sera gazı salınımlarıyla ön plandadır. Bir havaalanı içinde en fazla CO₂ salınımı uçak iniş ve kalkışlarından kaynaklanmaktadır (Postorino ve Mantecchini, 2014, s. 85). Her ne kadar günümüz uçak motoru teknolojisi geçmiştekenden daha verimli olsa da havayolu endüstrisi net sıfır emisyon hedefi için sıkı bir politika izlemektedir. Hava aracı gürültüsü havayollarının kontrol etmesi gereken bir diğer çevresel etkidir. Uçak gürültüsünün etkisi, özellikle büyük havaalanlarının ve uçuş yollarının yakınında bireylerin sağlığını ve refahını ciddi şekilde azaltabilir (Daley, 2010, s. 123). Bir gürültü önlemi olarak gürültü kısıtlaması bulunan havaalanlarında faaliyet gösteren havayolları bunu tarife planlamalarında dikkate almaktadırlar.

2.2.1.3. Yolcular

Yolcular, varlıkları dünya çapındaki hemen hemen her havaalanı için temel dayanak noktası oluşturduğundan önemli bir paydaşı temsil etmektedir. Yolcular için havaalanı, kara ve hava ulaşım modları arasında bir geçiş noktası veya iki uçuş arasında bir bağlantı noktası sağlamaktadır. Bu nedenle havaalanlarının yolcularla etkileşime girmesi ve tesislerin onların gereksinimlerini karşılamaını sağlaması önemlidir (Puls ve Wittmer, 2021). Ancak bunu yaparken bir havaalanının yolcuların çevresel ayak izini en aza indirgeyecek uygulamaları benimsemesi sürdürülebilir havaalanları için önemlidir.

Örneğin ısıtma, aydınlatma ve otomasyon sistemlerini kontrol etmek için havaalanında 'akıllı' enerji izleme ve kontrol sistemlerinin kullanılması, terminal enerji harcamasını ve ihtiyacını azaltacaktır (Budd, 2017, s. 295).

Havaalanından seyahat eden yolcu tipleri, seyahat amaçlarına, tercihlerine ve bilet sınıflarına göre genel olarak gelen/giden yolcular, terminal/transfer yolcular, iç hat/dış hat yolcular, ekonomi/tam hizmet alan yolcular, eğlence amaçlı/business yolcular gibi farklı şekilde sınıflandırılabilir (Hirst, 2008). Dolayısıyla bir yolcu birden fazla gruba ait olabilir. Örneğin gelen ve giden yolcular havaalanının bulunduğu yer ile son varış noktası arasında seyahat eden yolculardır. Uçuşa başlamak veya yolculuklarını tamamlamak için havaalanından geçerler. Transfer yolcular ise havaalanında bağlantılı uçuşları olan kişilerdir. Bu yolcular son varış noktasına ulaşmak için havaalanını bir aktarma noktası olarak kullanırlar ve havaalanında zaman geçirerek tesisleri kullanma ve havaalanı için ekstra gelir yaratma potansiyelleri vardır (Şengür, 2017). Havaalanı trafiğinin ticari gelişim potansiyelinden tam olarak faydalanmak için, sunulan tesislerin çeşitliliği ve hatta ürün seçimi, havaalanlarındaki belirli yolcu türlerinin tercih ve ihtiyaçlarıyla çok yakından eşleşmelidir. Bu amaca ulaşmak için havaalanları, perakende ve yiyecek-içecek ortaklarıyla birlikte müşterilerini tanımak için giderek daha fazla kaynak ayırmaktadır (Graham, 2023). Diğer taraftan yolcular terminaller, aydınlatma, klima ve yürüyen merdivenler gibi çeşitli havaalanı tesislerini kullanmaktadır. Bu tesislere güç sağlamak için gereken enerji, özellikle yüksek yolcu hacmine sahip büyük havaalanlarında önemli bir çevresel etkiye sahip olmaktadır (Thomas ve Lever, 2003). Ayrıca yolcular yiyecek kapları, ambalajlar, gazeteler ve diğer tek kullanımlık eşyalar şeklinde atık üretmektedir. Yolcular ve havaalanı tesisleri, tuvaletler, restoranlar ve çevre düzenlemesi de dahil olmak üzere çeşitli amaçlarla su tüketmektedir. Çevresel etkilerin en aza indirilmesi için atık ve su yönetimi gereklidir.

Yolcular bir paydaş grubu olarak düşünüldüğünde, odak noktası bir birey olarak yolcudur. Yolcular havaalanını bir ulaşım türünden diğerine geçiş noktası veya iki farklı uçuş arasında bir bağlantı noktası olarak görmektedir (Puls ve Wittmer, 2021). Yolcular aldıkları hizmet süresi boyunca havaalanında geçirdikleri zamanı havayolu seyahatlerinin bir parçası olarak algırlar ve bu yüzden havayolu ve havaalanı çalışanlarını birbirleriyle ilişkilendirme eğilimindedir (Graham, 2023). Zamanında performansın sağlanması ise yolcuların en önemli beklentilerinden biridir. Bu ise havaalanı ve havayolu paydaşlarının koordinasyonu ile gerçekleştirilebilir. Son yıllarda havaalanlarında hizmet kalitesi, yolcu

memnuniyeti ve diğer ilgili konular ele alınırken 'yolcu deneyimine' daha fazla dikkat çekilmektedir. Boudreau vd. (2016)'nin açıkladığı üzere, havaalanı deneyimi özünde, bir yolcunun bireysel standartları, beklentileri ve algılarına göre değerlendirilen, bir yolcunun bir havaalanında yaşadığı tüm deneyimlerin net bir izlenimidir. Yolcu deneyimi, yolcular için alternatif bir havaalanı söz konusu olduğunda yolcunun satın alma kararını etkileyebilecek bir unsurdur.

Son yıllarda yolcuların havayolu ve havaalanı tercihlerinde yeşil imajın etkili olup olmadığını araştıran çalışmalar artmıştır (Hagmann vd., 2015; Winter vd., 2021). Özellikle refah düzeyi yüksek toplumlarda bu konu havacılık örgütleri üzerinde giderek artan bir baskı oluşturmaktadır. Öte yandan havaalanını kullanan yolcuların havaalanında geçirdikleri süre boyunca gösterdikleri davranış biçimleri, havaalanındaki su tüketimi, atık miktarı ve enerji tüketimini etkileyebilmektedir (Puls ve Wittmer, 2021). Havaalanları yolcuları sürdürülebilirlik sürecinin bir parçası olarak değerlendirerek havaalanı tasarımında hem yolcunun deneyimini hem de çevresel faktörleri göz önünde bulundurmalıdır.

2.2.1.4. Hizmet sağlayıcılar

Havayoluyla taşınacak yolcu ve kargolar havaalanında bir süreçten geçmektedir. Tüm bu süreçlerin eksiksiz yerine getirilmesinde görev alan bir diğer paydaş grup ise hizmet sağlayıcılarıdır. Genelde hizmet sağlayıcılar, havayolu taşıyıcılarına ve genel havacılık kullanıcılarına hizmet sunan özel şirketler olmakla birlikte bazı hizmetler havaalanı işletmesi veya havayolunun kendisi tarafından da sağlanabilir (Neufville ve Odoni, 2013). Yer hizmeti sağlayıcıları, hava trafik kontrol hizmeti sağlayıcıları, arama kurtarma yangınla mücadele hizmeti sağlayıcıları, yakıt ve ikram sağlayıcılar söz konusu hizmet sağlayıcılardandır.

Yer hizmeti işletmeleri hem hava sahasında hem de terminal binasında faaliyet göstermektedirler. Yolcuların check-in, bagaj kabul, uçağa giriş (boarding), yolcu karşılama, bagaj alma, kayıp bagaj işlemleri ve uçağın uçuş öncesi yükleme ve denge planlarının hazırlanması terminal tarafında gerçekleştirilmektedir. Uçağın GPU ve ASU ihtiyacı, tuvalet suyunun çekilmesi, temiz suyun basılması, özel ihtiyaçları olan yolcuların planlı biçimde yerleştirilmesi, uçak içi temizliği, yüklerin yüklenmesi, boşaltılması, uçağın yıkanması, buz çözme ve önleme işlemlerinin yapılması, körükten ya da açık park pozisyonundan itme aracıyla geri itilmesi (push back) ve tüm bu işlerin koordinasyonu ise

hava tarafında gerçekleştirilmektedir (Kazda ve Caves, 2015). Söz konusu yer hizmeti faaliyetleri havaalanlarının yönetmesi gereken gürültü, hava kirliliği, su ve toprak kirliliği gibi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Yer hizmetinde kullanılan araçların çoğunluğu zararlı gaz emisyonu yayan fosil yakıt kullanan araçlardır. Benzer şekilde yakıt ve ikram sağlayıcılar ile yangınla mücadele hizmetleri de çevresel etkiler barındırmaktadır.

Hava trafiğinin emniyetli, düzenli ve kesintisiz bir şekilde akışı, havaalanı ve hava trafik yönetimi (ATM) altyapısının kurulmasıyla ve Chicago Sözleşmesi kapsamında bir devlet yükümlülüğü olarak hava seyrüsefer hizmetlerinin (ANS) sağlanmasıyla küresel standartlara uygun olarak gerçekleştirilmektedir (ICAO, 2006b). Bir hava seyrüsefer hizmet sağlayıcısı, hizmet sunumunu müşterisi olan sivil ve askeri hava sahası kullanıcılarının performans gereksinimlerine ve ihtiyaçlarına göre dinamik olarak ayarlayabilmelidir (Bourgois vd., 2018, s. 60). Havaalanlarında hava trafik kontrol faaliyetleri trafik kontrol kulelerinden yönetilir. Havaalanı trafik kontrol kulesi havaalanından belirli uzaklıktaki yakın hava sahasına geliş ve gidiş trafiğini denetleyen, yönlendiren ve izleyen tesistir. Kule, kalkan tüm uçaklara iniş kalkış izni vermekten, pilotlara rüzgâr, sıcaklık, barometrik basınç ve havaalanındaki çalışma koşulları hakkında bilgi sağlamaktan ve ramp alanı olarak adlandırılan uçak park pozisyonlarının hemen bitişiğindeki manevra alanı dışında yerdeki tüm uçakların kontrolünden sorumludur (Horonjeff vd., 2010, s. 99).

Hava trafik yönetiminin hava taşımacılığının çevresel etkisini azaltmaya yönelik potansiyel katkısı görece küçüktür. Avrupa hava sahasında azaltılmış dikey ayırma minimalarının (RVSM) uygulamaya konması, yakıt yakımında yüzde 1,6 ila 2,3 ve nitrojen oksit (NO_x) emisyonlarında yüzde 0,7 ila 1,0 oranında bir azalmaya yol açmıştır (Jelinek vd., 2002). Mevcut durumda doğrudan rotalardan veya daha optimal tırmanma ve alçalma yörüngelerinden elde edilen yakıt tasarrufu oldukça sınırlıdır. Ancak çeşitli hava trafik müdahaleleri uçakların havaalanı PAT sahalarındaki manevralarını daha verimli hale getirebilir. SESAR programında yer alan çevresel etki analizi, söz konusu hava trafik müdahaleleriyle ilgili taksi sürelerinin düşürülmesi, bekleme sürelerinin kısaltılması vb. yaklaşımları içeren çözümler sunmaktadır (Bourgois vd., 2018, ss. 74–76).

2.2.1.5. İmtiyaz sahipleri

Havaalanı imtiyaz sahipleri terminal binalarında yolcuların ihtiyaç duyabileceği ürün ve hizmetleri sağlarlar. Bunlar yiyecek/içecek hizmetleri, perakende hizmetleri, araç

kiralama hizmetleri, turizm ofisleri ve otelleri içerebilir (Young ve Wells, 2019). Havaalanının sürdürülebilirliğinin sağlanması için imtiyaz sahipleriyle koordinasyon gerekmektedir. Örneğin havaalanları, imtiyaz sahiplerinin LEED veya Yeşil Restoran Sertifikası gibi sürdürülebilirlik sertifikalarına sahip olmalarını şart koşabilir. Dolayısıyla imtiyaz sahiplerinin bu girişimleri havaalanlarının sürdürülebilirliğini temsil etmektedir.

Havaalanı işletmecileri ticari tesislerini bu taşeron şirketlere verdiklerinde, genellikle hizmetleri sağlayan şirketlerle bir imtiyaz sözleşmesi yaparlar. Bu sözleşmeler tipik olarak imtiyaz sahibinin havaalanı işletmecisine cirosunun veya satışlarının belli bir yüzdesini ödemesini ve genellikle alan kirasını ve hizmet ücretlerini karşılayan bir kira veya sabit asgari yıllık garanti tutarını kabul etmesini içermektedir (Graham, 2023, s. 342). Havaalanı işletmecisi genellikle yalnızca satış yerlerinin fiziki şartlarını ve yardımcı hizmetlerini sağlarken, tesisin donatılması için sermaye yatırımını sağlamak imtiyaz sahibine kalmaktadır. Genelde imtiyaz süresi yaklaşık 5-10 yıl olsa da bu süre değişebilir ve yenileme seçenekleri olabilir (Ashford vd., 2013, s. 228). Bununla birlikte imtiyaz sahiplerinin çevresel etkileri bir yandan havaalanlarının da çevresel etkileri anlamına gelmektedir. Havaalanı terminal binasında kiralanan tesisler de diğer alanlar gibi aydınlatma, iklimlendirme, elektrik, su gibi kaynaklar kullanmakta; kirli su, katı ve sıvı atıklar gibi çevresel kirleticiler üretmektedirler. Havaalanı işletmecileri, imtiyaz sahipleriyle ortaklaşa hareket ederek çevresel ayak izini azaltabilir. Örneğin SHGM'nin başlattığı Yeşil Havaalanı Projesi kapsamında bir havaalanının “Yeşil Havaalanı” sertifikası alması için havaalanındaki tüm alt kuruluşların “Yeşil Kuruluş” sertifikası alması gerekmektedir (SHGM, 2023a).

Genelde büyük bir havaalanında, yolcu terminalinin işletilmesinde önemli bir rol oynayan aşağıdaki ticari faaliyetler imtiyaz sahipleri tarafından gerçekleştirilmektedir (Edwards, 2005; Graham, 2023):

- Otopark
- Restoranlar, kafeler ve yiyecek alanları
- Gümrüksüz ve vergisiz mağazalar
- Diğer mağazalar (örneğin, kitapçılar, turistik mağazalar, butikler, vb.)
- Araba kiralama
- İnternet hizmeti
- Sigorta
- Bankalar ve döviz hizmetleri

- Kuaförler, kuru temizleyiciler ve vale hizmetleri
- Otel rezervasyonları
- Eğlence makineleri
- Reklamcılık
- İş merkezi tesisleri

Bir terminalde ortalama iki saat geçirebilen ve bu sürenin belki de sadece yüzde 30'unu bilet işlemlerine ayıran yolcuların sayısının giderek artması nedeniyle havaalanındaki ticari tesislere yönelik büyük bir talep olduğu aşıkardır (Ashford vd., 2013). Ticari operasyonlardan elde edilen gelirler, genellikle sadece marjinal düzeyde kârlı olan hava tarafı operasyonlarını sübvansede edebilecek durumdadır. Ancak ticarileşen havaalanlarında ekstra çevresel kirlilik etmenleri söz konusudur. Artan yolcu sayısı ile paralel atık miktarı, su kullanımı ve enerji tüketimi artarken hava kalitesi düşmekte, gürültü seviyesi artmaktadır (Daley, 2010). Bu yolculara hizmet veren imtiyaz sahiplerinin de aydınlatma, ısıtma, soğutma gibi enerji yoğun faaliyetleri ve atık miktarları artarak havaalanının çevresel ayak izinin büyümesine neden olacaktır.

2.2.2. Dış paydaşlar

2.2.2.1. Düzenleyici ve etkili organizasyonlar

Tüm havacılık sektörü genelinde olduğu gibi havaalanları için de sıkı düzenlemeler söz konusudur ve düzenleyici organizasyonlar havaalanı faaliyetleri için önemli rol oynamaktadır. Bunlar içinde çevresel düzenlemeler, son yıllarda sıklıkla gündeme gelen ve birçok paydaşın geri bildirimleriyle güncellenen düzenlemelerdir (ICAO, 2022a). Başta ICAO olmak üzere düzenleyici olsun ya da olmasın tüm havacılık örgütleri havacılığın çevresel etkilerinin kontrol altına alınarak sürdürülebilir büyümeyi tesis etmeyi gündemlerine almışlardır. Havaalanı sürdürülebilirliği, bu organizasyonların önemli gündem maddelerinden biridir (Neufville ve Odoni, 2013). Aşağıdaki alt başlıklarda bu organizasyonlara uluslararası ve ulusal olmak üzere iki başlıkta yer verilmiştir.

2.2.2.1.1. Uluslararası organizasyonlar

Uluslararası havacılık organizasyonları, havaalanlarının çevreye verdikleri zararın mümkün olduğunca azaltılması konusunda önemli paydaşlardır. Bunlardan bazıları düzenleyici kurumlarken, bazıları ise bu kurumlarla çok yakın çalışan ve sektörde etkin

olan birlikler ya da konseylerdir. Havaalanları, bu paydaşların düzenlemelerine uymakla birlikte önemli etkin organizasyonların çevresel kılavuzlarını ve projelerini yakından takip ederek ileride ortaya çıkabilecek zorunlu uygulamalara daha kolay adapte olabilirler. Bu uluslararası organizasyonlar başta ICAO olmak üzere IATA, ECAC, EUROCONTROL, ACI gibi kuruluşlardır.

Havaalanlarının sürdürülebilir gelişimiyle ilgilenen belki de en önemli uluslararası kuruluş, Birleşmiş Milletler'in altında bir uzman kuruluş olan ICAO'dur. ICAO'nun kuruluşu 1944 yılında 54 ülkenin katılımıyla düzenlenen Chicago Konvansiyonu neticesinde 1947'de gerçekleşmiş olup üyelerini ülkeler teşkil etmektedir (Odoni, 2016b). ICAO'nun pek çok amaçlarından biri de uluslararası havacılık için havayollarının, havaalanlarının ve hava seyrüsefer tesislerinin geliştirilmesini teşvik etmektir. ICAO yayımladığı düzenleyici ve/veya tavsiye edici dokümanlarla havaalanlarını sağlanması gereken hizmet düzeyi ve bu doğrultuda gereken fiziksel altyapının yeterlilikleri bakımından yönlendirmektedir. ICAO'ya imza atan tüm ülkeler, ICAO standartlarını kendi uluslararası havaalanlarına uygulamakla yükümlüdür. Ancak uluslararası olmayan havaalanları için her devlet, tarım, genel havacılık havaalanları ve sınırlı ticari operasyonlar için kendi ulusal standartlarını ve tavsiye edilen uygulamalarını oluşturma olanağına sahiptir (Kazda ve Caves, 2015, s. 17). Diğer yandan havaalanlarının sürdürülebilirliği konusunda yayınladığı ekler ve dokümanlarla, izlediği politikalarla ve oluşturduğu çalışma gruplarıyla ICAO öne çıkmaktadır. ICAO son yıllarda sektör paydaşlarının da görüşlerini alarak çevre çalışma grupları oluşturmakta, düzenlemeleri güncellemekte, "Net Sıfır" ve "CORSIA" gibi iyileştirici politikalar geliştirmektedir. Bu yeni politikalar ve düzenlemeler tüm havaalanı paydaşlarını ilgilendirmektedir.

Havayolu işletmelerinin çıkarlarını temsil eden uluslararası birlik olan IATA (International Air Transport Association) ise çevresel etkisi bakımından kritik noktada bulunan havayolu sektörünün sürdürülebilirliğini geliştirmesine yardımcı olacak araçlar ve programlar sunmaktadır. Havayolu sektörü, ICAO'nun paydaşlarla birlikte belirlediği çeşitli çevresel hedeflere ulaşmak konusunda önemli bir pozisyonda yer almaktadır. Bu bağlamda IATA'nın yürüttüğü "Fly Net Zero" önergesi, havayollarının 2050 yılına kadar net sıfır karbona ulaşma taahhüdünü belirtmektedir (IATA, 2021). Ayrıca IATA, havaalanı sürdürülebilirliği için de çalışmalar yapmaktadır.

ICAO kararlarının Avrupa'da uygulanmasını sağlayan Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (European Civil Aviation Conference – ECAC), havacılık sektörünün çevresel

etkilerinin hafifletilmesi amacıyla çevreyi temel önceliklerinden biri olarak belirlemiştir. Dolayısıyla ICAO'nun SAF'ın desteklenmesi, CORSIA'nın uygulanması, 2050 Net Sıfır gibi çevresel sürdürülebilirlik girişimlerini paylaşmakta ve desteklemektedir. ECAC Üye Ülkeleri, ICAO'nun başlattığı Ülke Eylem Planları'nda çevresel etkileri azaltıcı önlemlerle ilgili hem ortak bir Avrupa başlığı hem de ulusal bir başlık açmaları konusunda teşvik edilmektedir (Catolfi-Salvoni, 2023). ECAC ile iş birliği içinde yakından çalışan ve Avrupa hava trafiğinin yönetimi ve emniyetinden sorumlu organizasyon olarak Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (European Organisation for the Safety of Air Navigation – EUROCONTROL), Avrupa Yeşil Mutabakatında tanımlandığı üzere havacılığın sürdürülebilirlik sorunlarına etkili bir şekilde yanıt vermek için Avrupa genelinde paydaş işbirlikçi yaklaşımını aktif olarak kolaylaştırmaktadır. EUROCONTROL, çevre üzerindeki gürültü, CO₂ ve diğer emisyonların yanı sıra yoğunlaşma izlerinin etkisini azaltmak için çevre araştırma ve yenilik programlarına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca EUROCONTROL, ulusal makamların ve uçak operatörlerinin raporlama yükümlülüklerini yerine getirmelerine yardımcı olmak için AB'nin ETS ve CORSIA destek tesislerini işletmektedir. Temelde Avrupa hava trafik yönetimi ağının performansını artırmak için verimli prosedürlerin geliştirilmesini destekleyen EUROCONTROL, havaalanları çevresinde harcanan yakıtı, emisyonları ve gürültüyü azaltmak için rotaların optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca havaalanlarının SAF kullanım durumlarını ECAC ile işbirliği içinde yayınlamaktadır (ECAC, 2023a).

Havaalanlarının işletimi, geliştirilmesi, endüstri standartlarının uyumlaştırılması ve çevresel etkilerin azaltılması girişimlerinin desteklenmesi konusunda en önemli kurumlardan biri, havaalanı otoritelerinin birliği olan Uluslararası Havaalanları Konseyi'dir (Airports Council International – ACI). ACI artan iklim değişikliği sorununu ele almak ve havacılık örgütlerinin çevresel etkilerini azaltmak için yenilikçi çözümler uygulamayı amaçlayan önde gelen bir uluslararası kuruluştur. Üyelerini temiz teknolojileri benimsemek, karbon ve sera gazı emisyonlarını azaltmak ve yeni pazar fırsatlarını keşfederek uzun vadeli kapasitelerine yatırım yapmak konusunda teşvik etmektedir (ACI, 2023a). Havacılığın neden olduğu çevresel etkileri anlamak ve iklim değişikliği risklerini değerlendirmek birçok paydaşın katılımını gerektirmektedir. EUROCONTROL ve ACI Europe, koordineli ve iş birliğine dayalı bir yaklaşıma duyulan bu ihtiyacı karşılamak için, havaalanı işletmecileri, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcıları, havayolu işletmecileri, Avrupa havacılık endüstrisi dernekleri ve uçak üreticilerinden oluşan çevre, iklim

değişikliği ve operasyonlar konusunda uzman bir ekip olan Avrupa Havacılık İklim Değişikliğine Uyum Çalışma Grubunu (EACCA-WG) kurmuştur. Bu çalışma grubunun amacı, havacılık paydaşlarına Avrupa havacılık sektörünün iklim değişikliğinin etkilerine uyarlanması konusunda rehberlik, akran desteği ve iyi uygulamalar sağlamaktır (Burbidge ve Deitz, 2023).

2.2.2.1.2. Ulusal organizasyonlar

Hava taşımacılığının çevreyi mümkün olan en az düzeyde etkileyerek sürdürülebilir gelişmesi konusunda Türkiye'deki etkili ulusal kurumlar arasında T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ve bakanlığa bağlı faaliyetlerini yürüten havacılık otoritesi SHGM ile havaalanı otoritesi ve işletmecisi DHMİ kurumları bulunmaktadır.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın görevleri arasında, doğal çevreyi korumak, sürdürülebilir şehirler ve yerleşimler oluşturmak, ilgili çevre mevzuatlarını hazırlamak, uygulamaları denetlemek ve çevreye dair tüm hizmetleri düzenleyici ve denetleyici anlayışla gerçekleştirmek bulunmaktadır (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Bakanlık, havaalanlarını da içine alan tüm endüstriyel kuruluşların çevresel etkilerini yönetebilmeleri için uluslararası kural ve anlaşmalara uygun düzenlemeler yayımlayarak denetlemeler yapmaktadır. Ulusal düzeyde çıkan alt düzenlemeler ve proje benzeri girişimler bu düzenlemelere uyum göstermelidir. Örneğin Bakanlık tarafından başlatılan Sıfır Atık Projesi kapsamında Türkiye'deki tüm havaalanlarının belirli süreler dahilinde Sıfır Atık Sertifikası alması Bakanlık tarafından zorunlu tutulmuştur (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2020). Birçok sektörde bu uygulama gönüllülük esasına dayanırken havaalanları için zorunlu tutulması, düzenleyici kuruluşların havaalanı altyapılarına ve bunların etkilerine olan yaklaşımlarına dair ipucu vermektedir.

Bir diğer önemli kuruluş, SHGM ve DHMİ'nin de bağlı olduğu T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'dır. Bakanlık, havacılık faaliyetlerinin emniyet ve güvenlikten ödün vermeden gerçekleşmesi için uluslararası standartlara uygun ve çevreye duyarlı biçimde politika ve düzenlemeler hazırlamaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı çerçevesinde belirlenen temel politikalara ek olarak, emisyon izleme, raporlama, doğrulama altyapısının oluşturulması ve karbon emisyonlarının stratejik bir şekilde yönetilmesi, havayolları taşımacılığında çevre dostu

biyo-yakıt ve/veya sentetik yakıt üretiminin yapılması ve bölgesel havayolu kargo taşımacılığının geliştirilmesi de bakanlık tarafından hedeflenmektedir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Ayrıca Türkiye Cumhuriyeti Millî Savunma Bakanlığı ile ortak hazırlanan Türk Hava Sahası'nın esnek kullanılmasına dair yönetmelik ile kullanıcıların gereksinimleri doğrultusunda hat tahsis edilip uçuş yollarının kısaltılmasıyla zaman ve yakıttan tasarruf sağlanmakta, bakım maliyetleri ve çevre kirliliği etkisiyle beraber küresel ısınmaya olan etki de en aza indirgenmektedir (Durmaz, 2018).

Önceki adıyla Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı olarak 1945'de kurulan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) ise, Türkiye'de sivil havacılık sektörünü düzenleyen ve denetleyen otorite kuruluştur. SHGM'ye bağlı Havaalanları Daire Başkanlığı'nın, sivil havaalanları için yer seçim kriterlerini belirlemek, uygulamaları denetlemek, havaalanlarının işletilmesi ve geliştirilmesine dair esasları belirlemek, denetlemek, hizmet sağlayıcıları yetkilendirmek gibi görevleri vardır (SHGM, 2023b). Ayrıca Daire Başkanlığı bünyesinde bir de Çevre Birimi bulunmaktadır. SHGM, uluslararası yönetmeliklere ve anlaşmalara uyumlu yönetmeliklerle havacılığın çevresel etkilerini azaltmak için havaalanlarıyla yakından çalışmaktadır. Bu kapsamda yürütülen en önemli proje “Yeşil Havaalanı Projesi” dir. SHGM bu proje ile havaalanlarına ve havaalanlarında faaliyet gösteren kurumlara belirli gereklilikleri yerine getirmeleri halinde teşvikler sağlamaktadır (SHGM, 2023a).

Havaalanlarının işletilmesi, yer hizmetlerinin yapılması bu faaliyetler ile ilgili, diğer tesislerin kurulması, işletilmesi, hava trafik hizmetinin sağlanması, seyrüsefer yardımcılarının kurulması ve işletilmesinden ise Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) sorumludur. Türkiye'de çoğunluğu düşük trafik hacimlerine sahip olan 53 havaalanının terminali DHMİ tarafından işletilmekte, birçoğunun hava trafiği hizmetleri de dahil olmak üzere tamamının hava trafik kontrol hizmeti yine DHMİ tarafından sağlanmaktadır. Öte yandan çeşitli yönergelerle havaalanı işletme esaslarına ilişkin özel havaalanı işletmecilerini de yönlendirmektedir. Havaalanlarının çevre üzerindeki etkilerini DHMİ son yıllarda gündemine almıştır. Bu konuda çevre hizmetleri yönergesi yayınlamış ve çevreci adımları destekleyici girişimlerde bulunmuştur (DHMİ, 2021). Bu bağlamda DHMİ tarafından “Karbonsuz Havalimanı Projesi” ve “Havalimanlarının Stratejik Gürültü Haritası Hazırlanması Projesi” gibi girişimler hayata geçirilmiştir.

2.2.2.2. Yerel ve merkezi yönetim

Her ülkede ulusal otorite, düzenleyici bir kurumla ana temasıdır (Hirst, 2008, s. 52). Dünyadaki hemen hemen her ülkede bir sivil havacılık otoritesi bulunmaktadır. Örneğin Türkiye’de SHGM, ABD’de FAA, Birleşik Krallık’ta CAA bu görevi üstlenmektedir. Bu kurumlar ülkelerdeki merkezi yönetimlerin atadığı yöneticiler tarafından idare edilmektedir. Havaalanlarının yönetilmesi bağlamında ise bazı ülkelerde merkezi otoriteyi temsil eden devlet kurumları bulunmaktadır ve bunlar da merkezi yönetimlerin atadığı yöneticilerce idare edilmektedir. Havaalanlarının herhangi bir yolla özel bir işletme tarafından idare edilmesi durumunda ise yine işletici merkezi yönetime bağlı bir havaalanı otoritesi ya da sivil havacılık otoritesiyle paydaş ilişkisi yürütmektedir (Graham, 2023, ss. 13–37). Hava sahasının kontrolü, meteorolojik bilgi paylaşımı, havaalanının işletilmesi, apron sahasının yönetimi gibi faaliyetler, göçmenlik işlemleri, gümrük faaliyetleri ve polis hizmetleri genelde merkezi yönetime bağlı farklı devlet kurumları tarafından sağlanmaktadır. Merkezi yönetimler havaalanlarının uluslararası düzeyde hizmet verebilmesini sağlamak adına yönetmelikler, usul ve esaslar yayınlamak havaalanlarını yönlendirirken teşvik mekanizmaları ile havaalanlarını destekleyebilirler (Örneğin Türkiye’deki Yeşil Havaalanı Projesi, Teşvikli Hat Uygulaması vb.). Ayrıca merkezi otoriteler havaalanlarının çevresel etkilerini etkin biçimde yönetmelerini sağlayacak direktifler verebilir, destek programları hayata geçirebilir, eğitimleri teşvik edebilir (Gössling ve Upham, 2009). Bir havaalanındaki gümrük ve göçmenlik kurumları, sınır kontrolü ve sağlık denetim hizmetleri gibi merkezi otoriteyi temsil eden kuruluşlar da havaalanı operasyonlarındaki rolleri nedeniyle çeşitli çevresel etkilere sahip olabilir.

Havaalanları ekonomik kalkınma için önemli bir itici güç olduğundan, hükümetler havaalanları için önemli bir paydaştır ve genellikle ekonomik büyüme için bir katalizör olarak havaalanlarının genişletilmesi veya hatta yeni havaalanlarının inşa edilmesi sürecine dahil olabilirler (Puls ve Wittmer, 2021). Son yıllarda havaalanlarında görülen özelleştirme eğilimleri, özellikle finansman bulma sorununu aşmak adına yap-işlet-devret gibi kamu-özel iş birliği yöntemleriyle havaalanlarının inşa edildiği veya işletildiği örneklerin sayısını artırmıştır (Şengür, 2017). Merkezi otoritenin bir havaalanının inşası için vereceği kararlar, arazi kullanımı değişikliğine neden olarak yerel ekosistemi ve habitatı etkileyebilir. Bu yüzden havaalanları planlanırken çevresel etkileşim konusu hassas bir şekilde dikkate alınmalıdır (Ashford vd., 2011).

Havaalanları için bir diğere önemli paydaş yerel yönetimlerdir. Havaalanı gelişiminin temel amacı havaalanının büyümesini kolaylaştırmak ve yerel ve ulusal toplumun ekonomik ve sosyal refahını artırmaktır (Thomas ve Lever, 2003). Bu, havaalanı gelişim planları ve bunların nasıl gerçekleştirileceği konusunda yerel toplumun görüşlerinin dikkate alınması anlamına gelecektir. Yerel toplumun temsilcileri ise yerel yönetimlerdir. Yerel yönetimler havaalanına ulaşım imkanlarının sağlanması, hava ve gürültü kirliliği gibi çevresel etkilerin kontrolü ve yerel teşvikler gibi konularda havaalanlarıyla işbirliği içine girebilirler (Daley, 2010). Ayrıca bazı havaalanlarının yönetimleri de yerel otoriteler tarafından gerçekleştirilmektedir (Budd ve Ison, 2021). Yerel yönetimlerden gelen planlama kılavuzları, havaalanı binasının yerini, boyutunu ve yüksekliğini ve havaalanı faaliyetinin ne ölçüde büyüebileceğini etkileyebilir. Bina ve güç tüketimi için sürdürülebilirlik hedeflerine uyulmasını gerektirebilir. Ayrıca yol yapımı ve taşımacılık modları arasındaki değişim politikaları yoluyla havaalanına erişim şeklini de etkileyebilir (Kazda ve Caves, 2015, s. 244). Havaalanı yöneticilerinin, havaalanının erişim ihtiyaçlarını karşılayacak yatırımların yapılması için yerel yönetimlerle yakın iş birliği içinde çalışmaları oldukça önemlidir. Havaalanlarının, yerel yönetimlerle birlikte çalışarak arazi kullanım kararlarını şekillendirmesi ve olası çevresel etkileri azaltabilmesi mümkündür. Aynı şey havaalanı çevresindeki gürültü ve yerel hava kirliliği seviyelerinin azaltılması, gerekli önlemlerin alınması için de geçerlidir (Marais vd., 2016, s. 437).

2.2.2.3. Yerel topluluklar

Havaalanları, yerel çevre ve çevredeki toplumların sakinlerinin yaşamları üzerinde önemli olumsuz etkileri olan büyük sanayi kompleksleridir. En önemli paydaş gruplarından biri çevredeki toplum sakinleri ve onların seçilmiş temsilcileridir. Havaalanı gelişiminin amacı, havaalanının büyümesini kolaylaştırmak ve yerel ve ulusal toplumun ekonomik ve sosyal refahını artırmaktır. Bu da havaalanı gelişim planları ve bunların nasıl gerçekleştirileceği konusunda yerel toplumun görüşlerinin hem ilkesel hem de uygulamada tamamen dikkate alınması anlamına gelmektedir (Thomas ve Lever, 2003, s. 108). Toplumun havaalanına karşı çıkması, mevcut operasyonları ve büyümeyi ciddi şekilde kısıtlayabilir. Bu özellikle havaalanı işletmecisi bir altyapı gelişimi için veya hava sahası değişikliği için girişimde bulunduğu görülmektedir (Paling ve Thomas, 2018, ss. 302–303). Bu durumda, havaalanı, olumsuz çevresel etkileri en aza indirmek için uygun önlemleri aldığı ve olumsuz etkilenenleri tazmin etmek için harekete geçtiğini

gösterebilmelidir. Buna ek olarak, devam eden büyümesinin sosyal ve ekonomik faydalarını açıkça ortaya koyması gerekmektedir. Ayrıca, faydaları aktif bir şekilde olumsuz etkilenenlere yönlendirerek, havaalanları komşu toplumlarda hoşgörü yaratabilir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik raporlaması yerel toplumla diyalog kurulmasına yardımcı olma potansiyeli bakımından oldukça önemlidir (Upham ve Mills, 2005). Havaalanlarının çevredeki topluluklara olumsuz etkileri, hava trafiği, havaalanındaki yer araçları ve yolculara yer ulaşımı sağlayan araçlar dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan meydana gelmekte ve gürültü, hava kirliliği, su kirliliği, zararlı atıklar, trafik sıkışıklığı gibi olumsuzlukları içermektedir (Young ve Wells, 2019).

Herhangi bir sürdürülebilirlik veya kurumsal sosyal sorumluluk programının kilit bir parçası, önemli paydaşlar olmaları nedeniyle komşu topluluklarla etkileşimdir. Havaalanı operasyonlarını ve büyümesini kolaylaştırmak için tasarlanan etkili katılım aşağıdaki faaliyetleri içerir (Paling ve Thomas, 2018, s. 303):

- Havaalanının yerel sakinlerin yaşamları üzerindeki olumsuz etkilerinin niteliğini ve kapsamını belirlemek için dürüst, açık ve şeffaf bir iletişim,
- Yerel halk için anlamlı olacak iyileştirmeleri ve kamuya açık olarak belirtilen hedefleri içeren bir yönetim programının uygulanması,
- Etkileri azaltmak ve önlenemeyenleri telafi etmek için etkili eylem planının hazırlanması,
- Havaalanının operasyonundan ve büyümesinden kaynaklanan sosyal ve ekonomik faydaları en üst düzeye çıkarma çabaları.

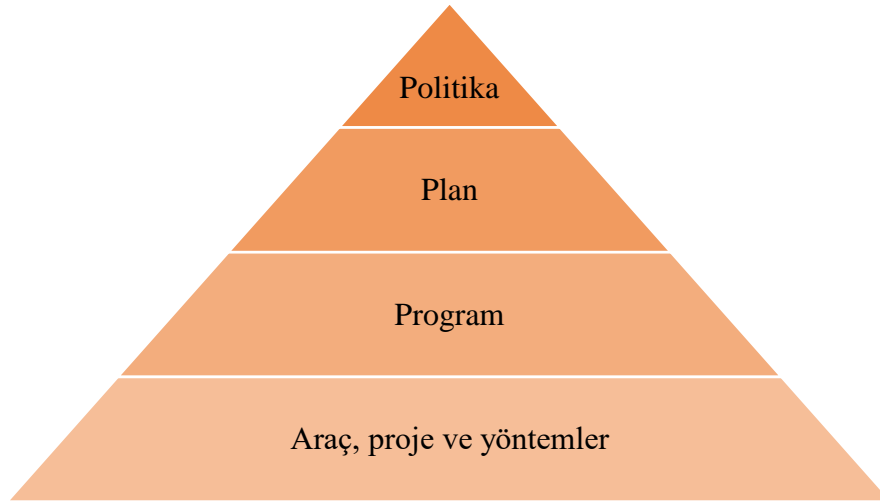
2.3. Havaalanı ve Çevre

Küresel ulaşım ağlarının kritik bileşenleri olan havaalanları, faaliyetleri nedeniyle çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etkiler, uçak ve yer operasyonlarından kaynaklanan karbon emisyonları, kalkış ve inişlerden kaynaklanan gürültü kirliliği ve havaalanı altyapısının genişletilmesinden kaynaklanan habitat bozulması dahil olmak üzere bir dizi çevresel boyutu kapsamaktadır (Marais vd., 2016). Havacılık sektörünün büyümesi, küresel bağlantıları ve ekonomik kalkınmayı kolaylaştırırken, çevresel ayak izine ilişkin endişeleri de beraberinde getirmiştir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için dünya çapındaki havaalanları, daha çevreci teknolojilerin geliştirilmesi, yakıt verimliliği için uçuş rotalarının optimizasyonu ve gürültü azaltıcı altyapı yatırımları gibi sürdürülebilirlik girişimlerini giderek daha fazla benimsemektedir (Janić, 2011). Bu

önlemler, sektörün çevresel etkileri azaltma ve çevreyle daha sürdürülebilir bir birlikteliği teşvik etme konusundaki kararlılığını göstermektedir. Havaalanlarının çevresel sürdürülebilirliğini daha iyi anlayabilmek için bu başlıkta öncelikle havaalanları özelinde çevresel politikalar, düzenlemeler, havaalanlarının çevresel etkileri, bu etkilerin ölçülmesi ve raporlanması başlıkları ele alınmıştır.

2.3.1. Çevresel politikalar

TDK'ya göre politika; “belirlenen amaç veya hedeflere ulaşmaya yönelik karar ve eylemler bütünü” şeklinde tanımlanmıştır (TDK, 2022). Kuruluşlar için ise politika; stratejik yönetimin temel kavramlarından biri olup yöneticilere karar vermelerinde yardımcı ve rehber olan bir ilke veya ilkeler dizisi olarak ifade edilebilir (Ülgen ve Mirze, 2010, s. 37). Çevre politikası genellikle çevre stratejisinde belirtilen ilkelerle uyumludur ve nihai amaçlara hizmet eder. Politikalarda sayısal hedefler yer alabilir. Bununla birlikte kuruluşların çevre politikası; kısa, orta ve uzun vadeli planları, programları, projeleri, araçları ve yöntemleri kullanmayı gerektirmekte olup bunlar arasında hiyerarşik bir ilişki vardır (Eren, 2007). Bu kavramlar birbirleriyle bağlantılı olup çevresel amaç ve hedeflere ulaşılmasına yardımcı olmak için birbirlerinin üzerine inşa edilirler. Politikayla ilgili kavramların hiyerarşik görünümü Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Politikayla ilişkili kavramların hiyerarşisi (Eren, 2007)

Çevre politikasında yer alan ilkeler bireylerin ve kuruluşların yapacakları faaliyetlere tesir ederek yol gösterici rolü oynar ve genel bir planı ifade etmektedir. Politikalar detaylı plan ve programların geliştirilmesi için temel oluşturur. Dolayısıyla politika uygulanırken

alt planlar söz konusudur. Planlar ise kuruluşların belirlediği genel politikayı uygulamak için geliştirilmekte olup, belirli bir hedefe ulaşmak için gereken adımları, faaliyetleri ve kaynakları özetleyen spesifik ve yapılandırılmış bir hareket tarzıdır (Koçel, 2015, ss. 60–65). Bazen planların yerine veya planlarla birlikte kullanılan programlar; projeler, araçlar, yöntemler ve faaliyetler setinden oluşabilir ve kapsamlı amaçlara ulaşmak için planların uygulanmasını koordine ederler. Bir kuruluş politika ve planlarını, programlar ve bu kapsamdaki araç ve yöntemler aracılığıyla uygulayarak çevresel amaçlarına ulaşabilir (Hazemba ve Halog, 2021, s. 1,3).

Bu başlıkta havacılıkta önemli kuruluşların çevresel politikalarına yer verilirken, ilişkili alt çevresel planlar, programlar, belirli faaliyetleri yürütmek için bir araya gelmiş çalışma grupları ve araçlar gibi çevresel sürdürülebilirlik politikalarıyla ilgili unsurlardan söz edilmiştir.

Havacılıkta çevresel politikaları uluslararası ve ulusal politikalar başlıklarında ele almak mümkündür. Aşağıdaki alt başlıklarda daha önce dış paydaşlar kapsamında ele alınan uluslararası ve ulusal kuruluşların her birinin çevre politikalarına ayrıca yer verilmiştir.

2.3.1.1. Uluslararası politikalar

İlk dönemlerde havacılıktaki çevre politikaları, emisyonları azaltmak için sektördeki büyümeyi kontrol altına alma niyetiyle karakterize edilmiştir. Kısmen sivil havacılığın oldukça rekabetçi, sınır ötesi bir faaliyet olması ve tarihsel olarak devletler arasındaki sayısız ikili hava hizmeti anlaşmaları ve daha geniş uluslararası anlaşmalar yoluyla düzenlenmesi nedeniyle, uluslararası hava taşımacılığına yönelik çevresel politikaların gelişimi başlangıçta yavaş olmuştur (Pastowski, 2003). Zamanla neredeyse tüm politika oluşturma süreçleri, teknolojik, operasyonel, düzenleyici ve piyasaya dayalı politikaların (ekonomik araçlar ve talep yönetimi gibi) bir kombinasyonu yoluyla havacılığın olumsuz çevresel çıktılarının kontrol edilmesine önem verme eğiliminde olmuştur (Dobbie, 2003). Havacılık emisyonlarının Avrupa’da EU-ETS (European Union – Emission Trading Scheme) kapsamına alınması ve ICAO Genel Kurulu'nun 10 yıldan uzun süredir üç yıllık toplantılarında emisyonlara gündeminde yer vermesi, politika yapımcılar için çevre konusunun önemini göstermektedir.

Günümüzde havacılıkta en önemli çevre politikalarından biri 2050 Net Sıfır politikasıdır. Bu politika, havacılık sektörünün 2050 yılında net CO₂ emisyonlarını 2005

seviyesine göre yarıya indirilmesini amaçlamaktadır ve 191 ülkenin imzaladığı Paris Anlaşması'ndaki küresel sıcaklık artışını sınırlama hedefleriyle uyum göstermektedir (ATAG, 2021). Öte yandan sektörün 2050 politikası, yalnızca küresel jet yakıtı kullanımından kaynaklanan emisyonları içermektedir. Havaalanı emisyonları, yer hizmeti ekipmanlarından ve diğer yol araçlarından kaynaklanan emisyonlar, terminal olanakları ve ofis kaynaklı emisyonlar ve hava trafik kontrolü sebepli emisyonlar 2050 politikası kapsamında değilken Paris Anlaşması'nda kapsam dahilindedir. Konuya havaalanları açısından bakıldığında çevresel politikalar havaalanları için gürültü azaltımı, enerji kullanımı, emisyon azaltımı ve hava kalitesi, su kullanımı, atık yönetimi, biyoçeşitlilik korunumu ve arazi kullanımı planlaması konularında yol göstermektedir (ICAO, 2022b).

Havacılıkla ilgili çevresel politika oluşturma çalışmalarının çoğu, havacılığın iklim değişikliği, yerel hava kirliliği, gürültü ve insan sağlığı üzerindeki mutlak çevresel etkisinin havacılığa olan talepteki artışa paralel olarak artacağı öngörüsüne dayanmaktadır. Bu artışın engellenmesi, uluslararası havacılıktaki paydaşların katılımı olmadan ele alınmamalıdır (Truxal, 2017, s. 124). Bu paydaşlardan biri olan havaalanlarının çevresel sürdürülebilirliğinin desteklenmesinde ve yönlendirilmesinde çevre politikaları çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu politikalar genellikle havaalanı yetkilileri, hükümetler ve uluslararası havacılık kuruluşları tarafından havaalanı operasyonlarıyla ilişkili çeşitli çevresel etkileri ele almak üzere oluşturulmaktadır. Karar vericiler ya da yönetim tarafından belirlenen politikalar yine yönetimin kontrolünde hazırlanan planlarla alt seviyede uygulanmaya hazır hale getirilmektedir. Programlar ve araçlar vasıtasıyla da planlar gerçekleştirilmektedir (Koçel, 2015).

Havaalanlarına yönelik uluslararası çevre politikaları kapsamında hazırlanan çevresel yönetim planları; çevre programlarının ilgili mevzuat gerekliliklerine ve uluslararası kurallara göre uygulanmasını sağlamak için çevresel taahhütlerin nasıl yerine getirileceğini açıklamaktadır. Bu çevre programları bir havaalanından diğerine önemli ölçüde farklılık gösterebilir ve genellikle bölgesel düzenlemelerden, yerel çevresel kaygılardan ve havaalanının büyüklüğü ve karmaşıklığından etkilenmektedir (Young ve Wells, 2019). Örneğin, yerleşim alanlarına yakın havaalanları genellikle gürültü azaltma programları uygularken (Suau-Sanchez vd., 2011), ekolojik açıdan hassas alanların yakınında bulunan havaalanları ise sulak alanlar ve doğal habitatlar da dahil olmak üzere yerel biyolojik çeşitliliği korumayı ve muhafaza etmeyi amaçlayan programlara sahip olabilir (Kor vd., 2022). Bu gibi programlardan uluslararası ölçekte olanlar sadece

havaalanlarını değil, havaalanlarını da içeren sektör genelini içine almaktadır. Örneğin CORSIA uluslararası bir çevre programıdır ve havaalanlarını da içine alır. Bununla birlikte bir havaalanı özelinde hazırlanan örneğin gürültü programları, yerel ölçekte ve kısıtlı bir çevreyi ilgilendirmektedir.

2.3.1.1.1. ICAO

Havacılıkta uluslararası çevresel politikaların öncüsü ICAO'dur. ICAO'nun çevre çalışmaları Havacılık Çevre Koruma Komitesi (CAEP – Committee for Aviation Environmental Protection) tarafından koordine edilmektedir. Çevre Koruma Komitesi, gürültü, hava kirliliği ve çevre konusunda uluslararası standartları ve tavsiyeler SARP's (Standards and Recommended Practices) yayınlamaktadır (Durmaz, 2018). Bu standartlar ve tavsiyeler ICAO'nun Ek'leri ve ilgili dokümanları aracılığıyla havaalanlarının çevre politikalarını etkilemekte ve yönlendirmektedir. CAEP Komitesi'nin yürüttüğü “Yeşil Havaalanı” girişimiyle, çevre dostu bir havaalanı planlamasını sağlayacak altyapı kararlarını ve arazi kullanımı ve yönetiminde en iyi uygulamaları içerecek şekilde havaalanı planlama kılavuzları güncellenmektedir (ICAO, 2015a). Bu bakımdan havaalanı yöneticileri ve planlamacıları ICAO'nun düzenlemelerini yakından takip etmelidir.

ICAO'nun genel olarak çevre koruma politikası üye devletlerin de katılımıyla şu üç temel alanda yoğunlaşmıştır (ICAO, 2023a):

- İklim değişikliği ve havacılık emisyonları
- Hava aracı gürültüsü
- Yerel hava kalitesi

Ülkeler, başta yeni küresel havacılık standartlarını geliştirerek ICAO aracılığıyla bu politikaları gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Uluslararası havacılık için bu geniş çevresel politikalar üzerinde anlaşılmış ve ICAO'nun Çevre Koruma faaliyetlerine şu konularda öncelik verilmiştir (ICAO, 2023a):

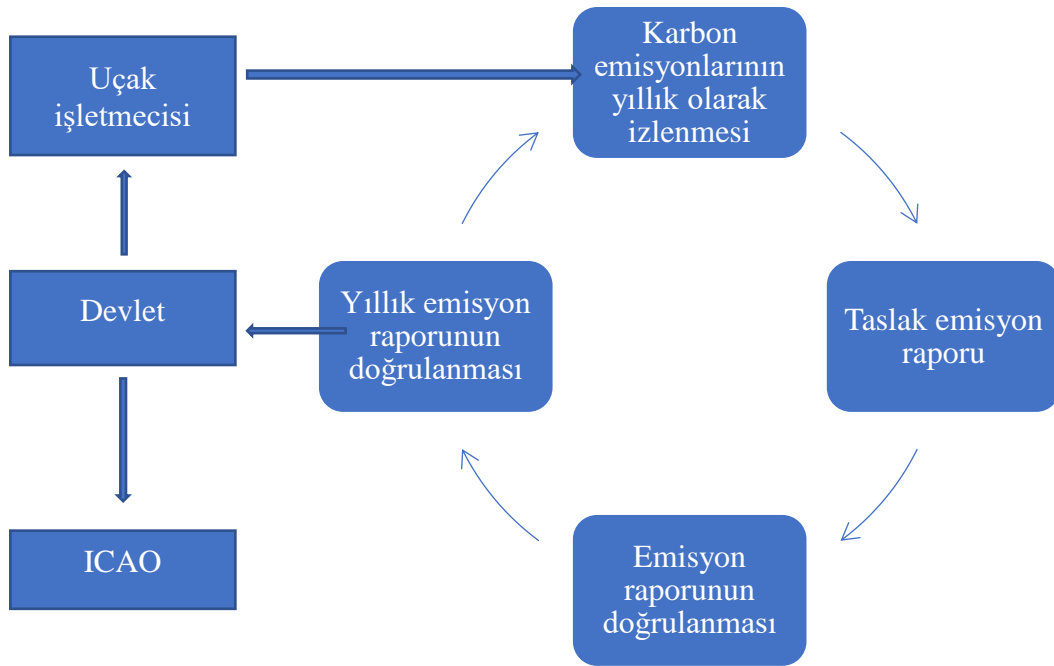
- Uçak gövde tasarımı, itiş gücü ve diğer havacılık teknolojisindeki yeniliklerin desteklenmesi,
- Yakıt tüketimini azaltmak için uçuş prosedürlerinin optimize edilmesi,
- Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının ve temiz enerjinin üretimini ve dağıtımının artırılması,
- CORSIA'nın uygulanması.

Genel çevre politikalarının yanı sıra daha spesifik olan sürdürülebilir havacılık yakıtlarının (Sustainable Aviation Fuels – SAF) kullanımı, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, ICAO'nun önem verdiği önemli çevre koruma politikalarından biridir. SAF, sürdürülebilirlik kriterlerini karşılayan yenilenebilir veya atıktan türetilen havacılık yakıtları olarak tanımlanmaktadır (ICAO, 2018d). ICAO'nun gerçekleştirdiği teknik analiz, SAF'ın uluslararası havacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltmasında en büyük potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Hava ve su kalitesi, arazi yönetimi, gürültü ve iklim değişikliği gibi havaalanı operasyonlarıyla ilgili çevresel konular, devletlerin sağlam politikalarla yanıt vermesini gerektirmektedir. ICAO'nun, havacılığın küresel iklim üzerindeki etkisini sınırlamak ve azaltmak için politika geliştirme ve standartlar belirleme çabalarının başından beri ICAO Üye Devletleri, çevreyi koruma konusunda harekete geçmiş ve inisiyatifler geliştirmişlerdir. Ancak tüm ülkelerin bunu yapacak insani, teknik ve finansal kaynağı olmadığı için ICAO, devletlere harekete geçme kapasitesi ve araçları sağlamak üzere 2010 yılında çevre politikası doğrultusunda Ülke Eylem Planı (State Action Plan) girişimini başlatmıştır (ICAO, 2022c). Bu girişim, tüm ICAO Üye Devletlerinin, uluslararası havacılık sektörü için iklim değişikliği konusunda uzun vadeli bir bakış açısı oluşturmasını sağlamaktadır. Böylelikle ülkeler, ICAO'nun önlemler havuzundan uygun emisyon azaltma önlemlerini seçmek ve beklenen sonuçlarını hesaplamak üzere birlikte çalışmaya teşvik edilmektedir. Küresel çapta toplam RTK'nın %98,16'sını temsil eden 135 ülke, Ülke Eylem Planlarını gönüllü olarak ICAO'ya sunmuş bulunmaktadır (ICAO, 2022c).

Havacılık sektörünün karbon emisyonlarını sınırlandırmayı ve azaltmayı amaçlayan en önemli uluslararası uygulamalardan biri, CORSIA programıdır. CORSIA, ICAO tarafından 2016 yılında gerçekleşen 39. Konsey toplantısında kabul edilen, havacılığın iklim değişikliği etkilerini azaltmak için uluslararası uçuşlardan kaynaklanan emisyonları azaltmayı amaçlayan, küresel bazda piyasa temelli bir programdır (ICAO, 2022d). ICAO Ek 16'da yer edinen CORSIA, her ne kadar havayolu işletmecilerini odağına alsada da havayollarının uçuş ağlarını ve operasyonlarını etkileyebileceği için havaalanları da bu programı yakından izlemektedir. CORSIA; teknolojik iyileştirmeler, operasyonel iyileştirmeler ve sürdürülebilir havacılık yakıtlarının kullanımı yoluyla azaltılamayan CO₂ emisyonlarının karbon piyasası yoluyla dengeleyerek azaltılmasını içermektedir. CORSIA üç aşamada uygulanacaktır: pilot aşama (2021-2023), birinci aşama (2024-2026) ve ikinci aşama (2027-2035). İlk iki aşama (2021-2026) için katılım gönüllülük esaslıdır. 1 Ocak

2023 itibariyle 115 Devlet CORSIA'ya katılma niyetini açıklamıştır. 1 Ocak 2024'de katılacağını açıklayan 10 devletle birlikte toplam sayı şimdilik 125'i bulacaktır (ICAO, 2023b). Bu program ile 2050 yılına kadar havacılık kaynaklı karbon emisyonlarının 2005 seviyelerinin yarısına indirilmesi öngörülmektedir. CORSIA programına katılın ya da katılmasın, ICAO Üye Devletlerindeki uluslararası uçuş icra eden tüm havayolu işletmeleri bu uçuşlardan doğan CO₂ emisyonlarını 2019'dan itibaren izlemeli, raporlamalı ve doğrulamalıdır. CORSIA kapsamında ülkelerin emisyon doğrulama sistemi işleyişi ve veri toplama süreci Şekil 2.4'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.4. CORSIA kapsamında CO₂ emisyon verisi toplama süreci (ICAO, 2020)

ICAO'nun havaalanlarının çevresel sorunları için geliştirdiği ve CORSIA programına katkı sağlayan diğer önemli girişimler arasında CAEP komitesinde havaalanı operasyonlarına özel çalışma grubunun oluşturulması, yeşil havaalanının planlanması ve altyapı projelerinin uygulanması için Eko-Havaalanı elektronik araçlarının hazırlanması, çevresel etkinin azaltılmasında rehberlik edecek kılavuzların hazırlanması ve havaalanı gürültü yönetiminde denge yaklaşımının getirilmesi gibi aksiyonlar yer almaktadır (ICAO, 2023a).

2.3.1.1.2. IATA

Havayolu taşıyıcılarının birliği olarak IATA, çevresel konuların merkezinde bulunan havayolu işletmelerini temsil etmektedir. 4 Ekim 2021'de ABD'nin Boston kentinde düzenlenen 77. IATA Yıllık Genel Toplantısında, IATA üyesi havayolları tarafından 2050 yılına kadar uçuş operasyonlarında net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı taahhüt eden bir karar alınmıştır (IATA, 2021). 2050 Net Sıfır adıyla bilinen bu politika sektör genelinde benimsenmiştir. Böylece küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlandıran Paris Anlaşması'nın amaçlarıyla hava taşımacılığı sektörü uyumlaşmıştır. Şüphesiz bu politikada başarılı olmak, havayolları, havaalanları, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcıları, yer hizmeti sağlayıcıları ve üreticiler gibi sektördeki tüm aktörlerin katılımın, iş birliğini ve devlet desteğini gerektirmektedir. Havayolları gibi havaalanları da ayrıca kendi emisyonları için net sıfır karbon politikası belirlemiş ve mevcut faaliyetlerini sürdürmek ve gelecekte sürdürülebilir büyümeye olanak sağlamak için kolaylaştırıcı rol oynayarak bu amaca ulaşmak için çalışmaktadır (IATA, 2022a). Öte yandan havaalanlarının sürdürülebilirliği havayolları ile doğrudan ilişkilidir ve havayollarının desteği ve ortak çalışmasıyla gerçekleştirilebilir görünmektedir. Örneğin uçak performans verilerine göre, uçak yer operasyonlarının (taksi/pist hareketleri ve APU kullanımı) toplam uçak emisyonlarının yaklaşık %8'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Havayolu operasyonlarının tamamında salınan emisyonlar içerisinde küçük gibi görünen bu sayı, tüm havaalanı emisyonlarının toplamının birkaç katına tekabül etmektedir (Kesgin, 2006).

IATA, havaalanı sürdürülebilirliği için de çalışmalar yapmaktadır. Bu doğrultuda IATA, havaalanları ve yer hizmeti sağlayıcıları için IATA Çevresel Değerlendirmesi (IEnvA) sertifika programını başlatmıştır. Program kapsamında IEnvA, havayolları, havaalanları, yer hizmeti sağlayıcıları, IATA ve sürdürülebilirlik uzmanları ile iş birliği içinde oluşturulmuş standartlara ve en iyi uygulamalara dayalı bir çevre yönetim sistemi önermektedir. Ayrıca ISO14001 gerekliliklerine uygundur ve gözetim, yönetim ve kalite kontrol için IATA'nın emniyet denetimi konusundaki uzmanlığını kullanmaktadır (IATA, 2022b). Buna ek olarak IATA'nın Havaalanı Gelişimi Referans Kılavuzu (Airport Development Reference Manual), sürdürülebilirlik amaçlarına ulaşmak için havaalanlarına stratejiler ve tedbirler sunmanın yanı sıra hava yolculuğunun çevre üzerindeki etkisine ilişkin artan endişeleri gidermek için rehber niteliğinde politika ilkeleri içermektedir (IATA, 2022c).

2.3.1.1.3. ECAC

4 Mayıs 2017'de ECAC Genel Müdürlüğü, Ekim 2017'de uygulanmaya başlanan çevre alanında yeni bir yönetim yapısı benimsemiştir. Bu yeni yapı, değişen önceliklere karşı daha dirençli olmak, Üye Devletlerin sınırlı kaynaklarının kullanımında verimliliği artırmak ve etki alanındaki çevresel kapasite geliştirme ihtiyacını ele almak için kurulmuştur (ECAC, 2022a). ECAC'ın çevresel politikası bu yapı tarafından şekillendirilmektedir. ECAC'ın çevresel kapasite geliştirme politikası uzun süredir devam etmektedir ve ECAC, çevresel kapasite geliştirme ihtiyacını bir öncelik olarak kabul etmektedir. Çevresel kapasite geliştirme politikasının üç genel hedefi bulunmaktadır (ECAC, 2022b):

- ECAC Üye Devletlerinin ICAO çevre politikasını ve düzenleyici gereklilikleri yerine getirme çabalarını desteklemek,
- ECAC Üye Devletlerinde çevre konularıyla ilgilenen kişilerin yeterliliklerini ve bilgilerini güçlendirmek,
- ECAC Üye Devletleri arasında bilgi paylaşımını ve politika farkındalığını teşvik etmek ve desteklemek.

ECAC, Avrupa Birliği'nde havacılıkla ilgili çevresel sorunların ele alınmasında ve havacılık sektöründe sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. ECAC'ın önem verdiği konuların başında CORSIA ile birlikte SAF'ın desteklenmesi ve yaygınlaştırılması bulunmaktadır. ECAC ülkeleri, ICAO direktifleri doğrultusunda SAF kullanılmaya başlanmasını benimsemekte ve SAF'ın Avrupa havaalanlarında yaygın olarak bulunmasının veya kullanılmasının önündeki mevcut birçok engeli ele almak için ortak adımlar atmaktadır (ECAC, 2021). ECAC, SAF kullanımıyla ilgili havaalanlarının adaptasyonlarını da içeren bir rehber yayınlamıştır. Bu rehber, ECAC bünyesinde oluşturulan Avrupa Havacılık ve Çevre Çalışma Grubu'na bağlı SAF Görev Grubu'nun çalışmalarıyla oluşturulmakta ve güncellenmektedir (ECAC, 2023b). Ayrıca ECAC Sekreteryası ve EUROCONTROL, ulusal düzenleyici tedbirlerin yanı sıra belirli havaalanlarında SAF kullanımının durumunu gösteren bir Avrupa haritası geliştirmek ve güncellemek için iş birliği yapmıştır (ECAC, 2023a). Bu haritada ECAC üyesi ülkelerin havaalanlarındaki SAF kullanımı bilgisi ve düzenlemeler özet biçimde gösterilmektedir.

Avrupa'da hava taşımacılığında önemli çevresel politika araçlarından biri EU-ETS'dir. ECAC ülkeleri CORSIA ve EU-ETS gibi piyasa temelli önlemleri güçlü şekilde desteklemiştir (ECAC, 2021). Pazar odaklı bir önlem olarak Avrupa Birliği tarafından

ortaya konulan ETS, havacılık emisyonlarının sınırlandırılmasında önemli bir politika aracıdır (Anger ve Köhler, 2010). Bir emisyon üst sınır ve ticaret aracı olarak ETS, emisyon tahsis izinlerinin ticaretini içermektedir. Bu kapsamda ihtiyacından daha fazla emisyon salınım iznine sahip olan kuruluş, fazla emisyon izinlerini daha fazla ihtiyacı olan başka bir kuruluşa satabilir. İzinlerin fiyatı, göreceli talep ve arz dayalı olarak birincil ihalelerde belirlenmektedir (Cong ve Wei, 2012; Efthymiou ve Papatheodorou, 2019). Bunun yanı sıra Avrupa Birliği tarafından ortaya konulan temel yasal politika Avrupa Yeşil Mutabakatıdır (European Commission, 2019). ETS de bu mutabakatın bir parçasıdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı; birliğin iklim, enerji, ulaştırma ve vergi politikalarının 2030 yılına kadar net sera gazı emisyonlarında 1990 seviyesine kıyasla en az %55 oranında bir azalma sağlayacak şekilde uyarlanmasını ve böylece AB'nin 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşmasını hedeflemektedir. Havacılıkta ortaya konan 2050 Net Sıfır politikası da bu mutabakatın ulaştırma ayağında önemli parçalarından biridir.

2.3.1.1.4. EUROCONTROL

EUROCONTROL, aşağıdaki konularda Avrupa hava taşımacılığı sektörü için geliştirilen çevresel politikalara katkı sağlamaktadır (EUROCONTROL, 2022):

- Çevresel etkileri değerlendirmek ve senaryolar geliştirmek için yenilikçi, son teknoloji veriye dayalı modellerin geliştirilmesi,
- Havacılık sürdürülebilirliği konusunda farkındalığı artırmak için gelişmiş ölçümler, en iyi uygulamalar, özel eğitimler ve güncel web seminerleri geliştirerek hava seyrüseferinin çevre performansının artırılmasına katkı sağlanması,
- Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının benimsenmesi ve İHA'lar ve uçan taksiler gibi piyasaya yeni girenlerin entegrasyonunun desteklenmesi.

EUROCONTROL, bu politikalara dayalı olarak önemli karbon emisyon azaltım önlemlerini desteklemektedir. Bu bağlamda paydaşlarının EU-ETS ve CORSIA kapsamındaki uygulamalarına yardımcı olmak için bir Destek Tesisi (ETS Support Facility – ETS SF) kurarak, izleme ve raporlama konusunda paydaşlarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca EUROCONTROL trafik verilerine dayanarak, yakıt yakma ve CO₂ emisyonlarını tahmin eden bir metodoloji geliştirerek çevresel plan ve programların uygulanmasını desteklemektedirler (EUROCONTROL, 2023a).

EUROCONTROL, havaalanları için de çeşitli araçlar geliştirerek paydaşlarını desteklemektedir. Bunlardan biri açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemine eklenti olarak geliştirilen havaalanı yerel hava kalitesi çalışmaları (Open-ALAQS) modelleme aracıdır. Bu sayede, uçak operasyon faaliyetleri ve çeşitli havaalanı kaynaklarının yanı sıra havaalanına erişim yolları gibi havaalanı içi altyapıdan kaynaklanan emisyonlar tahmin edilmektedir (EUROCONTROL, 2023b). Bir diğeri ise havaalanında kaynakların kullanımını optimize ederek ve hava trafiğinin öngörülebilirliğini artırarak havaalanı operasyonlarının verimliliğini ve esnekliğini artıran Havaalanı Ortak Karar Verme (A-CDM) aracıdır. Bu, havaalanı paydaşlarını (havaalanı işletmecileri, havayolu işletmecileri, yer hizmetleri ve hava trafik kontrol) daha şeffaf ve iş birliği içinde çalışmaya, onları ilgili, doğru ve zamanında bilgi alışverişinde bulunmaya teşvik ederek gerçekleştirilmektedir (EUROCONTROL, 2023c).

2.3.1.1.5. ACI

ACI, üyelerini temiz teknolojileri benimsemek, karbon ve sera gazı emisyonlarını azaltmak ve yeni pazar fırsatlarını keşfederek uzun vadeli kapasitelerine yatırım yapmak konusunda teşvik etmek üzere çevre politikasını şekillendirmiştir (ACI, 2023a). Bu çevre politikası doğrultusunda havaalanlarının küresel olarak büyümesini ve sürdürülebilirliğini sağlarken ait oldukları toplumların doğal kaynaklarını koruyan iklim çözümlerini uygulamalarına yardımcı olmak için kapsamlı araçlar ve uzmanlık sağlamaktadır. ACERT (Airport Carbon and Emissions Reporting Tool / Havaalanı Karbon ve Emisyon Raporlama Aracı) ve AGES-S (Aircraft Ground Energy System – Simulator / Uçak Yer Enerji Sistemi – Simülör) bu araçlardandır. Ayrıca ACI'nın geliştirdiği önemli sürdürülebilirlik programları arasında ACA (Airport Carbon Accreditation / Havaalanı Karbon Akreditasyonu) ve ACI-LAC Green Airport Recognition (Yeşil Havaalanı Tasdiki) programları bulunmaktadır. ACA, havaalanlarının CO₂ emisyonlarını yönetme ve azaltma çabalarını bağımsız olarak değerlendiren ve tanıyan, kurumsal olarak onaylanmış, diğer uluslararası kuruluşların da desteklediği yaygın bir programdır. Katılımcı havaalanları ACI tarafından 6 farklı akreditasyon seviyesinde sertifikalandırılabilir. Söz konusu sınıflandırmalar ve açıklamaları Şekil 2.5'de gösterilmiştir (ACI, 2023c). “Haritalama” seviyesinden “Geçiş” seviyesine doğru çevresel performans ve çabaların artması söz konusudur. Eylül 2023 itibariyle dünya genelinde ACA kapsamında karbon ayak izini haritalandıran 152 havaalanı, CO₂ emisyonlarını azaltan 180 havaalanı, optimizasyon

aşamasında 96 havaalanı, CO2 salınımını nötrleyen 45 havaalanı, dönüşüm kategorisinde 21 havaalanı, geçiş kategorisinde ise 49 havaalanı bulunmaktadır (ACI, 2023d). Yeşil Havaalanı Tasdiki programı ise havacılığın çevre üzerindeki etkisini en aza indirmek için çevresel en iyi uygulamaları teşvik etmeyi ve çevre projelerinde üstün başarı gösteren havaalanı üyelerini ödüllendirmeyi amaçlamaktadır (ACI, 2023e). ACI'nın bir diğer girişimi ise çevresel eğitim programları düzenlemesidir. Bu alandaki eğitim programları CO₂ azaltımı, havaalanı enerji yönetimi, gürültü yönetimi, atık yönetimi ve havaalanı çevresel yönetiminde ön planda olan diğer önemli çevresel konuları kapsamaktadır (ACI, 2023f).



Şekil 2.5. ACA Karbon akreditasyon seviyeleri

2.3.1.2. Ulusal politikalar

Türkiye’de atılan serbestleşme adımlarıyla birlikte hava taşımacılığı sektörü oldukça hızlı büyümüş, popüler turizm destinasyonları da bu büyümeyi teşvik etmiştir (Gerede, 2010; Sarılgan, 2007). Öte yandan hava ulaşımının toplam ulaşım içerisindeki payı arttıkça çevresel faktörler daha da belirgin hale gelmiştir. Türkiye’de ulaşımdan kaynaklanan

toplam sera gazı emisyonlarında ve enerji tüketiminde hava taşımacılığı, karayolu taşımacılığından sonra ikinci sırada gelse de en yüksek artış hızı hava taşımacılığında gerçekleşmiştir (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019). Bu artışa paralel olarak gelişen çevre politikalarının ulusal düzeyde şekillenmesinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ve bağlı kuruluşlar aktif rol oynamaktadır. Bununla birlikte sektörde sürdürülebilirlik politikaları, uluslararası yükümlülükler, rekabet ve ilgili tarafların (paydaşların) beklentileri sonucunda oluşmaktadır. Sektör çok aktörlü bir yapıya sahiptir ve aktörler arasında iş birliği gereklidir.

AB ve BM gibi Türkiye'nin üye olduğu uluslararası örgütlerin iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik başlıklarını öncelikli mesele haline getirmesiyle birlikte Türkiye'de de bu konular politika yapıcıların gündemine girmiştir. Çevre konusu ilk defa Üçüncü Kalkınma Planı'nda (1973-77), daha detaylı şekilde ise Beşinci Kalkınma Planı'nda (1990-94) ele alınmıştır (Orhan, 2013). Havacılıkta sürdürülebilirlik ise son yıllarda daha fazla gündeme gelmiş bir konudur. Kalkınma Planlarının alt komisyon gruplarında havayolu ulaşımıyla ilgili plan ve programlara yer verilmektedir. Havacılıkta başta gürültü ve zararlı emisyonlarla ilgili olmak üzere çevresel mevzuatların katılaacağı ve verimli uçakların kullanımının giderek zorunlu hale geleceği Beş Yıllık Kalkınma Planı Havayolu Ulaştırması Özel İhtisas Komisyon Raporlarında ve Ulaştırma Şuralarında ifade edilmiştir. Birçok kamu kurumunun ortak çalışmalarıyla havacılığın çevresel etkilerinin gelecek politikalarda güncellenmesi gerektiği belirtilmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021). Sonraki raporlarda ve Ulaştırma ve Haberleşme Şuralarında da havacılığın çevresel sürdürülebilirliği için izlenecek politikalar gündemde kalmaya devam etmiştir. Bunlar arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, uçuş verimliliğinin artırılması, çevre dostu biyo-yakıt vb. alternatif yakıtların (SAF) üretimi, sera gazı emisyonlarının sıfırlanması, havaalanlarının çevreye duyarlı, kaliteli hizmet veren ve büyümeye açık yapıda tasarlanması ve havaalanları çevresindeki çarpık yapılaşmanın önlenmesi gibi çevresel politikalar yer almıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2006, 2018; T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2023a). 11. Kalkınma Planı'nda ise önceki adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca başlatılan Sıfır Atık hareketi bir devlet politikası haline gelmiştir. Bu süreçte pek çok havacılık kuruluşu Sıfır Atık Yönetim Sistemi'ne geçiş yaparak belgelendirilmişlerdir (Örneğin TUSAŞ, İstanbul Havaalanı, Sabiha Gökçen Havaalanı). Son yıllarda yayımlanan Taşımacılık ve Master Planı'nda belirtildiği üzere Türkiye'nin

hava taşımacılığına yönelik güncel çevre politikaları ise şu şekildedir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2023a):

- Yolcu ve yük taşımacılığında yeşil terminal/bina (havaalanı, deniz limanı, kuru liman, demiryolu, havayolu ve karayolu terminali) proje ve uygulamalarına ağırlık verilerek, mevcut olanların bu kapsamda dönüştürülmesi.
- Çevre üzerindeki olumsuz etkilerin, bu olumsuzluğu yaratanlar tarafından adil ve şeffaf kriterlere dayalı olarak karşılanması için "Kirleten Öder" ilkesinin uygulanması.
- Hava taşımacılığı altyapısı geliştirilirken doğal, tarımsal, kültürel varlıklar ve alanların korunması.
- Havaalanlarında gürültü önlemlerinin alınmasında yardımcı olacak gürültü izleme sistemleri, gürültü haritalama gibi uygulamaların desteklenmesi

Bu politikalar doğrultusunda aynı raporda belirtilen ulusal sürdürülebilir havacılık amaçları ise şunlardır:

- Emisyon izleme, raporlama, doğrulama altyapısının kurulması ve karbon emisyonlarının stratejik yönetimi.
- Havayolu taşımacılığında çevre dostu biyo-yakıtlar ve/veya sentetik yakıtların üretimi.

2.3.1.2.1. Bakanlıklar

Türkiye’de tüm sektörlerde ve tesislerde olduğu gibi havaalanlarının çevresel etkileri ve bu etkileri önleyici uygulamaları Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından ilgili çevre politikalarına uygunluğu açısından denetlenmektedir. Ayrıca havaalanlarının çevre konusunda birlikte çalıştığı üçüncü kurumların lisanslandırması da aynı bakanlık tarafından gerçekleştirilmektedir. Bakanlıklar, çeşitli çevresel projelere destek vermektedir. TÜBİTAK ve DHMİ arasındaki anlaşma ile yürütülen Havaalanları için Stratejik Gürültü Haritalarının Hazırlanması projesi Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından onaylanmıştır (DHMİ, 2021). Bakanlığın havaalanlarının çevresel etkilerini yönetmelerine yardımcı olacak projelerinden bir diğeri Sıfır Atık Projesi’dir. Bu konuda Bakanlık bir Uygulama Kılavuzu da hazırlamış bulunmaktadır. Buna göre havaalanları çalışma gruplarının belirlenmesi, planlama, eğitim/bilinçlendirme faaliyetleri ve izleme adımlarından oluşan uygulama basamaklarını takip ederek 2020 Aralık ayından önce terminal binalarında sıfır atık sistemini kurmuşlardır (T.C. Çevre

Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2020). Ayrıca havaalanlarının planlanması, kurulumu, altyapısının hazırlanması, genişlemesi, diğer ulaşım türleriyle entegrasyonu gibi konularda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'yla iş birliği içinde çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu bakımdan Bakanlıklar havaalanlarının önemli paydaşlarıdır.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın çevresel politikası doğal ekosistemi korumak, döngüsel ekonomiyi dikkate almak, varlıkları verimli ve sorumlu kullanmak, iklim krizi ile mücadele etmek, paydaşların bilinç düzeyini artırmak, çevre yasalarına uymak ve çevre yönetim sistemini sürekli iyileştirmek şeklinde ifade edilmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2023b). Bakanlık çevre politikalarına uyumlu şekilde çevresel etki izleme, raporlama, doğrulama altyapısının oluşturulması, karbon emisyonlarının stratejik yönetimi, havayolu taşımacılığında çevre dostu biyo-yakıt ve/veya sentetik yakıt üretiminin yapılması ve bölgesel havayolu kargo taşımacılığının geliştirilmesini amaçlamaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Bu amaçlar doğrultusunda T.C. Millî Savunma Bakanlığı ile ortak hazırlanan Türk Hava Sahası'nın esnek kullanılmasına dair yönetmelik ile kullanıcıların gereksinimlerine göre hat tahsis edilip uçuş yollarının kısaltılmasıyla zaman ve yakıttan tasarruf sağlanmakta, bakım maliyetleri ve çevre kirliliği etkisiyle beraber küresel ısınmaya olan etki de en aza indirgenmektedir (Durmaz, 2018).

ICAO ve EASA üyesi olarak Türkiye, sera gazı emisyonlarını azaltmak, uçak gücünü yönetmek ve havaalanları çevresindeki hava kalitesini iyileştirmek gibi çevresel uygulamalarda ICAO gibi kuruluşlar tarafından belirlenen uluslararası anlaşmalara ve yönergelere bağlıdır. Son dönemde sürdürülebilir havacılık alanında izlenen ulusal politikalar ise uluslararası kurumların ve önde gelen gelişmiş ülkelerin politikalarıyla uyumludur. Türkiye, bu politikalar doğrultusunda ICAO'nun CORSIA programına pilot safhasından itibaren katılım sağlamıştır (SHGM, 2023c). Bu kapsamda havayolu işleticilerinin CO₂ emisyonlarını proje kredileri (ofsetler) ile dengelemeleri gerekmektedir. Türkiye de dahil olmak üzere ICAO'nun tüm üye devletlerinin CORSIA ile ilgili Standartlar ve Tavsiye Edilen Uygulamalar (SARP) ile uyum sağlamak için ulusal mevzuatlarında uygun değişiklikleri yapmaları gerekmektedir. Bu standart ve uygulamaların hükümleri, mümkün olduğu ölçüde, büyük metinsel değişiklikler olmaksızın ulusal mevzuata dahil edilmeyi kolaylaştıracak şekilde yazılmıştır ve ulusal çevre politikasıyla uyumludur (EBRD, 2019).

2.3.1.2.2. SHGM

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na bağlı hareket eden SHGM, havacılık alanında uluslararası politikaların ulusal düzeyde uygulanmasında aktif rol oynamaktadır. Son yıllarda havacılığın sürdürülebilir büyümesinde ortaya atılan önemli çevresel girişimlerden biri ICAO'nun CORSIA programıdır. SHGM, Türkiye'de CORSIA'nın uygulanmasında yetkili kurumdur. Bu konuda gerekli yasal çerçeveyi SHGM hazırlamıştır ve uygulamanın gerekleri doğrultusunda güncellemesi beklenmektedir. Bu program ile uluslararası havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının izlenmesi raporlanması ve doğrulanması amaçlanmıştır (SHGM, 2023c).

SHGM'nin başlattığı "Yeşil Havaalanı Projesi" ve DHMİ'nin başlattığı "Karbonsuz Havalimanı Projesi" Türkiye'nin havacılıkta çevresel politikasını yansıtan iki önemli çevre projesidir. Bu projeler, sektör içinde doğrudan havaalanlarını ilgilendirmesi bakımından önemlidir. SHGM'nin 2012'de başlattığı Yeşil Havaalanı Projesi, çevreye duyarlı havaalanlarının yaygınlaşması ve bu havaalanlarında çevreci stratejilerin sürdürülebilir bir şekilde devam etmesini amaçlamaktadır (SHGM, 2023a). Bu proje kapsamında, kuruluşların öncelikle çalışanlarına gerekli eğitimleri aldirmaları ve personeli bilinçlendirmeleri gerekmektedir. Yeşil Kuruluş olmak için kuruluşların tüm atıkları kapsayacak şekilde atık yönetim sistemi oluşturmaları ve bu kapsamda atık miktarlarını tespit edecek gerekli tertibatın kurulumu, geçici depolama alanlarının oluşturulması gibi kriterleri yerine getirmeleri istenmektedir. Bunun yanı sıra Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ile birlikte sektörel kriterler ve sera gazı kriterleri belirlenmiştir (SHGM, 2016). Belirtilen gereklilikleri sağlayan işletmelere SHGM tarafından "Yeşil Kuruluş Sertifikası" verilmektedir. Bir havaalanında bulunan tüm işletmelerin "Yeşil Kuruluş Sertifikası" alması durumunda ise o havaalanına "Yeşil Havaalanı Sertifikası" verilmektedir. Gereklilikleri sağlayan tüm kurum ve kuruluşlara SHGM'nin verdiği yetki belgesi, ruhsat, sertifika gibi izin belgelerinin temdit ücretlerinde %50 indirim yapılmaktadır (SHGM, 2023a).

2.3.1.2.3. DHMİ

DHMİ'nin ülkenin sürdürülebilir ulaşım politikasıyla paralel geliştirdiği çevre politikası, havaalanındaki tüm paydaşlarla birlikte çevresel farkındalığı artırmak, faaliyetlerin neden olduğu çevresel etkileri en aza indirecek gerekli önlemleri bütünlük ve proaktif biçimde almak şeklinde ifade edilmiştir (DHMİ, 2022a). DHMİ,

havaalanlarının çevre üzerindeki etkilerini azaltma konusunda yol haritası niteliğinde Çevre Hizmetleri Yönergesi yayınlamış ve çevreci adımları destekleyici girişimlerde bulunmuştur. Bu doğrultuda havaalanlarındaki faaliyetlerin çevreye verebileceği etkileri kontrol altına almak, iklim değişikliği ve küresel ısınmaya karşı alınan önlemlerle gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak, sürdürülebilir havaalanı işletmeciliğini sağlamak adına DHMİ “Karbonsuz Havalimanı Projesi” başlatmıştır. Bu proje ile DHMİ’nin kendi işlettiği havaalanlarından belirleyeceği pilot havaalanları ACI tarafından yürütülen ACA (Airport Carbon Accreditation – Havaalanı Karbon Akreditasyonu) programına başvuru yapacaklardır. Bu kapsamda karbon emisyonu hesaplama, ISO 14064-3 standartlarına göre doğrulama ve azaltım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, Sera Gazı Envanter Raporu’nun oluşturulması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önceliklendirilmesi ve böylece karbon emisyonlarının dengelenmesi öngörülmektedir. Ek olarak DHMİ, havaalanlarında ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi’nin yöntem ve yaklaşımlarını uygulamakta, çalışanlarında çevre bilinci oluşmasını sağlayacak eğitimler planlamaktadır (DHMİ, 2023). Ayrıca çevre politikasını destekleyen DHMİ’nin bir diğer uygulaması TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ile iş birliği içinde yürütülen Havaalanlarının Stratejik Gürültü Haritalarının Hazırlanması Projesi’dir. Stratejik gürültü haritaları, maruz kalınan gürültünün stratejik açıdan tahmin edilmesi ile birlikte gürültü politikasının ilerideki gelişimine de yardım etmektedir. Ayrıca uluslararası, ulusal ve yerel düzeyde kamuya ve karar mercilerine bilgi vermesi bakımından da önem arz etmektedir (TÜBİTAK, 2018). 2022 sonu itibarıyla 50 havaalanının etki alanında (havaalanı referans noktası merkezli 25 km yarıçapındaki dairesel alan) gündüz (07-19), akşam (19-23) ve gece (23-07) zaman dilimlerine yönelik Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde (ÇGDYY) belirtilen dB(A) seviyeleri için; gürültüden etkilenen alanların büyüklükleri, konut, okul ve hastane sayıları, konutlarda yaşayan kişi sayıları hesaplanmıştır (DHMİ, 2022b; TÜBİTAK, 2018). Gürültü haritaları 5 yılda bir gözden geçirilerek gerektiğinde güncellenmektedir. Etki alanlarında sınır değeri aşımı olan havaalanlarında ise gürültü eylem raporları hazırlanmaktadır (DHMİ, 2021). Ayrıca kış aylarında uçaklara uygulanan buz çözme kimyasalının geri kazanımı ve uygun arıtma yöntemlerinin araştırılması çalışmalarını içeren “Uçaklara Uygulanan Deicing Kimyasalı Arıtımı ve Geri Kazanımı Projesi” de TÜBİTAK ile ortak yürütülmektedir (DHMİ, 2022b).

2.3.2. Çevresel düzenlemeler

Havaalanlarına yönelik çevre düzenlemeler, günümüz havacılık yönetişiminin kritik bir bileşenidir ve havayolu taşımacılığının, çevresel etkilerinin kontrol altında tutularak büyümesinde havaalanlarına düşen görev ve sorumlulukları içermektedir (ICAO, 2022a). Bu düzenlemeler, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve uçak gürültüsünün yönetilmesinden yerel ekosistemlerin korunması ve kaynak kullanımının optimize edilmesine kadar havaalanı operasyonlarının çeşitli yönlerini kapsayan çok yönlü bir çerçeve oluşturmaktadır. Uluslararası anlaşmalara, ulusal mevzuata ve havacılık yönetim organlarının direktiflerine dayanan bu çerçeve, havacılık yoluyla ekonomik kalkınmayı teşvik etmek ve çevreyi korumak arasında hassas bir denge kurmaya çalışmaktadır. Bu tez kapsamında havaalanları için uluslararası çevresel düzenlemelere, havacılıkta öncü konumda olan AB ve ABD düzenlemelerine ve ulusal düzenlemelere yer verilmiştir.

2.3.2.1. Uluslararası düzenlemeler

Havacılıkta en önemli uluslararası düzenleyici BM'ye bağlı bir kuruluş olan ICAO'dur. ICAO'nun son yıllardaki en önemli gündem maddesi hava ulaşım faaliyetlerinin sebep olduğu çevresel sorunlara kalıcı çözümler getirmektir. Bu bağlamda zorunlu ve gönüllü çevresel düzenlemeler geliştirmekte, paydaşlar arasında sürekli fikir alışverişinde bulunmaktadır. ICAO'nun havaalanlarının çevreyi korumaya yönelik düzenlemelerinin başında Ek 16 gelmektedir. Ek 16'nın altında çıkarılan Cilt 1 hava aracı gürültüsü, Cilt 2 hava aracı motor emisyonları, Cilt 3 uçakların CO₂ emisyonlarını el alırken, ICAO'nun karbon azaltma tasarısı olan CORSIA ise Cilt 4'de yer almaktadır. Tablo 2.2'de listelenen beş ICAO CORSIA Uygulama Esası, ICAO Konseyi tarafından yayınlanmak üzere onaylanan 14 ICAO belgesinde bulunmaktadır. Bu ICAO belgelerine Annex 16, Cilt IV'de doğrudan atıfta bulunmaktadır ve bu belgeler CORSIA'nın uygulanması için esas teşkil etmektedir.

Tablo 2.2. CORSIA uygulama esasları dokümanları

ICAO CORSIA Uygulama Esasları	ICAO Belgeleri
<i>Bölüm 3 Ülke Çiftleri için CORSIA Ülkeleri</i>	1. Bölüm 3 Ülke Çiftleri için CORSIA Ülkeleri
<i>ICAO CORSIA CO₂ Hesaplama ve Raporlama Aracı (CERT)</i>	2. ICAO CORSIA CO ₂ Hesaplama ve Raporlama Aracı
<i>CORSIA Elverişli Yakıtlar</i>	3. CORSIA Sürdürülebilirlik Sertifikasyon Programları için Elverişlilik Çerçevesi ve Gereklilikler 4. CORSIA Onaylı Sürdürülebilirlik Sertifikasyon Programları 5. CORSIA'ya Uygun Yakıtlar için Sürdürülebilirlik Kriterleri 6. CORSIA'ya Uygun Yakıtlar için Varsayılan Yaşam Döngüsü Emisyon Değerleri 7. CORSIA Gerçek Yaşam Döngüsü Emisyon Değerlerini Hesaplama Metodolojisi
<i>CORSIA Elverişli Emisyon Birimleri</i>	8. CORSIA'ya Uygun Emisyon Birimleri 9. CORSIA Emisyon Birimi Uygunluk Kriterleri
<i>CORSIA Merkezi Tescil (CCR)</i>	10. CORSIA Merkezi Tescil: CORSIA'nın Uygulanmasına İlişkin Bilgi ve Veriler 11. CORSIA Hava aracı İşleticileri ve İlgili Ülkeler 12. CORSIA 2020 Emisyonları 13. CORSIA Sektörün Yıllık Büyüme Faktörü (SGF) 14. CORSIA Merkezi Tescil: Şeffaflık için Bilgi ve Veri

Yazar tarafından derlenmiştir.

ICAO'nun havaalanlarıyla ilgili düzenlemeleri ise Doküman 9888 Gürültü Azaltma Prosedürleri, Doküman 9829 Hava Aracı Gürültü Yönetimi için Dengeli Yaklaşım Kılavuzu, Doküman 9184 Havaalanlarının Arazi Kullanımı ve Çevresel Kontrolü, Doküman 9911 Havaalanı Çevresindeki Gürültü Konturları için Önerilen Yöntemler, Doküman 9889 Havaalanı Hava Kalitesi Kılavuzu, Doküman 9082 Havaalanları ve Hava Seyrüsefer Hizmetleri Ücretlerine İlişkin Politikası, Doküman 9948 Havacılıkta Yerel Hava Kalitesi için Emisyon Ticareti ve Dengeleme Uygulamalarına İlişkin Kapsam Belirleme Çalışması, Doküman 9884 Yerel Hava Kalitesine İlişkin Hava Aracı Emisyon Ücretleri Kılavuzu ve havaalanı operasyonlarına ilişkin diğer tüm düzenlemeleri (Eko-Havaalanı Araç Seti, 351. Genelge, Doküman 9501, 10031, 9137, 9931, 8168, 9750, 9968, 10013) içermektedir (ICAO, 2022b).

Bir diğer önemli düzenleyici ise Amerikan Federal Havacılık Otoritesi FAA (Federal Havacılık İdaresi)'dir. Amerika Birleşik Devletleri gibi havacılıkta gelişmiş bazı ülkeler, ICAO belgelerinde yer alanları tamamlayan ve genişleten kendi standartlarını ve tavsiyelerini eksiksiz bir şekilde oluşturmaktadır. FAA, ABD'de ilgili düzenleyici kuruluştur ve diğer birçok ülke FAA dokümanlarını referans materyali olarak faydalı bulmaktadır (Kazda ve Caves, 2015). FAA'nın çevresel düzenlemeleri federal statüde

Ulusal Çevresel Politika Yasası'na (National Environmental Policy Act – NEPA) bağlıdır. Havaalanlarının sürdürülebilirliği için FAA, Havaalanı Gürültü Uyum Planlaması (14 CFR Part 150), Havaalanı Aksiyonları için NEPA Uygulama Talimatları (Order 5050.4B) ve Havaalanı Aksiyonları için Çevre Dairesi Referansı düzenlemelerini geliştirmiştir (FAA, 2023a). Ayrıca FAA, Havaalanı Sürdürülebilirlik Planlaması programı kapsamında havaalanları için atık dönüşüm, yeniden kullanım ve azaltım rehberi hazırlamıştır. Bununla birlikte yeşil havaalanı standartları konusunda en önemli modellerden biri de FAA tarafından Sürdürülebilir Havaalanı Yönergesi şeklinde yayınlanan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Enerjide ve Çevresel Tasarımda Liderlik) standartlarıdır. Bu yönergelerde çevresel etkilerin hem havaalanı planlaması hem havaalanı projesi ve de havaalanı işletmesinde hangi eylemlerle yapılması gerektiğini aktarılmıştır (Dalkıran, 2018, s. 90).

Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı'nın (European Union Aviation Safety Agency – EASA), çevre misyonu havacılık alanında yüksek ve standart bir çevre koruma seviyesine ulaşmaktır. Buna gürültünün azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve iklim değişikliğinin hafifletilmesi de dâhildir. EASA'nın odaklandığı konular arasında uçak gürültüsü ve emisyon standartları, modelleme / tahmin ve piyasa temelli önlemler yer almaktadır (EASA, 2023a). Özellikle, Dengeli Yaklaşım Yönetmeliği (AB) 598/2014'ün uygulanmasını desteklemek için gürültü bilgileri toplanmaktadır. Dengeli Yaklaşım Yönetmeliği, Avrupa'da havaalanları çevresindeki gürültünün etkilerini yönetmekte temel iki düzenlemeden biridir. Diğeri ise ulusal ve yerel girişimlerin yanı sıra gürültü etkilerinin etkili bir şekilde izlenmesini ve yönetilmesini teşvik eden Çevresel Gürültü Direktifidir. Diğeri ise, gürültü ile ilgili işletme kısıtlamalarının getirilmesine ilişkin kurallar ve prosedürler de dahil olmak üzere havaalanı gürültü yönetimi unsurlarını belirleyen Dengeli Yaklaşım Yönetmeliğidir (EASA, 2023b). ECAC ve EUROCONTROL ise çevresel uygulamalar konusunda tavsiye niteliğinde rehberler hazırlamaktadır. ECAC sivil havaalanlarında Gürültü Konturlarının Hesaplanmasında Standart Yöntem Raporu (ECAC Doküman 29) ve Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) Rehberi hazırlamıştır. EUROCONTROL, Ortak Çevre Yönetimi (Collaborative Environmental Management – CEM) Şartnamesi ile yasal gereklilikler doğrultusunda teşvik edilen ve havaalanlarındaki temel operasyonel paydaşlar arasında birleşik operasyonlarının çevresel etkilerini en aza indirmek için iş birliğini resmileştiren bir süreç ortaya koymuştur. CEM, paydaşların ACI Havaalanı Karbon Akreditasyon Programı, IATA'nın Çevresel Değerlendirme Programı

(IENVA) veya 2050 Net Sıfır CO₂ emisyonu taahhütleri gibi hem sektör öncülüğündeki gönüllü programlara hem de düzenleyici çevresel etki azaltma politikalarına uyumunu desteklemektedir (EUROCONTROL, 2021b). IATA ise Havaalanı Gelişimi Referans Kılavuzu'nda havaalanı planlamasına ilişkin hususlarla birlikte çevresel sürdürülebilirlik başlığı altında yerel çevresel sorunlar, enerji ve karbon, yeşil ulaşım, kaynak yönetimi, havaalanının çevresel esnekliği gibi konularda havaalanları için referans olacak uygulamalara yer vermiştir (IATA, 2022c). ACI, havaalanı işletmecilerine sera gazı emisyonlarının yönetiminde rehberlik edecek Havaalanı Sera Gazı Emisyonları Yönetimi Rehber Kılavuzu hazırlamıştır. Emisyon azaltım projeleri, karbon nötr olmanın yolları, emisyon kaynaklarını kategorize etme, sera gazı envanterinin oluşturulması gibi konulara yer verilmektedir (ACI, 2009). Ayrıca ACI'nın Politika Kılavuzu da havaalanlarının uzun vadeli sürdürülebilir büyümesinde alınabilecek aksiyonları ve stratejileri içermektedir (ACI, 2020).

Havaalanlarının çevresel sürdürülebilirliği konusunda yayımlanmış uluslararası nitelikteki bazı çevresel düzenlemeler, rehberler ve kılavuzlar Tablo 2.3'de derlenmiştir:

Tablo 2.3. Havaalanı çevresel sürdürülebilirliğiyle ilgili bazı uluslararası düzenlemeler

Kurum	Doküman
<i>ICAO</i>	<p>Ek 16 Çevre Koruması Ciltleri</p> <p>Doküman 9888 Gürültü Azaltma Prosedürleri</p> <p>Doküman 9829 Hava Aracı Gürültü Yönetimi için Dengeli Yaklaşım Kılavuzu</p> <p>Doküman 9184 Havaalanlarının Arazi Kullanımı ve Çevresel Kontrolü</p> <p>Doküman 9911 Havaalanı Çevresindeki Gürültü Konturları için Önerilen Yöntemler</p> <p>Doküman 9889 Havaalanı Hava Kalitesi Kılavuzu</p> <p>Doküman 9082 Havaalanları ve Hava Seyrüsefer Hizmetleri Ücretlerine İlişkin Politikası</p> <p>Doküman 9948 Havacılıkta Yerel Hava Kalitesi için Emisyon Ticareti ve Dengeleme Uygulamalarına İlişkin Kapsam Belirleme Çalışması</p> <p>Doküman 9884 Yerel Hava Kalitesine İlişkin Hava Aracı Emisyon Ücretleri Kılavuzu</p> <p>Eko-Havaalanı Araç Seti</p> <p>351. Genelge Havacılık Çevre Yönetimi için Kamu Katılımı</p> <p>Doküman 9501 Çevresel Teknik El Kitabı</p> <p>Doküman 10031 Önerilen Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Değişikliklerinin Çevresel Değerlendirmesine İlişkin Kılavuz</p> <p>Doküman 9137 Havaalanı Hizmetleri Kılavuzu Bölüm 3 – Yaban Hayatı Kontrolü ve Azaltılması</p> <p>Doküman 9931 Devamlı İniş Operasyonları Kılavuzu</p> <p>Doküman 8168 Hava Aracı Operasyonları</p> <p>Doküman 9750 Küresel Hava Seyrüsefer Planı</p> <p>Doküman 9968 Çevre Yönetim Sistemi Raporu</p> <p>Doküman 10013 Yakıt Yakımını ve Emisyonları Azaltmak için Operasyonel Fırsatlar</p>

Tablo 2.3. (Devam) Havaalanı çevresel sürdürülebilirliğiyle ilgili bazı uluslararası düzenlemeler

<i>AB Kurumları</i>	<i>EU ETS Yönergesi 2008/101/EC</i> <i>Dengeli Yaklaşım Yönetmeliği EU 598/2014</i> <i>2002/49/EC Çevresel Gürültü Direktifi</i> <i>ECAC Doküman 29 Gürültü Konturlarının Hesaplanmasında Standart Yöntem Raporu</i> <i>ECAC SAF Rehberi</i> <i>EUROCONTROL Ortak Çevre Yönetimi (CEM) Şartnamesi</i>
<i>FAA</i>	<i>Havaalanı Gürültü Uyum Planlaması (14 CFR Part 150)</i> <i>Havaalanı Aksiyonları için NEPA Uygulama Talimatları (Order 5050.4B)</i> <i>Havaalanı Aksiyonları için Çevre Dairesi Referansı</i> <i>Sürdürülebilir Havaalanı Yönergesi (LEED)</i> <i>NEPA ve Çevre Yönetim Sistemi Uygulayıcıları Kılavuzu</i>
<i>Diğer Kurumlar</i>	<i>IATA Havaalanı Gelişimi Referans Kılavuzu</i> <i>ACI Politika Kılavuzu</i> <i>ACI Havaalanı Sera Gazı Emisyonları Yönetimi Rehber Kılavuzu</i>

Yazar tarafından derlenmiştir.

2.3.2.2. Ulusal düzenlemeler

Türkiye’de havaalanlarında çevreyle etkileşimi söz konusu olan faaliyetler 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu gibi çevresel kanunlar ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve diğer Bakanlıklar ve devlet kurumları tarafından yayımlanan ulusal mevzuat uyarınca yürütülmektedir (DHMİ, 2021). Havaalanlarına yönelik çevresel mevzuat, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nca uygulanan Çevre Kanunu doğrultusunda hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Sıfır Atık Yönetmeliği, Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği gibi genel mevzuata uygun şartları içerecek şekilde hazırlanmaktadır.

Yönetmelik, talimat, genelge gibi mevzuatlar çerçevesinde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na bağlı SHGM ve DHMİ ise çevresel mevzuata uygun yönetmelikler, genelgeler ve talimatlar yoluyla havaalanlarının çevresel etkilerini yönetmelerinde rehberlik etmekte ve iyileştirici girişimleri desteklemektedirler. ICAO’nun politikalarının Türkiye’deki uygulayıcısı olan SHGM, sivil havaalanlarında faaliyet gösteren işletmelerin sera gazı emisyonlarının hesaplanması, raporlanması ve doğrulanması, söz konusu işletmelerin havaalanlarında neden olduğu çevresel etkilerin önlenmesi ile doğrulayıcı ve denetleyici kuruluşlara dair usul ve esasları düzenleyen “Havaalanlarında Çevre Yönetimi Yönetmeliği” yayımlamıştır (SHGM, 2021a). Buna dayalı olarak da Havaalanları Çevresel Kriterler Talimatı (SHT-ÇEVRESEL) hazırlanmaktadır (SHGM, 2022). Bu talimat şu anda taslak aşamasında olup hazırlanması sürecinde sektörden görüşler alınmıştır. Yeşil Havaalanı Projesi’nde SHGM bu çevresel

kriterleri TSE ile birlikte oluşturmuştur. Ayrıca SHGM, bu projenin uygulanmasında yol gösterici olması için Yeşil Havaalanı Projesi Uygulama Esasları dokümanını hazırlamıştır (SHGM, 2016). Aynı projede havaalanlarının yeşil kuruluş sertifikası alabilmeleri için TS EN ISO 14001 ve ilgili çevresel kriterlere uygun bir Çevre Yönetim Sistemi oluşturmaları ve TS EN ISO 14064-1 standartlarına uygun bir Sera Gazı Envanter Raporu oluşturmaları gerekmektedir (SHGM, 2023a).

DHMİ ise ICAO'nun yayımladığı standartlarla ulusal kanunların ve dahil olunan projelerin gereklerine uygun havaalanı çevre hizmetleri için usul ve esasları içeren Havalimanları Çevre Hizmetleri Yönergesini yayımlamıştır (DHMİ, 2021). Buna ek olarak havaalanlarında yaban hayatı kontrolü ve kuşla mücadele çalışmalarını da içeren Havalimanları İşletme Hizmetleri Yönergesi mevcuttur (DHMİ, 2019). Türkiye'de hava trafik yönetiminden ve seyrüsefer sistemlerinin kurulumu, işletimi ve bakımından sorumlu olan DHMİ, hava sahasının etkin kullanımıyla ilgili Avrupa'da başlatılan Tek Avrupa Hava Sahası Yönetimi Araştırma (SESAR) projesine katılım sağlamıştır. Ayrıca Türkiye'de havaalanlarında çevresel etkilerin ele alınmasıyla ilgili dünyadaki gelişmelere paralel olarak havaalanına iniş-kalkış sırasında kullanılan yer tabanlı seyrüsefer yardımcılarının yanı sıra uydu tabanlı kılavuz sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (Durmaz, 2018).

Hem SHGM ve hem de DHMİ'nin ICAO çevresel dokümanlarının Türkçe versiyonlarını yayınladığı görülmektedir. Tablo 2.4, havaalanlarının çevresel etkilerinin yönetilmesiyle ilgili ulusal düzeyde yayımlanan bazı düzenlemeleri ve kılavuzları göstermektedir.

Tablo 2.4. Havaalanı çevresel sürdürülebilirliğiyle ilgili bazı ulusal düzenlemeler

Kurum	Doküman
<i>Türkiye Cumhuriyeti Devleti</i>	2872 sayılı Çevre Kanunu 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu
<i>T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı</i>	Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği Atık Yönetimi Yönetmeliği Sıfır Atık Yönetmeliği Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği Çevre Denetimi Yönetmeliği Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinin Çevrimiçi İzlenmesi Genelgesi
<i>SHGM</i>	Havaalanlarında Çevre Yönetimi Yönetmeliği Havaalanları Çevresel Kriterler Talimatı Yeşil Havaalanı Projesi Uygulama Esasları
<i>DHMİ</i>	Havalimanları Çevre Hizmetleri Yönergesi Havalimanları İşletme Hizmetleri Yönergesi

Yazar tarafından derlenmiştir.

2.3.3. Havaalanlarının çevresel etkileri

Her ne kadar önemli ekonomik ve sosyal faydalar yaratsa da hava taşımacılığı, çeşitli ve giderek artan boyutlarda olumsuz çevresel etkiler barındırmaktadır. Hava taşımacılığı faaliyetlerinin çevresel etkilerinden bir kısmı havaalanı yerelinde etkiler barındırırken bir kısmı küresel düzeyde endişe konusudur (Daley, 2010). Havaalanları, yakınında ve iniş kalkış güzergahında ikamet edenler için gürültü açısından sorun oluşturduğu gibi küresel açıdan hava araçları ve havaalanı operasyonları CO₂, NO_x ve diğer zararlı partikül emisyonları sebebiyle hava kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bununla beraber havaalanları, çevre arazinin gelişimine etkisi, doğal yaşam alanlarının kaybı ya da zarar görmesi, atık üretimi ve su kirliliği gibi başka yerel problemlere neden olmaktadır. Sorunlar, yerel nüfus merkezlerine yakınlıkları nedeniyle popüler olan büyük havaalanları için özellikle belirgindir ve bu ise toplumun önemli bir bölümünün havaalanı operasyonlarından etkilenebileceği anlamına gelmektedir (Graham, 2023). Öte yandan havaalanlarının işletilmesinin ekonomik ve sosyal faydaları ile çevresel etkilerinden kaynaklanan potansiyel maliyetleri arasında bir denge sağlamak amacıyla gerekli önlemlerin alınması, etkili bir planlama ve yönetimin kilit unsurlarıdır (Dimitriou vd., 2014). Küresel ölçekte ise havacılığın çevresel etkilerine yönelik endişeler, yoğun bir şekilde iklim değişikliği ve ozon tabakasının incilmesi sorununa odaklanmıştır. Bununla birlikte bu etkilerden yerel etkiler daha çok havaalanlarını ilgilendirmektedir (Postorino ve Mantecchini, 2014). Havaalanlarında meydana gelen çevresel etkiler Şekil 2.6'da sıralanmıştır.

Havaalanı operasyonları	Havaalanındaki havayolu operasyonları	Havaalanına erişim	Havaalanı yapım ve genişlemesi
<ul style="list-style-type: none">• İklim değişikliği• Gürültü• Su kullanımı• Su ve toprak kirliliği• Enerji kullanımı• Atıklar• Biyoçeşitlilik	<ul style="list-style-type: none">• İklim değişikliği• Gürültü• Hava kirliliği• Su kirliliği• Atıklar• Biyoçeşitlilik	<ul style="list-style-type: none">• İklim değişikliği• Gürültü• Hava kirliliği• Su kirliliği	<ul style="list-style-type: none">• Hava kirliliği• Su kullanımı• Enerji kullanımı• Su ve toprak kirliliği• Atıklar• Biyoçeşitlilik

Şekil 2.6. Havaalanlarının çevresel etkileri (Budd, 2017, s. 284)

2.3.3.1. Gürültü

Uçak gürültüsü geleneksel olarak havaalanlarında en önemli çevre sorunu olarak kabul edilmekte olup işletme kısıtlamalarının ve planlama izinlerinin reddedilmesinin yaygın bir nedenidir (Paling ve Thomas, 2018, s. 303). Hava trafiğinin giderek artmasıyla beraber havaalanları yakınında yaşayan insanlar için uçak gürültüsü giderek şiddetini artıran bir problem haline gelmiştir. Gürültünün farklı kaynakları vardır. Kalkış ve yaklaşma gürültüsü, toplumdaki gelen gürültü şikayetlerinin başlıca kaynaklarıdır. Taksi ve motor çalıştırma gürültüsü de toplum gürültü şikayetlerine neden olmaktadır. Milli parklar ve doğal koruma alanları gibi sessiz alanlarda, seyir irtifalarındaki uçaklardan kaynaklanan uçuş gürültüsü de rahatsız edici olabilir ve bu nedenle gürültü şikayetlerine yol açabilir (Marais vd., 2016, s. 430). Hava taşımacılığının çevreye farklı boyutlarda küresel etkileri olsa da gürültü konusu daha çok yerel etki konumundadır.

Gürültü problemi, giderek daha az gürültülü hava araçları geliştirilmesine ve daha sıkı gürültü sertifikasyon gereksinimleri uygulanmasına rağmen günümüzde hala tam anlamıyla aşılmış bir sorun değildir (Graham, 2023). ICAO'nun Ek-16 ile ilk düzenlediği çevresel alan olan gürültü etkisi, ABD'de 1950'lerde jet motorlu uçakların kullanımıyla gündeme gelmiş, hava trafiğindeki çarpıcı artışla baş edilmesi güç bir hal almış ve sonrasında kaynağında azaltma, kısıtlama ve yasaklama gibi çeşitli önlemlerle gürültü etkisi yönetilmeye çalışılmıştır (Mahashabde vd., 2011). Uçak gürültüsünü azaltan teknolojik ve operasyonel gelişmeler; trafik artışı, uçuş yollarındaki değişiklikler ve kentsel alanların havaalanlarıyla iç içe geçmesi gibi gelişmelerle nötrlenmiştir (Thomas vd., 2010). Bununla birlikte gürültü etkisine maruz kalan nüfusun artmasındaki önemli sebepler arasında, yerleşim yerlerinin havaalanları yakınlarına doğru kayması ve artan şehir nüfusu gösterilebilir. Havaalanlarında gürültünün başlıca kaynakları arasında havaalanı yapım ve inşaat faaliyetleri, uçak gürültüsü ve motor testleri, yer hizmeti faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü, havaalanına ulaşımında kullanılan karayolu taşıtlarından kaynaklanan gürültü gösterilebilir (Durmaz, 2018, s. 169). Uçağın yaklaşma yoluna (kalkış ve iniş) daha yakın olan kara alanları, uçak gürültüsünden önemli ölçüde etkilenen bölgelerdir (ICAO, 2023c). Bununla birlikte daha az ölçüde, yüzey taşımacılığından, terminal binalarındaki anonslardan ve yolcu hareketlerinden kaynaklanan gürültü de havaalanından gelen genel gürültüye katkıda bulunmaktadır (Sreenath vd., 2021).

2.3.3.2. Sera gazı emisyonları

2.3.3.2.1. İklim değişikliği

Havaalanı çevresinde salınan sera gazı emisyonları, iklim değişikliği ve hava kirliliğine olumsuz katkıda bulunarak çevre üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Postorino ve Mantecchini, 2014). Havaalanları, inşası, uçak operasyonları, işletimi ve bakımı, yer destek ekipmanlarının kullanımı, enerji kullanımı ve havaalanındaki ulaşım dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan sera gazı emisyonu üretmektedir. Bu tür emisyonlar ve bunların iklim üzerindeki etkileri uçakların toplam emisyonlarına kıyasla daha az olsa da, doğrudan havaalanlarına atfedilebilen karbon ayak izinin büyük bir kısmını temsil ettikleri için önem teşkil etmektedir (Daley, 2010).

Havaalanındaki başlıca sera gazı emisyonu kaynakları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Uçak hareketleri
- Yolcuların havaalanına ulaşımı
- Çalışanların havaalanına ulaşımı
- Yer hizmeti araçları
- Kargo merkezi hareketleri
- Doğrudan enerji tüketimi (gaz ve elektrik)
- Atık üretimi ve işlenmesi
- Gıda ve su tüketimi

Havaalanındaki uçak hareketleri, havaalanlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının birincil kaynağıdır ve toplam emisyonların ciddi bir kısmını oluşturmaktadır (Masiol ve Harrison, 2014). Emisyonlar başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), su buharı (H₂O), sülfür oksitler (SO_x), kurum ve sülfat parçacıkları gibi parçacıklı maddeler (PM), uçucu organik bileşikler (VOC) ve diğer kirleticilerin fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınmasıyla meydana gelmektedir. Bunların içinde CO₂'nin direkt sağlık sorunu oluşturma etkisi olmasa da iklim değişikliğini en çok tetikleyen zararlı gaz olup atmosferde kalma süresi en uzun olanıdır (Budd, 2017, s. 286; Kazda ve Caves, 2015, s. 441). CO₂ emisyonları, şiddetli hava olaylarına, deniz seviyesinin yükselmesine ve diğer çevresel felaketlere yol açabilen, iklim değişikliğine neden olan başlıca unsurlardandır. Uçak motorlarından kaynaklanan

NO_x emisyonları küresel ölçekte sorunlar teşkil etmese de hava kirliliğine yol açmakta ve bu da solunum sorunları gibi olumsuz sağlık etkilerine neden olabilmektedir.

Havaalanındaki yüzey taşıma araçları dizel veya benzinli motorlarla çalışıyorsa, havaalanlarında ve çevresinde sera gazı ve aerosol emisyonlarına önemli etkilerde bulunabilirler. Ayrıca havaalanındaki bagaj arabaları ve hizmet araçları gibi yer destek ekipmanları yine yakıt tüketimiyle emisyon üretmektedir. Aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi havaalanı tesislerindeki enerji kullanımı da sera gazı emisyonlarına katkıda bulunur. Terminal tesisleri de (check-in ve güvenlik kontrol masaları; bilet gişeleri; bagaj tesisleri ve aynı zamanda restoranlar ve perakende satış alanları gibi) enerji gerektirir ve bu enerjinin üretilme şekline göre karbon emisyonu kaynağı olarak kabul edilebilir (Postorino ve Mantecchini, 2014). Yolcu araçları ve toplu taşıma dahil olmak üzere havaalanına ve havaalanından yapılan ulaşım ise sera gazı emisyonlarına neden olan bir diğer faktördür. Xiong vd., (2023), havaalanı emisyonlarını havaalanı yapım süreci ve işletim süreci şeklinde sınıflandırmıştır. Bu açıdan bakıldığında havaalanlarının genişleme ve yapım süreçlerinde ortaya çıkan emisyonları da göz ardı etmemek gerekir. İnşaat sürecinde birincil endişe kaynağı olan faktörler arasında toprak erozyonu, su ve hava kalitesi, inşaat ekipmanı ve yöntemlerinden kaynaklanan gürültü, inşaat malzemelerinin kaynağı ve miktarı, iş yerlerinin ve konutların bozulması ve yer değiştirmesi gibi sorunlar yer almaktadır (Horonjeff vd., 2010, s. 615).

2.3.3.2.2. Hava kirliliği

Hava taşımacılığının atmosferik etkileri genellikle küresel etkileri açısından ele alınsa da havaalanı çevresindeki yerel hava kirliliği ve hava kalitesi sorunları bir diğer önemli konudur. CO₂, NO_x, CO, HC ve SO_x ve diğer partiküllerin hava taşıtlarından, havaalanına karayolu ulaşımından, enerji üretiminden ve tesis içi kara ulaşım araçlarından kaynaklanan gaz emisyonlarının tümü yerel hava kalitesini olumsuz etkilemektedir (Budd, 2017, s. 289). Bunlardan yerel hava kirliliğine katkısı olanlar ICAO'nun hava kalitesi rehber kılavuzunda NO_x, CO, HC, parçacıklı maddeler (PM_{2,5} ve PM₁₀) ve SO_x şeklinde belirtilmiştir (ICAO, 2015b). Bu kirleticilerden bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticilerdir. Diğer bir kısım kirleticiler ise, havaya karışan bu birincil maddelerin, havada bulunan diğer bazı türlerle atmosferde reaksiyona girmesiyle oluşan reaksiyonların atıklarıdır. Bunlara da ikincil kirleticiler denir (Müezzinoğlu, 2000). Kirleticilerden kaynaklanan kötü hava

kalitesi, havaalanları çevresinde yaşayan ve çalışan insanlar için, kalp ve ciğerleri etkileyen hastalıklara yakalanma veya mevcut hastalıkları şiddetlendirme riskinin artması açısından potansiyel sağlık etkilerine sahiptir (Li ve Loo, 2016). Sonuç olarak, ICAO yeni uçak motorlarında bu emisyon türlerinden bazıları için giderek artan sınırlamalar getirmektedir. Buna yönelik özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da yerel hava kalitesi standartları üzerinde daha sıkı düzenleyici kontroller uygulanmaktadır.

Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) ve Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI), CO₂ için Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standartları başlıklı bir kılavuz hazırlamıştır (Ashford vd., 2013, s. 560). Burada doğrudan emisyonlar, raporlama yapan kuruluşun (havaalanı işletmecisi) sahip olduğu veya kontrol ettiği kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Dolaylı emisyonlar ise raporlama yapan kuruluşun faaliyetlerinin bir sonucudur, ancak başka bir kuruluşun (havaalanı hizmet ortakları) sahip olduğu veya kontrol ettiği kaynaklarda meydana gelir. Hava kalitesi düzenlemeleri ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, giderek artan sayıda havaalanı işletmecisi emisyonları Kapsam 1, 2 ve 3 olarak kaydetmekte ve raporlamaktadır. Tablo 2.5, havaalanları için bu emisyon türlerini göstermektedir. Kapsam 3 emisyonları bir havaalanındaki emisyonların en büyük payını temsil eder, ancak bunlar aynı zamanda havaalanı işletmecisinin genellikle üzerinde en az kontrole sahip olduğu emisyonlardır. Bunun nedeni, havaalanı operasyonlarına dahil olan sayısız farklı kiracı şirket (imtiyaz sahipleri), devlet kurumu, yer erişim taşımacılığı operatörü ve diğer paydaşlar olmasındandır. Bu durum kaçınılmaz olarak havaalanı emisyonlarının azaltılmasını son derece zorlu hale getirebilir.

Tablo 2.5. Havaalanı emisyonlarının kapsamları

<i>Kapsam</i>	<i>Tanım</i>
<i>Kapsam 1</i>	Hava tarafındaki araçlar veya havaalanı binaları dahil olmak üzere havaalanı tarafından sahip olunan ve/veya kontrol edilen kaynaklardan kaynaklanan doğrudan emisyonlar.
<i>Kapsam 2</i>	Dolaylı emisyonlar, ağırlıklı olarak başka bir yerde üretilen elektriğin havaalanında kullanılmak üzere satın alınması.
<i>Kapsam 3</i>	Uçak ve yer manevra operasyonları da dahil olmak üzere havaalanının işletilmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkan dolaylı ve/veya isteğe bağlı emisyonlar.

2.3.3.3. Enerji ve su tüketimi

Havaalanları, hizmet ortaklarından ve yolculardan gelen yoğun talebi karşılamak ve dolayısıyla operasyonel kapasitelerini en üst düzeye çıkarmak için sürekli ve güvenli bir

enerji arzına ve temel hizmetleri sürdürmek için büyük miktarlarda kullanılabilir suya ihtiyaç duymaktadır (Ashford vd., 2013, s. 562,563). Yoğun bir havaalanının ihtiyaç duyduğu enerji ve su miktarı yaklaşık olarak büyük bir şehrin ihtiyacına denktir (Sreenath vd., 2021, s. 2). Bu yüzden havaalanlarının sürdürülebilir yönetiminde, enerji ve su tüketiminin çevre dostu bir yaklaşımla etkin ve verimli biçimde gerçekleştirilmesi önem taşır.

Hava taşımacılığı sektörünün enerji tüketimi, çevreyi kirleten diğer sektörlerden daha hızlı artmaktadır (Kazda ve Caves, 2015, s. 535). Artan enerji verimliliğine rağmen, yolcu sayısındaki artış pek çok havaalanında enerji tüketiminin ve enerji maliyetlerinin artmasına, bu ise potansiyel elektrik kesintileri ve şebeke arızalarına yol açabilmektedir. Havaalanlarındaki en büyük enerji tüketim kaynakları, yolcu ve çalışanların konforunu sağlamak için terminal binası içindeki ortam havası sıcaklığının (ısıtma ve soğutma) ve hava kalitesinin korunması, ardından da terminal ve havaalanı aydınlatmasıdır (Budd, 2017, s. 291). Bunlar havaalanı işletmecilerinin doğrudan kontrolü altındadır, ancak havaalanlarının perakende ve ticari faaliyetlere artan bağımlılığı göz önüne alındığında dikkatle yönetilmesi gereken bir konudur. Perakendeciler genellikle ürünlerinin potansiyel müşterilere çekici görünmesi için parlak bir şekilde aydınlatılmasını isterler. Yüksek ışık seviyeleri, aydınlatma için enerji talebini artırırken aynı zamanda ışıklardan kaynaklanan ek ısıyı gidermek için klima ihtiyacını da artırır (Ashford vd., 2013, s. 562). Isıtma, havalandırma, klima ve aydınlatmanın yanı sıra bilgisayar, ekipman ve otomasyon sistemlerinin çalıştırılmasıyla ilgili enerji yönetimi de çok önemlidir. Enerji tasarrufunda çevresel iyileştirmeler önemli maliyet tasarrufları sağlayabileceğinden, havaalanlarının bu konuları ele alması finansal açıdan da makuldür (Graham, 2023, s. 512). Uzun vadeli işletme maliyetlerini azaltmak ve enerji talebinin ortaya çıktığında karşılanabilmesini sağlamak için havaalanları yeni terminal binalarının tasarımında enerji tasarrufu önlemlerine daha fazla önem vermektedir. Birçok yeni havaalanı binası, enerji ihtiyacını en aza indirmek için doğal ışık ve havalandırmadan faydalanacak şekilde tasarlanmakta veya yeniden yapılandırılmaktadır (Ashford vd., 2013, s. 562).

Havaalanlarındaki elektriğin büyük bir kısmı yerinde üretilmek yerine dışarıdan tedarik edilmektedir. Bu durum, havaalanlarının enerji tüketimlerini azaltmaları ve/veya güneş, biyokütle ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan yerinde üretilen elektriğin payını artırmaları için itici bir unsurdur (Budd, 2017, s. 291). Son yıllarda havaalanlarında daha temiz elektrik enerjisi kaynağı kullanarak veya güneş, rüzgâr, hidro

ve jeotermal gibi tesis içinde yenilenebilir enerji üreterek CO₂ etkilerini azaltma konusunda önemli bir eğilim olduğu görülmektedir (ICAO, 2022e).

Havaalanları terminallerinde içme suyu, yiyecek içecek, tıbbi amaçlar ve temizlik için büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. Hava tarafında ise uçak temizliği, yangın söndürme faaliyetleri ve buz çözme gibi havaalanı operasyonları ve bakımı için de su kullanılmaktadır (Graham, 2023, s. 513). Bir havaalanının operasyonel kapasitesi ve müşterilerine ve hizmet ortaklarına sunduğu hizmetin kalitesi, en yoğun talebi karşılamak için güvenli, yeterli ve düşük maliyetli su tedarikini garanti edememesi durumunda ciddi şekilde kısıtlanabilir. Bununla birlikte özellikle aşırı su çekimi, aşırı yüzeysel akış veya değişen iklimin etkilerinden kaynaklanan yağışlardaki azalma nedeniyle dünyanın su kaynaklarının azalma baskısı altında olduğu bölgelerde, havaalanları için artan su talebini karşılamak diğer sektörlerden gelen artan rekabetin de etkisiyle daha zor hale gelmektedir (Ashford vd., 2013, s. 563). Sürdürülebilir su yönetimi kapsamında yağmur suyunun toplanması ve geri dönüşümü, araç yıkama, tuvalet suyu gibi yerlerde yeniden kullanımı, akıllı su sistemlerinin kullanımı, kuru yıkama gibi yöntemler havaalanlarındaki yüksek su ihtiyacını ve su kullanımını azaltacaktır. Su yönetimine yönelik en sürdürülebilir yaklaşım, havaalanlarının su toplama, geri dönüşüm ve tüketimi en aza indirme fırsatlarını en üst düzeye çıkararak su tedarikinde kendi kendine yeterli hale gelmeye çalışmasıdır (Marais vd., 2016).

2.3.3.4. Atıklar

ICAO tarafından atıklar, üretilen ve/veya havaalanı sahasına gelen ve uygun bir işleme tabi tutulması gereken her türlü "istenmeyen veya kullanılmayan" ürün/malzeme/maddeler olarak kabul edilmektedir (ICAO, 2017a). Havaalanları bağlamında, atıklara çevre yönetim planlarında gürültü ve uçak emisyonları gibi konulara kıyasla daha az önem verildiği görülmektedir (Pitt vd., 2002, s. 199). Ancak, atık bertarafı havaalanları için büyük bir maliyet teşkil edebilir ve çevre üzerinde önemli etkisi nedeniyle yönetilmesi gereken bir konudur. Artan yolcu trafiği ve havaalanı faaliyetlerinin yaygınlaşması, havaalanlarında üretilen atık türlerini ve miktarlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bazı havaalanlarının küçük bir şehir kadar atık hacmi ürettiği rapor edilmiştir, bu da zararlı çevresel etkilerin boyutunun ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Sebastian ve Louis, 2021, s. 1). Açıldığı günden bu yana yolcu artışı hızlanan İstanbul Havaalanı 2022 yılı ortalama verilerine göre günlük yaklaşık 120 tondan fazla atık

üretmiştir (İGA, 2023, s. 54). Üretilen atık miktarı genellikle hava trafiği hacimleriyle pozitif korelasyon göstermektedir (Janić, 2011). Temelde havaalanında faaliyet gösteren paydaşlardan kaynaklanan atıklar kentsel katı atıklar, yapım ve yıkım gibi inşaat faaliyeti atıkları, tehlikeli atıklar, hava aracı operasyonlarından doğan atıklar ve lavabo, tuvalet vb. kaynaklı atık sular şeklinde gruplandırılabilir (Budd, 2017, ss. 291–292; Sebastian ve Louis, 2021, s. 3). Kentsel atıklar bu atıkların en fazla çeşitlilik gösterenidir ve çok çeşitli paydaşların faaliyetleri sonucu açığa çıkar. Tipik olarak, havaalanlarında, kentsel atıklar terminal alanlarından, havaalanı alanlarını kullanan kiracılardan, havayollarından ve kargo operasyonlarından kaynaklanır (Greer vd., 2020a; Sebastian ve Louis, 2021). Kamusal alanlardan, ofis alanlarından vb. kaynaklanan atıklar terminal atıklarını oluşturmaktadır. Havaalanı işletmecileri, genellikle ofis idaresi, mühendislik ve güvenlik operasyonlarından kaynaklanan atıkların yanı sıra havaalanı bakımından kaynaklanan yeşil atıklar (çim kırıntıları gibi) üzerinde daha fazla yönetsel kontrole sahiptir. Buna karşılık, havayolları ve diğer hizmet sağlayıcılar uçak içi ikram, temizlik ve perakende faaliyetlerinden kaynaklanan atıklardan sorumludur (Budd, 2017, s. 291; Paling ve Thomas, 2018, s. 305).

Havaalanlarında gıda hizmeti operasyonlarından ve peyzaj faaliyetlerinden kaynaklanan çözünebilir ve yeşil organik atıklar da söz konusudur. Atılan gıda atıklarının yanı sıra restoranlarda ve havaalanlarındaki diğer lokantalarda yemek hazırlama işleminden kaynaklanan atıklar büyük miktarda gıda atığı oluşturmaktadır. Havaalanı çevresindeki peyzaj faaliyetleri, yapraklar, ağaçlar, dallar ve toprak, kir vb. gibi döküntülerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu atıklar havaalanı alanı yerleşim alanı içinde veya bölgesel tesislerle iş birliği içinde gübre haline getirilebilir (Greer vd., 2020a; Winter vd., 2021).

Havaalanlarında meydana gelen atıklar, havaalanı işletmecileri, havayolları, yer hizmeti sağlayıcıları, imtiyaz sahipleri ve diğer şirketler tarafından üretilmektedir. Atıkların çoğu havayollarından gelse de genellikle tüm havaalanı faaliyetleri için atık yönetiminden genel olarak sorumlu olan paydaş, havaalanı işletmecileridir (Gössling ve Upham, 2009). Birer yerel kuruluş olan havaalanları, atık yönetimi konusunda bölgesel politika ve yönetmeliklere bağlıdırlar. Ancak havaalanları, havacılık işinin doğası gereği belirli işletme kısıtlamalarıyla da karşı karşıyadır. Örneğin, havaalanlarının uçaklardan kaynaklanan tüm uluslararası gıda atıklarını yakmaları veya kontrollü bir depolama sahasına göndermeleri gerekir. Ayrıca havaalanlarında atıkların hava tarafından kara

tarafına transferi güvenlik, gümrük ve sigorta kısıtlamaları nedeniyle sorunludur (Graham, 2023).

Michael Pitt ve Smith'e (2003) göre atık kaynaklı kirlilik, sosyal ve ekonomik etkileri olmasına rağmen aslında çevresel bir sorundur. Kirleten öder ilkesine uygun olarak, havaalanlarının diğer alt sistemlerin yanı sıra atığı kaynağında ayrıştırma ve geri dönüştürmeyi de içeren eksiksiz bir atık yönetim sistemi geliştirmesi gerekmektedir (dos Santos vd., 2020). Atık yönetimi gibi çevresel etkileri azaltıcı uygulamalara sonraki başlıklarda yer verilmiştir.

2.3.3.5. Su ve toprak kirliliği

Havaalanı operasyonlarından doğan bir diğer çevresel etki su ve toprak kirliliğidir. Birçok çalışmada su ve toprak kirliliği havaalanları açısından başlıca kirlilik unsurları arasında gösterilmiş ve bunların yönetimi önemli performans göstergeleri arasında yer almıştır (Upham ve Mills, 2005).

Bir havaalanının operasyonel alanında, akan kirli veya kirletici sular önemli çevresel tehditler oluşturmaktadır. Bu sular nispeten yüksek yoğunlukta kirletici madde içerdikleri için yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır (Greer vd., 2020a). Havaalanlarında toprak kirliliği ise toprağa salınan zararlı maddelerle toprağın doğal özelliğinin bozulması ile gerçekleşir. Havaalanında su ve toprak kirliliğine yol açan kaynaklar aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Durmaz, 2018, s. 172; Paling ve Thomas, 2018, s. 305):

- İnşaat çalışmaları,
- Buzlanmayı önleyici ve buz çözücü işlemler,
- Terminal binası atıkları,
- Araçların bakımı ve yıkanması,
- Yakıt depolarından ve tanklarından yağ ve yakıt sıçramaları,
- Yangın söndürme eğitimleri,
- İlaçlamalar ve acil durum hizmetleri.

Uçak yakıt ikmali, uçak operasyonları, uçak ve yer hizmetleri ekipmanlarının bakımları ve tesislerin temizliği neticesinde yeraltı sularına karışan kirli sular potansiyel olarak havaalanı yakınındaki göllere ve akarsulara yağmur suyu drenaj sistemi kanalıyla karışabilir (Baxter, 2022). Benzer şekilde havaalanı inşaatı ve özellikle pist inşaatı, yalnızca havaalanı yerleşim alanında değil, aynı zamanda havaalanının daha geniş çevresinde de yeraltı suyu sistemini bozabilir. Yağmur suyu asfaltlanmış alanlardan hızla

akar ve bu da yağmur drenajları tarafından beslenen su yollarında sele neden olabilir (Kazda ve Caves, 2015, ss. 535–536). Yüzey suyu veya nehir sistemlerinde meydana gelen hasarların onarımı uzun yıllar alabilir ve çok maliyetli olabilir (Ashford vd., 2011, s. 567). Pistlerden, apronlardan, otoparklardan ve diğer yüzey yapılarından yerel su yollarına giden yüzey suyu deşarjı veya akışı, kış aylarında kullanılan buzlanmayı önleyici ve buz çözücü sıvılar tarafından kirletilebilir. Kış aylarında uçuş emniyetini sağlamak amacıyla, uçaklarda buz oluşumunu önlemek ve buz çözmek için büyük miktarlarda propilen glikol (PG) ve etilen glikol (EG) bazlı ürünler kullanılmaktadır. Bu sıvılarda kullanılan glikol, havaalanlarından çıkan en yüksek hacimdeki su kirleticisidir (Franchuk vd., 2005). Uçak ve araçların bakımı ve yıkanmasında kullanılan kimyasalların yanı sıra yangın eğitimi faaliyetleri ve yakıt dökülmeleri de bu kirliliğe katkıda bulunabilir. Havaalanı altyapısında kurulu olan yeraltı tanklarından ve borularından yakıt ve yağ gibi sızıntılar ve peyzaj faaliyetlerinde kullanılan çim gübreleri yeraltı sularını ve toprağı kirletmektedir. Ayrıca evsel kanalizasyon dahil olmak üzere bina ve tesislerden gelen normal atık sular da su kirliliği kaynaklarındandır (Baxter vd., 2014; Graham, 2023). Yüzey suyu veya nehir sistemlerinde meydana gelen hasarların onarımı uzun yıllar alabilir ve çok maliyetli olabilir.

Sözü edilen havaalanı operasyonları sonucu ortaya çıkabilen potansiyel toksik elementler (cıva, çinko, kurşun, nikel vb.), kalıcılıkları ve biyolojik birikimleri nedeniyle toprağı kirletebilir ve böylece tüm canlı sistemlerinin sağlığını tehdit edebilir (Brtnický vd., 2020). Bu doğrultuda havaalanındaki yakıt ikmal ve depolama faaliyetleri kritik öneme sahiptir. Petrol ürünleri, havacılık tesislerinin ana toprak kirleticileri arasındadır. Çeşitli karbon içeren maddelerin bir karışımı oldukları için petrol hidrokarbonları olarak adlandırılabilirler (Radomska vd., 2020, s. 76). Toprağı sızdığında uzun süre doğada kalabilir ve ekosisteme zarar verebilir. Ayrıca havaalanlarında fosil yakıt türevlerinin oluşturabileceği ek bir tehdit, toprakların ağır metallerle kirlenmesidir. Bu tür topraklar bitki büyümesi için zararlıdır. Dahası, ağır metal karışmış bir toprakta doğal yenilenme süreçleri yavaş ilerler ve ekosistemlerin restorasyonu 10-15 yıl kadar sürer (Lim vd., 2016). Benzer şekilde buz çözücü ve buzlanma önleyici sıvıların kış operasyonlarında kullanımı ya da arama kurtarma gerektiren acil durumlarda ve tatbikatlarda kullanılan kimyasal malzemelerin toprağı karışması da çevresel etkiler barındırmaktadır. Havaalanları etkili çevre yönetim sistemleriyle bu etkileri en aza indirgeyebilir.

2.3.3.6. Biyoçeşitlilik

Biyoçeşitlilik genel anlamda Dünya üzerindeki canlı çeşitliliği olarak tanımlanmaktadır (Altuntaş, 2019, s. 81). Havaalanının çevresel yönetimi açısından yerel çevrenin ve yaban hayatının korunması önemli bir konudur. Hava trafiğinin yoğunluğu sürekli artmaktadır. Aynı zamanda uçakların hızları da artmakta ve genel havacılık, askeri havacılık ve ticari uçaklar tarafından iniş ve kalkışlarda alçak irtifalarda çok sayıda uçuş gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla bu durum hava taşımacılığı operasyonlarıyla çevredeki canlılar arasındaki potansiyel çatışmaları artırmaktadır (Kazda ve Caves, 2015, s. 541). Ayrıca uçakların iniş kalkış yaptıkları havaalanları tarlaların, ormanların ve diğer doğal yaşam alanlarının ortasında yer alabilir ve bu geniş alanın faunasız olması düşünülemez. Çoğu büyük kentsel yerleşimlere yakın havaalanları ise biyolojik çeşitlilik açısından önemli değere sahip yeşil kuşak bölgelerinde veya kent sakinleri tarafından rekreasyonel açıdan değerli alanlarda yer alır. Bir havaalanının sınırlarını genişletmesi, hatta kendi arazisinin bir kısmına inşaat yapması, gelişimin tehdit ettiği ekolojik habitatlar nedeniyle kısıtlanabilir (Paling ve Thomas, 2018, s. 305).

Havaalanı çevresindeki biyoçeşitliliği (yaşam türlerinin çeşitliliğini) en çok etkileyen konulardan biri havaalanının yapım aşamasıdır (Zhao vd., 2019). Çevredeki ağaçların, endemik bitki türlerinin (flora) yok edilmesi, hayvan topluluklarının (fauna) yaşam alanlarının ve alışkanlıklarının değiştirilmesi, ekosistemin ve doğal yer şekillerinin değiştirilmesi gibi sorunların bir havaalanının yapım aşamasında ortaya çıkma potansiyeli yüksektir. Havaalanlarının inşası ve geliştirilmesi sürecinde, ekili arazilerin işgali, orman, otlak ve suyun azalması kaçınılmaz olarak yabancı hayvan ve bitkilerin yaşam alanlarını yok etmektedir (Niu vd., 2021, s. 2). Çünkü havaalanlarının gelişimi, geniş arazilerin pistlere, taksi yollarına, apronlara ve terminal binalarına dönüştürülmesinin yanı sıra karayolları ve demiryolları da dahil olmak üzere çevresini etkileyecek büyük altyapı ve üstyapı çalışmalarını gerektirmektedir (Daley vd., 2008).

Çeşitli arazi örtüsü türlerinin yaban hayatı tarafından işgal edilmesi, yaban hayatının hava taşıtlarıyla çarpışma riskini önemli ölçüde artırabilir (Martin vd., 2013, s. 118). Öte yandan iklim değişikliği, yaban hayatı göç modellerinde, yerel biyoçeşitlilikte ve yaban hayatı tehlikelerinde artış gibi yaban hayatında değişikliklere neden olabilir (ICAO, 2018b). Örneğin bir havaalanında bulunan kuş türlerinin çeşitliliğinde değişimler olabilirken, bazı bölgelerde iri göçmen kuş popülasyonlarında bir artış olabilir. Jet motorlu uçaklarla birlikte artan kuş çarpması vakaları, her havaalanında farklı boyutta problemler

oluşturmaktadır. Eğer bir havaalanı kuşların göç yolu üzerinde bulunuyorsa, göç mevsimi boyunca havaalanı çevresinde çok sayıda kuş görülecektir. Ayrıca, havaalanının pist yönü kuş göç yoluna dik ise, kuş çarpması olasılığı önemli ölçüde artacak ve havaalanlarının ışığı ve gürültüsü de çok sayıda göçmen kuş üzerinde etkili olacaktır (Zhao vd., 2019, s. 7). Her havaalanı işletmecisinin, havaalanında etkili bir kuş/yaban hayatı çarpması ve yaban hayatı kontrol programı geliştirme, uygulama ve gösterme sorumluluğu bulunmaktadır. ICAO (2018b), havaalanları üzerinde veya yakınında yaban hayatı tehlikelerine katkıda bulunduğu düşünölen arazi kullanımlarının neler olabileceğini detaylandırmış ve arazi kullanımlarını havaalanı merkezinden 3 ve 8 km'lik yarıçaplar içinde kabul edilebilir olup olmadıklarına göre derecelendirmiştir. Dolayısıyla havaalanı planlamacıları, yaban hayatının doğuracağı emniyet tehditleriyle ilişkili biçimde biyoçeşitliliğin ve türlerin korunumunu göz ardı etmemelidir (Blackwell vd., 2009). Sürdürülebilir kalkınma bağlamında, havaalanları bir yandan mevcut arazilerini biyoçeşitliliği teşvik edecek ve habitatları koruyacak şekilde yönetmek zorunda iken, diğer yandan da yeni altyapı geliştirme kabiliyetleri çevredeki kırsal alanda bulunan ve uluslararası ve ulusal mevzuatla korunan hassas alanlar ve türler nedeniyle ciddi şekilde kısıtlanabilir (Ashford vd., 2013, s. 572).

Költürel miras da havaalanı gelişiminden etkilenebilir. Örneğin, tarihi binalar havaalanının genişletilmesi için tahsis edilen alan içerisinde yer alabilir. Örneğin Manchester ve Kopenhag havaalanlarında benzer bir durum meydana gelmiş, söz konusu tarihi binaların özel tekniklerle başka yerlere taşınması sağlanmıştır (Graham, 2023, s. 516). Buna ek olarak, ekosistemi bozabilecek ve görsel açıdan tatmin edici olmayan havaalanı gelişimleri ile peyzajlar çevredeki halkın ve yetkililerin tepkisiyle karşılanabilir.

2.3.4. Havaalanlarındaki çevresel etkilerin değerlendirilmesi

Havaalanı terminallerinin ve apronların işletilmesi ve bakımının kaynak tüketimi, hava, su ve toprak kirliliği ve iklim değişikliğine katkıda bulunan sera gazı emisyonları gibi önemli çevresel etkileri vardır. Bu etkilerin önlenmesi ve azaltılması için öncelikle tespit edilmesi ve raporlanması önem taşımaktadır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) ve Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) çerçeveleri, havaalanı genişlemelerinin ve operasyonlarının çevresel etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çerçeveler, havaalanlarında gürültü kirliliği ve hava kalitesinin bozulmasından arazi kullanımı değişiklikleri ve habitat

tahribatına kadar uzanan potansiyel çevresel etkilerin sistematik olarak tanımlanmasını, tahmin edilmesini ve değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır (Dalkıran vd., 2022). Bir havaalanından kaynaklanan genel çevresel etkinin ölçülmesi, yalnızca uçak ve ilgili ekipmanın yakıt tüketimini anlamayı değil, gürültü etkilerini, aynı zamanda havaalanı içindeki yolcu yönetimini, destekleyici faaliyetler için su ve enerji tüketimini ve diğer çeşitli faktörleri de içermektedir (Kucukvar vd., 2021). Bu başlıkta havaalanlarının çok yönlü etkilerini değerlendirmek için kullanılan çeşitli değerlendirme ve ölçüm yöntemlerine yer verilmiştir.

2.3.4.1. Yaşam döngüsü analizi

Çevresel etkilerin oluşumu ve bu etkilerin analizi konusunda yapılmakta olan incelemelerden birisi yaşam döngüsü analizidir (Life Cycle Analysis – LCA). Bu analiz bir malzemenin maden halinden ürün haline dönüşmesine, sonrasında kullanılmasına ve yaşam ömrünün bittiği zaman yok edilmesine ya da geri dönüştürülmesine değin geçen tüm evrelerdeki çevresel etkileri incelemektedir (Dalkıran, 2017, s. 52). LCA modelleri, sera gazı emisyonları, enerji tüketimi ve atık üretimi de dahil olmak üzere havaalanlarının genel çevresel ayak izinin tahmin edilmesini sağlayan bütünsel bir bakış açısı sunmaktadır (Bahman, 2023). LCA'nın temel unsurları şunlardır (EEA, 2023):

- Tüketilen enerji ve hammaddelerin, emisyonların ve üretilen atıkların tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi,
- Enerji, hammadde, emisyon ve atıkların potansiyel çevresel etkilerinin değerlendirilmesi,
- Bu etkilerin azaltılması için mevcut seçeneklerin değerlendirilmesi.

Örneğin havaalanı kaplamalarının, APU ve GPU operasyonlarının LCA ile çevresel etkileri değerlendirilebilmektedir.

LCA, enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, su kullanımı, atık üretimi ve diğer ilgili çevresel göstergeler gibi çevresel boyutları çok kapsamlı biçimde dikkate alarak havaalanlarının çevresel ayak izinin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. LCA yöntemi aşağıdaki unsurlar bakımından çevresel etkilerin değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Bahman, 2023; Yang ve Al-Qadi, 2017):

- Farklı çevresel önlem seçeneklerinin çevresel etkileri hakkında bilimsel temelli veriler sağlamaktadır.

- Havaalanları çevresel performanslarını zaman içinde sürekli olarak takip edebilir.
- LCA bulguları, sürdürülebilir havaalanı gelişimi ve operasyonları için çevresel politikaların, kılavuzların ve stratejik planların oluşturulmasına katkıda bulunur.

LCA yaklaşımında çevresel etkiler, her bir yaşam döngüsü aşamasıyla ilişkili girdilerin (örneğin enerji, su, hava, malzemeler) ve çıktılarının (örneğin emisyonlar, atıklar) listelenmesiyle belirlenir (Greer vd., 2023). Dikkate alınan yaşam döngüsü aşamaları hammadde çıkarma/işleme, inşaat/imalat, nakliye/lojistik, işletme/bakım ve kullanım ömrü sonuna kadar uzanmaktadır. LCA, ISO 14040'da dört adımlı bir süreç olarak standartlaştırılmıştır (ISO, 2006): Çalışmanın amacının ve kapsamının tanımlanması; ilgili çevresel etkilerin envanterinin çıkarılması; etki değerlendirmesi yapılması; ve sonuçların yorumlanması.

2.3.4.2. Emisyon ölçüm yöntemleri

ICAO'nun uçak motorlarının kirletici emisyonlarını ölçmek için üç yaklaşımı vardır. ICAO'nun yanı sıra EPA, EEA/EMEP, MEET, ALAQS ve SOURDINE II gibi değerlendirme yöntemleri bazı çalışmalarda uçak kirletici emisyonlarını tahmin etmek için kullanılmıştır (Kurniawan ve Khardi, 2011, s. 242). Bununla birlikte literatürde çeşitli araştırmalar farklı tahmin, modelleme ya da ölçüm yöntemleri önermişlerdir.

ICAO, uçak motoru emisyonlarının ölçülmesine yönelik ikisi ayrıntılı ve biri genel olmak üzere üç yaklaşımı ele almıştır: basit yaklaşım, gelişmiş yaklaşım ve detaylı yaklaşım (ICAO, 2015b). Bu yaklaşımlar ICAO'nun 9889 numaralı Havaalanı Hava Kalitesi Rehber Kılavuzu'nda ve ICAO Hava Aracı Motor Emisyonları Veri Bankası'nda belirtilen her uçak ve motor türleri için uçak performans eğrisinden yola çıkılarak elde edilen yakıt kullanımı ve bu yakıtın standart olarak ne kadar emisyon açığa çıkaracağını belirten referans verilerine dayanarak uygulanmaktadır (EASA, 2023c; ICAO, 2015b).

Bu kılavuza göre basit yaklaşım en az karmaşık yaklaşımdır, en az miktarda veri gerektirir ve genellikle uçak emisyonlarının normalden fazla tahmin edilmesine neden olarak yüksek belirsizlik içerir. Bu yaklaşım NO_x, CO, HC, SO₂ ve CO₂ emisyon kirleticilerini dikkate alır. Kirletici emisyonları hesaplamak için kullanılan Formül 2.1, incelenen koşulların varsayılan verilerle aynı veya benzer olduğundan yola çıkarak, belirli motor tiplerini ve operasyon türlerini hesaba katmaz.

$$X \text{ emisyon türü (kg bazında)} = \sum(\text{iniş kalkış sayısı}) * (\text{emisyon faktörü}) \quad (2.1)$$

Gelişmiş yaklaşım, uçak tipleri, emisyon endeksleri hesaplamaları ve operasyon modları arasındaki zamanı kullanarak artan bir hassasiyet düzeyini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım, basit yaklaşıma kıyasla uçak motoru emisyonlarını daha doğru tahmin eder ve NO_x, CO ve HC kirletici emisyonlarını dikkate alır (Formül 2.2).

$$E_{ij} = \sum(TIM_{jk}) * 60) * (FF_{jk}/1000) * EI_{jk} * NE_j \quad (2.2)$$

E_{ij} = Bir LTO döngüsü için j uçak tipi tarafından üretilen gram cinsinden toplam kirletici i emisyonları (örneğin NO_x, CO veya HC).

EI_{jk}= j uçak tipinde kullanılan her bir motor için k modunda (örn. kalkış, tırmanış, rölanti ve yaklaşma) kilogram yakıt başına kirletici gram (g/kg yakıt) cinsinden kirletici i (örn. NO_x, CO veya HC) için emisyon endeksleri.

FF_{jk}= j tipi uçakta kullanılan her bir motor için saniyede kilogram (kg/s) cinsinden k modu (örn. kalkış, tırmanış, rölanti ve yaklaşma) için yakıt akışı.

TIM_{jk}= Uçak tipi j için k modu için dakika cinsinden modda kalma süresi (örn. rölanti, yaklaşma, tırmanma ve kalkış).

NE_j= J tipi uçakta kullanılan motor sayısı.

Detaylı yaklaşımın kullanılması, uçak ve motor operasyonları hakkında daha fazla bilgi sahibi olunmasını ve normalde kamuya açık olmayan özel veri veya modellerin kullanılmasını gerektirir. Analiz için gerekli olan gerçek ve rafine veriler bu yaklaşım kapsamında gerçek zamanlı ölçümlerden elde edilir. Detaylı yaklaşım kullanılarak uçak motoru emisyonlarının hesaplanması için tipik olarak gereken bazı bilgiler aşağıda listelenmiştir:

- Farklı yük, rota ve meteorolojik koşullar altında farklı uçak/motor tipleri için uçuş modlarında kalma süresi ölçümleri,
- Farklı meteorolojik koşullar altında farklı uçak/motor tipleri için ters itme yayılımı ölçümleri,
- Uçak/motor performansının modellenmesi için havaalanı meteorolojik koşulları,
- Havaalanı altyapısı ve kısıtlamalar (örneğin pist uzunluğu).

ICAO'nun yukarıda anlatılan yaklaşımları hava aracı emisyonları için kullanılabilirliği gibi yer hizmeti araçları için de referans olarak kullanılabilir. Ayrıca aynı kılavuzda ICAO APU kullanım emisyonları için de referans değerler vermiştir.

ICAO'nun emisyon hesaplama yaklaşımları literatürde sıklıkla kullanılmıştır (Dissanayaka vd., 2020; Kafalı ve Altuntaş, 2020).

ICAO'nun yaklaşımının yanı sıra MEET (Methodology for Calculating Transport Emissions), belirli operasyonel safhaların (motor çalıştırma, taksi manevraları, kalkış, tırmanma, seyir, alçalma, iniş ve yer operasyonları) süresine ve ilgili spesifik emisyon faktörlerine dayalı olarak bir uçağın uçuşu için hava kirletici emisyonlarını tahmin etmeye yönelik bir metodoloji sunmaktadır. Her uçak için ayrı tipik uçuş profilleri kullanılarak, uçağın ortak seyir irtifası ve uçuş mesafesi temel parametreler olmak üzere, toplam yakıt tüketimi ve emisyonlar bu yöntemle tahmin edilebilir (TRL, 1999). Bir uçuş için temel emisyon etkisi hesaplama formülü şöyledir (Formül 2.3):

$$\sum_{j=1}^9 T_j FC_j EI_j \quad (2.3)$$

E (g): toplam hava kirletici emisyonu

J: 9 operasyonel durum üzerinde çalışan endeksler, yani motor çalıştırma, taksi çıkışı, kalkış, tırmanış, seyir, alçalma, iniş, taksi girişi ve yer operasyonları

T_j (s): j operasyonel aşamasının süresi

FC_j (kg yakıt/s): j operasyonel aşaması sırasında yakıt tüketimi

EI_j (g/kg yakıt): j operasyonel aşaması için kirletici emisyon endeksleri

Çevre Koruma Ajansı'nın (Environmental Protection Agency – EPA) herhangi bir yılda belirli bir havaalanı için önerdiği emisyon hesaplama metodolojisi ise altı adımda özetlenebilir (EPA, 1999):

- Bir iniş kalkış döngüsünü tanımlamak için kullanılacak karışım yüksekliğini belirlenmesi,
- İniş kalkışların sayısı açısından havaalanı faaliyetin belirlenmesi,
- Havaalanındaki filo yapısının tanımlanması,
- Emisyon faktörlerinin seçilmesi,
- Uçuş modları arasındaki zamanın tahmin edilmesi,
- Havaalanı faaliyeti, uçuş modları ve uçak emisyon faktörlerine dayalı olarak emisyonların hesaplanması.

Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency – EEA) ve Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı (European Monitoring and Evaluation Programme – EMEP) tüm ülkeler için geçerli olan havacılıktan kaynaklanan emisyonları tahmin etme yöntemlerini seçmek için bir karar ağacı (Kademe 1, Kademe 2 ve Kademe 3) kullanmaktadır. Tablo

2.6, faaliyet ölçüsü ve gerekli teknoloji tabakalaşma derecesi açısından üç kademeyi kullanmak için gereken verileri özetlemektedir. Bu yöntemle göre havacılık emisyonlarını tahmin ederken aşağıdakiler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Mevcut olduğu kadar ayrıntılı bilgi kullanılmalı,
- Eğer kaynak kategorisi kritik bir emisyon kaynağıysa, emisyonların tahmin edilmesi için Kademe 2 veya Kademe 3 yöntemi kullanılmalı.

Tablo 2.6. EEA/EMEP üç kademeli envanter yöntemi için gerekli girdiler (EEA/EMEP, 2023)

	<i>Faaliyet</i>	<i>Teknoloji tabakalaşma derecesi</i>
<i>Kademe 1</i>	Yakıt satışları yurt içi ve yurt dışı kullanım olarak ikiye ayrılır. Yurtiçi ve yurtdışı için toplam iniş kalkış sayıları.	İniş kalkış ve seyir için ortalama filo karması ve ortalama emisyon faktörlerinin kullanımı.
<i>Kademe 2</i>	Yakıt satışları, Kademe 1'de olduğu gibi yurt içi ve yurt dışı kullanım olarak ikiye ayrılmıştır. Uçak tipi başına yurtiçi ve uluslararası iniş kalkış sayıları.	Uçağa özel iniş kalkış emisyon faktörlerinin ve seyir için ortalama emisyon faktörlerinin kullanımı.
<i>Kademe 3</i>	Uçak tipi ve uçuş mesafesini içeren her uçuş için veriler, yurtiçi ve yurtdışı olarak alt bölümlere ayrılmıştır.	Bu bölüme eşlik eden ve http://eea.europa.eu/emep-eeaguidebook adresinde bulunan elektronik tablodaki belirli uçak tipi verilerini kullanımı.

Kademe 1 ve Kademe 2 metodolojilerinin her ikisi de iniş kalkış verilerine dayanmaktadır ve kullanılan yakıtın satılan yakıtı eşit olduğu varsayılmaktadır. Emisyon tahmini, Kademe 1 veya Kademe 2 metodolojisi izlenerek yapılabilir. PM10 veya PM2.5 emisyonları uçak ve taşıma yüküne bağlıdır. Bu nedenle, bu kirleticilerin toplam emisyonlarını tahmin ederken, Kademe 2 metodolojisini kullanarak uçak faaliyetini daha ayrıntılı olarak değerlendirmek uygun olabilir. Kademe 3 metodolojisi, iç hat hava trafiğinden kaynaklanan yakıt ve CO₂ emisyonlarının tahmininde kullanılabilir (Kurniawan ve Khardi, 2011, s. 244).

EUROCONTROL tarafından geliştirilen ALAQS, ICAO tarafından tanımlanan tüm iniş kalkış operasyonu döngüsünü kapsayan uçuş operasyonlarını tanımlamaktadır. Her bir uçak tipinin emisyonları, her bir güç ayarında veya çalışma modunda uçağın belirli motorları için emisyon faktörleri ve her bir modda harcanan süre bilinerek hesaplanmaktadır. ALAQS metodolojisinde belirli bir senaryo için, belirli dönemi kapsayan bir uçak hareketi tablosu hazırlanır. Her bir hareket için: tarih, saat, uçak tipi, varış/ayrılış, kapı (stand) ve pist belirtilir. Havaalanı altyapısındaki emisyonları da içeren ALAQS, kapılar, taksi yolları, kuyruklar ve pistlerdeki saatlik emisyonları hesaplamak için bir araç setine de sahiptir (EUROCONTROL, 2023b). ALAQS yöntemi ICAO'nun

hesaplama yöntemini kullanmaktadır. Ayrıca EUROCONTROL, İleri Emisyon Modeli (Advanced Emission Model – AEM) ve IMPACT araçlarını da çevresel etki değerlendirmesinde kullanılmak üzere geliştirmiştir.

2.3.4.3. Gürültü değerlendirme yaklaşımları

Havaalanları çevresindeki gürültünün tespit edilmesi ve değerlendirilmesi, uçak gürültüsünün çevre ve toplumlar üzerindeki etkisini anlamak ve yönetebilmek için çok önemlidir. Çevresel gürültü sorunlarını değerlendirmek için kullanılan modeller ve yöntemler, ilgili ulusal ve uluslararası gürültü kontrol yönetmelikleri ve standartları tarafından kullanılan gürültüye maruz kalma endekslerine dayanmalıdır (Zaporozhets ve Tokarev, 1998). ICAO'nun Denge Yaklaşımı ve AB Çevresel Gürültü Direktifi, objektif yönetim kararlarının havaalanı çevresinde ölçülen ya da hesaplanan geleneksel gürültü konturlarına dayanması gerektiğini tavsiye etmektedir (Jagniatinskis vd., 2016, s. 168).

Uçak gürültüsünün değerlendirilmesi, kalibre edilmiş mikrofonların yerleştirilmesi yoluyla gürültünün doğrudan ölçülmesinden, zamana dayalı simülasyona veya bu amaçla geliştirilen araçların kullanılarak gürültünün taranmasına kadar çeşitli tekniklerle gerçekleştirilebilir. Şekil 2.7, havaalanına konuşlandırılmış bir gürültü ölçüm ve izleme sistemini göstermektedir.



Şekil 2.7. Havaalanı gürültü ölçüm ekipmanı (Pro-Plan, 2023)

Uçak gürültüsü modellemesi, uçak operasyonlarından doğan gürültünün yayılmasını tahmin etmek ve değerlendirmek için bilgisayar simülasyonlarını kullanmaktadır. Bu modeller uçak tipleri, uçuş yolları, kalkış ve iniş prosedürleri gibi faktörlerin yanı sıra çevredeki alanın topografyasını da dikkate alır. CAEP zaman zaman küresel eğilimleri hesaplamak için uygun gürültü modellerini belirlemektedir. 2010 yılında düzenlenen sekizinci CAEP toplantısında (CAEP/8) aşağıdaki gürültü modelleri belirlenmiştir: AEDT, ANCON2 ve STAPES. Gürültü modelleyiciler, EUROCONTROL'un sağladığı uluslararası çevrimiçi Hava Aracı Gürültü ve Performans (Aircraft Noise and Performance – ANP) veri tabanını kullanmaktadırlar. Gürültü modellerinde havaalanı çevresindeki gürültü konturlarının ölçümü için ICAO'nun 9911 numaralı dokümanı ve ECAC'ın 29 numaralı dokümanı, referans bilgiler sunmaktadır. Buradaki referanslara göre havaalanı çevresinde gürültü ölçümlerinde kullanılan bazı genel parametreler tek olay ölçümleri, kümülatif ölçüm, zaman bazlı ölçüm ve gürültü eşiği ölçümü olmak üzere Tablo 2.7'de sıralanmıştır. Ölçüm yöntemlerinin hesaplama adımlarına ilgili dokümanlardan ulaşılabilir.

Tablo 2.7. Yaygın kullanılan gürültü ölçüm parametreleri (ICAO, 2014)

<i>Kısaltma</i>	<i>Tam isim</i>	<i>Tanım</i>
<i>Tek olay ölçümleri</i>		
L_{max}	En Fazla Gürültü Basınç Seviyesi	Bir gürültü olayı sırasında kaydedilen en yüksek ses seviyesi. Normalde bir frekans ağırlıklandırması (örneğin 'A', 'B', 'C' veya 'D' ağırlıklandırması) da uygulanır.
L_{AE}	Ağırlıklı Tek Olay Maruziyet Seviyesi	Tek bir olay sırasında üretilen aynı toplam gürültü enerjisini içeren, ancak genellikle 'A' veya 'C' ağırlığı uygulanarak 1 saniyeye sıkıştırılmış ses seviyesi.
$EPNL$	Etkin Algılanan Gürültü Seviyesi	Sertifikasyon sırasında hesaplanan etkin algılanan gürültü seviyesinin (EPNL) ölçümü
<i>Kümülatif ölçüm</i>		
L_{eq}	Eşdeğer Ses Basınç Seviyesi	Gerçek zamanla değişen sesle aynı ses enerjisini içeren varsayımsal sabit ses.
DNL	Gündüz-Gece Ortalama Ses Seviyesi	L_{eq} 'ye dayalı 24 saatlik ortalama ses seviyesi, burada gece döneminde üretilen gürültüye bir desibel cezası (örneğin 10 dB) atanır.
NEF	Gürültüye Maruziyet Tahmini	Gece operasyonları için ek bir ağırlıklandırma ile bir dizi operasyon tarafından üretilen EPNL'ye dayalı olarak gelecekteki gürültünün tahmini.
<i>Zaman bazlı ölçüm</i>		
TA	Aşan Süre	Gürültünün tanımlanmış bir seviyeyi aştığı toplam süre veya sürenin yüzdesi.
$TALA$	Ortam Seviyesini Aşan Süre	Gürültünün ortam seviyesini aştığı toplam süre veya süre yüzdesi.
$TAUD$	Duyulabilir Süre	Uçak gürültüsünün duyulabilir olduğu toplam süre veya süre yüzdesi
<i>Gürültü eşiği tabanlı ölçüm</i>		
$N_{xx} - xx \text{ dB cinsinden gürültü seviyesi eşiğidir}$	Aşan Sayı	Gürültünün tanımlanmış bir eşik seviyesini aştığı toplam olay sayısı. Örneğin $N_{70,70 \text{ dB(A)}}$ eşiğini aşan olay sayısıdır ve yaygın olarak kullanılır.

Yaygın kullanılan modellerden biri Entegre Gürültü Modeli'dir (Integrated Noise Model – INM). Entegre gürültü modeli, FAA Çevre ve Enerji Ofisi tarafından geliştirilmiştir ve sivil havacılık topluluğu tarafından havaalanları civarındaki uçak gürültüsü etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (FAA, 2008). INM, yıllık ortalama uçuş operasyonları günü için gürültüye maruz kalma seviyelerini hesaplamaktadır. Model tarafından hesaplanan gürültü ölçütü, bir havaalanı çevresindeki uçak gürültüsünün etkisini değerlendirmek için evrensel olarak kullanılan yıllık ortalama gündüz-gece ses seviyesidir (DNL). Yaygın olarak kullanılan DNL metriğinin toplum rahatsızlığı ile yüksek oranda ilişkili olduğu bilinmektedir. INM'ye veri girişi pist koordinatlarını, uçuş parkurlarını, uçuş operasyonlarını, uçak tiplerini ve uçuş profillerini içerir. INM, havaalanı çevresinde yerdeki noktalarda genel yıllık ortalama günlük gürültü maruziyetini hesaplamaktadır. Bu modelleme sistemi diğer modellemelerle birleştirilerek Havacılık Çevresel Tasarlama Aracı (Aviation Environmental Design Tool – AEDT) kapsamında ele alınmıştır. AEDT kapsamında gürültünün yanı sıra yakıt tüketimi, emisyon ve hava kalitesi de tahmin edilmektedir (FAA, 2023b).

Bir diğer gürültü değerlendirme yöntemi gürültü haritalandırmadır. INM gibi gürültü modellemelerinin çıktısı, belirli bir alan üzerindeki gürültü seviyelerini desibel cinsinden temsil eden kontur haritalarını içermektedir. Gürültü haritalandırma yöntemlerini Avrupa genelinde 2002/49/EC Çevresel Gürültü Direktifi, ABD'de ise Gürültü Kontrol Yasası yönlendirmektedir. AB uyum sürecinde Türkiye'nin de ulusal programında AB Gürültü Direktifi rehber olarak kullanılmaktadır (TÜBİTAK, 2018). Bu yaklaşım, Avrupa çapında tutarlı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için ortak gürültü göstergelerinin ve haritalama tekniklerinin kullanımını vurgulamaktadır. AB Gürültü Direktifinde yer alan ortak gürültü ölçüm parametreleri şunlardır (EC, 2002):

- L_{gag} (gündüz-akşam-gece seviyesi): Akşam ve gece saatlerinde meydana gelen gürültü için daha yüksek cezaları vurgulayarak 24 saatlik bir süre boyunca eşdeğer sürekli gürültü seviyesini temsil eder. Akşam saatlerinde (akşam 7'den gece 11'e kadar) meydana gelen gürültü olayları için 10 desibellik bir ceza ve gece saatlerinde (akşam 11'den sabah 7'ye kadar) meydana gelen gürültü olayları için ilave 5 desibellik bir ceza dikkate alınmaktadır. Bu gösterge, nüfusun günün farklı saatlerinde gürültüye karşı değişen hassasiyetini yansıtmaktadır.
- L_{gece} (gece seviyesi): Özellikle gece saatlerinde (gece 11'den sabah 7'ye kadar) eşdeğer sürekli gürültü seviyesine odaklanır. Bu dönemler tipik olarak daha

haritalama denilen bu yöntem, yerel sakinlerin gürültü haritalama sürecine aktif olarak dahil edilmesini içerir. Bu yaklaşım, etkilenen toplulukların gerçek deneyimlerini ve endişelerini yansıtan kapsamlı gürültü haritaları oluşturmak için sakinlerden gelen gürültü şikayetleri ve algı anketleri gibi öznel verileri nesnel gürültü ölçümleriyle birleştirir (Vogiatzis ve Remy, 2014). Ayrıca genel olarak gürültü haritaları hazırlanırken bilgisayar yazılımlarından da destek alınabilir.

2.3.5. Havaalanlarında çevresel etkilerin raporlanması

Havaalanları için çevresel raporlama, sürdürülebilirlik girişimlerinin ve mevzuata uyum çabalarının kritik bir bileşenidir. Havaalanı operasyonlarıyla ilişkili çeşitli çevresel yönler ve etkiler hakkındaki verilerin sistematik olarak toplanmasını, analiz edilmesini ve açıklanmasını içerir. Çevresel raporlamanın amacı, düzenleyici makamlar, yerel topluluklar ve kamu dahil olmak üzere paydaşlara havaalanının çevresel performansı ve çevresel yönetim stratejilerinin etkinliği hakkında şeffaf ve güvenilir bilgi sağlamaktır (Upham ve Mills, 2005).

Şirketlerin 1990'larda çevresel boyutların yıllık raporlara entegre edilmesiyle görülmeye başlanan çevresel raporlamanın ilk adımı, hava ve su kalitesi, gürültü seviyeleri, enerji tüketimi, atık üretimi ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli çevresel parametrelerle ilgili verilerin sistematik olarak toplanmasını ve izlenmesini içermektedir. Bu veriler havaalanının çevresel ayak izini ve performansını değerlendirmek için temel teşkil eder. Çevresel raporlama, havaalanının çevresel etkisini ve sürdürülebilirlik başarılarını ölçmek ve değerlendirmek için performans göstergeleri ve metrikler kullanır. Bu göstergeler enerji verimliliği, su tasarrufu, atık yönetimi, gürültü azaltma çabaları ve karbon ayak izi azaltma hedefleriyle ilgili özel önlemleri içerebilir. Havaalanları için çevresel raporlamanın genel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Karagiannis vd., 2019; Karaman vd., 2018):

- Raporlama, uluslararası ve ulusal standartlara uyum sağlamayı, havaalanının çevresel performansının belirlenmiş ölçütlere göre ölçülmesini ve sapmaların uygun şekilde ele alınıp raporlanmasını sağlar.
- Etkili çevresel raporlama, yerel topluluklar, düzenleyici makamlar, havaalanı personeli ve genel kamuoyu dahil olmak üzere çeşitli paydaşlara açık ve erişilebilir bilgiler sağlayarak paydaş katılımını ve şeffaflığı teşvik eder. Bu, güveni artırır, hesap verebilirliği geliştirir ve havaalanının çevre yönetimi çabalarına aktif katılımı teşvik eder.

- Çevresel raporlama, iyileştirme alanlarının belirlenmesini ve sürdürülebilirlik amaç ve hedeflerinin oluşturulmasını kolaylaştırır. Havaalanları, çevresel performanslarını düzenli olarak gözden geçirip raporlayarak ilerlemeyi takip edebilir, düzeltici önlemleri uygulayabilir ve çevresel yönetimlerini geliştirmek ve ekolojik ayak izlerini en aza indirmek için yeni girişimler oluşturabilirler.

Kurumsal sosyal sürdürülebilirlik raporları sosyal ve ekonomik göstergelerle birlikte çevresel göstergeleri de içermektedir. Havaalanları genellikle çevresel çıktılarını bu raporlarda ya da sürdürülebilirlik raporlarında kamuya paylaşmaktadırlar. Ancak havaalanları arasında raporlama yaklaşımları açısından bir çeşitlilik söz konusudur (Chang ve Yeh, 2016). Çoğu havaalanının çevresel verilerin raporlanması bakımından belirli bir çerçeve izlemediği söylenebilir (Karagiannis vd., 2019). Skouloudis vd. (2012) Kuzey Amerika ve Avrupa'daki 13 havaalanının sürdürülebilirlik raporlarını analiz ederek nitel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Sürdürülebilirlik raporlamasının uluslararası havaalanları arasında henüz yaygın bir uygulama olmadığını ve raporlama uygulamalarında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

Bazı raporlama çerçeveleri, tüzel kişilikleri, büyüklükleri veya sektörleri ne olursa olsun kurumsal bilgilerini raporlamaları için firmaları motive eden ve yönlendiren tanınmış Kuruluşlar tarafından geliştirilmiştir. Küresel Raporlama Girişimi (GRI), Karbon Bildirim Projesi (CDP), Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi (UNGC), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 26000 ve Entegre Raporlama (IR) şu anda en çok bilinen raporlama çerçeveleridir ve bunların arasında GRI en çok kullanılan raporlama türüdür.

2.3.5.1. GRI

GRI Kılavuzları ilk olarak 2000 yılında, iş dünyasının sosyal, çevresel ve ekonomik etkilerini ortak bir formla bütünleştiren sürdürülebilirlik raporları hazırlama konusunda şirketleri desteklemek amacıyla yayınlanmıştır (Koç ve Durmaz, 2015). Bu kılavuz çocuk işçiliği, yerli hakları ve yolsuzlukla mücadele, çeşitlilik ve fırsat eşitliği gibi geniş bir yelpazedeki konuların dikkate alınmasını gerektirmekle birlikte çevresel raporlama çerçevesi de sunmaktadır (Paling ve Thomas, 2018, s. 306). Sektör fark etmeksizin birçok alanda GRI raporlaması kullanılmaktadır. GRI, havaalanı sektörüne uygulanabilecek sürdürülebilirlik raporlaması için yaygın olarak kullanılan bir çerçeve sunmaktadır.

GRI, "Havaalanı Sektöründe Sürdürülebilirlik Raporlamasının Anlık Görüntüsü" başlıklı bir rapor yayınlayarak havaalanı endüstrisindeki sürdürülebilirlik raporlamasını

takip eden ve raporların kapsamlılığını değerlendirmeye çalışan ilk kuruluş olmuştur. Sonuçlar, yedi havaalanının yıllık raporlarına az miktarda sürdürülebilirlik bilgisi entegre ettiği ve bunun 1990'lara kadar uzandığını göstermiştir (GRI, 2009). Aeroports de Paris, 2000 yılında ayrı bir sürdürülebilirlik raporu yayınlayan ilk havaalanı işletmecisi olmuştur. Bugün giderek artan sayıda havaalanı, sürdürülebilirlik veya kurumsal sorumluluk performanslarını Küresel Raporlama Girişimi (GRI) kılavuz ilkelerine göre kamuya açık bir şekilde raporlamaktadır (Graham, 2023, s. 534,535). Bunlar paydaşlara ekonomik, çevresel ve sosyal performans hakkında açıklanan bilgileri anlamaları için evrensel olarak uygulanabilir ve karşılaştırılabilir bir çerçeve sunmaktadır. Öte yandan GRI raporlamasını kullanmayan çok sayıda havaalanı da bulunmaktadır (Dimitriou vd., 2014).

GRI standartları, çeşitli ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerin raporlanması için kapsamlı bir kılavuz seti sunarak havaalanlarının sürdürülebilirlik performanslarını paydaşlara etkili bir şekilde iletmelerini sağlar. GRI çerçevesi, sera gazı emisyonları, enerji tüketimi, su yönetimi, gürültü azaltma çabaları, toplum katılımı ve havaalanı sektörüne özgü diğer hususlarla ilgili olanlar da dahil olmak üzere temel sürdürülebilirlik göstergelerinin açıklanmasını teşvik etmektedir. GRI'yi benimseyen şirketler çeşitli raporlama seviyelerini seçebilir ve bu açıklamaların denetlenmesini de tercih edebilirler.

GRI standartları kullanımı kolay modüler bir set olarak tasarlanmıştır ve bir kuruluşun öncelikli konularını, ilgili etkilerini ve bunları nasıl yönetildiğini kapsayıcı bir şekilde sunmaktadır. Bu standartlar genelden özele evrensel standartlar, sektör standartları ve daha spesifik konu standartları şeklinde ayrılmış olup raporlama yapılabilmesi için aşağıdaki aşamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir (GRI, 2023):

- Etkilerin tanımlanması ve değerlendirilmesi
- Raporlanacak unsurların belirlenmesi için faaliyet konularının belirlenmesi
- Açıklamaların raporlanması

GRI'nın evrensel standartları GRI 101, 102, 103 şeklinde sıralanmaktadır. GRI'nın çevresel raporlama standartlarından çevresel olanlar spesifik konu standartları arasında bulunmaktadır ve GRI 300 serisine karşılık gelmektedir. Bunun altında yer alan çevresel konular aşağıda sıralanmıştır:

- GRI 301 – Malzemeler
- GRI 302 – Enerji
- GRI 303 – Su
- GRI 304 – Biyoçeşitlilik

- GRI 305 – Emisyonlar
- GRI 306 – Katı ve sıvı atıklar
- GRI 307 – Çevreye uyum
- GRI 308 – Tedarikçi çevresel değerlendirmesi

GRI'ya göre bir havaalanının rapor edebileceği çevresel parametrelerden bazılarını Tablo 2.8'de yer verilmiştir.

Tablo 2.8. GRI raporlamasında yer alan bazı çevresel parametreler (GRI, 2023)

<i>Boyut</i>	<i>Parametre</i>
<i>Enerji</i>	Birincil enerji kaynağından doğrudan enerji tüketimi Birincil enerji kaynağından dolaylı enerji tüketimi
<i>Su</i>	Kaynağına göre toplam su kullanımı Su çekilmesinden önemli ölçüde etkilenen su kaynakları
<i>Emisyon ve atıklar</i>	Toplam doğrudan sera gazı emisyonu miktarı Diğer ilgili dolaylı sera gazı emisyonu miktarı Ozon tabakasını incelten maddelerin emisyon miktarı Kalitesi ve varış noktasına göre toplam su deşarjı miktarı Türüne ve bertaraf yöntemine göre toplam atık miktarı Önemli sıvı dökülmelerinin toplam sayısı ve miktarı

2.3.5.2. CDP

CDP (Carbon Disclosure Project), havaalanları da dahil olmak üzere şirketleri, özellikle iklim değişikliği ile ilgili olmak üzere çevresel etkilerini açıklamaya teşvik eden küresel bir platformdur. Katılımcı havaalanları karbon emisyonlarını, iklimle ilgili risklerini ve azaltma stratejilerini raporlayarak iklim sorunlarını ele alma konusundaki kararlılıklarını göstermektedir. CDP, anket aracılığıyla şirketlerin karbon performansı hakkında değerli bilgilerin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve açıklanması için analitik bir yaklaşım sunmaktadır (CDP, 2014). Bu anketlerden elde edilen verilerle CDP, en büyük çevresel veri tabanlarından birini yönetmektedir.

CDP anketleri iklim değişikliği, ormanlar ve su güvenliği olmak üzere üç farklı türde mevcuttur. CDP, her soruyu ayrıntılı olarak açıklayan ve hangi bilgilerin sağlanacağını, gerekli formatı ve katılımcı firmaların cevabını oluşturmak için araçları veya daha fazla bilgiyi nerede bulabileceğini açıklayan bir rehber de yayınlamıştır. CDP'ye başvuru yapan işletmeler ayrıca dört farklı alanda çevresel ilişkilerini de değerlendirebilmektedir. Söz konusu seviyeler Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Bu seviyelerden en aşağıda bulunan bildirim seviyesindeki (D) işletmeler, çevresel konuları kalkınma stratejilerine entegre etmemektedir. D seviyesi sadece CDP raporlaması yapan şirketleri ifade etmektedir. Bu

şirketler şeffaflık gerekliliklerini karşılarken, taahhüt veya farkındalık kriterlerini karşılamamaktadır. Diğer seviyeler ise çevre performansı hakkında şirketlere bilgi vermektedir.



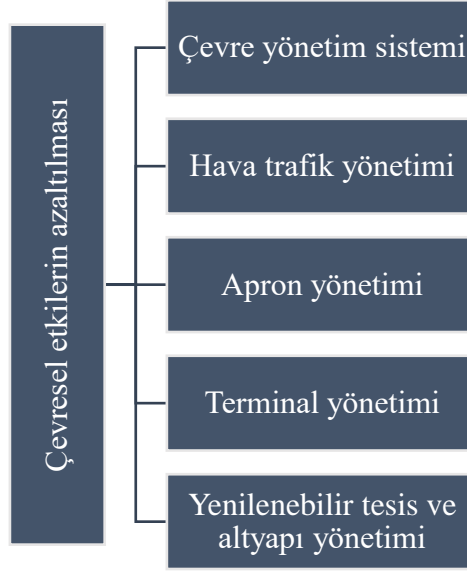
Şekil 2.9. CDP Katılım düzeyleri (CDP, 2014)

Havaalanlarında yaygın olarak kullanılmasa da CDP'ye katılım, havaalanları için karbon emisyonlarını ve iklimle ilgili risklerini bildirmelerini sağlayarak havacılık sektöründeki çevresel zorlukları ele alma konusundaki kararlılıklarını gösterebilir. Havaalanları, çevresel verilerini CDP platformu aracılığıyla açıklayarak şeffaflığı artırabilir, çevresel performanslarını geliştirebilir ve karbon ayak izlerini azaltma çabalarını sergileyebilir. 2020 yılında Münih Havaalanı, CDP tarafından iklimin korunmasına yönelik başarılı çabalarından dolayı üçüncü kez 'Liderlik Seviyesi'ne ulaşmış ve 'A-' derecesi ile ödüllendirilmiştir (InternationalAirportReview, 2020).

2.3.6. Havaalanlarında çevresel etkilerin azaltılması

Havayolları, havaalanı işletmecileri, uçak üreticileri, hava seyrüsefer ve hava trafik kontrol hizmet sağlayıcıları ve düzenleyicilerin tümü, hava taşımacılığının çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Bir dizi politika, program ve tedbirle birlikte etkili uygulamalar, net çevresel faydalar sağlamanın yanı sıra, çevresel sorunlar ve kısıtlamaların daha iyi öngörülmesini ve bunlara yanıt verilmesini sağlamaktadır. Havaalanlarında çevresel etkilerin azaltılmasında birçok yöntem ve uygulama mevcut olsa

da bunların yönlendirilmesinde ve başarıya ulaşmasında önceki başlıklarda anlatılan kapsamlı politika ve programlar oldukça önemlidir. Havaalanlarında çevresel etkilerin azaltılmasında başvurulabilecek yollar Şekil 2.10'da gruplandırılmıştır. Bu başlıkta öncelikle daha önce detaylı olarak anlatılan CORSIA ve EU-ETS gibi politika bazlı önlemlere kısaca yer verilmiş, sonrasında alt başlıklarda çevre yönetim sistemi, hava trafik yönetimi gibi diğer önlemler açıklanmıştır.



Şekil 2.10. Havaalanlarında çevresel etkileri azaltma yolları

Havacılığın iklim üzerindeki önemli etkilerine ilişkin kamuoyunda artan endişeler, düzenleyicileri hava taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kontrol etmeye zorlamıştır (Zhang vd., 2010). 2008 yılında dünyadaki toplam salınan sera gazının 3'te 2'sinden sorumlu ülkelerin katıldığı Kyoto Protokolü, ICAO üzerinden ülkelere uluslararası uçuşlarda sera gazı sınırlandırması ya da azaltılması için çağrıda bulunmuştur. Bu doğrultuda ICAO CORSIA programını başlatmıştır. Bu alanda atılan bir diğer adım ise AB Komisyonu'nun 2012'den beri havacılık sektörünü ETS'ye dahil etmesi olmuştur. CORSIA ve EU-ETS gibi havacılık kuruluşlarının karbon emisyonlarını sınırlandıran ve karbon ticaretini destekleyen önemli programlara uyum sağlayabilmek için havaalanlarının üzerine düşen adımları atması gerekmektedir. Bununla birlikte havaalanı yönetimleri, ACA, LEED gibi çevresel programlara başvurarak ve sertifikalar elde ederek havaalanının çevresel çıktılarını azaltacak çabaları destekleyebilir.

Çevresel etkilerin azaltılmasında önemli yaklaşımlardan biri de ICAO'nun Denge Yaklaşımı'dır. ICAO'nun 2007 yılında ortaya koyduğu gürültü yönetimindeki Denge

Yaklaşımı çerçevesinde emniyetten ödün vermeden hava aracı gürültüsünü etkili bir şekilde azaltmak için dört ana unsur ileri sürülmüştür (Rodríguez-Díaz vd., 2017):

- Kaynakta gürültünün azaltılması: Bu, daha sessiz uçakların kullanımını ve mevcut uçak filolarının motorları, kanatları ve iniş takımları üzerinde gürültü azaltıcı önlemlerin uygulanmasını içerir.
- Arazi kullanım planlaması ve yönetimi: Bunlar, gürültü koruma bölgelerine, pasif gürültü kontrolüne ve gürültüye dayalı kalkış ve iniş ücretlerine göre tasarlanmış bir arazi kullanım planını içerir.
- Gürültü azaltma için operasyonel prosedürler (havada ve yerde): Yaygın olarak kullanılan bir başka önlem, "gürültü azaltma prosedürlerinin" benimsenmesidir. Yani, kalkış veya iniş sırasında yerleşim alanlarının üzerindeki uçuş hareketlerini en aza indirmeyi amaçlayan uçuş prosedürlerinin uygulanmasıdır.
- Operasyonel kısıtlamalar: Bunlar, bir uçağın havaalanına erişimini sınırlayan veya azaltan gürültü ile ilgili her türlü eylemdir. İlk çare olarak kullanılmamalıdır, yalnızca diğer üç unsurdan elde edilen faydalar değerlendirildikten sonra kullanılmalıdır.

ICAO'nun gürültünün azaltılmasında denge yaklaşımı Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. ICAO gürültü azaltımı denge yaklaşımı (Rodríguez-Díaz vd., 2017)

ICAO'nun gürültü ve zararlı gaz emisyonlarında aşamalı olarak yeni kısıtlamalar getirmesi, yeni nesil motorlarda daha yeni teknolojiler kullanılmasını ve çevresel etkilerin azaltılmasını sağlamıştır (Graham vd., 2014; Spakovszky, 2019). Zararlı emisyonlar ve gürültü arasındaki karşılıklı bağımlılıklar, motor tasarımını değiştirerek çevresel etkileri azaltmayı zorlaştırırsa da uçak tasarım teknolojisindeki ilerlemeler uçakları daha sessiz ve

yakıt açısından daha verimli hale getirmiştir. Ayrıca uçak gövdesinde karbon fiber kompozit ya da cam fiber güçlendirilmiş alüminyum kullanımı geleneksel alüminyum gövdeden %25 daha dayanıklı ve %20 daha hafif olduğu belirtilmektedir (Graham, 2023, s. 294). Boeing 747-800, Boeing 747-400'e kıyasla motor ve kanatta değişikliklere uğramış ve %16 oranında küçülmüştür (Abrantes vd., 2021). ATAG tarafından yapılan bir tahmin, yeni uçakların 40 yıl öncesine göre %70 daha fazla yakıt tasarrufu sağladığını doğrulamıştır. Karbon monoksit emisyonları %50, yanmamış hidrokarbon ve duman emisyonları ise %90 oranında azaltılmıştır (Postorino ve Mantecchini, 2014). Alternatif yakıtların kullanım olanaklarının artmasıyla birlikte zararlı gaz emisyonları önemli ölçüde azalacaktır. Tüm bu gelişmeler başta sera gazı emisyonları ve gürültü olmak üzere havaalanı çevresindeki çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Yukarıda anlatılan geniş çapta uluslararası plan ve programlar kapsamında ya da bunlara ek olarak havaalanları bir dizi sistemsel, operasyonel ve teknolojik önlemlerle çevresel etkilerini kontrol edebilir (Budd, 2017, s. 293). Bu başlıkta söz konusu önlemler çevre yönetim sistemi, hava trafik yönetimi, apron yönetimi, terminal yönetimi, yenilenebilir tesis ve altyapı yönetimi başlıklarında ele alınmıştır.

2.3.6.1. Çevre yönetim sistemi

Havaalanlarının faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan çevre kirliliğinin kontrol altına alınabilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için çevre yönetim sistemi önemli bir araçtır (Korul, 2003). Genel olarak, çevre yönetimi stratejileri kirliliğin kontrolünden kirliliğin önlenmesine doğru bir evrim geçirmiştir. Havaalanları özelinde, artan çevresel hassasiyetin bir sonucu olarak, çevre yönetimi önceliklerinin zaman içinde yerel çevresel etkilerin yönetilmesinden havacılığın küresel çevresel etkilerinin ele alınmasına doğru değişim geçirdiği görülmektedir. Bu nedenle, havaalanı endüstrisi, ilgili yasal gerekliliklerin yanı sıra sivil toplum kuruluşlarının da taleplerini karşılamak için sera gazı, gürültü, atık gibi çevresel etkilerini yönetmek için çaba sarf etmektedir (Dimitriou vd., 2014, s. 5; Jordao, 2009). Dolayısıyla etkili bir çevre yönetim sistemine yol açacak unsurların belirlenmesi, önemli bir ihtiyaçtır.

ICAO'ya göre çevresel yönetim sistemi, “bir kuruluşun faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, izlenmesi ve azaltılmasına yönelik bir dizi yönetim ilkesi” şeklinde tanımlanmaktadır (ICAO, 2017b). ÇYS, havacılık kuruluşlarının faaliyetlerinin çevresel etkilerini sistematik olarak belirlemek ve maliyet

etkin bir şekilde yönetmek için bir metodoloji ve çerçeve sağlar ve havaalanları, hava taşıyıcıları, üreticiler ve devlet kurumları dahil olmak üzere çok çeşitli kuruluşlarda etkili olduğu kanıtlanmıştır (ICAO, 2012). Sıklıkla kullanılan ÇYS'lerden ikisi ISO (International Standardization Organization) ve EMAS (European Union Eco-Management and Audit Scheme) standartlarıdır. ISO, bir ÇYS için en iyi uygulamaları belirlemektedir. ISO 14001:2015, faaliyet türü ne olursa olsun bir kuruluşun çevresel sorumluluklarının yönetimine odaklanan ISO 14000 "standartlar ailesinin" bir parçasıdır ve çevre performansının iyileştirilmesine odaklanır (ISO, 2021). EMAS ise, bir kuruluşun çevresel performansını değerlendirmek, raporlamak ve iyileştirmek için Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen ÇYS standardıdır (European Commission, 2023). ISO 14001, tüm ÇYS belgelendirme sistemleri arasında en geniş coğrafi ve sektörel kapsama alanına sahiptir. Genel olarak, standardın uygulama alanı ne kadar geniş olursa, gereklilikleri de o kadar esnek ve daha az katı olur (Korul, 2005). Bu standartların genel amacı, kuruluşların yasal gereklilikleri ve önemli çevresel etkilere ilişkin bilgileri dikkate alarak çevreyle ilgili politika ve hedefler oluşturmalarını sağlamaktır.

Etkili bir çevresel yönetim sistemi sayesinde havaalanları, su ve atık üretimini, enerji tüketimini izleyebilir ve azaltılmasına katkıda bulunabilir. Kaynak verimliği kapsamında en son teknolojilere (LED aydınlatma veya düşük akışlı otomatik vanalar gibi) dayalı cihazların kurulumu, enerji ve su tüketiminin azaltılmasına ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına geçişe yardımcı olabilir (Paraschi vd., 2022, s. 834). Ayrıca çevresel ve operasyonel kapasite, etkin çevre yönetimi sağlayan uzun vadeli bir planla en üst düzeye çıkarılabilir ve eko-verimli altyapı, teknoloji ve operasyonel stratejilerin uygulamaya konulmasıyla büyüme dengelenebilir (Ferrulli, 2016).

Havaalanlarında ÇYS, geleneksel olarak neredeyse sadece havaalanı yer operasyonlarından kaynaklanan çevresel etkilere odaklanmıştır. Bunlar hava tarafı (havacılık temelli) operasyonlardır. Ancak havaalanlarının rolleri genişledikçe ÇYS giderek kara tarafı (havacılık dışı ağırlıklı) faaliyetlerini de kapsar hale gelmiştir (Kasarda, 2001). Sürdürülebilir havaalanı modelleri, çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olan değişikliklere uyum sağlamak için ÇYS'de aşamalı olarak değişiklikler yapmaktadır.

ÇYS'nin havaalanlarına sağladığı bazı faydalar aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Ankaya vd., 2018, s. 166; Korul, 2003, s. 108):

- Çevre kirliliği ve atıkların azaltılması
- Çevre amaç ve hedeflerine ulaşılması

- Çevrede öncü firmalara verilen teşvik ve ödüllerden faydalanılması
- Kaynakların etkin ve verimli kullanılması ile kazanç elde edilmesi
- Topluma karşı pozitif bir kurumsal imaj kazanılması
- Değişime uyum sağlayarak rekabetçi avantaj kazanmak
- Geri dönüşümle bertaraf maliyetlerinin azalması

ÇYS, havaalanı içi yönetim süreçlerini iyileştirmekte ve çalışanların çevresel konular ve sorumluluklar hakkındaki anlayışını artırmaktadır. ÇYS'ye sahip havaalanlarında çevresel olayların sıklığı ve şiddeti azalmış ve yasal gerekliliklere uyum artmıştır (Delaney ve Thomson, 2013, s. 24). Münih, Oslo, Atina, Chicago O'Hare Havaalanları yenilikçi çevresel yönetim programlarını hayata geçiren havaalanlarına örnek verilebilir.

ICAO, eko-havaalanı araç takımı dokümanında ÇYS'nin bileşenlerini üst yönetim desteği, planlama, uygulama ve operasyon, kontrol, yönetsel gözden geçirme ve sürekli iyileştirme şeklinde açıklamıştır. Buna göre bir kuruluşun üst yönetimi, çevresel hedefleri tanımlamak için bir çerçeve sağlayan ve kuruluşun faaliyetleriyle uyumlu olarak çevreyi koruma taahhüdü sunan bir çevre politikası oluşturarak, uygulayarak ve sürdürerek ÇYS ile ilgili liderliğini taahhüt etmelidir (ICAO, 2017b). Planlama kapsamında ÇYS kullanan bir havaalanı, çevresel hususları ve uyum yükümlülüklerini ele almak için gerekli süreçleri ve uygulamaları tanımlamalı ve aynı zamanda belirlenen riskler ve fırsatlarla başa çıkmalıdır. Uygulama ve operasyon bağlamında operasyonel süreçler için kriterler belirlenmeli ve gerekli kontroller planlanmalıdır. Havaalanı ayrıca planlanan değişikliklerin veya iyileştirmelerin operasyonel süreçlere uygulanmasını kontrol edebilir ve dış kaynaklı süreçlerin de kontrol edildiğinden ve etkilendiğinden emin olabilir. Kontrol safhasında havaalanları, izleme ve analiz yoluyla çevresel performansını sürekli olarak değerlendirmelidir. Yönetsel gözden geçirme bağlamında havaalanı üst yönetimi, ÇYS'nin sürekli uygunluğunu, yeterliliğini ve etkinliğini garanti altına almak için tanımlanmış aralıklarla gözden geçirilmesinden sorumludur. İzleme ve değerlendirme yoluyla kuruluş, iyileştirme ve tanımlanan çevresel hedeflere ulaşma fırsatlarını belirleyebilmektedir. Bu beklenti, sürekli bir iyileştirmeyi garanti altına almak için hataların tanımlanmasını ve düzeltici eylemlerin gerçekleştirilmesi kararını içermelidir. Sözü edilen ÇYS bileşenlerinin bir bileşimi olarak, Deming döngüsüyle ilişkilendirilen "Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al – PUKÖ (Plan, Do, Check, Act – PDCA)" yaklaşımıyla sürekli bir iyileştirme sağlanabileceği ifade edilmektedir (ISO, 2021).

ÇYS temelinde çıktı odaklı bir çevre performansı ölçümü çerçevesi de sunmaktadır. Sürdürülebilirlik ölçütlerinin geliştirilmesine yönelik parametreler, daha az atık, daha düşük kaynak kullanım yoğunluğu ve daha az sera gazı emisyonu gibi çıktıları sunan yaygın en iyi uygulama veya mevcut en iyi teknolojilerle ilişkilidir. Kimmet'e (2009) göre bu yaklaşım, her bir uygulamanın gerçekte ne kadar sürdürülebilir olduğuna çok az dikkat etmektedir. Bu da normal uygulamalardan daha 'yeşil' görünen her şeyin 'sürdürülebilir' olarak kabul edilebileceği anlamına gelmektedir. Sürdürülebilirliğe yönelik daha detaylı bir yaklaşım, kuruluşun sürdürülebilirliğinin ana hedef haline geldiği andan itibaren yaşam döngüsü süreçlerini ölçmek olabilir. Bunun aksine olağan uygulama, çevresel performansın bir ÇYS'nin benimsenmesinin ardından veya bir program tamamlandığında ölçülmesidir (Kimmet, 2009).

Hooper ve Greenall'ın (2005) belirttiği üzere, havayolu sektörü genelinde sosyal ve çevresel performansın karşılaştırılması oldukça zordur. Buna göre etkili bir havacılık sektörü kıyaslamasının önündeki temel engeller, performans göstergelerinin tanımlarındaki ve işlevselliklerindeki farklılıklardır. Aynı şey havaalanları için de söylenebilir. Upham ve Mills (2005) ise sürdürülebilirlik raporlamasının kullanılması yoluyla paydaş diyalogunun zenginleştirilmesinin, performansa dayalı kıyaslamaların iyileştirilmesi açısından kilit öneme sahip olduğunu öne sürmektedir. Standart olmayan sürdürülebilirlik raporlamaları ve veri eksikliği, uluslararası karşılaştırmalar yapmanın önünde engel teşkil etmektedir. Çevre ve sürdürülebilirlik raporlarının daha yakından incelenmesi ve raporların çeşitli paydaş gruplarının özel ihtiyaçlarına göre uyarlanması daha detaylı performans değerlendirmelerine imkân tanımaktadır. Sürdürülebilirlik raporlamasında en tanınmış standartlardan biri haline GRI; ekonomik, çevresel ve sosyal performansın raporlanması için yaygın olarak kabul gören bir çerçeve sunmaktadır (Koç ve Durmaz, 2015, s. 161). Giderek fazla sayıda havaalanı GRI kapsamında belirtilen anahtar performans göstergelerine (key performance indicators) sürdürülebilirlik raporlarında yer vermektedirler. Ancak Karagiannis vd. (2019) uluslararası havaalanlarında sürdürülebilirlik raporlamasının hala yaygın bir uygulama olmadığını belirtmişlerdir.

ÇYS geliştirildikten ve bunu yürütmek için bir sistem oluşturulduktan sonra, bir sonraki adım süreci etkin bir şekilde uygulamaktır. ISO standartları, gerekli çevresel performans seviyesine ulaşmak için operasyonel kontrollerin kullanılmasını teşvik etmektedir. Operasyonel kontroller, önemli çevresel etki potansiyeli olan havaalanı

faaliyetlerine ve hizmetlerine uygulanır (ICAO, 2012). Örneğin, operasyonel kontroller tehlikeli atıkların depolanması ve bertarafı için standart prosedürleri içerebilir. Prosedürlere ek olarak, operasyonel kontroller bir sürece müdahale şeklinde veya su akış monitörleri ve aydınlatma için hareket sensörleri gibi teknolojilerin eklenmesi şeklinde de olabilir. Bu tür kontroller ile çevresel etkiler en aza indirilebilir. ÇYS'nin uygulanmasında kilit unsur, çeşitli eylemler için rollerin ve sorumlulukların net bir şekilde anlaşılmasıdır. ÇYS, belirli görevleri yerine getirecek havaalanı organizasyonunu veya personel pozisyonlarını tanımlamalıdır. ÇYS faaliyetleri personele atandığında, o kişinin verilen görevleri yetkin bir şekilde yerine getirmek için yeterli eğitim, öğretim veya deneyime sahip olduğundan emin olunmalıdır. Öte yandan ÇYS, belgelerin okunabilir, amaca uygun ve gerektiğinde hazır olmasını sağlayan bir belge kontrol sistemini içermelidir. İyi bir yönetim sistemi iyi bir dokümantasyonla desteklenmelidir (ICAO, 2017b).

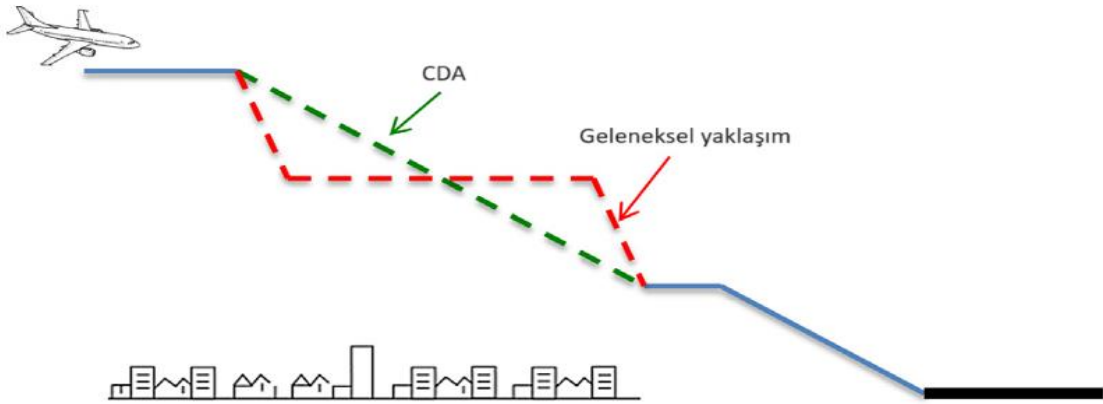
ÇYS, havaalanlarında sorumlu bir çevre yönetiminin kurumsallaşması için kuruluşun yapısı, sorumlulukları, uygulamaları, prosedürleri, süreçleri ve kaynakları için gereklilikleri belirlemektedir. Bir havaalanının ÇYS'yi uygulamaya koyduktan sonra genellikle yeni süreçler eklemesi, ek operasyonel prosedürler geliştirmesi veya başarı kriterlerini iyileştirmesi gerekmektedir. ÇYS sürecinin ana unsurlarından biri sürekli iyileştirme ve ÇYS süreci genellikle çevre bilincini artırmaktadır (Korul, 2005).

2.3.6.2. Hava trafik yönetimi

Havaalanlarında iniş kalkış ve manevra hareketlerini gerçekleştiren uçaklara verilen hava trafik yönetimi hizmeti kapsamında yapılan hava trafik müdahaleleri ve uygulanan yaklaşımlar, havaalanlarında meydana gelen çevresel etkileri azaltmaktadır.

ICAO ve FAA, turbo jet uçaklar için güç ayarlamalarını ve profil karakterlerini içeren Düşük Gürültülü Kalkış Prosedürleri (Noise Abatement Departure Procedures – NADP) geliştirmiştir. Bununla birlikte gürültü azaltımı için uçuş hatlarının gürültüye karşı daha hassas olan bölgelerden uzaklaşarak gürültü toleransı daha yüksek bölgelere kaydırılması, iniş sonrası ters itkinin mümkün olduğunca az kullanılması, düşük güçlü, düşük sürüklenmeli yaklaşma profillerinin kullanımı, düşük gürültülü pistlerin seçimi gibi uçuş prosedürleri kullanılabilir. Bununla birlikte havaalanlarında Sürekli Alçalma Yaklaşımının (Continuous Descent Approach – CDA) uygulanması uçak gürültüsü ve atmosferik emisyonların etkilerini ve kısıtlamalarını azaltabilir. CDA tekniğinin uyumlaştırılmış ve kapasite dostu versiyonlarının uygulanması tüm hava trafik yönetim sistemi paydaşları için

faydalı çıktılar sunmaktadır. CDA'nın geleneksel yaklaşımla farkı Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. CDA ve geleneksel yaklaşma karşılaştırması (Rodríguez-Díaz vd., 2017, s. 148)

Hava trafik yönetiminde değişimi yönlendiren ABD Yeni Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi (NextGen) ve Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırma (SESAR) programı, hava trafiğinin daha verimli bir şekilde ele alınmasını sağlayacak dört boyutlu güzergah yönetimi gibi yeni teknolojiler ve prosedürler içermektedir (Midkiff vd., 2016, s. 223). SESAR, hava trafik yönetimi (air traffic management – ATM) değer zincirindeki diğer paydaşlarla birlikte ATM verimsizliklerini ele alarak önemli bir rol oynamaktadır. SESAR kapsamında hem iniş kalkış ve düz uçuş için hem de havaalanındaki apron manevraları için çözümler üzerine çalışılmaktadır. Taksi çıkış operasyonlarını daha öngörülebilir ve verimli hale getirmek, bekleme düzenlerini azaltmak ve varışta terminal hava sahasında vektörleme ile en kısa mesafeyi bulmak gibi yakıt tasarrufu sağlayan önlemler havaalanları için odaklanılan çözümlerdendir (SESAR, 2023a). Taksibotlar, e-taksi sistemleri ve tek motorlu taksiler ise uçakların yerdeki yakıt tüketimini %50 ila %85 arasında azaltabilecek SESAR araştırma projesindeki ortaklar tarafından araştırılmakta olan teknolojilerden bazılarıdır (SESAR, 2023b).

2.3.6.3. Apron yönetimi

Uçaklara hizmet verilen apronlarda havaalanı işletmesi, yer hizmetleri işletmesi ve havayolu işletmesinin operasyonlarından kaynaklanan çevresel etkilerin de yönetilmesi gerekmektedir.

Uçakların taksi hareketleri dışında aprondaki çevresel etkiler daha çok yer hizmeti ekipmanlarından kaynaklanmaktadır. Apronda emisyonları ve gürültü kirliliğini azaltmak

için elektrikli veya hibrit yer hizmeti araçları kullanılabilir. Uçaklar sonraki sefere hazırlanırken yardımcı güç ünitelerine (APU'lar) olan ihtiyacı azaltmak için kapılarda yer gücü ve önceden iklimlendirilmiş hava sağlanması ve elektrikli pushback araçlarının kullanılması yakıt sarfiyatını ve emisyonları azaltacaktır (Budd, 2017, s. 297,298). Bununla birlikte apron tasarımı ve yerleşimi çevresel etkileri belirleyen önemli diğer bir unsurdur. Gereksiz motor çalışma sürelerini en aza indirerek uçak akışını optimize edecek ve sıkışıklığı azaltacak apron düzenlerinin planlanması çevreci diğer uygulamalarla birlikte daha etkili olacaktır. Havaalanı apronları için yüzey yönetim sistemleri, taksi ve kuyruk sürelerini kısaltan uygun taksi yollarına yönlendirme yaparak karbon emisyonlarının azaltılmasında faydalı çıktılar sağlamaktadır (Chao vd., 2017, s. 64).

Öte yandan gürültünün azaltılması için yer operasyonları sırasında ters iş kullanımının en aza indirilmesi gibi gürültü azaltma prosedürlerinin uygulanması, gürültü yaratan bakım faaliyetlerinin ve yer operasyonlarının toplum üzerindeki etkisinin daha düşük olduğu dönemlerde planlanması gibi apron yönetimi uygulamaları hayata geçirilebilir. Gürültünün yönetilmesinde önemli yaklaşımlar arasında gürültü etkisinde değerlendirilen gürültü haritalama, gürültü modelleme ve takip sistemleri gösterilebilir (Rodríguez-Díaz vd., 2017, ss. 146–149). Operasyonel seviyede gece uçuşu kısıtlamaları, gürültü limitleri, gürültünün cezalandırılması ve vergilendirilmesi ise gürültü yönetimi açısından yaygın uygulamalardandır (Netjasov, 2012, s. 1078,1079). Daha önce açıklanan ICAO'nun Denge Yaklaşımı'nda da belirtildiği üzere, gürültü politikası tek bir çözümlü hedeflememeli, gürültü sorunlarının nedenlerini çözmek için en uygun seçenek olarak çeşitli çözüm kombinasyonlarını kullanmayı teşvik etmelidir (Heyes vd., 2021; Netjasov, 2012).

Apron üzerindeki operasyonel faaliyetler sonucu ortaya çıkan zararlı kimyasalların temizlenerek suya ve toprağa karışmasının engellenmesi önemli çevresel faaliyetlerden biridir. Zararlı kimyasalların kullanımını azaltmak, temizlik süreçlerini iyileştirmek ve dökülme ve sızıntıları en aza indirmek için gözden geçirilmiş operasyonel uygulamalar çevresel etkilerin azaltılması konusunda apron yönetimi açısından göz önünde bulundurulmalıdır (Graham, 2023). Havaalanlarında su ve toprak kirliliği denilince akla gelen ilk konu buz çözücü ve önleyici uygulamaların yarattığı kirliliktir. Havaalanları uçuş emniyeti için gerekli olan bu uygulamaların olumsuz çevresel etkileriyle mücadele edilmesinde çeşitli yöntemler geliştirmektedirler. Delta Havayolları'nın Milwaukee Havaalanı'nda uygulamaya geçirdiği yüksek basınçlı hava akışının merkezine düşük

hacimde glikol enjekte edilmesiyle glikol kullanımını azaltan teknoloji, bu anlamda günümüzdeki uygulamaların öncülerinden biri olarak gösterilebilir (Betts, 1999).

Havaalanı operasyonlarından kaynaklanan yüzey akışının kontrolüne yönelik düzenleyici gereksinimlerin artmasıyla birlikte, kullanılmış buz çözücü sıvıları toplamak için önlem alan havaalanlarının sayısı giderek artmıştır. Buz çözücü sıvıların toplanmasında iki genel yöntemden bahsetmek mümkündür: kapıda buz çözme ve merkezi ped konsepti (Switzenbaum vd., 2001). Kapıda buz çözme, hub (merkez) dışı operasyonlar yürüten çoğu havayolu şirketi için tercih edilen buz çözme yöntemidir, çünkü bagaj yükleyen personelin aynı zamanda uçakların buzunu çözmesine olanak tanır. Ancak, kapıda buz çözme uygulayan havaalanlarından buz çözme atıklarının toplanması karmaşık ve pahalı olabilmektedir. Kapıda buz çözme nispeten geniş alanlarda buz çözme faaliyetine yol açarak buz çözücü sıvılarla birlikte önemli miktarlarda yağış toplanmasına neden olur (Kazda ve Caves, 2015). Buz çözücü atık yönetimi için merkezi ped konsepti ise buz çözmeyi çok küçük alanlarla sınırlandırarak buz çözücü atık hacmini en aza indirme prensibine dayanmaktadır. Pedler tipik olarak kapı alanlarının yakınında veya pistlerin başında yer alarak buz çözme işleminin kalkıştan hemen önce tamamlanmasını sağlar. Merkezi ped konsepti, toplama alanının boyutunu ve toplanması gereken yağış miktarını en aza indirdiği için kapı içi konseptine göre tercih edilebilse de operasyonun programlanmasına müdahale ettiği için havayolları tarafından genel olarak kabul görmemiştir (Ashford vd., 2013). Bir diğer yöntem ise vakumlu süpürme kamyonlarının kullanımınıdır. Vakumlu süpürme kamyonları, kapı alanları veya merkezi buz çözücü pedin kaplamasından kirli atık sıvıları çekmek için kullanılabilir. Vakumlu süpürme araçlarının bir sınırlaması, hareket alanlarında hizmet veren araçların sayısını arttırarak trafik akışını daha da sıkışık hale getirmeleridir. Bunlara ek olarak atık sıvıların geçici depolanması da bir başka yöntemdir. Literatürde birçok başka yöntem yer almakla birlikte söz konusu yöntemlerden öne çıkan çözümlere Şekil 2.13'de yer verilmiştir.

Buz çözücü yakalama teknolojileri	Buz çözücü sınırlayıcıları	Buz çözücü içeren suyu ayrıştırma yöntemleri	Yeni deneysel yöntemler
<ul style="list-style-type: none"> •Glikol toplama araçları •Tak ve çek teknolojileri •Buz çözme pedleri •Bu teknolojilerin birleşimleri 	<ul style="list-style-type: none"> •Sıcak suyla buz çözme •Basınçlı havayla buz çözme •Hangarda saklama 	<ul style="list-style-type: none"> •Aktif çamur •Boşluklu çakıl yatakları ya da lagünler •Havasız akışkan yatak reaktörleri •Biyofilm reaktörleri •Pasif ihtiyari arıtma sistemleri •Damıtma •Ters osmoz •Kamu atık su arıtma tesisleri •Özel dönüştürme tesisleri 	<ul style="list-style-type: none"> •Kızılötesi buz çözme •Az yoğunlaştırılmış buharla buz çözme teknolojisi •İyileştirilmiş kestirimler

Şekil 2.13. Buz çözücü içeren atık suyun daha iyi yönetilmesinde öne çıkan çözümler (Shi vd., 2017, s. 36)

Apronlar ve hareket alanları aynı zamanda çevredeki canlı çeşitliliğiyle temasın gerçekleşebildiği alanlardır. Havaalanlarında canlı çeşitliliğinin korunması sağlanırken aşağıdaki unsurlar açısından dikkat edilmesi gerekmektedir (Martin vd., 2013):

- Habitat yönetimine veya arazi kullanımının değiştirilmesine yaban hayatının tepkisi hakkında eksik bilgi,
- Belirli yaban hayatı taksonlarına yönelik insanların değer ve normlarındaki farklılıklar,
- Yaban hayatı kaynağı ihtiyaçlarındaki mekânsal çeşitlilik.

2.3.6.4. Terminal yönetimi

Havaalanlarında terminallerde meydana gelen çevresel kirliliğin yönetimi, enerji, su ve atıklar gibi konulara odaklanmıştır.

Terminallerde ısıtma, soğutma, havalandırma (heating, ventilation, and air conditioning – HVAC), ışıklandırma ve donanımlara enerji sağlamayla ilişkili enerji yönetimi oldukça önemlidir. Enerji tasarrufu, iyi bina tasarımı ile akıllı bina yönetimi ve işletme uygulamalarının bir araya gelmesiyle sağlanabilir. Enerji tüketimini azaltabilen terminaller, enerji kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılmasına ve önemli maliyet tasarrufları elde edilmesine yardımcı olur (TRB, 2010, s. 64). Enerji tasarrufuyla birlikte

çevreye katkı sağlandığı gibi finansal kazanımlar da elde edilmektedir. Havaalanı terminallerinde ihtiyacı azaltan önlemlerden biri doğal ışıktan ve havalandırmadan en üst düzeyde faydalanacak şekilde binaların tasarlanmasıdır. Temiz enerji kaynakları ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesiyle havaalanları karbon ayak izini düşürebilir. Zürih, Pittsburgh, Viyana ve Amsterdam Havaalanları, yerinde güneş enerjisi kullanan havaalanlarından bazılarıdır. Terminalde kullanılan geleneksel ışıklandırma sistemlerinin yerine LED ışıklandırmanın tercih edilmesi, akıllı ve yapay zekâ destekli teknolojik çözümlerle ışıklandırma, otomasyon, iklimlendirme gibi özelliklerin etkin biçimde kullanılması havaalanlarının enerji yönetiminde faydalandığı yöntemlerdendir (Ashford vd., 2013, s. 562). Örneğin Singapur Havaalanı'nın 4. Terminal Binası, gereksiz enerji kullanımını önleyecek fotosel sensörlerle donatılmıştır.

Terminal binalarında enerji modellemesi, proje sponsorunun ve tasarım ekibinin çeşitli enerji verimliliği önlemlerini analiz etmesini ve enerji ve enerji maliyetlerindeki tasarruflara dayalı olarak tasarıma hangilerinin dahil edileceğine karar vermesini sağladığından, enerji verimli bir binanın tasarımında kilit bir role sahiptir. Enerji modellemesinin temel bina HVAC sistemi seçildikten hemen sonra yapılması gerekir. Bununla birlikte, enerji modellemesi temel bina HVAC sistemlerini karşılaştırmak için de yararlı bir araç olabilir (TRB, 2010, s. 64).

Atıklar terminal sürdürülebilirliğinde bir diğer önemli konudur. Atıkların ayrıştırılması, azaltılması için esastır. Bu nedenle, tüm havaalanında ayırma amaçlı farklı çöp tenekeleriyle donatılmış toplama noktalarından oluşan tam bir ağ gerekmektedir. Bu toplama noktalarının yönetimi, sürdürülebilir sonuçlar elde etmek için gerekli olacaktır. Genellikle atıklar, aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir (Young ve Wells, 2019):

- Atılmış atık (çöp yakma),
- Geri dönüşüm materyali (kâğıt, ahşap, organik atık, polimerler, metaller),
- Tehlikeli atık.

Uluslararası uçuşlardan kaynaklanan kabin atığı, yerel sağlık yasalarına ve havaalanı otoritesinin mevzuatına uygun olarak kaldırılmak ve imha edilmek zorundadır. Genellikle bu, kabin atığının uygun şekilde tasarlanmış bir tesiste yakılmasını kapsamaktadır. Havaalanları, emisyonlar ve kalıntıların doğru şekilde atılması ile ilgili yerel çevre kuralları ve mevzuatına uymak zorundadır.

Havaalanları, genellikle geri dönüşüm, yakma veya çöp deposuna gönderme yoluyla işlenen katı ve tehlikeli atıklar üretmektedir. Ancak bu geleneksel yaklaşım sürdürülebilir

topluma ulaşmayı engellemektedir (Seadon, 2010). Öte yandan diğer endüstrilerde olduğu gibi, havaalanları da hükümet atık mevzuatına ve yönetmeliklerine uymak zorundadır. Birçok ülke ve işletme, artık atık yönetimi hiyerarşisinde 3R (reduce, re-use, and recycle) hiyerarşisini takip etmektedir; azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm. Bununla birlikte dünya genelinde birçok havaalanı, sürdürülebilir atık yönetimi politikaları, stratejileri ve sistemleri uygulamaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi, çevresel açıdan etkin, ekonomik açıdan karşılanabilir, sosyal çevre tarafından kabul edilebilir makul bir atık hizmetine erişmeyi ifade etmektedir (Petts, 2000, s. 824).

Havaalanlarında atık yönetimi bir dizi önlem gerektirmekte olup bunlardan bazıları şöyledir (Dimitriou ve Voskaki, 2011):

- Kaynağında ayrıştırma ve yerinde geri dönüştürme,
- Atığı minimize etme ve ücretlendirme,
- Mümkün olduğunda ekipman ve materyalleri yeniden kullanma,
- Dönüştürülebilir ve en az çevresel etkiye sahip ürünlerin kullanımını.

Azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm (3R – reduce, reuse, recycle), sürdürülebilir atık yönetimi paradigmasında en üstün stratejilerdir. Atıkların en aza indirilmesi için havaalanları tarafından yaygın olarak benimsenen önlemlerden biri, zemin tarafında bir sıvı toplama ve bertaraf sistemi kurmaktır. İstanbul Havaalanı ve San Francisco Uluslararası Havaalanı, kurulan atık su kanalizasyon altyapı sistemleriyle buna örnek oluşturabilir. Bazı havaalanlarının fazla gıdaları bağışlaması, gıda atığının azaltılması uygulamaları arasında giderek popülerleşen bir uygulama haline gelmektedir (Usatoday, 2016). Teşvik odaklı yeşil programlar ve uygulamalar, havaalanı kiracılarını ve çevredeki işletmeleri biyolojik olarak parçalanamayan ambalajların kullanımını azaltmaya ve sürdürülebilir alternatiflere geçmeye teşvik etmektedir.

Yeniden kullanım konusunda havaalanındaki kargo operasyonları önemli bir konumdadır (Sebastian ve Louis, 2021, s. 8). Ahşap paletler, plastik, karton, kâğıt vb. geri dönüştürülebilir malzemelerin açığa çıktığı operasyonlar söz konusudur. Kargo taşıma ve nakliye şirketleri ahşap paletleri yeniden kullanabilir veya kâğıt ve karton ambalajları en aza indirilmesi, ortaya çıkan atıkları önemli ölçüde azaltabilir.

Büyük havaalanlarında geri dönüşüm nispeten daha yaygın olmakla birlikte, bu durum belli oranda yerel mevzuata, yönetime, yürürlükteki sözleşmelere, lojistik kısıtlamalara ve ekonomik sınırlamalara bağlıdır. Çoğu havaalanında artık geri dönüşüm uygulamaları bulunmaktadır. Bunu üstlenen ilk havaalanlarından biri, 1992'de havaalanı

çapında bir atık yönetimi konseptini başlatan Zürih Havaalanı'dır. Diğer örnekler, Jersey Havaalanı'ndaki beton geri dönüşümünden, Stansted Havaalanı'nda gübre yerine kesilmiş çimin yeniden kullanılmasına kadar çeşitlendirilebilir (Graham, 2023, s. 390).

Havaalanlarında su kullanımının yönetimi bir diğer önemli çevresel konudur. Havaalanları için önerilen su tasarrufu teknikleri arasında su tüketiminin izlenmesi, su tasarruflu armatürlerin/tesisatların kullanılması, yağmur suyu ve atık sular gibi alternatif su kaynaklarının geri dönüştürülerek yeniden kullanılması ve sulama talebinin azaltılması gibi önlemlerden söz etmek mümkündür (Chao vd., 2017; Greer vd., 2020). Su kalitesini izleyen ve su kirliliğini en aza indirmek için çeşitli önlemler alan havaalanlarının sayısı giderek artmaktadır. Örneğin Münih Havaalanı'nda buz çözücü sıvılar özel olarak belirlenmiş uzak bir alanda toplanmakta ve atık sıvılar geri dönüşüme kazandırılmaktadır (Graham, 2023, s. 390). Bir diğer örnek de 2009'da Kopenhag Havaalanı'nda başlatılan, Akifer Termal Enerji Depolama tesisidir. Tesis bir yandan yer altı suyunun soğutmada kullanılmasını sağlarken, diğer yandan güç tüketimini azaltmaktadır (Baxter vd., 2018b). Öte yandan Tancredo Neves Uluslararası Havaalanı'nda yağmur suyu tanklarının kullanılmasıyla %66 oranında içme suyu tasarrufu elde edilmesi (Neto vd., 2012), su tasarrufu uygulamalarının ciddi olumlu etkiler sağlayabileceğini göstermektedir.

2.3.6.5. Yenilenebilir tesis ve altyapı yönetimi

Havaalanlarının genel çevresel ayak izini belki de en çok azaltan unsurlardan biri havaalanında yenilenebilir tesis ve altyapıların kurulmasıdır (Graham, 2023). Bu doğrultuda havaalanlarını daha çevre dostu hale getirmek için çeşitli girişimler ve teknolojiler uygulanmaktadır. Yenilenebilir tesis ve altyapıların kurulması havaalanları için stratejik niteliktedir ve üst yönetimin taahhüt ve desteğiyle mümkün görünmektedir. Ayrıca bu yatırımlar ek finansman ihtiyacı gerektirebilir.

Yenilenebilir tesis ve altyapılar çoğunlukla enerji üretimiyle ilişkilidir. Birçok havaalanı elektrik üretmek için terminal çatılarına, otoparklara ve kullanılmayan arazilere güneş panelleri kurmaktadır (Marais vd., 2016). Bu sistemler yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmaya ve genel karbon ayak izlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Milas Bodrum Havaalanı'nda otopark üzerinde kurulan güneş paneli sistemi buna örnek olarak verilebilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.14. *Milas Bodrum Havaalanı güneş enerji panelleri (Solarist, 2023)*

İstikrarlı rüzgâr düzenine sahip bölgelerde yer alan havaalanları, yenilenebilir enerji üretmek için rüzgâr türbinlerini tercih edebilir. Rüzgâr enerjisinin havaalanının enerji karışımına entegre edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Öte yandan bazı havaalanlarında ısıtma ve soğutma amacıyla jeotermal enerji de kullanılmaktadır. Bu sistemler, dünyanın doğal ısısından faydalanarak iç mekân sıcaklıklarını verimli bir şekilde düzenleyebilir, böylece daha az enerji tüketimi ve daha düşük karbon emisyonu sağlar. Havaalanlarında elektrikli araçların kullanımını teşvik etmek ve geleneksel yakıtlı araçlarla ilişkili karbon emisyonlarını azaltmak için park alanlarında elektrikli araç şarj istasyonları da sağlanabilmektedir (Gössling, 2018).

Bununla birlikte bazı havaalanları, gıda atıkları ve biyokütle gibi organik atıkları yenilenebilir enerjiye dönüştüren atıktan enerjiye (waste-to-energy – WTE) teknolojilerini benimsemiştir (örneğin Kopenhag Havaalanı). WTE tesisleri, elektrik veya ısı üretmek için yakma veya anaerobik çürütme gibi süreçleri kullanır, böylece temiz enerji üretirken çöp sahalarına gönderilen atık miktarını azaltmış olur (Baxter vd., 2018a). Ayrıca havaalanları genellikle kâğıt, plastik, cam ve metal gibi çeşitli geri dönüştürülebilir malzemelerin toplandığı ve geri dönüşüm için ayrıldığı özel geri dönüşüm merkezlerine sahip olabilir. Bu merkezler atıkların azaltılmasına ve doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunur.

2.4. Havacılıkta Çevresel Sürdürülebilirlik ve Çok Kriterli Karar Verme Çalışmaları

2.4.1. Havacılıkta çevresel sürdürülebilirlikle ilgili çalışmalar

Havacılıkta çevresel sürdürülebilirlikle ilgili literatür incelendiğinde çalışmaların konuyu farklı boyutlarıyla ele aldığı görülmektedir. Teknik boyut açısından literatürün alternatif yakıt türlerinin değerlendirilmesi (Chen ve Ren, 2018; Hari vd., 2015), sera gazı

emisyonlarının hesaplanması (Arul, 2014; Yin vd., 2015) sektör genelinde sürdürülebilirlik performanslarının karşılaştırılması ve raporlanması (Karaman vd., 2018; Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Kucukvar vd., 2021; Kumar vd., 2020; Miyoshi ve Mason, 2009), emisyon ticaret sisteminin değerlendirilmesi (Anger ve Köhler, 2010), yeşil hava trafik yönetimi eylemlerinin ve emisyonları azaltmaya yönelik operasyonel müdahalelerin değerlendirilmesi (Rodríguez-Díaz vd., 2019; Sigler vd., 2021; Jun, vd., 2022), yeşil filo yönetimi (Lee vd., 2018), gürültü azaltma, haritalama, modelleme (Centracchio vd., 2021; Ganic vd., 2015; Torija ve Self, 2018; Vogiatzis ve Remy, 2014), yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirmesi (Sher vd., 2021), havaalanlarında enerji tüketimi (Akyüz vd., 2021; Xianliang vd., 2021) gibi konulara odaklandığı görülmektedir.

Yönetimsel açıdan bakıldığında havacılıkta çevresel sürdürülebilirlik temel olarak gürültü yönetimi (Ganic vd., 2015; Heyes vd., 2021; Josimović vd., 2016; Rodríguez-Díaz vd., 2017), hava trafik yönetimi operasyonel müdahaleleri (Centracchio vd., 2021; Rodríguez-Díaz vd., 2019), yeşil filo planlaması ve yönetimi (Dray vd., 2014; Lee vd., 2018), sera gazı emisyonlarının değerlendirilmesi (Gudmundsson ve Anger, 2012; Postorino ve Mantecchini, 2014; Yin vd., 2015), ETS etki değerlendirmeleri (Vespermann ve Wald, 2011; Zanin vd., 2016), enerji, atık ve su yönetimi (Baxter vd., 2019; Baxter vd., 2018a; Carvalho vd., 2013; Kılıkış, 2014; Özbay ve Gokceviz, 2022; Sarbassov vd., 2020) bağlamında tartışılmaktadır.

IPCC, uçuş operasyonlarında %6 oranında verimsizlik tespit etmiştir (Lee vd, 2018). IATA'nın (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği) Yeşil Ekipleri 2005 yılından beri bu verimsizliği azaltmak için havayolu şirketleriyle birlikte çalışmaktadırlar. Son yıllarda IATA ve ICAO'nun (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) üzerinde çalıştığı, alternatif yakıtların kullanımının yanı sıra operasyonel ve teknolojik önlemlerle karbon salınımını azaltma anlaşması (CORSA) da sözü edilen çalışmalardan biridir.

Operasyonel bakış açısıyla Myhre ve Stordal (2001), yoğun trafik dönemlerini gün doğumu ve gün batımına doğru kaydırmanın uçağın arkasındaki yoğunlaşma izi etkisini azaltabileceğini öne sürmüştür. Williams vd. (2002) ise, uçuş seviyesini düşürmenin yoğunlaşma izini azaltacağını, CO₂ emisyonunu ise sadece %4 artıracığını saptamışlar ve bunun bir tür takas dengesi olduğunu ifade etmişlerdir. Krstić Simić ve Babić (2015), farklı hava trafik yönetimi strateji ve taktik önlemlerinin (havaalanı hava tarafı altyapı gelişimi ve uygulanan hava trafik kontrol taktikleri) trafik karmaşıklığını önemli ölçüde azaltacağını ve havaalanında zaman ve çevre verimliliğini arttıracığını ifade etmişlerdir.

Bir başka boyuttan literatürdeki çalışmaların araştırma alanı olarak genellikle havayolu ya da havaalanı sektörü odaklı dağıldığı görülmektedir. Havayolu perspektifinden bakıldığında, Lee vd. (2018) farklı yeşil filo yönetim programlarını çok kriterli karar yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Çalışma, emisyon ticareti programını yeşil filo hedeflerine ulaşmada ana faktör olarak bulmuştur. Wu vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, 615 havayolu yolcusunun Çin Havayolları tarafından sunulan çevre dostu hizmetleri tercih etme istekleri araştırılmıştır. Araştırma, "yeşil algılanan değeri" yeşil deneysel memnuniyette birincil faktör olarak tanımlamıştır. Analiz ayrıca fiziksel çevre kalitesinin ve havayolunun yeşil kurumsal imajının önemini de ortaya koymuştur.

Bu çalışmanın konusuyla daha yakın olan havaalanı bağlamında yapılan çalışmalar, havaalanlarının çevresel etkilerinin ve uygulamalarının belirli yönlerine odaklanmıştır. Kılış ve Kılış (2016) havaalanları için beş boyut ve 25 göstergeden oluşan bir sürdürülebilirlik sıralama endeksi oluşturmuştur. Endeks, yolcu memnuniyeti ve trafik verilerine göre dünyanın en iyi ve en işlek dokuz havaalanından oluşan bir örneklem üzerinde uygulanmıştır. Amsterdam Schiphol örneğinde en iyi performans gösteren havaalanı olarak bulunmuştur. Monsalud vd. (2015) etki matrisi kullanarak havaalanlarında etkin sürdürülebilir uygulamaları ortaya koymuşlardır. Sera gazı emisyonu çatısı altında havaalanındaki ışıklandırma ve yer araçları ele alınmıştır. Işık emici diyotların (LED) ve alternatif yakıt kullanan araçların karbon ayak izini azaltacağını tespit etmişlerdir.

Havaalanlarının işlevselliği enerji ve su gerektirirken, operasyonların doğal çıktıları emisyon, gürültü, katı atık ve atık su olarak ortaya çıkmaktadır. (Dos Santos vd., 2020) havaalanı atık yönetimini desteklemek ve değerlendirmek için bir atık yönetimi endeksi geliştirmiştir. Endeks, Congonhas Havaalanı'nda belirtilen atıkların geri dönüşümü ve bertarafındaki süreci ölçmüş; havaalanının toplama, taşıma ve geçici depolama açısından uygun durumda olduğunu, ancak atıkların havaalanındaki konumunun iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Sarbassov vd. (2020) Astana Uluslararası Havaalanı'ndaki kentsel katı atıkları incelemiştir. Yazarlar, Astana Uluslararası Havaalanı'nda üretilen kentsel katı atıkların bileşimsel bir analizini yapmıştır. Sera gazı emisyonları ile ilgili olarak çeşitli atık yönetimi yaklaşımlarını değerlendirmişlerdir. Karşılaştırmalı analiz, havaalanı atıklarının yakılmasının daha iyi çevresel çıktı sağladığını ancak maliyetli olduğunu ortaya koymuştur.

Atık yönetiminin yanı sıra su yönetimi de bir havaalanının çevresel başarısını artırmak açısından önemlidir. Keşifsel bir araştırma tasarımı kullanan Baxter vd. (2018) 2002-2016 yılları arasında Kansai Uluslararası Havaalanı'ndaki sürdürülebilir su yönetimi stratejilerini ve sistemlerini incelemişlerdir. Bulgularına göre, içme suyu dışı kullanımlar için suyun geri kazanılması ve tesis içi atık suyun işlenmesi sayesinde havalimanı, trafik artışına rağmen toplam su tüketiminin yanı sıra yolcu ve hareket başına su tüketimini de azaltabilmiştir. Carvalho vd. (2013) ise yaptıkları derleme çalışmasında politikalara ve karar verme süreçlerine rehberlik edecek çalışmalara temel oluşturması için küresel öneme sahip havaalanlarındaki su tüketimi azaltımı ve su koruma tekniklerine ilişkin bilgiler sunmuşlardır.

Hava trafik yönetiminin genişlemesinin önündeki önemli engellerden biri olan gürültü, analiz edilmesi gereken bir diğer çevresel boyut olarak karşımıza çıkmaktadır. Rodríguez-Díaz vd. (2017) gürültü modelleme, simülasyon ve izleme değerlendirme araçlarının geliştirilmesinin gerekliliğine işaret etmektedir. Yaptıkları çalışmaya göre, kapsamlı bir gürültü yönetimi stratejisi elde etmek için, gürültüyü kaynağında en aza indirmeyi, arazi kullanımı planlaması ve yönetimi düzenlemelerini uygulamayı ve uçaklar tarafından üretilen gürültüyü düzenlemeyi içeren çok yönlü bir yaklaşım benimsemek önemlidir. Heyes vd. (2021) havaalanı gürültü yönetiminde iletişim ve katılımın rolünün önemini vurgulamaktadır. Gürültü yönetimi aracı olarak iletişim ve katılımı daha açık bir şekilde savunan bir Avrupa politikası önermektedirler.

IATA'nın sürdürülebilirlik için gerekli gördüğü ekonomik performans, karbon salınımını azaltarak büyümede bir başka boyutu oluşturmaktadır. Bu bağlamda emisyon ticaret sistemi, emisyonları azaltmaya yönelik bir yaklaşımdır. Bu sistemde her işletme, emisyon kotasını karşılamak için en düşük maliyetli seçeneği seçebilir, böylece üretimini düşürür, enerji verimliliğini artırır ya da emisyon ya da kotalarından daha az emisyon yayan diğer kuruluşlardan ekstra ödenek alabilir (IATA, 2012). ETS sisteminin ekolojik etkisi, havacılıkta daha yüksek maliyetlerin hava taşımacılığına olan talebi azaltacağı ve daha az hava trafiği yoğunluğuna ve dolayısıyla emisyonların azalmasına neden olacağı varsayımına dayanmaktadır. Vespermann ve Wald (2011) hava taşımacılığı endüstrisinin Avrupa Birliği kapsamında ETS sistemine dahil edilmesinin hem ekonomik hem de ekolojik etkilerini ölçmüşlerdir. Araştırma, mevcut sistem tasarımının hava taşımacılığında kaynaklanan emisyonlarda önemli bir azalma yaratmayacağını göstermiş, daha kısıtlayıcı bir sistem tasarımı önermiştir.

2.4.2. Havacılıkta çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar

Yaşadığı krizlere rağmen büyümeye devam eden hava taşımacılığı sektörü, artan uçuş trafiğiyle beraber olumsuz çevresel etkilerin yönetilmesi dahil birçok konuda, sektör paydaşlarının birden fazla alternatif ve birbiriyle çelişebilen kriterlerin olduğu belirsiz bir ortamda karar vermelerini gerektirmektedir (Turskis vd., 2019). Kargo ve yolcu taşımacılığı, kişilerin hareketliliğini teşvik eden ekonomik kalkınmada temel bir kriterdir. Ancak havayollarının rekabet ortamında hangi hatta hangi uçakla uçulacağına, hangi hizmet seviyesinin sağlanacağına, hangi destinasyona uçulacağına karar vermeleri gerekmektedir. Havaalanları ise operasyonel ve çevresel verimliliği arttırmak, rekabetçi pozisyonlarını güçlendirmek, ticari ve havacılık gelirlerini arttıracak stratejiler geliştirmek durumundadır. Öte yandan hava trafik hizmet sağlayıcıları, sıklığı emniyetli şekilde çözmeyi amaçlamaktadır. Dolayısıyla hava taşımacılığı sektörü, kritik konularda karar vermeyi gerektiren bir sektördür ve karar verme yöntemleri bu alanda sıklıkla kullanılmıştır (Dožić, 2019).

Karar verme yöntemleriyle en sık çalışılan konular arasında havayolu bağlamında hizmet kalitesi, stratejik partner ve filo seçimi, finansal ve operasyonel performans ve emniyet konuları öne çıkmaktadır. Liou vd. (2011a) ile Liou vd. (2011b) havayolu hizmet kalitesini geliştirmek için modifiye edilmiş VIKOR ve GRA (Gri İlişkisel Analiz) yöntemlerini geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerle havayolu şirketlerinin hedeflenen müşteri memnuniyeti seviyesine ulaşmak için ihtiyaç duydukları yönetimsel iyileştirmeleri sağlamalarına yardımcı olmayı amaçlamışlardır. Rezaei vd. (2014) birleşik eleme yöntemi ve bulanık AHP yöntemlerini kullanarak havayolu sektöründe tedarikçi seçimi üzerine çalışmışlardır. Kiracı ve Bakır (2018) AHP, COPRAS ve MOORA yöntemleriyle uygun ticari uçak seçimi problemini ele almışlardır. Chao ve Kao (2015) bulanık Delphi ve bulanık AHP yöntemlerinden faydalanarak Çin Havayolları için stratejik kargo iş birliği seçimi önerisi getirmişlerdir. Kiracı ve Akan (2020) aralıklı Tip-2 bulanık AHP ve aralıklı Tip-2 bulanık TOPSIS hibrit ÇKKV tekniği kullanarak rekabet avantajı elde etmek için uygun uçak seçimi yapmıştır. Dinçer vd. (2017) geleneksel performans perspektifine kıyasla daha anlamlı sonuçlar sağlamak için öğrenme ve büyüme, finans, müşteri ve iç süreç olmak üzere dört farklı perspektifi dikkate alan dengeli sonuç kartı yaklaşımı önermişlerdir. Hibrit yaklaşımla FDEMATEL, FANP ve MOORA olmak üzere üç ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Chang ve Yeh (2004) havayolları için emniyet indeksi oluşturmak amacıyla bulanık çok nitelikli karar verme yaklaşımını geliştirirken, Hsu vd. (2010) emniyet

yönetim sisteminin kritik bileşenlerini değerlendirmek için DEMATEL ve ANP yöntemlerini kullanmıştır.

Havaalanı bağlamında ise performans, hizmet kalitesi, yer seçimi ve emniyet öne çıkan başlıklardır. Lai vd. (2015) AHP, DEA ve Güvence Bölgesi (Assurance Region) yöntemlerini kullanarak 24 büyük uluslararası havaalanının operasyonel etkinliklerini ölçmüşlerdir. Postorino ve Praticò (2012) İtalya'nın kuzeydoğusundaki bir çoklu havalimanı sisteminde havaalanlarının performanslarını AHP ve SAW yöntemleriyle ölçmüşlerdir. Kuo ve Liang (2011) VIKOR ve GRA yöntemlerini birleştirerek yeni bir metotla Kuzeydoğu Asya bölgesindeki yedi büyük uluslararası havaalanının hizmet kalitesini değerlendirmişlerdir. Müşteri anketleriyle elde edilen kriter ağırlıkları için karar vericilerin tutum ve tercihlerini dikkate alan bir yöntem önermişlerdir. Janic ve Reggiani (2002) yeni bir merkez havalimanına yer seçimi önerisi getirmek için yedi Avrupa havaalanının SAW, TOPSIS ve AHP yöntemleriyle performanslarını değerlendirmişlerdir. Chang vd. (2015) ise ANP ve TOPSIS yöntemleriyle Tayvan'daki üç uluslararası havaalanında uygulanan emniyet yönetim sistemi operasyonlarının performanslarını ölçmüşlerdir.

Özetle literatürde ÇKKV yöntemlerinin entegre biçimde kullanılmasıyla havacılık sektöründeki çeşitli problemlerin çeşitli paydaşlar bağlamında ele alındığı bir hayli çalışma bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmaların yöntemlerinde karar verme ortamının getirdiği belirsizliği aşmak için bulanık mantığa sıklıkla başvurulduğu görülmektedir. Daha ayrıntılı bir değerlendirme, Dožić (2019)'in çalışmasında yer almaktadır.

2.4.3. Literatürde bu çalışmayla benzer yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar

Bu çalışmada kullanılan ağırlıklandırma yöntemi olarak kullanılan SWARA ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan COCOSO, MARCOS, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri literatürde oldukça fazla kullanım alanı bulmuştur. COCOSO ve MARCOS nispeten daha yeni geliştirilen yöntemlerdir.

SWARA ve COCOSO yöntemlerinin birlikte kullanılmasının, sonucun tutarlılığı bakımından diğer ÇKKV yöntemlerine benzer ve güvenilir sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır (Ulutaş vd., 2020). Henüz nispeten az sayıda olsa da son yıllarda iki yöntemin bir arada kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Kumar vd. (2022) sprey boya uygulamaları için en iyi endüstriyel robotu seçmek amacıyla SWARA-COCOSO bütünleşik yaklaşımını

kullanmıştır. Üç fayda, dört maliyet kriteri kullanarak 12 alternatif arasından en iyi robotu seçmişlerdir. Ulutaş vd. (2020) lojistik merkez için yer seçimi probleminin çözümünde SWARA ve COCOSO yöntemlerinden faydalanmışlardır. Rani vd. (2021) yenilenebilir enerji kaynağı seçimi problemini aynı yöntemlerin birleşimiyle gerçekleştirmiştir. Cui vd. (2021) üretim sektöründe nesnelere interneti teknolojisinin benimsenmesini engelleyen faktörlerin belirlenmesinde SWARA ve COCOSO yöntemlerini kullanmışlardır.

Pamucar vd. (2021) SWARA ile gri MARCOS (MARCOS-G) yöntemini entegre ederek İspanya'daki havaalanlarının hizmet kalitesini değerlendirmişlerdir. Özdağoğlu vd. (2021) sivil havacılık sektöründe kabin memuru seçimi için bulanık SWARA ve bulanık MARCOS yöntemlerini kullanmışlardır. Jafarzadeh Ghouschi vd. (2023) sferik (küresel) veri setinde SWARA ve MARCOS yöntemlerini kullanarak yol emniyeti değerlendirmesi yapmışlar, kaza risk faktörlerini önceliklendirmişlerdir. Miškić vd. (2021) ise lojistik alanında envanter ürünlerinin sınıflandırılmasında SWARA ve MARCOS yöntemlerini kullanmışlardır.

Derse ve Yontar (2020) en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçiminde SWARA ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Saeidi vd. (2022) Ekvador'daki üretim şirketlerinin sürdürülebilir insan kaynaklarını etkileyen faktörleri bulanık SWARA-TOPSIS yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Akcan ve Taş (2019) 11 çevresel kriter doğrultusunda Türkiye'de faaliyet gösteren uluslararası bir yat şirket için yeşil tedarikçi seçimi problemini SWARA ve TOPSIS yöntemleriyle ele almışlardır. (Dinçer vd. (2022) SWARA yöntemini genişleterek çoklu SWARA yöntemi ve TOPSIS yöntemleriyle mikro üretim enerji teknolojisi yatırımlarını değerlendirmişlerdir.

Alimardani vd. (2013) SWARA ve VIKOR yöntemleriyle çevik tedarik zinciri yönetimi için tedarikçi seçimi üzerinde çalışmışlardır. Rani vd. (2020) güneş enerjisi paneli seçiminde SWARA ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Yücenur ve Şenol (2021) ardışık SWARA ve bulanık VIKOR yöntemleriyle üretim aşamasında minimum atık oluşturacak yalın üretim tekniklerini değerlendirmişlerdir. Salamai (2021) yeşil tedarik zinciri risklerinin değerlendirilmesinde SWARA ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan yöntemler birbiriyle birleşik çalışmaya müsaittir. Görüldüğü üzere literatürde SWARA yöntemiyle COCOSO, MARCOS, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin birleştirildiği birçok çalışma yapılmıştır. Literatürde özellikle yeni çalışmalarda bulanık mantık kullanımının giderek arttığı görülmektedir. Ayrıca literatürde benzer yöntemlerin daha çok sürdürülebilirlik, lojistik ve tedarikçi seçimi konuları

üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yukarıda sözü edilen çalışmalar Tablo 2.9’da bir arada verilmiştir.

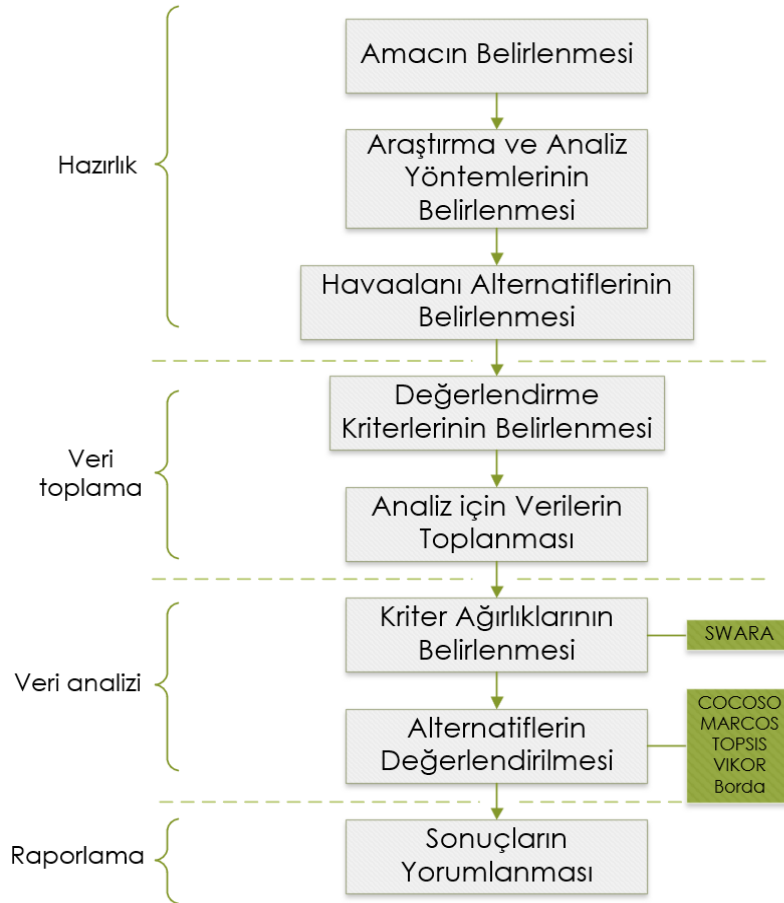
Tablo 2.9. Benzer yöntemleri kullanan çalışmalar ve kullanım alanları

Kullanılan yöntemler	Bulanık mantık	Çalışma konusu	Kaynak
SWARA-COCOSO	Evet	Üretim sektöründe nesnelerin interneti teknolojisinin benimsenmesini engelleyen faktörlerin belirlenmesi	(Cui vd., 2021)
	Hayır	Sprey boya uygulamaları için endüstriyel robot seçimi	(Kumar vd., 2022)
	Evet	Yenilenebilir enerji kaynağı seçimi	(Rani vd., 2021)
	Evet	Lojistik merkez için yer seçimi	(Ulutaş vd., 2020)
SWARA-MARCOS	Evet	Kaza risk faktörlerinin değerlendirilmesi	(Jafarzadeh Ghouschi vd., 2023)
	Hayır	Lojistik envanter ürünlerinin sınıflandırılması	(Mišić vd., 2021)
	Evet	Kabin memuru seçimi	(Özdağoğlu vd., 2021)
	Evet	Havaalanlarının hizmet kalitesinin değerlendirilmesi	(Pamucar vd., 2021)
SWARA-TOPSIS	Hayır	Yeşil tedarikçi seçimi	(Akcan ve Taş, 2019)
	Hayır	Uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi	(Derse ve Yontar, 2020)
	Evet	Mikro üretim enerji teknolojisi yatırımlarının değerlendirilmesi	(Dinçer vd., 2022)
	Evet	Sürdürülebilir insan kaynaklarını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi	(Saeidi vd., 2022)
SWARA-VIKOR	Hayır	Çevik tedarik zincirinde tedarikçi seçimi	(Alimardani vd., 2013)
	Evet	Güneş enerjisi paneli seçimi	(Rani vd., 2020)
	Hayır	Yeşil tedarik zinciri risklerinin değerlendirilmesi	(Salamai, 2021)
	Evet	Üretim aşamasında minimum atık oluşturacak yalın üretim tekniklerinin değerlendirilmesi	(Yücenur ve Şenol, 2021)

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında araştırma sürecine ilişkin aşamalara ve verilerin toplanması ve analizinde kullanılan yöntemlere ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

Çalışmanın başlangıcından tamamlanmasına kadar geçen sürede izlenen aşamalar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırma süreci

3.1. Amacın Belirlenmesi

Araştırma sürecinin ilk aşamasında literatür taraması yapılmış, alana katkı sağlayacağı düşünülen konunun çerçevesini oluşturmak amacıyla araştırma soruları belirlenmiştir. Bu aşamaya ilişkin bilgiler daha önce “1.1. Araştırmanın Amacı ve Soruları” başlığı altında ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.2. Araştırma ve Analiz Yöntemlerinin Belirlenmesi

Çalışmanın araştırma ve analiz aşamalarında karma yöntem kullanımı benimsenmiştir. Creswell (2013), karma yöntemli araştırmaları, araştırmacının bir çalışma

içerisinde nitel ve nicel yöntem, yaklaşım ve kavramları birleştirdiği araştırmalar biçiminde tanımlamaktadır. Bu çalışmada araştırma sorularından ilki olan “Havaalanlarının çevre yönetim performansını belirleyen çevresel kriterler nelerdir, literatürde var olan kriterlerden daha farklı önemli kriterler var mıdır?” sorusuna cevap aramak amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden biri olan yarı yapılandırılmış görüşme tekniğinin kullanılması uygun bulunmuştur. Araştırma sorularından ikincisi olan “Havaalanlarının çevre yönetim performansını belirlemede etkili olan kriterlerin göreceli önem ağırlıkları nedir?” sorusuna cevap bulmak amacıyla, kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan ve nicel yöntemler arasında yer alan SWARA tekniğinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmanın son araştırma sorusu olan “Yeşil kriterlere göre Türkiye’deki beş büyük havaalanının birbirlerine göre çevre yönetim performansları ne düzeydedir?” sorusu çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleri kapsamında ele alınabileceği için bu aşamada çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanmanın doğru bir yaklaşım olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle havaalanı alternatiflerinin değerlendirilmesi aşamasında analiz yöntemi olarak yine nicel yöntemler olan COCOSO, MARCOS, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanmış ve söz konusu yöntemlerden elde edilen sonuçlar Borda Sayım yöntemi ile bütünleştirilmiştir. Söz konusu yöntemlerin ayrıntılı açıklamalarına izleyen kısımda yer verilmiştir.

3.3. Havaalanı Alternatiflerinin Belirlenmesi

Çevre yönetim performansı açısından değerlendirilecek ve birbirleriyle karşılaştırılacak havaalanları, bu çalışmada belirlenen karar probleminin alternatiflerini oluşturmaktadır. Bu anlamda alternatif olarak belirlenen havaalanları Türkiye’de hem yolcu trafiği hem de uçak trafiği bakımından ilk beş sırada bulunan beş büyük havaalanı olup Tablo 3.1’de bu havaalanlarında 2023 yıl sonu itibarıyla hizmet verilen yolcu ve uçak sayıları verilmiştir.

Tablo 3.1. Türkiye’deki beş büyük havaalanının trafik yoğunluğu (DHMI, 2024)

<i>Havaalanları (Alternatifler)</i>	<i>Toplam yolcu sayısı</i>	<i>Toplam uçak sayısı</i>
<i>İstanbul Havaalanı (IST)</i>	76.236.980	506.055
<i>Sabiha Gökçen Havaalanı (SAW)</i>	37.030.005	227.234
<i>Antalya Havaalanı (AYT)</i>	35.538.387	225.534
<i>Ankara Esenboğa Havaalanı (ESB)</i>	11.914.082	93.048
<i>İzmir Adnan Menderes Havaalanı (ADB)</i>	10.691.522	72.880

Değerlendirmeye alınacak alternatifler olarak söz konusu havaalanlarının seçilmesinde belirleyici olan ilk etken; büyük havaalanlarının çevresel etkilerinin de daha yüksek olacağı varsayımı ile daha anlamlı ve çalışmaya değer bulunmasıdır. Avrupa Komisyonu'nun sınıflandırmasına göre yıllık 10 milyondan fazla yolcuya hizmet veren havaalanları büyük havaalanlarıdır. Araştırmanın başlangıcı olan 2021 senesinde her ne kadar COVID pandemisi nedeniyle ADB ve ESB havaalanlarının 10 milyonun altında yolcuya hizmet verdiği görülse de bu havaalanları pandemi öncesinde 10 milyon yolcuyu geçmiş havaalanlarıdır. Ayrıca 2023 sonu verilerine göre iki havaalanı da 10 milyon yolcu barajını tekrar geçmiştir (DHMI, 2024).

Söz konusu havaalanlarının belirlenmesinde etkili olan ikinci etken ise büyük havaalanlarının çevre verilerine erişimin daha mümkün olmasıdır. Seçilen ilk beş havaalanı aynı formatta olmasa da değerlendirme yapmaya uygun ortak çevresel sürdürülebilirlik verilerini belirli periyotlarda yayınlamaktadır. Öte yandan diğer havaalanlarının bu verilerine araştırma başlangıcı itibariyle erişmek mümkün olmamıştır.

3.4. Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Araştırma sürecinin bu aşamasında, alternatiflerin hangi açılardan değerlendirileceğini temsil eden özellikler diğer bir ifade ile değerlendirme kriterleri belirlenmiştir.

Çalışmanın literatüre katkı sağladığı düşünülen özgün yanlarından biri, havaalanlarının çevre yönetim performanslarını belirlemede önemli olan kriterlerin yeniden ele alınması ve literatürde var olanları ortaya koymanın yanı sıra literatürde yer almayan ancak değerlendirmede önemli olan yeni kriterlerin belirlenmesidir.

Değerlendirme kriterleri belirlenirken ilk olarak kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve bunun sonucunda elde edilen yeşil havaalanı kriterleri, alan uzmanlarıyla yapılan görüşmelerle desteklenerek nihai hale getirilmiştir. Yapılan görüşmeler ile aynı zamanda literatürde yer almayan yeni kriterler de ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu özgün kriterlerin ortaya çıkarılması amacıyla nitel veri toplama tekniklerinden biri olan yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Yarı yapılandırılmış görüşmeler, çoğunlukla nitel araştırma yöntemlerinde kullanılan nitel veri toplama tekniklerinden biridir ve informal yapılandırılmamış sohbet görüşmesi ile formal yapılandırılmış görüşme arasında karma bir yaklaşımdır (Patton, 2002, s. 347). Yarı yapılandırılmış görüşmelerde önceden sistematik ve tutarlı bir sırada hazırlanan

sorular katılımcıya sorulmakta, bununla birlikte araştırmacının, sorduğu sorulara ek olarak sonda (sonda, irdeleyici) sorular sorma özgürlüğü de bulunmaktadır. Araştırmacı görüşmenin akışına bağlı olarak hazırladığı soruları atlayarak ya da yeniden düzenleyerek sorabilmektedir. Yine araştırmacı, kullandığı dilin seviyesini ayarlayabilir. Tüm bunlar araştırmacıya katılımcının bakış açısını kavrama imkânı tanımakta ve belli oranda serbestlik de vermektedir (Lune ve Berg, 2017, s. 70).

Bu çalışmada kriterler belirlenirken kullanılan yarı yapılandırılmış görüşme formları ilgili literatür taramasından sonra araştırmacı tarafından tasarlanmıştır (Ek-1). Bu form uzman katılımcıyı görüşmenin içeriği hakkında bilgilendiren bir metin, belli başlı görüşme kuralları, katılımcıların deneyim ve pozisyon bilgisi ve katılım onayını içermektedir. Yapılacak asıl görüşmeler için çerçeve çizmesi bakımından kriter belirleme görüşmelerine başlamadan önce bir pilot görüşme de gerçekleştirilmiştir. Pilot görüşmeler, asıl görüşmelere başlamadan önce hazırlık yapma ve eksiklikleri giderme imkânı tanımaktadır (Castillo-Montoya, 2016). Yarı yapılandırılmış görüşmeler araştırma konusuyla ilgili bilgi sahibi alan uzmanları ile çevrimiçi ortamda gerçekleştirilmiştir. Görüşülen uzmanlarda aşağıdaki özellikler aranmıştır:

- Havaalanı sektöründe çalışmış ya da çalışıyor olmak,
- Orta-üst düzey yöneticilik deneyimi olmak,
- Eğitim ve/veya sektörel tecrübeler yoluyla havaalanı ve çevre konusunda uzmanlaşmış olmak.

Bu tür görüşmelerde araştırmacının yeni bilgi edinemediği noktada görüşme sayısının yeterli olduğu kabul edilmektedir (Creswell, 2013; Malterud vd., 2016). Buna göre bu çalışmada da yeni kriterlerin önerilmediği, tekrara düşüldüğü noktaya kadar toplam beş uzmanla yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Kriter belirleme aşamasında yukarıda sözü edilen özellikleri taşıyan beş uzmana ilişkin bilgilere ve görüşme detaylarına Tablo 3.2’de yer verilmiştir. Katılımcılardan izin alınabilen görüşmeler kayıt altına alınarak depolanmıştır.

Tablo 3.2. *Kriterleri belirlerken yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve uzmanlarla ilgili bilgiler*

<i>Uzmanlar</i>	<i>Görevi</i>	<i>İş tecrübesi</i>	<i>Görüşme tarihi</i>	<i>Süre</i>
<i>Uzman1</i>	Sürdürülebilirlik direktörü	25 yıl	16.12.2021	58 dk
<i>Uzman2</i>	Sürdürülebilirlik ve iş mükemmelleştirme koordinatörü	20 yıl	23.12.2021	90 dk
<i>Uzman3</i>	Çevre yönetim müdür yardımcısı	14 yıl	26.12.2021	60 dk
<i>Uzman4</i>	Kurumsal sürdürülebilirlik müdürü	9 yıl	28.03.2022	57 dk
<i>Uzman5</i>	Çevre mühendisi	12 yıl	14.04.2022	100 dk

Literatür taraması ve uzman görüşmeleri neticesinde nihai hale gelen çevre yönetim performansı değerlendirme kriterlerine Tablo 3.3’de yer verilmiştir. Tablonun kaynak sütununda verilen çalışmalar, kriterler oluşturulurken faydalanılan ve aynı ya da çok benzer kriterleri kullanan çalışmalardır. Kaynak verilmeyen kriterler bu çalışmada uzmanlar tarafından önerilen ve değerlendirmede kullanılan yeni özgün kriterlerdir.

Tablo 3.3. Araştırmada kullanılan yeşil havaalanı kriterleri ve kriter belirlemede yararlanılan kaynaklar

<i>Ana kriterler</i>	<i>Alt kriterler</i>	<i>Kaynak</i>
<i>Karbon ve enerji yönetimi (K1)</i>	K1.1 Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu (ton/1000yolcu)	(Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Li ve Loo, 2016; Lu vd., 2018; Wan vd., 2020)
	K1.2 Yolcu başına yıllık enerji tüketimi (kWsa/yolcu)	(Bao vd., 2018; Janić, 2003; Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Lu vd., 2018)
	K1.3 ACA karbon akreditasyon seviyesi (birimsiz)	(Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Kumar vd., 2020)
	K1.4 Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı (%)	(Chao vd., 2017; Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Kumar vd., 2020)
	K1.5 Yeşil bina pratiklerine uyum*	(Lu vd., 2018)
	K1.6 Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları*	(Kılıkış ve Kılıkış, 2016)
	K1.7 Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği*	(Bao vd., 2018; Lu vd., 2018)
<i>Gürültü yönetimi (K2)</i>	<u>K2.1 Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi (km)</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
	K2.2 Pist/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi (dB)	(Janić, 2003; Wan vd., 2020)
	<u>K2.3 Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı (%)</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
	<u>K2.4 Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği seviyesi*</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
	<u>K2.5 Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği*</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
<i>Su ve atık yönetimi (K3)</i>	K3.1 Geri dönüştürülen atık oranı (%)	(Bao vd., 2018; Chao vd., 2017; Kılıkış ve Kılıkış, 2016)
	K3.2 Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı (m ³ /yolcu)	(Kılıkış ve Kılıkış, 2016)
	K3.3 Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı (t/yolcu)	(Janić, 2003; Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Wan vd., 2020)
	<u>K3.4 Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği*</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
	<u>K3.5 Atığın kaynağında azaltılması*</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>
<i>Biyçeşitlilik yönetimi (K4)</i>	K4.1 Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmalarının etkinliği*	(Chao vd., 2017)
	K4.2 Havaalanında bin uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı (vaka sayısı/1000uçuş)	(Bao vd., 2018)
	K4.3 Havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan alan (km ²)	(Chao vd., 2017; Kılıkış ve Kılıkış, 2016)
	<u>K4.4 Çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetlerinin etkinliği*</u>	<u>Görüşmelerle belirlendi</u>

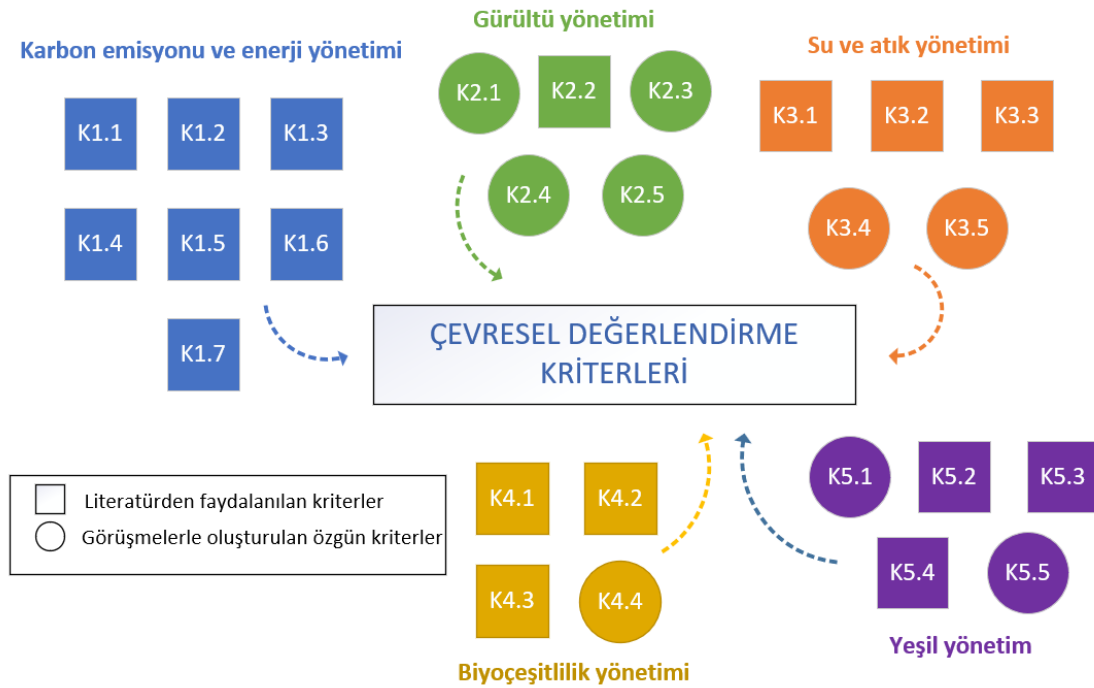
Tablo 3.3. (Devam) Araştırmada kullanılan yeşil havaalanı kriterleri ve kriter belirlemede yararlanılan kaynaklar

Yeşil yönetim (K5)	K5.1	Terminal binasının LEED sertifika seviyesi (birimsiz)	Görüşmelerle belirlendi
	K5.2	Çevre sertifikalarının sayısı (birimsiz)	(Kılıkış ve Kılıkış, 2016; Kumar vd., 2020)
	K5.3	Personele verilen çevre eğitimi saati (adam saat)	(Chao vd., 2017; Kumar vd., 2020)
	K5.4	Çevre dostu kimyasalların/malzemelerin seçilmesi – yeşil satın alma*	(Bao vd., 2018; Chao vd., 2017; Kumar vd., 2020)
	K5.5	Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı*	Görüşmelerle belirlendi

*: Nitel kriter

Altı çizili: Bu çalışmada alan uzmanları tarafından önerilen özgün kriterler

Tablo 3.3’de verilen değerlendirme kriterleri, literatürden alınan kriterler ve özgün olarak uzman görüşmeleriyle oluşturulan kriterler olarak sınıflandırılmış ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Değerlendirme kriterlerinin elde edilen kaynağa göre gösterimi

Nicel kriterlerin birimleri ve nasıl hesaplandığı da dahil olmak üzere araştırmada kullanılan tüm kriterlerin ayrıntılı açıklamalarına Tablo 3.4’de yer verilmiştir.

Tablo 3.4. Araştırmada kullanılan yeşil kriterler ve açıklamaları

Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu	K1.1	Havaalanında referans yıl içinde salınım yapılan toplam CO ₂ emisyon değerinin ilgili yıldaki toplam yolcu sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Daha açık olması için 1000 ile çarpılarak her bin yolcu başına emisyon salınımı şeklinde kullanılmıştır. Toplam emisyon değeri Kapsam 1, 2 ve 3'ün toplamını ifade etmektedir. Birimi ton/1000 yolcu şeklindedir. Havaalanlarında CO ₂ emisyonları, havayollarıyla iş birliği içinde edilmekte ve harcanan yakıt bazlı hesaplamalarla tespit edilmekte ve sürdürülebilirlik raporlarında yayımlanmaktadır.
Yolcu başına yıllık enerji tüketimi	K1.2	Havaalanındaki toplam enerji tüketiminin toplam yolcu sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Birimi kWsa/yolcu şeklindedir.
ACA karbon akreditasyon seviyesi	K1.3	Havaalanının ACI'nın başlattığı ACA programı kapsamında aldığı akreditasyon seviyesidir. Haritalama, Azaltma, Optimizasyon, Nötrlük, Dönüştürme ve Değişim olmak üzere sırasıyla 1,2,3,3+,4 ve 4+ seviyeleri bulunmaktadır. Veri setinde bu altı seviye için sırasıyla 1,2,3,4,5 ve 6 sayıları kullanılmıştır.
Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı	K1.4	Havaalanındaki elektrikli yer araçlarının tüm araçlara oranını ifade etmektedir.
Yeşil bina pratiklerine uyum	K1.5	Yalıtımlı inşaat malzemelerinin kullanımı, yağmur suyu toplama sistemleri, yenilenebilir enerji sistemleriyle entegrasyon vb. yeşil bina pratiklerinin havaalanında ne derecede benimsendiğini ifade eder. Uzman karar vericilerin değerlendirdiği nitel bir kriterdir.
Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları	K1.6	Havaalanında yenilenebilir ya da yerinde enerji sistemlerinden ne ölçüde faydalandığını ifade etmektedir. Nitel bir kriterdir.
Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği	K1.7	Havaalanına karayolu, raylı sistemler vb. toplu taşıma araçlarıyla ulaşım imkanlarının yeterliliğini ifade etmektedir. Nitel bir kriterdir.
Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi	K2.1	Havaalanının merkez noktası ile şehir merkezi arasındaki mesafenin km cinsinden uzaklığını ifade eder. Kapsamımızdaki şehirlerin hepsi büyük şehir olduğu için şehir merkezi olarak havaalanına en yakın, en fazla etkilenebilecek ilçelerin merkezleri baz alınmıştır. Ölçümler harita üzerinde mesafe ölçümü yapan çeşitli çevrimiçi uygulamalar yardımıyla yapılmıştır.
Piste/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi	K2.2	Havaalanı gürültü haritası üzerinde gösterilen pist ya da pistlere en yakın yerleşim yerinde ölçülen gürültü seviyesinin dB cinsinden değeridir. L _{gag} değerleri referans alınmıştır. L _{gag} , ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalamasıdır ve gündüz, akşam ve gece değerlerini kapsayan günlük toplam gürültü rahatsızlığını belirtmekte kullanılır.
Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı	K2.3	Gürültü haritalarında açıklanan verilere göre 55dB üzerinde gündüz gürültüsüne maruz kalan nüfusun şehirdeki tüm nüfusa oranını ifade eder. L _{gündüz} değerleri referans alınmıştır.
Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği	K2.4	Havaalanında gürültü etkisini yönetmek açısından çevre bölge sakinleriyle ne derecede iş birliği yapıldığını ifade etmektedir. Nitel bir kriterdir.
Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği	K2.5	Havaalanında yürütülen gürültü şikâyet prosedürlerinin etkinliğini ifade etmektedir. Nitel bir kriterdir.
Geri dönüştürülen atık oranı	K3.1	Havaalanında geri dönüştürülen atık miktarının toplam atık miktarına oranını ifade eder.
Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı	K3.2	Havaalanında tüketilen toplam su miktarının toplam yolcu sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Birimi m ³ /yolcu şeklindedir.

Tablo 3.4. (Devam) Araştırmada kullanılan yeşil kriterler ve açıklamaları

Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı	K3.3	Havaalanında ortaya çıkan toplam atık miktarının toplam yolcu sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Birimi t/yolcu şeklindedir.
Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği	K3.4	Havaalanında gerçekleştirilen atık ayrıştırma faaliyetlerinin ne kadar etkin yapıldığını ifade eder. Nitel bir kriterdir.
Atığın kaynağında azaltılması	K3.5	Havaalanının atığı kaynağında azaltma süreçlerindeki başarısını ifade eder. Nitel bir kriterdir.
Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmalarının etkinliği	K4.1	Havaalanı çevresinde karbon dengesi sağlamak için varsa yapılan yeşillendirme çalışmalarının etkinliğini ifade etmektedir. Yeşillendirmenin kimin tarafından yapıldığından bağımsızdır. Nitel bir kriterdir.
Havaalanında iniş, kalkış ve operasyon sırasında uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı	K4.2	Havaalanında gerçekleştirilen operasyonlarda, havaalanına yapılan inişlerde ya da havaalanından yapılan kalkışlarda gerçekleşen kuş çarpma vaka sayısının uçuş sayısına bölünmesiyle elde edilir. Açık olması için her bin uçuş başına düşen vaka sayısı hesaplanmıştır. Biyoçeşitlilik kapsamında sadece kuş çarpmasının ele alınma sebebi hem verisinin mevcut olması hem de en sık yaşanan çarpma türü olmasından kaynaklanmaktadır. Birimi vaka sayısı/1000uçuş'tur.
Havaalanı ya da çevresinde korumaya alınan alan	K4.3	Havaalanı çevresindeki doğal canlı flora ve faunasını koruma amaçlı yapılan uygulamalar neticesinde korumaya alınan alanın km ² cinsinden değeridir.
Çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri	K4.4	Biyoçeşitliliğin korunumu bakımından havaalanı çevresindeki hayvan topluluklarının yaşam koşullarının, davranış biçimlerinin izlenmesi ve denetlenmesi faaliyetlerinde havaalanının ne kadar etkin rol aldığını ifade eder. Nitel bir kriterdir.
Terminal binasının LEED sertifika seviyesi	K5.1	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik) dünya genelinde en yaygın kullanılan yeşil bina derecelendirme sistemidir. Havaalanı terminal binasının LEED sertifika seviyesini belirtir. Standart sertifika için gereken puan 40-49 arası, Gümüş sertifika için 50-59, Altın sertifika için 60-79, Platinum sertifika için 80 ve üzeri puan gerekir. Puanlandırmada sertifikası olmayanlar 0 olmak üzere, sırasıyla 1,2,3,4 puanları kullanılmıştır.
Çevre sertifikalarının sayısı	K5.2	Havaalanının sahip olduğu ISO 14001, ISO 14064, ISO 50001, ACA, LEED gibi sertifikaların toplam sayısını ifade eder.
Personele verilen çevre eğitimi saati	K5.3	Havaalanında çalışan yer hizmetleri ve terminal işletmecisi bünyesindeki personele verilen çevre bilinciyle ilgili toplam yıllık eğitim saatinin sayısı. Birimi adam saat'tir.
Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)	K5.4	Havaalanı yönetimi tarafından yapılan satın alımların çevresel etkilerinin dikkate alınma seviyesini ifade etmektedir. Nitel bir kriterdir.
Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı	K5.5	Havaalanı – çevre ilişkisinin yönetimine havaalanında faaliyet gösteren havayolları, yer hizmetleri gibi diğer tüm paydaşların katılım düzeyini belirtmektedir. Nitel bir kriterdir.

3.5. Analiz için Verilerin Toplanması

Çalışmanın analizinde kullanılacak veriler, havaalanlarının her bir kriterde aldıkları değerleri ifade etmektedir. Bir başka deyişle karar matrisi hücrelerinin değerleri bu araştırmanın analiz verileridir. Nicel ve nitel kriterler için analiz verilerinin toplanması eş zamanlı ancak farklı biçimde gerçekleştirilmiştir.

Nicel veriler toplanırken öncelikle ilgili havaalanlarının terminal işletmecilerinin internet siteleri incelenmiş, havaalanları için yayımlanan çeyreklik raporlardan, yıllık raporlardan ve sürdürülebilirlik raporlarından faydalanılmıştır (Fraport-TAV, 2021; İGA, 2015, 2023; MAHB, 2021; SHGM, 2021b; TAV, 2022). Bu kaynaklarda bulunamayan diğer verilere ise haber sitesi arşivlerinden, duyuru geçmişlerinden ve yayınlanan akademik çalışmalardan erişilmiştir. Kullanılan nicel kriterlerden çoğu sürdürülebilirlik raporlarında bulunmuştur. Gürültü verileri ise havaalanlarının gürültü eylem raporlarından ya da gürültü haritalarından elde edilmiştir (TÜBİTAK, 2018). İnternet sayfalarında bulunamayan gürültü haritalarına erişmek için SHGM'ye resmi yazıyla talepte bulunulmuş (Ek-2) ve SHGM'nin elektronik ortamda havaalanlarının gürültü haritalarını içeren gürültü eylem raporlarını paylaşması ile gürültü verilerine erişilmiştir.

Erişilen veriler her havaalanı için aynı yıllık periyotlarda mevcut olmadığı için belirli bir yıl aralığında bir değerlendirme yapmak mümkün olmamıştır. Örneğin 2015 – 2017 arasında Ankara Esenboğa ve İzmir Adnan Menderes havaalanlarının karbon emisyon değerlerine ulaşılabilmişken aynı aralıkta Sabiha Gökçen ve Antalya Havaalanı'nın verilerine ulaşılammış, İstanbul Havaalanı ise o dönemde henüz faaliyete geçmemiştir. 2019 ve 2020 verileri ise Covid pandemisinin etkileri farklı havaalanlarında farklı büyüklükte olabileceği gerekçesiyle kullanılmamıştır. Böylelikle veri toplama tarihi itibariyle örneklemdaki tüm havaalanlarından ortak biçimde erişilen son güncel veriler olan 2021 sonu verileri bu çalışmada kullanılmıştır. Verilere 2022 yılı içinde erişilmiştir.

Havaalanlarının çevre performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak nitel kriterler, nicel kriterleri desteklemek ve bütünleştirmek amacıyla literatür taramasına ve önceki başlıkta açıklanan uzman görüşmelerine dayanarak oluşturulmuştur. Nitel kriterlere ait verilerin sayısallaştırılarak karar matrisinin tamamlanması için, içerisinde kriter belirleme aşamasındaki uzman gruptan katılımcıların da olduğu başka bir uzman gruptan veriler toplanmıştır. Bu aşamada seçilen uzman karar vericilerin, değerlendirilecek havaalanlarının çevre yaklaşımına ve uygulamalarına dair bilgi sahibi olması en önemli koşuldur. Bu doğrultuda kriter oluşturma ve ağırlıklandırma aşamasında görüşülen

uzmanlarla havaalanlarının puanlanması kısmında görüşülen bazı uzmanlar birbirinden farklıdır. Örnekleme'deki tüm havaalanlarında deneyimi olan uzmanlardan veri toplamak güç olduğu için bu aşama araştırmanın en uzun süren kısmı olmuştur. Yukarıdaki koşulu sağlayan beş uzmandan nitel kriterlerin verileri toplanmıştır. Tablo 3.5'de, nitel kriter verilerinin toplanmasında başvurulan alan uzmanlarıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Bu uzmanlardan verilerin toplanması için Ek-3'de verilen ve araştırmacı tarafından oluşturulan veri toplama formu kullanılmıştır. Elde edilen nitel kriter verileri 2021 Eylül – 2022 Aralık aylarında toplanmış olup bu tarih aralığı nicel kriter verilerinin ait olduğu 2021 yılını içermektedir. Bu şekilde iki veri türü arasında zaman açısından tutarlılık olması sağlanmıştır. Veriler toplandıktan sonra uzmanların havaalanlarına verdikleri puanlar toplanarak aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu ortalamalar nitel kriterlerin verisi olarak kullanılmıştır. Bu verilerle nicel kriter verileri birleştirilerek veri analizi başlığında yer alan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3.5. Nitel kriter verilerinin toplandığı uzmanlarla ilgili bilgiler

Uzman Karar Vericiler	Görevi	İş tecrübesi
UKV 1.	Çevre mühendisi	4 yıl
UKV 2.	Çevre mühendisi	12 yıl
UKV 3.	Çevresel yönetim müdür yardımcısı	14 yıl
UKV 4.	Çevre mühendisi	8 yıl
UKV 5.	Çevre sistemleri müdürü	7 yıl

3.6. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

ÇKKV yöntemleri kullanılarak uygun alternatiflerin değerlendirilmesine başlamadan önce, değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıklarının belli olması gerekmektedir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi, ÇKKV analizinin sonucunu etkilemesi açısından son derece önemli bir aşamadır (Arslan, 2020; Vinogradova vd., 2018). Bazı ÇKKV yöntemleri hem kriter ağırlıklandırma hem de alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılabilir. Kriterler ağırlıklandırılırken amaç kriterlerin karar problemindeki göreceli önemini belirlemektir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında karar probleminin doğası ve kriterlerin yapısı gereği karar matrisi verilerini kullanan objektif ağırlıklandırma yöntemleri ya da karar vericilerin değerlendirmelerini gerektiren subjektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılabilir. Literatürde AHP, CILOS, CRITIC, ENTROPY, IDOCRIW, SWARA, SIMOS gibi birçok kriter ağırlıklandırma yöntemi mevcuttur.

3.6.1. SWARA yöntemi

Bu çalışmada, havaalanları için çevresel performans değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde uzmanlara kritik bir rol veren ve sübjektif ağırlıklandırma yöntemlerinden olan (Hashemkhani Zolfani vd., 2018), SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis – Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) yöntemi tercih edilmiştir. Keršulienė vd. (2010) tarafından geliştirilmiş olan SWARA yöntemi, uzman odaklı yöntem olarak da isimlendirilmekte olup bu yöntemde kriterlerin önem dereceleri uzmanların bilgi, birikim ve deneyimlerine göre belirlenmektedir (Bardakçı, 2020, s. 4). SWARA yöntemi, karar vericilerin zorlanmadan değerlendirme yapabilmesine imkan vermesi, uygulamasının basit olması, uzmanlardan alınan verilerin koordine edilmesi ve toplanmasında yardımcı olması ve az sayıda ikili karşılaştırma ile tutarlı sonuçlar vermesi özellikleri ile diğer yöntemlere göre öne çıkmaktadır (Keršulienė vd., 2010). Bu yöntemde n adet kriter için $(n-1)$ adet karşılaştırma yapmak yeterlidir. Bu çalışmada, yöntemler belirlenirken kriter sayısının fazla olacağı ön görüldüğü için ve karar vericilerin kolayca anlayabileceği bir değerlendirme sistemi olduğu için bu yöntem tercih edilmiştir.

Kriterlerin ağırlıkları belirlenirken SWARA yönteminin standart ağırlıklandırma formu kullanılmıştır. Bu formda uzman kişilerin puanlandırma sistemini anlayabilecekleri bir tanım ve örnek uygulama da yer almaktadır (Ek-4). Buna göre uzman karar vericiler kriterleri öncelikle en önemliden en önemsizine göre sıralamışlardır. Sonrasında en önemli kriter 1 puan alacak şekilde, her kriteri bir altındaki kriterden yüzdesel olarak ne kadar önemli olduğuna göre ikili karşılaştırarak puan vermişlerdir.

Bu yöntemde uzman karar vericilerin kriterleri puanlandırma sistemini anlaması ve doğru şekilde kıyaslaması önem arz etmektedir. Bu yüzden uzman karar vericilerin alanlarındaki bilgi ve tecrübesi, ağırlık kıyaslamalarının geçerliliği açısından önemlidir. Kriterlerin önem ağırlıklarını değerlendiren uzman karar vericilere ait bilgiler Tablo 3.6’da yer almaktadır.

Tablo 3.6. *Kriterlerin ağırlıklandırmasını yapan karar vericilerle ilgili bilgiler*

Uzman karar vericiler	Görevi	İş tecrübesi
KV1	Çevre Mühendisi	4 yıl
KV2	Çevre Şube Müdürü	8 yıl
KV3	Çevresel Yönetim Müdür Yardımcısı	14 yıl
KV4	Sürdürülebilirlik Müdürü	10 yıl
KV5	Çevre Mühendisi	12 yıl

KV: Karar verici

SWARA Yöntemi beş temel uygulama adımında çözümlenmektedir (Keršulienė vd., 2010):

Adım 1: Uzman karar vericiler kendi görüşleri doğrultusunda kriterlerin önem sırasını belirlerler. Karar vericiler önem sırasını belirledikleri bu kriterler için 0,00 ile 1,00 arasında bir değer puanlaması yaparlar. Kriterlerin değer puanlamalarında önemlilik dereceleri esas alınır. Burada karar verici en önemli kritere 1,00 puanını verir. Puanlama sonrası her bir kriter için ortalama değer puanı hesaplanır ve kriterler önem sırasına göre sıralanır.

Adım 2: Kriterler için göreceli önem ağırlığı belirlenir. Bu işlem sıralamanın en başındaki kriter j. kriter olarak adlandırıldığında, (j+1). kriter ile j. kriter arasındaki fark tespit edilerek yapılır ve bulunan değer s_j (ortalama değer karşılaştırmalı önemi) olarak ifade edilir.

Adım 3: Her kriter için bir k_j katsayısı Eşitlik 3.1'e göre belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & , j = 1 \\ s_j + 1 & , j > 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

Adım 4: Kriterlerin q_j önem vektörü Eşitlik 3.2'ye göre belirlenir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & , j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & , j > 1 \end{cases} \quad (3.2)$$

Adım 5: Kriteria ait nihai önem ağırlıkları w_j, ise Eşitlik 3.3 ile hesaplanır. Bu hesaplanan değer w_j, j kriterinin göreceli önemini gösterir.

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3.3)$$

3.7. Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Türkiye'deki beş büyük havaalanının çevresel performansları değerlendirilirken ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

ÇKKV, karar biliminin alt dallarından biridir. Türk Dil Kurumu'na (TDK) göre karar, bir iş hakkında düşünülerek verilen kesin yargıyı, sonucu ifade etmektedir (TDK, 2022). Karar verme ise bu sonuca ulaşılması için gereken tüm adımları içeren süreç şeklinde tanımlanmaktadır (Lezki, 2016, s. 4). Karar verme öğeleri karar verici, amaç,

hedefler ve kriterler, alternatifler (seçenekler), çevresel faktörler (doğal durumlar), olasılıklar ve sonuçlardan oluşmaktadır (Can, 2018; Lezki, 2016, ss. 5–6):

- Karar vericiler problemin çözümünde belirlenen alternatifler arasından tercih yaparak bu tercihin sonuçlarına katlanma sorumluluğu bulunan kişi ya da kişiler;
- Amaç karar vericinin ulaşmak istediği durum;
- Hedefler amaca ulaşırken karar verici için nelerin önemli olduğu;
- Kriterler hedefe ulaşma ölçütleri;
- Alternatifler karar vericinin çözüm için izleyebileceği farklı hareket biçimleri;
- Çevresel faktörler karar vericinin kontrol edemediği değişkenler ya da başka bir deyişle doğal durumlar;
- Olasılıklar doğal durumların gerçekleşme ihtimali;
- Sonuçlar ise belirli bir alternatifin seçimi ve doğal durumun etkisiyle ortaya çıkacak değerler şeklinde tanımlanmaktadır.

Karar vermeden bahsedebilmek için ortada seçim yapmayı gerektiren birden fazla seçenek söz konusu olmalıdır. Hangi seçeneğin daha fazla fayda sağlayacağı konusunda kesin bir yargıya varmanın güç olması ve birden fazla kriterin varlığıyla seçeneklerin çelişkide bırakacak sonuçlar vermesi, karar vermeyi bir karar problemi haline getirmektedir (Aktaş vd., 2015). ÇKKV ise bu gibi karar problemlerinde karar vericiye elde edeceği faydayı en büyükleyecek şekilde yardımcı olmak amacıyla birden fazla kriterin birlikte değerlendirildiği süreci ifade etmektedir (Turan, 2018; Yıldırım, 2019).

ÇKKV yöntemleri ÇKKV problemlerini çözmek için geliştirilmiş kendine has matematiksel adımlardan oluşan yöntemlerdir. Bu yöntemler temelde üç adımdan oluşmaktadır (Triantaphyllou, 2000, ss. 5–6):

- Problemden kullanılacak seçim kriterlerinin ve değerlendirilecek alternatiflerin belirlenmesi,
- Seçilen yöntemin adımlarıyla kriterlerin göreceli ağırlıklarının (önem derecelerinin) belirlenmesi,
- Kriterler ve kriterlerin ağırlıkları göz önünde bulundurularak alternatiflerin sıralanması, sınıflandırılması ya da seçiminin yapılması.

Çeşitli bakış açılarına göre farklı şekilde sınıflandırılabilen ÇKKV yöntemleri, karar probleminden beklenen sonuca göre seçim, sınıflama ya da sıralama problemlerinde kullanılmaktadır (Aytekin, 2020, s. 8; Turan, 2018, s. 18). ÇKKV yöntemlerinin kullanımı

gün geçtikte çeşitli alanlarda yaygınlaşmakta ve sayıları artmaktadır. Tablo 3.1’de, problem tiplerine göre geliştirilmiş bazı yöntemlere yer verilmiştir.

Tablo 3.7. Çok kriterli karar verme problemlerine göre kullanılan bazı ÇKKV yöntemleri

Seçim problemleri	Sınıflama problemleri	Sıralama problemleri
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	ELECTRE-Tri
ELECTRE I	ELECTRE III	FlowSort
MACBETH	MACBETH	UTADIS
MAUT/UTA	MAUT/UTA	
PROMETHEE	PROMETHEE	
TOPSIS	TOPSIS	

Kaynak: Timor (2011)’dan derlenmiştir.

Bu tez çalışmasında ise alternatifleri değerlendirmek için COCOSO, MARCOS, TOPSIS ve VIKOR; bu dört yöntemin sonuçlarını birleştirmek için ise Borda sayım yöntemi kullanılmıştır.

3.7.1. COCOSO yöntemi

Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden ilki COCOSO (Combined Compromise Solution – Birleşik Uzlaşma Çözümü) yöntemidir. Yazdani vd. (2019) tarafından geliştirilen COCOSO, birden çok kümeleme stratejisini kullanarak bütünleşik bir yöntem sunmayı amaçlayan son zamanlarda geliştirilmiş güncel yöntemler arasındadır. Yöntem, SAW (Simple Additive Weighting – Basit Toplamsal Ağırlıklandırma) ve EWP (Exponentially Weighted Product – Üstel Ağırlıklı Ürün) modeli olmak üzere iki kabul görmüş ÇKKV yöntemini kullanmakta ve bunlara kıyasla daha sağlam sonuçlar vermektedir (Yazdani vd., 2019). COCOSO, diğer ÇKKV yöntemleriyle tutarlı sonuçlar sunarken, çözüm kriter ağırlık dağılımındaki değişikliklerden kolayca etkilenmediği için kararlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir (Wen vd., 2019). Bu nedenle COCOSO yöntemi, seçilen havaalanlarının çevresel performansını sıralamak için tercih edilmiştir. Uzlaşık bir çözüm elde etmek için yöntem, başlangıçta farklı toplama operatörleri aracılığıyla alternatiflerin fayda değerlerine ulaşmakta ve ardından her bir alternatifin fayda değerlerini entegre etmek için bir entegrasyon fonksiyonu kullanmaktadır. COCOSO yönteminin özelliklerinden biri de negatif değerlerin olduğu bir karar matrisinde bile özel bir dönüşüme gerek duymadan işlemleri gerçekleştirmeye olanak

sağlamasıdır (Kumar vd., 2022; Wen vd., 2019). Literatürde özellikle lojistik merkezi seçimi, tedarikçi seçimi, hastane yer seçimi gibi alanlarda kullanım alanı bulmuştur. COCOSO yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1: Başlangıç karar matrisinin oluşturulması

$$X = [X_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Adım 2: Fayda ve maliyet kriterlerine göre başlangıç matrisinin normalleştirilmesi

$$Z_{ij} = \begin{cases} \frac{a_{ij} - \min_i a_{ij}}{\max_i a_{ij} - \min_i a_{ij}}, & j \in J^+ \text{ (Fayda kriteri)} \\ \frac{\max_i a_{ij} - a_{ij}}{\max_i a_{ij} - \min_i a_{ij}}, & j \in J^- \text{ (Maliyet kriteri)} \end{cases} \quad (3.5)$$

Adım 3: Her alternatif için ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisi matrisinin (S_i) ve üstel ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin (P_i) toplamının tahmini

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j Z_{ij} \quad (3.6)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n (z_{ij})^{w_j} \quad (3.7)$$

Adım 4: 3.8, 3.9 ve 3.10 formüllerinde verilen üç toplama stratejisi ile alternatiflerin görel ağırlıklarının hesaplanması

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (3.8)$$

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min_i S_i} + \frac{P_i}{\min_i P_i} \quad (3.9)$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda S_i + (1-\lambda) P_i}{\lambda \left(\max_i S_i \right) + (1-\lambda) \left(\max_i P_i \right)} \quad (3.10)$$

Adım 5: Her bir alternatifin sıralamasının belirlenmesi

$$k_i = (k_{ia} \cdot k_{ib} \cdot k_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3} (k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \quad (3.11)$$

3.7.2. MARCOS yöntemi

Kullanılan ikinci yöntem MARCOS (Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution – Uzlaşık Çözüme göre Alternatiflerin Ölçümü ve Sıralanması) yöntemidir. MARCOS yöntemi, karar vericilere optimum karar almada

yardımcı olmak üzere geliştirilen güncel yöntemlerden biridir. Stević vd. (2020) tarafından geliştirilmiş olup ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan esnek bir yöntemdir. MARCOS yöntemi, alternatifler ve referans değerler (ideal ve anti-ideal alternatifler) arasındaki ilişkinin tanımlanmasına dayanmaktadır. MARCOS yönteminde karar verme tercihleri, fayda fonksiyonlarına dayalı olarak tanımlanmaktadır. Fayda fonksiyonu, bir alternatifin ideal ve anti-ideal çözümlere ilişkin konumudur (Stanković vd., 2020). En iyi alternatif, ideal noktaya en yakın ve anti-ideal noktadan en uzak olan alternatiftir. Etkili ve güçlü bir teknik olan MARCOS, mesafelerin göreceli öneminin ihmal edilmesi ve hesaplamaların yorucu olması gibi diğer ÇKKV yöntemlerinin barındırdığı bazı zayıflıkları gidermektedir (Ecer, 2021). Ayrıca bu yöntemin bir avantajı da orijinal karar matrisi oluşturulurken, farklı kriterler altındaki alternatiflerin öncelik ilişkisinin ideal çözüm ve anti ideal çözüm dikkate alınarak ve istikrarlı bir fayda derecesi entegrasyon fonksiyonuna dayalı olarak belirlenmesidir (Rong vd., 2022).

Yöntemin uygulama adımları aşağıda yer almaktadır (Stević vd., 2020):

Adım 1: 3.4 numaralı eşitlikteki gibi karar matrisinin oluşturulması.

Adım 2: İdeal çözüm noktası (AI) ve ideal olmayan çözüm noktası (AAI) başlangıç matrisine eklenerek genişletilmiş başlangıç matrisinin oluşturulması.

$$AI = (\max X_{ij} | j \in B), (\min X_{ij} | j \in C) \quad (3.12)$$

$$AAI = (\min X_{ij} | j \in B), (\max X_{ij} | j \in C) \quad (3.13)$$

B fayda kriteri, C ise maliyet kriteridir.

Adım 3: 3.14 ve 3.15 formülleri kullanılarak genişletilmiş başlangıç matrisi normalize edilir.

$$n_{ij} = \frac{X_{ai}}{X_{ij}}, j \in C \quad (3.14)$$

$$n_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ai}}, j \in B \quad (3.15)$$

Adım 4: Normalize matris değerleriyle önceden belirlenmiş ağırlıkların çarpılması sonucu ağırlıklı matris elde edilir.

$$V_{ij} = n_{ij} \cdot w_j \quad (3.16)$$

Adım 5: Alternatiflerin fayda dereceleri hesaplanır. 3.17 ve 3.18 formülleriyle ideal (K_i^+) ve anti ideal (K_i^-) çözümler belirlenir.

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (3.17)$$

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (3.18)$$

Adım 6: 3.19, 3.20 ve 3.21 formülleriyle fayda fonksiyonu ($f(K_i)$) hesaplanır.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (3.19)$$

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (3.20)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (3.21)$$

Adım 7: Alternatifler $f(K_i)$ değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanır. En büyük değer en iyi alternatiftir.

3.7.3. TOPSIS yöntemi

Çalışmada kullanılan üçüncü yöntem TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution – İdeal Çözümüne Benzerliğe Göre Sıralama Tercihi Tekniği) yöntemidir. Alternatifler arasında en iyiyi seçmeye yarayan yöntemlerden biri olan TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. Karmaşık matematiksel adımlar içermemesi ve anlaşılmasının kolay olması sebebiyle tedarik zinciri yönetimi, işletme ve pazarlama uygulamaları, tedarikçi seçimi, finansal uygulamalar vb. birçok alanda, gerçek hayat problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmıştır (Özdemir, 2018, s. 134). Bu yöntemde seçim yapılırken seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın olması, ideal olmayan (negatif ideal) çözüme de uzak olması beklenmektedir. Burada pozitif ideal çözüm, fayda ve kazanç kriterlerinde maksimum değeri veren, maliyet kriterlerinde ise minimum maliyeti veren çözümdür. Negatif ideal çözümde ise durum tam tersidir. Bundan dolayı karar kriterlerinin yönünün doğru bir şekilde belirlenmesi, yöntemin doğru sonuçlar vermesi adına önemli bir yere sahiptir (Alptekin, 2019, s. 104).

TOPSIS yönteminin bazı özellikleri madde halinde aşağıda sıralanmıştır (Yeh, 2003):

- İçeriği sade ve anlaşılırdır.
- Güçlü bir hesaplama yeteneği vardır.
- Karar alternatiflerinin ilişkisini basit bir matematiksel biçimde sunmaktadır.
- Alternatiflerin belirli kriterlere göre ve kriterlerin alabileceği minimum ve maksimum değerler arasında ideal çözüme göre karşılaştırılmasını sağlar.

TOPSIS yönteminin hesaplama adımları aşağıdaki formüllerde verilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981):

Adım 1: 3.4 numaralı eşitlikte gösterildiği gibi karar matrisinin oluşturulması (R_{ij}). r_{ij} , i. alternatifin j. özelliğidir.

Adım 2: R' normalize karar matrisinin oluşturulması.

$$r'_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X^2_{ij})}}, j=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m \quad (3.22)$$

Adım 3: 3.23 formülü yardımıyla ağırlıklı normalize karar matrisinin (V_{ij}) oluşturulması.

$$v_{ij} = w_j \cdot r'_{ij} \quad (3.23)$$

Adım 4: Pozitif ve negatif ideal çözümlerin hesaplanması

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, \dots, m\} \quad (3.24)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, \dots, m\} \quad (3.25)$$

$J = \{j = 1, 2, \dots, n | j \text{ fayda kriterine aittir.}\}$

$J' = \{j = 1, 2, \dots, n | j \text{ maliyet kriterine aittir.}\}$

Adım 5: Ayırım ölçülerinin bulunması

Pozitif ve negatif ideal seçenekler için Öklid uzayındaki uzaklıklar 3.26 ve 3.27 formülleriyle hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.26)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.27)$$

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın bulunması

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (3.28)$$

Adım 7: Bir önceki adımda elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanır.

3.7.4. VIKOR yöntemi

Çalışmada kullanılan dördüncü yöntem VIKOR (Visekriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje – Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemidir. VIKOR yöntemi, Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından çok kriterli karar sistemlerinin optimizasyonu amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem, birbiriyle çelişen kriterler olduğunda seçenekler arasından seçim ve sıralama yapmaya odaklanmıştır (Kuzu, 2018, s. 117). Yöntemin temeli, ideal çözüme yakınlık ölçümüne dayanmakta olup uzlaşmadan kasıt ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır. Uzlaşık çözüm ise ideale en yakın çözümü ifade

etmektedir (Lezki, 2019, s. 141). Yöntemin bir diğer uzaklık tabanlı yöntem olan TOPSIS yönteminden farkı, ideal çözüme en kısa ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafelerin göreceli önemini dikkate almasıdır (Opricovic ve Tzeng, 2007, s. 515). Yöntemin uygulandığı karar problemleri aşağıdaki özellikleri bulunmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2007, s. 517):

- Uzlaşma, problemin çözümü için kabul edilebilir olmalıdır.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözüme ulaşmayı istemelidir.
- Karar verici için her bir kriter fonksiyonu ile fayda arasında doğrusal bir ilişki bulunmalıdır.
- Kriterlerin birbiriyle çelişmesi ve birbirleriyle karşılaştırılmaz birimlerle ölçülüyor olmaları gerekmektedir.
- Alternatifler tüm kriterler açısından değerlendirilmelidir.
- Karar vericilerin tercihleri kriter ağırlıkları kullanılarak belirtilebilir olmalıdır.

Yöntem karar vericinin etkileşimi olmadan başlar ancak nihai çözümde karar verici kendi tercihlerini de dahil edebilir.

Yöntemin işlem adımları aşağıda verilmiştir (Opricovic ve Tzeng, 2007, ss. 515–516):

Adım 1: 3.4 numaralı eşitlikte gibi karar matrisinin oluşturulması.

Adım 2: Her kriter için en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerlerin belirlenmesi
j. kriter fayda kriteri ise;

$$f_j^* = \max x_{ij} \quad (3.29)$$

$$f_j^- = \min x_{ij} \quad (3.30)$$

j. kriter maliyet kriteri ise;

$$f_j^* = \min x_{ij} \quad (3.31)$$

$$f_j^- = \max x_{ij} \quad (3.32)$$

Adım 3: 3.33 formülü yardımıyla normalize karar matrisinin (R) oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (3.33)$$

Adım 4: W_j kriter ağırlıklarını ifade etmek üzere, normalize karar matrisi sütunundaki elemanların ilgili kriter ağırlıklarıyla çarpılmasıyla ağırlıklı normalize karar matrisinin (V) oluşturulması

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (3.34)$$

Adım 5: Ortalama grup faydası (S_i) ve En büyük pişmanlık (R_i) değerlerinin hesaplanması

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (3.35)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij}$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{f_j^* - X_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$$

$$R_i = \max v_{ij} \quad (3.36)$$

$$R_i = \max(w_j \cdot r_{ij})$$

$$R_i = \max\left(w_j \cdot \frac{f_j^* - X_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right)$$

Bu adımdaki R ile normalize karar matrisinde kullanılan R'de sadece isim benzerliği vardır.

Adım 6: Q_i değerlerinin 3.37 ve 3.38 formülleriyle hesaplanması

$$S^* = S^- = R^* = R^- = \max x_{ij} \quad (3.37)$$

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-q)(R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (3.38)$$

Q_i formülündeki q parametresi, kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını, yani maksimum grup faydasını ifade eder. $(1-q)$ ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını gösterir. Uzlaşma durumunda q değeri 0,5'ten büyük; konsensus durumunda q değeri 0,5; veto durumunda ise q değeri 0,5'ten küçüktür. Uygulamada genelde q değeri 0,5 olarak kabul edilmektedir. Örneğin q değerinin 0,5'ten büyük olması, değerlendirmeyi yapan uzman gruptaki çoğunluğun Q_i sıralamasına karşı olumlu tutum sergileme eğiliminde olduğu anlamına gelmektedir.

Adım 7: Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi

Bu adımda S_i , R_i ve Q_i değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla üç tane sıralama listesi elde edilmiş olur. Sıralamanın doğruluğu, kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarına uygun olup olmadıklarına göre değerlendirilir.

Kabul edilebilir avantaj, en iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasıdır. Buna göre fark DQ değerinden büyük olmalıdır;

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (3.39)$$

DQ ise m alternatif sayısı olmak üzere 3.40 formülüyle hesaplanır:

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (3.40)$$

İkinci koşul ise bulunan uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması için gereklidir. Q_i değerleri sıralamasında ilk sırada yer alan A_1 alternatifi S_i ya da R_i sıralamalarının en azın birinde minimum değere sahip olmalıdır. İki koşulun da sağlanamaması durumunda eğer ikinci koşul sağlanmıyorsa A_1 ve A_2 alternatiflerinin her ikisi de ortak uzlaşık çözüm olarak kabul edilmektedir. Eğer birinci koşul sağlanmıyorsa alternatiflerin tamamı uzlaşık en iyi çözüm kümesinde yer alır.

3.7.5. Borda sayım yöntemi

Çalışmada kullanılan dört ÇKKV yönteminin sonuçları Borda sayım yöntemiyle birleştirilmiştir. Borda sayım yöntemi, bir bilimsel analiz tekniği olarak 1770 yılında Jean Charles de Borda tarafından ortaya atılan bir oy sayım tekniğidir (García-Lapresta ve Martínez-Panero, 2002). Birden çok sıralamayı bütünlük ve en uygun tek bir sıralamaya dönüştüren Borda yöntemi bir sosyal tercih fonksiyonu olup temel ve yaygın toplulaştırma yöntemlerinden biridir (Aytekin ve Orakçı, 2020; Tanrıverdi vd., 2023). Bu yöntemde her alternatif, aldığı her son sıradaki oy için 1 puan, her sondan bir üst sıradaki oy için 2 puan, vb. alır. Bu durum birinci sıradaki seçim m puanı alana kadar devam eder (m = aday/alternatif sayısı). En yüksek puan toplamına sahip olan alternatif kazanır. Başka bir ifadeyle S_i ilgili alternatifi aldığı sıra, m ise alternatif sayısı olmak üzere ilgili alternatifi bir yöntemle bulunan sıralamadaki Borda puanı (B_i), 3.41 formülü ile hesaplanır.

$$B_i = m - S_i \quad (3.34)$$

Borda sayım yönteminin avantajları, uygulamasının kolay olması ve herhangi bir uzmanlık gerektirmemesidir; bu tekniğin bir dezavantajı ise tüm sınıflandırıcılara eşit davranmasıdır (Lumini ve Nanni, 2006, s. 182). Borda yöntemi, son yıllarda havacılık sektörü dahil çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmıştır (Aytekin ve Orakçı, 2020; Tanrıverdi vd., 2022; Tanrıverdi vd., 2023). Literatürde Copeland, Nanson gibi farklı sosyal tercih fonksiyonları olmakla birlikte çalışmalar incelendiğinde yöntemlerin birbirine benzer sıralamalar verdiği görülmüştür (Hu ve Liu, 2022; Lestari vd., 2018). Bu yüzden yöntemler arasında uygulaması en kolay ve en yaygın olan Borda yöntemi seçilmiştir.

Çalışmada alternatifleri değerlendirmek için seçilen ÇKKV yöntemlerinden COCOSO ve MARCOS görece yeni yöntemlerdir. TOPSIS ve VIKOR ise daha uzun zamandır kullanılan geleneksel yöntemlerdir. Kriter ağırlıklandırma ve alternatiflerin

değerlendirilmesi aşamalarında farklı yöntemlerin kendine has matematiksel adımlarının getirdiği avantajlardan faydalanabilmek adına birden fazla yöntem kullanılmıştır. Ayrıca bu sayede farklı zamanlarda geliştirilen tüm bu yöntemlerin sağlamlasını yapmak ve çıkan sonuçların güvenilirliğini artırmak amaçlanmıştır.

3.8. Sonuçların Yorumlanması

Çalışmanın son aşamasında verilerin yukarıda verilen yöntemlerle analiz edilmesi neticesinde elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Bu kapsamda hem çevresel kriterlerin ağırlıkları için hem de havaalanlarının çevresel performans sıralamaları için elde edilen sonuçların değerlendirme ve yorumlarına “4.3. Bulguların Yorumlanması” başlığı altında yer verilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak incelenen havaalanlarının çevresel performanslarını artırmalarında yol gösterici olabilecek sektörel öneriler getirilmiştir.

3.9. Araştırma Etiği

Etik ilke ve kurallara uyum, araştırma süresince gözetilmiştir. Araştırmanın uygulama aşamasından önce Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde etik kurul onayı alınmıştır (Ek-5). Araştırma kapsamında yapılan görüşmelerden önce tüm katılımcılara araştırmanın amacı ve prosedürleri hakkında açık ve kapsamlı bilgi verilmiş, araştırmanın herhangi bir aşamasında gerekçe belirtmeksizin araştırma sürecinden çekilebilecekleri bildirilmiş ve katılımcılardan imzalı gönüllü katılım formu alınmıştır (Ek-1). Çevrimiçi görüşmelerde ses ve görüntü kaydına onay veren katılımcılardan görüşme kayıtları alınmış ve depolanmıştır. Görüşmelerde ya da veri toplama formlarında yanlı ifadeler kullanılmamış, yapılandırılmış veri toplama formunda (Ek-3) değişiklikler yapılmamıştır.

4. ANALİZLER VE BULGULAR

Bulgular ve analizler, kriterlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin değerlendirilmesi şeklinde iki alt başlıkta açıklanmıştır. Bulguların yorumlanması ve literatürle tartışılması da bu başlığın altında üçüncü alt başlıkta ele alınmıştır.

4.1. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterler nihai hale geldikten sonra ağırlıklandırma verileri toplanarak ağırlıklandırma analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yöntem kısmında detayları verilen beş uzman karar vericinin kriterlerin önem derecesine ilişkin verdikleri yanıtlar doğrultusunda öncelikle sıralama tabloları oluşturulmuştur. Sonrasında verilen puanlar sırasıyla Microsoft Excel uygulamasında tabloya yerleştirilmiş ve SWARA işlem adımları çözülerek kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Araştırmanın ilk bulguları kriter ağırlıklandırma analizinin sonuçlarıdır.

Karar vericilerin yeşil havaalanı ana ve alt kriterlerine verdikleri önem sırası ve puanları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Karar vericiler kriterleri kendi bilgi birikim ve algılarına dayanarak en önemliden en önemsiz doğru sıralamışlardır.

Tablo 4.1. Ana kriterler için karar vericilerin önem sıralaması

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	Karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi	1	1	1	1	1
K3	Gürültü yönetimi	2	3	5	2	3
K2	Su ve atık yönetimi	3	2	2	3	2
K4	Biyçeşitlilik yönetimi	4	4	4	4	5
K5	Yeşil yönetim	5	5	3	5	4

Tablo 4.2. Ana kriterler için karar vericilerin ağırlıklandırma skorları

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı (pj)
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K1	Karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K2	Gürültü yönetimi	0,9	0,75	0,5	0,5	0,68	0,666
K3	Su ve atık yönetimi	0,8	0,9	0,85	0,95	0,78	0,856
K4	Biyçeşitlilik yönetimi	0,75	0,5	0,52	0,55	0,4	0,544
K5	Yeşil yönetim	0,7	0,45	0,7	0,9	0,55	0,66

Ana kriterlere bakıldığında tüm karar vericilerin K1 ana kriteri olan karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi kriterini en önemli kriter olarak değerlendirdiği görülmektedir. Önem puanlarının aritmetik ortalamaları (pj) alındığında ise en önemli olan K1 kriterinden

sonra sırasıyla su ve atık yönetimi (K3), gürültü yönetimi (K2), yeşil yönetim (K5) ve biyoçeşitlilik yönetimi (K4) kriterleri en önemliden önemsiz doğru sıralanmaktadır. Kriterlerin arasında önem derecesi bakımından birbirine en yakın olan lar 0,006 puanlık farkla yeşil yönetim ile biyoçeşitlilik yönetimi kriterleri olmuştur. Alt kriterlere uzmanlarca verilen puanlar ve önem sıraları ekte verilmiştir.

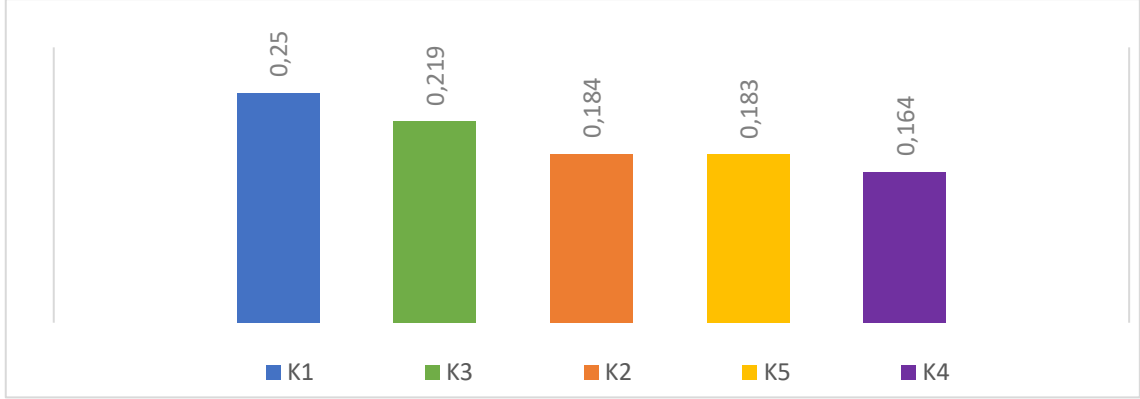
Kriter ağırlıkları hesaplanırken ana ve alt kriterler karar vericiler tarafından sıralanarak puanlandıktan sonra ortalama önem puanları (p_j) hesaplanmıştır. Sonrasında sıralamaya göre her bir kriterin bir sonraki kriterden ne kadar önemli olduğunu gösteren s_j değeri hesaplanmıştır. s_j değeri, p_j değerleri arasındaki farkın yüzdeliğidir. Ana kriterler için karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi kriterinin gürültü yönetimi kriterinden %17, gürültü yönetimi kriterinin su ve atık yönetimi kriterinden %3, su ve atık yönetimi kriterinin biyoçeşitlilik kriterinden %7 ve biyoçeşitlilik yönetimi kriterinin yeşil yönetim kriterinden %13 daha önemli olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra tüm kriterler için katsayı değeri 3.1 formülü ile, düzeltilmiş ağırlık değerleri ise 3.2 formülü ile hesaplanmıştır. Burada en önemli kritere ait q_j değeri 1'dir. Ana kriterlere ait nihai ağırlık değerleri ise 3.3 formülü ile hesaplanmıştır. Her bir kriterin düzeltilmiş ağırlık değerlerinin, düzeltilmiş ağırlık değerleri toplamına bölünmesiyle nihai ağırlık değerlerine ulaşılmıştır. Sözü edilen tüm değerlere Tablo 4.3'de yer verilmiştir. Buna göre en önemli kriter olan karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriterinin önem düzeyi %25'dir. Sonrasında en önemliden önemsiz doğru sırasıyla %21,9 ile su ve atık yönetimi, %18,4 ile gürültü yönetimi, %18,3 ile yeşil yönetim, %16,4 ile biyoçeşitlilik yönetimi ana kriterleri sıralanmıştır. Aynı işlemler alt kriterler için de yapılmış ve alt kriterlerin hem yerel hem de global ağırlıkları hesaplanmıştır. Buna göre ana kriterlerin ve tüm alt kriterlerin ağırlıkları Tablo 4.3'den Tablo 4.8'e kadar verilmiştir. Kriterler kendi içerisinde en önemliden en önemsiz doğru sıralanmıştır.

Tablo 4.3. Ana kriterler için ortalama ve karşılaştırmalı önem dereceleri katsayılar düzeltilmiş ve nihai ağırlıklar

<i>Ana kriterler</i>	p_j	s_j	k_j	q_j	w_j
K1	1,00	-	1,000	1,00	<u>0,250</u>
K3	0,86	0,144	1,144	0,87	<u>0,219</u>
K2	0,67	0,190	1,190	0,73	<u>0,184</u>
K5	0,66	0,006	1,006	0,73	<u>0,183</u>
K4	0,54	0,116	1,116	0,65	<u>0,164</u>

Not: Ana kriter ağırlıkları en sağ sütunda yeşille renkle vurgulanmıştır.

Yukarıda Tablo 4.3’de verilen ana kriterlerin ağırlıkları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



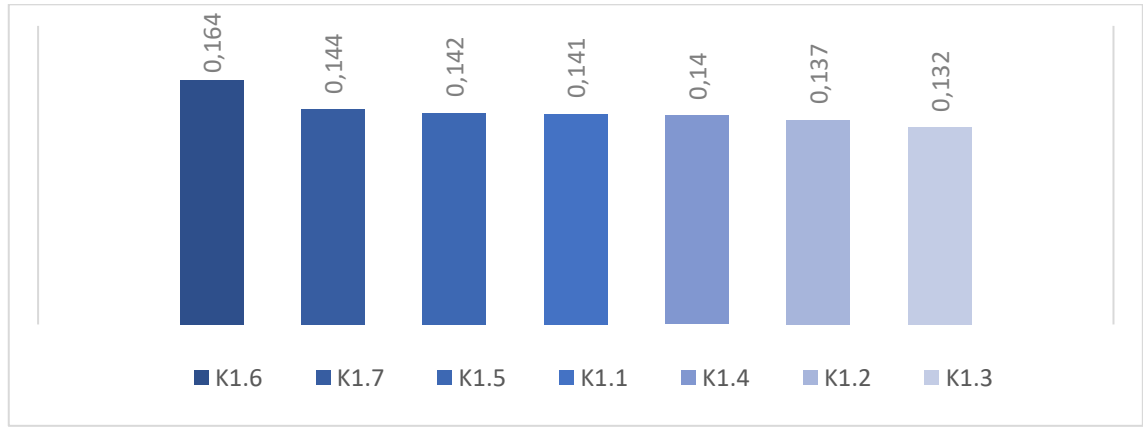
Şekil 4.1. Ana kriterlerin önem düzeyleri

Alt kriterlerin önem düzeylerine, yerel ve küresel ağırlıklarıyla birlikte yer verilmiştir (Tablo 4.4 – Tablo 4.8). Alt kriterlere ait ortalama ve karşılaştırmalı önem derecesi gibi diğer tüm hesaplama değerlerinin bulunduğu tablolar ekte verilmiştir. Tablo 4.4’e göre en önemli ana kriter olan karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi kriterinin altındaki kriterler içinde en önemli bulunan kriter K1.6 kodlu yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları kriteri olmuştur ($w_j=0,164$ /global $w_j=0,04118$). Bu kriteri sırasıyla K1.7 kodlu havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği, K1.5 kodlu yeşil bina pratiklerine uyum, K1.1 kodlu yolcu başına yıllık CO₂ emisyonu, K1.4 kodlu elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı, K1.2 kodlu yolcu başına yıllık enerji tüketimi ve K1.3 kodlu ACA karbon akreditasyon seviyesi kriterleri takip etmiştir.

Tablo 4.4. Karbon emisyonu ve enerji yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
K1.6 – Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları	0,164	0,04118
K1.7 – Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği	0,144	0,03599
K1.5 – Yeşil bina pratiklerine uyum	0,142	0,03564
K1.1 – Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu	0,141	0,03522
K1.4 – Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı	0,140	0,03508
K1.2 – Yolcu başına yıllık enerji tüketimi	0,137	0,03439
K1.3 – ACA karbon akreditasyon seviyesi	0,132	0,03294

Yukarıda Tablo 4.4’de verilen K1 kriterinin alt kriter ağırlıkları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



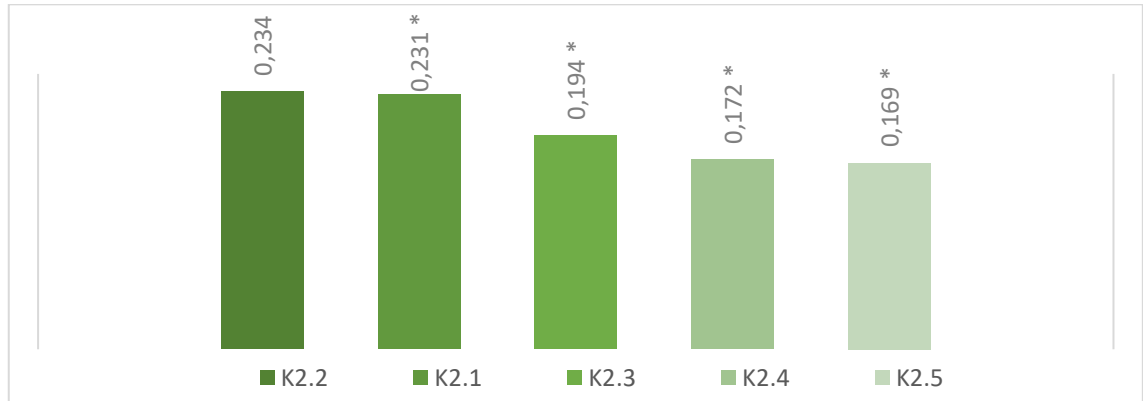
Şekil 4.2. Karbon emisyonu ve enerji yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri

Tablo 4.5’e göre ana kriterler içerisinde üçüncü önemli kriter olan K2 kodlu gürültü yönetimi kriterinin alt kriterleri içinde en önemli kriter K2.2 kodlu piste/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi kriteri olmuştur ($w_j=0,234$ /global $w_j=0,04298$). En önemsiz kriter ise K2.5 kodlu gürültü şikâyet sisteminin etkinliği kriteridir. Aradaki kriterler ise sırasıyla önemliden önemsiz doğru K2.1 kodlu şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi, K2.3 kodlu gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı ve K2.4 kodlu etkilenen çevre halkıyla iş birliği şeklinde sıralanmaktadır. İkinci önem sırasından beşinci önem sırasına kadar dört kriter, bu çalışmada önerilen kriterlerdir.

Tablo 4.5. Gürültü yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
K2.2 – Piste/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi	0,234	0,04298
K2.1 – Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi (km)	0,231	0,04255
K2.3 – Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı (%)	0,194	0,03576
K2.4 – Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği	0,172	0,03164
K2.5 – Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği	0,169	0,03102

Yukarıda Tablo 4.5’de verilen K2 kriterinin alt kriter ağırlıkları Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



*: Çalışmada önerilen özgün kriterler

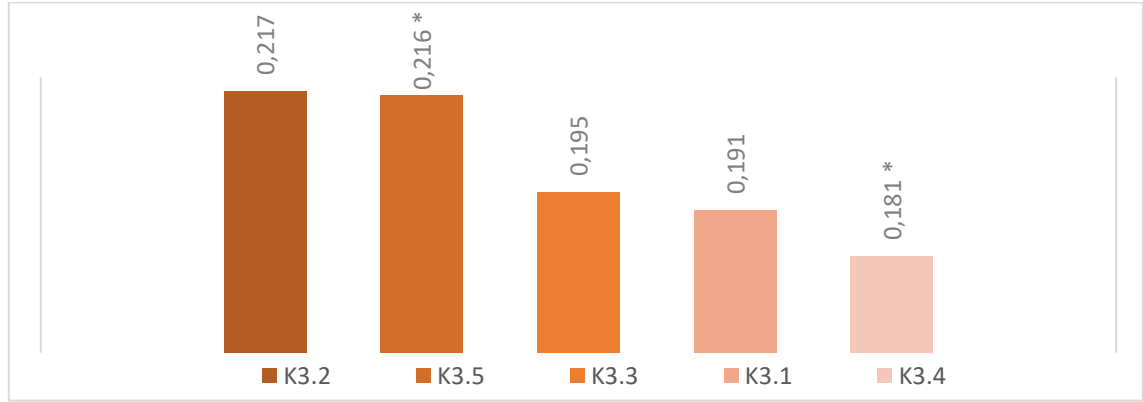
Şekil 4.3. Gürültü yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri

Tablo 4.6’da su ve atık yönetimi ana kriterinin alt kriterlerine bakıldığında, K3.2 kodlu yolcu başına yıllık harcanan su miktarı kriterinin en önemli kriter olduğu bulunmuştur ($w_j=0,217$ /global $w_j=0,04749$). Bu kriteri sırasıyla K3.5 kodlu atığın kaynağında azaltılması, K3.3 kodlu yolcu başına yıllık toplam atık miktarı, K3.1 kodlu geri dönüştürülen atık oranı ve K3.4 kodlu atık ayrıştırma faaliyetleri kriteri takip etmiştir. Bu çalışmada önerilen 3.5 kriteri ikinci önem sırasında, 3.4 ise beşinci önem sırasında bulunmuştur.

Tablo 4.6. Su ve atık yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
K3.2 – Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı	0,217	0,04749
K3.5 – Atığın kaynağında azaltılması	0,216	0,04720
K3.3 – Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı	0,195	0,04276
K3.1 – Geri dönüştürülen atık oranı	0,191	0,04192
K3.4 – Atık ayrıştırma faaliyetleri	0,181	0,03954

Yukarıda Tablo 4.6’da verilen K3 kriterinin alt kriter ağırlıkları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



*: Çalışmada önerilen özgün kriterler

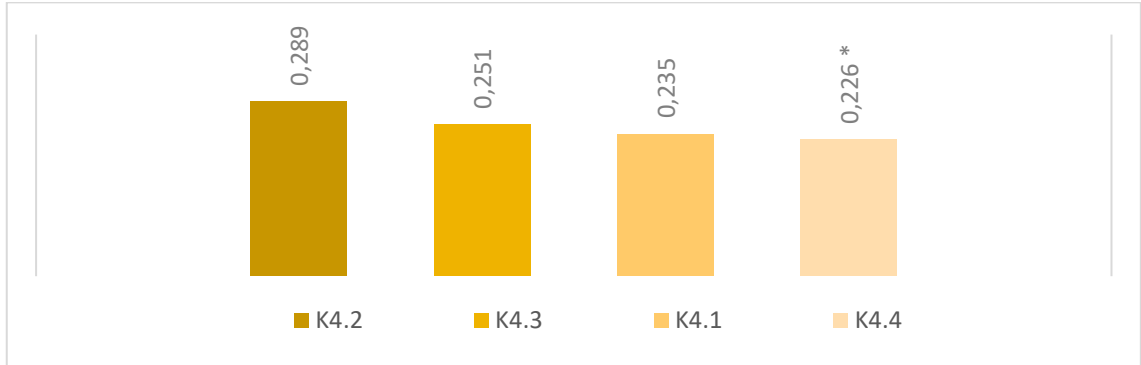
Şekil 4.4. Su ve atık yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri

Tablo 4.7’de gösterildiği üzere, biyoçeşitlilik ana kriterinin alt kriterleri arasında en önemli kriterin K4.2 koduyla havaalanı iniş kalkış ve operasyon sırasında uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı kriteri olduğu tespit edilmiştir ($w_j=0,289$ /global $w_j=0,04731$). Bu kriteri önemliden önemsiz doğru sırasıyla K4.3 kodlu havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan alan, K4.1 kodlu havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmaları ve K4.4 kodlu bitki ve hayvan topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri kriteri takip etmiştir. Bu çalışmada önerilen 4.4 kriteri dördüncü önem sırasında bulunmuştur.

Tablo 4.7. Biyoçeşitlilik yönetimi alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
K4.2 – Havaalanı iniş kalkış ve operasyon sırasında uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı	0,289	0,04731
K4.3 – Havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan alan	0,251	0,04114
K4.1 – Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmaları	0,235	0,03844
K4.4 – Bitki ve hayvan topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri	0,226	0,03697

Yukarıda Tablo 4.7’de verilen K4 kriterinin alt kriter ağırlıkları Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



*: Çalışmada önerilen özgün kriterler

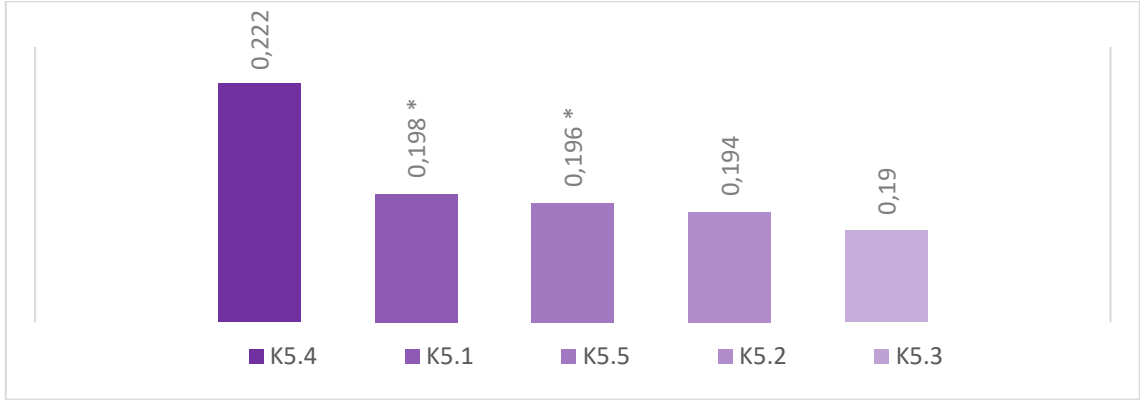
Şekil 4.5. Biyoçeşitlilik yönetimi alt kriterlerinin önem düzeyleri

Tablo 4.8’de verildiği üzere yeşil yönetim ana kriterinin altındaki alt kriterler içerisinde en önemli kriterin K5.4 koduyla çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma) kriteri olduğu bulunmuştur ($w_j=0,222$ /global $w_j=0,04054$). Sonrasında önemliden önemsizye doğru K5.1 kodlu terminal binasının LEED sertifika seviyesi, K5.5 kodlu paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı, K5.2 kodlu diğer çevre sertifikalarının sayısı ve K5.3 kodlu personele verilen çevre eğitimi saati kriterleri sıralanmıştır. Bu çalışmada önerilen 5.1 kriteri ikinci önem sırasında, 5.5 kriteri üçüncü önem sırasında bulunmuştur.

Tablo 4.8. Yeşil yönetim alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
K5.4 – Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)	0,222	0,04054
K5.1 – Terminal binasının LEED sertifika seviyesi	0,198	0,03620
K5.5 – Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı	0,196	0,03584
K5.2 – Diğer çevre sertifikalarının sayısı (ISO 14001, 14064, 50001 vb.)	0,194	0,03549
K5.3 – Personele verilen çevre eğitimi saati	0,190	0,03479

Yukarıda Tablo 4.8’de verilen K5 kriterinin alt kriter ağırlıkları Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



*: Çalışmada önerilen özgün kriterler

Şekil 4.6. Yeşil yönetim alt kriterlerinin önem düzeyleri

4.2. Havaalanı Alternatiflerinin Değerlendirilmesiyle İlgili Analizler

Araştırmanın ikinci aşamasında toplanan nitel ve nicel kriter verileri birleştirilerek ikinci aşama analizlerine başlangıç oluşturacak karar matrisi elde edilmiştir. Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da hem nitel verilere beş karar vericinin verdikleri puanların ortalaması hem de bunun nicel kriter verileriyle birleştirilmesiyle elde edilmiş nihai karar matrisi yer almaktadır. Matriste ve sonraki analiz tablolarında havaalanları aşağıdaki üçlü IATA kodlarıyla verilmiştir:

- İstanbul Havaalanı: IST
- Sabiha Gökçen Havaalanı: SAW
- Antalya Havaalanı: AYT
- Ankara Esenboğa Havaalanı: ESB
- İzmir Adnan Menderes Havaalanı: ADB

Tablo 4.9. Karar vericilerin nitel kriterlere verdikleri puanların ortalaması

	<i>IST</i>	<i>SAW</i>	<i>AYT</i>	<i>ESB</i>	<i>ADB</i>
K1.5 Yeşil bina pratiklerine uyum	9,40	7,40	7,60	8,40	7,80
K1.6 Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları	6,80	5,20	5,80	5,40	6,20
K1.7 Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği	6,00	9,20	8,40	5,40	8,60
K2.4 Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği	5,20	3,80	4,40	5,80	5,20
K2.5 Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği	6,40	4,80	5,80	6,60	5,80
K3.4 Atık ayrıştırma faaliyetleri	9,20	7,40	7,00	6,60	6,80
K3.5 Atığın kaynağında azaltılması faaliyetleri	8,60	7,60	7,00	7,00	7,40
K4.1 Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmaları	9,20	5,60	5,80	7,60	6,20
K4.4 Çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri	8,00	5,40	5,20	6,00	5,60
K5.4 Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)	8,60	8,20	7,00	7,40	7,20
K5.5 Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı	7,80	6,40	5,60	6,00	5,80

Tablo 4.10. Karar matrisi

		<i>Havaalanları (Alternatifler)</i>					
<i>Ana kriter</i>	<i>Alt kriter açıklamaları</i>	<i>Yön</i>	<i>IST</i>	<i>SAW</i>	<i>AYT</i>	<i>ESB</i>	<i>ADB</i>
<i>Karbon ve Enerji Yönetimi</i>	K1.1 Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu	Min	19,36	13,86	12,34	14,54	20,88
	K1.2 Yolcu başına yıllık enerji tüketimi	Min	4,01	3,04	3,11	7,18	5,15
	K1.3 ACA karbon akreditasyon seviyesi (1 – 4+)	Max	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	K1.4 Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı	Max	13,40	9,50	10,42	10,58	10,53
	K1.5 Yeşil bina pratiklerine uyum*	Max	9,33	7,33	7,33	9,00	7,33
	K1.6 Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanaklarının gelişmişliği*	Max	7,67	6,33	6,00	6,33	6,00
	K1.7 Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği*	Max	5,33	8,67	7,67	7,33	8,00
<i>Gürültü Yönetimi</i>	K2.1 Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi	Max	37,00	30,00	8,00	23,00	17,50
	K2.2 Piste/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi	Min	65,00	55,00	50,00	60,00	57,00
	K2.3 Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı	Max	2,00	3,50	3,00	1,50	2,00
	K2.4 Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği seviyesi*	Max	5,67	3,67	4,33	6,00	6,00
	K2.5 Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği*	Max	7,33	5,33	6,33	7,00	7,00

Tablo 4.10. (Devam) Karar matrisi

Su ve Atık Yönetimi	K3.1 Geri dönüştürülen atık oranı	Max	0,23	0,50	0,32	0,24	0,17
	K3.2 Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı	Min	27,07	9,80	25,83	26,54	51,19
	K3.3 Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı	Min	0,50	0,36	0,29	0,08	0,15
	K3.4 Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği*	Max	9,33	6,67	6,33	7,33	6,33
	K3.5 Atığın kaynağında azaltılması faaliyetlerinin etkinliği*	Max	8,33	6,67	6,33	7,00	6,67
Biyçeşitlilik Yönetimi	K4.1 Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmalarının etkinliği*	Max	9,00	4,67	5,67	7,67	6,00
	K4.2 Havaalanında bin uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı	Min	2,24	0,85	0,46	0,93	0,70
	K4.3 Havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan alan	Max	80,00	12,00	10,00	25,00	20,00
	K4.4 Çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetlerinin etkinliği*	Max	8,00	5,33	5,00	5,00	5,33
Yeşil Yönetim	K5.1 Terminal binasının LEED sertifika seviyesi (Silver, gold vb. / 0 – 4)	Max	3,00	3,00	3,00	0,00	2,00
	K5.2 Havaalanı çevre sertifikalarının sayısı	Max	5,00	2,00	5,00	4,00	4,00
	K5.3 Çevresel eğitimi saati (kişi x saat)**	Max	2100	1800	1500	1650	1900
	K5.4 Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)*	Max	8,33	7,67	6,33	7,00	6,33
	K5.5 Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılım düzeyi*	Max	8,67	7,00	6,00	6,33	6,00

“*”: Nitel kriter; “***”: Yapılan uzman görüşmeleri neticesinde sözlü olarak farklı katılımcılardan alınan verilerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Yöntem kısmında da açıklandığı üzere bu araştırmanın ikinci analiz aşamasında COCOSO, MARCOS, TOPSIS ve VIKOR olmak üzere dört yöntemden faydalanılmıştır. Aynı yöntem her bir ana kriter için benzer şekilde uygulanmış ve havaalanlarının ana kriterler özelinde değerlendirilmesi de mümkün olmuştur. Dört yöntemin Borda sayım tekniğiyle birleştirilmesiyle nihai sonuçlar elde edilmiş ve yorumlar bu birleşik sonuçlara göre yapılmıştır. Ayrıca farklı yöntemlerin sonuçları arasındaki korelasyon ve standart sapma değerleri de hesaplanmıştır.

İlk olarak tüm yöntemlerde ortak olan fayda ve maliyet kriterleri gözetilerek karar matrisinin normalize edilmesiyle işleme başlanmıştır. Bu işlem için 3.4 formülü kullanılmıştır. Önce COCOSO işlem adımları gerçekleştirilmiştir. 3.5 numaralı formül kullanılarak karar matrisi normalize edilmiştir. Sonrasında her alternatif için ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisi (Si) ve üstel ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin (Pi) toplamları 3.6 ve 3.7 formülleriyle hesaplanmıştır. Devamında 3.8, 3.9 ve 3.10 formülleri kullanılarak üç farklı toplama stratejisine dayalı olarak alternatiflerin göreceli ağırlıkları hesaplanmış, bu

sonuçlar 3.11 formülünde kullanılarak her bir alternatifin sıralaması belirlenmiştir. COCOSO analizlerinin tüm aşamalarında elde edilen bulgular Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. COCOSO analiz bulguları

<i>Normalize karar matrisi</i>						
	Yn	IST	SAW	AYT	ESB	ADB
<i>K1.1</i>	MIN	0,178	0,822	1,000	0,743	0,000
<i>K1.2</i>	MIN	0,767	1,000	0,984	0,000	0,490
<i>K1.3</i>	MAX	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>K1.4</i>	MAX	1,000	0,000	0,236	0,277	0,264
<i>K1.5</i>	MAX	1,000	0,000	0,100	0,500	0,200
<i>K1.6</i>	MAX	1,000	0,000	0,375	0,125	0,625
<i>K1.7</i>	MAX	0,158	1,000	0,789	0,000	0,842
<i>K2.1</i>	MAX	0,391	0,000	0,804	1,000	0,499
<i>K2.2</i>	MIN	0,000	0,667	1,000	0,333	0,533
<i>K2.3</i>	MIN	0,750	0,000	0,250	1,000	0,750
<i>K2.4</i>	MAX	0,700	0,000	0,300	1,000	0,700
<i>K2.5</i>	MAX	0,889	0,000	0,556	1,000	0,556
<i>K3.1</i>	MAX	0,169	1,000	0,456	0,210	0,000
<i>K3.2</i>	MIN	0,583	1,000	0,613	0,596	0,000
<i>K3.3</i>	MIN	0,000	0,342	0,517	1,000	0,829
<i>K3.4</i>	MAX	1,000	0,308	0,154	0,000	0,077
<i>K3.5</i>	MAX	1,000	0,375	0,000	0,000	0,250
<i>K4.1</i>	MAX	1,000	0,000	0,056	0,556	0,167
<i>K4.2</i>	MIN	0,000	0,779	1,000	0,736	0,861
<i>K4.3</i>	MAX	1,000	0,029	0,000	0,214	0,143
<i>K4.4</i>	MAX	1,000	0,071	0,000	0,286	0,143
<i>K5.1</i>	MAX	1,000	1,000	1,000	0,000	0,667
<i>K5.2</i>	MAX	1,000	0,000	1,000	0,667	0,667
<i>K5.3</i>	MAX	1,000	0,500	0,000	0,250	0,667
<i>K5.4</i>	MAX	1,000	0,750	0,000	0,250	0,125
<i>K5.5</i>	MAX	1,000	0,364	0,000	0,182	0,091
			<i>Si</i>			
<i>K1.1</i>	MIN	0,006	0,029	0,035	0,026	0,000
<i>K1.2</i>	MIN	0,026	0,034	0,034	0,000	0,017
<i>K1.3</i>	MAX	0,000	0,033	0,033	0,033	0,033
<i>K1.4</i>	MAX	0,035	0,000	0,008	0,010	0,009
<i>K1.5</i>	MAX	0,036	0,000	0,004	0,018	0,007
<i>K1.6</i>	MAX	0,041	0,000	0,015	0,005	0,026
<i>K1.7</i>	MAX	0,006	0,036	0,028	0,000	0,030
<i>K2.1</i>	MAX	0,017	0,000	0,034	0,043	0,021
<i>K2.2</i>	MIN	0,000	0,029	0,043	0,014	0,023
<i>K2.3</i>	MIN	0,027	0,000	0,009	0,036	0,027
<i>K2.4</i>	MAX	0,022	0,000	0,009	0,032	0,022
<i>K2.5</i>	MAX	0,028	0,000	0,017	0,031	0,017
<i>K3.1</i>	MAX	0,007	0,042	0,019	0,009	0,000
<i>K3.2</i>	MIN	0,028	0,047	0,029	0,028	0,000
<i>K3.3</i>	MIN	0,000	0,015	0,022	0,043	0,035
<i>K3.4</i>	MAX	0,040	0,012	0,006	0,000	0,003
<i>K3.5</i>	MAX	0,047	0,018	0,000	0,000	0,012
<i>K4.1</i>	MAX	0,038	0,000	0,002	0,021	0,006
<i>K4.2</i>	MIN	0,000	0,037	0,047	0,035	0,041
<i>K4.3</i>	MAX	0,041	0,001	0,000	0,009	0,006
<i>K4.4</i>	MAX	0,037	0,003	0,000	0,011	0,005
<i>K5.1</i>	MAX	0,036	0,036	0,036	0,000	0,024
<i>K5.2</i>	MAX	0,035	0,000	0,035	0,024	0,024
<i>K5.3</i>	MAX	0,035	0,017	0,000	0,009	0,023
<i>K5.4</i>	MAX	0,041	0,030	0,000	0,010	0,005
<i>K5.5</i>	MAX	0,036	0,013	0,000	0,007	0,003

Tablo 4.11. (Devam) COCOSO analiz bulguları

		<i>Pi</i>				
<i>K1.1</i>	MIN	1,110	1,097	1,093	1,099	1,113
<i>K1.2</i>	MIN	1,049	1,039	1,040	1,070	1,058
<i>K1.3</i>	MAX	1,037	1,047	1,047	1,047	1,047
<i>K1.4</i>	MAX	1,095	1,082	1,086	1,086	1,086
<i>K1.5</i>	MAX	1,083	1,074	1,075	1,079	1,076
<i>K1.6</i>	MAX	1,082	1,070	1,075	1,072	1,078
<i>K1.7</i>	MAX	1,067	1,083	1,080	1,063	1,081
<i>K2.1</i>	MAX	1,101	1,082	1,115	1,120	1,105
<i>K2.2</i>	MIN	1,197	1,188	1,183	1,192	1,190
<i>K2.3</i>	MIN	1,025	1,046	1,040	1,015	1,025
<i>K2.4</i>	MAX	1,054	1,043	1,048	1,057	1,054
<i>K2.5</i>	MAX	1,059	1,050	1,056	1,060	1,056
<i>K3.1</i>	MAX	0,939	0,971	0,953	0,942	0,928
<i>K3.2</i>	MIN	1,170	1,114	1,167	1,168	1,205
<i>K3.3</i>	MIN	0,971	0,957	0,948	0,899	0,923
<i>K3.4</i>	MAX	1,092	1,082	1,080	1,077	1,079
<i>K3.5</i>	MAX	1,107	1,100	1,096	1,096	1,099
<i>K4.1</i>	MAX	1,089	1,068	1,070	1,081	1,073
<i>K4.2</i>	MIN	1,039	0,992	0,963	0,996	0,983
<i>K4.3</i>	MAX	1,198	1,108	1,099	1,142	1,131
<i>K4.4</i>	MAX	1,080	1,064	1,063	1,068	1,066
<i>K5.1</i>	MAX	1,041	1,041	1,041	0,000	1,025
<i>K5.2</i>	MAX	1,059	1,025	1,059	1,050	1,050
<i>K5.3</i>	MAX	1,305	1,298	1,290	1,294	1,300
<i>K5.4</i>	MAX	1,091	1,089	1,082	1,085	1,083
<i>K5.5</i>	MAX	1,076	1,069	1,064	1,066	1,065

COCOSO sonuçlarına göre tüm kriterlerin birlikte ele alındığı genel çevre yönetim performansı en yüksek çıkan havaalanı IST olarak bulunmuştur. Çevre yönetim performansı bakımından ikinci en iyi havaalanı AYT olurken, üçüncü havaalanı SAW, dördüncü havaalanı ADB, beşinci havaalanı ise ESB olmuştur. Sıralı halde çevre yönetim performans tablosu son sıradan ilk sıraya doğru koyulaşacak şekilde yeşille renklendirilerek Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. COCOSO yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması

	ka	kb	kc	Skor	Sıralama
İstanbul	0,204	2,628	1,000	2,090	1
Antalya	0,201	2,150	0,983	1,862	2
Sabiha Gökçen	0,200	2,064	0,980	1,822	3
İzmir	0,201	2,039	0,983	1,813	4
Ankara	0,194	2,074	0,948	1,797	5

MARCOS yönteminde ise 3.12 ve 3.13 formülleriyle ideal ve ideal olmayan çözüm noktaları hesaplanarak başlangıç karar matrisi genişletilmiştir. 3.14 ve 3.15 formülleriyle bu matris normalize edilmiştir. Bu matris önceden SWARA ile bulunan ağırlıklarla 3.16 formülünde gösterildiği gibi çarpılmıştır. 3.17 ve 3.18 formülleri kullanılarak alternatiflerin fayda dereceleri ideal ve anti ideal çözümler için belirlenmiştir. Daha sonra 3.19, 3.20 ve 3.21 formüllerine göre alternatiflerin fayda fonksiyonları hesaplanmıştır. Fayda fonksiyonuna göre en büyük olan en iyi alternatif olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.13. *MARCOS analiz bulguları*

<i>Normalize karar matrisi</i>								
	Yön	IST	SAW	AYT	ESB	ADB	İdeal çözüm	Anti-ideal çözüm
K1.1	MIN	0,638	0,891	1,000	0,849	0,591	1,000	0,591
K1.2	MIN	0,759	1,000	0,979	0,424	0,591	1,000	0,424
K1.3	MAX	0,750	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,750
K1.4	MAX	1,000	0,709	0,778	0,790	0,786	1,000	0,709
K1.5	MAX	1,000	0,787	0,809	0,894	0,830	1,000	0,787
K1.6	MAX	1,000	0,765	0,853	0,794	0,912	1,000	0,765
K1.7	MAX	0,652	1,000	0,913	0,587	0,935	1,000	0,587
K2.1	MAX	0,661	0,443	0,891	1,000	0,721	1,000	0,443
K2.2	MIN	0,769	0,909	1,000	0,833	0,877	1,000	0,769
K2.3	MIN	0,750	0,429	0,500	1,000	0,750	1,000	0,429
K2.4	MAX	0,897	0,655	0,759	1,000	0,897	1,000	0,655
K2.5	MAX	0,970	0,727	0,879	1,000	0,879	1,000	0,727
K3.1	MAX	0,450	1,000	0,640	0,477	0,338	1,000	0,338
K3.2	MIN	0,362	1,000	0,379	0,369	0,191	1,000	0,191
K3.3	MIN	0,163	0,229	0,288	1,000	0,534	1,000	0,163
K3.4	MAX	1,000	0,804	0,761	0,717	0,739	1,000	0,717
K3.5	MAX	1,000	0,884	0,814	0,814	0,860	1,000	0,814
K4.1	MAX	1,000	0,609	0,630	0,826	0,674	1,000	0,609
K4.2	MIN	0,203	0,536	1,000	0,491	0,647	1,000	0,203
K4.3	MAX	1,000	0,150	0,125	0,313	0,250	1,000	0,125
K4.4	MAX	1,000	0,675	0,650	0,750	0,700	1,000	0,650
K5.1	MAX	1,000	1,000	1,000	0,000	0,667	1,000	0,000
K5.2	MAX	1,000	0,400	1,000	0,800	0,800	1,000	0,400
K5.3	MAX	1,000	0,857	0,714	0,786	0,905	1,000	0,714
K5.4	MAX	1,000	0,953	0,814	0,860	0,837	1,000	0,814
K5.5	MAX	1,000	0,821	0,718	0,769	0,744	1,000	0,718

Tablo 4.13. (Devam) MARCOS analiz bulguları

<i>Ağırlıklı normalize matris</i>								
K1.1	MIN	0,022	0,031	0,035	0,030	0,021	0,035	0,021
K1.2	MIN	0,026	0,034	0,034	0,015	0,020	0,034	0,015
K1.3	MAX	0,025	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,025
K1.4	MAX	0,035	0,025	0,027	0,028	0,028	0,035	0,025
K1.5	MAX	0,036	0,028	0,029	0,032	0,030	0,036	0,028
K1.6	MAX	0,041	0,031	0,035	0,033	0,038	0,041	0,031
K1.7	MAX	0,023	0,036	0,033	0,021	0,034	0,036	0,021
K2.1	MAX	0,028	0,019	0,038	0,043	0,031	0,043	0,019
K2.2	MIN	0,033	0,039	0,043	0,036	0,038	0,043	0,033
K2.3	MIN	0,027	0,015	0,018	0,036	0,027	0,036	0,015
K2.4	MAX	0,028	0,021	0,024	0,032	0,028	0,032	0,021
K2.5	MAX	0,030	0,023	0,027	0,031	0,027	0,031	0,023
K3.1	MAX	0,019	0,042	0,027	0,020	0,014	0,042	0,014
K3.2	MIN	0,017	0,047	0,018	0,018	0,009	0,047	0,009
K3.3	MIN	0,007	0,010	0,012	0,043	0,023	0,043	0,007
K3.4	MAX	0,040	0,032	0,030	0,028	0,029	0,040	0,028
K3.5	MAX	0,047	0,042	0,038	0,038	0,041	0,047	0,038
K4.1	MAX	0,038	0,023	0,024	0,032	0,026	0,038	0,023
K4.2	MIN	0,010	0,025	0,047	0,023	0,031	0,047	0,010
K4.3	MAX	0,041	0,006	0,005	0,013	0,010	0,041	0,005
K4.4	MAX	0,037	0,025	0,024	0,028	0,026	0,037	0,024
K5.1	MAX	0,036	0,036	0,036	0,000	0,024	0,036	0,000
K5.2	MAX	0,035	0,014	0,035	0,028	0,028	0,035	0,014
K5.3	MAX	0,035	0,030	0,025	0,027	0,031	0,035	0,025
K5.4	MAX	0,041	0,039	0,033	0,035	0,034	0,041	0,033
K5.5	MAX	0,036	0,029	0,026	0,028	0,027	0,036	0,026

Tablo 4.14, MARCOS yöntemi bulgularına göre yeşil yönetim performans sıralamasını göstermektedir. Buna göre en iyi performans gösteren havaalanı yine IST olmuştur. Genel çevre yönetim performansına göre ikinci sırada AYT yer alırken, üçüncü sırada SAW, dördüncü sırada ESB, son sırada ise ADB yer almıştır.

Tablo 4.14. MARCOS yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması

	Si	K-	K+	f(K-)	f(K+)	f(Ki)	Sıralama
İstanbul	0,7939	1,4890	0,7939	0,3478	0,6522	0,6697	1
Antalya	0,7576	1,4209	0,7576	0,3478	0,6522	0,6391	2
Sabiha Gökçen	0,7365	1,3814	0,7365	0,3478	0,6522	0,6213	3
Ankara	0,7284	1,3662	0,7284	0,3478	0,6522	0,6145	4
İzmir	0,7064	1,3250	0,7064	0,3478	0,6522	0,5959	5
İdeal çözüm	1						
Anti-ideal çözüm	0,5332						

TOPSIS yönteminde 3.22 formülü ile karar matrisi normalize edilmiştir. Sonrasında 3.23 formülüne göre ağırlıklarla bu matris çarpılarak ağırlıklı normalize matris oluşturulmuştur. Pozitif ve negatif ideal çözümler 3.24 ve 3.25 formülleriyle hesaplanmıştır. Bu çözümlerin Öklid uzayındaki uzaklıkları 3.26 ve 3.27 formülleriyle hesaplanmıştır. Son olarak 3.28 formülüne göre ideal çözüme göreli yakınlıklar bulunmuş ve büyükten küçüğe göre alternatifler sıralanmıştır.

Tablo 4.15. TOPSIS analiz bulguları

<i>Normalize karar matrisi</i>						
	Yön	İST	SAW	AYT	ESB	ADB
K1.1	MIN	0,524	0,375	0,334	0,393	0,565
K1.2	MIN	0,377	0,286	0,292	0,675	0,484
K1.3	MAX	0,351	0,468	0,468	0,468	0,468
K1.4	MAX	0,547	0,387	0,425	0,431	0,429
K1.5	MAX	0,516	0,406	0,417	0,461	0,428
K1.6	MAX	0,515	0,394	0,439	0,409	0,469
K1.7	MAX	0,350	0,536	0,490	0,315	0,501
K2.1	MAX	0,385	0,258	0,519	0,583	0,420
K2.2	MIN	0,505	0,427	0,388	0,466	0,442
K2.3	MIN	0,356	0,624	0,535	0,267	0,356
K2.4	MAX	0,472	0,345	0,399	0,526	0,472
K2.5	MAX	0,484	0,363	0,439	0,499	0,439
K3.1	MAX	0,322	0,715	0,458	0,341	0,242
K3.2	MIN	0,390	0,141	0,372	0,382	0,737
K3.3	MIN	0,716	0,511	0,406	0,117	0,219
K3.4	MAX	0,552	0,444	0,420	0,396	0,408
K3.5	MAX	0,510	0,451	0,415	0,415	0,439
K4.1	MAX	0,587	0,357	0,370	0,485	0,395
K4.2	MIN	0,829	0,314	0,169	0,343	0,260
K4.3	MAX	0,914	0,137	0,114	0,285	0,228
K4.4	MAX	0,584	0,394	0,380	0,438	0,409
K5.1	MAX	0,539	0,539	0,539	0,000	0,359
K5.2	MAX	0,539	0,216	0,539	0,431	0,431
K5.3	MAX	0,521	0,447	0,372	0,410	0,472
K5.4	MAX	0,499	0,476	0,406	0,430	0,418
K5.5	MAX	0,547	0,449	0,393	0,421	0,407

Tablo 4.15. (Devam) TOPSIS analiz bulguları

<i>Ağırlıklı normalize matris</i>						
<i>K1.1</i>	MIN	0,018	0,013	0,012	0,014	0,020
<i>K1.2</i>	MIN	0,013	0,010	0,010	0,023	0,017
<i>K1.3</i>	MAX	0,012	0,015	0,015	0,015	0,015
<i>K1.4</i>	MAX	0,019	0,014	0,015	0,015	0,015
<i>K1.5</i>	MAX	0,018	0,014	0,015	0,016	0,015
<i>K1.6</i>	MAX	0,021	0,016	0,018	0,017	0,019
<i>K1.7</i>	MAX	0,013	0,019	0,018	0,011	0,018
<i>K2.1</i>	MAX	0,016	0,011	0,022	0,025	0,018
<i>K2.2</i>	MIN	0,022	0,018	0,017	0,020	0,019
<i>K2.3</i>	MIN	0,013	0,022	0,019	0,010	0,013
<i>K2.4</i>	MAX	0,015	0,011	0,013	0,017	0,015
<i>K2.5</i>	MAX	0,015	0,011	0,014	0,015	0,014
<i>K3.1</i>	MAX	0,013	0,030	0,019	0,014	0,010
<i>K3.2</i>	MIN	0,019	0,007	0,018	0,018	0,035
<i>K3.3</i>	MIN	0,031	0,022	0,017	0,005	0,009
<i>K3.4</i>	MAX	0,022	0,018	0,017	0,016	0,016
<i>K3.5</i>	MAX	0,024	0,021	0,020	0,020	0,021
<i>K4.1</i>	MAX	0,023	0,014	0,014	0,019	0,015
<i>K4.2</i>	MIN	0,039	0,015	0,008	0,016	0,012
<i>K4.3</i>	MAX	0,038	0,006	0,005	0,012	0,009
<i>K4.4</i>	MAX	0,022	0,015	0,014	0,016	0,015
<i>K5.1</i>	MAX	0,020	0,020	0,020	0,000	0,013
<i>K5.2</i>	MAX	0,019	0,008	0,019	0,015	0,015
<i>K5.3</i>	MAX	0,018	0,016	0,013	0,014	0,016
<i>K5.4</i>	MAX	0,020	0,019	0,016	0,017	0,017
<i>K5.5</i>	MAX	0,020	0,016	0,014	0,015	0,015
<i>İdeal ve negatif ideal çözümler</i>						
		V+	V-			
<i>K1.1</i>	MIN	0,012	0,020			
<i>K1.2</i>	MIN	0,010	0,023			
<i>K1.3</i>	MAX	0,015	0,012			
<i>K1.4</i>	MAX	0,019	0,014			
<i>K1.5</i>	MAX	0,018	0,014			
<i>K1.6</i>	MAX	0,021	0,016			
<i>K1.7</i>	MAX	0,019	0,011			
<i>K2.1</i>	MAX	0,025	0,011			
<i>K2.2</i>	MIN	0,017	0,022			
<i>K2.3</i>	MIN	0,010	0,022			
<i>K2.4</i>	MAX	0,017	0,011			
<i>K2.5</i>	MAX	0,015	0,011			
<i>K3.1</i>	MAX	0,030	0,010			
<i>K3.2</i>	MIN	0,007	0,035			
<i>K3.3</i>	MIN	0,005	0,031			
<i>K3.4</i>	MAX	0,022	0,016			
<i>K3.5</i>	MAX	0,024	0,020			
<i>K4.1</i>	MAX	0,023	0,014			
<i>K4.2</i>	MIN	0,008	0,039			
<i>K4.3</i>	MAX	0,038	0,005			
<i>K4.4</i>	MAX	0,022	0,014			
<i>K5.1</i>	MAX	0,020	0,000			
<i>K5.2</i>	MAX	0,019	0,008			
<i>K5.3</i>	MAX	0,018	0,013			
<i>K5.4</i>	MAX	0,020	0,016			
<i>K5.5</i>	MAX	0,019	0,014			

Tablo 4.16, TOPSIS yöntemine göre yüksekten düşüğe doğru havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralamasını göstermektedir. Buna göre genel çevre yönetim performansında bu kez AYT ilk sırada yer alırken, SAW ikinci sırada, IST üçüncü sırada, ESB dördüncü sırada, ADB ise son sırada yer almıştır.

Tablo 4.16. TOPSIS yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması

	Si+	Si-	P skoru	Sıralama
Antalya	0,0433	0,0501	0,5363	1
Sabiha Gökçen	0,0462	0,0508	0,5238	2
İstanbul	0,0476	0,0497	0,5108	3
Ankara	0,0441	0,0457	0,5086	4
İzmir	0,0497	0,0415	0,4548	5

VIKOR yönteminde ise karar matrisine en iyi ve en kötü kriter satırları eklenmiştir. En iyi ve en kötü kriterler fayda ya da maliyet yönüne göre 3.29, 3.30, 3.31 ve 3.32 formüllerinde gösterildiği gibi belirlenmiştir. Daha sonra 3.33 formülüyle normalize karar matrisi, 3.34 formülüyle ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur. 3.35 ve 3.36 formülleriyle ortalama grup faydası (S_i) ve en büyük pişmanlık (R_i) değerleri hesaplanmıştır. Sonrasında maksimum grup faydasını ve karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını içeren Q_i değerleri 3.37 ve 3.38 formülleriyle hesaplanmıştır. q değeri 0,5 kabul edilerek alternatiflerin S_i , R_i ve Q_i değerleri sıralanmış, koşullar denetlenmiştir.

Tablo 4.17. VIKOR analiz bulguları

<i>Normalize karar matrisi ve en iyi en kötü değerler</i>								
	Yön	IST	SAW	AYT	ESB	ADB	fj +	fj -
<i>K1.1</i>	MIN	0,822	0,178	0,000	0,257	1,000	12,34	20,88
<i>K1.2</i>	MIN	0,233	0,000	0,016	1,000	0,510	3,04	7,18
<i>K1.3</i>	MAX	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,00	3,00
<i>K1.4</i>	MAX	0,000	1,000	0,764	0,723	0,736	13,40	9,50
<i>K1.5</i>	MAX	0,000	1,000	0,900	0,500	0,800	9,40	7,40
<i>K1.6</i>	MAX	0,000	1,000	0,625	0,875	0,375	6,80	5,20
<i>K1.7</i>	MAX	0,842	0,000	0,211	1,000	0,158	9,20	5,40
<i>K2.1</i>	MAX	0,609	1,000	0,196	0,000	0,501	14,37	6,37
<i>K2.2</i>	MIN	1,000	0,333	0,000	0,667	0,467	50,00	65,00
<i>K2.3</i>	MIN	0,250	1,000	0,750	0,000	0,250	1,50	3,50
<i>K2.4</i>	MAX	0,300	1,000	0,700	0,000	0,300	5,80	3,80
<i>K2.5</i>	MAX	0,111	1,000	0,444	0,000	0,444	6,60	4,80
<i>K3.1</i>	MAX	0,831	0,000	0,544	0,790	1,000	0,50	0,17
<i>K3.2</i>	MIN	0,417	0,000	0,387	0,404	1,000	9,80	51,19
<i>K3.3</i>	MIN	1,000	0,658	0,483	0,000	0,171	0,08	0,50
<i>K3.4</i>	MAX	0,000	0,692	0,846	1,000	0,923	9,20	6,60
<i>K3.5</i>	MAX	0,000	0,625	1,000	1,000	0,750	8,60	7,00
<i>K4.1</i>	MAX	0,000	1,000	0,944	0,444	0,833	9,20	5,60
<i>K4.2</i>	MIN	1,000	0,221	0,000	0,264	0,139	0,46	2,24
<i>K4.3</i>	MAX	0,000	0,971	1,000	0,786	0,857	80,00	10,00
<i>K4.4</i>	MAX	0,000	0,929	1,000	0,714	0,857	8,00	5,20
<i>K5.1</i>	MAX	0,000	0,000	0,000	1,000	0,333	3,00	0,00
<i>K5.2</i>	MAX	0,000	1,000	0,000	0,333	0,333	5,00	2,00
<i>K5.3</i>	MAX	0,000	0,500	1,000	0,750	0,333	2100,0	1500,0
<i>K5.4</i>	MAX	0,000	0,250	1,000	0,750	0,875	8,60	7,00
<i>K5.5</i>	MAX	0,000	0,636	1,000	0,818	0,909	7,80	5,60
<i>Ağırlıklı normalize matris</i>								
<i>K1.1</i>	MIN	0,022	0,031	0,035	0,030	0,021		
<i>K1.2</i>	MIN	0,026	0,034	0,034	0,015	0,020		
<i>K1.3</i>	MAX	0,025	0,033	0,033	0,033	0,033		
<i>K1.4</i>	MAX	0,035	0,025	0,027	0,028	0,028		
<i>K1.5</i>	MAX	0,036	0,028	0,029	0,032	0,030		
<i>K1.6</i>	MAX	0,041	0,031	0,035	0,033	0,038		
<i>K1.7</i>	MAX	0,023	0,036	0,033	0,021	0,034		
<i>K2.1</i>	MAX	0,028	0,019	0,038	0,043	0,031		
<i>K2.2</i>	MIN	0,033	0,039	0,043	0,036	0,038		
<i>K2.3</i>	MIN	0,027	0,015	0,018	0,036	0,027		
<i>K2.4</i>	MAX	0,028	0,021	0,024	0,032	0,028		
<i>K2.5</i>	MAX	0,030	0,023	0,027	0,031	0,027		
<i>K3.1</i>	MAX	0,019	0,042	0,027	0,020	0,014		
<i>K3.2</i>	MIN	0,017	0,047	0,018	0,018	0,009		
<i>K3.3</i>	MIN	0,007	0,010	0,012	0,043	0,023		
<i>K3.4</i>	MAX	0,040	0,032	0,030	0,028	0,029		
<i>K3.5</i>	MAX	0,047	0,042	0,038	0,038	0,041		
<i>K4.1</i>	MAX	0,038	0,023	0,024	0,032	0,026		
<i>K4.2</i>	MIN	0,010	0,025	0,047	0,023	0,031		
<i>K4.3</i>	MAX	0,041	0,006	0,005	0,013	0,010		
<i>K4.4</i>	MAX	0,037	0,025	0,024	0,028	0,026		
<i>K5.1</i>	MAX	0,036	0,036	0,036	0,000	0,024		
<i>K5.2</i>	MAX	0,035	0,014	0,035	0,028	0,028		
<i>K5.3</i>	MAX	0,035	0,030	0,025	0,027	0,031		
<i>K5.4</i>	MAX	0,041	0,039	0,033	0,035	0,034		
<i>K5.5</i>	MAX	0,036	0,029	0,026	0,028	0,027		

Tablo 4.18’de VIKOR yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması verilmiştir. Buna göre ilk sıradaki havaalanı IST olmuştur. İkinci sırada SAW, üçüncü sırada AYT, dördüncü sırada ESB, son sırada ise ADB havaalanları yer almıştır.

Tablo 4.18. VIKOR yöntemine göre havaalanlarının genel çevre yönetim performans sıralaması

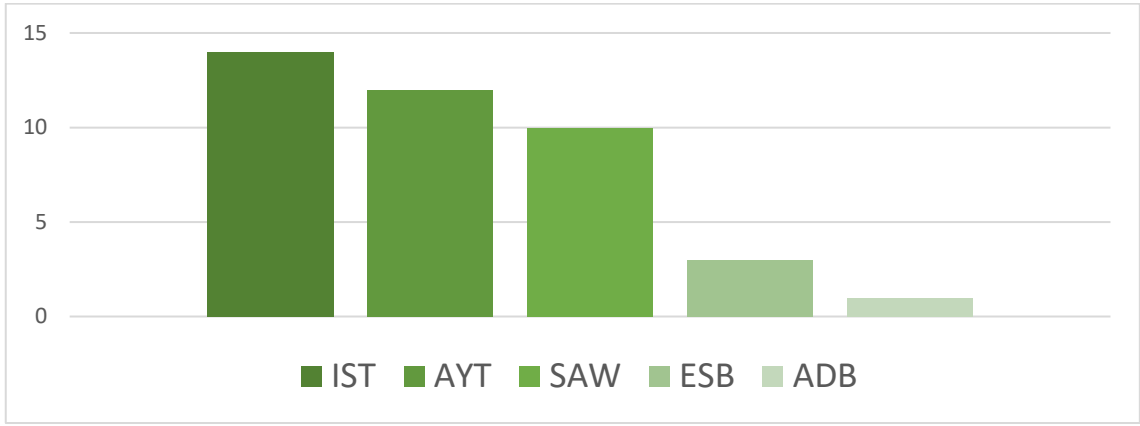
	Si	Ri	Qi	Sıralama
İstanbul	0,3357	0,0473	0,2409	1
Sabiha Gökçen	0,5675	0,0426	0,7130	2
Antalya	0,5319	0,0472	0,8394	3
Ankara	0,5485	0,0472	0,8904	4
İzmir	0,5795	0,0475	1,0000	5
S*,R*	0,3357	0,0426		
S-,R-	0,5795	0,0475		
dq=0,25				

Bulunan sıralamaları bütünleştirmek için Borda yöntemi kullanılmıştır. Borda yönteminde yöntem başlığında açıklanan işlem adımları uygulanarak dört yöntemle elde edilen sonuçlar birleştirilmiştir. Bir başka deyişle, sıralaması en iyi olana daha yüksek puan verilmesi ve bu skorların ortalamasının alınması neticesinde sonuçlar toplulaştırılmıştır. Bunun için her bir hücrede sonuncu sıra olan 5. sıradaki alternatife 0 puan verilmiş, bir üst sıradakine bir fazla puan verilmiş, böylece en üst sıradaki alternatife 4 puan verilmiştir. Daha sonra her bir alternatifin nihai Borda skorunu elde etmek için satırlar toplanmıştır. Borda skoru en yüksek çıkan havaalanı birinci sırada yer almıştır. Bu sayede nihai bir çevre yönetim performans sıralaması oluşturularak Tablo 4.19 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.19. Havaalanlarının bütünleşik genel çevre yönetim performansları

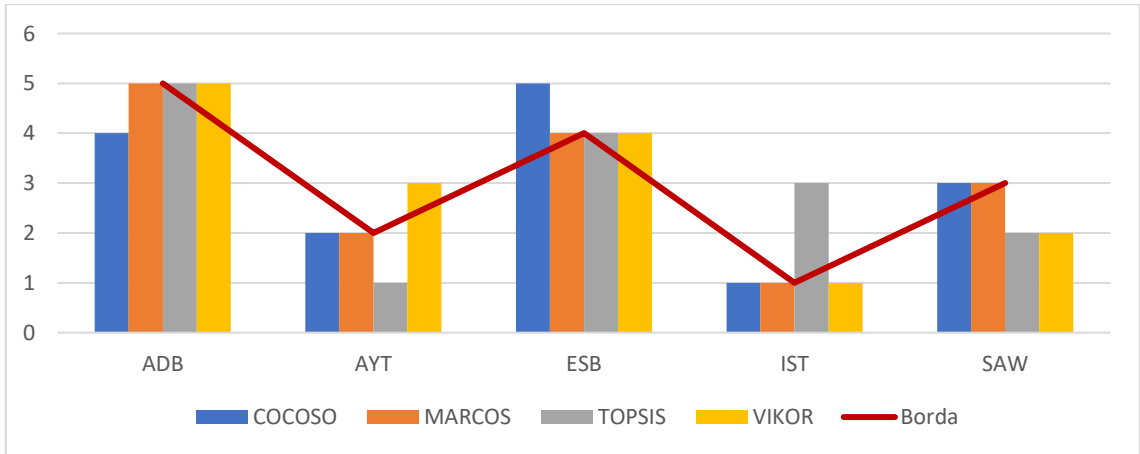
Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Standart sapma	Borda skoru	Borda sıralaması
İstanbul	1	1	3	1	1,0000	14	1
Antalya	2	2	1	3	0,8165	12	2
Sabiha Gökçen	3	3	2	2	0,5774	10	3
Ankara	5	4	4	4	0,5000	3	4
İzmir	4	5	5	5	0,5000	1	5

Buna göre tüm yöntemlerin sonuçları birleştirildiğinde en yüksek çevre yönetim performansına sahip havaalanı IST olmuştur. İkinci sırada AYT, üçüncü sırada SAW yer almıştır. ESB dördüncü sırayı alırken, son sırada ADB yer almıştır. Havaalanlarının genel çevre yönetim performanslarına ait nihai sonuçlar Borda skorları kullanılarak görselleştirilmiş ve havaalanları arasındaki çevre yönetim performansı farkı Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Buna göre ilk üç havaalanı ile son iki havaalanı arasındaki farkın göreceli olarak daha büyük olduğu görülmüştür. IST’nin toplam Borda skoru 14, AYT’nin skoru 12, SAW’ın skoru 10, ESB’nin skoru 3, ADB’nin skoru 1’dir.



Şekil 4.7. Türkiye’deki beş büyük havaalanının çevre yönetim performans skorları

Bu çalışmada elde edilen genel çevresel performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 4.8, COCOSO, MARCOS, TOPSIS, VIKOR ve bütünlük Borda yöntemlerinin uygulanması sonucunda elde edilen sıralama sonuçları arasındaki benzerlik ve farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4.8. Genel çevre yönetim performans sıralaması sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

Şekil 4.8 incelendiğinde, TOPSIS hariç tüm yöntemlerde IST'nin her zaman birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Farklı yöntemlerle yapılan analizler sonucunda havaalanlarının sıralamalarının az da olsa değişebildiği, ancak sıralama sonuçlarının tutarlı biçimde performansı yüksek olandan düşük olana doğru IST, AYT, SAW, ESB ve ADB şeklinde sıralandığı görülmektedir.

Ayrıca her bir havaalanının farklı yöntemlerdeki sıralamalarının standart sapması ve yöntemler arasındaki korelasyon da hesaplanarak Tablo 4.19 ve Tablo 4.20'de verilmiştir. Standart sapma değerleri tüm havaalanlarında 1 ve altında değerler almıştır. Bu değerler, sıralamaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Korelasyon değerleri incelendiğinde Tablo 4.20'ye göre en yüksek korelasyon COCOSO-MARCOS ve MARCOS-VIKOR yöntemleri arasında tespit edilmiştir (0,9). En düşük korelasyon ise COCOSO-TOPSIS ve VIKOR-TOPSIS yöntemleri arasında bulunmuştur (0,6).

Tablo 4.20. Yöntemler arası korelasyon değerleri

	<i>COCOSO</i>	<i>TOPSIS</i>	<i>VIKOR</i>	<i>MARCOS</i>
<i>COCOSO</i>	1	0,6	0,8	0,9
<i>TOPSIS</i>	0,6	1	0,6	0,7
<i>VIKOR</i>	0,8	0,6	1	0,9
<i>MARCOS</i>	0,9	0,7	0,9	1

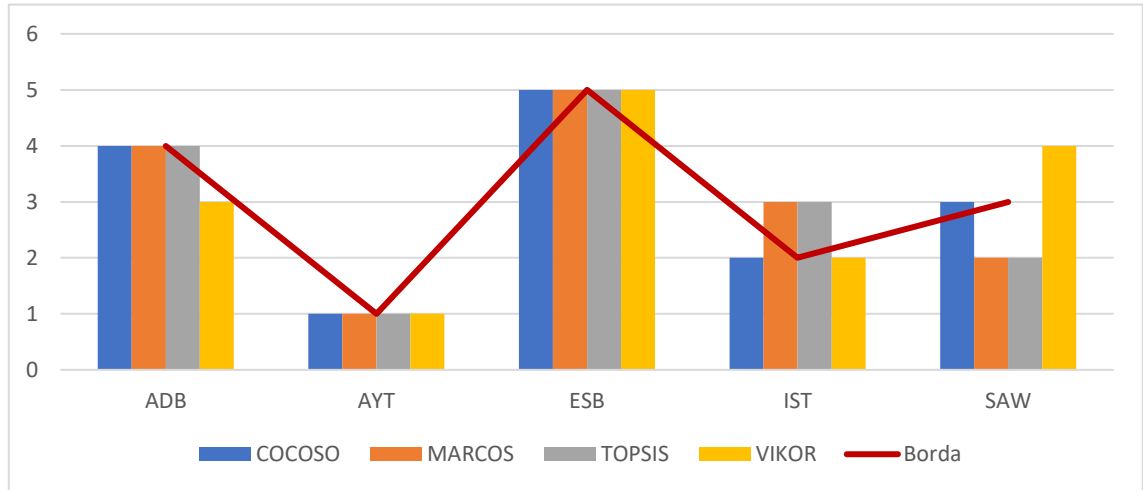
Araştırmada ayrıca her bir ana çevresel kriterdeki havaalanı performansları da değerlendirilmiştir. Bunun için yukarıdaki aynı işlemler tek tek her bir ana kriter içerisinde tekrarlanmıştır. Bunlara dair işlem adımları ve ilgili matrisler yukarıda verilenlerle aynı şekilde hesaplandığı için burada tekrar verilmemiş, sadece her bir ana kriterde yöntemlere göre havaalanlarının performans sıralamaları ve Borda skorlarıyla birlikte nihai performansları verilmiştir.

Tablo 4.21'de, beş büyük havaalanının karbon emisyonu ve enerji yönetimi (K1) ana kriterinde havaalanı performans sıralamaları her bir yönteme göre sınıflandırılmış ve nihai Borda skoru sıralamaları verilmiştir. Tablo 4.21'de AYT K1 kriterinde tüm yöntemlere göre ilk sırada çıkmış ve 4'er puandan toplam 16 puan alarak Borda sıralamasında da ilk sırada çıkmıştır. IST genel toplamda bu kriterde ikinci sırada, SAW üçüncü sırada, ADB dördüncü sırada, ESB ise son sırada bulunmaktadır.

Tablo 4.21. Havaalanlarının K1 ana kriterindeki performansları

Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Borda	Borda	
					skoru	sıralaması	
K1	İstanbul	2	3	3	2	10	2
	Sabiha Gökçen	3	2	2	4	9	3
	Antalya	1	1	1	1	16	1
	Ankara	5	5	5	5	0	5
	İzmir	4	4	4	3	5	4

Bu çalışmada elde edilen karbon emisyonu ve enerji yönetimi (K1) kriterindeki performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları Şekil 4.9'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.9. K1 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

Şekil 4.9'a göre ADB, AYT ve ESB'nin K1 kriterindeki performansları tüm yöntemlerde aynı kalmıştır. IST ve SAW'da ise yöntemlere göre küçük farklılıklar ortaya çıksa da sıralamanın AYT, IST, SAW, ADB ve ESB şeklinde tutarlılık gösterdiği görülmektedir.

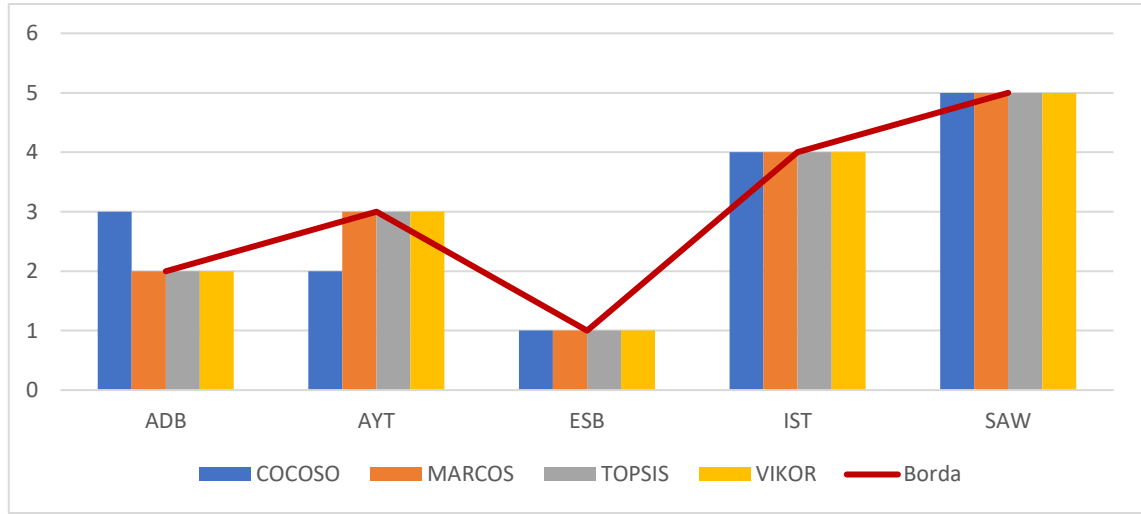
Tablo 4.22'den 4.25'e kadar olan tablolar, sırasıyla gürültü (K2), su ve atık yönetimi (K3), biyoçeşitlilik (K4) ve yeşil yönetim (K5) ana kriterlerinde her bir havaalanının dört yönetime göre çevre yönetim performans sıralamalarını ve bütünlük çevre yönetim performanslarını göstermektedir.

Tablo 4.22'ye göre gürültü yönetimi ana kriterinde ESB en başarılı olup birinci sırada yer almıştır. Bu ana kriterde ikinci sırada ADB, üçüncü sırada AYT, dördüncü sırada IST, son sırada ise SAW yer almıştır.

Tablo 4.22. Havaalanlarının K2 ana kriterindeki performansları

Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Borda	Borda
					skoru	sıralaması
İstanbul	4	4	4	4	4	4
Sabiha Gökçen	5	5	5	5	0	5
Antalya	2	3	3	3	9	3
Ankara	1	1	1	1	16	1
İzmir	3	2	2	2	11	2

Bu çalışmada elde edilen gürültü yönetimi (K2) kriterindeki performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları Şekil 4.10'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.10. K2 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

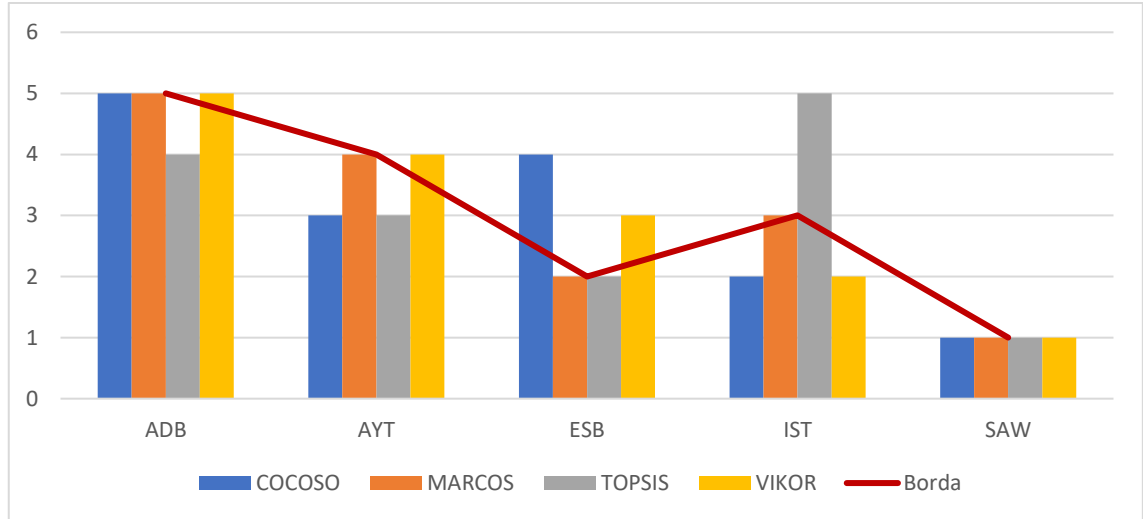
Şekil 4.10'a göre ESB, IST ve SAW'ın K2 kriterindeki performansları tüm yöntemlerde aynı kalmıştır. ADB ve AYT'de ise yöntemlere göre küçük farklılıklar ortaya çıksa da sıralamanın ESB, ADB, AYT, IST ve SAW şeklinde tutarlılık gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.23 incelendiğinde su ve atık yönetimi ana kriterinde SAW ilk sırada yer almıştır. İkinci sırada ESB, üçüncü sırada IST, dördüncü sırada AYT, son sırada ise ADB yer almıştır.

Tablo 4.23. Havaalanlarının K3 ana kriterindeki performansları

Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Borda skoru	Borda sıralaması
İstanbul	2	3	5	2	8	3
Sabiha Gökçen	1	1	1	1	16	1
K3 Antalya	3	4	3	4	6	4
Ankara	4	2	2	3	9	2
İzmir	5	5	4	5	1	5

Bu çalışmada elde edilen su ve atık yönetimi (K3) kriterindeki performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları Şekil 4.11’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.11. K3 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

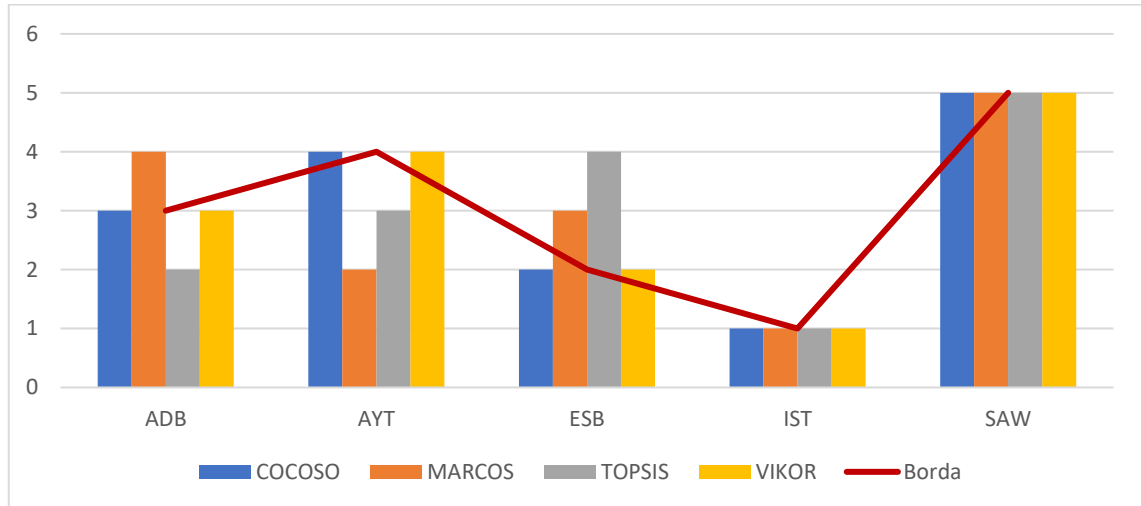
Şekil 4.11’e göre SAW’ın K3 kriterindeki performans sıralaması tüm yöntemlerde sabit kalmıştır. Diğer havaalanlarının sıralamalarının yöntemlere göre küçük değişiklikler olduğu görülmüştür. Sadece TOPSIS yöntemine göre IST bu kriterde sonuncu çıkmış, ancak kalan üç yöntemde ikinci ya da üçüncü sırada yer almıştır. Borda’nın sıralaması olan üçüncü sıra IST için dikkate alınmıştır. Diğer tüm yöntemlerde sıralama SAW, ESB, IST, AYT, ADB şeklinde tutarlılık göstermektedir.

Biyoçeşitlilik yönetimiyle ilgili Borda skoru ve sıralamalarını gösteren Tablo 4.24’e göre en iyi performans gösteren havaalanı IST’dir. İkinci sırada ESB, üçüncü sırada ADB, dördüncü sırada AYT ve son sırada ise SAW yer almıştır.

Tablo 4.24. Havaalanlarının K4 ana kriterindeki performansları

Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Borda skoru	Borda sıralaması
K4						
İstanbul	1	1	1	1	16	1
Sabiha Gökçen	5	5	5	5	0	5
Antalya	4	2	3	4	7	4
Ankara	2	3	4	2	9	2
İzmir	3	4	2	3	8	3

Bu çalışmada elde edilen biyoçeşitlilik yönetimi (K4) kriterindeki performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları Şekil 4.12’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.12. K4 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

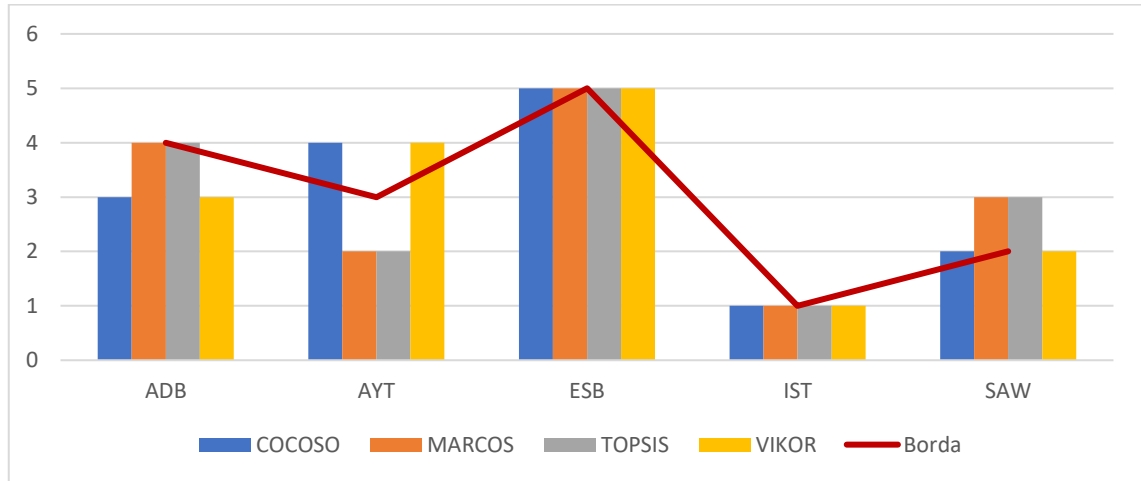
Şekil 4.12’ye göre IST ve SAW’ın K4 kriterindeki performansları tüm yöntemlerde aynı kalmıştır. Diğer havaalanlarında ise yöntemlere göre küçük farklılıklar ortaya çıksa da sıralamanın IST, ESB, ADB, AYT ve SAW şeklinde tutarlılık gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.25’de gösterilen bulgulara göre yeşil yönetim performans sıralamasında birinci IST olmuştur. İkinci sırada SAW, üçüncü sırada AYT, dördüncü sırada ADB, son sırada ise ESB yer almıştır.

Tablo 4.25. Havaalanlarının K5 ana kriterindeki performansları

Alternatifler	COCOSO	MARCOS	TOPSIS	VIKOR	Borda skoru	Borda sıralaması
İstanbul	1	1	1	1	16	1
Sabiha Gökçen	2	3	3	2	10	2
K5 Antalya	4	2	2	4	8	3
Ankara	5	5	5	5	0	5
İzmir	3	4	4	3	6	4

Bu çalışmada elde edilen yeşil yönetim (K5) kriterindeki performans sıralamasına ait bulguları doğrulamak için her bir ÇKKV yönteminde elde edilen sıralama sonuçlarıyla bütünlük Borda sıralama sonuçları Şekil 4.13’de karşılaştırılmıştır.

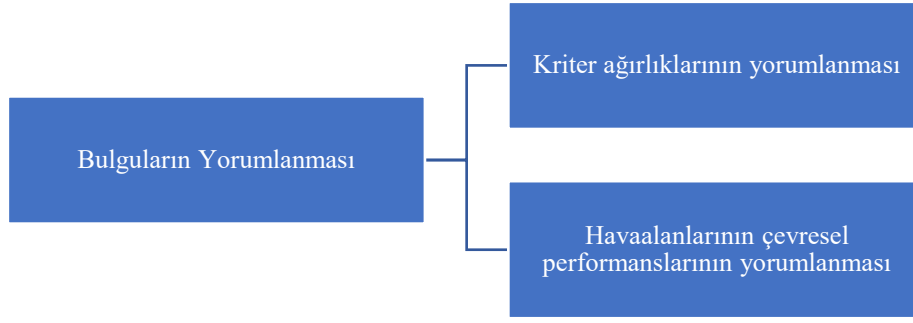


Şekil 4.13. K5 kriterindeki sıralama sonuçlarının yöntemlere göre karşılaştırılması

Şekil 4.13’e göre ESB ve IST’nin K5 kriterindeki performansları tüm yöntemlerde aynı kalmıştır. Diğer havaalanlarında ise yöntemlere göre küçük farklılıklar ortaya çıksa da sıralamanın IST, SAW, AYT, ADB ve ESB şeklinde tutarlılık gösterdiği görülmektedir.

4.3. Bulguların Yorumlanması

Bu kısımda elde edilen araştırma bulguları literatürle tartışılarak yorumlanmıştır. Bulguların literatür tartışması ile birlikte yorumlanması Şekil 4.8’de gösterildiği gibi iki başlıkta ele alınmıştır.



Şekil 4.14. Bulguların yorumlanması

4.3.1. Kriter ağırlıklarının yorumlanması

Bu tez çalışmasında, havaalanları için kullanılabilir kapsamlı ve bütünlüklü çevresel değerlendirme kriterleri ortaya konulmuş ve Türkiye’deki büyük havaalanlarının çevresel performansları bu kriterlere göre değerlendirilmiştir. Büyük havaalanlarının neden olduğu çevresel etkiler diğerlerine göre çok daha anlamlı olduğundan dolayı, bu havaalanlarının çevre pratiklerini incelemek, eksik ya da başarılı oldukları noktaları bilimsel yöntemlerle ortaya koymak önem arz etmektedir. Literatürde havaalanlarının çevre performansları farklı yöntem ve/veya örneklem gruplarıyla araştırılmış olup bu çalışma Tablo 3.3 ve Şekil 3.2’de gösterildiği üzere aşağıdaki kriterleri değerlendirmeye katması bakımından özgünlük taşımaktadır:

- Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi (K2.1)
- Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı (K2.3)
- Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği seviyesi (K2.4)
- Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği (K2.5)
- Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği (K3.4)
- Atığın kaynağında azaltılması (K3.5)
- Çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetlerinin etkinliği (K4.4)
- Terminal binasının LEED sertifika seviyesi (K5.1)
- Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı (K5.5)

Önerilen kriterlerin önemli bir kısmı gürültü yönetimi kriterleridir. Kullanılan toplam beş gürültü kriterinden dördü (K2.1, K2.3, K2.4, K2.5) bu çalışmada önerilmiştir. Bu dört kriterin önem sıralamasındaki yerleri ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sıralardır. Su ve atık yönetimi kriterinde K3.4 ve K3.5 kriterleri önerilmiş olup önem sıralamasındaki

yerleri sırasıyla beşinci ve ikinci sıralardır. Biyoçeşitlilik yönetimi kriterinde K4.4 kriteri önerilmiş olup bu kriter diğer biyoçeşitlilik kriterleri arasında en az öneme sahip bulunmuştur. Yeşil yönetim kriterinde ise 5.1 ve 5.5 kriterleri bu çalışmada önerilmiş, önem sıraları sırasıyla ikinci ve üçüncü olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada havaalanlarının çevresel performanslarını etkileyebilecek önemli kriterler önerilmiştir. K2.1, K3.5 ve K5.1 bu kriterlerdendir.

Literatürde havaalanlarının çevresel performanslarını değerlendiren çalışmalar farklı yöntemler kullansa da çevre performansının değerlendirilmesinde bazı ortak çevresel kriterler/göstergeler kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaya benzer çalışmalarda elde edilen çevresel performans kriterlerinin içeriklerinin ve ağırlıklarının bu çalışmanın sonuçlarıyla kıyaslanması önem arz etmektedir.

Tablo 5.1, literatürdeki benzer çalışmalarda havaalanları için kullanılan çevresel kriterleri ve tespit edilen ağırlıkları göstermektedir. 4.3.1'in alt başlıklarında bu tezin bulgularıyla özellikle Tablo 5.1'de yer alan ve benzer konu ve yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların bulguları karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.26. Literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan yeşil kriterler ve ağırlıkları

<i>Kaynak</i>	<i>Kriterler</i>	<i>Ağırlıklar</i>
<i>(Chao vd., 2017)</i>	Yeşil havaalanı tasarımı	0,270
	Havaalanı operasyonlarında enerji tasarrufu ve karbon azaltımı	0,325
	Yenilenebilir kaynakların kullanımı	0,150
	Havaalanı çevresel sürdürülebilirlik yönetimi	0,255
<i>(Kılış ve Kılış, 2016)</i>	Havaalanı hizmet ve kalitesi	0,2
	Enerji tüketimi ve üretimi	0,2
	CO ₂ emisyonu ve azaltma planlaması	0,2
	Çevresel yönetim ve biyoçeşitlilik	0,2
	Atmosfer ve düşük emisyonlu taşımacılık	0,2
<i>(Kumar vd., 2020)</i>	Hava ve gürültü kontrolü	0,122
	Yeşil bina ve altyapı	0,226
	Atık yönetimi ve geri dönüşüm pratikleri	0,077
	Çevre izleme ve kontrol	0,085
	Yeşil operasyon ve taşımacılık	0,116
	Personele yeşil eğitim	0,039
	Yeşil politikalar ve düzenlemeler	0,335
<i>(Lu vd., 2018)</i>	Karbon emisyonu azaltımı ve enerji tasarrufu	0,392
	Yeşil bina pratikleri	0,320
	Gürültüyü önleme ve izleme	0,288

4.3.1.1. Karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması

Bu tez çalışmasında uzman değerlendirmeleri sonucunda karbon emisyonu ve enerji yönetimi ana kriterinin, %25 ile havaalanlarının çevresel performansını belirleyen en önemli kriterler sıralamasında birinci sırada olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç literatürde birçok çalışma tarafından desteklenmektedir (Chao vd., 2017; Lu vd., 2018; Monsalud vd., 2015). Ayrıca karbon emisyonu ile ilgili kriterlerin önem derecesi bakımından literatürde %20'nin altına düşmediği görülmüştür. Bu ise havaalanı çevre performansı değerlendirmelerinde karbon emisyonlarının güçlü ve belirleyici bir kriter olduğunun göstergesidir. Bunun sebebini uçaklardan salınan sera gazı emisyonlarının ve enerji tüketimi sonucu ortaya çıkan emisyonların, küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle doğrudan ilişkili olması şeklinde açıklamak mümkündür. Bu tez çalışmasında karbon emisyonu ve enerji yönetiminin alt kriterleri içinde yenilenebilir enerji imkanlarının gelişmişliği birinci önem sırasında yer almıştır. Chao vd. (2017) ise benzer bir kriter olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ana kriter olarak değerlendirmiş ve sıralamadaki en önemsiz kriter olduğunu bulmuştur. Bu sonuç, yenilenebilir enerji kriterinin ancak bir alt kriter olmaya uygun olduğu düşüncesini desteklemektedir.

Kumar vd. (2020) uzman görüşüne dayalı 43 kriter kullanarak Hindistan'daki havaalanlarının çevre performansını değerlendirmiştir. Söz konusu çalışmada yeşil politika ve düzenlemelerin sıralamadaki en önemli kriter olduğu sonucuna ulaşılmış ve düzenlemeyle ilgili baskıların yeşil pratiklerin hayata geçirilmesinde önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir. Fakat bu tez kapsamında yapılan çalışmada ilgili kriterlerin havaalanlarının çevre performanslarını yansıtmak konusunda ölçülmesinin zor olacağı uzman görüşmelerinde belirtilmiştir. Bu nedenle yeşil politika ve düzenlemeler çevresel kriterler arasında değerlendirilmemiştir. Kılış ve Kılış (2016) ise çevresel kriterlerin yanı sıra operasyonel kriterlerin de kullanıldığı çalışmalarında tüm kriterleri eşit ağırlıkta değerlendirmişlerdir. Ayrıca söz konusu çalışmada havaalanlarının kontrol edebileceği kriterler üzerinde çalışmışlardır. Fakat bu tez kapsamında yapılan çalışmada farklı olarak sadece çevresel kriterler değerlendirilmiştir. Tez kapsamında kriterler seçilirken havaalanının performansını ölçmek amaçlandığı için havaalanı işletmecisinin doğrudan kontrol edemediği kriterler de kullanılmıştır. Örneğin havaalanına toplu taşımayla ulaşım kriteri bu kriterlerden biridir. Çünkü toplu taşıma yerel yönetimler tarafından karar verilen bir unsurken havaalanlarının çevresel performansını etkilemektedir. Tez çalışması kapsamında uzman görüşü önerileri doğrultusunda enerji ve emisyon kriterleri

birleştirilmiş ve yeşil bina tasarımıyla ilgili kriterler bu kriterin altında yer almıştır. Ferrulli (2016) ve Chao vd. (2017) bu tez çalışmasının sonuçlarına paralel olarak havaalanlarının sürdürülebilirlik performansları değerlendirilirken yeşil bina tasarımının ve mimarisinin kullanılması gereken kriterler olduğunu savunmaktadırlar.

4.3.1.2. Atık ve su yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması

Atık ve su yönetimi bu tez çalışmasında çevresel kriter sıralamasında en önemli ikinci kriter olarak bulunmuştur. Bu bulguyu, atıkların yakılması ya da çöp sahalarına gönderilmesinin devasa çöp yığınları, kötü koku, canlı çeşitliliğinin zarar görmesi, görüntü kirliliği ve fazladan sera gazı emisyonlarının oluşması gibi çevresel sorunlara neden olabileme potansiyeliyle açıklamak mümkündür. Ayrıca küresel ısınma nedeniyle su kaynaklarının azalması, suyun etkin ve verimli yönetilmesiyle ilgili bulguların öneminin artmasını açıklar niteliktedir. Literatürde Kumar vd. (2020) atık ve su yönetimiyle ilgili kriterleri ana kriter altında ele alsa da söz konusu kriterin çalışmalarında en önemli üç kriter arasında olmadığı görülmüştür. Lu vd. (2018) bu kriteri hiç değerlendirmeye almazken Kılış ve Kılış (2016) ise çevre yönetimi ve biyoçeşitlilik ana kriterinin alt kriterleri olarak değerlendirmiştir. Öte yandan su ve atık yönetiminin ana kriter olarak sıralamada orta üzerinde bir önem düzeyinde bulunmasında, alt kriterlerden yolcu başına yıllık harcanan su miktarı ve atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği kriterlerinin oldukça yüksek küresel ağırlık değerine sahip olmaları etkili olmuştur. Bu kriterlerden atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği, bu tez kapsamında önerilen özgün kriterlerden biridir. Sreenath vd. (2021) bu tez çalışmasını destekler biçimde su ve atık yönetiminin havaalanlarının çevresel yönetiminde kritik bir öneme sahip olduğunu belirtmiş ve atık ayrıştırma, azaltma, yeniden kullanma konusunda daha fazla araştırma yapılmasını önermiştir. Neto vd., (2020) da benzer şekilde literatürde özellikle emisyon ve gürültünün baskın şekilde çevresel göstergeler olarak kullanıldığını ifade ederek su ve atık yönetimi ve biyoçeşitlilik gibi diğer kriterler üzerinde daha fazla çalışılması gerektiğini savunmuştur.

4.3.1.3. Gürültü yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması

Gürültü, literatürde yaygın kullanılan çevre performans kriterlerinden biri olup birçok yazar havaalanı gürültüsünün etkisini farklı yönleriyle alarak gürültü etkilerini ve hafifletme yöntemlerini analiz etmiştir (Josimović vd., 2016; Lijesen vd., 2010; Ozkurt, 2014). Gürültü, sosyal bir boyut taşımasıyla beraber şehrin havaalanlarıyla bütünleştiği

günümüz havaalanlarında toplumun yaşam kalitesi, sağlık durumu, stres ve uykusuzluk seviyesi gibi birçok olumsuz etki barındırdığı için bu tez çalışmasında uzmanlarca değerlendirme kriterleri arasına alınmıştır. Bununla birlikte bu tez çalışmasında gürültü yönetimi beş ana kriter içinde üçüncü önem düzeyinde bulunmuş olup dördüncü sırada bulunan yeşil yönetim ana kriterine oldukça yakın bir ağırlık skoruna sahip olduğu bulunmuştur. Gürültü yönetiminde en önemli alt kriterin uçuş güzergahına en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi olduğu tespit edilmiştir. Sonrasında sıralanan tüm gürültü alt kriterleri bu tez çalışmasında önerilen havaalanından şehir merkezine kuş uçuşu mesafe ve etkilenen nüfusun oranı gibi kriterlerdir. Literatürde bu kriterlerin önemi üzerinde durulduğu ancak tam olarak bu tez çalışmasında kullanıldığı haliyle karar problemlerinde gürültü performans kriteri olarak kullanılmadığı görülmüştür. Ayrıca nicel gürültü kriterlerinin nitel gürültü kriterlerinden daha önemli olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin mesafe, gürültü ölçüm seviyesi, etkilenen nüfusun oranı gibi nicel ve objektif kriterlerle gürültünün değerlendirilmesinin daha rasyonel sonuçlar vermesi olduğu düşünülmektedir. Literatürdeki benzer çalışmalar incelendiğinde Kumar vd. (2020) çevre değerlendirmesinde ele aldığı yedi kriter arasından gürültüyü üçüncü önemli kriter olarak tespit etmişken, Lu vd. (2018) gürültüyü üç alt kriter içinde üçüncü önem sırasında ele almıştır. Chao vd. (2017) ise gürültü yönetimini alt kriter olarak değerlendirmiş, 16 kriter içinde en iyi 5. kriter olduğu bulunmuştur. Çalışmanın gürültüyle ilgili bulgularının literatürle genel anlamda benzerlik gösterdiğini söylemek mümkündür.

4.3.1.4. Yeşil yönetim kriterinin önem düzeyinin yorumlanması

Bu tez çalışmasında yeşil yönetim kriterinin dördüncü önem sırasında olduğu bulunmuştur. Yeşil yönetim kriterlerinin sertifikasyon, eğitim ve bilincin artırılması gibi süreç gerektiren ve dolaylı yoldan çevre performansını etkileyebilecek alt kriterlerden oluşması ve yönetimin finansal çıkarları karşısında çevresel konuların göz ardı edilebilmesi nedenleriyle bu kriterin daha az önemli bulunduğu düşünülmektedir. Yönetim ve biyoçeşitlilik kriterleri bu tez çalışmasında ayrı ana kriterler olarak ele alınmışken Kalkış ve Kalkış (2016) ve Chao vd. (2017) tarafından iki kriter birleştirilerek tek bir ana kriter şeklinde değerlendirilmiştir. Ana kriterler özelinde Kalkış ve Kalkış (2016) kriterler arasında eşit bir önem ağırlığı dağıtımı yaparken, Chao vd. (2017) bu yeşil yönetim kriterini dört ana kriter içinde üçüncü sırada ele almıştır. Kumar vd. (2020) yeşil yönetim yerine personele yeşil eğitim ana kriterini kullanırken yeşil yönetim kriterinin önem

düzeşini düşük seviyede bulunmuştur. Dolayısıyla literatürde yönetsel kriterlerin farklı ağırlıklara sahip olduğunu söylemek mümkündür. Yeşil yönetim içinde ise en önemli alt kriterin yeşil satın alma kriteri olduğu bulunmuştur. Chao vd., (2017) buna yakın bir kriter olarak yeşil malzeme kullanımı kriterini orta seviyede önemli olduğunu bildirmiştir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, bu çalışmanın yeşil yönetim kriteriyle ilgili bulgularının literatürle bazı noktalarda farklılaşırken genel anlamda literatür bulgularına paralellik gösterdiğini söylemek mümkündür.

4.3.1.5. Biyoçeşitlilik yönetimi kriterinin önem düzeyinin yorumlanması

Bu tez çalışmasında biyoçeşitlilik yönetiminin önem düzeyi sıralamasında %16,9 ile beşinci ve son sırada olduğu tespit edilmiştir. Biyoçeşitlilikle ilgili kriterler, vahşi yaşam izleme ve kontrol, flora ve faunanın korunması gibi geniş kapsamlı çalışmalar gerektiren uzun vadeli uygulamalarla ilişkili olup genel çevre yönetim performansını artırmada emisyon ve enerji, gürültü, su ve atıklarla ilgili kriterlere kıyasla uzmanlarca önemli bulunmamıştır. Örneğin yeşillendirme çalışmaları büyük ölçekte gerçekleştirildiği takdirde havaalanları için ciddi bir mali yük oluşturmakla birlikte bir uçağın taksi yolunun kısaltılmasıyla azalacak beş dakikalık manevra süresi, günlük binlerce uçuş düşünüldüğünde emisyonları azaltma bakımından her gün yüzlerce ağaç dikilmesinden ya da belirli canlı türlerinin korunmasından çok daha hızlı bir şekilde etki gösterecektir. Comendador vd. (2019) biyoçeşitliliğin emisyonla ilgili kriterlere göre ACI tarafından çok daha az ilgi gördüğünü, çevre programlarında emisyonların kontrol edilmesine çok daha fazla odaklanıldığını belirtmişlerdir ve elde ettikleri tespitler bu tez çalışmasının bulgularını destekler niteliktedir.

Bu tez kapsamında biyoçeşitliliğin alt kriterleri içinde en önemli kriterin kuş vb. çarpma vakalarının sayısı olduğu bulunmuştur. Bu kriter aynı zamanda tüm alt kriterler içinde ilk sıralarda yer almıştır. Bu kriter neredeyse tamamıyla kuş çarpması verilerinden oluşmakta olup literatürde biyoçeşitlilik denilince akla ilk gelen unsurlardan biridir (Zhao vd., 2019). Chao vd. (2017) biyoçeşitliliği karşılayan bir kriter olarak çevre ve ekolojinin korunması kriterinin 16 kriter içinde 6. önem sırasında olduğunu bulunmuştur. Kılıkış ve Kılıkış (2016) ise biyoçeşitliliği yönetim kriterleriyle birleştirerek biyoçeşitlilikle ilgili sadece çevredeki koruma alanının büyüklüğü alt kriterine yer vermiştir. Çalışmalarında inceledikleri dokuz havaalanından dördünün herhangi bir koruma alanı olmadığını tespit etmişlerdir.

4.3.2. Havaalanlarının çevresel performanslarının yorumlanması

Bu tez çalışmasının bulguları kapsamında Türkiye'deki beş büyük havaalanı hem genel çevresel performansları hem de her bir ana kriterdeki performansları açısından değerlendirilmiştir. Bulguların yorumlanması için ilgili literatür incelendiğinde Türkiye'deki havaalanlarının çevresel sürdürülebilirlik performanslarını değerlendiren az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Bu sebeple bulguların literatürle tartışılması kısıtlı ölçüde yapılmıştır.

4.3.2.1. IST (İstanbul Havaalanı)

IST, bu tez kapsamında tüm kriterler birlikte değerlendirildiğinde genel çevresel performansı en yüksek olan havaalanı olarak bulunmuştur. IST'nin toplam performansının yüksek çıkmasında her bir ana kriterdeki performans sıralamasında dengeli bir şekilde ilk üçte yer alması, biyoçeşitlilik ve yeşil yönetim kriterlerinde ise diğer havaalanlarına göre büyük bir farkla ilk sırada yer alması etkili olmuştur.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi

IST'nin verileri incelendiğinde karbon emisyonu ve enerji yönetimi açısından üçüncü sırada yer aldığı bulunmuştur. IST'yi öne geçiren kriterlerin, yüksek önem ağırlığına sahip olan elektrikli/hibrit araç kullanımı, yeşil bina pratiklerine uyum ve yenilenebilir enerji imkanlarının gelişmişliği kriterleri olduğu görülmektedir. Koçan ve Orhan (2023), bu tez çalışmasının sonuçlarını destekler şekilde IST'de elektrikli bagaj araçlarının kullanımı, verimli bina otomasyon sistemlerinin kullanımı gibi çevresel pratiklerin oldukça yaygın olduğunu belirtmişlerdir. Sürücü ve Kıasif (2022), İstanbul'un Kuzeybatı yönündeki 12 büyük projenin sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmiş ve bu tez çalışmasının bulgularıyla paralel olarak İstanbul Havaalanı'nın sürdürülebilirlik sıralamasında birinci sırada olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Farklı havaalanı örneklemelerinde yapılan çalışmalarda bu tez çalışmasına benzer şekilde karbon ve emisyonla ilgili kriterlerde yüksek performans gösteren havaalanlarının genel çevre performanslarının da yüksek olduğu bulunmuştur (Kucukvar vd., 2021; Lu vd., 2018). Bu bulgu, IST'nin karbon emisyonu ve enerji yönetimi performansının genel çevresel performansında belirleyici olması bakımından bu tez çalışmasının bulgularını desteklemektedir.

IST'nin enerjiyle ilgili kriterlerdeki skorunu yükselten etmenlerden birinin havaalanı çevresinde konumlandırılan rüzgâr enerjisi türbinleri olduğu düşünülmektedir. Öte yandan

Erten ve Kılıkş (2022) bu gibi sistemlerin enerji tahribine uğrayabildikleri için sorgulanması gerektiğini, geleneksel kojenerasyon sistemlerinin doğalgazla desteklenerek daha çevreci enerji üretebildiklerini bulmuşlardır. Diğer alt kriterler incelendiğinde uluslararası öneme sahip bir karbon yönetimi standardı olan ACA puanı açısından IST'nin diğer havaalanlarının altında 3. seviyede yer aldığı ve 4. seviye için başvurusunun değerlendirildiği bulunmuştur. ACA programının gereklerini yerine getirmek zaman isteyen bir süreç olup havaalanının 2018 sonunda hizmete girmesi IST için bu sıralamanın düşüklüğünü açıklayabilir. Bununla birlikte IST'nin yolcu başına CO₂ emisyon değeri yüksek çıkmıştır. PAT sahasının dizaynı hava araçlarının emisyon değerlerini etkilemektedir. IST'nin uzun mesafeli taksi yolları ve uzun taksi süreleri, bu değerin artmasına etkide bulunmuş olabilir (Deveci vd., 2020; Dönmez vd., 2022). Zeydan ve Zeydan (2023) bu tez çalışmasıyla aynı örnekleme kullandığı çalışmada Covid-19 etkisi nedeniyle Türkiye'deki havaalanlarının iniş kalkış döngüsündeki emisyon değerlerini hesaplamıştır. Emisyon değerleri açısından söz konusu çalışmada elde edilen bulgular salınan emisyon miktarları bağlamında IST'nin ilk sırada olduğunu ortaya koymuş olup bu tez çalışmasının bulgularını desteklemektedir.

Gürültü yönetimi

Gürültü açısından IST'nin performans sıralamasında dördüncü sırada olduğu bulunmuştur. Her ne kadar IST şehir merkezinin dışına inşa edilmiş bir havaalanı olsa da yakınlarına yerleşim çekmeye başlamış ve gürültü haritasına göre Arnavutköy mevki iniş kalkış yönü doğrultusunda olup gürültüden etkilenmeye müsaittir. IST'nin gürültü haritasına göre pistlere yakın konumdaki küçük yerleşim yerlerinde yapılan ölçümler yer yer 65 dB gibi rahatsız edici seviyelere ulaştığını göstermektedir (İGA, 2015). Bu bilgilere dayanarak IST'nin gürültü performans sıralamasının düşük bulunmasını açıklamak mümkündür.

Su ve atık yönetimi

Su ve atık yönetimi performansı bakımından IST üçüncü sırada bulunmuştur. IST'de her ne kadar atık miktarı ve su tüketimi yoğun yolcu trafiğinin etkisiyle yüksek olsa da atık ayrıştırma, dönüştürme ve su tasarrufu açısından IST'nin üst sırada olduğu bulunmuştur. Özbay ve Gokceviz (2022), IST'nin atık yönetim sürecini inceledikleri çalışmada atık toplama ve atık ayrıştırma konusunda havaalanının etkin bir çaba içinde olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada bu tez çalışmasını destekler şekilde IST'de uzun uçuşlarda yüksek oranda atık üretildiği tespit edilmiştir. IST'nin yüksek miktarda atık üretmesi, uzun

menzil uçuş sayısının görece fazla olmasıyla açıklanabilir. Blanca-Alcubilla vd. (2018)'nin sıfır kabin atığı üzerine yaptıkları çalışma da bu sonucu destekler niteliktedir.

Biyçeşitlilik yönetimi

Biyçeşitlilik yönetimi açısından bu tez kapsamında IST'nin performans sıralamasında birinci sırada olduğu bulunmuştur. Ancak IST; doğal yaşam alanları, kuş göç yolları, endemik bitki türleri, önemli doğa ve bitki alanları, kara ve su ekosistemleri ile İstanbul'un ekolojik çeşitliliğinin en yüksek olduğu bölgelerden birinde yer almaktadır (Baş vd., 2018). Ayrıca IST'nin yaklaşık 7600 hektarlık inşaat alanının 6000 hektardan fazlasını ağaçlık alanlar oluşturmuş olup inşa sürecinde yaklaşık 2,5 milyon ağacın yer değiştirildiği ya da kesildiği varsayılmaktadır (Dogru vd., 2020, s. 270). Öte yandan bu tez çalışmasında IST'nin ağaç dikme gibi yeşillendirme çalışmalarına ilişkin biyçeşitlilik kriteri açısından diğer havaalanlarının önüne geçtiği görülmüştür. Buradan hareketle IST'nin inşası sürecinde yok edilen ağaçlık alanın büyüklüğünün, işletmeciyi ağaçlandırma konusunda daha büyük çabalar sergilemeye yönelttiği sonucuna ulaşmak mümkün olabilir.

Biyçeşitlilik kapsamında en önemli kriter olan kuş vb. canlılara çarpma sayısı açısından değerlendirildiğinde bu tez çalışmasına göre IST'de bu gibi çarpışma türlerinin sayısının oransal olarak diğer havaalanlarına göre fazla olduğu görülmüştür. Bu ise bu bağlamda doğru bir yer seçimi yapılmadığına ya da vahşi yaşamla yeterince mücadele edilmediğine işaret edebilir. Bunlara ek olarak, IST önemli yer üstü ve yeraltı su kaynaklarının ve doğal habitatın yer aldığı kuzey ormanlarında konumlandırıldığı için coğrafi konumu ve doğal çevreyle ilişkisi açısından literatürde fazlasıyla eleştirilmiştir (Cengiz vd., 2019; Kılıkış, 2014; Sözen vd., 2021). Bu tez çalışmasında IST'nin biyçeşitlilik performansının yüksek çıkması, kullanılan biyçeşitlilik kriterlerinin havaalanının yerleşim yeri özelliklerinden ziyade işletmecinin faaliyetleriyle daha yakından ilişkili olmasıyla açıklanabilir.

Yeşil yönetim

Yeşil yönetim açısından ise bu tez kapsamında IST'nin birinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Alt kriterler arasında nitel kriterler olan paydaş etkileşimi ve yeşil satın alma konusunda da IST birinci sırada performans yer almıştır. Türkiye'deki havaalanlarının sürdürülebilir materyal kullanımını ve satın alınmasını değerlendiren Dalkıran (2023) da bu tez çalışmasına benzer şekilde IST'nin bu konuda en yüksek performans gösteren havaalanı işletmesi olduğunu tespit etmiştir.

IST'nin, çevreci tasarımıyla uluslararası yeşil bina tasarımı standartlarından LEED altın seviye sertifikasına sahip olduğu görülmüştür. Havaalanı terminal çatısının gün ışığından yararlanacak şekilde tasarlanması, otomasyon sisteminin yaygınlığı ve LED kullanımı IST'nin hem yeşil yeşil yönetim hem de enerji yönetimi açısından skoruna tesir etmiş olabilecek uygulamalardır. LEED benzeri diğer çevresel sertifikaların sayısı bakımından yine IST'nin ilk sıralarda yer aldığı görülmüştür. Sertifika süreçleri yönetim desteğini ve etkileşimini gerektirdiğinden dolayı bu bulgu, IST'nin yeşil yönetim performansının yüksek olmasını açıklamaktadır. Baxter (2022b)'in havaalanlarındaki enerji yönetim sistemlerini incelediği çalışmada sürdürülebilirlik konusunda IST'deki yönetim desteğinin güçlü olduğunu vurgulaması, bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir. Bir başka yönetsel performans parametresi olan paydaş iletişimi ve katılımı bakımından IST bu tez çalışmasında yine en yüksek ortalama puanı almıştır. IST'nin çevresel ve sosyal etki değerlendirmesi raporunda paydaş katılımına geniş bir yer verdiği gözlemlenmiştir. Bu tez kapsamında IST'nin biyoçeşitlilik ve yeşil yönetim ana kriterleri açısından diğer havaalanlarıyla arasındaki farkın yüksek çıkması, IST'nin genel çevre yönetim performansını yükselterek nihai çevresel performans sıralamasında ilk sırada çıkmasında katkı sağlamıştır.

4.3.2.2. AYT (Antalya Havaalanı)

AYT'nin, bu tez çalışmasında genel çevresel performans sıralamasında ikinci sırada yer aldığı bulunmuştur. AYT'nin genel çevre yönetim performans sıralamasında ikinci sırada olması, ağırlığı en yüksek olan karbon emisyonu ve enerji tüketimi kriterleri bakımından en başarılı bulunan havaalanı olmasıyla açıklanabilmektedir.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi

AYT, karbon emisyonu ve enerji yönetimi ana kriterinde en iyi havaalanı olarak bulunmuştur. Alt kriterler incelendiğinde AYT, yolcu başına en düşük CO₂ emisyonuna sahip havaalanı olarak öne çıkmaktadır. Havaalanının yolcu başına enerji tüketiminin de düşük seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca toplu taşımayla ulaşım, yeşil bina pratiklerine uyum ve elektrikli araç kullanım oranı verileri incelendiğinde AYT'nin orta sıralarda yer aldığı görülmektedir. AYT'nin karbon emisyonunun denkleştirilmesi ve azaltılması amacıyla 2014 yılında Akenerji Ulubat Hidroelektrik Santrali'yle yaptığı anlaşma ve 2013 yılında inşası başlayan zemine döşeli güneş enerjisi santralleri, havaalanında sürdürülebilirliğin sağlanması için önemli adımlar olup AYT'nin emisyon ve enerji

değerlerine olumlu katkı yapmış olabilir. Ekici ve Yasin (2021), 2018 Temmuz verilerini kullanarak AYT'nin emisyon değerlerini ölçmüş ve havaalanında en fazla çevresel kirlilik oluşturan uçakların, en çok kullanılan Boeing 737 ailesine ait olduğunu bildirmiştir. Ancak söz konusu çalışmada diğer havaalanlarıyla bir kıyaslama yapılmamıştır. Öte yandan Boeing 737 uçakları daha çok düşük maliyetli taşıyıcılar tarafından kullanılmakta olup düşük maliyetli havayollarının havaalanında enerji kullanımı ve emisyon salınımına neden olan bazı ek hizmetleri sık kullanmaması, bu tez çalışmasında AYT'nin emisyon değerleri açısından daha başarılı bulunmasını açıklayabilir. Ayrıca AYT, talebe bağlı charter uçuşların yapıldığı ve uçuşların özellikle yaz döneminde yüksek dolulukla icra edildiği bir havaalanıdır. Son dönemde özellikle Ukrayna'dan gelen talep charter uçuşların sayısını da artırmıştır. Bu durum AYT'nin bu tez çalışmasında yolcu başına emisyon değerlerinde en iyi performans gösteren havaalanı olarak bulunmasını açıklayabilir niteliktedir. Coşkun ve Akar (2019) AYT'nin yeşil havaalanı sertifikasyon sürecinin ve zorluklarının açıklandığı çalışmada bu tez çalışmasını destekleyecek şekilde AYT'nin dünyadaki en yeşil 19 havaalanı arasında olduğunu ve karbon emisyonu azaltma konusunda Avrupa'da örnek havaalanları arasında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Gürültü yönetimi

AYT, gürültü yönetimi açısından bu çalışmada üçüncü sırada bulunmuştur. AYT'de şehir merkezi havaalanına yakın olsa da bu tez çalışmasında AYT'nin pistlere yakın yerleşim yerindeki ses seviyesinin gürültü haritalarına göre diğer havaalanlarına göre düşük seviyede olduğu görülmüştür. Bunda pistlerin bir yönünün denize bakmasının etkisi olduğu söylenebilir. Ancak yine de genişletme projesinde havaalanı çevresinde izin verilen maksimum gürültü seviyesinden daha fazla gürültüye maruz kalan 2500'den fazla hane halkı olduğu belirtilmiştir (EBRD, 2022). Gelecekteki genişleme çalışmalarıyla bu sayının daha da artması muhtemeldir. AYT'nin, bu tez çalışmasına göre gürültü kriteri bağlamında çevre halkıyla iş birliği konusunda ortalama üstü, şikâyet sisteminin etkinliği konusunda ise düşük bir sıralamaya sahip olduğu görülmüştür. Dimitriou ve Karagkouni (2022) AYT'nin de aralarında bulunduğu bir grup havaalanının çevresel yönetim performanslarını incelemiş ve AYT'nin gürültü, emisyonlar, atık gibi çevresel boyutlarda dengeli bir performans sergilediğini tespit etmiştir. Bu açıdan söz konusu çalışmanın bulguları, her ne kadar örneklem farklı olsa da bu tez çalışmasının bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Su ve atık yönetimi

Bu tez kapsamında su ve atık yönetimiyle ilgili kriterler genelinde AYT'nin beş havaalanı içinde dördüncü sırada yer aldığı bulunmuştur. Alt kriterlere bakıldığında atık dönüşümü oranında ikinci sırada bulunan AYT'nin, yolcu başına toplam atık miktarı ve su tüketiminde orta sıralarda yer aldığı bu tez kapsamında bulunmuştur. Atık konusundaki diğer nitel kriterlerde de AYT'nin ortalama altı bir performans sergilediği görülmüştür. Halihazırda sıfır atık projesi kapsamında kâğıt, plastik, cam, metal, organik atık, bitkisel atık ve motor yağı gibi atıkların geri dönüşümü yapılan AYT'de, çevre kirliliğine yönelik gözle görülür bir çaba olduğu literatürde belirtilmiştir (Coşkun ve Akar, 2019). Ancak havaalanının su ve atık yönetim uygulamalarını detaylı inceleyen bir araştırmaya rastlanmadığı için bu konuda geniş bir tartışma yapmak mümkün olmamıştır.

Biyçeşitlilik yönetimi

Bu tez çalışmasında biyçeşitlilik yönetimi ana kriterinde AYT'nin, dördüncü sırada performans gösterdiği bulunmuştur. Benzer şekilde alt kriterlerden yeşillendirme çalışmalarının etkinliği kriterinde en düşük puanı AYT'nin aldığı saptanmıştır. Bunun, şehir merkeziyle bütünleşmiş havaalanlarında gözlenen bir durum haline geldiğini söylemek mümkündür. Kuş vb. çarpma olaylarının, AYT'de ortalama bazda en düşük sayıda yaşandığı görülmüştür. Bu, AYT'nin göreceli olarak kuş vb. canlıların habitatlarını sınırlı ölçüde işgal ettiğini göstermektedir. Ancak AYT'nin, aynı performansı çevredeki korumaya alınan alan ve çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi kriterlerinde gösteremediği bu tez kapsamında bulunmuştur. AYT'nin ÇSED raporunda çevredeki havaalanı faaliyetlerinin habitata zarar vermemesi için havaalanının taahhüdünü yerine getirerek, yapacağı çalışmaları ayrıntılı olarak planlaması ve raporlamasının oldukça önemli olduğu belirtilmiştir (Fraport, 2022). Ancak havaalanının çevredeki canlı yaşamının izlenmesi ve çevresindeki koruma alanının büyüklüğü kriteri bakımından orta sıralarda olduğu bulunmuştur.

Yeşil yönetim

Yeşil yönetim ana kriteri açısından bu tez kapsamında AYT'nin üçüncü sırada performans gösterdiği bulunmuştur. Yeşil yönetim kriterinde AYT'nin performansının yüksek çıktığı önde gelen alt kriterlerin ise LEED sertifika seviyesi ve çevre sertifikalarının sayısı olduğu bu tezde belirlenmiştir. Ancak AYT'nin, çevresel eğitim, yeşil satın alma ve paydaş katılımı ve iletişimi konularında en düşük performans gösteren havaalanı olduğu görülmüştür. Bu açıdan bu tez çalışmasının sonuçları, Coşkun ve Akar (2019)'ın AYT'de

yeşil ilkelerin benimsenmesi ve farkındalığın oluşturulmasıyla ilgili bulgularıyla çelişirken; AYT'nin çevresel sertifika programlarına katılımı açısından bulgularını destekler niteliktedir. Öte yandan AYT'nin çevresel yönetim süreçleri sadece havaalanı işletmecisiyle sınırlı olmayıp DHMİ gibi başka aktörleri de ilgilendirdiği için bu tezde elde edilen bulguların ve yorumların doğrudan AYT'nin havaalanı işletmecisiyle ilgili olmadığını ifade etmek gerekmektedir.

4.3.2.3. SAW (Sabiha Gökçen Havaalanı)

Bu tez çalışmasında SAW'ın, genel çevresel performans açıdan en iyi performans gösteren üçüncü havaalanı olduğu bulunmuştur. Bu performans sıralamasını su ve atık yönetimi ve yeşil yönetim kriterindeki performansının olumlu yönde etkilediği, gürültü yönetimi ve biyoçeşitlilik yönetimi kriterindeki performansının olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi ana kriteri açısından bakıldığında SAW'ın beş havaalanı içinde üçüncü sırada yer aldığı bulunmuştur. Alt kriterler içinde yolcu başına yıllık CO₂ tüketimi ve enerji tüketimi verilerinin düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi havaalanını üs olarak kullanan ve yoğun uçuş yapan Pegasus Havayolları'nın filo yapısıyla ilişkili olabilir. Pegasus Havayolları son yıllarda filosunda bir gençleşme hareketine girmiş ve en verimli uçak motorlarından birine sahip olan A321-Neo uçaklarının sayısını giderek artırmıştır. Bu uçakların daha fazla kullanılan Boeing 737'lere göre daha az yakıt sarfiyatına sahip olduğu ve daha az karbon emisyonu salınımı yaptığı literatürde ifade edilmiştir (Ekici ve Yasin, 2021). Bir başka çalışmada Zeydan ve Zeydan (2023), 2019 verilerine göre SAW'ın sadece iç hat uçuşları değerlendirildiğinde iniş kalkış emisyonlarının Türkiye bağlamında en düşük havaalanı olduğu belirtilmiş olup bulguları bu tez çalışmasının sonuçlarını açıklar niteliktedir. Ayrıca bu tez çalışması kapsamında elektrikli araç kullanım oranı ve yeşil bina konseptine uyum açısından SAW'ın skorunun düşük olduğu tespit edilmiştir. Ancak toplu taşımayla ulaşım imkanları bakımından havaalanının en yüksek ortalama puana sahip olduğu bulunmuştur. SAW ilk yapıldığı yıllarda şehir merkezine uzak olması nedeniyle eleştirilse de bugün yolcularının büyük bölümünün Avrupa yakasından gelmesi; raylı sistem, otobüs, gibi toplu taşıma imkanlarının SAW'da yeterli olduğunun bir göstergesidir.

Gürültü yönetimi

SAW'ın, tez kapsamında kullanılan tüm yöntemlere göre gürültü yönetimi ana kriterinde beş havaalanı içinde sonuncu sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Özellikle en önemli gürültü kriteri olarak bulunan şehir merkezine yakınlık puanının düşük olması bu sıralamayı daha fazla etkilemiş olabilir. Havaalanının çevresindeki yerleşimin giderek artması ve artık kurulduğu döneme kıyasla şehrin içinde kalması buna sebep olarak gösterilebilir. Ayrıca karar vericilerin değerlendirmelerine göre çevre halkıyla iş birliği ve şikâyet sisteminin etkinliği kriterlerinde havaalanının performansının düşük olduğu görülmüştür. Bu kriterler sosyal yönü olan önemli kriterlerdir. SAW'ın diğer kriterlerdeki konumu düşünüldüğünde toplamda en başarısız olduğu çevresel kriter gürültü olmuştur ve bütünsel çevre yönetim performans sıralamasını gürültü yönetimi kriterindeki performansı olumsuz etkilemiştir. Keskin ve Yılmaz (2015), SAW'ın simülasyonla gürültü haritasını çıkardıkları çalışmada bu tez çalışmasının sonuçlarını destekler bulgular tespit etmişlerdir. Ayrıca Türker (2019)'in, SAW'da çalışan 200 kişiyi incelediği çalışmada bazı çalışanların belli seviyede gürültüye bağlı işitme kaybı olduğunu bildirmesi, bu tez çalışmasının bulgularını desteklemektedir.

Su ve atık yönetimi

Tez kapsamında SAW'ın, özellikle su ve atık yönetimi ana kriteri bakımından diğer havaalanlarından öne çıkarak birinci sırada performans gösterdiği görülmüştür. Kullanılan tüm yöntemlerde de SAW aynı sırayı korumuştur. Önce çıkan alt kriterler incelendiğinde SAW'da yolcu başına harcanan su miktarının örnekteki diğer havaalanlarına göre bir hayli düşük olduğu görülmüştür. Bu, havaalanının su tüketimini azaltıcı uygulamalara yöneldiği ya da yolcuların havaalanında ortalama bekleme sürelerinin düşük olduğu şeklinde yorumlanabilir. Şahinkaya (2015), SAW'ın havaalanı içindeki atık suyun %100'ünü geri dönüştürdüğünü ve arıtılmış suyu tamamen sulamada kullandığını bildirmiştir. Bu bulgu, bu tez çalışmasının bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ayrıca bu tez kapsamında sıfır atık belgesine sahip olan SAW'ın, atıkla ilgili parametrelerde orta seviyelerde yer aldığı tespit edilmiştir. "Sıfır Atık Projesi Mavi" ve "Türkiye'deki ilk Sualtı Atık Sergisi", bu konuda SAW'ın gerçekleştirdiği uygulamalar arasında olup su ve atık yönetimi performansını artırmış olabilir.

Biyoçeşitlilik yönetimi

SAW'ın performans olarak son sırada olduğu bir diğer ana kriterin gürültünün ardından biyoçeşitlilik ana kriteri olduğu bu tez çalışmasında bulunmuştur. SAW'ın

biyoçeşitlilik kriterleri arasında en önemli kriter olan kuş vb. canlılarla çarpışma sayısı bakımından orta seviyede yer aldığı görülmüştür. Ancak SAW'ın, yeşillendirme çalışmalarının etkinliği kriterinden düşük puan aldığı görülmüştür. Havaalanı çevresindeki yerleşimin artması ve çevredeki yeşil alanların azalması, bunun olası nedenleri arasında gösterilebilir. Öte yandan çevredeki biyoçeşitliliğin sağlanmasının, çoğu zaman havaalanlarının kontrolü dahilinde olmadığı (Graham, 2023) literatürde belirtilmiştir.

Yeşil yönetim

Yeşil yönetim açısından SAW'ın beş havaalanı içinde ikinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Havaalanı toplam çevre sertifikası sayısı bakımından düşük puana sahip olsa da LEED sertifika seviyesinin IST ve AYT ile eşit ve altın seviyede bulunduğu görülmüştür. Yeşil yönetim içinde kriter ağırlığı en fazla olan yeşil satın alma kriteri açısından havaalanının ikinci sırada performans göstermesinin, SAW'ın yeşil yönetim ana kriterindeki sıralamasında belirleyici olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca havaalanının paydaş katılımı ve çevresel eğitim saati alt kriterleri açısından da ikinci sırada yer aldığı bulgusuna ulaşılmıştır.

4.3.2.4. ESB (Ankara Esenboğa Havaalanı)

ESB'nin, bu tez kapsamında genel çevresel performans sıralamasında dördüncü olduğu bulgusu elde edilmiştir. Genel çevresel performans olarak ESB sadece ADB'yi geride bıraksa da iki havaalanı arasında bariz bir farklılık olmadığı görülmüştür. ESB'nin önem düzeyi en yüksek olan karbon emisyonu ve enerji kriterleri açısından beşinci ve son sırada bulunması genel performans sıralamasını etkilemiştir.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriterinde ESB'nin beş havaalanı içinde beşinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Alt kriterler incelendiğinde ESB'nin yolcu başına emisyon değerleri orta seviyelerde olsa da yolcu başına enerji tüketimi değerinin diğer havaalanlarına göre en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Zeydan ve Şekertekin (2022)'in Türkiye'deki havaalanlarının iniş kalkış emisyon değerlerini hesapladığı çalışmada ESB'nin, benzer yolcu sayısına sahip ADB'ye kıyasla daha fazla zararlı gaz salınımına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu tez çalışmasında ESB'nin ACA seviyesi incelendiğinde, IST hariç diğer üç havaalanı ile eşit ve en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Elektrikli araç kullanım oranı konusundaysa diğer havaalanlarıyla arasında bariz bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ESB için emisyon

ve enerji yönetimi ana kriteri içinde en dikkat çeken alt kriter ise toplu taşımayla ulaşım kriteri olmuştur. Çünkü ESB bu konuda diğer havaalanlarından çok düşük bir ortalama puan almıştır. Bunun sebebi hiç şüphesiz şehir merkezinden uzakta konumlanan havaalanının metro bağlantısı olmaması olabilir. Metrolar ve tren hatları, havaalanlarını şehirle bağlayan en önemli toplu taşıma araçlarıdır. Emisyonla ilişkili ana kriter en büyük ağırlığa sahip olduğu için, ESB'nin bu kriterden düşük puan almasının genel puan performansına da olumsuz yansıdığı değerlendirilebilir. Yolcu başına enerji kriterinde de emisyon kriterine benzer şekilde ESB'nin düşük performans gösterdiği belirlenmiştir.

Gürültü yönetimi

Bu tez kapsamında ESB'yle ilgili en dikkat çeken bulgulardan biri, genel çevresel performans bakımından dördüncü sırada bulunan havaalanının gürültü ana kriteri bakımından birinci sırada performans göstermesi olmuştur. Şehir merkeziyle arasında en fazla mesafe olan havaalanının ESB olmasının, havaalanına bu konuda bir avantaj sağladığı görülmektedir. Ancak muhtemelen pist yönü nedeniyle havaalanı yakınlarındaki (Çubuk, Pursaklar) gürültü şiddeti orta seviyededir. 55 dB üstünde sese maruz kalan nüfusun tüm nüfusa oranı kriteri ve diğer nitel kriterler dikkate alındığında birinci sırayı yine ESB'nin aldığı görülmüştür. Havaalanının uzakta konumlanması ve etkilenen nüfusun görece az olması bu durumu açıklamaktadır.

Su ve atık yönetimi

Bu tez çalışmasında su ve atık yönetimi ana kriterinde ESB'nin ikinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Alt kriterlerden yolcu başına atık miktarı en düşük çıkan ESB'nin, geri dönüştürülen atık oranı ve yolcu başına harcanan su miktarında ortalama seviyelerde bulunduğu gözlenmiştir. Yolcu başına atık miktarının düşük çıkması, operasyon yoğunluğunun düşük olmasıyla açıklanabilir. ESB'nin, atık ayrıştırma ve kaynağında azaltma noktasında ise düşük performans gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan havaalanında bulunan kojenerasyon santraline ait atık ısı geri kazanım sistemi sayesinde terminalin kış aylarında ısıtma sistemine destek vermesi, atığın enerji olarak kullanılması noktasında önemli bir katkı sağlamış olabilir.

Biyoçeşitlilik yönetimi

Biyoçeşitlilik yönetimi ana kriterinde ESB'nin beş havaalanı içinde ikinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Bu kapsamda yeşillendirme çalışmaları alt kriterinde de ikinci sırada yer alan ESB'nin çevresinde Çubuk bölgesinde yıllardır süregelen bir ağaçlandırma çalışması söz konusudur. Örneklemedeki diğer havaalanlarıyla büyüklükleri

kıyaslandığında çevrede korumaya alınan alan kriterinde ESB'nin daha iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Kuş vb. canlılarla çarpışma sayısı ortalaması ve çevredeki canlıların izlenmesi, denetlenmesi bakımından ESB'nin orta seviyede yer aldığı görülmüştür. Bu tez çalışmasının sonuçlarını belli ölçüde destekler nitelikte Oto ve Çobanoğlu (2011), çalışmalarında havaalanı civarındaki doğal ekolojinin korunması, havaalanında zararlılarla mücadele gereksinimini azaltacak yerel bitkilerin kullanımı, havaalanı çevresindeki sulak alanların korunması gibi biyoçeşitlilik unsurları açısından ESB'nin etkin bir havaalanı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yeşil yönetim

ESB'nin performans olarak son sırada yer aldığı bir diğer ana kriterin yeşil yönetim kriteri olduğu bulunmuştur. Havaalanı, LEED sertifikasına sahip olmadığı için bu alt kriter özelinde son sırada yer almıştır. Örneklemedeki diğer havaalanlarının bu sertifikayı edindiği düşünüldüğünde bu durumun ESB'nin genel çevre yönetim performans skorunu önemli ölçüde etkilediği söylenebilir. Havaalanı diğer yeşil yönetim alt kriterlerinde ise üç ile dördüncü sıra arasında yer almıştır. Bununla birlikte bu çalışmanın sonuçlarından farklı biçimde Oto vd., (2012) ESB yönetiminin en iyi çevresel uygulamaları benimseyerek havaalanında artan hava yolculuğu talebi ile doğal kaynakların verimli kullanımı arasında bir denge kurmaya çalışıldığını ve en iyi çevresel uygulamaların yakından takip edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmaların yöntem ve kapsamındaki farklılıklar bu sonucun farklı çıkmasına neden olmuş olabilir.

4.3.2.5. ADB (İzmir Adnan Menderes Havaalanı)

Bu tez kapsamında ADB'nin, genel çevre yönetim performans bakımından beş havaalanı içinde son sırada yer aldığı bulgusuna ulaşılmıştır. ADB'nin, hiçbir ana kriterde ilk sırayı alamayan tek havaalanı olduğu tespit edilmiştir. Diğer tüm havaalanlarının en az bir ana kriterde en iyi performans gösteren havaalanı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Havaalanının su ve atık yönetimi, karbon emisyonu ve enerji yönetimi, yeşil yönetim kriterleri açısından elde ettiği düşük skorlar genel performans sıralamasında beşinci sırada yer almasına neden olmuştur.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimi

ADB'nin, karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi kriteri açısından dördüncü sırada yer aldığı bulunmuştur. Bu kriterin alt kriterleri incelendiğinde ADB'nin yolcu başına CO₂ emisyonu açısından sonuncu, enerji tüketimi açısından sondan ikinci sırada yer

aldığı görülmüştür. Ancak ADB'nin ACA akreditasyon seviyesi 3+ seviyesindedir. ADB bu programa Türkiye'den kabul edilen ilk, Avrupa'dan ise ikinci havaalanı konumundadır. ADB'nin yeşil bina pratiklerine uyum ve elektrikli/hibrit araç kullanım oranı kriterinde orta sırada yer aldığı, yenilenebilir enerji kullanım imkanları ve toplu taşımayla ulaşım kriterinde ise ikinci sırada yer aldığı görülmüştür. Yeni terminal binasında yaklaşık 5 dönümlük alana inşa edilmiş yıllık 450 MW elektrik enerjisi üretme kapasitesi olan fotovoltaik paneller, havaalanının yenilenebilir enerji yatırımlarındandır ve çevre yönetim performansına katkı sağladığı düşünülebilir. Ancak bu katkının yolcu başına CO₂ ve enerji tüketim verilerinde kendini göstermediği tespit edilmiştir. Bu konuda farklı yıllardaki verilerin incelenmesi, yenilenebilir enerji sisteminin katkısının anlaşılabilmesini sağlayabilir. Ekici vd. (2012) Türkiye'deki beş büyük havaalanının emisyonlarını hesaplamış, benzer yolcu sayısına sahip ve benzer ölçekteki havaalanlarından ADB'nin toplam emisyon miktarını ESB'den daha az bulmuşlardır. Ancak bu tez kapsamında toplam emisyonlar değil yolcu başına emisyonlar kullanılmış ve sonuç tam tersi çıkmıştır. Ancak emisyon ve enerji yönetimi ana kriterindeki genel performanslara bakıldığında, Ekici vd. (2012)'nin çalışmasıyla benzer şekilde ADB'nin ESB'den daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Gürültü yönetimi

ADB'nin en yüksek çevresel performansını gürültü ana kriterinde elde ettiği bu tez kapsamında tespit edilmiştir. ADB'nin gürültü yönetimi performans sıralamasında ESB'den sonra ikinci sırada yer aldığı bulunmuştur. Havaalanı şehir merkezine yakın konumlanmış olsa da gürültü haritalarına göre yakınındaki bölgelerde ölçülen gürültü düzeyleri kabul edilebilir düzeyde görünmektedir. Alt kriterler incelendiğinde ADB'nin nitel kriterler olan gürültü şikâyet sistemi etkinliği ve çevre halkıyla iş birliği konusunda orta sıralarda yer aldığı görülmüştür. Nicel kriterler açısından incelendiğinde ADB'nin en önemli gürültü kriteri olan en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi kriterinde orta sırada, 55 dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı kriterinde yine orta sırada, şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi kriterinde ise ikinci sırada bulunduğu görülmüştür. ESB ile birlikte ADB'nin gürültü performansının daha yüksek çıkması, her iki havaalanında da diğer üç havaalanına göre uçuş trafiğinin daha az olmasıyla açıklanabilir.

Su ve atık yönetimi

Bu tez kapsamında su ve atık yönetimi açısından ADB'nin performans olarak son sırada olduğu tespit edilmiştir. Alt kriterlere bakıldığında geri dönüşümü sağlanan atık miktarı ve yolcu başına harcanan su miktarı kriterlerinde ADB'nin son sırada yer aldığı görülmüştür. ADB yağmur suyu hasadı ve gri su dönüşüm sistemlerine sahip olsa da geri dönüştürülen atık oranı ve atık ayrıştırma konusunda düşük bir skora sahiptir. Vurmaz (2018), ADB'nin su etkinliğini incelediği çalışmada su tüketiminin %70'inin soğutma kuleleri, sulama ve tuvalet suyu kullanımından kaynaklandığını ve havaalanının su kullanımında etkin olması için bu alanlara yoğunlaşması gerektiğini ifade etmiştir. Aynı çalışmaya göre ADB'de yolcu başına su tüketimi 10 litre civarında olduğu tahmin edilmiştir. Ancak bu tez çalışmasında havaalanındaki toplam su tüketim verisi kullanıldığı için aynı değer yaklaşık 4 kat fazla seviyede bulunmuştur. Aradaki farkın yüksek çıkması, Vurmaz (2018)'in sadece yolcunun su tüketimi ve tuvalet suyu kullanımını hesaba katmasıyla ve verilerin tarihinin farklı olmasıyla açıklanabilir.

Biyçeşitlilik yönetimi

Biyçeşitlilik yönetimi kriteri açısından performanslar değerlendirildiğinde ADB'nin bu tez çalışmasında üçüncü sırada yer aldığı bulunmuştur. Biyçeşitlilikte en önemli kriter olan ortalama uçuş başına kuş vb. canlılara çarpma sayısı bakımından ADB'nin, AYT'den sonra en iyi performans gösteren ikinci havaalanı olduğu bulunmuştur. Yeşillendirme çalışmalarının etkinliği, canlı topluluklarının izlenmesi ve çevresindeki koruma alanının büyüklüğü bakımından havaalanı orta sıralarda yer almıştır.

Biyçeşitlilik performansı yüksek çıkan havaalanlarının çevresinde diğerlerine göre nispeten daha geniş alanlar bulunduğu görülmüştür. ADB bu açıdan bakıldığında diğer havaalanlarına göre ne SAW kadar şehir merkezinde ne de ESB kadar şehrin dışında bulunmaktadır. Bu açıdan düşünüldüğünde biyçeşitlilik performansı ile coğrafi şartlar arasında ilişki olduğu yorumu yapılabilir.

Yeşil yönetim

Yeşil yönetim kriterleri incelendiğinde ADB'nin beş havaalanı içinde dördüncü sırada yer aldığı görülmüştür. Havaalanının LEED yeşil bina seviyesi gümüş seviyede olup bu seviye diğer havaalanları içinde sadece ESB'den daha yüksektir. Toplam çevre sertifikası bakımından ise ESB ile birlikte ikinci sırada yer almıştır. Personelin çevre bilincini arttırmak amacıyla verilen çevre eğitimleri kriterinde ADB'nin, IST'den sonra

ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Nitel kriterler olan paydaş katılımı ve yeşil satın alma açısından ise havaalanı sondan ikinci sırada yer almıştır.

Yeşil yönetim açısından ADB'nin ölçek olarak benzer büyüklükte olan ESB ile yakın performans gösterdiği görülmektedir. Bu, yeşil yönetim performansının farklılığında operasyonel şartların belirleyici olabileceği ya da büyük havaalanlarının çevresel yönetimle ilgili daha fazla uzman istihdam etmesinin rolü olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havayolu ulaşımının merkez noktaları olan havaalanları, günde binlerce uçuşun gerçekleştiği ve on binlerce insanın gelip geçtiği önemli taşımacılık merkezleridir. Özellikle büyük havaalanları şehirler ölçeğinde çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu etkilerin hafifletilmesi son yıllarda havaalanı sektörünün gündeminde yer alan bir konu haline gelmiştir. Hava taşımacılığının çevresel etkilerini sınırlandırmak için hazırlanan mevcut ve gelecek uluslararası/ulusal düzenlemeler; gürültü ve emisyon limitleri, arazi kullanım kısıtları, enerji verimliliği, su ve atık yönetimi gibi alanlarda havaalanlarının yönetimini, büyümesini ve genişlemesini etkileyecektir. Havaalanlarının son yıllarda bu düzenlemelere ayak uydurmak için çevresel çıktılarını azaltmaya yönelik çalışmalarını artırdığı gözlenmektedir. Bu çalışmalara yardımcı olabilmek adına bu tez çalışması, havaalanları için kullanılabilir kapsamlı ve bütünlük değerlendirmeye kriterlerinin belirlenmesi, bu kriterlerin ağırlıklandırılması ve Türkiye’de yolcu trafiği açısından beş büyük havaalanının çevresel performanslarının bu kriterler ölçüsünde değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında yapılan analizler neticesinde ortaya çıkan ilk sonuçlar, havaalanlarının çevre yönetim performansını belirleyen çevresel kriterlerin ve literatürde rastlanmayan farklı kriterlerin literatür incelemesi ve uzman görüşmeleri ile ortaya çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Bu sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır.

- Havaalanlarının çevre yönetim performansını belirleyen çevresel ana kriterler karbon emisyonu ve enerji yönetimi (K1), gürültü yönetimi (K2), su ve atık yönetimi (K3), biyoçeşitlilik yönetimi (K4), yeşil yönetim (K5) kriterleri olarak belirlenmiştir. Her ana kriterin altındaki alt kriterlerin neler olduğu ve açıklamaları yöntem ve bulgular başlıklarında ayrıntılı biçimde verilmiştir.
- Bu çalışmada önerilen özgün kriterlerin önemli bir kısmı gürültü yönetimi (K2) kriterleri olup bunlar şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi (K2.1), gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı (K2.3), gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği seviyesi (K2.4) ve gürültü şikâyet sisteminin etkinliği (K2.5) şeklinde sıralanmaktadır. Bunlardan şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu uzaklığı kriterinin, önem ağırlığı itibarıyla çevresel sürdürülebilirlik performans değerlendirmelerinde kullanılabilir bir kriter olduğu görülmüştür.

- Su ve atık yönetimi (K3) ana kriterinde atık ayrıştırma (K3.4) ve atığın kaynağında azaltılması faaliyetlerinin etkinliği (K3.5) kriterleri önerilmiştir. Biyoçeşitlilik yönetimi (K4) ana kriterinde çevredeki canlı topluluklarının izlenmesi ve denetlenmesi faaliyetlerinin etkinliği kriteri (K4.4) önerilirken yeşil yönetim (K5) ana kriterinde ise terminal binasının LEED sertifika seviyesi (K5.1) ve paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı (K5.5) kriterleri bu çalışma sonucunda ortaya çıkarılmış ve literatüre katkı sağlanmıştır. Bu kriterlerden LEED sertifika seviyesi ve atığın kaynağında azaltılması kriterlerinin, havaalanı çevresel performans değerlendirmelerinde kullanılabilecek, önem ağırlığı yüksek kriterler olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında çevresel kriterlerin uzman değerlendirmeleri doğrultusunda ağırlıklandırılmasıyla elde edilen sonuçlar ise havaalanlarının çevresel performansını belirlemede etkili olan ana ve alt kriterlerin göreceli önem ağırlıklarının neler olduğu sorusunu cevaplamaktadır. Kriter ağırlıklarıyla ilgili sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Karbon emisyonu ve enerji yönetimi (K1) kriterinin havaalanlarının çevresel performansının belirlenmesinde birinci önem sırasında yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Sera gazı emisyonları ulusal ve uluslararası kural koyucular için de düzenlemeye konu olan birincil çevresel kriter olarak öne çıkmakta, çevresel hedeflere çoğunlukla bu alanda yer verilmektedir. Nitekim 2050 Net Sıfır politikası, ETS ve CORSIA gibi programlar doğrudan emisyon miktarının azaltılması ekseninde hazırlanmışlardır. Öte yandan karbon emisyonu ve enerji kriteri birinci önem sırasında bulursa da toplam çevresel performansın yalnızca %25'ini açıklamaktadır. Bu yüzden çevresel sürdürülebilirliğe yalnızca karbon ya da sera gazı salınımı açısından bakmak kısıtlı bir bakış açısı sağlayacaktır.
- Su ve atık yönetimi (K3) kriterinin havaalanları için ikinci önemli ana kriter olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Alt kriterlerden yolcu başına harcanan su miktarının (K3.2) en önemli kriter olduğu belirlenmiştir. Öte yandan Türkiye'deki havaalanlarını su ve atık yönetimi açısından değerlendiren çok az çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada bulunan önem düzeyine rağmen literatürde su ve atık yönetimiyle ilgili çalışmaların sayısının gürültü ve emisyonlarla ilgili çalışmalara göre çok daha az olması, su ve atık yönetimiyle ilgili daha fazla çalışmanın yapılabileceği sonucunu çıkarmaktadır.

- Gürültü yönetimi (K2) kriterinin havaalanlarının çevresel performansını belirleyen üçüncü önemli kriter olduğu bulunmuştur. Gürültü, karbon emisyonlarından sonra ICAO tarafından ilk düzenlenen çevresel sorundur ve literatürde bu konuda yapılmış bir hayli çalışma mevcuttur. Ayrıca bu tez çalışmasında uçuş güzergahına en yakın yerleşim yerindeki gürültü seviyesi (K2.2) en önemli alt kriter olup şehir merkezine kuş uçuşu uzaklık gibi nicel gürültü kriterlerinin çevre halkıyla iş birliği gibi nitel gürültü kriterlerinden daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Havaalanlarının çevresel performansını etkileyen dördüncü önemli kriterin yeşil yönetim (K5) kriteri olduğu bulunmuştur. Yeşil yönetim kriterleri içinde havaalanlarında satın alınan malzemelerin çevre dostu malzemelerden seçilmesi (yeşil satın alma) (K5.4) en önemli kriter olarak öne çıkmıştır. Yeşil sertifikaların ve paydaş etkileşiminin de yüksek öneme sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu, havaalanlarının yeşil dönüşüm sürecinin gerçekleşmesinde yönetim bilinci ve taahhüdünün önemli bir rol oynadığı sonucunu çıkarmaktadır.
- Biyoçeşitlilik yönetiminin havaalanı çevre yönetim performansını etkileme konusunda en az öneme sahip kriter olduğu sonucu elde edilmiştir. Biyoçeşitlilik kriterinde en büyük ağırlığı kuş vb. canlılarla çarpışma vakalarının sayısı almıştır (K4.2). Bu sayının neredeyse tamamına yakını kuş çarpması vakalarının oluşturduğu belirlenmiş ve kuş çarpmalarının havaalanlarının çevresel performansını etkileyen önemli bir kriter olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasının son aşamasında Türkiye'deki beş büyük havaalanının çevresel performansları birden fazla ÇKKV yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yöntem açısından elde edilen sonuçların farklılığı değerlendirildiğinde, standart sapma sonuçlarının düşük çıktığı görülmüştür. Bu, havaalanlarının çevre yönetim performans sıralamalarının yonteme göre ciddi oranda değişmediği ve sıralamaların tutarlılık gösterdiği sonucunu çıkarmaktadır. Yöntemler arasındaki korelasyona göre özellikle COCOSO, MARCOS ve VIKOR yöntemlerinin birbirine yakın ve ilişkili sonuçlar verdiği görülmüştür. TOPSIS yönteminin ise ilişki düzeyi nispeten küçük çıkmıştır. Nihai sonuçlar Borda yöntemine göre birleştirildiğinde çıkan son sıralama, MARCOS yönteminin sıralamasıyla aynı çıkmıştır. Bu noktada yeni yöntemlerin birbirine daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Borda sayım yönteminin sonuçları temel alınarak Türkiye'deki beş büyük havaalanının hem genel çevresel performansları hem de her bir ana kriterdeki performansları bulunarak üçüncü araştırma sorusu cevaplanmıştır. Sonuçlar aşağıda maddeler halinde listelenmiştir.

- Karbon emisyonu ve enerji yönetimi (K1) kriterinde AYT en yüksek çevresel performans skorunu elde etmiştir. AYT'yi sırasıyla IST, SAW, ADB ve ESB takip etmiştir. Dolayısıyla genel olarak operasyonel yoğunluğu daha fazla olan havaalanları bu kriterde daha yüksek performans göstermiştir. Emisyon ve enerjiyle ilgili kriterlerde dikkati çeken bir bulgu ise, ikinci sırada öneme sahip olan toplu taşımayla ulaşımın gelişmişliği kriterinde özellikle ESB'nin oldukça düşük skor almasıdır.
- Elde edilen sonuçlar su ve atık yönetimi (K3) kriterinde en iyi havaalanının SAW olduğunu göstermiştir. SAW'dan sonra bu kriterdeki performanslar yüksek olandan düşüğe doğru ESB, IST, AYT ve ADB şeklinde sıralanmıştır. SAW, alt kriterlerden en önemli bulunan yolcu başına su tüketimi kriterinde diğer havaalanlarından açık ara daha iyi bir skor almıştır. Aynı durum geri dönüştürülen atık oranı kriterinde de mevcuttur. Öte yandan AYT ve ADB'nin su ve atık yönetimi kriterinde düşük performans gösterdiği, birim su tüketimi ve ortaya çıkan atıkla ilgili kriterlerde son sıralarda yer aldıkları görülmüştür. AYT ve ADB coğrafi konumu itibarıyla Türkiye'de yaz aylarının en sıcak geçtiği bölgelerde bulunmakla birlikte bu havaalanlarında uçuş sıklığı yaz aylarında diğer havaalanlarına göre oransal olarak daha fazla artmaktadır. Buna ek olarak yaz aylarında aşırı su tüketim ihtiyacıyla birlikte çok daha fazla plastik atık oluşmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın sonuçları, havaalanlarının su ve atık yönetimi performanslarının buldukları iklim koşullarından etkilendiğini göstermektedir.
- Gürültü yönetimi (K2) kriterinde ise uçuş yoğunluğu daha az olan havaalanlarının daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç diğer ana kriterlerde ise tam tersi şekilde gerçekleşmiştir. Buna göre ESB'nin diğer kriterlerde öne çıkmasa da gürültü kriterinde en iyi performans gösteren havaalanı olduğu sonucu elde edilmiştir. ESB'yi bu kriterde ADB, AYT, IST ve SAW takip etmiştir. Bu doğrultuda havaalanlarında gürültü performansının, uçuş yoğunluğunun görece az olması, havaalanının şehirden uzakta

konumlanması ve çevresinde nüfusun yoğun biçimde toplanmamış olması unsurlarından etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

- Yeşil yönetim (K5) kriterinde en iyi performans gösteren havaalanının IST olduğu sonucuna ulaşılmıştır. IST'yi sırasıyla SAW, AYT, ADB ve ESB takip etmiştir. Yeşil yönetim sıralamasında, emisyon ve enerji yönetiminde olduğu gibi daha yoğun havaalanlarının daha iyi performans gösterdiği sonucu elde edilmiştir.
- Tüm ana kriterler içinde en az önemli bulunan biyoçeşitlilik yönetimi (K4) kriterinde ise en iyi performans gösteren havaalanının IST olduğu sonucuna ulaşılmıştır. IST'yi sırasıyla ESB, ADB, AYT ve SAW izlemiştir. Bu kriterde çevresinde yeşil alan ya da habitat koruma alanı imkânları az olan SAW ve AYT havaalanlarının diğer havaalanlarından daha düşük performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Bu tez kapsamında son olarak Türkiye'deki beş büyük havaalanının genel çevresel performans sıralamasında ilk sırayı IST'nin aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Genel çevresel performansta IST'yi sırasıyla AYT, SAW, ESB ve ADB havaalanları takip etmiştir. IST özellikle yeşil yönetim ve biyoçeşitlilik yönetimi açısından en iyi havaalanı konumundayken kalan üç kriterde de en iyi ilk üç havaalanı arasında yer alarak dengeli bir performans göstermiş ve genel sıralamada birinci sırada yer almıştır. Bu doğrultuda bu tez çalışmasının önemli sonuçlarından biri, özellikle daha büyük ve daha yoğun olan ilk üç havaalanının nispeten daha az yoğun olan iki havaalanından daha iyi çevresel performansa sahip olması ve iki grup arasında çevresel performans farklılığının oldukça yüksek çıkmasıdır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar doğrultusunda özellikle çevresel performansı düşük bulunan havaalanlarının hangi çevresel kriterler açısından hangi uygulamaları hayata geçirebileceğiyle ilgili sektörel önerilerde bulunulmuş ve gelecek çalışmalara yol gösterilmiştir.

Havaalanlarında çevresel kirliliğin kaynakları uçak operasyonlarından, uçaklara hizmet veren yer ekipmanlarından ve havaalanı tesis ve faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Havaalanı sektöründeki paydaşlar, politika ve düzenlemeler bu kirliliğin azaltılmasında etkin bir rol üstlenmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında

havaalanı tesis ve ekipmanları, havaalanı paydaşları ve politika ve düzenlemeler bağlamında öneriler getirilmiştir.

İncelenen havaalanlarında kullanılan yer araçları ve ekipmanları büyük oranda fosil yakıt kullanmakta, bu ise havaalanındaki karbon emisyon salınımını artırmaktadır. Bu açıdan özellikle karbon emisyonu ve enerji yönetimi kriterinde düşük performans gösteren ESB ve ADB havaalanlarında elektrikli ya da hibrit yer araçlarına geçiş süreci hızlandırılmalıdır. Elektrikli araç alt yapısı için devlet desteğinin sağlanması bu geçişi hızlandıracaktır. Bu doğrultuda TOGG gibi ileride üretilecek yeni yerli ve milli araçların follow me araçları olarak kullanılması, ulusal kaynaklarla yerli yer hizmeti araçlarının geliştirilmesi ve havaalanlarında kullanılması önerilmektedir. Elektrikli araçların yaygın kullanılması havaalanlarının gürültü performansını da artıracaktır.

Karbon emisyonu ve enerji yönetimiyle ilgili alt kriterlerde düşük performans gösteren ESB, en önemli alt kriter olarak bulunan yenilenebilir enerji imkanlarının gelişmişliği kapsamında güneş, rüzgâr, biyokütle vb. temiz enerji santrali altyapısını geliştirerek satın alınan enerji miktarını (Kapsam 2 emisyonları) ve geleneksel kaynaklardan enerji kullanımlarını azaltacaktır. Ayrıca AYT ve SAW gibi nispeten eski yapım olan havaalanlarının yeşil bina uygulamalarıyla donatılması özellikle enerjiyle ilgili kriterlerde performanslarını artıracaktır. Bu kapsamda enerji yönetimiyle ilgili olarak terminal genelinde kullanılan asansörler, hareketli merdivenler, sensörlü musluklar ve aydınlatma sistemleri gibi otomasyon sistemlerinin IoT (Internet of Things – Nesnelerin İnterneti) ağları üzerinden makine öğrenmesi ve yapay zekâ yazılımlarıyla desteklenmesi önerilmektedir.

Havaalanlarının Kapsam 3 emisyonları dahilinde değerlendirilen ve emisyonların çok büyük bir kısmını oluşturan aprondaki uçak hareketleri, iniş ve kalkış sırasında uçakların neden olduğu emisyonlar, havaalanlarının çevresel performansını düşürmektedir. Bu doğrultuda birim emisyon salınımı kriterinde düşük performans gösteren IST, mevcut pistlerindeki hızlı çıkış ve bağlantı taksi yollarını olanaklar dahilinde artırarak yer manevraları sırasında salınan emisyon miktarını azaltabilecektir. Ayrıca yeni yapılacak 2., 3. ve 4. faz yatırımlarında planlanan yeni pistlerde mümkün olan en kısa ve hızlı taksinin yapılmasını sağlayacak taksi yolu konfigürasyonları önerilmektedir. Proje deneyimi ve bilgisi olan havaalanı planlaması, tasarımı ve çevre konularında uzman mühendis ve mimarların faz planlama ve uygulama sürecine dahil edilmesi önem arz etmektedir.

Havaalanlarında su ve atık yönetimi, havaalanı tesislerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin ve ekipmanların kullanımı neticesinde ortaya çıkan çevresel etkilerin kontrol edilmesi açısından önemlidir. Özellikle sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde bulunan ve su ve atık yönetimi performansı düşük olan AYT ve ADB havaalanları, atık suyun yeniden kullanımı ve su tüketiminin azaltılması amacıyla gri su geri dönüşüm sistemleriyle suyun arıtılması, bu suyun bahçe sulamada ve uçaklara temiz su yüklenmesinde kullanılması gibi uygulamalarla su yönetim performansını artıracaktır. Su tüketimi gibi oluşacak atık miktarının da sıcaklıkla birlikte arttığı düşünülürse söz konusu havaalanlarının atık toplama ve ayrıştırma sistemlerinde yapay zekalı robotik uygulamalar ve atığın ayak izini çıkaran atık haritalama gibi yeni çözümlerle performansını artıracakları düşünülmektedir.

Havaalanı faaliyetlerinin sürdürülebilir çevresel gelişimi, yerel topluluklarla, havayolu ve diğer hizmet sağlayıcılarla ve düzenleyicilerle iş birliği yapılmasıyla yakından ilgilidir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli paydaşlar olan çevre halkıyla iş birliğinin konusu genellikle gürültü ve hava kalitesidir. Gürültüye hassas bölgelere yakın konumlanan ya da şehir merkeziyle iç içe geçmiş ve bu çalışmada gürültü performanslarının düşük olduğu bulunan SAW ve IST havaalanları; gece uçuşu kısıtlamaları, aşırı gürültünün cezalandırılması gibi Avrupa'da yaygın olarak kullanılan yöntemlerle gürültü performanslarını artırebileceklerdir. Eurocontrol raporlarına göre incelenen havaalanlarından yalnızca IST ve AYT'de var olduğu tespit edilen sürekli alçalma yaklaşması (CDA) uygulaması, diğer havaalanlarında da gürültü performansını artıracaktır. Öte yandan gürültü yönetimi konusunda etkilenen çevre halkıyla iş birliği içinde onların istek şikâyet ve önerilerinin dinlenmesi için bir platform kurulmasının, bu çalışmadaki nitel kriterler bazında havaalanlarının gürültü performansına olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Havaalanları için çevresel sürdürülebilirlikte bir diğer önemli paydaş havayollarıdır. Havayolları, havaalanında salınan emisyonun ana kaynağı konumundadırlar. Uçakların pistlere en az yakıt harcayarak pistlere en yakın konumdaki müsait park pozisyonlarına çekilmesi konusunda ramp kule önemli bir görev üstlenmektedir. Ayrıca kabin içinden çıkan katı atıklar, uçaktan çekilen sıvı atıklar, bakım sonucu çıkabilecek atıklar ve yıkama, buz çözme önleme oluşan sıvı atıklar havaalanı atıklarının içinde önemli bir paya sahiptir. Dolayısıyla havaalanlarının havayolları ile olumlu yapıcı ilişkiler kurması ve koordinasyonlu biçimde hareket etmesi, yer operasyonları ve manevralar sırasında ortaya

çıkabilecek çevresel kirliliğin azaltılmasında kritik bir role sahiptir. Düşük güçte kalkış operasyonlarının uygun atmosfer ve sıcaklık şartlarında havayolları tarafından uygulanması havaalanındaki emisyon verilerini önemli ölçüde azaltacaktır. Bir diğer önemli paydaş olan hava trafik hizmet sağlayıcıların operasyonel müdahaleleri de uçakların iniş kalkış döngüsünde ortaya çıkardığı emisyonları azaltabilir, gürültü seviyelerini azaltabilir.






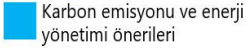
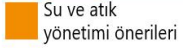
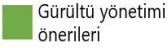
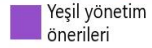
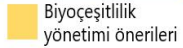
Emisyon ve enerji yönetimi kriterinde paydaş etkileşiminin önemli olduğu konulardan biri havaalanına ulaşım konusudur. Bu konu yerel yönetimlerde yüksek düzeyde iş birliği gerektirmektedir. Bu tez kapsamında kullanılan kriterlerden biri de toplu taşıma imkanlarının gelişmişliği kriteri olup önemli kriterler arasındadır. Bu kriterde çok düşük performans gösteren ESB için metro ve tren gibi raylı sistemlerle havaalanına erişimin kolaylaştırılması, trafik sıkışıklığını ve şahsi araçların neden olduğu emisyonları azaltacaktır. Bunun için yerel yönetimlerle ortak projeler yürütülerek uluslararası ve ulusal teşviklerden ve hibelerden yararlanmak havaalanına finansman sağlayabilecektir.

Biyçeşitlilik yönetimi açısından havaalanları için çevredeki canlı türleriyle etkileşim ve onların yaşam ortamlarına saygı duyulması dikkate alınması gereken bir diğer konudur. Biyçeşitlilik yönetimi açısından performansının düşük olduğu bulunan AYT ve SAW'ın ekosistem planlamasıyla havaalanı çevresinde mümkün olan boş arazilerde yeşil alanlar oluşturarak yerel bitki ve hayvan türlerinin habitatlarını koruması biyçeşitlilik performansını artırabilecektir. Yeşil alanın korunması ve ağaçlandırma çalışmalarıyla artırılması, hem sera gazı emisyonlarını telafi edecek hem de çevrede oluşan uçak gürültüsüne karşı bariyer görevi üstlenecektir. Bu kriterde özellikle kuş çarpması vakaları dikkati çekmekte olup tüm canlı türleriyle etkileşim açısından ilk olarak yer seçiminde bu konunun havaalanı master planlarında dikkate alınması gerekmektedir. Kuş vb. canlılara çarpma oranının en yüksek olduğu IST'de, yeni pistlerin yapımında kuşların göç güzergahı göz önünde bulundurularak yaklaşma hattının belirlenmesi hem çevresel hem de operasyonel açıdan önemlidir. Halihazırdaki pistler için vahşi yaşamla mücadelede geleneksel sesli, görsel uyarıcılarla birlikte teknolojik ve inovatif yöntemlerden faydalanılarak denetleme faaliyetlerinin sıklığı artırılabilir. Çarpma vakası türlerine göre canlıları cezbedecek alternatif beslenme alanlarının sağlanabilmesi adına koruma alanları oluşturulabilir.

Havaalanı çevresel sürdürülebilirliği konusunda düzenleyici kurumlar ve yerel otoriteler önemli bir rol oynamaktadır. Düzenleyici kuruluşların sürekli çevresel

mevzuatları güncellediği ve yeni çevresel politikalar belirlediği görülmektedir. Bu doğrultuda havaalanlarının yeşil yönetim performansları önemli olup bu tez kapsamında ana kriterlerden biridir. Yeşil yönetim havaalanlarının tüm sürdürülebilirlik girişimlerinin stratejik ölçekte değerlendirilerek ilgili politika ve düzenlemeler doğrultusunda planlanmasında ve uygulanmasında kritik bir yere sahiptir. Çevre performansı ne olursa olsun incelenen tüm havaalanlarının ACA ve LEED gibi çevresel sertifika programlarına başvurması ve bu sertifikalarda elde ettikleri başarı seviyelerini artırmaları düzenlemelerin gereklerini yerine getirilmesi açısından faydalı olacaktır. Bu tez kapsamında ESB'nin LEED sertifikasına sahip olmadığı tespit edilmiş olup havaalanının bu konuda bir girişim başlatmasının çevresel yönetim performansı açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları doğrultusunda havaalanları için getirilen önerilerden bazıları, ağırlıklı olarak havaalanlarının düşük performans gösterdikleri ana kriterlere yönelik olarak Şekil 5.1'de özet şekilde görselleştirilerek sunulmuştur. Bu öneriler her ne kadar ilgili şekilde havaalanı bazında sıralanmış olsa da bazıları tüm havaalanlarında çevre yönetim performansını artıracak genel önerilerdir.

				
Istanbul Havaalanı	Antalya Havaalanı	Sabiha Gökçen Havaalanı	Ankara Esenboğa Havaalanı	İzmir Adnan Menderes Havaalanı
<ul style="list-style-type: none"> Emisyon ve enerji yönetimi performansını artıracak uygulamalar Gelecekteki pistlerin yerleşimi, hızlı çıkış ve bağlantı taksi yolları Gürültünün yönetiminde çevre halkıyla iş birliği Kuş çarpmalarını azaltacak teknolojik önlemler 	<ul style="list-style-type: none"> Su ve atık yönetimi performansının artırılması Atık su ve gri su kazanım tesisi imkanlarının artırılması Atık toplamasında ve ayrıştırmada yapay zeka destekli robotik uygulamalar Atık haritalama Güneş enerjili klimalar 	<ul style="list-style-type: none"> Gürültü performansının artırılması Gece uçuşu kısıtlaması, gürültü cezaları, kotalar, gürültü bariyerleri, CDA sürekli alçalma, havayollarıyla iş birliği Ekosistem planlaması ile çevre arazinin ağaçlandırılması IoT ve yapay zeka ile enerji yönetimi 	<ul style="list-style-type: none"> Karbon emisyonu ve enerji yönetimi performansının artırılması Toplu taşıma sistemlerine yatırımın desteklenmesi, yerel yönetimle iş birliği Elektrikli yer araçlarını yaygınlaştıracak yatırımlar ve destekler LEED sertifikasına başvuru Paydaşlarla iş birliği 	<ul style="list-style-type: none"> Karbon emisyonu, enerji yönetimi, su ve atık yönetimi performansının artırılması Atık ve su tüketimi izleme ve otomasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması Trijenerasyon ve güneş enerjisi kapasitesinin artırılması Düşük emisyonlu yer araçları, düşük güçte kalkış operasyonları
				

Şekil 5.1. Havaalanlarının çevre yönetim performanslarını artıracak öneriler

Bu çalışmada oluşturulan çevresel performans değerlendirme kriterleri gelecekteki çalışmalarda daha da genişletilerek daha kapsamlı çalışmalar yürütülebilecektir. Bu bağlamda bu tezde veri bulunmadığı için değerlendirilmeyen hava kalitesi, su kalitesi, su

ve toprak kirliliği gibi daha bütüncül kriterlerle daha fazla sayıda havaalanı üzerinde çalışmalar yapılabilir. Çevresel kriterlere ait verilerin bulunabilirliğine bağlı olarak daha geniş örneklemede yurt dışındaki büyük havaalanlarıyla Türkiye'deki havaalanlarının çevresel performansları karşılaştırılabilir. Ek olarak çevresel kriterlere sosyal ve ekonomik kriterler de eklenerek Türkiye'deki havaalanlarının kurumsal sürdürülebilirlik performansları üzerinde çalışmalar yapılabilir. Dahası, birden fazla yıla ait panel veri setinin kullanılmasıyla geniş zamanlı boylamsal bir araştırma yapılabilir. Elde edilecek kapsamlı nicel verilerle daha objektif bir değerlendirme mümkün olacaktır. Bunun için havaalanı paydaşlarının finansal olmayan sürdürülebilirlik verilerini şeffaflık çerçevesinde standart ve ayrıntılı biçimde raporlamaları ve paylaşmaları önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdullah, M., Chew, B. ve Hamid, S. (2016). Benchmarking Key Success Factors for the Future Green Airline Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224(August 2015), 246–253. doi:10.1016/j.sbspro.2016.05.456
- Abrantes, I., Ferreira, A. F., Silva, A. ve Costa, M. (2021). Sustainable aviation fuels and imminent technologies - CO2 emissions evolution towards 2050. *Journal of Cleaner Production*, 313(February). doi:10.1016/j.jclepro.2021.127937
- ACI. (2009). *Guidance Manual: Airport Greenhouse Gas Emissions Management*. Montréal. <https://store.aci.aero/product/guidance-manual-airport-greenhouse-gas-emissions-management/> adresinden erişildi.
- ACI. (2020). *ACI Policy Handbook*. Montréal. <https://store.aci.aero/product/aci-policy-handbook-10th-edition-2020/> adresinden erişildi.
- ACI. (2023a). Environment. 22 Şubat 2023 tarihinde <https://aci.aero/advocacy/environment/> adresinden erişildi.
- ACI. (2023b). ACI World confirms top 20 busiest airports worldwide. 24 Ağustos 2023 tarihinde <https://aci.aero/2023/07/19/aci-world-confirms-top-20-busiest-airports-worldwide/> adresinden erişildi.
- ACI. (2023c). Airport Carbon Accreditation. 25 Şubat 2023 tarihinde <https://aci-lac.aero/airport-carbon-accreditation/> adresinden erişildi.
- ACI. (2023d). Accredited Airports across the World. 24 Eylül 2023 tarihinde <https://www.airportcarbonaccreditation.org/participants/all#tabs-7> adresinden erişildi.
- ACI. (2023e). ACI-LAC Green Airport Recognition. 25 Şubat 2023 tarihinde <https://aci-lac.aero/green-airport-recognition/> adresinden erişildi.
- ACI. (2023f). Airport Environment Training. 24 Eylül 2023 tarihinde <https://aci.aero/programs-and-services/global-training/airport-environment-training/> adresinden erişildi.
- Akcan, S. ve Taş, M. A. (2019). Green supplier evaluation with SWARA-TOPSIS integrated method to reduce ecological risk factors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1–22. doi:10.1007/s10661-019-7884-3
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Türen, U., Gazibey, Y. ve Gökmen, Y. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri* (1. baskı.). İstanbul: Beta Yayıncılık.

- Akyüz, M. K., Kafalı, H. ve Altuntaş, Ö. (2021). An analysis on energy performance indicator and GWP at Airports; a case study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 43(19), 2402–2418. doi:10.1080/15567036.2020.1761483
- Alimardani, M., Hashemkhani Zolfani, S., Aghdaie, M. H. ve Tamošaitienė, J. (2013). A Novel Hybrid SWARA and VIKOR Methodology for Supplier Selection in an Agile Environment. *Technological and economic development of economy*, 19(3), 533–548. doi:10.3846/20294913.2013.814606
- Alptekin, N. (2019). TOPSIS. H. Durucasu (Ed.), *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri* içinde . Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Altuntaş, H. (2019). Biodiversity Management. *Sustainable Aviation* içinde (ss. 81–95). Springer.
- Altuntaş, Ö., Selçuk, E., Yalın, G. ve Karakoç, T. H. (2014). Comparison of Auxiliary Power Unit (APU) and Ground Power Unit (GPU) with life cycle analysis in ground operations: A case study for domestic flight in Turkey. *Applied Mechanics and Materials*, 629, 219–224.
- Amaesi, K. M. ve Crane, A. (2006). Stakeholder engagement: a mechanism for sustainable aviation. *Corporate social responsibility and environmental management*, 13(5), 245–260.
- Anger, A. ve Köhler, J. (2010). Including aviation emissions in the EU ETS: Much ado about nothing? A review. *Transport Policy*, 17(1), 38–46. doi:10.1016/j.tranpol.2009.10.010
- Ankaya, F. Ü., Yazıcı, K. ve Aslan, B. G. (2018). Havaalanlarının Çevreye Olan Etkilerinde Çevre Yönetim Sisteminin Önemi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(4).
- Antoine, N. E. ve Kroo, I. M. (2004). Aircraft optimization for minimal environmental impact. *Journal of aircraft*, 41(4), 790–797.
- Arslan, R. (2020). Entropy yöntemi. Hüdaverdi Bircan (Ed.), *Çok kriterli karar verme problemlerinde kriter ağırlıklandırma yöntemleri* içinde (1. baskı.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Arul, S. G. (2014). Methodologies to monetize the variations in load factor and GHG emissions per passenger-mile of airlines. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 32(2014), 411–420. doi:10.1016/j.trd.2014.08.018

- Ashford, N. J., Stanton, H. P. M., Moore, C. A., Coutu, P. ve Beasley, J. R. (2013). *Airport Operations* (3.baskı.). New York: McGraw-Hill.
- Ashford, N., Mumayiz, S. ve Wright, P. (2011). *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports* (4. baskı.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- ATAG. (2020a). Air transport acition group facts & figures. 15 Aralık 2022 tarihinde <https://www.atag.org/facts-figures.html> adresinden erişildi.
- ATAG. (2020b). *Aviation: Benefits Beyond Borders*. https://aviationbenefits.org/media/167517/aw-oct-final-atag_abbb-2020-publication-digital.pdf adresinden erişildi.
- ATAG. (2021). Waypoint 2050: An Air Transport Action Group Project. 15 Aralık 2021 tarihinde <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/> adresinden erişildi.
- Ateş, S. S. (2018). Havaalanı kavramı. H. Oktal (Ed.), *Havaalanı Sistemi* içinde . Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Aytekin, A. (2020). *Çok Kriterli Karar Problemine Uzaklık ve Referans Temelli Çözüm Yaklaşımı*. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aytekin, A. ve Orakç1, E. (2020). Spor Kulüplerinin Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme ve Toplulaştırma Teknikleriyle İncelenmesi. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 435–470.
- Bahman, N. (2023). Airport sustainability through life cycle assessments: A systematic literature review. *Sustainable Development*, 31(3), 1268–1277. doi:10.1002/sd.2498
- Balakrishnan, C. ve Masthan, D. (2013). Impact of internal communication on employee engagement—A study at Delhi International Airport. *International journal of scientific and research publications*, 3(8), 1–13.
- Balakrishnan, C., Masthan, D. ve Chandra, V. (2013). Employee retention through employee engagement-A study at an Indian international airport. *International Journal of Business and Management Invention*, 2(8), 9–16.
- Bao, D., Zhang, X. ve Gu, J. (2018). Evaluation method for green ecological airports in China based on combination weighting. *Promet-Traffic&Transportation*, 30(4), 419–428.
- Bardakç1, S. (2020). SWARA Yöntemi. H. Bircan (Ed.), *Çok kriterli karar verme problemlerinde kriter ağırlıklandırma yöntemleri* içinde (1. bs.). Ankara: Nobel

Akademik Yayıncılık.

- Baş, A., Paköz, M. Z. ve Eren, F. (2018). The economic and environmental impact of İstanbul's grand airport project on the urban structure and behaviour of İstanbul. *Airports, Cities and Urban development* içinde . ECTP-CEU.
- Baxter, G. (2022a). An assessment of water management at a major global hub airport: A case study of Frankfurt Airport. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7(1), 1–13.
- Baxter, G. (2022b). An Assessment of the use of the ISO 50001 Certified Energy Management Systems by Airports. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7(6), 84–98.
- Baxter, G., Srisaeng, P. ve Wild, G. (2018). An Assessment of Airport Sustainability, Part 2—Energy Management at Copenhagen Airport. *Resources*, 7(2), 32. doi:10.3390/resources7020032
- Baxter, G., Srisaeng, P. ve Wild, G. (2019). Environmentally sustainable airport energy management using solar power technology: The case of Adelaide Airport, Australia. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 9(1).
- Baxter, G., Wild, G. ve Sabatini, R. (2014). A sustainable approach to airport design and operations: Case study of Munich airport'. M. Arora (Ed.), *Proceedings of Practical Responses to Climate Change 2014* içinde . Australia.
- Baxter, Glenn, Srisaeng, P. ve Wild, G. (2018a). An assessment of airport sustainability: Part 3-water management at Copenhagen Airport. *Resources*, 7(2). doi:10.3390/resources7020032
- Baxter, Glenn, Srisaeng, P. ve Wild, G. (2018b). An assessment of sustainable airport water management: The case of Osaka's Kansai international airport. *Infrastructures*, 3(4). doi:10.3390/infrastructures3040054
- Belobaba, Peter. (2016). Introduction and Overview. Peter Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart (Ed.), *The Global Airline Industry* içinde (2. baskı). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Betts, K. S. (1999). Airport pollution prevention takes off. *Environmental science & technology*, 33(9), 210A-212A.
- Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E. ve Dolbeer, R. A. (2009). Wildlife collisions with aircraft: A missing component of land-use planning for airports. *Landscape and Urban Planning*, 93(1), 1–9. doi:10.1016/j.landurbplan.2009.07.005

- Blanca-Alcubilla, G., Bala, A., Hermira, J. I., De-Castro, N., Chavarri, R., Perales, R., ... Fullana-i-Palmer, P. (2018). Tackling international airline catering waste management: life zero cabin waste project. State of the art and first steps. *Detritus*, 3(1), 159–166.
- Boudreau, B., Detmer, G., Tam, S., Box, S., Burke, R., Paternoster, J. ve Carbone, L. (2016). *ACRP Report 157: Improving the Airport Customer Experience*. Washington DC.
- Bourgeois, M., García, E. ve Hullah, P. (2018). Air traffic management and air navigation service providers. N. Halpern ve A. Graham (Ed.), *The Routledge Companion to Air Transport Management* içinde . New York: Routledge.
- Brtnický, M., Pecina, V., Baltazár, T., Vašinová Galiová, M., Baláková, L., Beš, A. ve Radziemska, M. (2020). Environmental Impact Assessment of Potentially Toxic Elements in Soils Near the Runway at the International Airport in Central Europe. *Sustainability*, 12(17), 7224.
- Budd, L. ve Ison, S. (2017). Airfield design, configuration and management. L. Budd ve S. Ison (Ed.), *Air transport management: an international perspective* içinde (1. bs., ss. 41–60). New York: Routledge.
- Budd, L. ve Ison, S. (2018). The airport industry. N. Halpern ve A. Graham (Ed.), *The Routledge Companion to Air Transport Management* içinde . New York: Routledge.
- Budd, Lucy ve Ison, S. (2021). Public utility or private asset? The evolution of UK airport ownership. *Case Studies on Transport Policy*, 9(1), 212–218. doi:10.1016/j.cstp.2020.12.004
- Budd, T. (2017). Environmental impacts and mitigation. Lucy Budd ve S. Ison (Ed.), *Air transport management: an international perspective* içinde (1. baskı.). New York: Routledge.
- Burbidge, R. ve Deitz, A. (2023). Adapting the aviation sector to a changing climate. *ECAC News*, ss. 33–35. https://www.ecac-ceac.org/images/news/ecac-news/ECAC_News_79_Environment.pdf adresinden erişildi.
- Can, M. (2018). Karar Teorisi. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok kriterli karar verme yöntemleri* içinde (3. baskı., ss. 1–13). Bursa: DORA.
- Carvalho, I. D. C., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, M. D. F. M. E., Moreira Neto, R. F., Santiago, A. D. F. ve De Souza, M. H. B. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources*,

- Conservation and Recycling*, 74, 27–36. doi:10.1016/j.resconrec.2013.02.016
- Castillo-Montoya, M. (2016). Preparing for interview research: The interview protocol refinement framework. *The qualitative report*, 21(5), 811–831.
- Catolfi-Salvoni, C. V. (2023). ECAC Member States on a pathway to net-zero carbon emissions by 2050 through the promotion of sustainable aviation fuels. *ECAC News*, ss. 25–27. https://www.ecac-ceac.org/images/news/ecac-news/ECAC_News_79_Environment.pdf adresinden erişildi.
- CDP. (2014). *Guidance for Companies Reporting on Climate Change on Behalf of Investors and Supply Chain Members*.
- Cengiz, S., Atmiş, E. ve Görmüş, S. (2019). The impact of economic growth oriented development policies on landscape changes in Istanbul Province in Turkey. *Land Use Policy*, 87(August 2018), 1–12. doi:10.1016/j.landusepol.2019.104086
- Centracchio, F., Burghignoli, L. ve Iemma, U. (2021). Multiobjective optimisation of flight paths for noise level mitigation and sound quality improvement. *Noise Mapping*, 8(1), 268–280. doi:10.1515/noise-2021-0022
- Chang, Y. H., Shao, P. C. ve Chen, H. J. (2015). Performance evaluation of airport safety management systems in Taiwan. *Safety Science*, 75, 72–86. doi:10.1016/j.ssci.2014.12.006
- Chang, Y. H. ve Yeh, C. H. (2004). A new airline safety index. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(4), 369–383. doi:10.1016/S0191-2615(03)00047-X
- Chang, Y. H. ve Yeh, C. H. (2016). Managing corporate social responsibility strategies of airports: The case of Taiwan's Taoyuan International Airport Corporation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 338–348. doi:10.1016/j.tra.2016.06.015
- Chao, C. C. ve Kao, K. T. (2015). Selection of strategic cargo alliance by airlines. *Journal of Air Transport Management*, 43, 29–36. doi:10.1016/j.jairtraman.2015.01.004
- Chao, C. C., Lirn, T. C. ve Lin, H. C. (2017). Indicators and evaluation model for analyzing environmental protection performance of airports. *Journal of Air Transport Management*, 63, 61–70. doi:10.1016/j.jairtraman.2017.05.007
- Chao, C., Lirn, T. ve Lin, H. (2017). Indicators and evaluation model for analyzing environmental protection performance of airports. *Journal of Air Transport Management*, 63, 61–70.
- Chen, L. ve Ren, J. (2018). Multi-attribute sustainability evaluation of alternative aviation

- fuels based on fuzzy ANP and fuzzy grey relational analysis. *Journal of Air Transport Management*, 68(February 2017), 176–186. doi:10.1016/j.jairtraman.2017.10.005
- Comendador, V. F. G., Valdés, R. M. A. ve Lisker, B. (2019). A holistic approach to the environmental certification of green airports. *Sustainability (Switzerland)*, 11(15). doi:10.3390/su11154043
- Cong, R. G. ve Wei, Y. M. (2012). Experimental comparison of impact of auction format on carbon allowance market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 4148–4156.
- Coşkun, A. ve Akar, N. (2019). Turkey's Antalya International Airport: Obtaining Green Organization Certification. F. Quoquab ve J. Mohammad (Ed.), *Green Behavior and Corporate Social Responsibility in Asia* içinde (ss. 81–88). Emerald.
- Creswell, J. W. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Method Approaches* (4th Editio.). Thousand Oaks: SAGE.
- Cui, Y., Liu, W., Rani, P. ve Alrasheedi, M. (2021). Internet of Things (IoT) adoption barriers for the circular economy using Pythagorean fuzzy SWARA-CoCoSo decision-making approach in the manufacturing sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 171(June), 120951. doi:10.1016/j.techfore.2021.120951
- Daley, B. (2010). *Air Transport and the Environment* (1. baskı.). Surrey: Ashgate.
- Daley, B., Dimitriou, D. ve Thomas, C. (2008). The environmental sustainability of aviation and tourism. Anne Graham ve P. Forsyth (Ed.), *Aviation and Tourism* içinde (1. baskı., ss. 239–253). Routledge.
- Dalkıran, A. (2017). *Havalimanlarında Enerji Tüketimine Bağlı Çevresel Etkilerin İncelenmesi: Yolcu Başına Oluşan Çevresel Etki İçin Önerme*. Anadolu Üniversitesi.
- Dalkıran, A. (2018). Havalimanı Yönetimi ve Sürdürülebilirlik. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 88–109.
- Dalkıran, A. (2023). An Investigation and Benchmarking Model for Developing Sustainable Material Use Among Turkish Airport Operators. *Journal of Aviation*, 7(1), 93–99.
- Dalkıran, Alper, Ayar, M., Kale, U., Nagy, A. ve Karakoc, T. H. (2022). A review on thematic and chronological framework of impact assessment for green airports. *International Journal of Green Energy*, 00(00), 1–12. doi:10.1080/15435075.2022.2045298
- de Barros, A. G. (2013). Sustainable integration of airports into urban planning - a review.

- International Journal of Urban Sciences*, 17(2), 226–238.
doi:10.1080/12265934.2013.776286
- Delaney, E. ve Thomson, B. (2013). *Environmental Management System Development Process: A Synthesis of Airport Practice*. Washington DC: ACRP Synthesis 44, Transportation Research Board. U.S. National Academy of Sciences.
- Derse, O. ve Yontar, E. (2020). SWARA-TOPSIS Yöntemi ile En Uygun Yenilenebilir Enerji Kaynağının Belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 31(3), 389–419.
- Deveci, M., Çiftçi, M. E. ve Akyurt, I. Z. (2020). Strategical analysis and the impact of Istanbul Airport on Turkish Airlines. *Journal of Economic and Social Development*, 7(1), 71–80.
- DHMİ. (2019). *Havalimanı İşletme Hizmetleri Yönergesi*. Ankara. <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/KanunveYoneticilikler/Attachments/206/DHMI-Havalimanlari-Isletme-Hizmetleri-Yonergesi.pdf> adresinden erişildi.
- DHMİ. (2021). *Havalimanları Çevre Hizmetleri Yönergesi*. Ankara. <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/KanunveYoneticilikler/Attachments/258/DHMI-Havalimanlari-Cevre-Hizmetleri-Yonergesi.pdf> adresinden erişildi.
- DHMİ. (2022a). DHMİ İşletme Hizmetleri Çevre Politikası. 21 Eylül 2023 tarihinde <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Mus/HaberDetay.aspx?q=453> adresinden erişildi.
- DHMİ. (2022b). *2022 Faaliyet Raporu*. Ankara. <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/FaaliyetRaporlari/Attachments/23/2022-faaliyet-raporu.pdf> adresinden erişildi.
- DHMİ. (2023). Karbonsuz Havalimanı Projesi. 27 Şubat 2023 tarihinde <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Ataturk/karbonsuzHavalimaniProjesi.aspx> adresinden erişildi.
- DHMİ. (2024). İstatistikler. 2 Ocak 2024 tarihinde <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> adresinden erişildi.
- Dimitriou, D. J. ve Voskaki, A. J. (2011). Regional airports' environmental management key messages from the evaluation of ten European airports. M. N. Postorino (Ed.), *Regional Airports* içinde . Bristol: WIT Press.
- Dimitriou, D., Voskaki, A. ve Sartzetaki, M. (2014). Airports environmental management: Results from the evaluation of European airports environmental plans. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management (IJISSCM)*, 7(1), 1–

14. doi:10.4018/IJISSCM.2014010101
- Dimitriou, Dimitrios ve Karagkouni, A. (2022). Assortment of Airports' Sustainability Strategy: A Comprehensiveness Analysis Framework. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(7). doi:10.3390/su14074217
- Dinçer, H., Hacıoğlu, Ü. ve Yüksel, S. (2017). Balanced scorecard based performance measurement of European airlines using a hybrid multicriteria decision making approach under the fuzzy environment. *Journal of Air Transport Management*, *63*, 17–33. doi:10.1016/j.jairtraman.2017.05.005
- Dinçer, H., Yüksel, S., Aksoy, T. ve Hacıoğlu, Ü. (2022). Application of M-SWARA and TOPSIS Methods in the Evaluation of Investment Alternatives of Microgeneration Energy Technologies. *Sustainability*, *14*(10), 6271. doi:10.3390/su14106271
- Dissanayaka, D. M. M. S., Adikariwattage, V. V. ve Pasindu, H. R. (2020). Evaluation of CO2 Emission at Airports from Aircraft Operations within the Landing and Take-Off Cycle. *Transportation Research Record*, *2674*(6), 444–456. doi:10.1177/0361198120919411
- Dobbie, L. (2003). Key issues in aviation environmental policy-making. P. Upham, J. Maughan, D. Raper ve C. Thomas (Ed.), *Towards Sustainable Aviation* içinde (ss. 204–211). London: Earthscan.
- Doganis, R. (1992). *The Airport Business*. London: Routledge.
- Dogru, A. O., Goksel, C., David, R. M., Tolunay, D., Sözen, S. ve Orhon, D. (2020). Detrimental environmental impact of large scale land use through deforestation and deterioration of carbon balance in Istanbul Northern Forest Area. *Environmental Earth Sciences*, *79*(11), 1–13. doi:10.1007/s12665-020-08996-3
- Dönmez, K., Çetek, C. ve Kaya, O. (2022). Aircraft Sequencing and Scheduling in Parallel-Point Merge Systems for Multiple Parallel Runways. *Transportation Research Record*, *2676*(3), 108–124. doi:10.1177/03611981211049410
- Dos Santos, A.J., Mancini, S. D., Roveda, J. A. F., Ewbank, H. ve Roveda, S. R. M. M. (2020). A fuzzy assessment method to airport waste management: A case study of Congonhas Airport, Brazil. *Journal of Air Transport Management*, *87*, 101.
- Dožić, S. (2019). Multi-criteria decision making methods: Application in the aviation industry. *Journal of Air Transport Management*, *79*(November 2018). doi:10.1016/j.jairtraman.2019.101683
- Dray, L., Evans, A., Reynolds, T., Schäfer, A. W., Vera-Morales, M. ve Bosbach, W.

- (2014). Airline fleet replacement funded by a carbon tax: An integrated assessment. *Transport Policy*, 34, 75–84. doi:10.1016/j.tranpol.2014.02.021
- Durmaz, V. (2018). Havaalanı Çevre Etkileşimi. Hakan Oktal (Ed.), *Havaalanı Sistemi* içinde . Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- EASA. (2023a). Policy support & research. 25 Eylül 2023 tarihinde <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/policy-support-and-research> adresinden erişildi.
- EASA. (2023b). Managing environmental impacts around airports. 25 Eylül 2023 tarihinde <https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/airports/managing-environmental-impacts-around-airports> adresinden erişildi.
- EASA. (2023c). ICAO Aircraft Engine Emissions Databank. 16 Ekim 2023 tarihinde <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank> adresinden erişildi.
- EBRD. (2019). *Opportunities For Turkey Under CORSIA*. Amsterdam. https://turkishcarbonmarket.com/resources/pdf/Report_Opportunities_for_Turkey_under_CORSIA.pdf adresinden erişildi.
- EBRD. (2022). Antalya Airport. 28 Kasım 2023 tarihinde <https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/53532.html> adresinden erişildi.
- EC. (2002). *2002/49/EC Environmental Noise Directive*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:en:PDF> adresinden erişildi.
- ECAC. (2021). *European States' Action Plans ECAC/EU Common Section*. https://www.ecac-ceac.org/images/activities/environment/ECAC_EU_Common_Section_for_European_State_Action_Plans_4th_Edition_20210602.pdf adresinden erişildi.
- ECAC. (2022a). Environment. 19 Kasım 2022 tarihinde <https://www.ecac-ceac.org/activities/environment> adresinden erişildi.
- ECAC. (2022b). Capacity-Building Programme for Environment. 20 Kasım 2022 tarihinde <https://www.ecac-ceac.org/activities/environment/capacity-building-programme-for-environment> adresinden erişildi.
- ECAC. (2023a). Sustainable Aviation Fuels Task Group (SAF-TG). 23 Eylül 2023 tarihinde <https://www.ecac-ceac.org/activities/environment/european-aviation-and-environment-working-group-eaeg/saf-task-group> adresinden erişildi.

- ECAC. (2023b). *ECAC GUIDANCE on Sustainable Aviation Fuels (SAF)*. Neuilly-sur-Seine. https://ecac-ceac.org/images/activities/environment/ECAC_Guidance_on_SAF_DGs_endorsed_HighRes_v02.pdf adresinden erişildi.
- Ecer, F. (2021). A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143(January), 110916. doi:10.1016/j.rser.2021.110916
- Edwards, B. (2005). *The Modern Airport Terminal* (2.baskı.). New York: Spon Press.
- EEA/EMEP. (2023). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/download> adresinden erişildi.
- EEA. (2023). Life cycle assessment. 16 Ekim 2023 tarihinde <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/life-cycle-assessment> adresinden erişildi.
- Efthymiou, M. ve Papatheodorou, A. (2019). EU Emissions Trading scheme in aviation : Policy analysis and suggestions. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117734. doi:10.1016/j.jclepro.2019.117734
- Ekici, S., Yalin, G., Altuntas, O. ve Karakoc, T. H. (2012). Calculation of HC, CO and NOx from civil aviation in Turkey in 2012. *International Journal of Environment and Pollution*, 53(3-4), 232-244.
- Ekici, S. ve Yasin, Ş. (2021). A study on the environmental and economic aspects of aircraft emissions at the Antalya International Airport. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 10847-10859.
- El-Fadel, M., Chahine, M., Baaj, H. ve Mezher, T. (2002). Assessment of noise impacts at airports. *International journal of environmental studies*, 59(4), 447-467. doi:10.1080/00207230212739
- EPA. (1999). *Evaluation of Air Pollutant Emissions from Subsonic Commercial Jet Aircraft - EPA Report No: 420-R-99-013*.
- Eren, E. (2007). *İşletmelerde stratejik yönetim ve işletme politikası* (7. baskı.). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Ergün, N. (2018). Havaalanı hizmetleri ve donanımı. H. Oktal (Ed.), *Havaalanı Sistemi içinde* . Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Erten, D. ve Kılıkış, B. (2022). How can green building certification systems cope with the

- era of climate emergency and pandemics? *Energy and Buildings*, 256. doi:10.1016/j.enbuild.2021.111750
- EUROCONTROL. (2021a). EUROCONTROL Comprehensive Assessment for Thursday, 25 November 2021. 15 Aralık 2021 tarihinde <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-11/covid19-eurocontrol-comprehensive-air-traffic-assessment-25112021.pdf> adresinden erişildi.
- EUROCONTROL. (2021b). *EUROCONTROL Specification for Collaborative Environmental Management (CEM)*. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-12/eurocontrol-cem-spec-v1-3.pdf> adresinden erişildi.
- EUROCONTROL. (2022). Aviation sustainability. 20 Kasım 2022 tarihinde <https://www.eurocontrol.int/aviation-sustainability> adresinden erişildi.
- EUROCONTROL. (2023a). Emissions Trading System Support Facility. 3 Ekim 2023 tarihinde <https://www.eurocontrol.int/service/emissions-trading-system-support> adresinden erişildi.
- EUROCONTROL. (2023b). Airport local air quality studies. 23 Eylül 2023 tarihinde <https://www.eurocontrol.int/online-tool/airport-local-air-quality-studies> adresinden erişildi.
- EUROCONTROL. (2023c). Airport collaborative decision-making. 23 Eylül 2023 tarihinde <https://www.eurocontrol.int/concept/airport-collaborative-decision-making> adresinden erişildi.
- European Commission. (2019). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal, COM(2019) 640 final*.
- European Commission. (2023). Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). 27 Nisan 2023 tarihinde https://green-business.ec.europa.eu/eco-management-and-audit-scheme-emas_en adresinden erişildi.
- FAA. (2008). *Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 Technical Manual*.
- FAA. (2023a). Applicable Environmental Regulations and Policy. 25 Eylül 2023 tarihinde https://www.faa.gov/air_traffic/environmental_issues/applicable_environmental_rp adresinden erişildi.
- FAA. (2023b). Aviation Environmental Design Tool. 18 Ekim 2023 tarihinde

- <https://aedt.faa.gov/> adresinden erişildi.
- Feng, B., Li, Y. ve Shen, Z. J. M. (2015). Air cargo operations: Literature review and comparison with practices. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 263–280. doi:10.1016/j.trc.2015.03.028
- Ferrulli, P. (2016). Green Airport Design Evaluation (GrADE) - Methods and Tools Improving Infrastructure Planning. *Transportation Research Procedia*, 14, 3781–3790. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.463
- Franchuk, G. M., Antonov, A. M., Madzhd, S. M. ve Zagoruy, Y. V. (2005). Analysis of pollution of ground waters in the airport zone. *Proceedings of the National Aviation University* içinde .
- Fraport-TAV. (2021). *Company Carbon Report*. https://www.antalya-airport.aero/files/FTA_Climate_Change_Report-5.pdf adresinden erişildi.
- Fraport. (2022). *Antalya Havalimanı Genişletme Projesi: Çevresel ve Sosyal Yönetim Çerçeve Planı*. https://www.antalya-airport.aero/files/genisleme/Antalya_Havalimani_Genisletme_Projesi_Cevresel_ve_Sosyal_Yonetim_Cerceve_Planı_TR.pdf adresinden erişildi.
- Freeman, R. E. (2010). *Strategic management: A stakeholder approach*. Cambridge University Press.
- Ganic, E. M., Netjasov, F. ve Babic, O. (2015). Analysis of noise abatement measures on European airports. *Applied Acoustics*, 92, 115–123. doi:10.1016/j.apacoust.2015.01.010
- García-Lapresta, J. L. ve Martínez-Panero, M. (2002). Borda count versus approval voting: A fuzzy approach. *Public Choice*, 112(1/2), 167–184.
- Gasco, L., Asensio, C. ve de Arcas, G. (2017). Communicating airport noise emission data to the general public. *Science of the Total Environment*, 586, 836–848. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.02.063
- Gerede, E. (2010). The evolution of Turkish air transport industry: Significant developments and the impacts of 1983 liberalization. *Yönetim ve Ekonomi*, 17(2), 64–91. http://www2.bayar.edu.tr/yonetimekonomi/dergi/pdf/C17S22010/63_91.pdf adresinden erişildi.
- Gössling, S. (2018). Air transport and climate change. N. Halpern ve A. Graham (Ed.), *The Routledge Companion to Air Transport Management* içinde . New York: Routledge.
- Gössling, S. ve Upham, P. (2009). Introduction: Aviation and Climate Change in Context.

- Stephan Gössling ve P. Upham (Ed.), *Climate Change and Aviation: Issues, Challenges and Solutions* içinde . Springer.
- Graham, A. (2023). *Managing Airports: An International Perspective* (6. bs.). New York: Routledge.
- Graham, W. R., Hall, C. A. ve Vera Morales, M. (2014). The potential of future aircraft technology for noise and pollutant emissions reduction. *Transport Policy*, 34(2014), 36–51. doi:10.1016/j.tranpol.2014.02.017
- Greer, F., Horvath, A. ve Rakas, J. (2023). Life-Cycle Approach to Healthy Airport Terminal Buildings: Spatial-Temporal Analysis of Mitigation Strategies for Addressing the Pollutants that Affect Climate Change and Human Health. *Transportation Research Record*, 2677(1), 797–813. doi:10.1177/03611981221101896
- Greer, F., Rakas, J. ve Horvath, A. (2020a). Airports and environmental sustainability: A comprehensive review. *Environmental Research Letters*, 15(10). doi:10.1088/1748-9326/abb42a
- Greer, F., Rakas, J. ve Horvath, A. (2020b). Airports and environmental sustainability: A comprehensive review. *Environmental Research Letters*, 15(10), 103007. doi:10.1088/1748-9326/abb42a
- GRI. (2009). *A snapshot of sustainability reporting in the airports sector*.
- GRI. (2023). *A Short Introduction to the GRI Standards*. <https://www.globalreporting.org/media/wtaf14tw/a-short-introduction-to-the-gri-standards.pdf> adresinden erişildi.
- Gudmundsson, S. V. ve Anger, A. (2012). Global carbon dioxide emissions scenarios for aviation derived from IPCC storylines: A meta-analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(1), 61–65. doi:10.1016/j.trd.2011.09.010
- Hagmann, C., Semeijn, J. ve Vellenga, D. B. (2015). Exploring the green image of airlines: Passenger perceptions and airline choice. *Journal of Air Transport Management*, 43, 37–45. doi:10.1016/j.jairtraman.2015.01.003
- Hashemkhani Zolfani, S., Yazdani, M. ve Zavadskas, E. K. (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process. *Soft Computing*, 22(22), 7399–7405. doi:10.1007/s00500-018-3092-2
- Hazemba, M. ve Halog, A. (2021). Systematic review of how Environmental Management

- policies are incorporated into National Development Plans in order to achieve Sustainable Development. *Environmental Challenges*, 3(100041). doi:10.1016/j.envc.2021.100041
- Heyes, G., Hooper, P., Raje, F., Flindell, I., Dimitriu, D., Galatioto, F., ... Konovalova, O. (2021). The role of communication and engagement in airport noise management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11), 1–18. doi:10.3390/su13116088
- Hirst, M. (2008). *The Air Transport System* (1st editio.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Hooper, P. D. ve Greenall, A. (2005). Exploring the potential for environmental performance benchmarking in the airline sector. *Benchmarking: An International Journal*, 12(2), 151–165. doi:10.1108/14635770510593095
- Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J. ve Young, S. B. (2010). *Planning and Design of Airports* (5th bs.). New York: McGraw-Hill.
- Hsu, Y. L., Li, W. C. ve Chen, K. W. (2010). Structuring critical success factors of airline safety management system using a hybrid model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 222–235. doi:10.1016/j.tre.2009.08.005
- Hu, Y. ve Liu, H. (2022). Evaluating innovation capability of Chinese listed companies based on comprehensive methods. *International Journal of Innovation Science*, 14(1), 177–189. doi:10.1108/IJIS-04-2021-0068
- Humphreys, I. ve Francis, G. (2002). Performance measurement: A review of airports. *International Journal of Transport Management*, 1(2), 79–85. doi:10.1016/S1471-4051(02)00003-4
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey* içinde . Berlin: Springer.
- IATA. (2012). EU Emissions Trading Scheme - A World of Difference. 13 Temmuz 2020 tarihinde <https://airlines.iata.org/analysis/eu-emissions-trading-scheme-a-world-of-difference> adresinden erişildi.
- IATA. (2021). Net-Zero Carbon Emissions by 2050. 18 Kasım 2022 tarihinde <https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-10-04-03/> adresinden erişildi.
- IATA. (2022a). *Airport Environmental Sustainability*. <https://www.iata.org/contentassets/d1d4d535bf1c4ba695f43e9beff8294f/airport->

- environmental-sustainability-policy.pdf adresinden erişildi.
- IATA. (2022b). IATA to Expand Environmental Assessment Certification to Airports and GSPs. 22 Eylül 2023 tarihinde <https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-11-09-01/> adresinden erişildi.
- IATA. (2022c). *Airport Development Reference Manual (ADRM)*. <https://www.iata.org/en/publications/store/airport-development-reference-manual/> adresinden erişildi.
- ICAO. (2006a). *Aerodrome Design Manual Part I*. Montréal.
- ICAO. (2006b). *Convention on International Civil Aviation*. Montréal.
- ICAO. (2012). *Report on Environmental Management System (EMS) Practices in the Aviation Sector*. Montréal. https://www.icao.int/environmental-protection/documents/publications/doc_9968_1st_edition_alltext_en_final.pdf adresinden erişildi.
- ICAO. (2014). *Guidance on Environmental Assessment of Proposed Air Traffic Management Operational Changes Doc 10031*. Montréal. https://www.icao.int/publications/Documents/10031_en.pdf adresinden erişildi.
- ICAO. (2015a). *Green Airports*. Montréal. https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/2015-dubai/8-1_green-airports.pdf adresinden erişildi.
- ICAO. (2015b). *Airport Local Air Quality Guidance Manual Doc 9889*. Montréal.
- ICAO. (2017a). *Waste Management at Airports*. Montréal. https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ecoairports/Final_Waste_Management_Case_Studies.pdf adresinden erişildi.
- ICAO. (2017b). *An Environmental Management System for Airports: ECO Airport Toolkit*. Montréal.
- ICAO. (2018a). *Annex - 14 Aerodromes*. Montreal.
- ICAO. (2018b). *Airport Planning Manual 9184 Part 2 - Land use and environmental management*. Montréal.
- ICAO. (2018c). *Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations (Third Edition)*. Montréal.
- ICAO. (2018d). *Annex 16 - Environmental Protection, Volume IV*. Montréal. <https://elibrary.icao.int/home/product-details/229739#page=1> adresinden erişildi.
- ICAO. (2019). Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related

- to environmental protection - Climate change. 16 Ağustos 2021 tarihinde https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Assembly/Resolution_A40-18_Climate_Change.pdf adresinden erişildi.
- ICAO. (2020). *State Action Plans and CORSIA*. Montréal. [https://www.icao.int/MID/Documents/2020/SAP Seminar/1.4.SAP and CORSIA_2020_draft_v5.pdf](https://www.icao.int/MID/Documents/2020/SAP_Seminar/1.4.SAP_and_CORSIA_2020_draft_v5.pdf) adresinden erişildi.
- ICAO. (2022a). *2022 Environmental Report*. Montréal. [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ICAO ENV Report 2022 F4.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ICAO_ENV_Report_2022_F4.pdf) adresinden erişildi.
- ICAO. (2022b). Environment Publications. *International Civil Aviation Organization*. 18 Mayıs 2022 tarihinde <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/environment-publications.aspx> adresinden erişildi.
- ICAO. (2022c). State Action Plans and Assistance. 22 Aralık 2022 tarihinde https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ClimateChange_ActionPlan.aspx adresinden erişildi.
- ICAO. (2022d). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). 5 Aralık 2022 tarihinde <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx> adresinden erişildi.
- ICAO. (2022e). *A Focus on the Production of Renewable Energy at the Airport Site*. Montréal.
- ICAO. (2023a). Environmental Protection - Airports. 22 Eylül 2023 tarihinde <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Airports.aspx> adresinden erişildi.
- ICAO. (2023b). CORSIA States for Chapter 3 State Pairs. *ICAO*. 20 Eylül 2023 tarihinde <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx> adresinden erişildi.
- ICAO. (2023c). Aircraft Noise. 2 Şubat 2023 tarihinde <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/noise.aspx> adresinden erişildi.
- İGA. (2015). *İstanbul Yeni Havalimanı ÇSED - Gürültü*.
- İGA. (2023). *İGA Sustainability Report 2021-2022*. İstanbul. <https://www.igairport.aero/umbraco/surface/download/DownloadReport?filePath=/>

Sustainability Report (1)&type=pdf adresinden erişildi.

- InternationalAirportReview. (2020). Munich Airport recognised for efforts to reduce carbon emissions. 25 Ekim 2023 tarihinde <https://www.internationalairportreview.com/news/111178/munich-airport-efforts-reduce-carbon-emissions/> adresinden erişildi.
- ISO. (2006). *ISO 14040: 2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment — Principles and Framework*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en> adresinden erişildi.
- ISO. (2021). ISO 14001:2015 Environmental management systems —Requirements with guidance for use. 27 Nisan 2023 tarihinde <https://www.iso.org/standard/60857.html> adresinden erişildi.
- Jafarzadeh Ghouschi, S., Shaffiee Haghshenas, S., Memarpour Ghiaci, A., Guido, G. ve Vitale, A. (2023). Road safety assessment and risks prioritization using an integrated SWARA and MARCOS approach under spherical fuzzy environment. *Neural Computing and Applications*, 35(6), 4549–4567. doi:10.1007/s00521-022-07929-4
- Jagniatinskis, A., Fiks, B., Zaporozhets, O. ve Van Oosten, N. (2016). Annual noise assessment in the vicinity of airports with different flights' intensity. *Applied Acoustics*, 101, 168–178. doi:10.1016/j.apacoust.2015.08.017
- Janić, M. (2003). An application of the methodology for assessment of the sustainability of air transport system. *Air Transport Research Society (ATRS) World Conference* içinde .
- Janić, M. (2007). *The sustainability of air transportation: a quantitative analysis and assessment*. Hampshire: Ashgate.
- Janić, M. (2011). *Greening airports: Advanced technology and operations*. Delft: Springer Science & Business Media.
- Janić, M. (2019). *Landside Accessibility of Airports*. Cham: Springer International Publishing.
- Janic, M. ve Reggiani, A. (2002). An Application of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Analysis to the Selection of a New Hub Airport. *Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2(2/3).
- Jelinek, F., Carlier, S., Smith, J. ve Quesne, A. (2002). *The EUR RVSM Implementation Project Environmental Benefit Analysis EEC/ENV/2002/008*. Brussels.

- Jordao, C. (2009). A sustainability overview of the best practices in the airport sector. *Scientific papers of the University of Pardubice. Series D, Faculty of Economics and Administration*, 15.
- Josimović, B., Krunić, N. ve Nenković-Riznić, M. (2016). The impact of airport noise as part of a Strategic Environmental Assessment, case study: The Tivat (Montenegro) Airport expansion plan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 49, 271–279. doi:10.1016/j.trd.2016.10.005
- Kafalı, H. ve Altuntaş, Ö. (2020). The analysis of emission values from commercial flights at Dalaman international airport Turkey. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 92(10), 1451–1457. doi:10.1108/AEAT-12-2019-0253
- Kandaramath Hari, T., Yaakob, Z. ve Binitha, N. N. (2015). Aviation biofuel from renewable resources: Routes, opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1234–1244. doi:10.1016/j.rser.2014.10.095
- Karagiannis, I., Vouros, P., Skouloudis, A. ve Evangelinos, K. (2019). Sustainability reporting, materiality, and accountability assessment in the airport industry. *Business Strategy and the Environment*, 28(7), 1370–1405. doi:10.1002/bse.2321
- Karaman, A. S., Kilic, M. ve Uyar, A. (2018). Sustainability reporting in the aviation industry: worldwide evidence. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 9(4), 362–391. doi:10.1108/SAMPJ-12-2017-0150
- Kasarda, J. (2001). From airport city to aerotropolis. *Airport World*, 6, 42–45.
- Kazda, A. ve Caves, R. E. (2015). *Airport Design and Operation* (3. bs.). Bingley: Emerald.
- Kelly, T. ve Allan, J. (2006). Ecological effects of aviation. J. Davenport ve J. L. Davenport (Ed.), *Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment* içinde (ss. 5–24). Dordrecht: Springer.
- Keršuliene, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (Swarra). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243–258. doi:10.3846/jbem.2010.12
- Kesgin, U. (2006). Aircraft emissions at Turkish airports. *Energy*, 31(2–3), 372–384.
- Keskin, O. ve Yılmaz, S. (2015). Havalimanı gürültüsünün yayılması ve gürültü haritalama çalışması. *11. Ulusal Akustik Kongresi* içinde .
- Kidokoro, Y. ve Zhang, A. (2022). Airport cities and social welfare. *Transportation Research Part B: Methodological*, 158(March), 187–209.

doi:10.1016/j.trb.2021.12.010

- Kimmet, P. C. (2009). Managing airport futures using environmental management systems. *Smart and Sustainable Built Environments Conference* içinde . Delft.
- Kıracı, K. ve Akan, E. (2020). Aircraft selection by applying AHP and TOPSIS in interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Air Transport Management*, 89(August), 101924. doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101924
- Kıracı, K. ve Bakır, M. (2018). Application of Commercial Aircraft Selection in Aviation Industry Through Multi-Criteria Decision Making Methods. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(4), 307–332. doi:10.18026/cbayarsos.505987
- Kılıkış, B. (2014). Energy consumption and CO2 emission responsibilities of terminal buildings: A case study for the future Istanbul International Airport. *Energy and Buildings*, 76, 109–118. doi:10.1016/j.enbuild.2014.02.049
- Kılıkış, Ş. ve Kılıkış, Ş. (2016). Benchmarking airports based on a sustainability ranking index. *Journal of Cleaner Production*, 130, 248–259.
- Koç, S. ve Durmaz, V. (2015). Airport corporate sustainability: an analysis of indicators reported in the sustainability practices. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 181 içinde (ss. 158–170). Elsevier.
- Koçan, İ. ve Orhan, G. (2023). Environmental Impacts and Sustainability Practices of Airports. T. H. Karakoc, J. Rohács, D. Rohács, S. Ekici, A. Dalkiran ve U. Kale (Ed.), *ISATECH 2021: Solutions for Maintenance Repair and Overhaul* içinde . Cham: Springer.
- Koçel, T. (2015). *İşletme Yöneticiliği* (16. baskı.). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Kor, L., O’Hickey, B., Hanson, M. ve Coroi, M. (2022). Assessing habitat connectivity in environmental impact assessment: a case-study in the UK context. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 40(6), 495–506. doi:10.1080/14615517.2022.2128557
- Korul, V. (2003). Havaalanı Çevre Yönetim Sistemi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 99–120.
- Korul, V. (2005). Guide to the Implementation of ISO 14001 at Airports. *Journal of Air Transportation*, 10(2).
- Krstić Simić, T. ve Babić, O. (2015). Airport traffic complexity and environment efficiency metrics for evaluation of ATM measures. *Journal of Air Transport Management*, 42, 260–271. doi:10.1016/j.jairtraman.2014.11.008
- Kucukvar, M., Alawi, K. A., Abdella, G. M., Bulak, M. E., Onat, N. C., Bulu, M. ve

- Yalçıntaş, M. (2021). A frontier-based managerial approach for relative sustainability performance assessment of the world's airports. *Sustainable Development*, 29(1), 89–107. doi:10.1002/sd.2134
- Kumar, A., Aswin, A. ve Gupta, H. (2020). Evaluating green performance of the airports using hybrid BWM and VIKOR methodology. *Tourism Management*, 76(July 2019), 103941. doi:10.1016/j.tourman.2019.06.016
- Kumar, V., Kalita, K., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K. ve Chakraborty, S. (2022). A SWARA-CoCoSo-Based Approach for Spray Painting Robot Selection. *Informatica (Netherlands)*, 33(1), 35–54. doi:10.15388/21-INFOR466
- Kuo, M. S. ve Liang, G. S. (2011). Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1304–1312. doi:10.1016/j.eswa.2010.07.003
- Kurniawan, J. S. ve Khardi, S. (2011). Comparison of methodologies estimating emissions of aircraft pollutants, environmental impact assessment around airports. *Environmental Impact Assessment Review*, 31(3), 240–252. doi:10.1016/j.eiar.2010.09.001
- Kuzu, S. (2018). VIKOR. B. H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok kriterli karar verme yöntemleri içinde* (3.baskı.). Bursa: DORA.
- Lai, P. L., Potter, A., Beynon, M. ve Beresford, A. (2015). Evaluating the efficiency performance of airports using an integrated AHP/DEA-AR technique. *Transport Policy*, 42, 75–85. doi:10.1016/j.tranpol.2015.04.008
- Lee, K. C., Tsai, W. H., Yang, C. H. ve Lin, Y. Z. (2018). An MCDM approach for selecting green aviation fleet program management strategies under multi-resource limitations. *Journal of Air Transport Management*, 68(2018), 76–85. doi:10.1016/j.jairtraman.2017.06.011
- Lestari, S., Adji, T. B. ve Permasari, A. E. (2018). Performance comparison of rank aggregation using borda and copeland in recommender system. *International Workshop on Big Data and Information Security (IWBIS) içinde* .
- Lezki, Ş. (2016). Kararın Temelleri. Hasan Durucasu (Ed.), *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri içinde* (ss. 3–25). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Lezki, Ş. (2019). VIKOR. Hasan Durucasu (Ed.), *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri içinde* (ss. 138–168). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Li, L. ve Loo, B. P. Y. (2016). Impact analysis of airport infrastructure within a

- sustainability framework: Case studies on Hong Kong International Airport. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(9), 781–793. doi:10.1080/15568318.2016.1149647
- Li, X. D., Poon, C. S., Lee, S. C., Chung, S. S. ve Luk, F. (2003). Waste reduction and recycling strategies for the in-flight services in the airline industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 37(2), 87–99.
- Lijesen, M., Straaten, W. van der, Dekkers, J., Elk, R. van ve Blokdijk, J. (2010). How much noise reduction at airports? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(1), 51–59. doi:10.1016/j.trd.2009.07.006
- Lim, M. W., Lau, E. Von ve Poh, P. E. (2016). A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil — Present works and future directions. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 14–45. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.04.023
- Liou, J. J. H., Hsu, C. C., Yeh, W. C. ve Lin, R. H. (2011). Using a modified grey relation method for improving airline service quality. *Tourism Management*, 32(6), 1381–1388. doi:10.1016/j.tourman.2011.01.013
- Liou, J. J. H., Tsai, C. Y., Lin, R. H. ve Tzeng, G. H. (2011). A modified VIKOR multiple-criteria decision method for improving domestic airlines service quality. *Journal of Air Transport Management*, 17(2), 57–61. doi:10.1016/j.jairtraman.2010.03.004
- Lu, M., Hsu, C., Liou, J. J. H. ve Lo, H. (2018). A hybrid MCDM and sustainability-balanced scorecard model to establish sustainable performance evaluation for international airports. *Journal of Air Transport Management*, 71, 9–19.
- Lumini, A. ve Nanni, L. (2006). Detector of image orientation based on Borda Count. *Pattern Recognition Letters*, 27(3), 180–186. doi:10.1016/j.patrec.2005.08.023
- Lune, H. ve Berg, B. L. (2017). *Qualitative Research Methods for the Social Sciences* (9th Editio.). Harlow: Pearson.
- Mahashabde, A., Wolfe, P., Ashok, A., Dorbian, C., He, Q., Fan, A., ... Waitz, I. A. (2011). Assessing the environmental impacts of aircraft noise and emissions. *Progress in Aerospace Sciences*, 47(1), 15–52. doi:10.1016/j.paerosci.2010.04.003
- MAHB. (2021). *Malaysia Airports Sustainability Report 2021*. <https://www.malaysiaairports.com.my/sites/corporate/files/2022-04/MAHB-SUSTAINABILITY-REPORT-2021.pdf> adresinden erişildi.
- Malterud, K., Siersma, V. D. ve Guassora, A. D. (2016). Sample Size in Qualitative Interview Studies: Guided by Information Power. *Qualitative Health Research*,

- 26(13), 1753–1760. doi:10.1177/1049732315617444
- Marais, K., Wolfe, P. J. ve Waitz, I. A. (2016). Air Transport and the Environment. Peter Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart (Ed.), *The Global Airline Industry* içinde . West Sussex: Wiley.
- Martin, J. A., Conkling, T. J., Belant, J. L., Biondi, K. M., Blackwell, B. F., DeVault, T. L., ... Seamans, T. W. (2013). Wildlife conservation and alternative land uses at airports. T. L. DeVault, B. F. Blackwell ve J. L. Belant (Ed.), *Wildlife in airport environments: preventing animal-aircraft collisions through science-based management* içinde . Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Masiol, M. ve Harrison, R. M. (2014). Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review. *Atmospheric Environment*, 95, 409–455. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.05.070
- Midkiff, A. H., Hansman, R. J. ve Reynolds, T. G. (2016). Airline Flight Operations. P. Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart (Ed.), *The Global Airline Industry* içinde (2. baskı.). West Sussex: Wiley.
- Miškić, S., Stević, Ž. ve Tanackov, I. (2021). A novel integrated SWARA-MARCOS model for inventory classification. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 32(4), 1–17.
- Mitchell, R. K., Agle, B. R. ve Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Saliency: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*, 22(4), 853–886.
- Miyoshi, C. ve Mason, K. J. (2009). The carbon emissions of selected airlines and aircraft types in three geographic markets. *Journal of Air Transport Management*, 15(3), 138–147. doi:10.1016/j.jairtraman.2008.11.009
- Monsalud, A., Ho, D. ve Rakas, J. (2015). Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process. *Sustainable Cities and Society*, 14, 414–424. doi:10.1016/j.scs.2014.08.003
- Moreira Neto, R. F., Carvalho, I. D. C., Calijuri, M. L. ve Santiago, A. D. F. (2012). Rainwater use in airports: A case study in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 36–43. doi:10.1016/j.resconrec.2012.08.005
- Moreira Neto, R. F., Paris, L. E., Abrão Junior, F. ve Fernandes, A. N. (2020). Environmental performance index for Brazilian public airports: The Infraero experience. *Environmental Science and Policy*, 112(May), 164–171.

doi:10.1016/j.envsci.2020.05.023

- Morrell, P. S. ve Klein, T. (2019). *Moving Boxes by Air: The Economics of International Air Cargo* (2. bs.). New York: Routledge.
- Morrell, S., Taylor, R. ve Lyle, D. (1997). A review of health effects of aircraft noise. *Australian and New Zealand journal of public health*, 21(2), 221–236. doi:10.1111/j.1467-842X.1997.tb01690.x
- Müezzinoğlu, A. (2000). *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. Dokuz Eylül Yayınları.
- Myhre, G. ve Stordal, F. (2001). Global sensitivity experiments of the radiative forcing due to mineral aerosols. *Journal of Geophysical Research*, 106(D16), 18193–18204.
- Netjasov, F. (2012). Contemporary measures for noise reduction in airport surroundings. *Applied Acoustics*, 73(10), 1076–1085. doi:10.1016/j.apacoust.2012.03.010
- Neufville, R. de ve Odoni, A. (2013). *Airport Systems: Planning, Design and Management* (2. bs.). New York: McGraw-Hill.
- Niu, Y., Xie, G., Xiao, Y., Qin, K., Gan, S. ve Liu, J. (2021). Spatial and temporal changes of ecosystem service value in airport economic zones in China. *Land*, 10(1054), 1–16. doi:10.3390/land10101054
- Nunes, L. M., Zhu, Y. G., Stigter, T. Y., Monteiro, J. P. ve Teixeira, M. R. (2011). Environmental impacts on soil and groundwater at airports: origin, contaminants of concern and environmental risks. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(11), 3026–3039.
- Odoni, A. (2016a). Airports. Peter Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart (Ed.), *The Global Airline Industry içinde* (2. bs.). West Sussex: Wiley.
- Odoni, A. (2016b). The International Institutional and Regulatory Environment. Peter Belobaba, A. Odoni ve C. Barnhart (Ed.), *The Global Airline Industry içinde* (2. baskı.). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. doi:10.1016/S0377-2217(03)00020-1
- Opricovic, Serafim ve Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514–529. doi:10.1016/j.ejor.2006.01.020
- Orhan, G. (2013). Türkiye’de Çevre Politikaları: Değişen Söylemler, Değişmeyen Öncelikler. *Memleket Siyaset Yönetim*, 8(19–20), 1–24.

- Ortega Alba, S. ve Manana, M. (2017). Characterization and analysis of energy demand patterns in airports. *Energies*, 10(1), 119.
- Oto, N. ve Çobanoğlu, N. (2011). Çevresel Biyoetik Açısından Sürdürülebilir Havaalanları. *Mülkiye Dergisi*, 35(273), 109–142.
- Oto, N., Cobanoglu, N. ve Geray, C. (2012). Education for Sustainable Airports. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1164–1173.
- Özbay, İ. ve Gokceviz, N. A. (2022). Towards zero-waste airports: a case study of Istanbul Airport. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(1), 134–142. doi:10.1007/s10163-021-01308-2
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K. ve Işıldak, B. (2021). Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2), 284–302.
- Özdemir, M. (2018). TOPSIS. B. H. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok kriterli karar verme yöntemleri içinde* (3. baskı.). Bursa: DORA.
- Özgür, M. (2018). Havaalanı hava tarafı elemanları. H. Oktal (Ed.), *Havaalanı Sistemi içinde*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Ozkurt, N. (2014). Current assessment and future projections of noise pollution at Ankara Esenboğa Airport, Turkey. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 32(2014), 120–128. doi:10.1016/j.trd.2014.07.011
- Paling, C. ve Thomas, C. (2018). Airport sustainability and corporate social responsibility. N. Halpern ve A. Graham (Ed.), *The Routledge Companion to Air Transport Management içinde*. New York: Routledge.
- Pamucar, D., Yazdani, M., Montero-Simo, M. J., Araque-Padilla, R. A. ve Mohammed, A. (2021). Multi-criteria decision analysis towards robust service quality measurement. *Expert Systems with Applications*, 170(January). doi:10.1016/j.eswa.2020.114508
- Paraschi, E. P., Poulaki, I. ve Papageorgiou, A. (2022). From Environmental Management Systems to Airport Environmental Performance: A Model Assessment. *Journal of Environmental Management & Tourism*, 3(59), 831–852. doi:10.14505/jemt.13.3(59).22
- Pastowski, A. (2003). Climate policy for civil aviation: actors, policy instruments and the potential for emissions reductions. P. Upham, J. Maughan, D. Raper ve C. Thomas (Ed.), *Towards Sustainable Aviation içinde* (ss. 179–195). London: Earthscan.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage (3rd bs.). California: Sage. doi:10.2307/330063

- Pearce, B. (2012). The state of air transport markets and the airline industry after the great recession. *Journal of Air Transport Management*, 21, 3–9. doi:10.1016/j.jairtraman.2011.12.011
- Petts, J. (2000). Municipal waste management: Inequities and the role of deliberation. *Risk Analysis*, 20(6), 821–832. doi:10.1111/0272-4332.206075
- Pitt, M., Brown, A. ve Smith, A. (2002). Waste management at airports. *Facilities*, 20(5/6), 198–207.
- Pitt, Michael ve Smith, A. (2003). Waste management efficiency at UK airports. *Journal of Air Transport Management*, 9(2), 103–111. doi:10.1016/S0969-6997(02)00063-7
- Postorino, M. N. ve Mantecchini, L. (2014). A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions. *Journal of Air Transport Management*, 37, 76–86. doi:10.1016/j.jairtraman.2014.03.001
- Postorino, M. N. ve Praticò, F. G. (2012). An application of the Multi-Criteria Decision-Making analysis to a regional multi-airport system. *Research in Transportation Business and Management*, 4, 44–52. doi:10.1016/j.rtbm.2012.06.015
- Pro-Plan. (2023). Çevresel gürültü yönetimi. 24 Ekim 2023 tarihinde <https://www.proplan.com.tr/Uzmanliklar/muhendislik-uygulamalari/akustik-uygulamalari/cevresel-gurultu-yonetimi> adresinden erişildi.
- Puls, R. ve Wittmer, A. (2021). Managing airports. A. Wittmer, T. Bieger ve R. Müller (Ed.), *Aviation Systems* içinde . Cham: Springer.
- Radomska, M., Cherniak, L., Madzhd, S. ve Mikhyeyev, O. (2020). Environmental pollution in the airport impact area—case study of the Boryspil. *Environmental Problems*, 5(2), 76–82.
- Rajan, S. C. (2006). Climate change dilemma: technology, social change or both?: An examination of long-term transport policy choices in the United States. *Energy Policy*, 34(6), 664–679.
- Rani, P., Ali, J., Krishankumar, R., Mishra, A. R., Cavallaro, F. ve Ravichandran, K. S. (2021). An integrated single-valued neutrosophic combined compromise solution methodology for renewable energy resource selection problem. *Energies*, 14(15). doi:10.3390/en14154594
- Rani, P., Mishra, A. R., Mardani, A., Cavallaro, F., Štreimikiene, D. ve Khan, S. A. R. (2020). Pythagorean fuzzy SWARA-VIKOR framework for performance evaluation of solar panel selection. *Sustainability*, 12(10), 4278. doi:10.3390/su12104278

- Rawson, R. ve Hooper, P. D. (2012). The importance of stakeholder participation to sustainable airport master planning in the UK. *Environmental Development*, April, 36–47. doi:10.1016/j.envdev.2012.03.013
- Rezaei, J., Fahim, P. B. M. ve Tavasszy, L. (2014). Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 41(18), 8165–8179. doi:10.1016/j.eswa.2014.07.005
- Rodríguez-Díaz, A., Adenso-Díaz, B. ve González-Torre, P. L. (2017). A review of the impact of noise restrictions at airports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 144–153. doi:10.1016/j.trd.2016.10.025
- Rodríguez-Díaz, A., Adenso-Díaz, B. ve González-Torre, P. L. (2019). Improving aircraft approach operations taking into account noise and fuel consumption. *Journal of Air Transport Management*, 77(October 2018), 46–56. doi:10.1016/j.jairtraman.2019.03.004
- Rong, Y., Yu, L., Niu, W., Liu, Y., Senapati, T. ve Mishra, A. R. (2022). MARCOS approach based upon cubic Fermatean fuzzy set and its application in evaluation and selecting cold chain logistics distribution center. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 116(August), 105401. doi:10.1016/j.engappai.2022.105401
- Ryley, T., Elmirghani, J., Budd, T., Miyoshi, C., Mason, K., Moxon, R., ... Zanni, A. (2013). Sustainable development and airport surface access: The role of technological innovation and behavioral change. *Sustainability (Switzerland)*, 5(4), 1617–1631. doi:10.3390/su5041617
- Saeidi, P., Mardani, A., Mishra, A. R., Cajas Cajas, V. E. ve Carvajal, M. G. (2022). Evaluate sustainable human resource management in the manufacturing companies using an extended Pythagorean fuzzy SWARA-TOPSIS method. *Journal of Cleaner Production*, 370(April), 133380. doi:10.1016/j.jclepro.2022.133380
- Şahinkaya, S. A. (2015). *Assesment of Environmental Sustainabilty for an Existing Airport*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Salamai, A. A. (2021). An integrated neutrosophic SWARA and VIKOR method for ranking risks of green supply chain. *Neutrosophic Sets and Systems*, 41, 113–126.
- Santos, Alexsander José dos, Mancini, S. D., Frutuoso Roveda, J. A., Ewbank, H. ve Roveda, S. R. M. M. (2020). A fuzzy assessment method to airport waste management: A case study of Congonhas Airport, Brazil. *Journal of Air Transport*

- Management*, 87(January). doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101838
- Sarbassov, Y., Venetis, C., Aiybetov, B., Abylkhani, B., Yagofarova, A., Tokmurzin, D., ... Inglezakis, V. J. (2020). Municipal solid waste management and greenhouse gas emissions at international airports: A case study of Astana International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 85(March 2019), 101789. doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101789
- Sarılgan, A. E. (2007). *Bölgesel havayolu taşımacılığı ve Türkiye’de bölgesel havayolu taşımacılığının geliştirilmesi için yapılması gerekenler*. Anadolu Üniversitesi.
- Seadon, J. K. (2010). Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production*, 18(16–17), 1639–1651. doi:10.1016/j.jclepro.2010.07.009
- Sebastian, R. M. ve Louis, J. (2021). Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147(May), 111229. doi:10.1016/j.rser.2021.111229
- Şengür, F. (2018). Havaalanı kara tarafı elemanları. H. Oktal (Ed.), *Havaalanı Sistemi içinde*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları.
- Şengür, F. K. (2017). Havaalanı İşletmeciliğinde Yeni Eğilimler: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(4), 751–766.
- SESAR. (2023a). Enabling Greener Flights. 9 Kasım 2022 tarihinde <https://www.sesarju.eu/sustainability> adresinden erişildi.
- SESAR. (2023b). En route to greener air traffic management. 9 Kasım 2023 tarihinde <https://www.sesarju.eu/news/en-route-greener-air-traffic-management> adresinden erişildi.
- Sher, F., Hazafa, A., Marintseva, K., Rasheed, T., Ali, U., Rashid, T., ... Khzouz, M. (2021). Fully solar powered Doncaster Sheffield Airport: Energy evaluation, glare analysis and CO2 mitigation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45(October 2020), 101122. doi:10.1016/j.seta.2021.101122
- SHGM. (2016). *Yeşil Havaalanı Projesi Uygulama Esasları*. Ankara. https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/projeler/YESIL_HAVAALANI_PROJESI_UYGULAMA_ESASLARI.pdf adresinden erişildi.
- SHGM. (2021a). *Havaalanlarında Çevre Yönetimi Yönetmeliği*. Ankara. <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/2021/SHY-CEVRE.pdf> adresinden erişildi.
- SHGM. (2021b). *Emniyet Olayları Yıllık Bülteni*. Ankara.

- SHGM. (2022). *Havaalanları Çevresel Kriterler Talimatı*. Ankara. <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/2022/SHT-CEVRESEL.pdf> adresinden erişildi.
- SHGM. (2023a). Yeşil Havaalanı (Green Airport) Projesi. 25 Eylül 2023 tarihinde <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-projeler/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi> adresinden erişildi.
- SHGM. (2023b). Havaalanları Daire Başkanlığı. 24 Eylül 2023 tarihinde <https://web.shgm.gov.tr/tr/preview/6951-havaalanlari-daire-baskanligi> adresinden erişildi.
- SHGM. (2023c). Çevre - CORSIA (Uluslararası Havacılığa Yönelik Karbon Denkleştirme ve Azaltma Şeması). 20 Eylül 2023 tarihinde <https://web.shgm.gov.tr/tr/havaalanlari/6277-cevre> adresinden erişildi.
- Shi, X., Quilty, S. M., Long, T., Jayakaran, A., Fay, L. ve Xu, G. (2017). Managing airport stormwater containing deicers: challenges and opportunities. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 11(1), 35–46. doi:10.1007/s11709-016-0366-6
- Sigler, D., Wang, Q., Liu, Z., Garikapati, V., Kotz, A., Kelly, K. J., ... Phillips, C. (2021). Route optimization for energy efficient airport shuttle operations – A case study from Dallas Fort worth International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 94(April), 102077. doi:10.1016/j.jairtraman.2021.102077
- Skouloudis, A., Evangelinos, K. ve Moraitis, S. (2012). Accountability and stakeholder engagement in the airport industry: An assessment of airports' CSR reports. *Journal of Air Transport Management*, 18(1), 16–20. doi:10.1016/j.jairtraman.2011.06.001
- Solarist. (2023). GTC'nin çift yüzlü (bifacial) güneş panelleri, Milas Bodrum Havalimanı'nda kullanılıyor. 7 Kasım 2023 tarihinde <https://www.solar.ist/gtcnin-cift-yuzlu-bifacial-gunes-panelleri-milas-bodrum-havalimaninda-kullaniliyor/> adresinden erişildi.
- Somerville, A., Baxter, G. S., Richardson, S. ve Wild, G. (2015). Sustainable water management at major Australian regional airports: The case of Mildura Airport. *Aviation*, 19(2), 83–89.
- Sözen, S., Yüzer, E., Duba, S., Gökçekuş, H., Dogru, A. O., Senel, G., ... Orhon, D. (2021). Water management for Istanbul: collapse or survival. *Environmental Earth Sciences*, 80(7), 1–16. doi:10.1007/s12665-021-09563-0
- Spakovszky, Z. S. (2019). Advanced low-noise aircraft configurations and their

- assessment: past, present, and future. *CEAS Aeronautical Journal*, 10(1), 137–157.
- Sreenath, S., Sudhakar, K. ve Yusop, A. F. (2021). Sustainability at airports: Technologies and best practices from ASEAN countries. *Journal of Environmental Management*, 299(August), 113639. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113639
- Stanković, M., Stević, Ž., Das, D., Subotić, M. ve Pamučar, D. (2020). A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis. *Mathematics*, 8(3), 457. doi:10.3390/math8030457
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. ve Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS). *Computers and Industrial Engineering*, 140(December 2019), 106231. doi:10.1016/j.cie.2019.106231
- Suau-Sanchez, P., Pallares-Barbera, M. ve Paül, V. (2011). Incorporating annoyance in airport environmental policy: Noise, societal response and community participation. *Journal of Transport Geography*, 19(2), 275–284. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.02.005
- Sürücü, R. ve Kıasıf, G. Ç. (2022). İstanbul'un Kuzeybatı Yönündeki Büyüme Sürecinin Sürdürülebilirlik Performansına İlişkin Algı Analizi. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(2), 681–706.
- Switzenbaum, M. S., Veltman, S., Mericas, D., Wagoner, B. ve Schoenberg, T. (2001). Best management practices for airport deicing stormwater. *Chemosphere*, 43(8), 1051–1062. doi:10.1016/S0045-6535(00)00199-5
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2019). *Environmental Indicators 2017*. Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/env-romental-ind-cators-2017-20190628084707.pdf> adresinden erişildi.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). *Sıfır Atık Yönetim Sistemi Uygulama Kılavuzu: Havalimanı Tren ve Otobüs Terminali*. Ankara. https://webdosya.csb.gov.tr/db/balikesir/menu/havalimani_tren-ve-otobus-terminali_20210827103832.pdf adresinden erişildi.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). Misyon/Vizyon. 24 Eylül 2023 tarihinde <https://csb.gov.tr/misyon-vizyon-i-83459> adresinden erişildi.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2006). *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)*. Ankara. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Dokuzuncu_Kalkinma_Plani-2007-2013.pdf adresinden erişildi.

- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2018). *On Birinci Kalkınma Planı Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/UlastirmaOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf> adresinden erişildi.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). *12. Ulaştırma ve Haberleşme Şûrası*. Ankara. <https://sgb.uab.gov.tr/uploads/pages/suralar/12-ulastirma-ve-haberlesme-surasi-sonuc-bildirisi.pdf> adresinden erişildi.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023a). *2053 Taşımacılık ve Lojistik Master Planı*. Ankara. <https://sgb.uab.gov.tr/uploads/pages/yayin-sunum-ve-tablolar/uab-2053-master-plan.pdf> adresinden erişildi.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023b). *Çevre Politikası*. Ankara. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/kurum-politikalarimiz/03-uab-cevre-politikasi-web-270721.pdf> adresinden erişildi.
- Tanrıverdi, G., Lezki, Ş. ve Doğan, Ü. (2022). Strategic decision-making for air cargo carriers on freighter type selection. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18(4), 1329–1354. doi:10.17130/ijmeh.1122066
- Tanrıverdi, G., Merkert, R., Karamaşa, Ç. ve Asker, V. (2023). Using multi-criteria performance measurement models to evaluate the financial , operational and environmental sustainability of airlines. *Journal of Air Transport Management*, 112(Eylül 2023), 102456. doi:10.1016/j.jairtraman.2023.102456
- Tanrıverdi, Gökhan, Bakır, M. ve Merkert, R. (2020). What can we learn from the JATM literature for the future of aviation post Covid-19? - A bibliometric and visualization analysis. *Journal of Air Transport Management*, 89(June). doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101916
- TAV. (2022). *TAV Airports Sustainability Report 2022*. https://webcmstavairports.tav.aero/files/1696847056_TAV_Sustainability_Report_2022.pdf adresinden erişildi.
- TDK. (2022). Güncel Türkçe Sözlük. 14 Aralık 2022 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden erişildi.
- Thomas, C. ve Lever, M. (2003). Aircraft noise, community relations and stakeholder involvement. P. Upham, J. Maughan, D. Raper ve C. Thomas (Ed.), *Towards Sustainable Aviation* içinde . London: Earthscan.
- Thomas, C. S., Maughan, J. A., Hooper, P. D. ve Hume, K. I. (2010). Aircraft noise and

- community impacts. R. Blockley ve W. Shyy (Ed.), *Encyclopaedia of Aerospace Engineering: Volume 6 Environmental Impact, Manufacturing and Operations* içinde . New Jersey: John Wiley & Sons.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Toriya, A. J. ve Self, R. H. (2018). Aircraft classification for efficient modelling of environmental noise impact of aviation. *Journal of Air Transport Management*, 67(August 2017), 157–168. doi:10.1016/j.jairtraman.2017.12.007
- TRB. (2010). *ACRP Report 25 - Airport Passenger Terminal Planning and Design Volume 1: Guidebook*. Washington DC. https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rpt_025v1.pdf adresinden erişildi.
- Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. *Multi-criteria decision making methods: A comparative study* içinde (ss. 5–21). Boston: Springer.
- TRL. (1999). *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*. <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/meet.pdf> adresinden erişildi.
- Truxal, S. (2017). *Economic and Environmental Regulation of International Aviation: From Inter-national to Global Governance*. New York: Routledge.
- TÜBİTAK. (2018). Türkiye’de DHMİ Tarafından İşletilen Havalimanlarının Stratejik Gürültü Haritalarının Oluşturulması Projesi. 2 Mart 2023 tarihinde <https://iklim.mam.tubitak.gov.tr/tr/haber/turkiyede-dhmi-terafindan-isletilen-havalimanlarinin-stratejik-gurultu-haritalarinin> adresinden erişildi.
- TÜBİTAK. (2021). *Antalya Havalimanı Gürültü Eylem Planı Raporu*. Kocaeli.
- Turan, G. (2018). Çok kriterli karar verme. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Ed.), *Çok kriterli karar verme yöntemleri* içinde (3. baskı., ss. 15–19). Bursa: DORA.
- Türker, A. (2019). *Mesleki Gürültünün Uluslararası Havalimanı Çalışanları Üzerindeki Etkisi*. İstanbul Üniversitesi.
- Turskis, Z., Antuchevičiene, J., Keršulienė, V. ve Gaidukas, G. (2019). Hybrid group MCDM model to select the most effective alternative of the second runway of the airport. *Symmetry*, 11(6). doi:10.3390/sym11060792
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022). *Ulaşan ve Erişen Türkiye*. Ankara. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/havacilik/03-sektor-raporlari-havayolu.pdf> adresinden erişildi.
- Ülgen, H. ve Mirze, K. (2010). *Stratejik Yönetim* (5. baskı.). İstanbul: Beta Yayıncılık.

- Ulutaş, A., Karakuş, C. B. ve Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693–4709. doi:10.3233/jifs-191400
- Upham, P. J. ve Mills, J. N. (2005). Environmental and operational sustainability of airports: Core indicators and stakeholder communication. *Benchmarking: An International Journal*, 12(2), 166–179. doi:10.1108/14635770510593103
- Usatoday. (2016). Denver Airport joins growing food donation trend. 1 Nisan 2023 tarihinde <https://www.usatoday.com/story/travel/flights/todayinthesky/2016/01/07/denver-airport-food-donation/78418364/> adresinden erişildi.
- Vespermann, J. ve Wald, A. (2011). Much ado about nothing? - An analysis of economic impacts and ecologic effects of the EU-emission trading scheme in the aviation industry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(10), 1066–1076. doi:10.1016/j.tra.2010.03.005
- Vinogradova, I., Podvezko, V. ve Zavadskas, E. K. (2018). The recalculation of the weights of criteria in MCDM methods using the Bayes approach. *Symmetry*, 10(6), 1–18. doi:10.3390/sym10060205
- Vogiatzis, K. ve Remy, N. (2014). Strategic noise mapping of Herakleion: The aircraft noise impact as a factor of the Int. Airport relocation. *Noise Mapping*, 1(1), 15–31. doi:10.2478/noise-2014-0003
- Vurmaz, M. Ö. (2018). *Development of water efficiency strategy for Adnan Menderes Airport*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Wan, L., Peng, Q., Wang, J., Tian, Y. ve Xu, C. (2020). Evaluation of airport sustainability by the synthetic evaluation method: A case study of Guangzhou Baiyun international airport, China, from 2008 to 2017. *Sustainability*, 12(8), 3334.
- Wen, Z., Liao, H., Kazimieras Zavadskas, E. ve Al-Barakati, A. (2019). Selection third-party logistics service providers in supply chain finance by a hesitant fuzzy linguistic combined compromise solution method. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 32(1), 4033–4058. doi:10.1080/1331677X.2019.1678502
- Wensveen, J. G. (2011). *Air Transportation*.
- Williams, V., Noland, R. B. ve Toumi, R. (2002). Reducing the climate change impacts of aviation by restricting cruise altitudes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(6), 451–464. doi:10.1016/S1361-9209(02)00013-5

- Winter, S. R., Crouse, S. R. ve Rice, S. (2021). The development of ‘green’ airports: Which factors influence willingness to pay for sustainability and intention to act? A structural and mediation model analysis. *Technology in Society*, 65(March), 101576. doi:10.1016/j.techsoc.2021.101576
- Wu, H. C., Cheng, C. C. ve Ai, C. H. (2018). An empirical analysis of green switching intentions in the airline industry. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(8), 1438–1468. doi:10.1080/09640568.2017.1352495
- Xianliang, G., Jingchao, X., Zhiwen, L. ve Jiaping, L. (2021). Analysis to energy consumption characteristics and influencing factors of terminal building based on airport operating data. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44(100), 101034. doi:10.1016/j.seta.2021.101034
- Xiong, X., Song, X., Kaygorodova, A., Ding, X., Guo, L. ve Huang, J. (2023). Aviation and carbon emissions: Evidence from airport operations. *Journal of Air Transport Management*, 109(August 2022), 102383. doi:10.1016/j.jairtraman.2023.102383
- Yang, R. ve Al-Qadi, I. L. (2017). Development of a life-cycle assessment tool to quantify the environmental impacts of airport pavement construction. *Transportation Research Record*, 2603(1), 89–97. doi:10.3141/2603-09
- Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E. ve Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501–2519. doi:10.1108/MD-05-2017-0458
- Yeh, H. (2003). The Selection of Multiattribute Decision Making Methods For Scholarship Student Selection. *International Journal of Selection and Assessment*, 11, 289–296.
- Yin, K. sang, Dargusch, P. ve Halog, A. (2015). An analysis of the greenhouse gas emissions profile of airlines flying the Australian international market. *Journal of Air Transport Management*, 47, 218–229. doi:10.1016/j.jairtraman.2015.06.005
- Yıldırım, B. F. (2019). Çok Nitelikli Karar Verme. 23 Nisan 2023 tarihinde <https://bahadirfyildirim.com/blog/note/cok-nitelikli-karar-verme/> adresinden erişildi.
- Young, S. B. ve Wells, A. T. (2019). *Airport Planning & Management* (7. bs.). New York: McGraw-Hill.
- Yücenur, G. N. ve Şenol, K. (2021). Sequential SWARA and fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes. *Journal of Building Engineering*, 44(February). doi:10.1016/j.jobbe.2021.103196
- Zanin, M., Delibasi, T. T., Triana, J. C., Mirchandani, V., Álvarez Pereira, E., Enrich, A.,

- ... Inalhan, G. (2016). Towards a secure trading of aviation CO2 allowance. *Journal of Air Transport Management*, 56(Part A), 3–11. doi:10.1016/j.jairtraman.2016.02.005
- Zaporozhets, O. I. ve Tokarev, V. I. (1998). Aircraft Noise Modelling for Environmental Assessment Around Airports. *Applied Acoustics*, 55(2), 99–127. doi:10.1016/S0003-682X(97)00101-1
- Zeydan, Ö. ve Yıldız Şekertekin, Y. (2022). GIS-based determination of Turkish domestic flights emissions. *Atmospheric Pollution Research*, 13(2), 101299. doi:10.1016/j.apr.2021.101299
- Zeydan ve Zeydan, I. (2023). Impacts of travel bans and travel intention changes on aviation emissions due to Covid-19 pandemic. *Environment, Development and Sustainability*. doi:10.1007/s10668-023-02916-8
- Zhang, A., Gudmundsson, S. V. ve Oum, T. H. (2010). Air transport, global warming and the environment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(1), 1–4. doi:10.1016/j.trd.2009.07.011
- Zhao, B., Wang, N., Fu, Q., Yan, H. K. ve Wu, N. (2019). Searching a site for a civil airport based on bird ecological conservation: An expert-based selection (Dalian, China). *Global Ecology and Conservation*, 20, e00729. doi:10.1016/j.gecco.2019.e00729
- Zhi Jun, L., Alam, S., Dhief, I. ve Schultz, M. (2022). Towards a greener Extended-Arrival Manager in air traffic control: A heuristic approach for dynamic speed control using machine-learned delay prediction model. *Journal of Air Transport Management*, 103(June), 102250. doi:10.1016/j.jairtraman.2022.102250

EKLER

Ek 1. Kriter Belirleme Görüşmeleri Gönüllü Katılım Formu

GÖNÜLLÜ KATILIM FORMU

Bu çalışma, Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ danışmanlığında Araş. Gör. Mustafa UZGÖR tarafından doktora tezi olarak yürütülmektedir. Çalışma kapsamında, havaalanlarının çevre yönetim performanslarını değerlendirecek yeşil kriterleri belirlemek, kriterleri ağırlıklandırmak ve kriterlere göre Türkiye’de yıllık yolcu trafiği en yüksek 5 havaalanını değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bu görüşmelerde sadece yeşil kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çevre yönetim performans göstergesi olarak kullanılacak kriterler, sadece çevresel kriterlerden oluşacaktır. Literatürde yer alan ve size önerdiğimiz kriterlere önemli bulduğunuz yeni kriterler önermeniz beklenmektedir. Bunun için, siz sektör temsilcilerinin uzmanlık bilgilerinden faydalanarak kriterlerin oluşturulmasında keşfedici ve bütünlük bir görüşme düzenlemiş bulunuyoruz. Bu kapsamda;

- Araştırma sonuçları yazılırken görüşülen bireylerin kimlikleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler bilgisayar ortamında depolama yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.
- Görüşme sonuçlarının araştırmacılar tarafından etkin biçimde yorumlanabilmesi için görüşmeyi sesli ya da görüntülü şekilde kaydetmek istiyoruz.
- Bu görüşmenin yaklaşık 90 dakika süreceğini tahmin ediyoruz.

- Bu görüşmede literatür çalışması sonucunda bizim önerdiğimiz havaalanı yeşil kriterlerin doğruluğunu tartışmanız, önerilerde bulunmanız bunun yanı sıra varsa yeni kriter önerilerinizi de sunmanız beklenmektedir.
- Görüşmede hakkında nicel ya da nitel veri bulunabilecek kriterlerin önerilmesi önem arz etmektedir.

Araştırmayla ilgili ilerleyen süreçte soru, görüş ve önerilerinizi bildirerek araştırmaya destek olabilirsiniz. Bunun için numaralı telefonu arayarak veya e-posta adresi aracılığıyla iletişim kurabilirsiniz.

Görüşme yeri: Çevrimiçi Görüşme saati: Moderatör: Mustafa UZGÖR

	Evet	Hayır
Araştırmaya katılmayı kabul ediyorum.		
Görüşme esnasında kayıt alınmasını kabul ediyorum.		

Katılımcının;

Adı ve Soyadı:

İletişim:

İmza: Tarih:

Araştırmacının;

Adı ve Soyadı: Mustafa UZGÖR

İletişim:

Katılımcı Bilgileri

Şu anki işyeriniz:

Şu anki iş pozisyonunuz:

Şu anki pozisyonundaki tecrübeniz:

Toplam mesleki tecrübeniz:

Görüşme Soruları

- Havaalanlarının çevresel performansını belirleyen ana kriterler nelerdir?
- Bu kriterlerin altında sizce hangi alt kriterler yer alabilir?
- Bu kapsamda önden size göndermiş olduğumuz kriterlerden hangilerinde güncelleme ya da çıkarma yapılabilir?
- Sizin önemli gördüğünüz ancak bizim değerlendirmeye almadığımız farklı kriter önerileriniz var mı?

Ek 2. SHGM'ye verilere erişim için yazılan resmi yazı

Sayı : E-63784619-605.01-406310
Konu : Veri Toplama

11.10.2022

SİVİL HAVACILIK GENEL MÜDÜRLÜĞÜNE

Üniversitemiz Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı Doktora programı öğrencisi Mustafa UZGÖR'ün, Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ'in danışmanlığında yürüttüğü "Türkiye'deki Havaalanlarının Yeşil Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi" adlı doktora tez çalışması kapsamında kullanacağı Türkiye'deki havaalanlarına ait nicel çevresel verilere (emisyon, atık, enerji tüketimi, gürültü vb. verileri içeren çevre eylem planlarının ve/veya raporlarının) ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilgilerini ve adı geçen öğrencimize söz konusu verilerin sağlanması için gerekli kolaylığın gösterilmesi hususunda gereğini arz ederim.

Prof. Dr. Fuat ERDAL
Rektör

Ek:

- 1- Dilekçe (1 sayfa)
- 2- Etik Kurul Kararı (1 sayfa)

Ek 3. Nitel Kriterlerin Veri Toplama Formu

VERİ TOPLAMA FORMU

Değerli katılımcı,

Bu araştırma, Türkiye’deki beş büyük havaalanının çevre yönetim performanslarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bunun için önceden belirlenen nitel ve nicel kriterler için her bir havaalanının alacağı puanlar kullanılacaktır. Nicel kriterlerin puanları havaalanlarından alınan sayısal veriler iken, nitel kriterlerin değerleri siz uzman katılımcıların havaalanlarına verecekleri puanlar olacaktır.

Aşağıdaki tabloda, her bir nitel kriter için havaalanlarının yeterlilik/başarı durumlarını 0 – 10 arasında puanlandırınız.

0 = Çok başarısız/yetersiz 10 = Çok başarılı/yeterli

	İstanbul Havaalanı	Sabiha Gökçen Havaalanı	Antalya Havaalanı	Ankara Esenboğa Havaalanı	İzmir Adnan Menderes Havaalanı
Yeşil bina pratiklerine uyum (otomasyon sistemleri, enerji verimli malzemeler, ortak iklimlendirme vb.)					
Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanaklarının gelişmişliği					
Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği					
Gürültüden etkilenen çevre halkıyla iş birliği seviyesi					
Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği					
Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği					
Atığın kaynağında azaltılması faaliyetlerinin etkinliği					
Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmalarının etkinliği					
Bitki ve hayvan topluluklarının izlenmesi,					

denetlenmesi faaliyetlerinin etkinliği					
Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)					
Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı					

Araştırmaya gönüllü katılım sağlıyorum: Evet Hayır

Katılımcı Adı ve Soyadı:

Pozisyonu:

Sektörel deneyim:

İmza:

Tarih:

Ek 4. SWARA Kriter Ağırlıklandırma Formu

Havaalanlarının Çevre Yönetim Performansını Belirleyen Faktörlerin

Ağırlıklandırılması

Havaalanlarının çevre yönetim performanslarını etkileyen ve Tablo 1’de belirtilen 5 ana faktörü (kriteri) en önemliden en az önemliye şeklinde sıralayınız. (En önemli 1. sırada, en az önemli 5. sırada olacak şekilde.)

Tablo 2’de ise ‘Faktör Adı’ sütunu, Tablo 1’de yapılan önem sıralamasına göre doldurulduktan sonra bu faktörleri, ilk sıradaki 1,00 puan olacak şekilde 0 ile 1 arasında ve 5’in katları olacak şekilde puanlandırınız.

Toplamda 5 ana faktör, 26 tane de alt faktör bulunmaktadır. Sonraki tablolarda ise aynı işlemleri her bir ana faktörün alt faktörleri için uygulayınız. Bu uygulamayı 1 kez ana faktörler için 5 kez de her bir ana faktörün alt faktörleri için uygulamanız beklenmektedir.

ÖRNEK UYGULAMA

Tablo 1. Havaalanlarının Çevre Yönetim Performansını Belirleyen Ana Faktörlerin Önem Sıralaması

Ana faktörler	Sıralama
Karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi	1
Su ve atık yönetimi	3
Gürültü yönetimi	5
Biyoçeşitlilik	2
Yeşil yönetim	4

Tablo 2. Ana Faktörlerin İkili Karşılaştırılması

Sıralama	Faktör adı	Önem düzeyi değerlendirilmesi
1	Karbon emisyonu azaltma ve enerji yönetimi	1,00
2	Biyoçeşitlilik	0,85
3	Su ve atık yönetimi	0,70
4	Yeşil yönetim	0,60
5	Gürültü yönetimi	0,45

Ek 5. Etik Kurul Onay Belgesi

Evrak Kayıt Tarihi: 05.11.2021 Protokol No: 210897

Tarih: 30.11.2021



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERÎ BİLİMLER BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARAR BELGESİ

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	TÜBİTAK Projesi-Doktora Tez Çalışması
KONU:	Sosyal Bilimler
BAŞLIK:	Türkiye'deki Havaalanlarının Yeşil Kriterler Doğrultusunda Değerlendirilmesi
PROJE/TEZ YÜRÜTÜCÜSÜ:	Doç. Dr. Savaş S. ATEŞ
TEZ YAZARI:	Mustafa UZGÖR
ALT KOMİSYON GÖRÜŞÜ:	-
KARAR:	Olumlu
Prof. Dr. Saime ÖNCE (Başkan-İkt. ve İdari Bil. Fak.)	
Prof. Dr. M. Erkan ÜYÜMEZ (Başkan Yardımcısı -İkt. ve İdari Bil. Fak.)	Prof. Dr. Fatime GÜNEŞ (Edebiyat Fak.)
Prof. Dr. Yıldız UZUNER (Eğitim Fak.)	Prof. Dr. İbrahim Cemil ULUKAN (Açıköğretim Fak.)
Prof. Dr. Handan DEVECİ (Eğitim Fak.)	Prof. Dr. Erkan YÜKSEL (İletişim Bil. Fak.)

Ek 6. Karar vericilere göre alt kriterlerin önem sıralaması ve ağırlıklandırma puanları

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1.1	Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu	1	1	7	6	3
K1.2	Yolcu başına yıllık enerji tüketimi	2	2	6	7	2
K1.3	ACA karbon akreditasyon seviyesi	6	7	1	5	6
K1.4	Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı	7	6	3	2	4
K1.5	Yeşil bina pratiklerine uyum	5	3	4	4	7
K1.6	Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları	3	4	2	1	1
K1.7	Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği	4	5	5	3	5

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı (pj)
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K1.6	Yenilenebilir/yerinde enerji üretim olanakları	0,90	0,80	0,87	1,00	1,00	0,91
K1.7	Havaalanına toplu taşımayla ulaşım imkanlarının gelişmişliği	0,85	0,70	0,70	0,90	0,70	0,77
K1.5	Yeşil bina pratiklerine uyum	0,80	0,85	0,75	0,85	0,55	0,76
K1.1	Yolcu başına yıllık CO ₂ emisyonu	1,00	1,00	0,29	0,55	0,90	0,75
K1.4	Elektrikli/hibrit yer araçlarının kullanım oranı	0,55	0,60	0,80	0,95	0,82	0,74
K1.2	Yolcu başına yıllık enerji tüketimi	0,95	0,95	0,30	0,50	0,92	0,72
K1.3	ACA karbon akreditasyon seviyesi	0,60	0,50	1,00	0,70	0,60	0,68

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K2.1	Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi	2	2	1	2	2
K2.2	Uçuş güzergahına en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi	4	4	4	5	5
K2.3	Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı	1	1	2	1	1
K2.4	Etkilenen çevre halkıyla iş birliği	3	5	3	4	3

K2.5	Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği	5	3	5	3	4
------	--------------------------------------	---	---	---	---	---

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı (pj)
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K2.2	Piste/pistlere en yakın yerleşim yerindeki ses seviyesi	1,00	1,00	0,85	0,90	1,00	0,95
K2.1	Şehir merkezinin havaalanına kuş uçuşu mesafesi	0,95	0,95	1,00	1,00	0,80	0,94
K2.3	Gündüz 55dB üzerinde gürültüye maruz kalan nüfusun oranı	0,90	0,60	0,75	0,85	0,65	0,75
K2.4	Etkilenen çevre halkıyla iş birliği	0,40	0,75	0,60	0,80	0,55	0,62
K2.5	Gürültü şikâyet sisteminin etkinliği	0,60	0,70	0,65	0,75	0,30	0,60

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K3.1	Geri dönüştürülen atık oranı	5	3	4	3	4
K3.2	Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı	3	1	2	4	1
K3.3	Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı	2	2	5	3	2
K3.4	Atık ayrıştırma faaliyetleri	4	5	3	2	5
K3.5	Atığın kaynağında azaltılması	1	4	1	1	3

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı (pj)
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K3.2	Yolcu başına yıllık harcanan su miktarı	0,90	1,00	0,85	0,80	1,00	0,91
K3.5	Atığın kaynağında azaltılması	1,00	0,75	1,00	1,00	0,77	0,90
K3.3	Yolcu başına yıllık toplam atık miktarı	0,95	0,90	0,60	0,75	0,80	0,80
K3.1	Geri dönüştürülen atık oranı	0,80	0,80	0,70	0,90	0,70	0,78
K3.4	Atık ayrıştırma faaliyetlerinin etkinliği	0,85	0,65	0,75	0,95	0,40	0,72

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K4.1	Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmalarının etkinliği	4	4	3	2	3
K4.2	Havaalanı iniş kalkış ve operasyon sırasında uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı	1	2	1	1	2
K4.3	Havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan bitki / hayvan sayısı	3	1	2	4	1
K4.4	Bitki ve hayvan topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri	2	3	4	3	4

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K4.2	Havaalanı iniş kalkış ve operasyon sırasında uçuş başına yılda ortalama kuş vb. çarpması vaka sayısı	1,00	0,80	1,00	1,00	0,95	0,95
K4.3	Havaalanında ya da çevresinde korumaya alınan alan (km2)	0,55	1,00	0,75	0,70	1,00	0,80
K4.1	Havaalanı çevresindeki yeşillendirme çalışmaları	0,50	0,70	0,70	0,95	0,80	0,73
K4.4	Bitki ve hayvan topluluklarının izlenmesi, denetlenmesi faaliyetleri	0,60	0,75	0,65	0,85	0,60	0,69

Kriterler		Karar vericiler				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K5.1	Terminal binasının LEED sertifika seviyesi	3	3	2	5	3
K5.2	Diğer çevre sertifikalarının sayısı (ISO 14001, 14064, 50001 vb.)	5	5	1	1	4
K5.3	Personele verilen çevre eğitimi saati	2	4	3	3	5
K5.4	Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)	1	1	4	2	2
K5.5	Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı	4	2	5	4	1

Kriterler		Karar vericiler					Ortalama önem puanı (pj)
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
K5.4	Çevre dostu kimyasalların / malzemelerin seçilmesi (yeşil satın alma)	1,00	1,00	0,65	0,95	0,90	0,90
K5.1	Terminal binasının LEED sertifika seviyesi	0,60	0,80	0,85	0,80	0,85	0,78
K5.5	Paydaşlarla iletişim ve tüm çevre yönetim süreçlerine paydaş katılımı	0,55	0,85	0,60	0,85	1,00	0,77
K5.2	Diğer çevre sertifikalarının sayısı (ISO 14001, 14064, 50001 vb.)	0,50	0,60	1,00	1,00	0,70	0,76
K5.3	Personele verilen çevre eğitimi saati	0,80	0,65	0,75	0,90	0,60	0,74

Ek 7. Alt kriter ağırlıklarının SWARA sonuçları

	pj	sj	kj	qj	wj	global wj
K1.6	0,91		1,000	1,00	0,164	0,04118
K1.7	0,77	0,144	1,144	0,87	0,144	0,03599
K1.5	0,76	0,010	1,010	0,87	0,142	0,03564
K1.1	0,75	0,012	1,012	0,86	0,141	0,03522
K1.4	0,74	0,004	1,004	0,85	0,140	0,03508
K1.2	0,72	0,020	1,020	0,84	0,137	0,03439
K1.3	0,68	0,044	1,044	0,80	0,132	0,03294
K2.2	0,95		1,000	1,00	0,234	0,04298
K2.1	0,94	0,010	1,010	0,99	0,231	0,04255
K2.3	0,75	0,190	1,190	0,83	0,194	0,03576
K2.4	0,62	0,130	1,130	0,74	0,172	0,03164
K2.5	0,60	0,020	1,020	0,72	0,169	0,03102
K3.2	0,91		1,000	1,00	0,217	0,04749
K3.5	0,90	0,006	1,006	0,99	0,216	0,04720
K3.3	0,80	0,104	1,104	0,90	0,195	0,04276
K3.1	0,78	0,020	1,020	0,88	0,191	0,04192
K3.4	0,72	0,060	1,060	0,83	0,181	0,03954
K4.2	0,95		1,000	1,00	0,289	0,04731
K4.3	0,80	0,150	1,150	0,87	0,251	0,04114
K4.1	0,73	0,070	1,070	0,81	0,235	0,03844

K4.4	0,69	0,040	1,040	0,78	0,226	0,03697
K5.4	0,90		1,000	1,00	0,222	0,04054
K5.1	0,78	0,120	1,120	0,89	0,198	0,03620
K5.5	0,77	0,010	1,010	0,88	0,196	0,03584
K5.2	0,76	0,010	1,010	0,88	0,194	0,03549
K5.3	0,74	0,020	1,020	0,86	0,190	0,03479