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

HAVALİMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rafet DEMİR

KOCAELİ 2023

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

HAVALİMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rafet DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Hakan RODOPLU

KOCAELİ 2023

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

HAVALİMANLARININ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: Rafet DEMİR
Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 21.06.2023/18

KOCAELİ 2023

ÖNSÖZ

Havacılık var olduğundan bu yana sürekli gelişmelere ve kalkınmaya sahne olmuş bir endüstridir. Bu nedenle havacılığın devamlılığının sağlanması, hava taşımacılığının küresel çapta faal olması ve var olan toplumların kullanımına sunulması önem arz etmektedir. Bu, havacılığın sürdürülebilirliğini doğrudan ilgilendiren bir durum olarak nitelendirilebilir. Özellikle havacılığın çevresiyle etkileşimi gereği etkilerinin sürdürülebilir kılınması en az ekonomik istikrar kadar önemlidir. Bu çalışma havacılık endüstrisinin başrollerinden olan havalimanlarının çevresel etkilerini analiz ederek onlara birer sürdürülebilirlik performansı skoru aramıştır. Havalimanlarının farklı bölgelerden seçilmesi, sonuçların karşılaştırılmasına olanak tanımıştır. Bu sonuçlarla kıyas edilen havalimanları dünya geneli hakkında bilgi vermiş ve gelecek çalışmalarda dikkat edilecek hususlara dair aydınlatıcı olmuştur.

Lisansüstü eğitimim boyunca beni destekleyen ve akademik çalışmalara teşvik eden kıymetli Havacılık Yönetimi Bölümü hocalarıma teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Danışmanlığında olduğum, çalışma alanları ve konuları kapsamında bana katkıda bulunarak gelişimime doğrudan etki eden Dr. Öğr. Üyesi Hakan RODOPLU hocama ve eğitimime, kariyerime ve özellikle hayatıma dair bulunduğu katkılar adına Öğr. Gör. Dr. Serap GÜRSEL hocama sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Bu çalışma boyunca beni motive eden ve bana gerekli her türlü desteği veren aileme ve iş arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Babam Mehmet Demir'e…

Rafet DEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I
İÇİNDEKİLER II
ÖZET IV
ABSTRACT V
KISALTMALAR VI
SİMGELER VE BİLEŞEN FORMÜLLERİ VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ IX
TABLOLAR LİSTESİ X
DENKLEMLER LİSTESİ XI
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE 4
1.1. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA 6
1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK 10
1.2.1. Sürdürülebilirliğin Boyutları 12
1.2.2. Havalimanları ve Sürdürülebilirlik 17
1.3. ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK 20
1.3.1. Havalimanları ve Çevresel Sürdürülebilirlik 22
1.3.1.1. Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksleri 24

İKİNCİ BÖLÜM

2. METODOLOJİ 41
2.1. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ 41
2.2. ARAŞTIRMANIN AMACI 42
2.3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ 43
2.3.2. Veri Elde Etme Yöntemleri 46
2.3.3. Veri Yapısı 49
2.3.3.1. Operasyonel (C1) 49
2.3.3.2. Emisyonlar (C2) 50
2.3.3.3. Enerji (C3) 53
2.3.3.4. Çevre (C4) 55
2.3.3.5. Kirlilik (C5) 58
2.4. ARAŞTIRMA SORULARI VE HİPOTEZLERİ 63
2.5. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE SINIRLILIKLARI 64

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. HAVAALANLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSI 65
3.1. ARAŞTIRMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN VERİLER 66
3.2. ARAŞTIRMANIN BULGULARI 85
3.3. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER 88
3.3.1. Operasyonel Veriler 88
3.3.2. Emisyon Verileri 89
3.3.3. Enerji Verileri 90

3.3.4. Çevre Verileri **91**
3.3.5. Kirlilik Verileri **93**

TARTIŞMA VE SONUÇ **94**
KAYNAKÇA **97**

ÖZET

Sürdürülebilirlik ve havacılık sıklıkla yan yana getirilmesi gereken kavramlardır. Sürdürülebilirliğin her boyutu havacılık endüstrisi adına ayrı önem taşımaktadır. Havacılık endüstrisinin ticaret hacmi, sağladığı istihdam ve küreselleşmeye katkısı inkâr edilemez bir öneme sahiptir. Bu nedenle, endüstrinin sürdürülebilir olması da çok önemlidir. Gelişimi sürekli kılan teknolojinin hızı ile sürdürülebilirlik politikalarının eş zamanlı yürütülecek şekilde endüstriye entegre edilmesi halinde, havacılığın bugünkü istatistiklerinin üstünde operasyonlara konu olması mümkün olacaktır. Özellikle çevresel etkilerin azaltılarak çevre dostu operasyonların sürdürülmesi endüstrinin önünde bir engelin kalmamasını sağlayacaktır. Bu bağlamda endüstri paydaşları sürdürülebilirlik kapsamında çevreci faaliyetler yürütmek üzere geliştirilmelidir. Havalimanları özelinde, özellikle bazı çevre etkilerinin aydınlatılması ve bunların göz önünde bulundurularak önceden belirlenmiş idari kriterlerle karar vermenin kolaylaştırılması, sürdürülebilir bir havalimanının oluşması için gerekli bir süreçtir.

Bu çalışma havacılık endüstrisinin önemli bir bileşeni olan havalimanlarını sürdürülebilirlik konusunda değerlendirmektedir. İlk olarak sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilirlik anlatılmaktadır ve sürdürülebilirlik kavramı kapsamında temel boyutlar; ekonomik, sosyal ve çevresel olarak ele alınmaktadır. Çalışma bu boyutların her birinin havalimanları operasyonları ve stratejileri üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu ve havalimanları için neler ifade ettiğini literatür eşliğinde tartışmaktadır. Sonrasında havalimanları için göreli bir çevresel performans analizi yürütülmektedir. Analiz, havalimanlarının çevresel etkilerini üst kriterler altında özellikle emisyonlar, enerji ve kirlilik kapsamında inceleyerek değerlendirmektedir ve her havalimanı için bir performans skoru çıktısı vermektedir. Sonuç olarak havalimanlarının sürdürülebilir bir gelecek için mevcut etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanınmaktadır. Ayrıca bu çalışma, sürdürülebilir bir havacılık endüstrisinin kurulması için havalimanlarının önemini vurgulamakta ve bu bağlamda atılması gereken adımlara rehberlik etmeye çalışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havalimanı, Çevresel Sürdürülebilirlik, Performans Skoru

ABSTRACT

Sustainability and aviation are concepts that often need to be brought together. Each dimension of sustainability is of particular importance for the aviation industry. The trade volume of the aviation industry, the employment it provides and its contribution to globalization have an undeniable importance. Therefore, it is also very important for the industry to be sustainable. If the speed of technology that makes the development continuous and sustainability policies are integrated into the industry in a way that is carried out simultaneously, it will be possible for aviation to be the subject of operations beyond today's data. Reducing environmental impacts and maintaining environmentally friendly operations will ensure that there is no obstacle in front of the industry. In this respect, industry stakeholders should be developed to carry out environmental activities within the scope of sustainability. In particular, the clarification of some environmental effects and facilitating decision-making with predetermined administrative criteria, considering these environmental effects, is a necessary process for the formation of a sustainable airport.

This study evaluates airports, which are an important component of the aviation industry, in terms of sustainability. Firstly, sustainable development and sustainability are explained and the basic dimensions within the scope of the concept of sustainability; economically, socially, and environmentally. The study discusses how each of these dimensions has an impact on airport operations and strategies and what they mean for airports, in the light of literature. A relative environmental performance analysis is then conducted for airports. The analysis evaluates the environmental impacts of airports under the upper criteria, especially in terms of emissions, energy and pollution, and outputs a performance score for each airport. As a result, it is possible to evaluate the current effects of airports for a sustainable future and suggestions are made. In addition, this study emphasizes the importance of airports for the establishment of a sustainable aviation industry and tries to guide the steps to be taken in this context.

Keywords: Airport, Environmental Sustainability, Performance Score

KISALTMALAR

ACA : Airport Carbon Accreditation, Havalimanı Karbon Akreditasyonu
ACI : Airports Council International, Uluslararası Havalimanları Konseyi
AENA : Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, İspanyol Havalimanları ve Hava Seyrüseferi
AHP : Analytic Hierarchy Process, Analitik Hiyerarşi Süreci
ARAS : A New Additive Ratio Assessment, Yeni Katkı Oranı Değerlendirme
ASEAN : The Association of Southeast Asian Nations, Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği
ATAG : Air Transport Action Group, Hava Taşımacılığı Eylem Grubu
BoD : Benefit of the Doubt, Olumlu Düşünme Modeli
BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Bina Araştırma Kuruluşunun Çevresel Değerlendirme Yöntemi
BWM : Best-Worst Method, En İyi En Kötü Modeli
COPRAS : Complex Proportional Assessment, Karmaşık Oransal Değerlendirme
CORSIA : Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Uluslararası Havacılık İçin Karbon Dengeleme ve Azaltımı Şeması
CSR : Corporation Social Responsibility, Kurumsal Sosyal Sorumluluk
DANP : Dematel-Based Analytic Network Process, Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci
DEA : Data Envelopment Analysis, Veri Zarflama Analizi
DEMATEL : Decision Making Trial And Evaluation Laboratory, Karar Verme, Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı
DNL : Day-Night Level, Gündüz-Gece Ortalama Ses Seviyesi
FAA : Federal Aviation Administration, Federal Havacılık İdaresi
FOD : Foreign Object Debris, Yabancı Madde Hasarı
FSR : Faaliyet ve Sürdürülebilirlik Raporu
GBRS : Green Building Rating System, Yeşil Bina Derecelendirme Sistemi
GBRT : Green Building Rating Tools, Yeşil Bina Derecelendirme Araçları
GHG : Greenhouse Gases, Sera Gazları
GrADE : Green Airport Design Evaluation, Yeşil Havalimanı Dizayn Değerlendirmesi
GRADE : Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations, Önerilerin Derecelendirme, Değerlendirme, Geliştirme ve İncelemesi
GRI : Global Reporting Initiative, Küresel Raporlama Girişimi
HVAC : Heating, Ventilation, and Air Conditioning, Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme
IATA : International Air Transport Association, Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO : International Civil Aviation Organization, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ISO : International Organization for Standardization, Uluslararası Standartlaştırma Örgütü
LEED : Leadership in Energy and Environmental Design,

Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik

LTO : Landing and Take-off Cycle, İniş ve Kalkış Döngüsü

MCDM : Multi Criteria Decision Making, Çok Kriterli Karar Verme Modeli

MLIT : Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı

RF : Random Forest Algoritması

SAF : Sustainable Aviation Fuel, Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı

SKH : Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

SVM : Support Vector Machine, Destek Vektör Makineleri

TOPSIS : Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution, İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Tercih Tekniği

TCF : Transport Carbon Footprint, Ulaşım Karbon Ayak İzi

VIKOR : VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje, Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm

SİMGELER VE BİLEŞEN FORMÜLLERİ

CO	**:** Karbon Monoksit
CO_2	**:** Karbon Dioksit
db(A)	**:** Ağırlıklı Desibel
HC	**:** Hidrokarbon
km^2	**:** Kilometre Kare
m^3	**:** Metreküp
mt	**:** Metrik Ton
$mtCO_2/MWh$	**:** Saatlik Megavat Enerji Başına Karbon Dioksit
MWh	**:** Saatlik Megavat
NO_x, NO_2	**:** Nitrojen Oksit ve Nitrojen Dioksit
PM	**:** Partikül Madde
PM_{10}	**:** 10 Mikrometre Çapa Kadar Partikül Madde
$PM_{2.5}$	**:** 2.5 Mikrometre Çapa Kadar Partikül Madde
SO_2	**:** Sülfür Dioksit
$\mu g/m^3$	**:** Metreküp Başına Mikrogram

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Kavramsal Çerçeve 5
Şekil 2 : Sürdürülebilir Kalkınmanın Anlamı 8
Şekil 3 : Sürdürülebilirlik Paradigması 13
Şekil 4 : Sürdürülebilir Havalimanı Operasyonu 18
Şekil 5 : GRI Standartları ve Sınıflandırılması 24
Şekil 6 : Analiz Akış Şeması 45
Şekil 7 : Hava ve Kara Tarafı Çevresel Performans Göstergeleri 48
Şekil 8 : Korelasyon Haritası 74
Şekil 9 : Regresyon Grafikleri 75
Şekil 10 : Normalize Verilerin Dağılımı 80
Şekil 11 : Birinci Grup Havalimanları 83
Şekil 12 : İkinci Grup Havalimanları 84
Şekil 13 : Üçüncü Grup Havalimanları 85
Şekil 14 : C1 ve PS2 için Doğrusal Regresyon 87

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 : Yıllar Bazında Havalimanı Sıralamaları ve Bilgileri 46
Tablo 2 : Sürdürülebilir Havalimanı için Performans Metriği 49
Tablo 3 : Performans Metriklerinin Açıklanması 62
Tablo 4 : Analize Dahil Edilen Havalimanları ve Veri Kaynakları 65
Tablo 5 : C1 Operasyonel 67
Tablo 6 : C2 Emisyonlar 68
Tablo 7 : C3 Enerji 70
Tablo 8 : C4 Çevre 71
Tablo 9 : C5 Kirlilik 73
Tablo 10 : Normalizasyon Metodu 77
Tablo 11 : Normalize C1 Verileri 77
Tablo 12 : Normalize C2 Verileri 78
Tablo 13 : Normalize C3 Verileri 79
Tablo 14 : Normalize C4 Verileri 79
Tablo 15 : Normalize C5 Verileri 80
Tablo 16 : Toplam Skorlar 82
Tablo 17 : Toplam Skorlara Bağlı Sıralamalar 86

DENKLEMLER LİSTESİ

Denklem 1 : Mikrogram Dönüşümü 72
Denklem 2 : Normalizasyon İşlemi 76
Denklem 3 : Ters Normalizasyon İşlemi 76
Denklem 4 : Üst Kriterlerin Toplamları 81
Denklem 5 : Üst Kriterlerin Ortalaması 85

GİRİŞ

Hava taşımacılığının varlığından bu yana yapılan akademik ve endüstriyel çalışmalar, teknik açıdan çeşitli alanlarda yürütülmüştür. Bu çalışmalar, uçak tasarımı, motor teknolojisi, havacılık emniyeti ve hava trafik yönetimi gibi konuları kapsamaktadır. Yeni malzemelerin kullanımı, aerodinamik iyileştirmeler, yakıt verimliliği, uçuş güvenliği ve ses emisyonu gibi konularda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu çalışmalar sayesinde hava taşımacılığındaki teknik kabiliyetler artmış ve daha güvenli, verimli ve çevre dostu uçuşlar gerçekleştirilebilir hale gelmiştir. Aynı zamanda, hava taşımacılığı yönetimiyle ilgili çalışmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalar, havaalanı işletmeciliği, hava taşıyıcıların stratejik yönetimi, hava taşımacılığı politikaları ve düzenlemeleri gibi konuları kapsamaktadır. Havaalanlarının operasyonel etkinliği, yolcu deneyimi, havayolu rotalama ve kapasite yönetimi gibi konularda yapılan çalışmalar, sektörün verimliliğini artırmak ve daha iyi hizmet sunmak için önemli bir rol oynamıştır. Ayrıca, hava taşımacılığındaki ekonomik etkileri inceleyen çalışmalar da yapılmış ve sektörün istihdam, turizm ve ticaret gibi alanlardaki katkısı ortaya konulmuştur. Çalışmaların konuları, içinde bulunulan dönemlere ve şartlara göre şekillenmiş olsa da hepsinin odak noktasında havacılığı daha ileriye taşımak hedefi olduğu açıktır. Bilimsel çalışmaların sonuçları genellikle endüstrinin uzun vadeli gelişimini etkiler. Bu durum, yüzyılı aşkın süredir var olan ticari hava taşımacılığı sektöründe de görülmektedir. Aynı zamanda, bu sektörün ihtiyaçları ve eğilimleri de akademik çalışmaları yönlendirmekte ve şekillendirmektedir. Bu şekilde, endüstri ile akademi arasında karşılıklı bir etkileme süreci sürekli olarak yaşanmaktadır. Buna bağlı olarak havacılığın yalnızca endüstriyel olarak ilerletmek ya da akademik açıdan havacılık üzere çalışmalar yapıp sonuçlarının havacılığa yön vermesine olanak tanımamak hem akademik hem de endüstriyel bazda noksanlık yaratacağı açıktır. Buradan hareketle havacılığın her anlamda yakından takip edilmesi ve çalışmaların yapıldığı dönemlerde endüstrinin içinde bulunduğu zorluklar ve problemlerin çözüme kavuşturulması için uğraş verilmesi önem arz etmektedir. Havacılık endüstrisinin küresel çapta faal olup, kusursuz bir akışa sahip olabilmesi için öncelikle sağlanması gereken konu sürdürülebilirliktir. Yirmi birinci yüzyıl gereği hemen her endüstrinin köklü değişimler yaşaması havacılığı da yakından ilgilendirmiş ve küresel anlamda kayda değer büyüklükte işletme hacmine sahip olan

havacılık endüstrisi de kısmi evrime ve köklü değişimlere tâbi olmuştur. Sonuçlanmış ya da henüz yürütülen çalışmaların konuları her ne olursa olsun hemen her çalışmanın gözettiği çıkarlar arasından sürdürülebilir bir sektör oluşturmak ortak bir amaçtır. Buradan hareketle, bu çalışma da ortak amaç olarak nitelendirilen sürdürülebilirlik alanında yürütülmüş ve havacılık sektörüne uzun vadede sosyal, ekonomik ve çevresel fayda sağlaması temeline dayandırılarak tamamlanmıştır.

Havacılık endüstrisi 21. yüzyılda kayda değer bir seviyede büyümeye sahne olmuştur. Bu büyüme küresel bazda ülkelerin ticaretini kolaylaştırırken aynı zamanda yolcuların da seyahat sınırlarını ortadan kaldırmıştır. Öyle ki, endüstrideki bu gelişim şirketlerin ve devletlerin yatırımlarını bu yönde artırmalarını sağlamış ve hızla artan talebe cevap verilmeye çalışılmıştır. Gelinen noktada yıllık % 5'lik yolcu büyüme hızına bakıldığında endüstri henüz limitlerine ulaşmamış ve büyüme tahminleri henüz belirli bir yılda durağan olamamıştır. Kapasite sınırlarının zorlandığı son yıllarda havacılık da antroposen çağında (insan etkilerinin en üst düzeye çıktığı çağ) çevre aktivistleri tarafından yakından takip edilmektedir. Bu nedenle endüstrinin operasyonel hacminin getirdiği faydalar kadar içinde bulunulan ekosistemin sürdürülebilirliğini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen yanları da gündemde kalmaktadır. Hem çevresel hem de endüstriyel bir sürdürülebilirlik yapısı kurmak adına küresel havacılık örgütleri önemli adımlar atmış ve endüstrinin dışına çıkılarak yaşanan gezegenin geleceği adına alınması gereken tedbirlerin endüstriye de entegre edilmesine öncülük etmiştir. Endüstriye son yıllarda getirilen düzenlemeler ve standartlar doğrultusunda havacılığın çevresel etkilerinin boyutları önemli bir konu haline gelmiştir. Buradan hareketle havacılığın çeşitli etkileri incelenmesi ve bu etkileri en aza indirecek çözümlerin aranması kayda değer hale gelmiştir. Sürdürülebilirlik konusu havacılık ekosisteminin önemli bir problemi olarak nitelendirilirken buna yönelik çalışmalar da geçen on yılda önemli düzeyde artmıştır. Çalışmalar havacılığı sürdürülebilir ve çevreye duyarlı bir endüstri haline getirmek için çeşitli analizlerle karar vericilere önerilerde bulunmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle sürdürülebilirlik kavramı ele alınmış ve daha sonrasında sürdürülebilirliğin alt boyutu olan çevresel sürdürülebilirlik anlatılmıştır. Birinci bölüm altında detaylı şekilde açıklanan kavramsal çerçeve havacılıkla bağdaştırılmış

ve araştırma sorusu temelinde analizlerin yapılabilmesi için ön tanımlamalara yer verilmiştir. Bu tanımlamalara, aynı bölüm altında çevresel sürdürülebilirlik indeksleri de dahil edilerek çevresel performansta analize konu olabilecek ölçüm değerleri gösterilmiştir. Ayrıca bu bölümde benzer çalışmalara da atıfta bulunularak, devamında yer alan bölümde açıklanacak olan "çalışmanın önemi" başlığının altı doldurulmuştur. Literatürde, havalimanları sıklıkla performans araştırmalarına ve değerlendirmelerine konu olmuştur. Türkiye havalimanları için çevresel sürdürülebilirlik alanında çalışma sayısı minimum olarak gözlenmiş olup bu da analize dahil edilen havalimanlarının Türkiye dışından olmasına neden olmuştur. Çalışmalar yapılırken çoğunlukla farklı metodolojiler ve çok kriterli karar verme teknikleri kullanılmıştır. Takip eden bölümde metodolojiye yer verilerek çalışmanın önemine vurgu yapılmış ve sürdürülebilirlik açısından endüstriyel bazda çevre boyutuna dikkat çekilmiştir. Ayrıca çalışma boyunca havacılık endüstrisi kısaca endüstri olarak anılacaktır. Devam eden başlıklar ile çalışmanın amacından, yönteminden, çalışma sorularından, hipotezlerinden ve sınırlılıklarından bahsedilmiştir. Üçüncü ve analizin detaylarına yer verilen bölümde ise havalimanlarına ait veriler gösterilerek araştırmaya konu olan havalimanları ile analizi yapılan havalimanları açıklanmıştır. Analize dahil edilen uluslararası havalimanlarının en geniş ifadeyle çevresel performanslarının ne düzeyde olduğu ve havalimanlarının çevre etkilerinde hangi konularda daha etkili sürdürülebilirlik politikaları izlemesi gerektiği sorularına yanıt aranmaya çalışılmıştır. Havalimanları, yıllık yolcu sayıları ile SkyTrax (özel bir uluslararası hava taşımacılığı derecelendirme kurulu) tarafından aynı yıla ait açıklanan sıralamaya göre ve bazı kısıtlılıklar dahilinde belirlenmiştir. Belirlenen havalimanlarının analizleri için önceden yapılmış çalışmalardaki sürdürülebilirlik performansı analizlerinde kullanılan ve GRI (Global Reporting Initiative, Küresel Raporlama Girişimi) indekslerince belirtilen veri kaynakları havalimanlarının faaliyet ve sürdürülebilirlik raporlarından elde edilmiştir. Veri kaynakları; operasyonel, emisyon, enerji, çevresel, su ve kirlilik üst kriterleri olarak belirlenmiş ve bu kriterler altında toplanan veriler ise alt kriter olarak incelenmiştir. Bu kriterler arasında bulunan uç değerlerin giderilmesi ve nihai bir skor elde etmek için çeşitli denklemler (normalleştirme, toplam ve ortalama) kullanılmış ve bunun için bir programlama (Python) dilinden faydalanılmıştır. Sonuçlar ile havalimanlarının sıralaması yapılarak geçmiş çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca sonuçlar hangi alt kriterin havalimanlarının performanslarını etkilediği konusunda

yorum yapabilmek adına okuyuculara yetkinlik kazandırmaktadır. Sonuç ve tartışmaya ayrılan son bölüm yani dördüncü bölümde çalışmanın tamamı ele alınarak araştırmaya başlanan andan çalışmanın çıktılarına kadar olan süreçten bahsedilerek araştırmanın nihai sonuçlarına odaklanılmış ve araştırmayı yapmaya motive eden soruların, hipotezlerin cevapları ve doğrulukları ele alınmıştır. Araştırma esnasında faydalanılan veri kaynaklarının analizi yapılan havalimanları için tam olarak çevresel verilerini içermemesi ve bununla birlikte incelenmesi istenilen fakat veri kaybının çok olduğu havalimanları için çıkarımlarda bulunularak gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

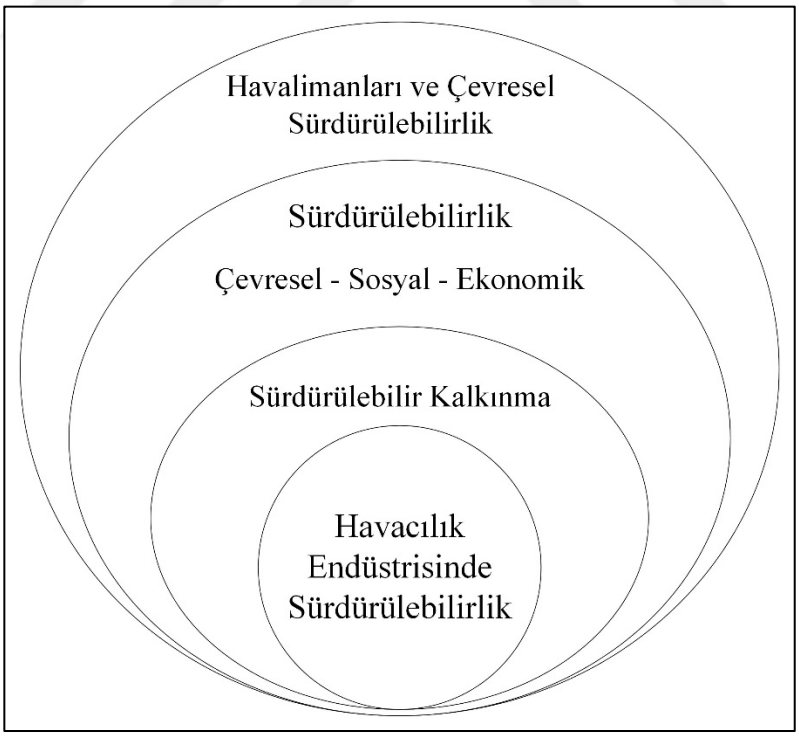
BİRİNCİ BÖLÜM

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sürdürülebilirlik, iş yapılan endüstri, bulunulan ülke ya da coğrafya, bulunulan yüzyıl ya da dönem, varılmak istenen hedefler ya da harekete geçmeye-motive olmaya ikna eden amaçlar, içinde bulunulan sistemler ve bu sistemlerin gerektirdikleri için oluşturulmuş bir kavramdır. Bu kavram; kişiler, gruplar, toplumlar ve insanlık adına çeşitli anlamlar ifade etmektedir. Öyle ki bu kavramın ilk kez bir raporda bahsedilmesinden bu yana kısa bir süre geçmesine rağmen yalnızca bu kavramı içinde barındıran çalışmaların sayısı bir milyonu aşmıştır. Bu çalışmaların neredeyse üçte birinin çevre biliminde yoğunlaştığı, bu yoğunluğu sosyal bilimler ve mühendislik bilimlerinin takip ettiği görülmektedir (Scopus - Document search results, 2023). Sürdürülebilirlik kavramı tarihsel gelişimiyle ele alındığında bugünkü tanımı ile ilk kez 1987 yılında Gro Harlem Brundtland öncülüğünde tamamlanan "Ortak Geleceğimiz" olarak da anılan Brundtland Raporunda ele alınmıştır (WCED, 1987: s.20). Özellikle bu yıllardan itibaren akademik ve endüstriyel alanlarda farklı şekillerde tanımlanan ve popüler bir kavram haline dönüşen sürdürülebilir kalkınmanın kitaplaştırıldığı bilinmektedir. Literatürdeki otuz üç farklı kaynaktan alınmış altmış yedi farklı tanımlamanın da kitabın (Pezzey, 1989: s.55) bir bölümü haline getirildiği görülmektedir. Bu sürdürülebilirliğin bulunulan döneme göre şekillendiğini ve aslında neden sonuç ile şartların bağdaştırılarak kabul gören tanımların dönemsel hale getirildiğini de göstermektedir. u kavramın tarihsel olarak

daha çok 1980'lerde incelendiği ve gündemde tutulduğu gözlemlense de, çevre hareketleri için kökeninin daha önce, yani 1960'larda ortaya çıktığı bilinmektedir. Sürdürülebilirliğin en yaygın kabul gören tanımlarının, çevre için kaynakların etkin ve verimli kullanımıyla kaynak bütünlüğünün korunması ve sürdürülmesi üzerine kurulduğu ifade edilebilir. (Dixon ve Fallon, 1989: s.87). Bu yargılardan hareketle, sürdürülebilirliğin tek bir tanımla açıklanamayacağı, ancak genellikle çevre odaklı çalışmaların ilk ortaya çıktığı tarihten bugüne kadar süregelen süreçte incelenip yapıldığı ve bu şekilde konuların ve çalışmaların sürdürüldüğü kabul edilmektedir. İlerleyen başlıklarda sürdürülebilirliğe ait tanımlamalara ve onun boyutlarına yer verilirken başta kalkınma kavramının sürdürülebilirliğe nasıl ve neden eşlik ettiği de açıklanmaya çalışılacaktır. Daha sonra bölümün son başlıklarında havacılık ve sürdürülebilirlik bağdaştırılarak havalimanı özelinde çevresel sürdürülebilirlik boyutu daha detaylı anlatılarak çalışmanın da konusu olan çevresel göstergeler üzerinde durularak literatürden örnekler verilecektir.

Şekil 1: Kavramsal Çerçeve



Kaynak: Yazar

Yukarıdaki şekilde çalışmanın birinci bölümünde anlatılan kavramsal çerçeveye dair görsel bir karşılık gösterilmektedir. Bu aynı zamanda havalimanlarının sürdürülebilirliği adına yapılacak çalışmalar ya da havalimanı sürdürülebilirliğinin kapsamını da göstermektedir.

1.1. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

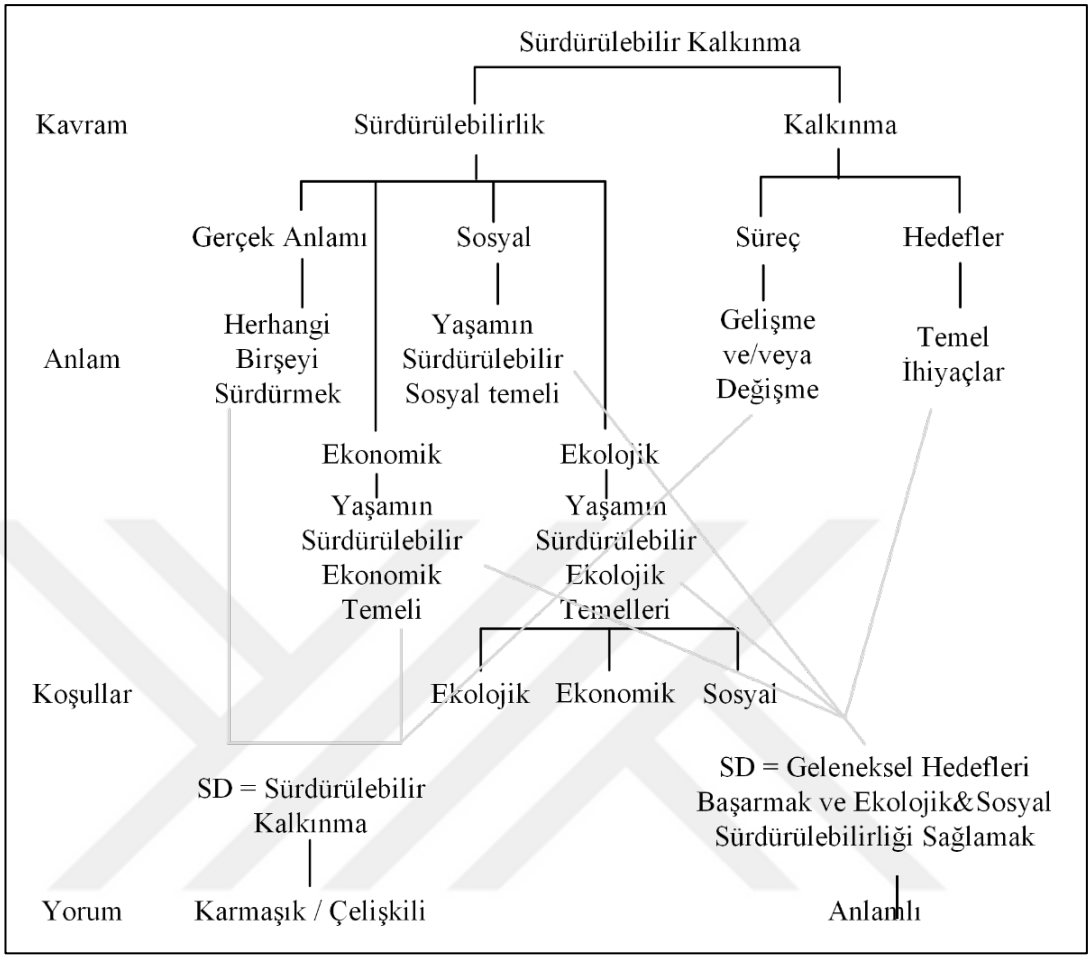
"Sürdürülebilir kalkınma, günümüzdeki ihtiyaçları gelecek toplumların kendi ihtiyaçlarını sağlayabilme yeteneklerinden ödün vermeden karşılayabilme eylemidir."

(WCED, 1987: s.87)

Küresel bağlamda sürdürülebilirlik, geçen yüzyılın sonlarından itibaren hızla hayata girmiş ve endüstriyel alanda da çokça ilgi görmüş bir kavramdır. Bu kavramın kalkınma ile bağdaştırılmasının nedeni ise sıklıkla farklı anlamlara ve sonuçlara doğru ilerleyeceği görüşlerinden kaynaklanmıştır. Refah seviyesinin yükselmesi ile tüketimin artacağı ve bunun çevresel bozulmaya neden olacağı görüşünün (Jain ve Jain, 2019: s.2) olduğu gibi herhangi bir kalkınma modelinin özellikle çevresel sürdürülebilirliğe dair nötr etkilere sahip olduğu görüşü (Stern vd., 1996: s.1151) de bulunmaktadır. Buna ek olarak bu iki kavram arasındaki karmaşanın açıklığa kavuşmasına dair analizler içeren çalışmalar (Kahuthu, 2006: s.55) ve ilişkiyi derinlemesine inceleyerek uyumu ve uzlaşmayı ele alan çalışmalar (Spangenberg, 2004: s.4; Luke, 2005: s.228; Helne & Hirvilammi, 2015: s.167; Barlow, 2020: s.153) da bulunmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik kavramının kalkınma ile birlikte anılması, ilk ortaya çıktığından beri ekonomik gelişmelerle yüksek ticaret hacmine sahip toplumların üretim ve tüketim artışının çevresel etkilere yol açabileceği düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Kalkınmanın sonuçlarını sürdürülebilir hale getirmenin yolunun, büyüme oranlarının dengeli bir şekilde ilerletilmesi ve gelecek nesillere aktarılacak olan yeni ve gelişmiş bir dünyanın çevresel olarak günümüzden farksız olmasının sağlanması gerektiği görüşü yaygınlaşmıştır.

İnsan kapasitesinin yeni sistemler kurma, sürekli değişime uyum sağlama, sorunlarla başa çıkma ve yeni hedeflere ulaşmak için çok yönlü ve yaratıcı bir şekilde çaba gösterme açısından gelişen evrimsel bir süreç (Peet ve Hartwick, 1999: s.78 Aktaran: Mensah, 2019: s.4) olarak tanımlanan kalkınma kavramının, sanayi devrimi ile ilk kez kullanılışından itibaren varılmak istenen noktanın iyimserlikten giderek uzaklaşması ve özellikle de henüz savaşların sona ermesi ve uluslararası ilişkilerin gelişmesi ile sürdürülebilirlik kavramına eklenmesi, bu kavram üzerinde bir paradigma kayması yaratmıştır (Du Pisani, 2006: s.91). Tek başına kalkınma kavramının yeterli olmaması ve koruma kavramının da bu bağlamda vurgulanmasıyla birlikte, sürdürülebilirlik ve kalkınma birbirine bağlı olarak görülmeye başlanmış ve de ekolojide sonsuz sürede sürdürülecek olan bir durum ya da hedefe atıfta bulunularak kalkınma söylemlerine sürdürülebilirlik terimi de düzenli bir şekilde dahil edilmiştir. Nitekim sürdürülebilir kalkınma kavramı, büyüme ve koruma arasında bir uzlaşma olarak da atfedilmiştir. Sürdürülebilir kalkınmaya ait ilk olarak kabul edilen, Only One Earth: The Care and Maintenance of a Small Planet (Ward ve Dubos, 1972) kitabında yapılan tanıma göre sürdürülebilir kalkınmanın amacı; yaşanılan gezegenin yalnızca bugün için değil, gelecekte yaşayacak nesiller için de insani yaşam koşullarına elverişli bir yer olarak kalabilmesi adına yapılması gerekenlerin açıkça tanımlanmasıdır (IIED, 2014).

Şekil 2: Sürdürülebilir Kalkınmanın Anlamı



Kaynak: Knudsen, Frantz Buch (2004).

Yukarıda gösterilen Şekil 2'de Sürdürülebilir Kalkınma kavramının alt bileşenlerinden bahsedilmektedir. Alt bileşenler anlam, koşullar ve son olarak yorumlardan oluşur. Burada sürdürülebilir kalkınma yolunun yalnızca ekonomik gelişim ve değişimden ibaret olmadığı ve bunun herhangi şekilde sürdürülemeyeceği belirtilmektedir. Kalkınmanın; ekonomik bir temel katkısı ve ekolojik koşullar çerçevesinde, temel ihtiyaçlar doğrultusunda sürdürülebilirliğin sosyal temeli de dahil edilerek hedefleri gerçekleştirmek ve aynı zamanda ekolojik-sosyal sürdürülebilirliği sağlamaktan geçtiği vurgulanmaktadır (Upham, 2003; Knudsen, 2004: s.6). Ayrıca şekilde gösterilenler, anlam açısından sürdürülebilirliği ve kalkınmayı ayrı tutarak ortak bağlantılar ile sürdürülebilir kalkınmaya yönelik getirilmiş bir açıklık olarak da ifade edilebilir. Ayrıca Connelly (2007), yaptığı çalışmasında sürdürülebilir kalkınmanın tartışmalı temsilini farklı tanımlar doğrultusunda açıklayıcı görsel bir

harita ile geniş bir spektrum çerçevesinde hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara açığa çıkarmanın ve analiz etmenin yolunu sağlamıştır. Bu çalışma kavramı algılamak adına oldukça faydalı ve açıklayıcı bir kaynak olarak literatüre dahil edilmiştir.

Başta belirtilen tanım üzere sürdürülebilir kalkınma ilk kez Brundtland Raporunda açıkça anlatılarak tüm dünyaya yayılmış bir kavram halinde literatüre geçmiştir. Bu rapor başta kişilerin ya da toplumların ihtiyaçlarına odaklanmış ve aslında temel ihtiyaçları karşılamak amacıyla ekonomilerin büyümesini teşvik etmek için mevcut kaynakları fakir ülkelere paylaştırarak gelecek nesiller adına küresel eşitliği sağlamakla ilgilenmiştir (Du Pisani, 2006: s.92). Buna bağlı olarak raporda (WCED 1987) sosyal eşitlik, ekonomik büyüme ve çevreyi koruma faaliyetlerinin eş zamanlı yapılmasının olası kılınabileceğine vurgu yapılarak sürdürülebilir kalkınmanın üç temel bileşeni olan çevre, ekonomi ve sosyal sürdürülebilirlik açıklanmıştır. Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir kalkınma adına yaptığı konferanslarda (UNCHE, 1972: s.27; IUCN, 1980) daha önce çağrıda bulunmuş fakat bu rapor sonrasındaki yılda yani 1988'de IPCC'nin kurulması (IPCC, 1988) bu konudaki önemi üst derecelere taşımıştır. 1972'den günümüze kadar olan yarım asırlık süre zarfında Birleşmiş Milletlerin çeşitli zirvelerinde farklı hedefler ve eylem planları var olmuş (UNEP, 2023) ve nihayetinde 2015'e kadar olan sürede farklı konular üzerinde durularak içinde 17 temel hedefi ve toplamda 169 amacı barındıran bir hedef planı kabul edilmiştir (United Nations, 2015a).

Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH'ler) önemi, kabul edildiği yıldan itibaren 15 yıllık bir süreci kapsamasıyla açıklanabilir. Bu süreçte en az sekiz hedefin çalışmanın ana odağı olan havacılık endüstrisi için önem arz ettiğini söylemek de yanlış olmayacaktır. Bunlar başlıca; Hedef 6: Su ve Hijyen, Hedef 7: Enerji, Hedef 9: Altyapı ve Sanayileşme, Hedef 11: Şehirler, Hedef 12: Sürdürülebilir tüketim ve üretim, Hedef 13: İklim Eylemi, Hedef 14: Okyanuslar, Hedef 15: Biyoçeşitlilik, ormanlar ve çölleşme olarak ele alınabilir (United Nations, 2015b). Elbette bunlar yalnızca bu çalışma kapsamında incelenen veriler ve sonuçları için önemli kabul edilerek vurgulanmış hedefler olarak ele alınmıştır fakat diğer hedeflerin de endüstriyel anlamda ayrı önem derecesi bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik hedefleri küresel çapta incelendiğinde ise temelde sürdürülebilir kalkınmanın ana odağı olan gelecek nesiller ve gelecek dünya için yapılması gereken eylemler odak haline

getirilmiştir. Buradan hareketle bir sonraki başlık altında sürdürülebilirlik ve boyutları incelenecek ve havalimanları kapsamında anlatılacaktır.

1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

"Sürdürülebilirlik, gezegenimizi ve insanlarımızı korumak, refahımızı artırmak ve uzun vadede kalkınmayı sürdürmek için kritik bir ilkedir."

(United Nations, 2015a)

Sürdürülebilirliğin literatürde gerçekte ne anlam ifade ettiğine ve kalıplaşmış bir tanımına ulaşmak pek mümkün değildir. Bu kavram üzerine farklı disiplinlerde yapılmış çalışmalarda dahi kavramın tanımına yer vermekten kaçınılmış ve bu husus netleştirilmemiştir. Toplumlar, sürdürülebilirlik kavramını farklı yönlere dikkat çekerek tanımlasa da, küresel anlamda sürdürülebilirlik sadece güçlü bir çevre ve büyüme düzenine sahip olan insan nüfusu ile sürdürülebilen belirli temel destek sistemlerini gerektirir. (Brown vd., 1987: s.713). Bu konuyla ilgili olarak Moore vd. 2017'de yaptığı çalışmada 209 makale inceleyerek yalnızca 24 çalışmada sürdürülebilirlik hakkında bir tanıma ulaşmışlardır. Yapılmış çalışmalarda sürdürülebilirliğin ortak bir tanımına rastlamak da düşük bir ihtimaldir (Moore vd., 2017: s.2). Bunun temel sebebi önceki başlıklarda belirtildiği üzere disiplinlerin farklılaşması kavramın farklı anlamlara gelmesine yol açan ana nedenlerdendir. Nitekim Moore vd. 2017, çalışmasında geliştirilen kapsamlı tanım da çalışmanın yapıldığı disiplin yani sağlık alanında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmanın ana odağı olan havacılık endüstrisi ile bu kavramın bağdaştırılması ve tanımın bu yönde yapılması daha açıklayıcı olacaktır. Ayrıca bir tanıma ihtiyaç duyulmasının nedeni de aslında kavram çerçevesinde bulunulacak eylemlere ışık tutmasıdır.

Küresel sürdürülebilir kalkınma eylemleri, geride bırakılan yarım asır boyunca endüstrileri ve onlara yön veren örgütleri dönüştürmüş ve bu konu hem akademik hem de politik anlamda araştırmalara ve düzenlemelere neden olmuştur. Ayrıca ticaret hacmi gereği havacılık endüstrisini de yakından ilgilendirmiş ve endüstri

paydaşlarınca sürdürülebilirliğe hayli dikkat çekilmiştir. Buna bağlı olarak endüstrinin başlıca örgütlerinden olan sorumluluğu, sivil hava taşımacılığının emniyetli ve sistematik gelişimi ile çevresel kalite arasında azami uyumluluğu sağlamak (United Nations, 2002) olarak vurgulanan ICAO, Brundtland Raporundaki tanıma atıfta bulunarak, sürdürülebilirlik hakkında havacılığın yalnızca çevresel etkileri üzerinde durulmadan diğer boyutları için de yani genel anlamda sürdürülebilirliğe katkı sağlayan bir endüstri olduğunu savunmuştur (ICAO, 2011: s.21). IATA'nın yaptığı tanıma göre sürdürülebilirlik bugünkü ve gelecekteki toplumların refahını sağlama almak için sosyal, ekonomik ve çevresel hedefleri dengelemeyi amaçlamaktadır (IATA – Environment: 2023). Çok operasyonel olmasa da havacılığın, araştırma konusunun ilgi alanına giren kurumlardan olan, ATAG (Air Transport Action Group, Hava Taşımacılığı Eylem Grubu) kavram hakkında şu ifadelere yer vermiştir: Sürdürülebilirlik hareketliliği bugünkü ve gelecekteki toplumların temel insani ve ekolojik değerlerden vazgeçmeden gelecek nesillerin özgürce yaşayabilme, erişim ve iletişim kurma, ticaret yapma ve ilişkiler geliştirme ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneği olarak tanımlanabilir (WBCSD, 2002: s.4; ATAG, 2005: s.22). Öte yandan araştırmanın havacılık endüstrisinin başrollerinden olan havalimanları hakkında söz sahibi olan kurum olarak nitelendirilebilecek ACI'nın (Airport Council International, Uluslararası Havalimanı Birliği) sürdürülebilirlik hakkındaki tanımı daha çok havacılıkla ilgili ve çevreyle bağdaştırılmış olmuştur. Uluslararası Havalimanları Konseyi, sürdürülebilirliği "şimdinin gereksinimlerini gelecekte var olacak toplumların kendi gereksinimlerini karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılamak ve havacılığın toplum ve çevre üzerindeki etkisini yönetebilmek" olarak tanımlamaktadır (Knudsen, 2004: s.25).

Birçok havacılık örgütünün ve ana aktör olan Birleşmiş Milletler'in sürdürülebilirlik tanımları incelendiğinde, tüm bu tanımların genellikle bir ortak noktada buluştuğu görülmektedir. Bu ortak nokta, 1987 yılında ilk kez gündeme getirilen sürdürülebilir kalkınma kavramıdır. Buradan hareketle sürdürülebilirliğin bugünün ihtiyaçlarını karşılarken gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçları karşılayacak kaynakları o günlere saklamak özet bir tanım yaratmaktadır. Bu öz tanımı havacılıkla bağdaştıracak olursak yine Brundtland kaynaklı şekilde şöyle bir ifade çıkmaktadır: "Endüstrinin iç ve dış paydaşlarının ve dolaylı ya da dolaysız olarak etkilediği diğer

endüstri veya iş kollarının, bugün kaynak olarak tükettiklerini bugünün ihtiyaçlarını gidermek için kullanmaları gerektiği ve gelecekte başta havacılık endüstrisi olmak üzere diğer endüstri ve iş kollarının devamlılığı için kullanacağı kaynaklardan ödün vermeden faydalanabilmelerini sağlamak" olarak yorumlanabilir. Gerek tanım gerekse de özellikle kurumların vurguladığı sürdürülebilirlik boyutları konusuna bir sonraki alt başlıkta açıklık getirilecektir.

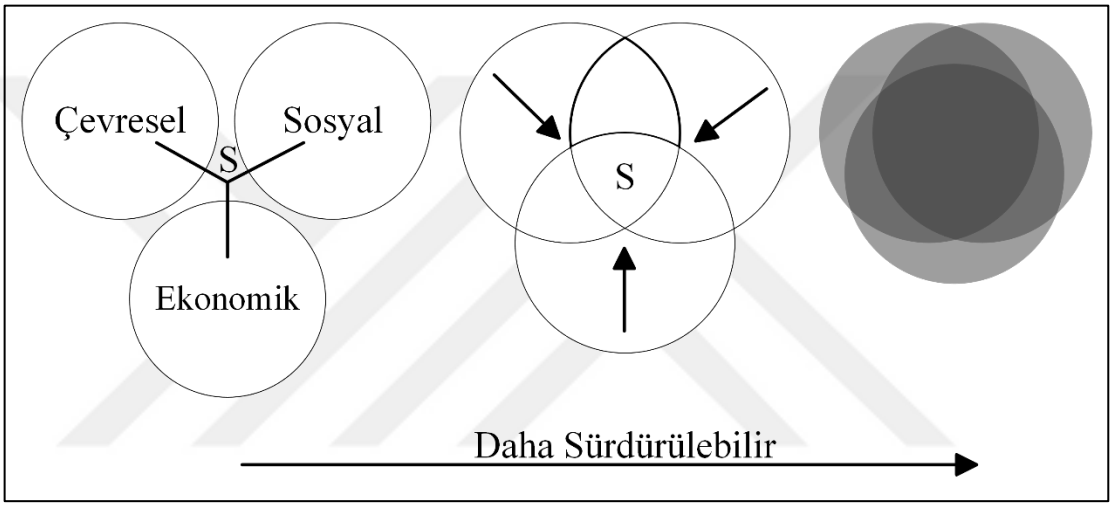
1.2.1. Sürdürülebilirliğin Boyutları

Önceki başlıklarda sürdürülebilirliğin tanımına sıklıkla yer verilmiş ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma kavramına da değinilmiştir. Tanımlar yapılırken sürdürülebilirliğin bileşenleri olarak ele alınan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlara da kısmen giriş yapılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı üzerine kalıplaşmış bir tanım yok ise boyutları hakkında da net bir yargı bulunmamaktadır. Değişken tanımların hemen her birinde vurgulanan boyutlardan en çok adı geçen üçünün çevre, ekonomi ve sosyal boyutlar olduğu bilinmektedir. Bu sayede tanıma ihtiyaç duyulduğunda bu boyutlar ekseninde bir tanımlama yapabilmek mümkün olabilmektedir (Voinov & Smith, 1994: s.2). Bu çıkarımla "sürdürülebilirlik, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları bir araya getirerek bütüncül bir yaklaşım benimsemeye çalışır" yargısına ulaşabilmektedir.

Temel olarak çevresel boyutun ana odağında dünyadaki türlerin çeşitliliği korumak ve geliştirmek; sosyal boyutun amacının tek bir ırkın, dinin, yaşın, cinsiyetin ya da herhangi bir karakteristik özelliğin egemen olmaması; ekonomik boyutun hedefi geniş bir süreç içerisinde ele alınıp karlılığı farklı stratejilerle sürdürülebilir kılmak olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır (Richardson, 2013). Daha detaylı olarak, canlı sistemlerdeki hareketliliği, bağımlılığı, toplumlar tarafından üretilen ürünleri ve hizmetleri ve insan etkilerini kabul eden boyut çevresel boyuttur. Sosyal boyut, endüstriler, kurumlar ve insanlar arasındaki etkileşimleri, değerleri, tutumları ve refahı tanımlayan fonksiyonları, ortak harekete dayalı karar vermeyi ve etik konuları ele alır. Ekonomik boyut, ticari faaliyetlerle ilişkili somutlaşmış bilgi, yetkinlik, yeterlilik ve diğer insani niteliklerin içinde bulunduğu karar verme yapısını ve gelir akışını,

ticaretin devamlı olabilmesini ifade eder. Bu üç boyut, bütünsel ve ahenkli bir şekilde etkileşime giren bir sistemin parçası olarak görülürken; çevre ve sosyal boyutların birleştiği noktada insanlığın işleyişinin doğal kaynaklara ve hizmetlere tabi olduğunun göstergesi olan *katlanılabilirliğe,* bilinçli yönetim anlayışıyla, ekonomik ve çevresel çıkarların odak noktalarının birleştirilmesiyle *yaşanabilirliğe,* sosyal ve ekonomik boyutların kesişimi ile *sosyal eşitliğe* ulaşılabilmektedir ve bunların aynı anda kesiştiği noktada ise sürdürülebilirlik bulunmaktadır (Theis & Tomkin, 2018: s.12).

Şekil 3: Sürdürülebilirlik Paradigması



Kaynak: Yazar

Yukarıda verilen Şekil 3'te sürdürülebilirliğin tanımlarından yola çıkılarak üç boyutta ele alındığını ve boyutların birbiri ile olan etkileşiminin artması sonucunda daha sürdürülebilir bir ortam oluşturulması ve önceki paragrafta da bahsedildiği üzere katlanılabilirlik, yaşanabilirlik ve sosyal eşitlik düzeylerinde de yükselişe geçilmesi sürdürülebilirlik paradigmasını yaratmaktadır. Öyle ki tüm bileşenlerin artan büyüme ve gelişme hızı içinde kusursuz bir dengeye sahip olması gereklidir. Bu konuda yine yarım asır önce yayınlanmış bir raporun sonuçları arasında büyüme eğilimlerini dikkate almanın ve gelecekte daha sürdürülebilir bir ekolojik, sosyo-politik ve ekonomik istikrar ortamı oluşturmanın mümkün olduğu ve bu sayede dünyadaki her insanın temel maddi ihtiyaçlarının karşılanacağı ve bireysel potansiyelini gerçekleştirmek için eşit fırsatlara sahip olacağı çıkarımı yapılmıştır (Meadows vd., 1972: s.2).

Endüstriyel anlamda sürdürülebilirliğe dair tanımlar ve tutumlara üst başlıkta yer verilmiştir. Fakat havacılık endüstrisinde bu kavramın tanımına odaklanmak önemli olsa da sürdürülebilirliğin havacılık endüstrisi için neden önemli olduğuna ve ne ifade ettiğine odaklanmak çok daha önemlidir (Gemmer, 2019: s.9). Sürdürülebilirliğin boyutlarının havacılık için tanımı; "çevreyi koruyarak ve bugünün kaynaklarını gelecekte doğacak ihtiyaçlar için kullanılacak kaynaklardan ödün vermeden kullanarak, sosyal eşitliği ve insan değerlerini gözeterek, karlı ve aktif bir hava taşımacılığı faaliyeti gerçekleştirmek" olacaktır. Bu kapsamda Whitelegg (2000), çalışmasında havacılığın sürdürülebilirliği konularında daha geniş bir tartışma temeli sağlamak amacıyla, havacılığın çevreyi olumsuz etkilemeyeceği şekilde ekonomiye katkıda bulunmaya devam ederek sürdürülmesini amaçlayan bir dizi politika tavsiyesinde bulunmuştur.

Literatüre bakıldığında havacılığın çevresel sürdürülebilirlik ile ilişkisini analizlere ve araştırmaya konu eden çalışmalar mevcuttur. Kaszewski ve Sheate, (2004) çalışmalarında yeşil ulaşım için sürdürülebilirlik uygulamalarına odaklanmış ve sonuçlarında paydaşların çevreci faaliyetlerin uygulanabilir olduğuna dair görüşleri olduğunu paylaşmıştır. Gebel (2004), The Business of Sustainability, (Sürdürülebilirlik İşi) kitabının havacılık endüstrisi adlı bölümünde havacılıkta faaliyet gösteren şirketlerin çevresel performanslarını değer yaratma olgusunda nasıl geliştirebileceklerini ele almış ve bu doğrultudaki zorluklardan bahsetmiştir. Hooper ve Greenall (2005), havayolları arasında çevresel performansın kıyaslanma potansiyelinin zorluklarını araştırmak üzere çevresel raporlama faaliyetleri üzerinde durarak kullanılacak göstergelerin farklılıklar içerdiği sonucuna ulaşmıştır. Peeters vd. (2006), turizm ve taşımacılık sektörünün giderek çevresel boyutta sürdürülemez hale geldiği kanısına karşılık olarak havacılık endüstrisindeki sürdürülebilirliğe yönelik üç alanda (teknoloji, yaşam tarzı, politik) inovasyonel yaklaşımlar önererek havacılığın gelecekte sürdürülebilir olacağı görüşünü ve havacılığın gelecekte yakıt açısından verimli bir endüstri haline geleceğini savunmuşlardır. Daley vd. (2012) turizm ve havacılık endüstrisini birlikte inceleyerek daha yeşil ve çevreci uçuşlar için turistlerin yani turistik amaçlı seyahat edenlerin önemli bir etkisi olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır. Chang & Yu (2014), havacılıkta düşük maliyetli havayolları için üretim ve tüketim verimliliğine odaklanarak SBM (Slack Based Measurement Network,

Gevşeklik Tabanlı Ölçüm Ağı) ve DEA (Data Envelopment Analysis, Veri Zarflama Analizi) kullanarak bir çalışma yapmış ve havayollarının çıktı miktarını girdiye oranla artırmaları gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Koç ve Durmaz (2015), çalışmalarında kurumsal sürdürülebilirlik raporlarından faydalanarak SkyTrax'e ait yıllık olarak sağlanan yolcu anketleriyle açıklanan sonuçlar ve ACI Airport karşılaştırma programı vasıtasıyla toplanan sonuçlara göre dünyanın en iyi 10 havalimanının sürdürülebilirlik performanslarını; GRI endekslerince belirtilen sürdürülebilirlik göstergelerine göre kıyaslamasını yapmıştır. Kılıç vd. (2019), havacılık sektöründeki çevresel sürdürülebilirlik raporlamalarını çalışma konusu olarak ele almış ve bu kapsamda üç unsurun (yönetişim seviyesi, ekonomi ve endüstri hacmi ve sosyal-çevresel endeksler) raporlamaya olan etkilerinin eşit olmadığı sonucuna varmış, güçlü yönetim sistemlerine sahip şirketlerin rapor yayınlama olasılıklarının daha yüksek olduğuna ulaşmıştır. Chao vd. (2019), sürdürülebilir hava aracı yakıtları üzerine Monte Carlo analizi ile bir çalışma gerçekleştirmiş ve SAF kullanımı sonucu CORSIA kapsamında belirlenen 2050 hedefine %37-50 ihtimalle ulaşılabileceği sonucuna varmıştır. Melo vd. (2020), çevresel analiz kapsamında havacılığın yeni teknolojiler ile daha sürdürülebilir kılınması üzerinde durarak, yaşam döngüsü odaklı bir sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapıp gelecekteki uçak teknolojileri için öneriler sunmuştur. Kutty vd. (2021), temel bileşen analizi kullanılarak araştırmaya dahil edilen havayolları için eko-verimlilik performansı sunmuş ve analiz kapsamına dahil edilenler arasında en verimli havayoluna ulaşmıştır. Gürsel vd. (2023), çalışmalarında dijitalleşmeyi ve çevresel sürdürülebilirliği ayrı ayrı ele alarak etkileşimlerini incelemiş ve dijitalleşmenin getireceği sürdürülebilirlik zorlukları ve katkıları üzerinde durmuştur. Markatos ve Pantelakis (2023), sürdürülebilir havacılık prizması kapsamında analitik hiyerarşi sürecini (AHP, Analytic Hierarchy Process) ve uyumlu bir ağırlıklı toplam modelini birlikte kullanan çok kriterli bir karar verme (MCDM, Multi Criteria Decision Making) yöntemlerini kullanarak uçakların yakıt tahrik teknolojilerini değerlendirmiş ve karşılaştırmıştır. Çalışmanın çıkarımları arasında sürdürülebilirliğin, teknolojik, rekabet edebilirlik ve çevresel verimlilik arasında döngüsel yönlerini içeren bir etkileşim olarak anlaşıldığı vurgulanmıştır. Bu çalışmaların endüstrinin büyüme hızından doğan çevre etkilerinden kaynaklandığı görülmektedir. Ayrıca gerek yönetimsel gerekse de teknik açıdan yapılan çalışmalar

havacılıkta çevresel sürdürülebilirliğin en geniş anlamda teknoloji ve yönetimsel anlayış ile gerçekleşeceğini savunmaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik boyutunda havacılık adına yapılmış akademik çalışmaların Faiz, (2000); Upham, (2001), kavramın ilk ortaya çıktığı tarihlerden itibaren var olduğundan bahsetmek mümkündür. Öte yandan sosyal sürdürülebilirlik için bahsedilen kavram CSR (Corporation Social Responsibility) yani kurumsal sosyal sorumluluk olarak anılmaktadır. Bu terim toplumun belirli bir süre zarfında örgüt ve kuruluşlardan sahip olduğu etik, ekonomik, yasal ve ihtiyaca bağlı beklentiler olarak tanımlanabilir (Carroll ve Buchholtz, 2008: s.32). Anttila ve Kretzschmar (2010), yaptıkları çalışmada sosyal sorumluluğu havayolları kapsamında incelemiş ve CSR kavramının havacılıkta giderek artan bir öneme sahip olduğunu savunmuşlardır. Sahar vd. (2022), çalışmanın yapıldığı coğrafyadaki havayollarını inceleyerek henüz CSR kültürünün yerleşmediği sonucuna ulaşmıştır. Esasında taşımacılık sisteminin varlığının altında yatan ana nedenlerden refahın sağlanması ve pazarlara ulaşımın artırılması sosyal sürdürülebilirlik boyutuna bağlanmıştır (Miola, 2007: s.7). Sosyal sürdürülebilirliğin tek başına havacılık endüstrisi için sıklıkla incelenmediğini diğer iki boyutla birlikte ele alındığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bu, literatürde havacılığın yalnızca sosyal sürdürülebilirlik kapsamında çalışmalara konu olmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Çevresel boyut kapsamında sosyal sürdürülebilirlik boyutunun incelendiği çalışmalar Benavides, (2001); Gebel, (2004); Lynes ve Andrachuk, (2008) da literatürde mevcuttur. Bununla birlikte sosyal boyutun diğer iki boyuttan ayrı düşünülemez olduğu ve aslında ekonomik ve çevresel boyutun sosyal boyutu direkt etkilediği çıkarımı yapılabilmektedir. Öte yandan sosyal sürdürülebilirliğin endüstriyle ilişkilendirilmesi sonucu, eşitlik, memnuniyet, ulaşımda kolaylık ve refah gibi konular ön plana çıkmaktadır. Bu havacılık endüstrisi adına sosyal boyutun önemini göstermektedir. Dimitriou ve Sartzetaki (2020), çalışmalarında cinsiyet eşitliği ve çalışanlara adil fırsatları içermek üzere sürdürülebilir kalkınma ve insani değerlere olan saygıya yönelik sosyo-ekonomik faydalarını vurgulamak amacıyla havacılıkta sürdürülebilirlik kapsamında sosyal katkı çeşitliliği açısından havacılık endüstrisindeki zorlukları ele almıştır.

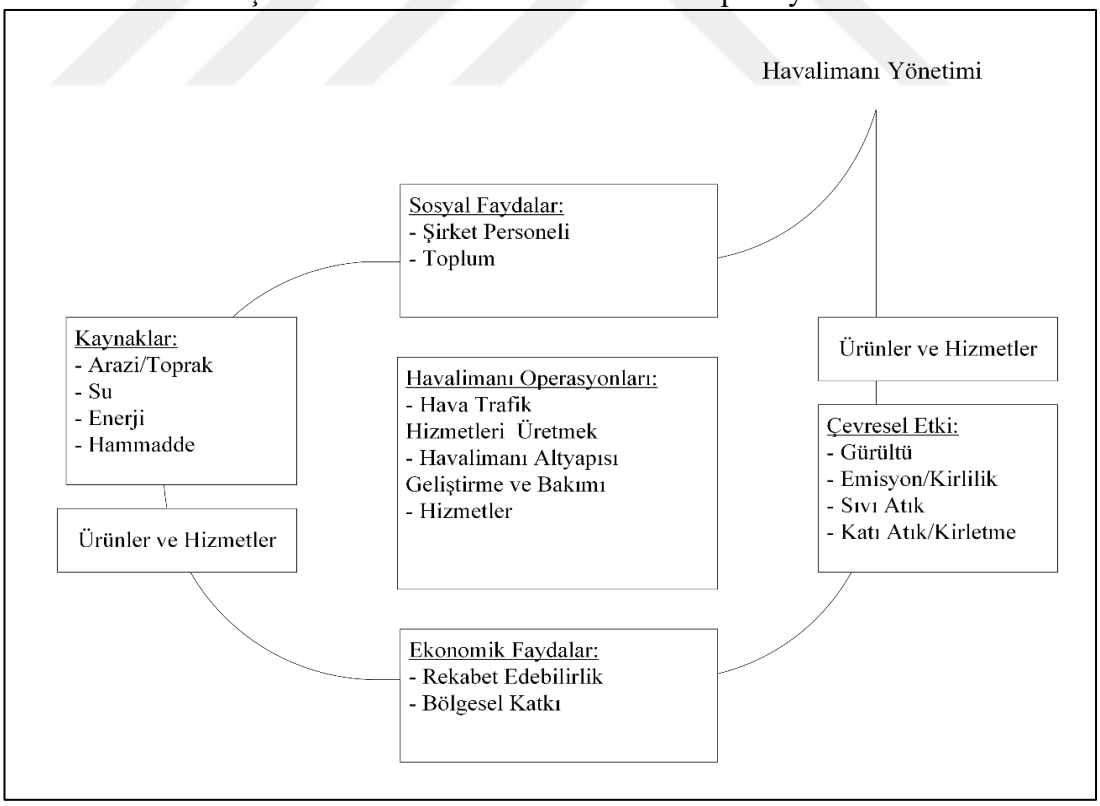
Çalışmalar ve analizlerin sonucunda havacılık endüstrisinin ekonomik anlamda sürdürülebilir olarak kabul edildiği bir gerçektir (Al Sarrah vd., 2020: s.6). Endüstrinin giderek artan işletme hacmi diğer iş kollarını da etkileyerek dolaylı ya da doğrudan etkileşimde olduğu sektörlerde de yüksek kârlara neden olmaktadır. Bu Wald ve Fay, (2010); Palmer, (2016) çalışmalarının sonuçlarında da benzer şekilde ifade edilmektedir. Ayrıca havacılık endüstrisinin ekonomiye katkılarının detaylı olarak anlatıldığı bir rapor Genelge 292 olarak ICAO tarafından yayınlanmıştır (ICAO, 2006). Melo vd. (2020), çevresel boyut için yaşam döngüleri yaklaşımının farklı modeli olan yaşam döngüsü maliyetlendirilmesini konu edinmiş ve tüm maliyetleri ve faydaları bütünleştiren bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bu yaklaşımı izleyerek Seemann vd. (2011) çalışmalarında jet motorlarının bakım maliyetleri üzerine bir araştırma gerçekleştirmiştir. Diğer yandan havacılığın ekonomik sürdürülebilirliğine odaklanan çalışmalarda Chao vd. (2019); Barke vd. (2022) yakıt konusunda verimliliği inceleyen araştırmalar yürütülmüştür. Sarkar (2012), yaptığı araştırmada ise yeşil pazarlama yöntemi yaklaşımları ile havacılık için yeşil bir hava taşımacılığı endüstrisinin kurulması adına önerilerde bulunmuş ve endüstrinin ekonomik boyutu üzerinde durmuştur. Bütünsel bir açıdan bakıldığında sürdürülebilirliğin boyutlarından çevre unsurunun daha çok çalışmaya konu olduğu ve bunun temel nedeninin giderek artan çevre etkisi kaygısından kaynaklandığı görülmektedir. Buna bağlı olarak bu çalışmanın da ana odağında olan çevresel boyut akademik ve kurumsal göstergeler doğrultusunda ele alınacaktır.

1.2.2. Havalimanları ve Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı başta da belirtildiği üzere ilk kez 1987 yılında kullanılırken (WCED, 1987), “sürdürülebilirlik” ve “havacılık” kavramları 1998 yılında (Sledsens & De, 1998: s.5) aynı tanım içinde ilk kez ifade edilmiştir. İfadeye göre sürdürülebilir havacılık, “ulaşım eylemini tüm insanlara; doğal alanlara ve çevreye zarar vermeden sağlamayı amaç edinen sürdürülebilir ulaşım hedefi” olarak tanımlanabilir. Daha önce belirtildiği gibi sürdürülebilirlik kavramının farklı amaçlar çerçevesinde ya da kapsamda tanımlandığı görülmektedir, havacılık da bu alanlardan biridir. Havacılıkta uçak, havaalanı, işletme gibi birçok alan vardır ve farklı

endüstrilerde olduğu gibi havacılık endüstrisinde de tüm alt alanların kendi kapsamlarını da dahil ederek yaptıkları sürdürülebilirlik tanımları bulunmaktadır (Altuntaş vd., 2019: s.4). Çalışmanın odağı olan havalimanları için sürdürülebilirlik, bir havalimanının operasyonel ve yönetimsel verimliliğini ve ekonomik aktivitesini artıran, sosyal etkisini geliştirmeyi ve doğal kaynakların korunmasını teşvik eden bir kavramdır (ACI, 2017: s.1). Bu tanım ile sürdürülebilirlik kapsamında devamlı kalkınmayı sağlamak için havalimanlarının faaliyet ve operasyonlarının ekonomik, sosyal ve çevresel boyutta denge kurulması ihtiyacı vurgulanmaktadır. ACI, dünyadaki havalimanlarını temsil ederek havalimanı yönetimi ve operasyonlarında profesyonel mükemmelliği sürekli destekleyen ve geliştirmek üzere çalışan küresel bir ticaret birliğidir. Ayrıca kurum, havalimanlarının emniyetli ve verimli şekilde yönetim ve operasyonel faaliyetlerini sağlarken çevresel etkilerini azaltmalarına ve sosyal ve ekonomik performanslarını geliştirmelerine destek olmak amacıyla bir dizi sürdürülebilirlik programları geliştirmektedir.

Şekil 4: Sürdürülebilir Havalimanı Operasyonu



Kaynak: Yazar

Yukarıda verilen şekil ile havalimanları için girdiler ve çıktılar, havalimanı operasyonları ve sürdürülebilirlik boyutlarındaki karşılıkları gösterilmiştir. Bu şekil sürdürülebilir havalimanı için en temel sürdürülebilir yönetim faaliyetinin tanımını ifade etmektedir (Knudsen, 2004: s.36). Çevresel, ekonomik ve sosyal unsurların bir arada ele alınmasıyla operasyonların sürdürülebilir kılınacağını anlatmaktadır. Bu bağlamda, havalimanları için sürdürülebilirlik; hava kalitesi izleme, gürültü önleme, enerji sarfiyatı yönetimi, atık ve su kullanımı yönetimi, karbon emisyonları azaltımı, çevre etkilerinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması gibi bir dizi çevresel politikayı da içermektedir.

Havalimanlarının sürdürülebilirlik kapsamında çevresi ve yerel halkı diğer havacılık kuruluşlarına göre daha fazla etkilediği ve ekonomik boyutta daha çok etkin politikalar izlediği bilinmektedir (Sreenath vd., 2021: s.2). Havalimanlarının yalnızca ekonomik boyutta değil hem çevresel hem de sosyal açıdan politikalarının olması ve yönetimin bunları benimseyerek faaliyetleri ilerletmesi hem yolcu ve çalışan memnuniyetini artırıcı yönde etkili olacak hem çevresel etkiler en aza inecek hem de ekonomik olarak uzun vadede sürdürülebilir bir havalimanı operasyonu çıktısı sağlanacaktır. Ayrıca havalimanları için sürdürülebilirliğe nesnel ve somut bir tanım anlayışıyla bakmak yerine bunu bir süreç olarak değerlendirmek, havalimanı operasyonlarına dahil olan aktörlerin faaliyetlerini koordine ederek etkilerini azaltmak ve her boyutta sürdürülebilirlik yaratmak için önem arz etmektedir (Boons vd., 2010: s.304). Öte yandan havalimanları için sürdürülebilirlik kavramı endüstrinin diğer alanlarına nazaran daha kritik ve daha önemli hale gelmiş ve bu kavram endüstriye dahil edildiğinden bu yana özellikle politika önerileri havalimanları için üretilmiştir. Öyle ki kavramların ilk kez birlikte kullanılmasından bu yana sürdürülebilirlik ve havalimanı sık sık aynı kapsamda incelenmiş ve analizlerle iyileştirme çabalarına tâbi tutulmuştur. Bu minvalde belki de en geniş anlamda araştırmalar yapmış en eski ve en yeni çalışmaların Graham ve Guyer (1999); Eid vd. (2022) sonuçları ortak ve odak noktası benzer şekilde havalimanı yönetimini ileriye götürmekten geçmektedir. Havacılık endüstrisindeki paydaşların rollerine bakıldığında havalimanları insanların en çok vakit geçirdiği ve altyapı kapsamında diğer alanlara nazaran daha büyük kuruluşlardır. Bu nedenle sürdürülebilirlik ve havalimanı kavramlarının yan yana gelmesi bu kuruluşların yönetimsel olarak daha çok ön plana çıkmalarından

kaynaklanabilmektedir. Nihayetinde havalimanı kuruluşlarının büyük olması çevresel etkilerinin de büyük olması anlamına gelebilmektedir. Bu çalışma, belirtildiği üzere endüstrinin en büyük paydaşlarından olan havalimanlarının çevresel etkilerini incelemek ve kıyaslamak üzere yapılmıştır. Buradan hareketle, sürdürülebilirliğin çevresel boyutu daha detaylı anlatılarak havalimanı kapsamında incelenecektir.

1.3. ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Çevresel sürdürülebilirlik, en yalın ifadeyle bir pazar, endüstri, sektör, işletme, iş ya da bir çalışan adına çevreye olan etkilerin azaltılarak ilerletilmesi ve buna bir sınır getirmeden devamlı olarak doğal yaşamı koruma anlayışıyla faaliyetlere devam edilmesi olarak açıklanabilir. Bu başlığa kadar bu konu ile benzerlik gösteren çeşitli tanımlamalar ve havacılık endüstrisi ile bağdaştırılmış açıklamalara yer verilmiş olsa da çevre boyutunun önemi bu konuyu daha derin olarak ele almayı gerektirmektedir. Bu husus, çevre etkilerinin büyüklüğü ve çevre kullanımından kaynaklanırken, doğal yaşamın bir parçası olan insanlığın ekolojik geleceği açısından da önem arz etmektedir. Bu kapsamda şimdiye kadar en çok alıntılanmış tanımlara sahip olan ve çevre hareketinin öncü araştırmaları olarak nitelendirilen kaynaklar tarihe göre hatırlanacak olursa Carson, (1962: s.13) kitabında geçen "tüm insanlığın ve diğer canlıların yaşamını sürdürebilmeleri açısından önem taşıyan doğal dünyanın bütünlüğüne dair sağduyulu endişe eksikliğimiz, gelecek nesiller tarafından kabul edilemez olabilir" ifadesi ile, Meadows vd. (1972) raporunda geçen "tüketim hızına bakıldığında bu gezegendeki büyümenin sınırlarına, gelecek yüz yıl içinde ulaşılması ön görülmektedir ve bunu tersine çevirmek de mümkündür" şeklinde bir grup bilim insanının açıklamasıyla ve Brundtland Raporunda (WCED, 1987) geçen, üst başlıklarda yapılmış tanımla çevresel boyutun önem derecesi fark edilebilmektedir.

Genel ifadeyle doğal kaynakların ve ekosistemlerin korunarak gelecek nesillere aktarılmasına dikkat çeken çevre boyutu havacılık ile bağdaştırıldığında endüstrinin gelecekte operasyonlara devam edebilmesi için mühimdir. Bu bağlamda alınacak önlemler ve geliştirilecek politikalar endüstriyi gelecekte rahatlatırken aynı zamanda sosyal boyuta sağlayacağı fayda ile toplumun hareketliliğini de sürdürmüş olacaktır.

Çevre boyutunun önemi aslında birden çok farklı alanda etki gözlemlenebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu, örneğin su kirliliği, atık yönetimi, hava kalitesi vb. konularda farklılaşmanın ve akademik çalışmaların her alanda giderek artmasından dolayı çevre boyutuna verilen önem artmış, çevresel etkilere dikkat çekilmiştir. Havacılık endüstrisinin de çevre etkilerinin kayda değer derecede olması (Williams, 2008: s.302) çevre aktivistlerinin dikkatinden kaçmamıştır. Bu, çevre boyutunun gündemde kalmasına ve etkilere sürekli iyileştirme gerektiren düzenlemeler getirilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda ulusal ya da uluslararası kuruluşların çevresel sürdürülebilirlik adına içine girdikleri çabalar gözle görünür derecede büyüktür. Dolayısıyla bu kavramı yalnızca bir boyut olarak düşünmek sürdürülebilirliği tam olarak anlayamamaya neden olabilir. Geniş ve gerçekçi bir çerçevede bu boyut incelenirse, bu bir süreç, hareket ve de gereklilik olarak ele alınmalıdır. Bu şekilde içinde bulunulan dünyanın gelecek kaynaklarından tüketmek yalnızca havacılık endüstrisini değil temel insani ihtiyaçları olumsuz etkilerken yaşam kalitesini hayli düşürecektir.

Sürdürülebilirliğin bu boyutuna dair tanımların hemen hemen ortak olması (Joumard, 2011: s.133) kaygının ve gelecekte neler olabileceği ihtimallerinin ortak seviyede kabul edilmesi ve bu boyuta olan önemi yirmi birinci yüzyılda artırmıştır. Etkilerin çeşitliliği açısından farklılıklar bulunmaktadır. Yukarıda da belirtildiği üzere çevresel etkilerin çeşitliliği çalışmaların yapıldığı alanlar ile farklılaşmasına yol açmıştır. Fakat günün sonunda havacılık için ortak etkilerin varlığı kabul edilmektedir. Bu çevresel indeksler başlığında da ele alınmaktadır. Fakat bu etkilerden hangisinin daha çok önleme tâbi olması gerektiği ya da hangi alanlar adına politikalar geliştirilmesinin ivedi olduğu konusu tartışılmaktadır. Havalimanı özelinde bakıldığında çevresel sürdürülebilirlik boyutu için bazı belli başlı göstergeler bulunurken bu göstergeler doğrultusunda çevresel performans sonucuna ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu noktada verilerin elde edilmesi için havalimanı yönetiminin şeffaflığı önem arz ederken düzenli ve profesyonel bir çevre yönetiminin rolü yüksektir. Buradan hareketle çevre unsurunun çalışma ana odağı olan havalimanları kapsamında incelenmesi uygun görülmüştür.

1.3.1. Havalimanları ve Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirliğin havalimanları ile ilişkilendirmesi, çevre hakkındaki uygulamalar ve politikalar kapsamında yapılan karşılaştırma çalışmaları Upham, (2001); Lister, (2008) ile başlamıştır. Bu çalışmalar havalimanlarının hangi boyutta ve hangi ölçekte işletilmeleri sonucu sürdürülebileceği üzerine araştırmalar sunmuştur. Daha sonraki çalışmalarla çevresel etkilerin ölçümü ve teknolojik gelişmeler sonucu teknolojinin endüstriye getirdiği verimlilik araştırmaları artmıştır. Genel olarak ele alındığında havalimanları ilk inşa edildiği tarihlerde hava trafiğinin sürdürülebilmesi, uçak iniş, kalkış ve bakım operasyonlarının gerçekleştirilebilmesi adına faaliyet göstermişlerdir. Fakat günümüze doğru gelindiğinde havalimanları, yolcuların havalimanlarını yalnızca geçiş noktası olarak kullanmaması hedefiyle, burada bulunduğu süre zarfında yolculuk dahilinde ya da dışında her şeyi bulabilmelerine olanak tanıyan merkezler haline dönüşmüştür (Freestone, 2009: s.161). Bununla birlikte gelişen yapıların giderek artan yolcu sayısını ve hızla uçak trafiğini de operasyonlarında görmek mümkün olmuştur. Genellikle havalimanları büyük ölçekte trafik hacmine sahip olmak üzere inşa edildikten sonra yıllara göre giderek artan istatistiklere sahip olmaktadırlar. Bu durum, küçük ölçekli havalimanları için belirli bir yılda istenilen rakamlara ulaşılması ve bu rakamların sürdürülmesi şeklinde olmaktadır.

Havalimanları yolcu sayısı, uçak trafiği gibi birden fazla değişken ile sıralanabilmektedir. Fakat bu sıralamanın yalnızca operasyon boyutlarına bağlı kalınarak yapılması küçük fakat etkin olan havalimanlarını alt sıralarda görmeyi sağlayacağından, buna havalimanlarını kullanan yolcuların memnuniyetlerini de dahil etmek sıralamaya ve rekabete farklı bir bakış açısı getirecektir. Bu şekilde küçük bir havalimanı ile büyük bir havalimanını aynı sıralamada görmek ve hizmet standartlarını aynı ölçeklerde değerlendirmek ve kalite konusunda derecelendirmek mümkün olacaktır. Bu husus çevresel performans için de geçerlidir. Öyle ki büyük havalimanlarının çevresel açıdan daha sürdürülebilir olmayacağını (Upham, 2001: s.723) peşinen söylemek mümkün fakat günümüz havacılık endüstrisi adına tartışmalı bir ifade olacaktır. Çünkü teknolojinin getirdiği kolaylıklar ile çevre yönetiminde

izlenen politikaların daha verimli ve etkin olduğu böylelikle operasyon hacminin çevreci olmayı direkt etkileyen bir unsur olmadığı görülmektedir.

Geleceğin havacılığında, endüstrinin başrollerinden olan havalimanlarının sürdürülebilirliğini ve bugünkü operasyonlarına devam edebilmesini sağlayarak ve bu hususta standartlar belirleyerek yönetime katkıda bulunmak önemli bir konudur. Çevresel etkinin incelenmesi, bir faaliyet ya da operasyonun ekosistemler de dahil olmak üzere doğal çevre üzerindeki olumlu ya da olumsuz potansiyel etkilerinin ekonomik ve sosyal boyutlarının da hesaba katılarak değerlendirilmesini içerir. Ayrıca çevresel performansın ölçülmesi, çevresel etkilerin ve hafifletme seçeneklerinin tahmin edilmesine, tanımlanmasına ve değerlendirilmesine olanak tanır. Veriler ve gözle görülen etkilerin dışında endüstriyel farklılıklar, kişilerin görüşleri ve tercihleri, etki önem dereceleri gibi bazı nedenlerden dolayı çevresel etki değerlendirmeleri tartışmalı yani subjektif olabilir (Rosen, 2012: s.230). Özellikle analiz aşamasında kullanılan verilerin seçimi performans ölçümlerinin kaderini belirler. Çünkü bir gösterge adına verimsiz çıkan örneklem diğer göstergeler için verimli çıkabilmektedir. Bu noktada yapılmış çalışmalarda çok boyutlu incelemeler ile ele alınan örneklemin yani havalimanının her gösterge adına verimli çıkması beklenmekte ve çevresel etki konusunda her açıdan yüksek performans göstermesi istenmektedir.

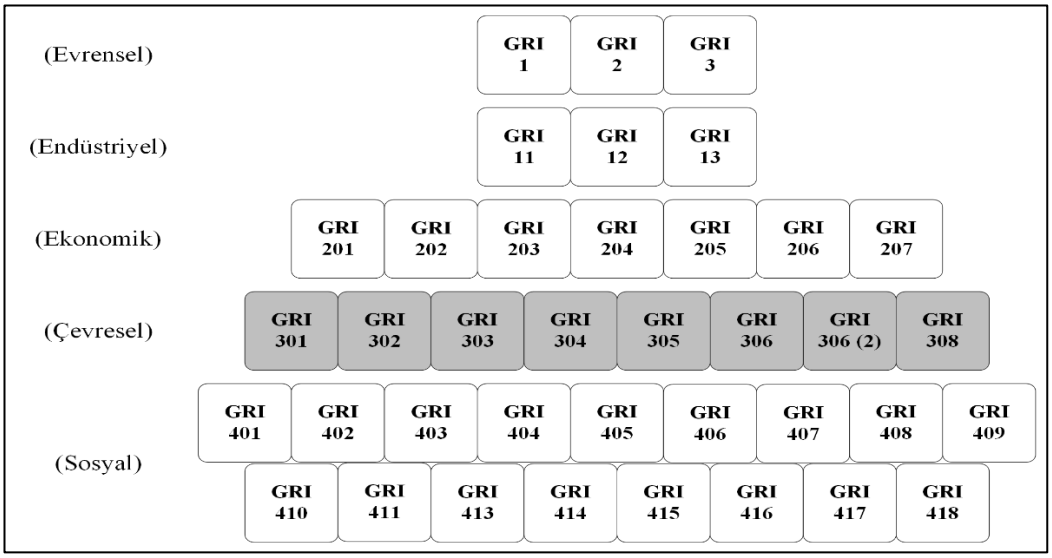
Sürdürülebilirlik performansı ölçüm süreci, boyut açısından farklılaşmalar gösterir. Örneğin ekonomik boyutun finansal rakamlar ile, sosyal boyutun yapılan memnuniyet anketleri vb. şeyler ile ölçülmesi mümkün olurken, çevresel anlamda etki derecesinin değerlendirilmesi genellikle havalimanlarının açıkladığı çevresel veriler ve sonuçların raporlanması doğrultusunda yapılabilmektedir. Havalimanı yöneticileri ve paydaşları için havalimanı sürdürülebilirlik performansı hakkında karşılaştırmalı ve havalimanı bazında yargılar oluşturmak için standart kıyaslama ve raporlama göstergeleri kullanabilir. Sürdürülebilirlik göstergeleri, aynı sürdürülebilirlik kavramı tanımlamalarında da olduğu gibi kesin değildir. Doğası gereği, neyin, hangi durumda, nasıl sürdürüleceğinin tanımı da dahil olmak üzere sürdürülebilirliğe yönelik belirli bir tutumu yansıtırlar ve rapor halinde sunulduğunda paydaşlara mevcut yönetim bilgileri sağlarlar (Upham ve Mills, 2005: s.167). Bu nedenle raporların yayınlanması ve bilgi konusundaki şeffaflık oldukça önemlidir. Takip eden başlıkta havalimanı ve çevresel sürdürülebilirlik kavramlarını birlikte inceleyip aynı zamanda performans

değerlendirmesi yapan çalışmalardan bahsedilerek çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri konusu ele alınmıştır.

1.3.1.1. Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksleri

Çevresel sürdürülebilirlik indeksleri altında çevre etkilerini gösteren indekslere yer verilerek performans ölçümü yaparken incelenen değişkenler, önceki çalışmalar kapsamında anlatılmıştır. Bu sayede araştırmanın yöntemine giden yolda havalimanlarının çevresel performans skorlarını elde edebilmek için bir ön hazırlık yapılmıştır. GRI, Küresel Raporlama Girişimi, dünya çapında kuruluşlara sorumluluklarını almaları için standartlar geliştirerek sürdürülebilirlik raporlamasını ilerletme faaliyetleri ile kuruluşların ve onların paydaşlarının tüm insanlık için ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar yaratan politikalar geliştirmelerini sağlamaya çalışan bağımsız uluslararası bir kuruluştur. Günümüzden geriye yirmi beş yıllık bir tarihle sürdürülebilirlik standartlarını oluşturan ve küresel çapta kuruluşların kullanımı ile yaygınlaşan GRI standartları (GRI, 2023) havalimanları tarafından da yoğunlukla kullanılmaya devam edilmektedir. Öyle ki çevresel sürdürülebilirlik tarafında bu standartların Şekil 5'te görüldüğü üzere diğer standartlar içinde ön plana çıkartıldığı gözlemlenebilir.

Şekil 5: GRI Standartları ve Sınıflandırılması



Kaynak: Yazar

Evrensel Standartlar:

GRI 1: Temel Standart (2021), GRI Sürdürülebilirlik Raporlama Standartlarının tümünü kapsayan ve onların amacını tanıtarak ve sürdürülebilirlik raporlaması için temel kavramları açıklamaktadır.

GRI 2: Genel Bildirimler (2021), kuruluşların faaliyetleri, personeli, yönetim şekli; stratejileri, politikaları ve uygulamalarına raporlama vasıtasıyla bilgi sağlamaları için açıklamaları içermektedir. Bu standart genel olarak, kuruluşların kimliği ve işletme hacmi hakkında bilgi verir ve toplam etkilerini kavramak için bir bağlam sağlar.

GRI 3: Öncelikli Konular (2021), kuruluşlar için önceliklerin nasıl tespit edileceği konusunda bir kılavuz görevi görür. Ayrıca Sektörel Standartların nasıl kullanılacağı da bu standart ile açıklanmaktadır. Öncelikli konular, bir kuruluşun insana haklarına olan etkileri de kapsar şekilde ekonomik, çevresel ve sosyal boyut üzerine en önemli etkilerini gösteren konuları kapsamaktadır.

Bu standartlar 2016'dan sonra 2021 yılında yeniden revize edilerek kapsamları genişletilmiştir. Standartlar hakkında temel bilgileri, genel süreci ve öncelik taşıyan konuları ele alarak raporlamaya giden yola ışık tutmaktadır.

Sektörel Standartlar:

GRI 11: Petrol ve Gaz Sektörü (2021), petrol ve gaz sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlara bu sektördeki öncelikli konular hakkında bilgi sağlar.

GRI 12: Kömür Sektörü (2022), kömür sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlara bu sektördeki öncelikli konular hakkında bilgi sağlar.

GRI 13: Tarım, Su Ürünleri ve Balıkçılık Sektörleri (2022), tarım, su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşlara bu sektördeki öncelikli konular hakkında bilgi sağlar.

Sektörel standartlar, yıllarından anlaşılacağı üzere yeni geliştirilmeye başlanmış pilot sektörleri ve henüz tamamlanmamış projeleri kapsayan standartlar olarak değerlendirilebilir. Buna karşılık GRI 40 sektörü 4 ayrı grup altında toplayan bir projeyi de 2020 yılında duyurmuştur. Bu gruplar; temel malzemeler ve ihtiyaçlar, endüstriyel, taşımacılık/yatırım/turizm, diğer hizmet ve hafif üretim sektörleri şeklinde olmuş ve ayrıca havacılık Grup 3'te ele alınmıştır (GSSB, 2022). Kuruluşun gelecek

yıllarda devam eden sektör projeleri tamamlanarak sektörel standartlar kapsamının geliştirileceği vaadi bulunmaktadır.

Ekonomik Boyut Standartları:

GRI 201: Ekonomik Performans (2016), kuruluşların ekonomik performanslarıyla ilgili çıktıları ve bu çıktıları nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması için açıklamalar içermektedir.

GRI 202: Pazar Varlığı (2016), kuruluşların faaliyet gösterdikleri pazarlar ile ilgili etkilerini ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkında bilginin raporlanması için açıklamalar içermektedir.

GRI 203: Dolaylı Ekonomik Etkiler (2016), kuruluşların bulundukları sektörde asıl faaliyetlerinin dışında kalan dolaylı ekonomik etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiğini açıklayan bilginin raporlanması için bağlamları içermektedir.

GRI 204: Tedarik Uygulamaları (2016), kuruluşların tedarik etme ve satın alma faaliyetleri ile ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkında bilginin raporlanması için açıklamalar içermektedir.

GRI 205: Yolsuzlukla Mücadele (2016), kuruluşların yolsuzlukla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması için açıklamaları içermektedir.

GRI 207: Vergi (2019), işletmelerin vergiyle ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkındaki bilgiyi raporlayabilmesi için açıklamaları içerir. Bu standartla birlikte herhangi bir kuruluşun vergi konusunu nasıl yönettiği hakkında bilgi ve ülke bazında elde ettiği geliri, ödediği vergisi ve gerçekleştirdiği ticari faaliyetleri hakkında bilgiye erişilmesine olanak tanınmaktadır.

Ekonomik konuları ele alan standartlar, kuruluşların faaliyetleri sonucu elde ettikleri dolaylı ya da doğrudan gelirleri ve buna bağlı ödediği vergileri ele alarak kuruluşlara raporlama esnasında hangi hususlara dikkat etmesi yönünde açıklıklar getirmek üzere bulunmaktadır.

Çevresel Boyut Standartları:

GRI 301: Malzemeler (2016), kuruluşların malzemelerle ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Standart içinde, ağırlık veya hacim olarak kullanılan malzemeler (301-1), kullanılan geri dönüştürülmüş girdi malzemeleri (301-2), geri dönüştürülmüş ürünler (301-3) konularına yer verilmektedir.

GRI 302: Enerji (2016), kuruluşların enerjiyle ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Bu standartta; Kuruluş içindeki enerji tüketimi (302-1), Kuruluş dışındaki enerji tüketimi (302-2), Enerji yoğunluğu (302-3), Enerji tüketiminin azaltılması (302-4), Ürün ve hizmetlerin enerji gereksinimlerinde azalma (302-5) başlıkları ile sınıflandırmalar bulunmaktadır.

GRI 303: Su ve Atık Sular (2018), kuruluşların suyla ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Bu standart içinde, Paylaşılan kaynak olarak su ile etkileşimler (303-1), Su tahliyesiyle ilgili, etkilerin yönetimi (303-2), Su çekme (303-3), Su tahliyesi (303-4), Su tüketimi (303-5) başlıklarını barındırmaktadır.

GRI 304: Biyoçeşitlilik (2016), kuruluşların biyolojik çeşitlilikle ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. 304-1 ile korunan alanlarda ve biyolojik çeşitlilik derecesi yüksek olan alanlarda sahip olunan, kiralanan, yönetilen işletme sahaları, 304-2 ile faaliyetlerin, ürünlerin ve hizmetlerin biyolojik çeşitlilik üzerindeki önemli etkileri, 304-3 ile korunan ve yenilenen yaşam alanları, 304-4 ile operasyonların yapıldığı alanlarda bulunan ve korunan tür çeşitliliği ele alınmaktadır.

GRI 305: Emisyonlar (2016), kuruluşların emisyonlarla ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Emisyonlar standardı; Doğrudan (Kapsam 1) sera gazları (GHG) emisyonları (305-1), Dolaylı enerji (Kapsam 2) GHG emisyonları (305-2), Diğer dolaylı (Kapsam 3) GHG emisyonları (305-3), GHG emisyonları yoğunluğu (305) -4), Sera gazı emisyonlarının azaltılması (305-5), Ozon tabakasına zarar veren madde emisyonları (305-6), Nitrojen oksitler (NOx), kükürt oksitler (SOx) ve diğer önemli hava emisyonları (305-7) başlıklarını kapsamaktadır.

GRI 306: Atık (2020), kuruluşların atıkla ilgili etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Bir kuruluşun atık oluşumunu nasıl azalttığı ve azaltılamayan atıkları kendi operasyonlarında ve değer

zincirinde hangi yönde nasıl yönettiği hakkında bilgiye ulaşılmasına olanak tanır. Ayrıca, 306-1/Atık oluşumu ve atıkla ilgili önemli etkiler, 306-2/Atıkla ilgili önemli etkilerin yönetimi, 306-3/Üretilen atık, 306-4/Yok edilmeyen atık, 306-5/Yok edilen atık başlıkları ile bu standart genişletilmiştir.

GRI 308: Tedarikçi Çevresel Değerlendirmesi (2016), kuruluşların tedarik zincirlerindeki çevresel etkileri ve bu etkilerin nasıl yönetildiği hakkındaki bilgilerin raporlanabilmesi için açıklık getirir. Bu standart, bir kuruluşun tedarik zincirinde bulunan olumsuz çevresel etkileri azaltma ve hafifletme çabaları hakkında bilgiye ulaşılmasına olanak tanır. Bu standart altında ise iki başlığı barındırmaktadır: (308-1) Çevresel kriterler kullanılarak taranan yeni tedarikçiler, (308-2) Tedarik zincirindeki olumsuz çevresel etkiler ve alınan önlemler.

Sosyal Boyut Standartları:

GRI 401: İstihdam (2016), kuruluşların istihdamla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 402: Çalışma/Yönetim İlişkileri (2016), kuruluşların işgücü/yönetim ilişkileriyle ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 403: İş Sağlığı ve Güvenliği (2018), kuruluşların iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 404: Eğitim ve Öğretim (2016), kuruluşların eğitim ve öğretimle ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 405: Çeşitlilik ve Fırsat Eşitliği (2016), kuruluşların işyerinde çeşitlilik ve fırsat eşitliği ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 406: Ayrımcılık Karşıtı (2016), kuruluşların ayrımcılıkla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 407: Örgütlenme Özgürlüğü ve Toplu Sözleşme (2016), kuruluşların örgütlenme özgürlüğü ve toplu sözleşme özgürlüğü ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 408: Çocuk İşçiliği (2016), kuruluşların çocuk işçiliği ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 409: Zorla veya Zorunlu Çalıştırma (2016), kuruluşların zorla veya zorunlu çalıştırmayla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 410: Güvenlik Uygulamaları (2016), kuruluşların güvenlik uygulamalarıyla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 411: Yerli Halkların Hakları (2016), kuruluşların yerli halkların haklarına ilişkin faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 413: Yerel Topluluklar (2016), kuruluşların yerel topluluklarla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 414: Tedarikçi Sosyal Değerlendirmesi (2016), kuruluşların tedarik zincirlerindeki sosyal faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 415: Kamu Politikası (2016), kuruluşların kamu politikalarıyla ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 416: Müşteri Sağlığı ve Güvenliği (2016), kuruluşların müşteri sağlığı ve güvenliği ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 417: Pazarlama ve Etiketleme (2016), kuruluşların pazarlama ve etiketleme ile ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

GRI 418: Müşteri Gizliliği (2016), kuruluşların müşteri gizliliğiyle ilgili faaliyetleri ve bu faaliyetleri nasıl yönettikleri hakkında bilginin raporlanması üzerine açıklamaları içermektedir.

Sosyal boyut için geliştirilen standartlar, çalışanın fırsat eşitliği, sağlığı, güvenliği ve dolaylı ya da doğrudan etkilenen çevre halkının haklarını kapsamaktadır.

Bu kapsamda sosyal standartların kuruluşlar için raporlama hususunda sosyal boyut adına sürdürülebilirliklerini sağlayabilmeleri için öncü standartlar olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Genel olarak GRI standartlarının bu başlık altında incelenmesinin ana nedenleri çevresel göstergelerin üzerinde durulmak istenmesi ve standartların birbirinden ayrılmaz sürdürülebilirlik konularını kapsamasından kaynaklanmıştır. Öyle ki daha önce de ifade edildiği üzere sürdürülebilirliğin bir boyutunu tek başına ele almak yalnızca spesifik bir amacı gütmek üzere olacaktır. Dolayısıyla sürdürülebilirliği her boyutuyla ele almak tüm boyutlar için belirlenmiş hedefleri yerine getirebilmek için önemlidir. Öte yandan göstergelerin önemi, havalimanlarının uzun dönemde sürdürülebilirliklerinin izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi, bunların nicelleştirilmesine giden yolların daha aydınlık hale getirilmesi, sürdürülebilirlik yaklaşımının kavramsaldan daha çok analitik hale getirilmesini gerektirir.

Günümüze gelindiğinde havalimanları için sürdürülebilir ilerleyişi izleme, analiz etme ve yönetme üzere yapılmış çalışmalar nispeten yeterlidir. Çalışmalar geçen yirmi yıl boyunca yapılmış ve bu çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuçların sübjektifliğine önceden değinilmesine dayanarak olan bu çalışma için araştırmaların sonuçlarından çok, analiz aşamasında kullanılan çevresel performans değişkenleri yani göstergeleri ön plana çıkmaktadır. Araştırmaların çoğunluğunda havalimanı faaliyetleri hava tarafı ve kara tarafı olmak üzere ele alınmıştır. Bu aslında terminal yönetimini ve manevra sahası yönetimini ilgilendirmektedir. Kullanılan göstergelerin sınıflandırılmasına bağlı kalarak hava-kara ayrımı bu çalışmada da bulunmaktadır. Takip eden paragraflar daha önce yapılmış çalışmaları açıklar nitelikte olacak ve literatürü tanımlayacaktır. Bu şekilde, yapılan çalışmanın önemine de katkı sağlayacaktır.

Graham (2005), havalimanlarına yönelik bir kıyaslama yaklaşımı geliştirmek amacıyla sürdürülebilirlik indeksleri kullanarak çok boyutlu bir sürdürülebilirlik performans analizini 19 havalimanı için yapmıştır. Çalışmada ekonomik, sosyal ve çevresel performans ölçütlerini kullanarak havalimanlarının yönetimi hakkında performans ölçümlerinin ve dolayısıyla kıyaslamanın önemine vurgu yapılmıştır. Çevresel ölçüt olarak emisyonlar, gürültü, su, atık, ulaşım ve enerji konuları analiz

edilmiştir. Ayrıca uluslararası kıyaslamanın gelişimi için henüz süreye ihtiyaç olduğuna değinerek performans ölçütlerinin yapılmış diğer çalışmalarla yerleştirilmiş olduğu dile getirilmiştir. Yazar, çalışmasını akademide ve endüstride kıyaslama yapmak üzere performans ölçüm metotları konusunda önemli bir bilgi kaynağı olarak sunmaktadır.

Upham ve Mills (2005), yaptıkları çalışmada havalimanı kıyaslaması yapmak ve karar destek aracı geliştirmek için çevresel ve operasyonel sürdürülebilirlik gösterge seti hazırlamışlardır. Göstergeler, sürdürülebilirlik politikalarını uygulanabilir kılarken veri seti oluşturma sürecini kolaylaştıracak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca GRI standartları ve literatür, göstergelerin geliştirilmesi aşamasında büyük rol oynamış, çalışmada analiz değil yalnızca göstergelerin önemine vurgu yapılmıştır. Karbondioksit emisyonları, katı atık, hava kalitesi, su kalitesi ve gürültü göstergeler sınıflandırılmasında tanımlanan başlıca indekslerdir. Bu indeksler havalimanlarının girdi ve çıktılarından elde edilerek çalışmada yer almıştır.

Grimley (2006), sürdürülebilir kalkınma literatürüne dayanarak bütüncül ve sistematik sürdürülebilirlik göstergeleri oluşturma hedefiyle yapılan araştırmada 29 temel havacılık sürdürülebilirlik göstergesi belirlenmiştir. Bu göstergelerden, emisyon, filo verimliliği (CO2/km), emisyon ticareti, yüzey emisyonları, havalimanı su kullanımı, su kalitesi, üretilen atık, uçak atıkları çevresel gösterge olarak geliştirmiştir. Göstergeler geliştirilirken paydaşlara yöneltilen sorular, Delphi yöntemi ile hazırlanmıştır. Özellikle araştırmanın yapıldığı yıl ve coğrafya için çalışmanın kritik olduğu, bulgularında bahsedildiği üzere havacılığın geleceği için bir fikir birliğine ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışma geniş kapsamda hava taşımacılığının sürdürülebilirliğinin tüm boyutlarda ölçülebilirliği üzere tamamlanmıştır.

Janic (2010), çalışmasında doğrudan havalimanları sürdürülebilirlik değerlendirmesine yönelik çok boyutlu bir gösterge sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Etki-fayda ve etki-dışsallık olarak iki farklı grupta ele alınan göstergeler ilk grupta daha çok ekonomik ve sosyal çıktıları kapsarken; ikinci grup yerel gürültüyü, hava kirliliğini, gecikmeleri, arazi kullanımını ve atıkları kapsamıştır. Ayrıca göstergelerin

ve bunlara yönelik alınacak önlemlerin, hava taşımacılığı hizmetlerinin kullanıcılarına, sağlayıcılarına, kamu ve özel kurumlarına, hükümet kuruluşlarına, yerel topluluk üyeleri ve yerel halk gibi belirli aktörlerin çıkarlarına ve tutumlarına göre şekillendiği görüşünü savunmuştur. Yazar benzeri araştırmalarına (Janic, 2002; Janic 2003) daha önceden başlamış ve hava taşımacılığını genel olarak kapsar nitelikteki çevresel ve sosyo-ekonomik göstergeleri geliştirme konusunda literatüre katkı sağlamıştır.

Joumard (2011), genel bir sürdürülebilirlik çalışması sağlamış olsa da nedensel zincir yaklaşımı ile çevre konusunda etki alanlarını bir hiyerarşi zinciriyle açıklamış ve bunun üzerine bir çevresel etki tipolojisi geliştirmiştir. Bu hiyerarşide yer alan başlıca etkiler gürültü, yaban hayatı kazaları, hava kirliliği, toprak ve su kirliliği, arazi kullanımı ve habitat kırılması, yenilenemeyen kaynakların kullanımı, sera gazı etkileri şeklinde açıklanabilir. Hiyerarşik düzendeki bu etkilerin tamamının karar vermeye net bir katkısı olmayacağı ve zincirin evrensel olarak geçerli bir analitik çerçeve oluşturduğu olgusu, çalışmanın sonuçlarında bahsedilmiştir. Bununla birlikte bu zincirlerin yalnızca ulaşım sektöründeki çevresel etkileri kapsar nitelikte olması, gösterge konusunda yaptığı tanımlamalar ile çalışmanın bu araştırmaya literatür açısından fayda sağladığını kanıtlamaktadır.

Monsalud vd. (2015), çalışmalarında Amerika'da bulunan havalimanlarında sürdürülebilirlik uygulamaları sunmak için bir etki matrisi vasıtasıyla değerlendirme süreci geliştirmiştir. Bu değerlendirme yöntemiyle, havalimanı sürdürülebilirliğinde karar verme sürecini nicelleştirmeye ve bu sürecin iyileştirilmesi amacına ulaşılmaya çalışılmıştır. Etki matrisinde göstergeler; etki kategorisi küresel (sera gazı emisyonları ve kaynak tüketimi) ve yerel (gürültü, hava kalitesi, su tüketimi, alan kullanımı, yaban hayatı, yerel iklim, insan) olarak ele alınmıştır. Operasyonel alan olarak ise manevra sahası, terminal binası, araçlar, ışıklandırma bazında göstergeler değerlendirilmiştir. Örnek veriler ile analiz yapılarak matrisin doğruluğu üzerine bir sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Göstergelerden hangisinin etkisinin yüksek olduğunun saptanmasına olanak tanınmasına ve karar destek sisteminin nicel hale getirilmesine dair katkılara çalışmanın sonuçlarında değinilmiştir.

Ferrulli (2016), sürdürülebilirlik gerekliliklerini karşılayacak havalimanları alt yapısı geliştirme yaklaşımı ile yola çıkılan bu çalışmada eko-verimli altyapı, operasyonel ve çevresel kapasite, yönetim ve teknoloji stratejilerinin geliştirilmesi yoluyla büyümeyi telafi edebilen etkili ve verimli bir çevre yönetimi sunan uzun vadeli bir planlama önerilmiştir. Çalışmanın başlarında havalimanları için yapılan bir açıklama fazlasıyla güncel durumu anlatırken tanım konusunda tatmin edici olmaktadır. Havalimanları bugün yalnızca havacılıkla ilgili operasyonlardan ibaret değil, alışveriş ve otel tesislerini, konferans tesislerini ve ayrıca sanayi alanlarını, lojistik üslerini ve toplu taşıma hatlarını kapsar şekilde evrilmiştir. Bu tanım havalimanlarının alt yapısının büyümesinin sürdürülebilir olması gerekliliğini desteklemektedir. Çevresel performansı ölçmek ve değerlendirmek adına metodolojik bir çerçeve sağlanarak yeni model ve stratejileri havacılık paydaşlarına sunmak üzere bilinen ve daha önce literatürde yer eden GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations, Önerilerin Derecelendirme, Değerlendirme, Geliştirme ve İncelemesi) yönteminden farklı olarak yeşil havalimanı tasarım değerlendirmesi (GrADE, Green Airport Design Evaluation) yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem vasıtasıyla toplamda yedi kategoride (gürültü azaltma, emisyon azaltma ve hava kalitesi, enerji kullanımı, su kullanımı, atık yönetimi ve malzemeleri, su kirliliğinin azaltılması, biyolojik çeşitlilik ve arazi kullanımı), yirmi iki gösterge ile havalimanlarının çevresel etkileri incelenmiştir.

Kılkış ve Kılkış (2016), havalimanı kıyaslama tabanlı bir sürdürülebilirlik sıralama indeksi geliştirmiştir. Oluşturulan indekste beş boyut ve yirmi beş ana gösterge bulunmaktadır. Boyutlar, havalimanı hizmetleri ve kalitesi, enerji tüketimi ve üretimi, karbondioksit emisyonları ve azaltma planlaması, çevre yönetimi ve biyolojik çeşitlilik ve atmosfer ve düşük emisyonlu ulaşımdır. Göstergeler ise boyutlar ile doğrudan ilişkilidir (ör. Yolcu Sayısı (D1), Tüketilen Enerji (D2), CO_2 Emisyonları (D3), Su Kullanımı (D4), Hava Kirliliği (D5)). Yazarlar çalışmada yolcu trafiği ve yolcu memnuniyetine göre dünyanın en yoğun ve en iyi havalimanları arasında yer alan dokuz havalimanını incelemişlerdir. Çalışma verileri, Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlarından ve ilgili kaynaklardan çıkartılmıştır. Sonuçlara göre örneklemlerindeki havalimanlarının sürdürülebilirlik skoru ile yolcu trafiği arasındaki lineer regresyon

oranı 0.1942 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç çevresel performansın skoruna yolcu trafiğinin yalnızca %19,42 olarak etki ettiği göstermektedir.

Chao vd. (2017), çalışmasında havalimanlarının çevresel değerlendirmesini yürütebilmek adına bir model geliştirmiştir. Bu modeldeki göstergeler Fuzzy Delphi yöntemi ve ilgili literatür araştırmaları sonucunda elde edilmiştir. Bu göstergelerin ağırlıklandırılması ve değer fonksiyonlarının belirlenmesi aşaması için de anketler kullanılmıştır. Anketler Narita, Incheon, Kaohsiung, İstanbul ve Miami havalimanlarında çalışan uzmanlara gönderilmiş ve sonuçlar geometrik ortalama ve AHP tabanlı karar destek yazılımı vasıtasıyla ağırlıklandırılmıştır. Çevre koruma, enerji tasarrufu ve karbon azaltımı için havalimanları tarafından halihazırda uygulanan önlemlerden dört boyutu kapsayan on sekiz gösterge belirlenmiştir. Yeşil havaalanı tasarımı, Havalimanı operasyonlarında enerji tasarrufu ve karbon azaltımı, Yenilenebilir kaynakların kullanımı, Havalimanı çevresel sürdürülebilirlik yönetimi bu çalışmanın performans göstergelerinin 4 ana boyutudur. Çalışmanın göstergeleri belirleme üzerine olması performans ölçütlerinin geliştirilmesi bağlamında önemlidir. Elde edilen on sekiz göstergeden ilk üçü "enerji tasarrufu kontrolü", "toplu taşıma araçlarıyla havaalanına kolay erişim" ve "uçak karbon yönetimi" şeklindedir.

Lu vd. (2018), sürdürülebilirlik denge puan kartı, DEMATEL, VIKOR, DANP gibi yöntemler ile birleşik bir model havalimanlarının sürdürülebilirlik etkisini ölçmek üzere geliştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen model ile Tayvan'da bulunan üç uluslararası havalimanı incelenmiştir. Tüm sürdürülebilirlik boyutları arasında toplam on beş kriterden üç tanesi çevresel olarak belirlenmiştir: Karbon emisyonu azaltma ve enerji tasarrufu, Yeşil bina uygulamaları, Gürültünün önlenmesi ve izlenmesi. Çalışmada yazarlar daha önce hiç denenmemiş bir gösterge geliştirme sistemi kullanarak farklı yöntemler ile bu göstergelerin şekillendirileceği ve havalimanlarının performans ölçümlerinde farklılıklar yaratmanın literatüre katkı sağlayacağı görüşünü bildirmektedir. Örneğin gelecekte yapılacak araştırmalar için, kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak üzere en iyi-en kötü yöntem (BWM, Best Worst Method) veya Entropi yöntemi gibi farklı yaklaşımların uygulanabilirliği, boşluk değerlendirmesi için TOPSIS, ARAS, COPRAS-G gibi yöntemlerin kullanılabilirliği ve sürdürülebilirlik tahmin modelinin uygulanabilirliği hakkında daha objektif bilgi sağlamak için bazı

veri madenciliği tekniklerine (RF-Random Forest, SVM-Support Vector Machines) uygulamak için gelecekte başvurulabilir olduğu üzerinde durulmuştur.

Comendador vd. (2019), yeşil havalimanı sertifikasyonu konusunu ele alarak bu sertifikalandırma sürecinin neleri kapsadığı saptanarak ve havalimanlarının sahip olduğu sertifikalar kıyaslanarak bazı belli başlı göstergeler üzerinden havacılığın yeşil yapılarına bütüncül bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın içinde yoğunlukla havalimanlarının çevresel etkileri üzerinde durularak raporlar ile desteklenmiş ve üç ana etkiden bahsedilmiştir: gürültü, hava kalitesi ve iklim değişikliği. Ayrıca araştırmada havalimanlarının operasyonel faaliyetlerine göre çevresel etkileri alanlara yayılarak çevresel etkiler bazında bir haritalama modeli çıkarılmıştır. Bu çalışma, havalimanı operasyonlarından kaynaklanan tüm ihtiyaçları ve çevresel etkileri en uygun şekilde değerlendirmek için mevcut derecelendirme sistemlerinin (GBRS-Green Building Rating System, LEED- Leadership in Energy and Environmental Design, BREEAM- Building Research Establishment Environmental Assessment Method vb.) nasıl gelişebileceğini incelemiştir. Havalimanları için geliştirilen çevre etkileri bazında beş operasyonel alan ve yirmi bir işlevsel öge ile mevcut alt yapı sertifikalandırma sistemlerine öneri niteliği taşımaktadır.

Karagiannis vd. (2019), çalışmalarında havalimanı endüstrisinin en önemli operasyonel yönlerinin haritasını çıkarmak üzere ve havalimanı operatörlerinin ekonomik, çevresel ve sosyal performanslarına yönelik bir hesap verebilirlik üzere araştırmaları gerçekleştirmişlerdir. Çalışma raporlamalar konusunda literatürdeki en dikkat çekenler arasındadır. Öyle ki bu çalışmada 193 uluslararası havalimanını temsil eden 33 kurumsal rapor ve 903 adet öncelikli konu 1999-2017 yılları arasında taranmış, değerlendirilmiş ve en verimli raporlama yapan havalimanlarının hesap verebilirlik düzeylerini karşılaştırmak için bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu kurumsal performansların geliştirilmesine yönelik katkı sağlamak üzere gerçekleştirilmiştir. 44 farklı maddede sürdürülebilirliğin raporlardaki önemliliği üzerine yapılan incelemelerde 8 farklı çevresel gösterge (GRI ile bağdaştırılmış) yer almıştır. Çalışma raporlar üzerinden performans analizlerinin, göstergelerin frekansının yüksekliğinin ve araştırma alanının önemine dikkat çekmiştir.

Al Sarrah vd. (2020), odak grupların (havacılığın paydaşları) kullanılmasıyla elde edilen nitel veriler vasıtasıyla sürdürülebilirliğin tüm boyutları için göstergelere ulaşmıştır. Çevresel boyutun havalimanları için ulaşılan göstergeleri; enerji yönetimi, havalimanı sahası CO_2 emisyonları, yeşil teknolojilerin kullanılması, atık yönetimi, gürültü azaltma yönetimi, elektrikli araç kullanımı, su tüketimi, hava tarafı araçları için yakıt politikaları geliştirilmesi, karbon ayak izi, hava kalitesi, havaalanı su kalitesi, epidemiyoloji bilgisi, ICAO programlarına bağlılık ve uyum, hava tarafında FOD azaltılması olarak açıklanmıştır. Bu göstergelerin öznel yargılar sonucu ulaşılan göstergeler olduğu üzerinde durulmasına rağmen aslında çevresel performansların göreli analizlerinin çoğunda ortak olarak kullanılması çalışmanın sonuçlarının doğruluğunu göstermiştir.

Boca Santa vd. (2020), çalışmasında havalimanlarının pist, manevra sahası ve terminalini kapsayacak şekilde etkileri kategorize ederek sürdürülebilir bir havalimanı modeli sunmak amacıyla gerçekleştirilmiş ve havalimanını sürdürülebilir kılmak üzere tanımlayıcı yöntemler kullanmıştır. Araştırmada 10 gösterge ve 58 alt göstergeyi ele alarak her göstergenin uygulanmasına yönelik strateji yaklaşımları sağlamaya çalışılmıştır. Çalışmada her bir gösterge için ayrı alt göstergelerin tespiti literatürdeki kaynaklar incelenerek sağlanmıştır. Ana göstergeler: gürültü, emisyon ve hava kalitesi, enerji yönetimi, su yönetimi, atık yönetimi, biyoçeşitlilik ve arazi kullanımı, maliyet ve ekonomi, iç çevre kalitesi, ulaşım ve araç kontrolü şeklinde belirlenmiştir. Sonuçlarında havalimanları için sürdürülebilir bir model önermek üzere literatür revizyonun sağlandığı ve bu esnada LEED ve BREAM standartlarından faydalanıldığı, dolayısıyla 10 ana gösterge için alınacak önlemler ile havalimanlarının daha sürdürülebilir bir faaliyete sahip olacakları paylaşılmıştır.

Kumar vd. (2020), çevre üzerinde en az etkiye sahip çevreci ve yeşil havalimanları sağlamak üzere yapılan bu araştırmada havalimanlarının yeşil performansının değerlendirilme kriterlerinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanabilmesi için BWM (Best Worst Method, En İyi, En Kötü Modeli) ve VIKOR (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada 7 ana kriter ve 43 alt kriter çevre performansının

değerlendirilmesi için önerilmektedir. Ana kriterleri; Hava kalitesi ve gürültü, yeşil bina inşası ve altyapı, atık yönetimi ve geri dönüşüm faaliyetleri, çevre izleme ve kontrolü, yeşil operasyon ve ulaşım, çevreci eğitimler, çevreci politikalar ve düzenlemeler oluştururken bu ana kriterlerin alt kriterleri arasında ağırlıklandırma yapıldığında en düşük karbon düzenlemeleri, ACA (Airport Carbon Accreditation) uyum çalışmaları ve çevreci bina dizaynları en önemli alt kriterlerden ilk üçünü oluşturmaktadır.

Wan vd. (2020), çalışmasında BoD (Benefit of the Doubt, Olumlu düşünce Modeli) modeline dayalı havalimanı sürdürülebilirliğinin sentetik bir değerlendirme indeksi oluşturmak üzere araştırmada bulunmuştur. Gösterge bağımsızlığını ve gösterge tarama yöntemi için parametrik olmayan Bayes Modeli kullanılarak ekonomik, çevre, toplum ve operasyon olmak üzere dört kriter çerçevesi kurulmuştur. İndeks ve göstergelerin ağırlığının saptanabilmesinde gelişmiş BoD modeli (karar verme yöntemlerinden, olumlu düşünme) kullanılmış ve genişletilmiş bir indeks oluşturma yöntemi için ürün ağırlıklandırma ile ağırlıkların göstergelerle birleştirilmesi sağlanarak kapsamlı bir havalimanı sürdürülebilirlik indeksleri elde edilmiştir. Çalışma, havalimanı sürdürülebilirliğini etkileyen faktörleri ve endüstriyi incelemiştir. Gösterge olarak; karbonun yıllık ortalama konsantrasyon dağılımı, kanalizasyon deşarjı, NO_x'in yıllık ortalama konsantrasyon dağılımı, su kullanım verimliliği, PM'nin yıllık ortalama konsantrasyon dağılımı, katı atık, SO_x'in yıllık ortalama konsantrasyon dağılımı, yeşil alan oranı, karbon emisyonları, arazi tüketim, gürültü belirlenmiştir. Çalışmanın odak noktası olan Guangzhou havalimanının 2008’den 2017’ye kadar olan süreci Tobit Modeli vasıtasıyla analiz edilmiş ve 2018’le kıyaslanmıştır. Havalimanının 2018'deki sürdürülebilir kalkınma performansının, 2017'ye kıyasla düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Li ve Li (2021), çalışmalarında literatür araştırması, uzman paneli ve hükümet düzenlemeleri, yönetim yaratıcılığı, teknolojik gelişmeler ve sektör mekanizmasından oluşan dört boyutlu bir ölçek analizi kullanarak sıralı sınıflı lojistik regresyon vasıtasıyla havalimanları için kaynak tasarrufu, verimli operasyon, çevre dostu operasyon ve insan odaklı iş üzerine bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Dört ana boyut altında toplam 42 gösterge ağırlıklandırılarak havalimanlarında çevresel

sürdürülebilirlik faaliyetleri için bir değerlendirme önerisi çerçevesi oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuç kısmında havalimanlarının çevresel performanslarını artıracak bazı önerilerde bulunulmuştur. Bunlar teknolojik gelişmeleri faaliyetlere dahil etmek, karbon emisyonları azaltmada piyasa mekanizmalarını kullanmak, sağlıklı bir çevresel yönetişim ortamı kurmak, karbon ticareti faaliyetlerinde bulunmak ve teşvik etmek olarak sıralanabilmektedir.

Küçükvar vd. (2021), çalışmasında sınır tabanlı bir yönetim yaklaşımı ile havalimanlarının göreli eko-verimlilik performansını incelemiştir. CO_2 emisyonu, Toplam Enerji Tüketimi, Toplam Elektrik Tüketimi, Su Kullanımı, Atık Miktarı, Toplam Gelir ve Çalışan Sayısını gösterge olarak incelemiş ve verileri elde edilen havalimanlarına veri zarflama analizi (DEA) uygulamıştır. Çalışma; Viyana, Amsterdam, Manchester, Krakov, Milano, Frankfurt, Stokholm, Oslo, Eldorado, Sao Paulo, Meksika, Peru, Brezilya, Zürih, Porto Riko, Malta, Singapur, Paris CDG, Avustralya, İsveç, Atina, İstanbul Atatürk, Sidney, San Francisco, Nepal, Seul, Hamad, Hong Kong, Ljubljana, Münih, Teksas Dallas, Cenevre, Vancouver, Tayland havalimanlarını kapsamına almıştır. Analize göre Hamad, Hong Kong, San Francisco havalimanlarının en verimli havalimanları olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sreenath vd. (2021), ASEAN havalimanlarını çalışma kapsamına alarak çok boyutlu bir sürdürülebilirlik analizini literatür ve havalimanlarının rakamları ile gerçekleştirmiştir. Çalışmada gürültü, istihdam, enerji, emisyon, su ve atık su, katı atık yönetimi genişçe değerlendirilerek kavramsal olarak ifade edilmiştir. Bu yönetimler sonucu sürdürülen politikaların Birleşmiş Milletler tarafından açıklanan sürdürülebilirlik hedefleri ile ilişkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve bu inceleme sonucu yüksek bir korelasyon ortaya çıkmıştır. Çalışma bulgularından bir diğer ise çevresel boyutun diğer boyutlara göre daha önemli olduğudur. Çevresel bağlamda yürütülen sürdürülebilirlik uygulamalarının, havalimanı kapsamındaki sosyal ve ekonomik girişimlerden daha büyük öneme sahip olmasının nedeni çalışmada çevreci girişimlerin uzun dönemde havalimanları için somut ve ölçülebilir sosyal ve ekonomik faydalar sağlaması şeklinde açıklanmıştır.

Ramakrishnan vd. (2022), çalışmasında havalimanlarına özel bir yeşil derecelendirme sisteminin eksikliğinden yola çıkarak yalnızca havalimanlarına has özellikleri dahil ederek yeşil bina derecelendirme modeli önerilmiştir. Bu özellikler karbon emisyon potansiyeli, yolcu sayısı, uçak trafiği ve gelişme ihtimali (yeni açılacak rotalar ve bağlantılar) olarak belirtilmiştir. Çalışmada yeşil bina derecelendirme sistemi için GBRT'lerde (Green Building Rating Tools, Yeşil Bina Derecelendirme Araçları) bulunan mevcut göstergeler ve GRI indekslerince sunulan 12 ana ve 34 alt göstergeler havalimanlarının sürdürülebilirliği için çerçeve sağlama aşamasında faydalanılan kaynaklar olarak ifade edilmektedir. Sağlanan kaynaklar daha sonra havalimanların raporlarında yapılan metin madenciliği yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Çevresel değerlendirme kriterleri enerji, su, katı atık, emisyon, hava kalitesi, arazi kullanımı ve eğitim, bilinç şeklinde önerilmiştir.

Dimitriou ve Karagkouni (2022), çalışmalarında havalimanlarının stratejik planlamaları için bir değerlendirme aracı sunmuşlardır. Analiz, uluslararası operasyonlara hizmet veren bir grup Avrupa, Amerika ve Asya havalimanlarını içermektedir. Yazarlar havalimanlarının çevresel performans unsurlarını emisyonlar, gürültü, su, atık yönetimi-ekosistemler olarak 4 ana kategoride ve emisyon izleme, sera gazı emisyonlarını azaltma hedefi, karbon akreditasyonu, enerji verimli altyapı, yenilenebilir elektrik gücü, gürültü izleme, kara tarafı gürültü yönetimi, gürültü eylem planı, gürültü önleyici altyapı, gürültü şikayetlerinin kaydı, su koruma sistemi, su kalitesi izleme, su akışı yönetimi, su tüketimi izleme, atık su arıtma, geri dönüşüm, tehlikeli atık yönetimi, atık azaltma önlemleri, atık fiyatlandırma politikası, biyolojik çeşitliliğin korunması olarak 20 alt kategoride değerlendirmiştir. Ayrıca yazarlar üç eksenli bir eylem tasvir ederek çevresel sürdürülebilirliğin kanıtını sağlamayı hedeflemişlerdir. Bu üç eksenin ilkinde havalimanlarından alınan aşamalı aksiyonlarla ilgiliyken ikinci eksen yüksek vergilendirme ve hedeflerin belirlenmesiyken üçüncü eksen endüstriye ve topluma olan etkiyi açıklıyor. Çalışma geliştirdiği ölçüm yöntemi ile çevresel etkiyi azaltma stratejisinin kapsamlılığına ilişkin bir değerlendirme çerçevesi sunmaya odaklanmıştır.

Sürdürülebilirlik literatürü havacılık nezdinde incelendiğinde ekonomik ve teknik alanda çalışmaların kısmen çokluğu dikkat çekmektedir. Fakat ilgili literatürde

havalimanları için raporlama, hesap verebilirlik, şeffaflık dahil olmak üzere çevresel etki performansı, eko-verimlilik ve genel sürdürülebilir kalkınma üzerine çalışmalar nispeten yeterli miktardadır. Çalışmaların ortak olarak kullandığı göstergeler analiz kısmında farklı yöntemler ile değerlendirilmiştir. Bu yöntemler çoğunlukla çok kriterli karar verme, analitik ağ süreçleri, verimlilik tabanlı metotları kapsamaktadır. Şimdiye kadar yapılmış çalışmalardan yola çıkarak havalimanlarının çevresel etki performanslarının skoruna ulaşabilmek için ilerleyen bölümde verilerin saptanabilmesi ve elde edilmesi netleştirilmiştir. Ayrıca yöntem açısından daha önce yapılmış çalışmalardan faydalanılmaktadır. Özellikle son yıllara yaklaştıkça literatür endüstrideki en önemli paydaşlardan olan havalimanları yönetimini çevre politikalarını geliştirmeye yönelik geniş kapsamlı çalışmalar barındırmaktadır. Bu çalışma da literatüre farklı havalimanlarının göreli çevresel performanslarının bir kıyaslamasını sunmak üzere gerçekleştirilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. METODOLOJİ

Araştırmanın metodolojik bilgilerine yer verilen bu bölümde havalimanlarının çevresel performanslarının sürdürülebilirliğine yönelik göreli bir ölçüm analizi ve sonuçlara göre sıralamanın neden yapıldığı ve nasıl gerçekleştirildiği ele alınmaktadır. Bu bilgiler ışığında araştırmanın önemi, amacı, yöntemi (veri elde etme yöntemleri, veri yapısı, analiz aşamaları), soru ve hipotezleri ve kısıtlılıkları tartışılacaktır. Sürdürülebilirlik performansının ölçümünde kullanılan göstergelerin literatürden desteklenerek seçilmesi sonucu yapılacak analizin belirlenen örnekleme uygulanması araştırmanın yöntemini açıklarken, çalışmanın amacı doğrultusunda endüstriye ve literatüre farklı bir sürdürülebilirlik ölçüm örneğinin sunulması hedeflenmektedir. Analiz ve sonuçların, sorular ve hipotezler ile desteklenerek doğru sorulara cevap aranmaya çalışıldığını gösterir nitelikte olması beklenmektedir. Öte yandan çalışmanın sınırlılıklarına yer verilerek bir sonraki çalışmalar için incelenmesi gereken veri ve kaynaklara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

2.1. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Alan yazında çevresel sürdürülebilirlik ölçeklerinin ve bu ölçekler üzere analizlerin varlığından önceki başlıklarda açıklanan literatür çalışmaları ile bahsetmek mümkündür. Bu çalışmalara ek olarak farklı bir bakış açısı ve yöntemi ile bu konuda yeni bir çalışma gerçekleştirmek önem arz ederken analize konu edilen yıl ile literatürde belki de pandemiye kadar olan süreçteki en etkin havacılık yılını kapsaması çalışmanın önemini artırır niteliktedir. Ayrıca sürdürülebilirliğin çalışma sayısından çok hangi konularda yapıldığı hem literatürde hem de endüstride dikkat çekilen bir konuyken çalışmaların çevresel kapsamda yürütülmesi çevre aktivistlerinin de endüstriye olan bakışlarını değiştirebilir ve endüstrinin gelecek çalışmalarına hem hükümet hem de uluslararası kuruluşlarca destek sağlanabilir.

Sürdürülebilir bir havalimanı sistemi kurmak havalimanı planlamasının geleceği için kaçınılmazdır çünkü havalimanlarının doğal çevre ve yerel halk için doğrudan etkileri bulunmaktadır. Dolayısıyla havalimanları, sosyal ve çevresel açıdan sorumludur ve bu sorumluluğu yerine getirebilmek adına stratejik ve entegre bir sürdürülebilirlik yaklaşımı geliştirmek kaçınılmazdır. Bu çalışma, kapsamı gereği gelecek adına yapılan uzun vadeli planlamaları etkilediği ve belki de endüstrinin kaderini belirleyecek olan çevresel sürdürülebilirlik konusunu ele aldığı için özellikle 21. yüzyılda ve başlarında, uzun vadeli etkileri en aza indirerek temiz ve sürdürülebilir bir havacılık endüstrisi tasarlayıp bu yolda alınacak önlemlerin kesinliğini belirlemeye katkı sağlamak için yapılmıştır. Buradan hareketle "ele alınan konu ile araştırmanın önemi uzun vadede dinamik etkiye sahip kalacaktır" sonucuna ulaşılabilmektedir.

İlerleyen süreçte havacılık adına hatta havalimanı özelinde sürdürülebilirlik çalışmaları yürütülecek ve belki de bu alanda yapılan çalışmalar endüstri bazında havacılığın bugünkünden farklı bir konuma gelmesinde büyük katkı sağlayacaktır. Bu yolda yapılacak çalışmalara katkı sağlaması hedefiyle tamamlanan bu çalışma da havalimanlarının sürdürülebilirlik politikalarına pozitif bir etki bırakmaya çalışarak, havalimanları arasında bir kıyas gerçekleştirerek çevresel açıdan önem düzeyi yüksek çevre göstergelerine dikkat çekmeye çalışmıştır.

2.2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Araştırma, havacılık alanında son yıllarda üzerinde sıkça durulan sürdürülebilirlik konusu çerçevesinde belirli havalimanlarının çevresel performanslarını önceden saptanmış göstergeler ile ölçmek ve bu havalimanlarını karşılaştırarak yorumlamak üzere yapılmıştır. Araştırma ayrıca endüstride sürdürülebilirlik kavramına olan bakış açısının geliştirilmesi ve göstergelerin önem derecesinin yükseltilmesi amacını gütmektedir. Özellikle endüstrinin en önemli paydaşlarından olan havalimanlarının çevresel sorumluluklarının aydınlatılması sağlanarak bu alanda sürdürülebilir bir havacılık sektörü inşa edilmesi yolunda bir takım çevresel göstergelere dikkat çekilmiştir. Gerçekleştirilen analizin başından sonuna kadar olan süreçte araştırma yapılan konuda yöneticilerin karar vermelerine

destek sağlanmaya çalışılmıştır. Bu çevresel açıdan önem arz eden göstergelerin raporlanmasından nicelleştirilmesine kadar olan süreci kapsamaktadır. Analiz yöntemi sürdürülebilirlik performansının göreli bir ölçümü olarak ele alınırken, ölçümün literatüre ve endüstriye bir öneri şeklinde sunulması ise araştırmanın bir diğer amacını açıklamaktadır.

2.3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışma konusuna ait anahtar kelimeler (havalimanları, çevresel sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik performansı, çevresel performans değerlendirmesi vb.) ile akademik yazın veri tabanlarında yapılan araştırmalar nihayetinde sürdürülebilirlik çalışmalarına erişilmiştir. Bu çalışmalardan teknik konular dışında kalanların (Lu vd., 2018; Wan vd., 2020; Kucukvar vd., 2021) genellikle çevresel performansın saptanmasında çok kriterli karar verme yöntemlerini tercih ettiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yine literatürde bu konuda bir ölçek geliştirme amacıyla yapılan çalışmaların (Joumard, 2011; Chao vd., 2017; Li & Li, 2021; Ramakrishnan vd., 2022) çoğunluğunda ise anket ve uzman görüşleri yöntemlerine başvurulmuştur. Bu yargılar, önceki başlıklarda yer verilen diğer çalışmaların anlatıldığı çevresel sürdürülebilirlik indeksleri kısmından da çıkarılabilir. Bu yargılara karşılık çalışmada özgünlük ve farklı bir bakış açısı yaratmak adına birden fazla yöntemin kullanıldığı (Kumar vd., 2020) ve araştırmacıların öznel bir model oluşturarak skorlara ulaştığı çalışmalar (Ferrulli, 2016; Kılkış & Kılkış, 2016; Dimitriou & Karagkouni, 2022) da mevcuttur.

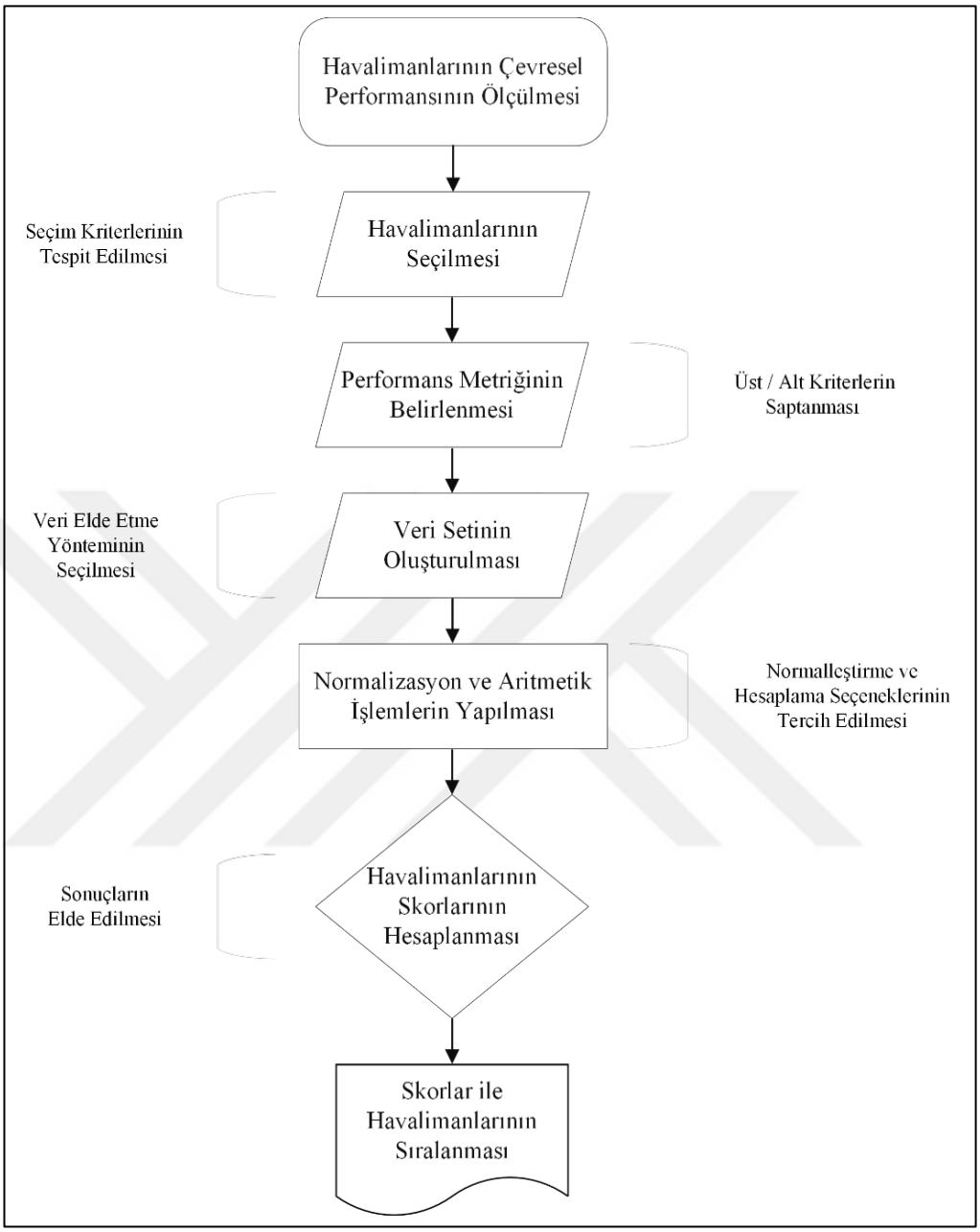
Araştırma yöntemi daha önce de belirtilen ifadeyle göreli bir ölçümü kapsamaktadır. Havalimanlarının belirlenmesinden başlayıp performans skorlarına bağlı sıralanmasına kadar olan süreç sübjektif bir yöntemi açıklamaktadır. Nitekim yukarıda bahsedildiği gibi bu çalışma ve benzeri çalışmalarda kullanılan yöntemin genelliği ya da havalimanlarının seçimi açısından şimdiye dek objektiflik söz konusu olamamıştır. Analiz yöntemine havalimanlarının nasıl belirleneceği sorusu ile başlanmıştır. Havalimanları belirlendikten sonra veri kaynakları tespit edilerek veriler bir set içinde oluşturulmaya başlanmıştır. Verilerin hangi göstergelerden oluşacağı

sorusu, yapılan literatür taraması ile sağlanan bilgiler doğrultusunda cevaplanmıştır. Dolayısıyla veri ve veri yapısı netleştirilip analize giden yolda bir veri seti elde edildikten sonra analizin işlemsel aşamaları gerçekleştirilmiştir. Veriler önce normalize edilmiş daha sonra ise havalimanları bazında bazı toplam ve ortalama veriler ile skorlar hesaplanmıştır. Bu yöntem (Kılkış ve Kılkış, 2016) çalışmasındaki yöntem ile benzerlik göstermektedir.

2.3.1. Analizin Aşamaları

Analiz havalimanlarının çevresel performanslarının ölçümüne yönelik süreci kapsamaktadır. Bu süreç standart bir analizin aşamaları gibi verilerin toplanması işlenmesi ve çıktıların paylaşılması şeklinde gelişmiştir. Detaylandırmak gerekirse Analiz Akış Şeması Şekil 6'da gösterildiği üzere havalimanlarının çevresel performansının ölçülmesi amacıyla başlanan analiz için havalimanlarının seçimi bu akışta ilk aşamalardandır. Havalimanları seçildikten ve tarandıktan sonra havalimanı işleticileri tarafından yayınlanan verilerden hangilerinin ölçümde kullanılacağının saptanabilmesi için bir performans metriği belirlenmiştir. Üst ve alt kriterlere bu metrik ile açıklık getirilerek analiz için gerekli veriler toplanmaya başlanmıştır.

Şekil 6: Analiz Akış Şeması



Kaynak: Yazar

Veri elde etme aşamasında havalimanı işleticilerinin yayınladığı yıllık faaliyet ve sürdürülebilirlik raporlarından faydalanılmıştır. Bir veri seti oluşturulduktan sonra bazı temel programlama dilleri vasıtasıyla normalleştirme işlemi ve aritmetik işlemler; veriler için gerçekleştirilmiştir. Buradan alınan çıktılar yardımıyla havalimanlarına ait skorlara ulaşılmış ve skorlar ile havalimanlarının çevresel performansları saptanmıştır. Analizin son aşamasında ise karşılaştırma bağlamında havalimanları sıralanarak tablo halinde gösterilmiştir.

2.3.2. Veri Elde Etme Yöntemleri

Araştırmanın konusu gereği havalimanlarının çevresel performansının tespit edilebilmesi adına öncelikle analize konu olacak havalimanlarının belirlenebilmesi için literatür destekli ve endüstri merkezli bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda örneklemin çevresel açıdan etkisi hem şeffaflık hem de incelemeye değer olması açısından yolcu memnuniyetinin yüksek olduğu ve kayda değer yolcu sayısına sahip havalimanlarından oluşması uygun bulunmuştur. Dolayısıyla havalimanları, yıllık yolcu sayıları ile özel bir uluslararası hava taşımacılığı derecelendirme kurulu (SKYTRAX, 2019) tarafından açıklanan sıralamaya göre ve bazı kısıtlılıklar dahilinde belirlenmiştir.

Tablo 1: Yıllar Bazında Havalimanı Sıralamaları ve Bilgileri

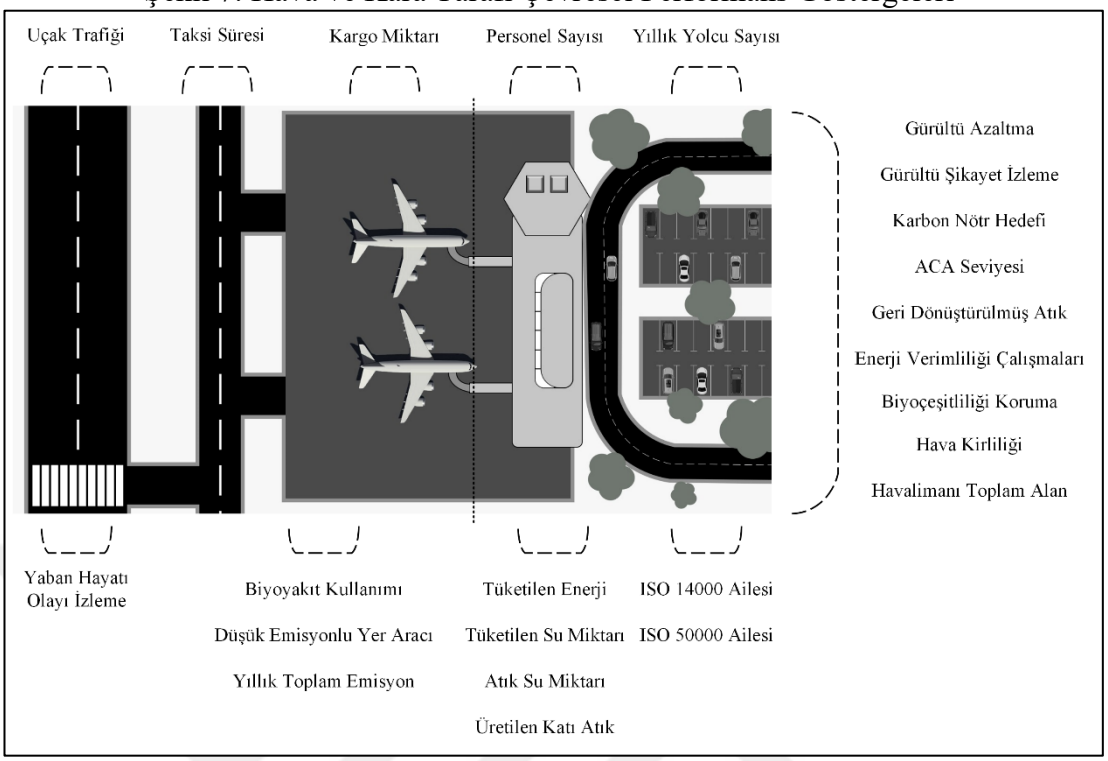
SkyTrax							
2019	**2018**	**IATA**	**Havalimanı**	**Y**	**Ülke**	**İşletici**	**İ**
1	1	SIN	Singapore Changi	68,3	Singapur	Changi Airport Group	*
2	3	HND	Tokyo (Haneda)	85,5	Japonya	MLIT	*
3	2	ICN	Incheon	71,1	G. Kore	Incheon International	*
4	5	DOH	Doha Hamad	38,8	Katar	Qatar Airways	*
5	4	HKG	Hong Kong	71,4	Hong	Airport Authority Hong	*
6	7	NGO	Centrair Nagoya	12,5	Japonya	Central Japan International	
7	6	MUC	Munich	47,9	Almanya	Flughafen München	*
8	8	LHR	London	80,8	İngiltere	Heathrow Airport	*
9	11	NRT	Narita	44,3	Japonya	Narita International	*
10	9	ZRH	Zurich	31,5	İsviçre	Flughafen Zürich AG	*
11	13	KIX	Kansai	31,9	Japonya	Kansai Airports	
12	10	FRA	Frankfurt/Main	70,5	Almanya	Fraport	*
13	15	TPE	Taoyuan	48,6	Tayvan	Taoyuan International	
14	12	AMS	Amsterdam	71,7	Hollanda	Royal Schiphol Group	*
15	19	CPH	Copanhagen	30,3 [f]	Danimarka	Københavns Lufthavne	
16	18	SHA	Shanghai	45,6	Çin	Shanghai Airport	
17	14	YVR	Vancouver	26,3	Kanada	Vancouver Airport	*
18	22	BNE	Brisbane	23,8	Avustralya	Brisbane Airport	
19	17	VIE	Vienna	31,6 [i]	Avusturya	Flughafen Wien AG	*
20	16	HEL	Helsinki-Vantaa	21,8 [j]	Finlandiya	Finavia	
21	20	SYD	Sydney	44,4	Avustralya	Sydney Airport	
22	21	CPT	Cape Town	10,9	G. Afrika	Airports Company South	
23	27	MEL	Melbourne	37,4	Avustralya	Australia Pacific Airports	*
24	23	DXB	Dubai	86,3	BAE	Dubai Airports Company	*
25	31	CGN	Cologne/Bonn	12,4 [l]	Almanya	Flughafen Köln/Bonn	
26	28	LCY	London City	5,1 [m]	İngiltere	London City Airport Ltd.	
27	24	AKL	Auckland	21 [n]	Y. Zelanda	Auckland Airport Limited	
28	25	HAM	Hamburg	17,3	Almanya	Flughafen Hamburg	
29	26	DUR	Durban King	5,9 [p]	G. Afrika	Airports Company South	
30	37	CDG	Paris CDG	76,1	Fransa	Paris Aéroport	*
31	30	DUS	Düsseldorf	25,5	Almanya	Flughafen Düsseldorf	
32	29	DEN	Denver	69 [b]	ABD	City & County of Denver	

Tablo 1 Devam: Yıllar Bazında Havalimanı Sıralamaları ve Bilgileri

SkyTrax							
2019	**2018**	**IATA**	**Havalimanı**	**Y**	**Ülke**	**İşletici**	**İ**
33	32	JNB	Johannesburg	21,2 [s]	G. Afrika	Airports Company South	
34	40	GMP	Seoul Gimpo	25,4 [t]	G. Kore	Korea Airports	
35	43	MAD	Madrid-Barajas	61,7	İspanya	Aena	*
36	50	ATL	Atlanta	110,5	ABD	Atlanta Department of	*
37	34	CVG	Cincinnati	9,1 [u]	ABD	Kenton County Airport	
38	48	IAH	Houston GB	45,2	ABD	Houston Airport System	
39	104	CAN	Guangzhou Bai	73,3	Çin	Guangdong Airport	
40	45	CGK	Soekarno–Hatta	54,4	Endonezya	Angkasa Pura II	
41	35	HAK	Haikou Meilan	24,2	Çin	HNA Infrastructure	
42	39	ATH	Athens	25.5	Yunanistan	Athens International	
43	42	BCN	Barcelona–El	52,6	İspanya	Aena	
44	38	XIY	Xi'an Xianyang	47,3	Çin	China West Airport Group	
45	55	OOL	Gold Coast	6,5 [cc]	Avustralya	Queensland Airports	
46	36	BKK	Bangkok	65,4	Tayland	Airports of Thailand PCL	*
47	49	LIM	Lima Jorge	26,1	Peru	Lima Airport Partners	
48	51	SFO	San Francisco	57,4	ABD	City and County of San	
49	47	UIO	Quito Old	5 [ee]	Ekvador	Corporación Quiport S.A.	
50	41	YYZ	Toronto Pearson	50,4	Kanada	Greater Toronto Airports	*

SkyTrax, ilk müşteri memnuniyeti anketlerine 1999 yılında başlamış ve anket sürecini tamamında dış kaynak kullanmadan finanse eden bir kuruluştur. Kuruluş 44 farklı konu ile yolcuların deneyimlerini değerlendirmek üzere 100'den fazla vatandaşlıktan yolcunun katıldığı anketler gerçekleştirmektedir. Şirket bu anketler vasıtasıyla müşteriye yönelik hizmetleri ve havalimanında bulunan tesislerini değerlendirerek dünya havalimanı endüstrisi için bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. Tablo 1'de belirtilen yıllara ait Skytrax'in açıkladığı 100 havalimanından ilk 50'si gösterilmektedir. Bu tabloda ayrıca havalimanlarının 2019 yılına ait yolcu sayıları (milyon), bulundukları ülkeler ve işleticileri de yer almaktadır. Son olarak tabloda kurumsal faaliyet ve sürdürülebilirlik raporları incelenen havalimanları yıldızlanmıştır. Raporlarına ulaşılamayan, ülke tekrarına düşen, yolcu sayıları düşük, az tercih edilen ve örneklemin küresel olarak yayılması hedefinden dolayı gösterilen 50 havalimanından 20'sinin faaliyet ve sürdürülebilirlik incelenmiş ve belirlenen metrik doğrultusunda verilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu tablodan çıkarılan sonuçlar ise; yolcu sayıları ile memnuniyet ölçüsünün çok ilişkili olmadığı, ilk sıraları alan havalimanlarının kökenlerinin daha çok Asya ülkelerinden olduğu, sıralamanın yıl bazında farklılık gösterebildiği, havalimanı memnuniyetini işleticilerin çok etkileyemediği ve dolayısıyla bir işleticiye ait havalimanlarının sıralamalarında farklar olduğu söylenebilir. Bu oluşturulan tablo ile analiz yapılacak örneklem için havalimanlarının seçimine açıklık getirilmiştir.

Şekil 7: Hava ve Kara Tarafı Çevresel Performans Göstergeleri



Kaynak: Yazar

Yukarıda verilen Şekil 7 ile havalimanlarının yayınladığı faaliyet ve sürdürülebilirlik raporlarında aranan veriler gösterilerek havalimanlarının çevresel etkileri; hava ve kara tarafı ayrımı ile tasvir edilmiştir. İncelemeye tabi tutulan 20 havalimanı için ulaşılan raporlarda şekilde belirtildiği gibi aramalar yapılmış ve verilere ulaşılmaya çalışılmıştır. Raporlar yıllık olarak havalimanlarının ya da işleticilerinin web sitelerinde yayınlanmaktadır. Bazı işleticilerin sürdürülebilirlik için ayrıca hazırladığı raporlar da bulunmaktadır. Bu hem şeffaflık adına hem de sorumluluk adına havalimanına olan bakışı değiştirir niteliktedir. Öte yandan bazı havalimanlarının şeffaflık konusunda başarısız olması analize girememesi ile de sonuçlanmıştır. Nihayetinde raporlardan çekilen veriler ile bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti yapısına göre üst kriterler olarak ayrılmış ve alt kriterler şeklinde tablolaştırılmıştır. Ayrıca GRI indekslerince yapılan raporlamalar veri toplamayı kolaylaştırırken bazı havalimanlarının ölçü birim konusunda farklılıkları analize dahil olamama sebebi olmuştur. Bu durum sınırlılıklar başlığında da anlatılmaktadır. Sonuç olarak Şekil 7 ile havalimanlarının çevresel performans göstergeleri konusunda ya da çevresel etkilerinin ayrımı üzerine fikir sahibi olmak mümkün olmaktadır.

2.3.3. Veri Yapısı

Analiz için toplanan verilerin bir düzen halinde elde edilmesi çalışmanın gidişatını pozitif etkilerken verilerin doğru şekilde taranıp analize dahil edilmesine katkı sağlamıştır. Bunun için bir veri seti oluşturulurken kullanılması adına verilerin hangi üst kriterler altında toplanacağını belirlemek üzere bir metrik şablonu oluşturulmuştur. Tablo 2'de gösterildiği gibi üst ve alt kriterler olarak çevresel performans için ölçüm kriterlerini ifade etmektedir. Bu kriterler literatürde (Kılkış & Kılkış, 2016; D. Dimitriou & Karagkouni, 2022) performans ölçümünde kullanılan göstergeler ve FSR'de (Faaliyet ve Sürdürülebilirlik Raporu) yayınlanan veriler ışığında belirlenmiştir. Üst kriterler havalimanları için çevresel etkilerin temel kategoriler halinde gösterilmesine olanak tanımaktadır. Operasyonel, emisyonlar, enerji, çevre ve kirlilik kriterleri üst kriterleri oluşturmakta ve alt kriterlere ait veriler bunlar altında birleşmektedir. Bu verilerin kriter olarak nitelendirilmesindeki neden karar verme yöntemlerinde kullanılan verilerin bu şekilde adlandırılmasıdır.

Tablo 2: Sürdürülebilir Havalimanı için Performans Metriği

Üst Kriter	**C1 Operasyonel**	**C2 Emisyonlar**	**C3 Enerji**	**C4 Çevre**	**C5 Kirlilik**
Alt Kriter					
S1	Yıllık Yolcu Sayısı	Yıllık Toplam Emisyon	Tüketilen Enerji	Gürültü Azaltma	Tüketilen Su Miktarı
S2	Uçak Trafiği	ACA Seviyesi	ISO 50000 Ailesi	Gürültü Şikâyet İzleme	Atık Su Miktarı
S3	Kargo Miktarı	Karbon Nötr Hedefi	Enerji Ver. Çalışmaları	Yaban Hayatı Olayı	Üretilen Katı Atık
S4	Personel Sayısı	Taksi Süresi	Biyoyakıt Kullanımı	Biyoçeşitliliği Koruma	Geri Dönüştürülmüş Atık
S5	Havalimanı Toplam Alan	Düşük Emisyonlu Yer Aracı	Enerji Başına Emisyon	ISO 14000 Ailesi	Hava Kirliliği

2.3.3.1. Operasyonel (C1)

Operasyonel kriter performans metriğinde ilk üst kriteri oluştururken altında havalimanlarına ait operasyonel yani faaliyetlere bağlı genel rakamları göstermektedir.

Bunlar, havalimanını bir yıl içinde kullanan iç ve dış hat yolcularının toplam sayısını gösteren *Yıllık Yolcu Sayısı (S1),* havalimanına bir yıl içinde iniş ve kalkış yapmış uçakların toplam sayısına karşılık gelen *Uçak Trafiği (S2)*, bir yılda toplam elleçlenen kargo miktarını gösteren *Kargo Miktarı (S3),* havalimanlarında yalnızca havalimanı işleticisi için değil tüm alandaki çalışanların analiz yapılan yıldaki sayısına karşılık gelen *Personel Sayısı (S4)* ve son olarak havalimanlarının kapladığı toplam alana karşılık gelen *Havalimanı Toplam Alanı (S5)* içermektedir. Bu kriterler bazında toplanan veriler havalimanlarının operasyonel hacminin büyüklüğünün anlaşılmasına, karşılaştırma esnasında havalimanlarının büyüklük ölçülerinin benzerlik ve farklılıklarının ortaya çıkarılmasına, diğer üst kriterler altında toplanan alt kriterlerle olan ilişkisinin anlaşılmasına ve anlamlılık kazandırılmasına fayda sağlamaktadır. Bu veriler yalnızca çevresel değil tüm sürdürülebilirlik ve havalimanları kıyas çalışmaları adına sıklıkla kullanılmıştır.

2.3.3.2. Emisyonlar (C2)

Emisyonlar, havacılığın en çok dikkati üzerine çektiği ve çevresel etki anlamında en etkili (Sausen vd., 2005: s.556) göstergesini kapsamakta ve buna bağlı bazı verileri içermektedir. Bu üst kriterde bahsedildiği gibi en çok etkiye sahip olan karbon dioksit emisyonu *Yıllık Toplam Emisyon (S1)* miktarına karşılık gelmektedir. Emisyonların miktarlarına genel anlamda emisyona sebep olan kaynakların toplam tüketim değerlerinden emisyon verimlilik faaliyetlerinde elde edilen değerlerinin çıkarılması ile ulaşılmaktadır. Bu hesaplamalar faaliyet gösterilen endüstriden endüstriye göre değişirken aynı alanda faaliyet gösteren kurumların verileri genellikle belirli bir standarda bağlı olarak hesaplanmaktadır. Kurumların yalnızca kendi faaliyetleri kapsamında direkt emisyonları Kapsam 1, tüketilen, satın alınan elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonları Kapsam 2, diğer paydaşların emisyon miktarlarını Kapsam 3 açıklamaktadır (Ranganathan vd., 2015). Buradan hareketle Kapsam 3 daha çok uçuş operasyonlarında havayollarının ve havalimanında bulunan diğer işletmelerin faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları gösterirken Kapsam 1 ve 2 havalimanlarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları ifade etmektedir yargısına ulaşılabilmektedir. Emisyonların bölgesel bazda hesaplanmasında da farklılığın olduğunu ve özellikle kapsam 3 bazında yapılan hesaplamalara birçok

değişkenin dahil edildiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Bu değişkenlerden başlıcası havalimanına iniş kalkış yapan uçakların tipi ve kullandıkları motorların modelleridir. Bu alanda yapılmış bazı çalışmalar Larsson vd., (2018); Tokuşlu, (2021) bölgesel farklılığı ve havalimanı özellikleri ile bağdaşan birçok faktörün emisyon miktarlarında değişkenlik yaratacağı sonuçlarına ulaşmıştır. Havalimanlarının çevresel etkilerinden emisyonlar bazında havacılıkta sera gazı etkilerini inceleyen çalışmalar da literatürde mevcuttur. Ferrulli (2016) bina tasarımı için sera gazı emisyonlarını ele alırken, Monsalud vd. (2015) emisyon miktarlarının azaltımı için bir etki matrisi önermiştir. (Postorino ve Mantecchini (2014) çalışmalarında havalimanlarının emisyon değerlendirmesinin yapılabilmesi için TCF (Transportation Carbon Footprint) metodunu geliştirmiş ve Bologna havalimanının gerçek verileri ile bu metodu doğrulamıştır. Ayrıca Özdemir ve Filibeli (2014) çalışmalarında havalimanlarının karbon emisyonlarının hesaplanması üzerine temel ilkeleri anlatmış ve Türkiye'de bulunan bir havalimanını örnek olarak incelemiştir.

Emisyon kriteri altında ele alınan bir diğer alt kriter ise ACA seviyesi olarak nitelendirilmiş ve veri setine eklenmiştir. *ACA Seviyesi (S2)* havalimanlarının karbon akreditasyonu seviyesini göstermektedir. Bu seviyeler havalimanlarında aktif bir karbon yönetimi için ölçülebilir sonuçlara sahip bir çerçeve sunmaktadır. Havalimanlarına rehberlik etmek ve faaliyetlerini desteklemeye yardımcı olmak üzere günlük çevre operasyonlarından uzun vadeli hedeflere kadar çevresel stratejilerin parçası olarak havalimanları tarafından uygulanması mümkündür (ACA, 2009). Seviyeler: 1. Haritalama (Bir karbon ayak izi ölçümü), 2. Azaltma (Emisyon azaltım sayılarının gösterilmesi), 3. Optimizasyon (Kapsam 3 ile optimize olmak ve iletişim kurmak), 4. Tarafsızlık (Karbon kredileri ile emisyonların dengelenmesi), 5. Dönüşüm (Uzun vadeli bir karbon azaltım stratejisi ve Kapsam 3 için karbon azaltımı sayılarının gösterilmesi) ve 6. Geçiş (Karbon emisyonlarının denkleştirme kullanılarak dengelenmesi) olarak açıklanmaktadır. Havalimanı karbon akreditasyonu programına katılmış ve tüm seviyelerde bulunan toplam havalimanı sayısı 2022 itibariyle 506 olarak paylaşılmaktadır. Bu açıdan analiz edilecek havalimanlarının akreditasyon seviyelerini ölçüme dahil etmek çevresel performansı olumlu etkileyecektir.

Takip eden alt kriterlerden bir diğeri *Karbon Nötr Hedefi (S3)* olarak belirlenmiştir. Karbon nötr olmak hedefi havalimanlarının özellikle bazı çevresel programlar bazında belirli yıllar için belirlediği hedef olarak tanımlanabilir. Bu programlardan endüstride en etkili olanı ve ACI tarafından taahhüdü verilmiş "Net Sıfır 2050" IPCC tarafından 2019 Haziran'da başlatılmış bir eylem planıdır (UNFCCC, 2021). Buna bağlı olarak havalimanlarının da bu hedefe dair açıklamaları raporlarında yer almıştır. Bu veri sözlü olarak analiz yılına ait yayınlanan raporlarda aranmış ve havalimanlarının bu hedefe yer verip vermemesine göre niceliğe dönüştürülmüştür. Bu veri ile havalimanının aynı yılda başlatılan bir eylem planına dahil olması çevresel sorumluluk ve faaliyetlerinin etkin olduğuna işaret etmektedir.

Bu üst kriter altında bulunan dördüncü kriter *Taksi Süresi (S4)* olarak belirlenmiştir. Havalimanlarında uçakların manevra sahasında pistten aprona kadar olan sürede bıraktığı salınımlar ile havalimanı ve çevresindeki karbon dioksit emisyon ve hava kirliliği oranları önemli düzeyde yükselmektedir. Bu nedenle taksi süresinin uzunluğu bir havalimanında çevresel etkiyi artıracak unsur olarak ele alınmaktadır. Literatürde bu konu üzerine bazı yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları mevcuttur ve bu çalışmalar havacılık alanından çok yapı ve inşaat ile ilgilidir. Fakat taksi süresinde, optimizasyon çalışmaları da (Postorino vd., 2019; Zhang vd., 2019; Di Mascio vd., 2022) havacılık alanında ön plana çıkan çalışmalardır. Taksi sürelerine ulaşılan kaynakta (EUROCONTROL, 2019) genellikle olduğu gibi havalimanları için taxi-in/taxi-out şeklinde verilmiş olup bu sürelerin ortalaması alınarak veri setine işlenmiştir.

Emisyonlar kriterinin son alt kriteri olan *Düşük Emisyonlu Yer Aracı (S5)* havalimanlarında operasyonlar esnasında kullanılan otomobil, traktör ve yolcu taşımada kullanılan otobüsler gibi araçların biyoyakıt ve elektrikli motorlara sahip olmasıyla ilgili taranmış ve veri setine işlenmiş veridir. Bu araçların uzun süredir elektrikli olması ile ilgili çalışmalar mevcuttur fakat raporlarda belirtilmesi veriye ulaşılmasının ana koşuludur. Bazı havalimanlarının bu alanda büyük proje ortaklıklarından dolayı araç sayısı epey yüksekken bazılarının düşük kalmıştır. Dolayısıyla havalimanlarında çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülen en önemli alanlardan biri hava tarafında kullanılan araçların emisyon

oranlarının azaltılması olduğu için bu konu araştırmanın analizinde kullanılmak üzere performans metriğine alt kriter olarak eklenmiştir.

2.3.3.3. Enerji (C3)

Bu üst kriterde, havalimanlarındaki enerji kullanım faaliyetleri ve enerji yönetim politikalarını araştıran, birbiri ile bağdaşan alt kriterler bulunmaktadır. Bunlardan ilki *Tüketilen Enerji Miktarı (S1)* olarak belirlenmiştir. Bu alt kriter havalimanlarının ısıtma, soğutma ve aydınlatma (elektrik) faaliyetlerinde kullandığı enerjiyi gösteren bir veridir. Bu verinin kullanıldığı çalışmalar çevresel performansı ölçmenin dışında enerji yönetimine yönelik önerilerin ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik süreçlerin geliştirildiği çalışmalardır. Ayrıca bu kriter, üst kriter *(C3)* altında toplanan diğer kriterler ile de yakından ilgili olmasından dolayı yapılmış çalışmaları ayrı ayrı değerlendirmek mümkün olamamaktadır. Fakat bu alt kriter için bir kaynak niteliği taşıyan ve kapsamlı bir araştırma ile havalimanlarının enerji davranışını inceleyen Alba ve Manana (2016) çalışması literatürde ön plana çıkan bir araştırmadır. Diğer alt kritere gelindiğinde *ISO 50000 (S2)* konusu bu çalışmada elde edilmiş sertifikaların varlığını araştırmak üzere belirlenmiş bir alt kriterdir. Bu sertifika bir enerji yönetim sistemini içerirken enerji yoğun varlıkların daha iyi kullanılmasını sağlayarak kuruluşların enerji performansını iyileştirmesine yardımcı olur (ISO, 2018). Toplamda yirmi farklı 50000 ailesi bulunurken hepsi farklı yıllarda farklı enerji yönetim politikalarına ve enerji tüketimi azaltma faaliyetlerini açıklar niteliktedir.

Enerji üst kriterinde bulunan bir diğer alt kriter olan *Enerji Verimliliği Çalışmaları (S3)* havalimanlarının enerji tüketimine yönelik yürüttüğü enerji verimliliği faaliyetlerine yönelik araştırmayı gösterir nitelikte bir nicelik olarak belirlenmiştir. Bu faaliyetler FSR içinde havalimanlarının belirttiği çalışmaların sayılması ile niceliğe dönüştürülmüştür. Enerji verimliliği için önlemlerin alınması ve teknoloji ile verimliliğin artırılması enerji tüketimini kayda değer şekilde düşürmektedir. Özellikle iklimlendirme için uygulanan verimlilik politikaları (örneğin yalıtım faaliyetleri, verimli elektrik yönetim sistemleri) havalimanlarının çevre etkilerini azaltırken maliyetleri de aynı şekilde azaltarak işletmeye mali yönden fayda sağlamaktadır. Bu alanda Türkiye'deki havalimanlarının yürüttüğü veya

yürütebileceği enerji faaliyetlerine yoğunlaşmış bir çalışma (Büyükbay vd., 2016) mevcuttur. Bu çalışmalar iklimlendirme sistemlerine ait enerji sarfiyatlarının en aza indirilmesi ve aynı zamanda yolcu memnuniyetinin artırılmasına yönelik araştırmaları içermektedir. Ayrıca bu alanda daha kapsamlı olarak yürütülmüş bir çalışma (Rowlings, 2016) karar vericilere sürdürülebilir enerji politikaları kurulması adına rehberlik edecek bir karar destek sistemi tabanlı metodoloji önermiştir. Bu alt kriter kendisinden önceki diğer alt kriterleri doğrudan ilgilendiren bir yapıda olduğundan yapılan çalışmalar bu üst kriter içinde tüm alt kriterleri de kapsamaktadır. Örneğin (Baxter vd., 2018b) çalışmasında on dört yılı kapsayan bir nitel veri analizi gerçekleştirerek havalimanlarının enerji ihtiyacı duyduğu alanları ve bu ihtiyaçların yenilenebilir enerji kaynakları ile gelişen teknoloji vasıtasıyla bir vaka çalışmasında incelemiştir. Bu alt kriterin yenilebilir enerji kaynak faaliyetlerini de kapsadığı, her havalimanının hemen hemen ortak enerji verimliliği çalışmalarının olduğunu, havalimanına has bazı çalışmaların diğerlerinde de aranmasına neden olduğu ve nitel verilerden nicelik sonuçlara ulaşıldığını bu kriter için söylemek mümkündür. Havalimanları enerji verimliliği için literatürde öneriler bulunmaktadır; yerinde ya da yerel hizmetlerden yenilenebilir ve düşük karbon salınımlı kaynaklardan elektrik sağlamak, havalimanı operasyonlarındaki ulaşım araçlarının elektrikli tercih edilmesi, yer hizmeti operasyonlarının elektrik ile sağlanması, su tasarrufu sağlayan sistemler kurmak, tüm terminal ve hava tarafında LED aydınlatma altyapısı kurmak, geliştirilmiş bakım ve daha az atık üreten iç yapı malzemeleri ve sarf malzemeler kullanmak: Greer vd. (2020) çalışmasında yer alan önerilerdir. Bu çalışma C3S3 için verilerin elde edilmesi aşamasında bu analizde yol gösterici olmuştur.

Biyoyakıt Kullanımı (S4), bu üst kriterin altında incelenen bir başka veri olarak belirlenmiştir. Bu veri için havalimanlarının yalnızca kendi faaliyetlerinde kullandığı ve varsa yer hizmetleri operasyonlarında kullanılan yakıtların çevreci yakıt standardında olarak sınıflandırıldığı ve tüketilen yakıt miktarının paylaşıldığı alt kriter tanımı yapılabilir. Bu veri ile aslında standart benzin ya da dizel yakıtların aksine biyoyakıtların tüketimine öncelik veren havalimanlarının çevresel performans etkilerine ölçüm sonuçlarında fayda sağlaması beklenmiştir. Bu yakıt verisi ayrıca sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF) ile karıştırılmamalıdır. Bu yakıt türü daha çok uçaklar için geliştirilmeye çalışılan ve uçak motorlarında kullanıma uygun yakıtlar

olarak ayırt edilebilir (Perea-Moreno vd., 2022: s.6). Son olarak *Enerji Başına Emisyon (S5)* alt kriteri ile havalimanlarına ait enerji tüketimi ile açıkladıkları Kapsam 1 ve 2 emisyon miktarı ilişkisi incelenmiştir. Bu veri havalimanının enerji başına emisyon oranlarını düşürmesi sonucu çevresel performansını artıracağını göstermeyi amaçlar niteliktedir.

2.3.3.4. Çevre (C4)

Çevre kriteri ile havalimanı yerel çevresi için doğal etkilerin ele alındığı ve bu sayede havalimanı yönetimlerinin bulundukları bölgede sürdürülebilirliğine dikkat çekildiği söylenebilir. Bu kriter altında toplanan verilerin birbiri ile olan ilişkisi, insan hayatını ve çevredeki diğer canlıların yaşamını doğrudan etkilemesi çevre üzerinde olan etkilerin önemini gösterir niteliktedir. Bu verilere ek olarak havalimanlarının ISO standardında yaptığı çevre faaliyetleri ile ilgili araştırma da raporlardan elde edilerek analize dahil edilmiştir. İlk olarak *Gürültü Azaltma (S1)* alt kriteri havacılık için sıklıkla araştırılan ve farklı bölgelerde çeşitli kısıtlamalara tâbi olan bir durumu nicelleştiren kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriterde havalimanı ve çevresinde yapılan ölçümler ile FSR'de ya da direkt gürültü yönetimi kaynaklarında belirtilen değerler incelenmiş ve belirli bir desibel altında kalınmasına bağlı havalimanı lehine olarak belirtilen bir veri sağlanmıştır. Bu desibel seviyesi (65 dB(A)) havacılık otoritesi FAA tarafından belirtilen değere göre esas alınmış olup ICAO'nun kapsamlı çalışmasından da (ICAO, 2008) seviye belirleme aşamasında faydalanılmıştır. Bu çalışma Çevre Koruma standardı kapsamında Annex-16 içinde yayınlanan Uçak Gürültüleri ekiyle bazı tavsiyelerde bulunurken aynı zamanda gürültü hesaplama yöntemlerine de değinmektedir ayrıca havalimanları için dört ve beşinci bölümde de tavsiyelere yer verilmiştir. Belirlenen seviye son yapılan araştırmalara göre yüksek bulunsa da (FAA, 2021) buna uyum zorunlu değil yalnızca bazı otoriteler bazında cezai yaptırımlara tâbidir. ICAO 2020'den sonra 65dB(A) olarak belirlenen DNL'in (The Day-Night Average Sound Level) 55dB(A) olarak güncellenmesi konusunda bir yargıda da bulunmuştur (ICAO, 2017). Gürültü hem endüstri çalışanları hem de çevrede buna maruz kalanlar için ciddi sağlık problemleri oluşturmaktadır. Buna yönelik azaltma politikaları ve yöntemler endüstride mevcutken aynı zamanda gelişen teknolojiler ile

de gürültü azaltma yöntemleri sürdürülmektedir. Kabin görevlilerinin ve havalimanı çevresinde yaşayanların üzerindeki gürültü etkisini inceleyen çalışmalar (Begault vd., 1998; Nassur vd., 2019) olduğu gibi gürültü yönetiminde çok yönlü ve geniş kapsamlı, yönetim politikaları ve gürültü azaltma sistemleri öneren araştırmalar da (Netjasov, 2012; Gagliardi vd., 2017; Rodríguez-Díaz vd., 2017; Heyes vd., 2021) literatürde mevcuttur.

Gürültü Şikâyet İzleme (S2), ikinci alt kriter havalimanlarının bir şikâyet hattı kurup gürültü için çevre halkından gürültü hakkındaki başvurularını izlemesini niceliğe dönüştüren bir kriterdir. Bu veri ile havalimanı çevresinde veya yakınlarında yaşayan vatandaşların sosyal yaşamının etkisi göz ardı edilmemekte ve iyileştirmeler ve çevre etkisini azaltmak için önemli olarak nitelendirilmektedir. Şikayetler, sessizliğe olan talebin ve insanların maruz kaldığı gürültü oranını azaltma ya da gürültüyü farklı şekilde yönetme politikalarının beklenen bir faydasıdır. Aynı zamanda havalimanı faaliyetlerini etkileyen standartları belirleyen politika ve içtihat oluşturma konusunda etkili sayılan ölçüde havalimanlarının yönetim kabiliyeti üzerindeki kısıtlamaları da temsil eder niteliktedir (Gillen & Levesque, 2007: s.45). Bu konuda FAA'nın da mevcut gürültü şikayetleri hakkında bir çalışma birimi bulunmaktadır (FAA, 2023). Gürültü şikâyeti üzerine yapılmış eski bir araştırma (Fiedler & Fiedler, 1975) belirli bir sayıda kişi ile gürültü üzerine sözlü ve davranışsal etkileri incelemiş ve rahatsızlık bildirme oranını nesnel olarak ölçülen gürültü seviyeleri ile ilişkili olarak açıklarken fiziksel ve psikolojik semptomlarla ilişki olmadığını açıklamıştır.

Bir diğer alt kriter olan *Yaban Hayatı Olayı (S3),* havalimanlarının bulundukları bölgedeki insan dışındaki canlıların hayatlarını ne derecede etkilediğini ve bu etkilerin kayıtlarına raporlarda yer verilme durumunu gösteren bir veridir. Bu veriye bağlı olarak yıllar bazında yaban hayatı olayı sayılarının artmasının birden fazla nedeninin bulunduğunu söylemek yanlış olmayacaktır (Dolbeer, 2013: s.3). Bu nedenlerden bazıları yolcu sayılarının artması, havacılığın gelişmesi ve kullanılan araçların motorlarının teknolojileri olarak gösterilebilir. Havalimanın içerisinde özellikle kuşlar olmak üzere alana girebilecek canlıların uçak ve diğer araçlardan etkilenmesi önemli bir havacılık olayı olarak ele alınır ve bu konuda bir önlemler dizisi alınması havalimanı yönetim faaliyetleri kapsamında söz konusu olmaktadır. Bu çalışma için

önce havalimanlarının kuş çarpması sayıları taranmış ve daha sonra bazı havalimanlarının bu veriyi paylaşmaması üzerine veri kuş çarpma ve yaban hayatı olayı sayısını takip etme olarak değerlendirilmiştir. Bu alanda yapılmış bir çalışma (Blackwell vd., 2009) yönetim anlayışına farklı bakış açısı geliştirmek üzere sonuçlanmış ve havalimanlarında arazi kullanımının yaban hayatı üzerinde popülasyonu etkileyici olduğu yönünde bir yargıya ulaşmıştır. Bu yargı, analize yaban hayatı verisinin dahil edilmesini destekler niteliktedir. Literatürde yaban hayatının ayrıca spesifik olarak diğer çevresel etkiler ile incelendiği ve çevre üst kriteri altında incelenen diğer bir alt kriter olan gürültünün çevredeki yaban hayatını etkilerini inceleyen bir çalışma (Alquezar & Macedo, 2019) da mevcuttur. Bu da üst kriterin altında toplanan verilerin aslında birbiri ile ilişkili olduğunu kanıtlar niteliktedir. Öte yandan yaban hayatı olayının havacılığın yalnızca sürdürülebilirlik kapsamında olmadığını ayrıca bu konunun havacılığın bir diğer alanı olan emniyet içerisinde de incelendiğini belirtmek gerekmektedir.

Biyoçeşitliliği Koruma (S4), bu veri bazı çalışmalarda (Kılkış & Kılkış, 2016) hektar alan olarak ele alınmış olsa da havalimanlarının şeffaflık politikasından kaynaklanan bazı sınırlılıklar doğrultusunda bu çalışmada biyoçeşitlilik koruma faaliyetlerinin varlığı ve bu konunun raporlarda nasıl ifade edildiği ile ilgili bir araştırma yapılmış ve bu sayede faaliyetler niceliğe dönüştürülmüştür. Havalimanları çevresindeki biyoçeşitliliğin bölgeden bölgeye farklılık gösterdiğini söylemek mümkündür. Bu konuda havalimanı yönetimi için farklı faaliyetler gündeme gelebilmektedir. H. Altuntaş (2019), yaptığı çalışmada biyoçeşitliliği koruma için bir dizi aşama (Problemin Tanımı, Biyoçeşitlilik Yönetiminin Planlanması, Biyoçeşitliliği İzleme ve Değerlendirme) ve biyoçeşitliliğin yönetimi için genel yaklaşımları kapsamlı şekilde ele almıştır. Bu çalışma (Altuntas, 2019) ile verinin öneminin havalimanlarının çevresel etkileri kapsamında yüksek düzeyde olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. *ISO 14000 Ailesi (S5),* Çevre üst kriterinin son alt kriteri olarak ele alınmış ve havalimanlarının bu standart kapsamında edindikleri sertifika sayısına bağlı nicelik bir veri elde edilmeye çalışılmıştır. Bu standart çevresel sistemlerle ilişkili kullanım için rehberlikle birlikte ihtiyaçları uygulayıcılarına sağlamaktadır. 2023 yılı itibariyle 66 adet ISO standardı 14000 ailesi kapsamında bulunmakta ve hepsi çevre yönetimi hakkında farklı konularda rehberlik sağlamaktadır (ISO, 2023).

Havalimanları için bu standartların analiz yılındaki sayıları veri setini etkilerken bazı havalimanlarının bu aileden birden fazla standardı sağladığı gözlemlenmiştir.

2.3.3.5. Kirlilik (C5)

Analiz için belirlenen üst kriterlerden bir diğeri ve çevresel etki kapsamında önemli göstergeleri altında toplayan kirliliktir. Bu kriter ile sıvı, katı ve hava kirlilikleri incelenerek havalimanlarının çevreye etkilerinden önemli olarak atfedilen parametreleri analize dahil edilmiştir. *Tüketilen Su Miktarı (S1)* bu üst kriterde ele alınmış ilk alt kriter olarak incelenmektedir. Su tüketimi özellikle havalimanlarının operasyon hacimleri ile ilişkilendirildiğinde ciddi oranda yüksek bir seviyededir. Bu duruma bağlı olarak havalimanlarının su tüketimine ilişkin bir yönetim politikası geliştirerek su sarfiyatını minimum düzeye indirmesi hem çevresel açıdan etkiyi azaltacak hem de ekonomik anlamda katkı sağlayacak bir konudur. Kontrolsüz ve aşırı su tüketiminin çevresel açıdan en olumsuz etkilerden olduğunu ve bu tüketim ile gelecek adına duyulan endişe seviyesinin bağımlı olarak yükseldiğini söylemek mümkündür. Buradan hareketle bu kriter altında havalimanlarının su tüketimi için paylaştığı veriler toplanmış ve analize dahil edilmiştir. Bu konuda havalimanlarının su tasarrufuna yönelik yapılmış bir çalışma (Bieliatynskyi vd., 2018) su yönetim süreçleri üzerinde sistematik bir yaklaşım uygulamak ve kontrol sağlamak için buna ilişkin algoritma ve yazılım sayesinde bir metodoloji geliştirme ile sonuçlanmıştır. Baxter vd., (2018b), çalışmasında bir havalimanı için belirli bir zaman serisinde su tüketiminin araştırılmasını farklı yöntemler ile incelemiştir. Yazar ayrıca bu konuda farklı ülkelerde bulunan havalimanları için su tüketim davranışlarını inceleyen çalışmalarda (Somerville vd., 2015; Baxter, 2021, 2022) bulunmuş ve havalimanlarının su yönetimi konusunda literatüre katkıda bulunmuştur. Carvalho vd., (2013), kapsamlı çalışmalarında havalimanları için su tüketiminin önemli bir konu olduğuna vurgu yaparak yolcu sayıları ile su tüketimi oranlarının ilişkili olmadığı sonucuna ulaşmış; tüketim davranışlarının araştırılmasının tasarruf ve alternatif su kaynaklarının kullanılması için önemli olduğuna değinmiştir. *Atık Su Miktarı (S2),* aynı şekilde su tüketimi oranları kadar önemli ve bir o kadar da dikkat çekilen bir konu olarak havalimanlarının çevresel sürdürülebilirliklerinin araştırılmasında incelenmeye değer bir göstergedir. Havalimanları su tüketiminde olduğu gibi atık su üretiminde de

operasyonel hacim gereği yüksek seviyelerde sonuçlar açıklamaktadır. Öyle ki bu alanda yapılmış bazı eski çalışmalar (Grantham, 1996; Hofstetter, 1996) havalimanlarının su kirliliği etkilerine dikkat çekmiş ve hangi operasyonların atık sulara neden olduğu konusuna açıklık getirmiştir. Bu kriterde havalimanlarına ait atık su verileri sürdürülebilirlik raporlarından elde edilerek işlenmiştir.

Kirlilik üst kriteri için önem arz eden bir diğer veri ise *Üretilen Katı Atık (S3)* alt kriterinde incelenmiş ve havalimanlarına ait açıklanan atık miktarları analizde kullanılmıştır. Bu kapsamda havalimanlarının atık üretimi de diğer kirlilik nedenleri gibi önem arz ederken bu alanda da literatürde kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Pitt vd., (2002), yaptıkları çalışmada bir havalimanının en basit operasyonundan en ciddi ve yoğun operasyonuna kadar olan süreçte ürettiği çeşitli atıkları işaret ederek 21. yüzyıl boyunca atık üretiminin havalimanları bazında giderek artacağı yönünde bir yargı beyan ederek bu konuda stratejiler geliştirilmesinin önemini vurgulamışlardır. Havalimanlarındaki atık yönetiminin sistematik bir yaklaşımını içeren çalışma (Sebastian ve Louis, 2021) çeşitli atıklar için uygulanan yönetim faaliyetlerini ve buna dair zorlukları incelemiş ve karar vericiler için bir bilgi tabanı sağlamak üzere literatür taraması gerçekleştirmiştir. Ayrıca bu çalışma literatürün sınırlı olmasına dikkat çekerek incelediği nicel veriler ile bu alanda literatürdeki açığı kapatmak amacıyla yapılmıştır. Bu veri kriterinin benzer sürdürülebilirlik performansı çalışmalarında ele alınması da çevresel etki açısından önemini ve analize dahil edilmesini açıklar niteliktedir. *Geri Dönüştürülmüş Atık (S4),* bağlantılı veri olarak ele alınmış ve havalimanlarının ürettiği atık miktarına bağlı geri dönüştürülme oranlarını inceleyen bir gösterge olarak tercih edilmiştir. Havalimanları önemli düzeyde atık üretir ve çevresel normlara uyum sağlamak ve de havalimanı kullanıcılarına sıfır atık ortamları kurabilmek için büyük zorluklarla karşılaşırlar (Parameshwar, 2011: s.152). Öte yandan havalimanları için katı atık süreçlerinin farklı şekilde yönetildiğini bazı havalimanlarının dönüştürme oranının buna bağlı olarak daha yüksek olduğunu söylemek de mümkündür. Bu alanda havalimanı özelinde yapılan araştırmalar (Sarbassov vd., 2020: Baxter ve Srisaeng, 2022) atık süreçlerini inceleyerek atık bertarafı için farklı politikalar geliştirildiğini atığın enerji üretiminde kullanıldığını da göstermektedir. Endüstrinin düzenleyici ve denetleyici otoriteleri de bu alanda rehber niteliğinde yayınlar (FAA, 2013; ICAO, 2018) ile havalimanlarının atık yönetimi

kapsamındaki faaliyetlerini desteklemektedir. Atık yönetiminin çevresel etkiler kapsamında incelenmesinin önemi yapılmış çalışmalardan ve ilgili düzenleyici kuruluşların faaliyetlerinden dolayı yüksek olarak değerlendirilmiştir.

Hava Kirliliği (S5), hem bu üst kriterde hem de analizde işlenen son veri kriteri olarak belirlenmiş ve bu kapsamda önemli alt kriterlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Uçaklardan ve diğer havalimanı faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar da dahil havacılık operasyonlarına bağlı gelişen hava kirliliği, havalimanlarının çevresindeki yaşam alanları üzerinde birden fazla kirletici maddeye maruz kalmanın giderek artan trendine potansiyel bir katkıda bulunmaktadır (Hsu vd., 2012: s.328). Öyle ki havalimanıyla ilgili faaliyetler karbon monoksit (CO), hidrokarbon (HC), partikül (PM), nitrojen oksitler (NO_x), nitrojen dioksit (NO_2) ve solunabilir tozlar dahil olmak üzere halk sağlığını ve çevreyi olumsuz etkileyen bir dizi hava kirleticisinin emisyonuna neden olur (Popescu vd., 2011: s.115). Bu, havadaki maddelerin miktarlarının ölçümleri ile kirletici kaynaklara dair alınacak önlemlerin geliştirilmesine yeterli bir sebeptir. Havalimanı çevresindeki hava kalitesinin ölçülmesi çevredeki diğer ulaşım metotlarının katkılarının hesaplanamaması gereği bir zorluk olarak da nitelendirilebilir (Carslaw vd., 2006: s.5424). Hava kirliliğine dair havalimanları ve hava üsleri için prosedürlerin anlatıldığı ayrıca hava kirliliği kaynaklarının belirtilerek hava kalitesi ölçüm için metotların önerildiği bir el kitabı FAA tarafından en son 2015 yılında güncellenmiştir (FAA, 2015). ICAO tarafından hazırlanmış bir diğer önemli rehber ise havalimanlarında kirliliğe yönelik kaynakları ve hava kalitesinin değerlendirilmesini içeren Doc-9889 (ICAO, 2015) dokümanıdır. Hava kirliliği için ilk dikkat çekilen husus uçakların havalimanı manevra sahasındaki faaliyetleri olmakta ve buna bağlı LTO döngüsünün hava kirliliği ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır (Yim vd., 2013). Diğer yandan hava kirletici kaynakların başında uçakların gelmesi düşüncesi bulunurken bu durum havadaki emisyonların türlerine göre farklı yargılara dönüşebilmektedir. Schürmann vd., (2007), yaptıkları çalışmada havalimanı çevresindeki CO konsantrasyonlarının uçak hareketlerine yüksek oranda bağlı olduğunun, NO konsantrasyonlarının ise yer destek araçlarından ve diğer motorlu araçlardan kaynaklanan emisyonlar neticesinde oluştuğunun sonucuna ulaşılmış ve ayrıca uçaklar için emisyon endeks çıktılarının uçakların motorlarının tipine bağlı değişmesi güçlü bir nedendir ifadesine yer

verilmiştir. Buradan hareketle havalimanlarında kullanılan yer ekipman araçlarının teknolojisi ve havalimanını kullanan uçakların tipi ve teknolojisi hava kirliliğinde önemli bir etkendir. Bu kapsamda havalimanlarının çevredeki hava kirliliğini ölçümünü yaptığını ve bunu da raporlarında ve bazen de ölçümü yapan şirketin ya da özel kuruluşun kendi bünyesinde verileri açıkladığını söylenebilir. Havalimanlarının kirliliği azaltma politikaları elbette düzenleyici ve denetleyici kuruluşlarca belirtilmiştir fakat bu bağlamda taksi süreleri ile hava kirliliğini güçlü ilişkisi havalimanlarının iyileştirmesi gereken bir konuya değinmektedir. Hudda vd., (2020), çalışmalarında bir havalimanının pist konfigürasyonuna bağlı olarak uçakların iniş ve kalkış yaptıkları yönde bulunan konutlardaki hava kirliliği maddelerini incelemişlerdir. Özellikle şehrin meteorolojik karakteri hava kirliliğinin çevre mahallerdeki etkilerinin yükselmesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılan çalışmada havalimanlarının çevresinde bulunan konutlarda yaşayan kişilerin maruz kalacağı sağlık riskiyle ilgili analizler yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Öte yandan daha çok nicelik olarak paylaşılmış olan ve üzerinde çalışılmış olan madde bileşenin nitrojen oksit ve nitrojen dioksit olması ise sağlık açısından daha etkili olmasına dayandırılabilmektedir. Öyle ki nitrojen oksitler üzerine yapılan bir çalışma ile (Xu vd., 2023) pandemi esnasında yaşanan havalimanlarının kapanması nedeniyle hava kalitesinde bazı havacılık kaynaklı maddelerde yarıdan fazla azalma görüldüğü kanıtlanmıştır. Nitrojen oksitler bu çalışmada da ele alınan veriler olarak birçok çalışmanın (Suppan & Graf, 2000; Carslaw vd., 2006; Peace vd., 2006; Winther vd., 2015) araştırma konusu olmuştur. Havacılıkta bu kadar önem arz etmesinin yalnızca bir nedeni iklim değişikliğinde ısınmaya yol açtığı düşüncesidir (Skowron vd., 2021: s.2; Miake-Lye vd., 2022: s.74). Fazlasıyla önemli olarak nitelendirilebilecek bir konu olan hava kalitesi, havalimanlarının çevresel etkilerinin incelendiği bir analizde olması gereken göstergelerdendir. Bu nedenle çalışmada incelenen havalimanlarının hava kalitesi için paylaştığı bilgilerden gerekli veriler elde edilerek analize dahil edilmiştir.

Veri yapısı kapsamında ele alınan üst ve alt kriterler için gerekli tanımlamalara yer verilmiştir. Tablo 3 ile havalimanlarının performans ölçümü kriterlerinin açıklamalarına yer verilerek hem ölçü birimi hem de elde etme yöntemi açısından bilgi sağlaması hedeflenmiştir. Bu sayede havalimanları için veri kaynakları taranırken hem ölçü birimlerinin uyumlu hale getirilmesi hem de kriterlerin raporlar içinde

yorumlanabilmesi kolaylaştırılmıştır. Tablo 3'ün devamında bazı detay dipnot bilgilere yer verilmiştir.

Tablo 3: Performans Metriklerinin Açıklanması

Açıklama			Ölçü Birimi	Kaynak
C1 [a]	C1S1:	Havalimanını kullanarak seyahat etmiş yolcu sayısı (PAX).	nicel	FSR [f]
	C1S2:	Havalimanında kalkış ve iniş yapmış uçak hareketi sayısı.	nicel	FSR [f]
	C1S3:	Havalimanında yürütülen kargo operasyonu.	ton	FSR [f]
	C1S4:	Havalimanı toplam çalışan sayısı.	nicel	FSR [f]
	C1S5:	Havalimanının toplam kapladığı alan.	km²	FSR [f]
C2 [b]	C2S1:	Scope 1 ve 2 dahil Scope 3 hariç toplam emisyon miktarı.	mt	FSR [f]
	C2S2:	Havalimanı karbon akreditasyon seviyesi.	seviye (1-6)	ACA [g]
	C2S3:	Uluslararası örgütler çerçevesinde karbon nötr olma hedefi.	0-1	FSR [f]
	C2S4:	Gelen ve giden uçağın taksi süreleri ortalaması.	dakika	EUROCONTROL [h]
	C2S5:	Düşük emisyonlu yer araçları sayısı.	nicel	FSR [f]
C3 [c]	C3S1:	Havalimanında tüketilen toplam enerji miktarı.	MWh	FSR [f]
	C3S2:	Sahip olunan ISO 50000 sertifikası.	nicel	FSR [f]
	C3S3:	Enerji verimliliği ile ilgili altyapı çalışmaları sayısı. [j]	nicel	FSR [f]
	C3S4:	Biyoyakıt kullanım miktarı.	litre	FSR [f]
	C3S5:	Enerji kullanımı başına emisyon miktarı.	$mtCO_2/MWh$	FSR [f]
C4 [d]	C4S1:	Gürültü seviyesi dBA ≤ 65 [i]	0-1	FSR [f]
	C4S2:	Havalimanına gelen gürültü şikayetlerinin kaydedilmesi.	0-1	FSR [f]
	C4S3:	Yaban hayatı olayı kaydı.	0-1	FSR [f]
	C4S4:	Biyoçeşitliliği koruma faaliyetleri.	0-1	FSR [f]
	C4S5:	Sahip olunan ISO 14000 sertifikası.	nicel	FSR [f]
C5 [e]	C5S1:	Havalimanında tüketilen su miktarı.	m³	FSR [f]
	C5S2:	Sıvı kullanımı sonrası açığa çıkarılan atık su miktarı.	m³	FSR [f]
	C5S3:	Havalimanında üretilen katı atık miktarı.	ton	FSR [f]
	C5S4:	Katı atık geri dönüştürülme oranı.	%	FSR [f]
	C5S5:	Havalimanı çevresindeki hava kirliliği miktarı.	µg/m³	FSR [f]

[a] *Havalimanlarının operasyonel çıktılar ve mevcut operasyon hacmine ilişkin verileri kapsayan kriterdir.*
[b] *Havalimanlarının sorumlu olduğu salınım miktarını, sebeplerini ve iyileştirmeleri kapsayan kriterdir.*
[c] *Havalimanlarında tüketilen enerji miktarı, verimlilik faaliyetleri ve standartlara uygunlukları kapsayan kriterdir.*
[d] *Havalimanının endüstri dışındaki çevresine olan etkilerini kapsayan kriterdir.*
[e] *Kullanılan su ve diğer malzemelerle birlikte buna bağlı açığa çıkan atıkları ve havalimanı çevresinde hava kirliliğini kapsayan kriterdir.*
[f] *FSR: Havalimanı işleticisinin analiz yılına ait olan yayınlanmış Faaliyet ve Sürdürülebilirlik Raporu.*
[g] *Airport Carbon Accreditation 2019: Havalimanı Karbon Akreditasyon Seviyeleri.*
[h] *Doğrudan havayollarından alınan veriler ile havalimanlarına ait taksi süresi istatistiklerini sağlar.*
[i] *FAA ve ICAO tarafından yapılan çalışmalar sonucunda gece-gündüz ortalaması 65 olarak çıkarılmıştır.*
[j] *Bu metrik içinde, havalimanlarının işleticileri (operatörleri) tarafından farklılaşan enerji koruma ve daha az enerji kullanma politikalarına bağlı olarak veri oluşturulur.*

2.4. ARAŞTIRMA SORULARI VE HİPOTEZLERİ

Bu tezde bazı belirli uluslararası havalimanların çevresel performanslarının ne olduğu ve havalimanların çevre etkilerinde hangi konularda daha etkili sürdürülebilirlik politikaları izlemesi gerektiği sorularına yanıt aranmaya çalışılmaktadır. Bu aşamada havalimanlarının paylaştığı veriler, soruların yanıtlandırılmasında kilit bir öneme sahipken aynı zamanda analizin doğruluğu da yanıtların kabul edilirliğini desteklemektedir. Havalimanlarının çevresel performans skorlarına ulaşılmaya çalışılan analiz için bazı sorular hazırlanmış ve iki hipotez kurulmuştur.

Araştırmanın soruları:

- Havalimanlarının havacılığın en etkin olduğu yıldaki çevresel performans skorları nedir?
- Havalimanlarının çevresel skorları en çok hangi göstergelerden etkilenmektedir ve bu etkiler her havalimanı için aynı mıdır?

Araştırmanın hipotezleri:

h_0: Havalimanlarının operasyonel verileri, çevresel performansını olumsuz etkiler.
h_1: Havalimanlarının operasyonel verileri, çevresel performansını etkilemez.

Hipotezler havalimanlarındaki temel havacılık faaliyetleri ile ilgili çıktıların çevresel performansı etkilemede öneme sahip olup olmadıklarını anlamlandırmak ve bunu bir analiz ile kanıtlamak üzere kurulmuştur. Boş hipotez havalimanlarının büyüklüklerine göre çevre performansının skorunun düşük olması beklentisini açıklarken, alternatif hipotez ise havalimanlarının çevresel sürdürülebilirlik faaliyetlerindeki başarılarının ve çevre etkilerini azaltma stratejilerinin büyüklüklerine bağlı değişmeyeceğini açıklamaktadır. Bu hipotezler çalışmanın bütünündeki sonuçların yorumlanması ve örneklemdeki havalimanlarının farklılıklarının analizi olumsuz etkilememesi üzere yalnızca iş hacmi ile çevre etkisi arasındaki ilişkiye atıfta bulunmaktadır. Diğer yandan araştırmanın soruları çalışmanın tamamını birden fazla değişkenin yine birden fazla değişken ile ilişkisini sorgular niteliktedir ve teorik olarak yorum yapabilmeyi desteklemektedir.

2.5. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE SINIRLILIKLARI

Araştırmanın analizi için havalimanı seçiminde yolcu memnuniyet ve yolcu sayısı ölçülerinin önemli birer kriter olduğu daha önce belirtilmiştir. Bu durum ile taranan elli havalimanından yirmisinin incelenmesi iki kriterin de aynı anda sağlandığı havalimanlarının analizde örneklem olarak seçilmesinden kaynaklanmıştır. Bu bağlamda araştırmanın kapsamı yirmi havalimanının kurumsal ve sürdürülebilirlik raporlarının incelenmesi ile gerçekleştirilen çevresel performans skorları olmuştur. Faaliyet ve sürdürülebilirlik raporları incelenen havalimanlarının çevresel çıktıları çalışma kapsamında analize dahil edilecek verilerin ana kaynağıdır. Ayrıca bir sınırlılık olarak da sayılabilecek olan analiz için belirlenen yıl yani 2019 faaliyet yılı araştırmanın bir diğer kapsamını açıklamaktadır.

Taranan ilk elli havalimanından yirmisi için incelenen raporlardan elde edilen verilerin uygunluğu, tutarlılığı ve eksiksiz olması kriteri analiz için havalimanı sayısının düşmesine neden olan bir kısıtlılık meydana getirmiş ve analiz nihayetinde on iki havalimanı arasında gerçekleştirilmiştir. Havalimanlarının işleticilerinin birden fazla havalimanını işletmesi; yayınlanan raporlardaki verilerin analiz için kullanılacak havalimanlarına ait verilere ulaşılamamasına neden olarak bir veri toplama sınırlılığı oluşturmuştur. Özellikle pandemi gibi küresel bir etkiye sahip durumun ortaya çıktığı yıllardaki verilerin analizde kullanılamaması bir başka kısıtlılığı açıklarken analizin havacılık adına en etkin yıl olan 2019'u kapsaması çalışmanın çevresel etki performanslarının ortaya çıkarılma amacını olumlu etkilemiştir. Kayıp veriler nedeniyle bazı havalimanlarının analiz dışında bırakılmasına bağlı nispeten daha az kayıp veriye sahip havalimanlarının verilerinin ortalama ile değil değişkenler arasındaki ilişki incelenerek doldurulması çalışmanın başka bir kısıtını daha açıklamaktadır. Bu kayıp veriler özellikle hangi değişkenler ile en çok açıklanabilir olmasına bağlı kalınarak doldurulmuştur. Bu da ilerleyen başlıklardaki verilerin gösterilmesi kısmında anlatılacaktır. Bir başka kısıtlılık ise analiz yönteminin literatürde eşsiz olmasıdır. Öyle ki bu kapsam yapılmış çalışmalarda farklı karar verme yöntemleri ve farklı göreli ölçüm modelleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın özgünlüğü ile ilişkili olarak literatürdeki ölçüm yöntemlerinin sentezinin oluşturulması analiz yönteminin modelini özgün yapmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. HAVAALANLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSI

Çalışmanın bu bölümünde analiz için toplanan veriler ve bu verilerin normalize edildikten sonra skorların hesaplanması için kullanılması gösterilmektedir. Bu sayede çalışmanın temel amacı olan havalimanlarının çevresel sürdürülebilirlik performansı skorlarına ulaşılacaktır. Havalimanlarının seçilmesi kriterleri kapsamında veri kaynaklarına ulaşılan havalimanları Tablo 4'te gösterildiği gibidir. Tablo 4, daha önce açıklanan Tablo 1'de taranan havalimanları arasından analize uygun olarak saptanan havalimanlarını ve bu havalimanlarının analiz için gerekli olan verilerinin bulunduğu daha doğru ifadeyle havalimanlarına ait verilere ulaşılan kaynakları tasvir etmektedir. Bu tabloda seçilen yirmi havalimanının 2019 yılına ait yıllık yolcu sayısı, 2019 SkyTrax sıralamaları ve havalimanları işleticilerinin yayınladığı yıllık faaliyet raporlarına ulaşılabilmektedir.

Tablo 4: Analize Dahil Edilen Havalimanları ve Veri Kaynakları

IATA	Havalimanı	PAX	SkyTrax	Kaynak
SIN	Singapore Changi	68.3	1	(CAG, 2019, 2020a, 2020b)
HND	Tokyo Haneda	85.5	2	(Japan Airport Terminal Co., 2019)
ICN	Incheon	71.17	3	(IIAC, 2019, 2020)
DOH	Doha Hamad	38.8	4	(Qatar Airways Group, 2019)
HKG	Hong Kong	71.5	5	(A. Authority Hong Kong, 2020, 2021)
MUC	Munich	47.9	7	(Munich Airport, 2019a)
LHR	London Heathrow	80.9	8	(Heathrow Airport, 2019a, 2020)
NRT	Narita	44.34	9	(Narita Airport, 2019, 2020)
ZRH	Zurich	31.5	10	(F. Zürich AG, 2021; Fra. AG, 2019b)
FRA	Frankfurt	70.5	12	(Fraport AG, 2019a, 2019b)
AMS	Amsterdam Schiphol	71.7	14	(Schiphol Group, 2019)
YVR	Vancouver	26.3	17	(Vancouver A. Authority, 2019, 2020)
VIE	Vienna	31.7	19	(Flughafen Wien AG, 2019, 2021)
MEL	Melbourne	37.3[4]	23	(Australia Pacific Airports Co., 2019)
DXB	Dubai	86.3	24	(Emirates, 2020)
CDG	Charles De Gaulle	76.1	30	(Groupe ADP, 2019)
MAD	A.S. Madrid-Barajas	61.7	35	(AENA, 2019, 2021)
ATL	Hartsfield–Jackson Atlanta	110.5	36	(ATL, 2019; AIA, 2021)
BKK	Bangkok Suvarnabhumi	65.4	46	(AOT, 2019a, 2019b)
YYZ	Toronto Pearson	50.5	50	(GTAA, 2019)

Havalimanlarının sürdürülebilirlik ve faaliyet raporları önceden hazırlanan sürdürülebilirlik göstergeleri, bir diğer deyişle performans metriği tablosu ile eşleştirilerek taranmış ve havalimanlarına ait gerekli veriler tablolara işlenmiştir. Bu aşamada kayıp veri olarak nitelendirilecek olan kayıp (missing) değerler bazı havalimanlarının analize hiç dahil edilememesine doğrudan etkilerken bazı havalimanları için kayıp verilerin korelasyon yardımıyla doldurulması ön görülmüştür. Bahsedildiği üzere bu tabloda verilen kaynaklar taranmış ve analiz için ön hazırlık olan veri setinin doldurulması tamamlanmıştır. Bu aşamada sağlıklı şekilde analiz edilebilecek havalimanı sayısı taranan yirmi havalimanı içinden on iki olarak saptanmıştır. Bu durum havalimanlarının şeffaflığı ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte bu kapsamda aynı ülkede yer alan havalimanlarının kayıp verilerinin çoğunluğu yönetimsel bir anlayışla da bağdaştırılabilir olarak yorumlanabilmektedir.

3.1. ARAŞTIRMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN VERİLER

Araştırma kapsamı içerisinde beş farklı kriterde toplamda yirmi beş alt kriter altında veriler havalimanı işleticilerinin yayınladığı raporlar vasıtasıyla toplanmıştır. Bu verilerden bazıları havalimanlarının doğrudan raporlarından alınamadığı gibi verilerin büyük kısmı özellikle sürdürülebilirlik adı altında yayınlanan raporlardan elde edilmiştir. Bu bağlamda havalimanlarına ait veriler kriterler bazında gösterilerek tablolaştırılmış ve detaylı olarak anlatılmıştır. Bu tablolarda havalimanları yolcu memnuniyet sıralamasına göre sıralanmış ve verileri bazında değerlendirilmiştir. Öncelikle Tablo 5 ile havalimanlarına ait operasyonel verilerden yıllık yolcu sayısı, uçak trafiği, kargo miktarı, personel sayısı, havalimanı toplam alanı verileri gösterilmektedir. Bu veriler içinde yolcu sayıları kapsamında özellikle aktarma noktası konumunda olan ve Avrupa'da yer alan havalimanlarının bu göstergede öne çıktığına ulaşılabilmektedir. Diğer yandan bazı havalimanlarının yolcu sayıları ile çok geride kaldığı fakat bunun skorlar ile karşılaştırma yapılması ve bu havalimanlarının da hem Avrupa hem de yolcu memnuniyeti için önem arz etmesi neticesinde analizde yer ettiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Takip eden diğer iki operasyonel verinin yolcu sayısı ile paralel gittiği ve bunun beklenen bir durum olduğu sonucuna da ulaşılabilmektedir. Yalnızca kargo miktarı konusunda öne çıkan veriye sahip olan

HKG (Hong-Kong) için bulunduğu bölgenin üretim ve ticaret merkezi olması doğrulaması ayrıca yapılabilmektedir. Çalışan sayısı konusunda ise diğer operasyonel veriler ile benzer orana sahip olduğu görülürken ciddi fark havalimanlarının toplam alanında ortaya çıkmaktadır. Bu veri için özellikle CDG (Paris) başı çeken havalimanı olarak ortalamanın iki katının da üstüne çıkarak en çok yer kaplayan havalimanı olarak kaydedilmiştir.

Tablo 5: C1 Operasyonel

	Yıllık Yolcu Sayısı	Uçak Trafiği	Kargo Miktarı	Personel Sayısı	Havalimanı Toplam Alan
SIN	68.300.000	382.000	2.010.000	60.000 [a]	14 [b]
ICN	71.169.516 [c]	404.104	2.760.000	50.000	11,74
HKG	71.415.245	419.795	4.800.000	78.000	12,55
MUC	47.959.885	407.612	350.058	38.090	15,6 [d]
LHR	80.888.305	475.874	1.600.000	76.000	12,27 [e]
ZRH	31.507.692	275.329	334.650	27.000 [f]	8,8
FRA	70.560.987	513.912	2.041.775	81.000	22,8
AMS	80.521.000	496.826	1.570.000	68.000 [g]	27.87 [h]
YVR	26.379.870	289.533 [i]	309.791	24.000 [j]	13,4
VIE	31.662.189	266.802	283.806	22.500	10
CDG	76.150.007 [k]	498.175 [k]	2.100.000	94.060	32,38
YYZ	50.490.000	453.000	516.000	51.000	18.67 [l]
mean	58.917.058	406.914	1.556.340	55.804	15

[a] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri. Havalimanı operatörünün insan kaynakları ve kariyer bilgilerinden ulaşılmıştır Kaynak:* (CAG, 2019).

[b] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Wittmer vd., 2021).

[c] *2019 yıllık raporundaki yolcu sayısında güncelleme yapılmıştır Kaynak:* (ICN, 2020).

[d] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Munich Airport, 2020).

[e] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Heathrow, 2020).

[f] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Flughafen Zürich AG, 2020).

[g] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Schiphol, 2019).

[h] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Schiphol, 2020).

[i] *1992-Günümüz Uçak hareketleri Kaynak:* (Vancouver Airport, 2019).

[j] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Vancouver Airport Authority, 2019c).

[k] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Groupe ADP, 2023).

[l] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri, Kaynak:* (Airport Suppliers, 2019).

Operasyonel veriler anlatıldığı gibi olmakla birlikte bazı verilerin direkt olarak raporlardan ulaşılamaması verilerin senelik değişim yaşamaması ya da genel olarak havalimanı için ilk ölçüm verisi olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Tablo 6'ya gelindiğinde, emisyon kriteri altında toplanan alt kriter verileri havalimanları bazında gösterilmektedir. Alt kriterlerin önceki başlıklarda detaylıca anlatıldığı göz önünde tutularak verilerin karşılıkları anlamlandırılabilmektedir. Yıllık toplam emisyon oranı yine bölgesel ticaret ve havalimanı iş hacminin büyüklüğü sebebi ile HKG (Hong-Kong) için en yüksek veriyi işaret etmektedir. Bu veri için özellikle Asya'da bulunan havalimanlarının yüksek emisyon oranlarının olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu durum bölgenin düzenleme ve sınırlamaları ile doğrudan ilişkili olabilmektedir.

Tablo 6: C2 Emisyonlar

	Yıllık Toplam Emisyon	ACA Seviyesi	Karbon Nötr Hedefi	Taksi Süresi	Düşük Emisyonlu Yer Aracı
SIN	159.843	3	0	13,5753	0
ICN	232.724	3	0	15,129322	118
HKG	329.330 [a]	3	1	15,148208	720 [b]
MUC	101.511	3	1	9,5302569	0
LHR	100.072	3	1	15,512955	109
ZRH	27.850	3	1	9,0007647	0
FRA	170.310	3	1	11,595283	570
AMS	169.000	4	1	11,495627	270 [c]
YVR	9.660	3	1	13,334785	12 [d]
VIE	30.864	3	1	8,7883766	380
CDG	41.249	3	1	12,862313	275
YYZ	63.360	3	1	16,22804	0
mean	121.297	3	1	13	205

[a] *Sürdürülebilirlik raporunda verilen GHG emisyonları tablosundan Scope 3 çıkarılarak elde edilmiştir.*
[b] *EV100 kapsamında elektrikli araç sayısı. EV100, sahip olduğu ve anlaşmalı olduğu 7,5 tona kadar olan filolarını elektrikli araçlara geçirmeyi ve 2030 yılına kadar çalışanlar ve müşteriler için şarj altyapısı kurmayı taahhüt eden şirketleri bir araya getiren küresel girişimdir. Hong Kong Havalimanı otoritesi de bu kapsamda EV100 üyesidir* (Climate Group, 2019).
[c] *100 VDL elektrik Otobüs ve 170 elektrik Tesla Araba*
[d] *131 hafif ve 291 ağır hizmet aracının %12'si*

Örneklemdeki havalimanları içinde 2019 yılında yalnızca AMS karbon akredite seviyesinde diğerlerinin önüne geçmiştir. Bu durum ise havalimanı politikaları ile ilişkilendirilebilir. SIN (Singapur) ve ICN (Incheon) dışındaki havalimanlarının karbon nötr hedeflerinden 2019 yılı için yayınladıkları raporlarında açıklamalarda bulunurken bu iki havalimanı politikaları gereği raporlarında herhangi bir nötr hedefinden bahsetmemiş dolayısıyla diğer havalimanları için bu bir avantaj haline gelmiştir. Taksi süreleri (EUROCONTROL, 2019) tarafından paylaşılan veri setinden elde edildiği daha önce de belirtilmiştir. Bu süreler içinde en yüksek süreye sahip havalimanı YYZ (Toronto) olurken en düşük süreye sahip havalimanı ise VIE (Viyana) olmuştur. 2023 yılı itibariyle düşük emisyonlu araç kullanmayan havalimanı, en azından bu tabloda bulunanlar için yok denebilir fakat analiz yılında bazı havalimanlarının bu girişimlerinin henüz aktif olmadığı ve bu yüzdende veri olarak minimuma işaret ettiği gözlemlenebilmektedir.

Enerji verilerin gösterildiği Tablo 7 havalimanlarına ait enerji kullanımı ve ilgili diğer verileri göstermektedir. Buna göre tüketilen enerji alt kriterinde yolcu sayısı ile ya da havalimanı işletme hacmi ile ilişkili bir veriye rastlanılamamıştır. Bu havalimanı politikalarından kaynaklanacağı gibi bulunulan bölge ile de alakalı olabilmektedir. Fakat elbette diğer bir alt kriter olan enerji verimliliği çalışmaları ile de ilgili olabilmektedir. Öyle ki en düşük enerji tüketimine sahip havalimanı olan VIE (Viyana) için enerji verimliliği çalışmaları verisi tüketim verisini açıklar niteliktedir. ISO 50000 enerji yönetim standardına sahip havalimanı sayısının örneklem içinde nispeten düşük olması bu standarda olan bakış açısı ile de ilgili olabilmektedir. Sahip olan havalimanları büyük havalimanı olarak nitelendirilebileceği gibi üçünün Avrupa'nın aktarma noktası olduğu da söylenebilir. Enerji verimliliği çalışmaları havalimanlarının raporlarında yer ettiği şekliyle veri setine işlenmiştir. Özellikle en düşük veriye sahip FRA (Frankfurt) için bu değere ulaşılması havalimanı yöneticisinin grup şirket olması sebep gösterilebilirken bu havalimanı için paylaşılan verilerin şeffaflığının diğerlerine göre daha az olması söz konusudur. Olması günümüzde artık önemli bir konu olan biyoyakıt kullanımı verisi için örneklem verileri şaşırtıcı derecede farksız olmuştur. Buna yalnızca YVR (Vancouver) havalimanının sahip olması 2019 yılı analizinde ve sonuçlarında bu havalimanı için önemli ölçüde avantaj sağlamıştır. Son olarak havalimanlarının terminal ve diğer alanlarda kullandığı enerji miktarları ile kapsam 1

ve 2 için açığa çıkan emisyon miktarlarının oranı bulunmaktadır. Bu veri analiz için havalimanlarının bir birim enerji başına salınım yaptığı emisyonu göstererek bir dengeleme sağlamaktadır.

Tablo 7: C3 Enerji

	Tüketilen Enerji	ISO 50000 Ailesi	Enerji Verimliliği Çalışmaları	Biyoyakıt Kullanımı	CO2/MWh
SIN	389.262	0	5 [a]	0	0,410630886
ICN	1.171.389	1	4 [b]	0	0,198673541
HKG	306.785	0	4 [c]	0	1,073487948
MUC	426.622	0	4 [d]	0	0,237941316
LHR	283.229	1	2 [e]	0	0,353325401
ZRH	497.595	0	3 [f]	0	0,055969212
FRA	1.250.000	0	2 [g]	0	0,136248
AMS	514.722,22	1	6 [h]	0	0,328332435
YVR	143.353,33	0	6 [i]	213,61111	0,067385948
VIE	172.151 [j]	0	3 [k]	0	0,179284465
CDG	601.191	1	5 [l]	0	0,068612138
YYZ	203.545,98	0	3 [m]	0	0,311281019
mean	496.654	0	4	18	0

[a] *Işıklandırma, İklimlendirme, Terminal içi ulaşım ve apron araçlarının kullanımında enerji koruma politikası, Akıllı enerji (ölçüm) sayaçları, solar enerji.*
[b] *AC-GPS, güneş enerjisi ve jeotermal santral, çevreci araçlar, güncel ve çevreci ışıklandırma.*
[c] *Akıllı iklimlendirme sistemi, elektrik enerjisi depolama sistemi, ışıklandırma, güneş panelleri.*
[d] *Led aydınlatmalar, Mevcut stokta enerji verimliliğinin artırılması, E-mobilite: Şarj altyapısını genişletmek ve daha fazla elektrikli araç tedarik etmek, Fotovoltaik sistemlerin genişletilmesi.*
[e] *Terminaller için yenilenebilir enerji kullanımı, fotovoltaik paneller.*
[f] *Işıklandırma sistemleri, fotovoltaik enerji panelleri, denetimli HVAC sistemi.*
[g] *LED aydınlatmalar, Fotovoltaik paneller.*
[h] *LED aydınlatmanın devamı, eski Telekom ve BT ekipmanlarının değiştirilmesi, iklim sistemlerinin optimize edilmesi (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin değiştirilmesi, ayarlanması), Güneş enerjisi panelleri, Rüzgâr Enerjisi Sistemi, Termal Enerji Sistemi.*
[i] *Isı geri kazanımlı havalandırma, sıcak güneş enerjisi, fotovoltaik paneller, rüzgâr türbini, yağmur suyu toplama sistemi ve enerji tasarruflu LED aydınlatma.*

[j] *Yıllık raporda olmayan veri Kaynak:* (Wien Group, 2020).

[k] *LED lambalar, Fotovoltaik sistem, Enerji optimizasyonu şehir yönetim yazılımı.*

[l] *Led aydınlatmalar, verimli klima santrali motorları, yüksek verimli termo-frigo pompa, biyokütle enerji santrali, fotovoltaik enerji santrali.*

[m] *Solar fotovoltaik sistem, HVAC optimizasyonu (AHU, VFD), LED aydınlatmalar.*

Çevre üst kriteri kapsamında toplanan ve işlenen alt kriterlerin gösterildiği Tablo 8'de genellikle aranan göstergenin olup olmaması veriyi ifade etmektedir. Öyle ki tüm alt kriterler özellikle Yaban Hayatı Olayı hariç ortalama 1 olarak çıktı vermiştir. Dolayısıyla bu anlamda gürültü azaltma ve gürültü şikâyeti izleme alt kriterleri çoğunlukla paralellik gösterirken yaban hayatı koruma kapsamında aranan nitelik ile biyoçeşitliliği koruma verisi nitekim paralellik göstermemektedir. Bu veriler birbirini açıklar nitelikte değildir. ISO standardına bakıldığında ise havalimanlarında raporlarında genellikle bir standart sertifikasından bahsetmiş olsalar da sahiplik sayısı ile YYZ (Toronto) bu alt kriterde ön plana çıkmıştır.

Tablo 8: C4 Çevre

	Gürültü Azaltma	Gürültü Şikâyet İzleme	Yaban Hayatı Olayı	Biyoçeşitliliği Koruma	ISO 14000 Ailesi
SIN	0 [a]	0	0	0	1
ICN	0	0	0	0	1
HKG	1 [b]	1	1	0	1
MUC	1	1	0	1 [c]	1
LHR	0 [d]	1	0	1	1
ZRH	1 [e]	1	0	1	1
FRA	1 [f]	1	0	1	1
AMS	1 [g]	1	1	0	1
YVR	1 [h]	1	1	1	1 [i]
VIE	1 [j]	0	1	0 [k]	1
CDG	0 [l]	1	0	1	1
YYZ	1 [m]	1	1	1	2
mean	1	1	0	1	1

[a] *Havalimanına ait gürültü verisi yapılmış başka bir akademik çalışmadan* (Pueh Lee vd., 2022) *elde edilmiştir.*
[b] *Civil Aviation Department, Hong Kong ofisinde ölçülmüş veriler ışığında elde edilmiştir* (Civil Aviation Department, 2019).
[c] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri Kaynak:* (Munich Airport, 2019b).
[d] *Gürültü azaltma ile ilgili tutulan istatistikler en son 2018 yılını kapsamakla birlikte bu seviyeler sınırın üstünde ortalamaya sahiptir* (Heathrow Airport, 2019b).
[e] *Zurich havalimanı çevresinde ATANOMS sistemi bünyesinde 14 farklı ölçüm noktası bulunmakta ve bu ölçümlerin ortalaması 65 db(A) altında kalmaktadır* (Zurich Airport, 2022).
[f] *Havalimanına ait yayınlanan GRI Report içinden alınmıştır.*
[g] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri Kaynak:* (Schiphol Nomos, 2022).
[h] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri Kaynak:* (Vancouver Airport Authority, 2019b).
[i] *Yıllık rapordan ulaşılamamış veri Kaynak:* (FAA & Transportation Research Board, 2013).
[j] *A flight track and noise monitoring system — FANOMOS.*

[k] *2019 raporlarında biyoçeşitlilik ile ilgili bir faaliyetin olmadığı ve bu faaliyetlerin 2021 raporunda izlendiği üzere değer sıfır olarak kaydedilmiştir.*
[l] *ANIMA, VITRAIL ölçüm sistemleri. Havalimanına ait izleme verisi ve gürültü seviyesi bulunamamıştır.*
[m] *Airport Noise and Operations Monitoring System (ANOMS) Kaynak: Webtrak. Havalimanının canlı ve eski tarihli gürültü izlemesinin yapıldığı sitedir* (Toronto Pearson, 2019).

Kirlilik verilerinin ele alındığı Tablo 9'da havalimanlarının su, katık ve hava kirliliği sonuçları gösterilmektedir. Tüketilen su miktarı konusunda diğerlerine göre aşırı bir tüketime sahip HKG (Hong-Kong) için bunun bir gerekçesi bulunmaktadır. Diğer değerler nispeten birbirine daha yakındır. Atık su miktarı konusunda ise çektiği suyu tamamen atık su olarak kaydeden havalimanları bulunurken bu veride başarılı sayılabilecek çabalar bulunmaktadır. Yine HKG (Hong-Kong) için bakıldığında atık su miktarı en az olan havalimanıdır. Bu veriler yalnızca sürdürülebilirlik raporlarından elde edildiği için güvenilirlikleri ile ilgili şüphe duyulmamaktadır. Atık su miktarında iki husus daha vardır. YVR'ye (Toronto) ait atık su miktarının sıfır olması ve AMS'ye (Amsterdam) ait verinin kayıp olmasıdır. Kayıp veriler devam eden diğer alt kriterler içinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu verileri analizde elde etmek için korelasyondan yararlanılmıştır. Bu tablodan sonra anlatılacaktır. Üretilen katı atık; yine nispeten ortalama çevresinde dağılım gösteren verilere sahip olmasıyla birlikte ICN (Incheon) için en yüksek değerin ve yolcu sayısına oranla YYZ (Toronto) için en düşük değerin olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Geri dönüştürülmüş atık oranı verisinde ise ortalama çevresinde dağılım normal görülürken MUC (Münih) için bu durumun analiz için hayli avantaj olduğu gözlemlenebilmektedir. Hava kirliliğinde daha önce de belirtildiği gibi ulaşılan ve önemli olarak görülen verinin NO2 olduğu bilinmektedir. Bu değer için ortalama çevresinde normal bir dağılımın olmaması bölgenin hava kirliliği ve şehir yönetiminin politikaları bu değer için belirleyici rol üstlenmiştir. Hava kirliliğinde bazı havalimanlarının paylaştığı birimlerin dönüşümü aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

Denklem 1: Mikrogram Dönüşümü

$$\{Konsantrasyon\ (\mu g/m\ 3) = Moleküler\ Ağırlık\ x\ Konsantrasyon\ (ppb) \div 24.45\}$$

(Boguski, 2006)

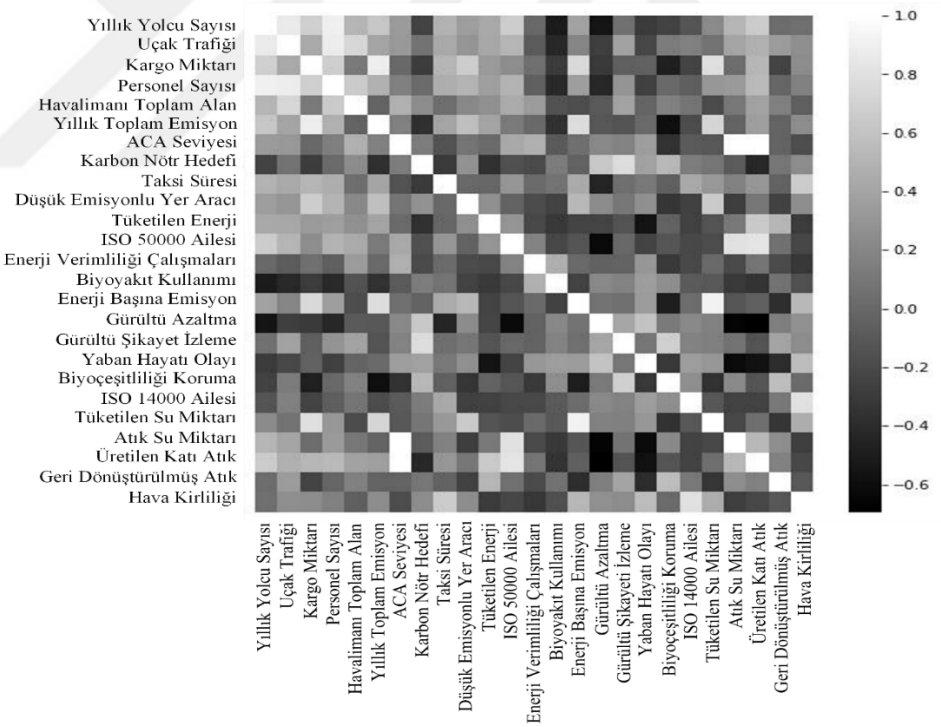
Tablo 9: C5 Kirlilik

	Tüketilen Su Miktarı	Atık Su Miktarı	Üretilen Katı Atık	Geri Dönüştürülmüş Atık	Hava Kirliliği (µg/m³)
SIN	3.272.087 [a]	782.568	16.213	11,37	12
ICN	5.973.182 [b]	2.293.037 [c]	53.805	70,94	38
HKG	82.208.000 [d]	180.000 [d]	21.495	12,40	119,088 [e]
MUC	4.581.265	2.494.388	15.685	98,49	24,24 [f]
LHR	4.433.502	4.433.502	23.937	48,89	53,5 [g]
ZRH	851.407	851.407 [h]	18.439	45,89	10
FRA	2.209.000	247.408 [i]	20.313	88,81	39,7
AMS	1.183.658,70 [j]	3.446.751[k]	35.556 [k]	44,5	23,07317 [l]
YVR	1.468.260	0 [m]	4.800	54,16	26,345194
VIE	445.063	350.655,64	4.383	0	12,12 [k n]
CDG	2.460.00	2.460.000	47.175	33,60	27
YYZ	1.149.280	238.789,05	9.742,70 [o]	57,98 [o]	168,5
mean	10.334.120	743.825	21.453	47	49

[a] *NEWater (Singapur'a ait bir sistemle geri kazanılmış atık su) + İçme Suyu*
[b] *Su kullanımı ve geri dönüştürülmüş toplam su kullanımını içermektedir.*
[c] *Toplam kullanılan sudan geri dönüştürülen su miktarının çıkarılmasıyla ulaşılmıştır.*
[d] *Havalimanı su kullanımını üç kaynaktan sağlıyor, bunlar; deniz suyu, belediye suyu ve geri dönüştürülmüş su. 81.6 milyon m³ su yalnızca deniz suyundan arıtılarak kullanılıyor bu sebeple atık su miktarı verisi yalnızca 353 bin m³ belediye suyundan elde edilen atık miktarıdır.*
[e] *Kaydedilen saatlik verilerin toplam ortalamaları alınarak maddelerin toplamları her 3 terminal için hesaplanmış ve 12 ay ortalaması alınmıştır* (Hong Kong I. Airport, 2022).
[f] *Munich Hava Kirliliği verilerine rapordan ulaşılamamıştır, Kaynak:* (Munich, 2019c)
[g] *Heathrow havalimanı için 22 farklı ölçüm noktasından havalimanına en yakın olan 4 tanesinin istatistiksel bilgilerine ulaşılmıştır. Bunlar: Heathrow LHR2, Heathrow Oaks Road, London Harlington, Heathrow Green Gates'dir* (Heathrow Airwatch, 2019).
[h] *Havalimanına ait atık su miktarına ilişkin geri dönüştürülme miktarına rastlanamadığından kullanılan su atık su olarak kabul edilmiştir.*
[i] *%88,8 geri kazanım sonucuna bağlı olarak atık su miktarı hesaplanmıştır.*
[j] *Yolcu başına tüketilen su: 14,7l verisinden elde edilmiştir.*
[k] *Korelasyon ile doldurulmuştur. Bu konu ilerleyen sayfalarda yer edinmiştir.*
[l] *Badhoevedorp-Sloterweg, Hoofddorp-Hoofdweg, Oude Meer-Aalsmeerderdijk bölgesindeki verilerin ortalaması alınmıştır* (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2019).
[m] *Havalimanı sürdürülebilirlik raporunda belirttiği üzere çekilen tüm suyu atık olarak boşaltmak yerine tamamını ayrıştırma tesisinden geri dönüştürerek tekrar kullanımını sağlıyor. Bu nedenle havalimanında üretilen atık su miktarı sıfır gibi bir değere denk düşüyor.*
[n] *40 istasyon ve 4 mobil istasyon ile ölçümü yapılan hava kirliliği verilerinin fsr'de uyumsuz şekilde verilmesi ve ölçümlerin yayınlandığı sitenin tarihleri aralığında veriyi düzgün şekilde yansıtamaması sonucu verilere ulaşılamamıştır.*
[o] *Tehlikeli olmayan atık miktarlarından toplanarak ve belirtilen geri dönüştürülmüş atık miktarından elde edilmiştir.*

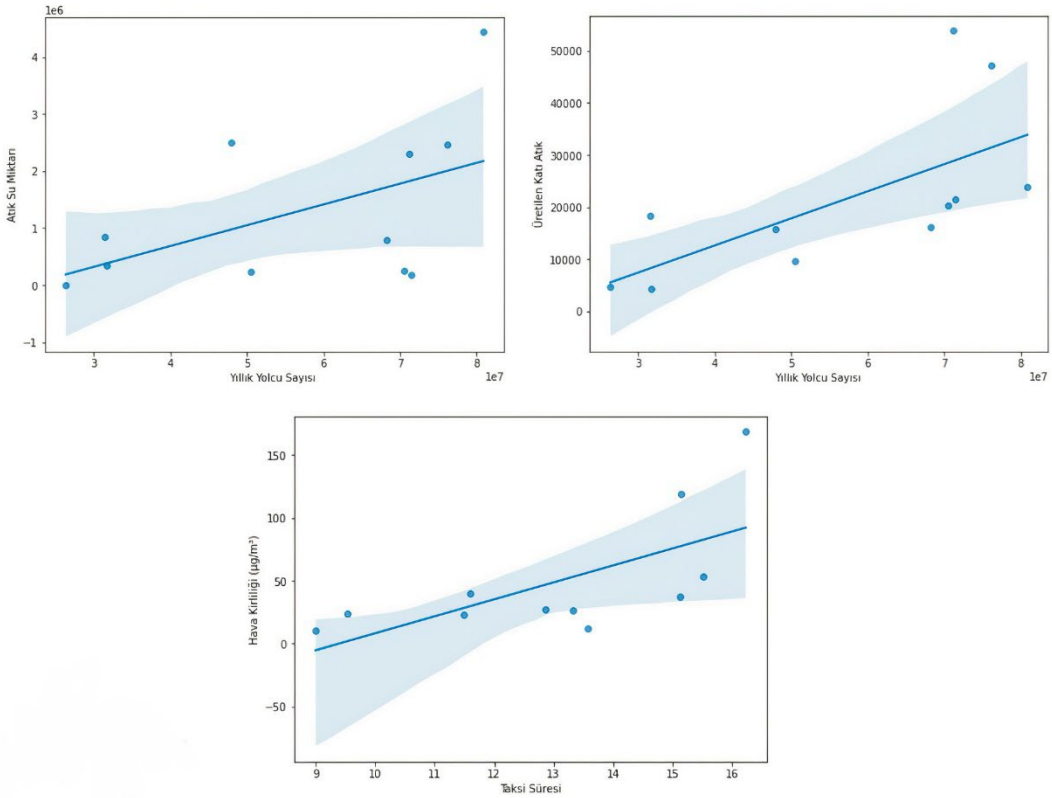
Tüm verilerin birbirileri ile olan korelasyonlarına bakıldığında Şekil 8'deki gibi bir harita ortaya çıkmaktadır. Bu haritadan özellikle beklenildiği üzere yolcu sayısı ile uçak trafiği en yüksek korelasyona sahip olan iki değişkendir. Bundan farklı yıllık yolcu sayısı ile en çok birbirini açıklayan bir başka veri ise personel sayısı olarak ortaya çıkmıştır. Uçak trafiği için ise yine personel sayısı ile açıklanabilir bir ilişkiye sahiptir. Kargo miktarı ile yıllık toplam emisyon değişkenleri de birbirini %50'nin üzerinde açıklar nitelikte ilişkilidir. Yıllık yolcu sayısı ile ilişkili olan diğer kriterler ise tüketilen su miktarı ve üretilen katı atıktır. Bu analiz için kıymetli olan bir diğer ilişki, beklenildiği üzere hava kirliliğinin taksi süresi ile korale olmuş olmasıdır. Bu ilişkiler kayıp verileri doldururken yardımcı olmakla birlikte verilerin raslantısal olmadığını da göstermektedir. Bunun dışında diğer veriler arasındaki ilişki 1.0'dan,-0.6'ya kadar görülebilmektedir.

Şekil 8: Korelasyon Haritası



Kaynak: Yazar

Şekil 9: Regresyon Grafikleri



Kaynak: Yazar

Şekil 9'daki grafiklerde bulunan basit doğrusal regresyon analizi "tek açıklayıcı değişkenli analizler (Sykes, 1993: s.3)" bize Tablo 9'da bulunan kayıp verileri doldurma işlemi için yardımcı olmaktadır. Bakıldığında ilk grafikte tüketilen su miktarının yolcu sayısı ile, ikinci grafikte üretilen katı atık miktarının yine yıllık yolcu sayısı ile ve üçüncü son grafikte hava kirliliğinin taksi süresi verileri ile doğrusal ilişkisinin fonksiyonel şeklinin göstermektedir. Bu üç grafikte de pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenebilmektedir. Temelde bakıldığında çizgilerin etrafındaki gölgelerin şekilsiz olması gerçek veriler arasında ilişki aranmasıdır. Grafikler Python programlama diliyle regplot fonksiyonu ile oluşturulmuştur. Regplot fonksiyonuna göre gölgenin boyutu %95 güven aralığını göstermektedir. Fonksiyon farklı her bir veri noktası adına, bu noktanın tahmini regresyon çizgisine olan uzaklığı, verilerin tamamının %95'ine karşılık gelen bir güven aralığının içinde yer alıyor ise o noktanın etrafı boyunca bir gölge çizdirmektedir. Böylece verilerin dağılımı ve regresyon çizgisi arasındaki belirsizlik grafiksel olarak ifade edilebilir olmaktadır. AMS

(Amsterdam) ve VIE (Viyana) için kayıp olan veriler en çok korelasyona sahip olan diğer verilerle kıyaslanıp bu havalimanlarına en yakın havalimanlarının verilerinin ortalaması alınarak doldurulmuştur. AMS (Amsterdam) için en yüksek ilintiye sahip havalimanları LHR (Heathrow) ve CDG (Paris) olurken; VIE (Viyana) için en yakın havalimanları MUC (Münih) ve ZRH (Zürih) olmuştur. Bu verilerin ortalama ile doldurulmasına göre büyük farklılıklar olmamıştır.

3.1.1. Verilerin Normalize Edilmesi

Verilerin normalleştirilmesi karmaşıklığın giderilmesi ve referans noktasının ortak bir hale getirilmesi için gereklidir. Öyle ki verilerin aynı anda değerlendirilmesi için normalleştirme işlemi olmazsa olmazdır. Bu uygulamayı ilk kez 1970 yılında kullanan Codd geniş ve dağınık veri yapılarının ilişkisel ve basit bir tablo görünümüne ihtiyaç duyduğunu savunmuştur (Codd, 1971). Örneklem verilerine bakıldığında birim olarak farklılaştığı için verilerin belirli bir referans aralığında olması gerektiğine kanaat getirilmiş ve veriler normalizasyon işlemine tâbi tutulmuştur. Bu işlem için gerekli denklemler aşağıdaki gibidir. Normalizasyon sonucu veriler sütun içinde en küçüğü 0 ve en büyüğü 1 olmak üzere sınırlandırılarak diğer verilere ulaşılmıştır. Denklem 2 normal şartlarda büyük olan verinin pozitif etkisinden dolayı 1 olmasını sağlarken Denklem 3 tersi bir sonuç vermektedir. Bu durum analizde olumsuz yani negatif etkiye sahip olan değerin büyük olması durumunda 0'a yakın olması için gerekli görülmüştür. Bu işlem Python programlama dili vasıtasıyla sanal bir editörde normalizasyon fonksiyonu kullanılarak uygulanmıştır. Aşağıda verilerin normalleştirilmiş sonuçları ve buna yönelik tüm verilerin dağılım grafiği verilmiştir.

Denklem 2: Normalizasyon İşlemi

$$\{\, Xnormal = \frac{x - x(min)}{x(max) - x(min)} \,\}$$

Denklem 3: Ters Normalizasyon İşlemi

$$\{\, Xnormal = \frac{x - x(max)}{x(min) - x(max)} \,\} \; veya \; \{\, 1 - \{\, Xnormal = \frac{x - x(min)}{x(max) - x(min)} \,\}\}$$

Analiz sonucuna pozitif ya da negatif etkilerin hangi kriterler tarafından gerçekleştiğini gösteren Tablo 10; normal şartlardaki normalizasyon işlemini gerektirdiği gibi pozitif etkiye sahip kriterler için sütun içinde maksimum olması durumunda H yani en yüksek değeri, minimum olması durumunda L yani en düşük değeri alması gerektiğini; normalizasyon işleminin gerektirdiğinin aksine taralı olan hücrelerde negatif etkiye sahip kriterler için sütun içinde minimum olması durumunda H yani en yüksek değeri, maksimum olması durumunda L yani en düşük değeri alması gerektiğini açıklar niteliktedir.

Tablo 10: Normalizasyon Metodu

C/S	C1		C2		C3		C4		C5	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
S1	L	H	H	L	H	L	L	H	H	L
S2	L	H	L	H	L	H	L	H	H	L
S3	L	H	L	H	L	H	L	H	H	L
S4	L	H	H	L	L	H	L	H	L	H
S5	L	H	L	H	H	L	L	H	H	L

Tablo 11'den başlamak üzere 15'e kadar olan verilerin bir önceki sayfalarda verilen verilerin normalleştirilmiş formları verilmiştir. Tahmin edileceği üzere operasyonel veriler için tüm kriterlerin pozitif etkiye sahip olması beklenmektedir. Bu nedenle Denklem 2'ye göre normalleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11: Normalize C1 Verileri

	Yıllık Yolcu Sayısı	Uçak Trafiği	Kargo Miktarı	Personel Sayısı	Havalimanı Toplam Alan
SIN	0,769058	0,466181	0,382223	0,524036	0,220526
ICN	0,821701	0,555631	0,548292	0,384293	0,124682
HKG	0,826209	0,619129	1	0,775573	0,159033
MUC	0,395902	0,569827	0,01467	0,217859	0,28838
LHR	1	0,846069	0,291439	0,747624	0,147159
ZRH	0,094074	0,034507	0,011258	0,062884	0
FRA	0,810537	1	0,389259	0,817496	0,593723
AMS	0,993262	0,930857	0,284796	0,63583	0,808736
YVR	0	0,091987	0,005754	0,020961	0,195081
VIE	0,096908	0	0	0	0,050891
CDG	0,913072	0,936316	0,402151	1	1
YYZ	0,442319	0,753502	0,051414	0,398267	0,418575
mean	0,59692	0,567001	0,281771	0,465402	0,333899

Tablo 12'ye bakıldığında Yıllık Toplam Emisyon yani C2S1 eksi etkiye sahip olacağı için bu kritere ve taksi süresi kriterine Denklem 3 uygulanmıştır. Buna göre en düşük emisyon miktarına sahip olan havalimanı YVR (Vancouver) bu tabloda en büyük değeri yani 1'i almıştır. Taksi süresi için ise VIE (Viyana) bu değere sahip olan havalimanıdır.

Tablo 12: Normalize C2 Verileri

	Yıllık Toplam Emisyon	ACA Seviyesi	Karbon Nötr Hedefi	Taksi Süresi	Düşük Emisyonlu Yer Aracı
SIN	0,5301936	0	0	0,356567	0
ICN	0,3022054	0	0	0,147684	0,163889
HKG	0	0	1	0,145145	1
MUC	0,7126693	0	1	0,90028	0
LHR	0,7171708	0	1	0,096118	0,151389
ZRH	0,9430976	0	1	0,971452	0
FRA	0,4974505	0	1	0,62271	0,791667
AMS	0,5015485	1	1	0,636106	0,375
YVR	1	0	1	0,388896	0,016667
VIE	0,9336691	0	1	1	0,527778
CDG	0,9011825	0	1	0,452403	0,381944
YYZ	0,8320143	0	1	0	0
mean	0,6559335	0,083333	0,833333	0,476447	0,284028

Enerji üst kriterinde ele alınan veriler içinde de Tüketilen Enerji C3S1 ve CO_2/MWh C3S5 için Denklem 3 kullanılmıştır. Tablo 13 ile en düşük enerji tüketimine sahip olan YVR (Vancouver) için en büyük değerin olduğu, en düşük enerji başına emisyon miktarına sahip ZRH (Zürih) için en büyük değerin geldiği görülmektedir.

Tablo 13: Normalize C3 Verileri

	Tüketilen Enerji	ISO 50000 Ailesi	Enerji Ver. Çalışmaları	Biyoyakıt Kullanımı	CO2/MWh
SIN	0,7777894	0	0,75	0	0,651444576
ICN	0,0710353	1	0,5	0	0,859752628
HKG	0,8523181	0	0,5	0	0
MUC	0,7440297	0	0,5	0	0,821160931
LHR	0,873604	1	0	0	0,707763426
ZRH	0,6798963	0	0,25	0	1
FRA	0	0	0	0	0,921103381
AMS	0,6644196	1	1	0	0,732326085
YVR	1	0	1	1	0,988779827
VIE	0,9739775	0	0,25	0	0,878807879
CDG	0,5862838	1	0,75	0	0,987574748
YYZ	0,9456081	0	0,25	0	0,749083926
mean	0,6807468	0,333333	0,479167	0,083333	0,774816451

Tablo 14: Normalize C4 Verileri

	Gürültü Azaltma	Gürültü Şikâyet İzleme	Yaban Hayatı Olayı	Biyoçeşitliliği Koruma	ISO 14000 Ailesi
SIN	0	0	0	0	0
ICN	0	0	0	0	0
HKG	1	1	1	0	0
MUC	1	1	0	1	0
LHR	0	1	0	1	0
ZRH	1	1	0	1	0
FRA	1	1	0	1	0
AMS	1	1	1	0	0
YVR	1	1	1	1	0
VIE	1	0	1	0	0
CDG	0	1	0	1	0
YYZ	1	1	1	1	1
mean	0,666667	0,75	0,416667	0,583333	0,083333

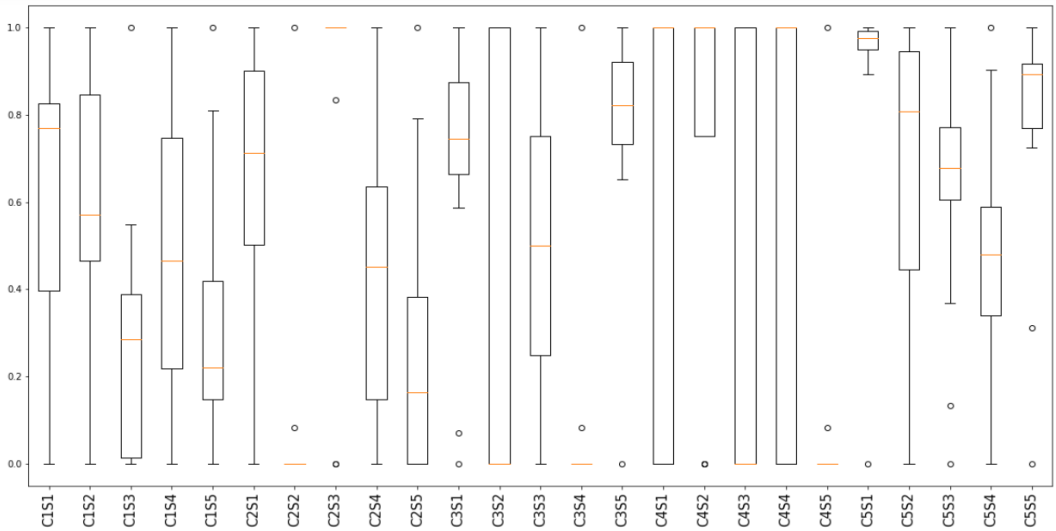
Çevre verileri için bulunan kriterlerin tamamının pozitif etkiye sahip olması beklendiğinden bu Tabloda 14'teki tüm kriterler Denklem 2 ile normalleştirilmiştir.

Tablo 15: Normalize C5 Verileri

	Tüketilen Su Miktarı	Atık Su Miktarı	Üretilen Katı Atık	Geri Dönüştürülmüş Atık	Hava Kirliliği
SIN	0,9654241	0,823488	0,760636	0,115443	0,987382
ICN	0,9323884	0,482793	0	0,720276	0,825868
HKG	0	0,9594	0,65376	0,125901	0,311748
MUC	0,9494123	0,437377	0,771319	1	0,910158
LHR	0,9512195	0	0,604349	0,496396	0,725552
ZRH	0,9950302	0,807961	0,715595	0,465936	1
FRA	0,9784262	0,944196	0,677677	0,901716	0,812618
AMS	0,9909666	0,222567	0,36925	0,451823	0,917519
YVR	0,9874858	1	0,991566	0,549904	0,896876
VIE	1	0,920908	1	0	0,955079
CDG	0,9753564	0,445134	0,134151	0,341151	0,892744
YYZ	0,9913871	0,94614	0,891556	0,588689	0
mean	0,8930914	0,66583	0,630822	0,47977	0,769629

Tablo 15 için yalnızca Geri Dönüştürülmüş Atık hariç diğerleri tersi yani Denklem 2 ile normalleştirilmiştir. Verilerin özellikleri gereği çevreci olma skoruna negatif etkiye sahip olmaları bunu gerektirmiştir. Tablo 15'e bakıldığında en düşük su tüketimine sahip VIE (Viyana) aynı zamanda en düşük katı atık üretimine de sahip olan havalimanıdır. Atık su miktarında YVR (Vancouver) en iyi değere sahipken geri dönüştürülmüş atık kriterinde de MUC (Münih) en yüksek değere sahiptir. Son olarak hava kirliliğinde en iyi değere sahip olan havalimanı ZRH (Zürih) olmuştur.

Şekil 10: Normalize Verilerin Dağılımı



Kaynak: Yazar

Normalleştirilmiş verilerin kutu grafiği Şekil 10 ile gösterilmektedir. Bu grafikte verilerin dağılımları gözlemlenebilmektedir. Normal, negatif eğik ya da pozitif eğik dağılım bu grafikten anlaşılabilmektedir. Kutu grafiğinin özelliği olarak kutular verilerin %50'sini gösterir ve kutuların sınırları verilerin tümünün 1. ve 3. çeyreğinin limitlerine karşılık gelmektedir. Kutuların içindeki çizgi ise o veri kümesinin medyan değerine işaret etmektedir. Kutu dışında kalan diğer %50 ise en düşük ve en yüksek değerler dahil aykırı değerleri göstermektedir. Yalnızca 0 ve 1'den oluşan kümelerde herhangi bir kutu olmaması dağılımın en düşük ve en yüksek verilerden oluşmasından kaynaklanmaktadır. Buna farklı bir örnek ise sıfır ve bir değerlerinin neredeyse eşit dağılması durumunda ise grafikte kutunun boyu en geniş şekilde olacak ve ortanca değer mutlaka bir limit ile aynı noktada olacaktır.

3.1.2. Skorların Hesaplanması

Denklem 4: Üst Kriterlerin Toplamları

$$C_{toplam} = \sum \{ S1+S2+S3+S4+S5 \}_{normal}$$

Normalleştirilmiş veriler her havalimanı için her üst kriter adına denklem 4'e göre sonuçlandırılmıştır. Tablo 16 havalimanları bazında operasyonel, emisyon, enerji, çevre ve kirlilik üst kriterlerinin toplam skorlarını vermektedir. Bu veriler ile her bir kriter içinde hangi havalimanının en iyi ve en kötü olduğuna dair bilgilere ulaşılabilmektedir. Bakıldığında operasyonel olarak en iyi skora sahip havalimanı CDG (Paris) olurken en kötü skora sahip havalimanının VIE (Viyana) olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi havalimanı büyüklüğü ve operasyonel hacmidir. Emisyon tarafında bakılacak olursa en iyi skora sahip havalimanının AMS (Amsterdam); en kötü skora sahip havalimanının ise ICN (Incheon) olduğu gözlemlenebilmektedir. Enerji konusunda göstergeler için skorların en iyisine sahip havalimanı YVR (Vancouver) olurken en düşük skor FRA'ya (Frankfurt) aittir. FRA (Frankfurt) diğer kriterlerde ortalamanın üstünde kalırken bu üst kriter için toplam skorda en düşük değere sahip olmuştur. SIN (Singapur) ve ICN (Incheon) çevre üst kriterinde en düşük skora sahip havalimanlarıyken bu grupta en iyi skor YVR'ye (Vancouver) aittir. Son ve çevre için bir diğer önemli kriter olan kirlilik için yine YVR

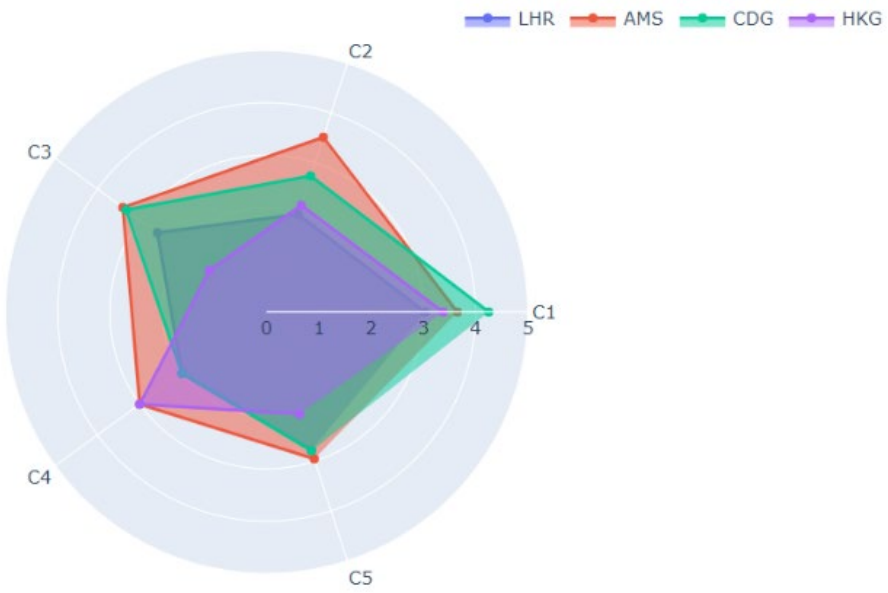
(Vancouver) en iyi skora sahip olurken tahmin edileceği üzere en düşük skor HKG'ye (Hong-Kong) aittir.

Tablo 16: Toplam Skorlar

	C1	C2	C3	C4	C5
SIN	2,362024	0,886761	2,179234	0 ↓	3,6523726
ICN	2,434599	0,613778 ↓	2,430788	0 ↓	2,9613254
HKG	3,379944	2,145145	1,352318	3	2,0508088 ↓
MUC	1,486639	2,61295	2,065191	3	4,068267
LHR	3,03229	1,964678	2,581367	2	2,7775157
ZRH	0,202723	2,914549	1,929896	3	3,9845215
FRA	3,611016	2,911828	0,921103 ↓	3	4,3146328
AMS	3,65348	3,512654 ↑	3,396746	3	2,9521255
YVR	0,313783	2,405563	3,98878 ↑	4 ↑	4,4258315 ↑
VIE	0,147799 ↓	3,461447	2,102785	2	3,8759866
CDG	4,251539 ↑	2,73553	3,323859	2	2,7885374
YYZ	2,064078	1,832014	1,944692	5	3,4177721
mean	2,244993	2,333075	2,351397	2,5	3,4391414

Havalimanlarının üst kriterler bazında sonuçları yukarıda bahsedildiği gibidir. Bu sonuçların görsel olarak ifade edilmesi gerekirse aşağıdaki şekillere bakılmalıdır. Bu şekillerde tek seferde tüm havalimanlarının aynı anda verilmesi karışıklık yaratabileceği göz önünde tutularak havalimanları 3 grupta incelenmiştir. Bu gruplar yolcu sayılara göre şekillenmiştir. İlk grupta LHR (Heathrow), AMS (Amsterdam), CDG (Paris) ve HKG (Hong-Kong) bulunurken bu havalimanlarının kriterlere göre toplam skorları Şekil 11'de görüldüğü gibidir.

Şekil 11: Birinci Grup Havalimanları

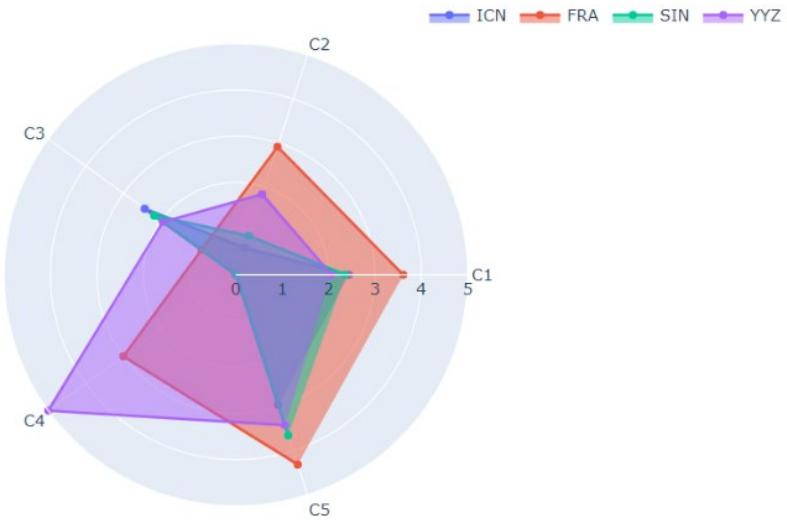


Kaynak: Yazar

C1 için operasyonel veriler adına CDG'nin (Paris) ardından AMS'nin (Amsterdam) geldiği anlaşılmaktadır. C2'ye bakıldığında emisyon verilerinde AMS'nin daha yüksek skoru bulunmaktadır. C3 için AMS (Amsterdam) ile CDG'nin (Paris) verileri hemen hemen eşit seviyelerde olduğu anlaşılmaktadır. C4 ise grafiğe göre HKG (Hong-Kong) ve AMS (Amsterdam) aynı seviyelerdedir. Son olarak C5 için yine CDG (Paris) ve AMS (Amsterdam) neredeyse birbirine yakın değerlerdedir. Bu grafikten AMS'nin neredeyse tüm grafik sınırlarına en yakın havalimanı olduğu anlaşılmaktadır.

İkinci grup için bakıldığında içinde ICN (Incheon), FRA (Frankfurt), SIN (Singapur) ve YYZ (Toronto) havalimanlarını barından Şekil 12 aşağıdaki gibidir. FRA (Frankfurt) ve YYZ (Toronto) bu grup içinde diğerlerine nazaran sınırlara en çok yaklaşan havalimanlarıdır. ICN (Incheon) ve SIN (Singapur) bu grafikten de anlaşılacağı üzere C4 için 0 değerine sahiptir. FRA (Frankfurt) için istisnai olan durum ise C3 enerji değerleridir. C4'e göre C3 için özellikle ICN (Incheon) bu grup içinde en iyi skora sahip havalimanıdır.

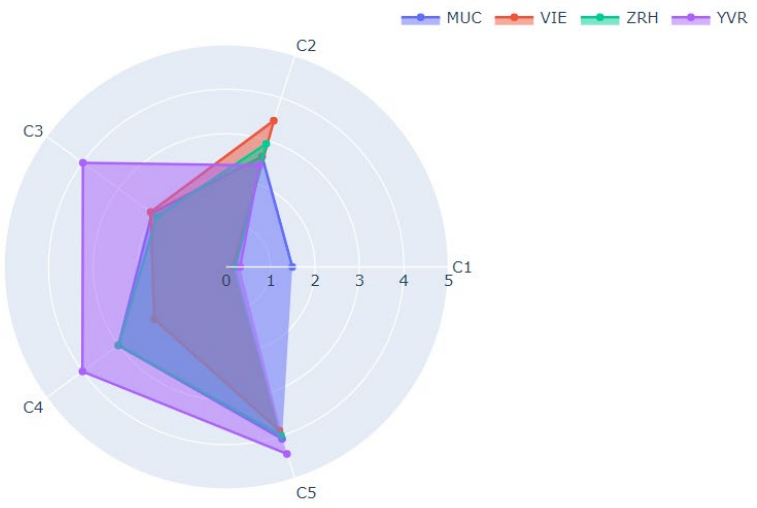
Şekil 12: İkinci Grup Havalimanları



Kaynak: Yazar

Üçüncü grup havalimanları için Şekil 13'e bakıldığında C1 operasyonel veriler için sıfıra yakın değerlerin olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarının işletme hacmine bağlı olarak gelişen bir sonuçtur. Diğer yandan C2 emisyon verileri için VIE (Viyana) havalimanının yüksek değere sahip olduğu gözlemlenmektedir. Diğer üst kriterlerde YVR (Vancouver) sınıra en çok yaklaşan havalimanı olmuştur. Bu durum ise YVR'nin (Vancouver) sürdürdüğü çevre politikalarından kaynaklanabilmektedir. Genel olarak tüm havalimanlarını bu çizilen sınırlar içinde ve dolayısıyla bu grafiklerde birbirileri ile karşılaştırmak mümkün olmuştur. Çalışmanın nihai çevresel performans skoru sonuçları ilerleyen başlıkta gösterilmektedir.

Şekil 13: Üçüncü Grup Havalimanları



Kaynak: Yazar

3.2. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

Havalimanlarına ait önceden hazırlanmış çevresel sürdürülebilirlik performans metriklerine uygun olan veriler ilgili kaynaklar toplanarak bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setindeki verilerin daha iyi anlaşılması ve veri okur yazarlığı adına kolaylık sağlaması için veriler normalleştirilerek belirli bir referans aralığına indirgenmiştir. Ardından bazı denklemler ile havalimanlarına ait skorlara ulaşılmış ve bu skorlar her üst kriter için ayrıca hesaplanmıştır. Buradan sonra nihai skorlara ulaşabilmek için Denklem 5 devreye alınmıştır. Bu denklem bize tüm üst kriterlere ait skorların ortalamalarını vererek tüm analizin son aşaması olan sıralama için bir sonuç tablosu sunmuştur. Bu sonuç, Tablo 17'de görüldüğü üzere havalimanlarının nihai skorları ile sıralanmasını içerir.

Denklem 5: Üst Kriterlerin Ortalaması

$$PS\ 1 = \{ (C1+C2+C3+C4+C5) \div 5 \}$$

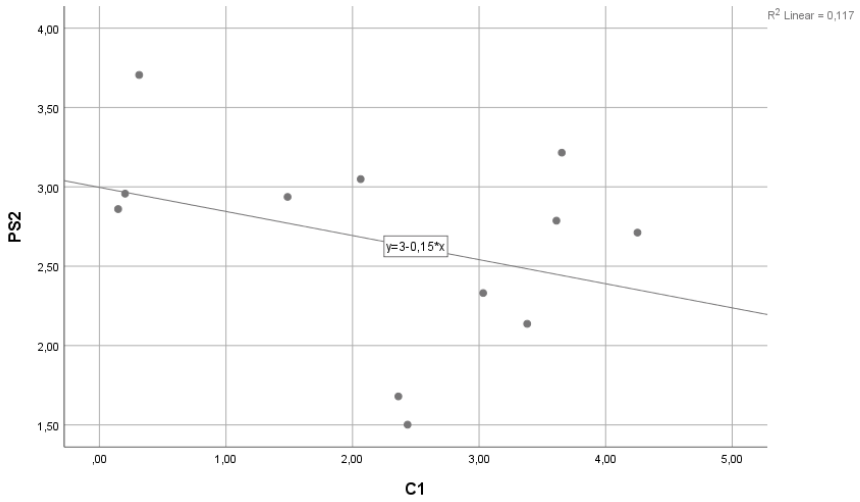
$$PS\ 2 = \{ (C2+C3+C4+C5) \div 4 \}$$ *operasyonel veriler hariç*

Tablo 17: Toplam Skorlara Bağlı Sıralamalar

S	ST	Havalimanı	PS1	Havalimanı	PS2
1	14	AMS	3,303001	YVR↑	3,705043
2	17	YVR	3,026791	↓AMS	3,215381
3	30	CDG	3,019893	YYZ↑	3,04862
4	12	FRA	2,951716	ZRH↑	2,957242
5	50	YYZ	2,851711	↑MUC	2,936602
6	7	MUC	2,646609	VIE↑	2,860055
7	8	LHR	2,47117	↓FRA	2,786891
8	10	ZRH	2,406338	↓CDG	2,711982
9	5	HKG	2,385643	↓LHR	2,33089
10	19	VIE	2,317604	↓HKG	2,137068
11	1	SIN	1,816078	SIN	1,679592
12	3	ICN	1,688098	ICN	1,501473
		mean	2,573721	*mean*	2,655903

Yukarıda nihai sonuçlara ulaşılabilen tabloda soldaki sütun operasyonel verilerin dahil edilerek yapılan hesaplama neticesinde oluşan sıralamayı içerirken sağdaki sütun operasyonel verilerin dahil edilmeden yapılmış hesaplama sonucu ile elde edilen sıralamayı göstermektedir. Sol sütun beklenildiği üzere AMS (Amsterdam) için en yüksek skor ve ICN (Incheon) için en düşük skoru vermiştir. Örneklem sayısına bakıldığında çevreci olarak kabul edilebilecek bir sınırın olmaması doğaldır fakat 3 ve üzeri skora sahip olan havalimanlarının diğerlerine nazaran çevreci olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Analizin göreli bir performans ölçümünü içermesi hem örneklemin hem de ölçüm aracının subjektif olarak ele alınmasından kaynaklanmıştır. Veri setinin gerçek operasyon verilerinden oluşması çalışmanın bu yanını destekler nitelikte olmuş ve veriler havalimanı işleticilerine ait yayınlanmış raporlardan elde edilmiştir. Bu da sonuçların doğruluğunu destekler nitelikte olmuştur. Hipotezlerden h_0 ‘ı kabul edilemez nitelikte kılan ikinci sütun skorları YVR (Vancouver) havalimanını birinci konuma getirmiştir. İkinci sütun yalnızca çevre verileri ile yapılmış skor hesaplamasında operasyonel verilerin dahil edilmediği durumlarda sıralamanın tamamen değişmediğini göstermektedir. Ayrıca h_0’ın reddedilmesinin bir diğer nedeni ise ilk sütunda operasyonel verilerin dahil edilmesi durumunda dahi büyük havalimanlarının üst sıralarda olmasıdır (AMS (Amsterdam)). Analiz sonuçlarına göre h_1 hipotezi kabul edilebilmektedir. Şekil 12, operasyonel veriler ve diğer verilerin ortalamasının alındığı PS 2 arasındaki ilişkinin negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Şekil 14: C1 ve PS2 için Doğrusal Regresyon



Kaynak: Yazar

Hipotezler ayrı ayrı ele alındığında h_0 operasyonel verilerin çevre skorlarını etkilediğini savunurken, h_1 operasyonel verilerin çevre skorlarını tamamen etkilemediğini savunmaktadır. Operasyonel verilerin yalnızca diğer üst kriterler ile ilişkisine bakıldığında pozitif bir etkinin olmaması sonucu analiz sonunda da belirtildiği üzere h_1'in kabul edilen hipotez olmasına neden olmuştur. Fakat bu çalışma operasyonel verilerin de dahil edildiği bir çevresel performans skoruna ulaşmayı amaçladığından her iki skor sıralaması da çalışma adına değerli olarak kabul edilmektedir. Ayrıca hipotezlerin her biri için tamamen reddedilebilir ya da tamamen kabul edilebilirlik her iki skor ölçümü için değişmektedir. Öte yandan bakıldığında ilk sütunda operasyonel veriler dahil edilse dahi YVR (Vancouver) için sıralamanın yine de çok iyi olduğu ve operasyonel verilerin dahil edilmemesi durumunda yalnızca ZRH (Zürih) havalimanının skoruna kayda değer bir etkide bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu etki elbette YVR (Vancouver) için de iki sütun arasında kıyas yapıldığında en büyük farka sahip havalimanı sıfatını kazandırmıştır ancak AMS (Amsterdam) için bu şekilde 0.2'lik bir düşüş yaşaması operasyonel verilerin bu durumda en etkili üst kriter olmadığı ve bu sıralama değişikliklerinin havalimanı işletme hacmine bağlı olduğu gerçeğini yansıtmaktadır.

Nihai sonuçlara gelindiğinde AMS (Amsterdam) için tüm üst kriterlerin neredeyse en üst seviyede olması sonucun beklenildiği gibi oldu ifadesini açıklamaktadır. YVR (Vancouver), ilk iki üst kriter hariç diğer kriterlerde en iyi skora

sahip havalimanı olması neticesinde sıralamada en yüksek ikinci skora sahip havalimanı olmuştur. CDG (Paris) neredeyse çoğu üst kriterde ortalamaya yakın skorlara sahip olmuş olsa da enerji üst kriterindeki skoru ile nihai sıralamada üçüncü en iyi skoru almıştır. FRA (Frankfurt) havalimanı ise enerji üst kriterindeki en düşük skora sahi havalimanı sıfatına sahip olmasına rağmen bu sıralamada dördüncü sırada bulunmaktadır ve bu durumun sebebi kirlilik üst kriterindeki yüksek skorudur. Kirlilik ve enerji konusunda nispeten iyi skorlara sahip olsalar da emisyon ve çevre için sahip oldukları skorlar ile en düşük nihai skorlara sahip havalimanları ICN (Incheon) ve SIN (Singapur) olmuştur.

3.3. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Havalimanlarının skorları beklenilen skorlardan çok da uzak çıkmamıştır. Bölgesel farklılıklar, bu analizdeki ölçümde bazı havalimanlarını öne geçirmiştir. Örneğin AMS (Amsterdam), CDG (Paris) ve FRA (Frankfurt) bu yargıya örnek olarak gösterilebilecek havalimanlarıdır. Diğer yandan operasyonel verilerin bir avantaj olarak göründüğü analizde YVR (Vancouver) bu algıyı değiştirmiş ve skoru ile çevresel performans konusunda diğerlerine göre çevreci olarak anılmıştır. Bu başlıkta üst kriter olarak adlandırılan kategoriler için havalimanları özelinde değerlendirmeler yapılarak önerilerde bulunulacaktır.

3.3.1. Operasyonel Veriler

Bu üst kriterde havalimanlarının belirli kapasiteleri dahilinde yolcu ve özellikle kargo sayılarına ulaştığı unutulmamalıdır. Elbette mevcut kapasiteler bu sayıların her havalimanı için daha da çok olması için uygundur. Fakat bu gerek endüstrideki rekabet gerekse de havacılığın büyüme hızı ile nitekim farklılık gösterebilmektedir. Operasyonel çıktıların her sene artması beklenir ve bazı yıllar bu değerlerin düşüş yaşaması da olasıdır. Örneğin analiz yapılan yılın ertesi yıl beklenmeyen bir salgının sonucu neredeyse havacılığın durma noktasına geldiği dönemlerde havalimanları da operasyonel istatistiklerinde ciddi bir düşüş görüldü. Nitekim son yıllarda çok daha iyiye ulaşmış olsa da bugün gelinen noktada hala 2019 yılı verilerine ulaşamamış

havalimanları bulunmakta ve bu da insanların yolculuk anlayışları ve alışkanlıklarının değişmesine bağlanabilmektedir. Bu aslında pandemiden hariç bir konu olarak özellikle çevresel sürdürülebilirlikle de ilişkilendirilebilecek bir konu olabilmektedir. Öyle ki yolculukların havacılık dışındaki ikameler ile gerçekleştirilmesi hem ekonomik anlamda bir sekte yaşamış dünyada insanların daha az maliyetler ile seyahat etmelerini sağlarken hem de daha sürdürülebilir olduğuna olan inanç bu yıllardan itibaren artmıştır. Tablo 1'de gösterilen yolcu sayılarından en yüksek olanına sahip olan Atlanta Havalimanı'nın 2022 verilerine bakıldığında yolcu sayısı 93 milyon ile sınırlı kalmıştır (Atlanta Airport, 2023). Bu aslında endüstride 2019 yılına kadar süren hızlı büyümenin havacılığa darbe vuran pandemi etkileri ile belki de endüstrideki değişimin başlaması olarak yorumlanabilmektedir. Havalimanları tek tek incelendiğinde bu kriter içinde en yüksek veriye sahip havalimanının CDG (Paris) olduğu görülmektedir. Bunun sebebi aslında istihdam edilen personel sayısı ile kaplanan alandan kaynaklanmaktadır. Bu veriler dışında genellikle diğer havalimanları 3 ve 2 gibi skorlara sahip olarak ortalamaya yakın değerler almıştır. VIE (Viyana), ZRH (Zürih) ve YVR (Vancouver) bu veri sınıfında özellikle diğerlerine nazaran daha düşük skorlara sahip olurken bu tamamen kapasite ve diğer havalimanlarına göre daha az tercih edilme ile açıklanabilmektedir. Bu kriter içinde özellikle ilk üç alt kriter için havalimanlarının havayollarını ve dolayısıyla yolcuyu daha çok kendilerine çekme faaliyetleri sonucunda artış yaşanacağı kesindir. Özellikle değişen alışkanlıklar ve ekonomik koşullar nispeten daha küçük ve ekonomik havalimanlarına olan ilgiyi, düşük maliyetli taşıyıcılar tarafından artırmaktadır.

3.3.2. Emisyon Verileri

Emisyon üst kriterinde alt kriterlere bağlı kalınarak oluşturulan skorlara bakıldığında ICN (Incheon) ve SIN (Singapur) diğer havalimanlarına nazaran en düşük skorlara sahip olan havalimanlarıyken bu havalimanlarına ek olarak LHR (Heathrow) ve YYZ'de (Toronto) ortalamanın altında skorlara sahip olmuşlardır. Üst kriter altında toplanan veriler özelinde incelendiğinde kapsam 1 ve 2 emisyonları havalimanlarının skorlarını en çok belirleyen bir değerdir. Buna ek olarak karbon nötr olma hedefi ve düşük emisyonlu yer aracı da bu skoru belirleyici alt kriterler olmuştur.

Düşük skorlara sahip havalimanlarının bu anlamda neden bu sonuçlara sahip olduğu açıklanabilmektedir. Diğer yandan bu üst kriter içinde en yüksek skor çalışmanın nihai sonuçlarında da başı çeken AMS'a (Amsterdam) aittir. Bu skorun nedenleri ise emisyon miktarı gibi önemli bir göstergeden ortalamanın altında kalması ve diğer verilerde de ortalama üstüne çıkabilmiş olmasıyken en kritik neden havalimanı karbon emisyon akreditesi seviyesinin diğer tüm havalimanlarına göre bir değer fazla olmasıdır. Bu kapsamda havalimanlarının özellikle havalimanı faaliyetlerini kapsayan süreçlerdeki emisyon oranlarının azaltılmasına yönelik güçlü politikalara ihtiyaçları vardır. Öte yandan karbon nötr hedefinin 2020 yılı itibariyle bu örneklem içindeki havalimanlarının tümünde var olduğu söylenebilir. 2019 yılından sonraki yıllarda yine bu örneklemdeki havalimanlarının ACA seviyesinde ilerlemeler olduğu fakat bunun hepsi için geçerli olmadığı da bilinmektedir. Taksi süresi alt kriterinde ise havalimanlarının bu konuda yapı ile ilgili sınırlılıkları olabilmektedir. Bu konuda da havalimanlarının doğru bir planlama ile taksi sürelerinde iyileştirmelerin gerçekleşeceği bilinmektedir. Özellikle yoğun havalimanlarında taksi sürelerinin daha uzun olabileceği ön görüldüğünden burada yine bir yapısal planlama iyileştirmesi gerekebilmektedir. Son olarak düşük emisyonlu yani elektrik destekli ya da fosil yakıt kullanmayan içten yanmalı motorlara sahip araçların kullanımının artırılması ile ilgili veri konusunda havalimanları günümüzde girişimlerde bulunmaktadırlar. Fakat bu girişimlerin daha çok maliyetleri artırması belki de bu girişimleri erteleyen nedenlerden biridir. Bu durumun dış kaynak olarak iş birliklerinin sağlanması ve havalimanı kullanıcısı diğer kuruluşların da bu kapsamda teşvik edilmesi hem havalimanı hem de genel anlamda havacılığın daha çevreci olması yolunda etkili bir kilometre taşı olarak nitelendirilebilmektedir.

3.3.3. Enerji Verileri

Enerji tüketimi, enerji yönetim sertifikası, enerji verimliliği, sürdürülebilir yakıt kullanımı gibi alt kriterleri içeren bu üst kriterde havalimanları tükettikleri enerji ile genellikle skorunu belirlemişlerdir. İlk veri sınıfında nihai skoru iyi olmasına rağmen dikkat çeken FRA (Frankfurt) en düşük skora sahip olmuştur. Genellikle bu kriterde ortalama değer 400 bin mega watt olsa da FRA (Frankfurt) ve ICN (Incheon) bu

değerin iki katından daha fazla bir tüketim verisi açıklamışlardır. Elbette diğer alt kriterlerden de belirleyici olan göstergeler bulunmaktadır. Özellikle enerji yönetim sertifikası örneklemde toplamda 4 havalimanında bulunmaktadır. Bir diğer belirleyici ise enerji verimliliği çalışmalarıdır. Bu veri sınıfında veriler havalimanlarının faaliyet ve sürdürülebilirlik raporlarında açıkladığı ölçüde işlenmiştir. Belirli bir standarda dayandırılmamış ve önceki çalışmalardaki analize dahil edilmiştir. Belirli bir standardın olmamasına karşın enerji verimliliği sayılabilecek temel faaliyetlere öncelik verilmiş ve havalimanlarının çoğunlukla benzer faaliyetleri gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. Son olarak enerji başına emisyon oranları da havalimanlarının emisyon salınımı ve enerji tüketiminin bir değerde incelenmesini içermiş ve bu anlamda her iki veri sınıfında yüksek skorlara sahip havalimanları avantajlı hale gelmişlerdir. Bu koşullarda havalimanlarının enerji tüketimi konusunda yoğun verimlilik çalışmaları yapması kaçınılmazdır. Çünkü tüketilen her enerji havalimanı maliyetlerini artıracaktır. Bunun dışında çalışmanın konusu açısında ise doğal kaynakların aşırı tüketilmesi gelecek adına tehlike arz ederken endüstrinin gelişimini de tehdit edecek yegâne bir olgudur. Buna bağlı olarak özellikle ısınma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC, Heating, Ventilation, And Air Conditioning) sistemlerinin optimize edilmesi yönünde havalimanlarının daha etkili faaliyetler sürdürmesi gerekmektedir. Küresel anlamda bir sertifikaya sahip olmak havalimanını hem çevre konusunda öne çıkaracak hem de bir işletme olarak havalimanlarının finansal çıktılarına olumlu yansıyacaktır. Bu kapsamda ise enerji yönetim standartlarından ISO 50000'in edinilmesi önem taşımaktadır. Bir diğer alt kriter olan biyoyakıt kullanımı bir önceki üst kriterde bulunan düşük emisyonlu yer aracı sayısı kriteri ile bağdaştırılabilir bir veri olarak ele alınmış ve bu konuda ise örneklemden yalnızca bir havalimanının verisinin raporda paylaşıldığı görülmüştür. Bu bağlamda da havalimanlarının sürdürülebilir alternatif yakıtlara yönelmesi ve araçlarını bu anlamda teknoloji ile revize etmesi çevreci olması yolunda önemli bir katkıya sahiptir.

3.3.4. Çevre Verileri

Havalimanlarının bulundukları konumda çevreleri ile interaktif bir ilişkileri bulunmaktadır. Bu ilişkileri sonucu özellikle gürültü ve yaban hayatı kapsamında

çevresel etkilerinin de olması kaçınılmaz olabilmektedir. Bu etkilerin yönetilmesi havalimanlarının faaliyetlerini sürdürebilmesi açısından özellikle önem taşırken bu kapsamda havalimanlarının bağlı olduğu otoriteler ve havacılığın düzenleyici kuruluşları bazı sınırlamalar getirmektedir. Bu sınırlamalara uyum havalimanlarının politikaları ile sağlanmaktadır. Fakat bu durum tüm havalimanları için gerçekleşebilir olamamaktadır. Özellikle gürültü azaltımı kapsamında belirli desibel seviyelerinin altına inemeyen havalimanları bu üst kriter içinde işlenen verilerde diğer havalimanlarına göre bir dezavantaja sahip olmuştur. Diğer yandan buna bağlı şikayetlerin kaydedilmesi ve çevreden gelen bildirimlere göre düzenlemeler yapılması da havalimanlarının çevresel etkilerini azaltacak faaliyetlerdir. Bu kapsamda da havalimanlarının bir gürültü şikâyet hattına sahip olması bu grup içindeki göstergelerden birini oluşturmuştur. Bir diğer önemli olan gösterge ise yaban hayatının izlenebilirliğidir. Havalimanlarının bulundukları bölgede yaşayan coğrafyaya özgü canlıların varlığı mümkündür ve uçaklar için genellikle bu canlılar kuşlar olabilmektedir. Bu doğrultuda da havalimanlarının yaban hayatı faaliyetleri içinde verileri paylaşması üçüncü alt kriteri oluşturmuştur ve bunu raporlarında paylaşan havalimanı sayısı da oldukça azdır. Yaban hayatı konusuna nazaran biyoçeşitliliği koruma faaliyetleri kapsamında örneklemdeki havalimanları olumlu olma konusunda yarıya bir çıktı vermektedir. Son olarak bir önceki üst kriterde olduğu gibi bir dünya standardına sahip olmak da çevre etkilerinde belirli bir düzeyde başarılı olmayı kanıtlamayı sağlarken bu veri sınıfında da yalnızca bir havalimanının birden fazla sertifikaya sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda gürültü konusunda havalimanlarının hükümet ya da havacılık otoritelerince getirilen düzenlemelere uyması hem çevredeki yaşam alanları için konfor düzeyini artırmakta hem de bulunulan şehrin kalitesini artırmakta önem taşımaktadır. Yaban hayatı konusunda neredeyse tüm havalimanlarının mücadele faaliyetleri olduğu bilinirken bu hususta verilerin şeffaflığının sağlanması çevresel anlamda havalimanlarına endüstri içinde olumlu görüşler kazandıracaktır. Biyoçeşitliliği koruma kapsamında ise bulunulan coğrafya şartlarına göre havalimanlarının çevresinin daha yeşil hale getirilmesi yönünde faaliyetlerin yürütülmesi çevreye verilebilecek tahribatın karşılığı olarak nitelendirilmelidir. Son olarak çevresel anlamda bir sertifikaya sahip olunması havalimanlarının endüstriyel olarak dünya genelinde kabul görmüş bir çevre öncüsü olması yönünde olumlu etkilere sahiptir.

3.3.5. Kirlilik Verileri

Bu üst kriter kapsamında işlenen veriler havalimanlarının çevrelerine olan etkilerinin kirlilik boyutunu ele almıştır. Bunlardan ilki su tüketimi konusunda HKG (Hong-Kong) dikkat çekici bir veriye sahip olurken bu veri örneklemin ortalamasını kendisinden sonra gelen en yüksek veriye sahip havalimanı verisinin bile iki katına çıkarmıştır. Fakat bu durumun bir açıklaması elbette raporlarında bulunmaktadır. Buna bağlı olarak aynı havalimanının atık su miktarı da ciddi oranda ortalamanın altında kalmaktadır. Diğer yandan üretilen katı atık miktarı veri sınıfında da en uç veriler ICN (Incheon) ve VIE'ye (Viyana) ait olmuştur. Bu üretim miktarının geri dönüştürülme oranlarının da gösterge olarak alındığı ve bunun dördüncü alt kriterde verildiğini söylenebilir. Bu veri sınıfında ise örneklem havalimanları içinde geri dönüştürme kabiliyeti en yüksek havalimanı MUC (Münih) olmuştur. Bu hem teknoloji ile hem de bir sürdürülebilirlik politika başarısı ile gerçekleşmiştir. Değerlendirme aşamasında son olarak ele alınan alt kriter hava kirliliği havalimanlarının bulundukları bölgeyi ilgilendiren ve bundan oldukça etkilenen bir veri olarak nitelendirilebilir. Öyle ki havalimanları bu verilere oldukça önem vererek ortalama on noktadan farklı ölçümler gerçekleştirmektedirler. Bu kirlilik verisi içinde çalışmanın analizinde sadece belirli bir maddenin dahil edilmesi araştırmanın kısıtlılığı olurken bu konuda bazı verilere ulaşılamaması da analiz verisinin belirlenmesinde etkili olmuştur. Bu kapsamda en iyi değere sahip olan havalimanı ZRH (Zürih) olmuştur. Öyle ki bu göstergeler için havalimanlarının su tüketimi konusunda verimlilik sağlamaları gerektiği ve bu noktada kullanılan suların geri dönüştürülme ve arıtılma olanaklarının iyileştirilmesi gerektiği kanısına varılabilmektedir. Katı atık konusunda ise yolcu sayısına bağlı olarak değişen bir verinin yine geri dönüşüm ile çevre etkilerinin azaltılması mümkün görünmektedir. Hava kirliliğinde ise taksi sürelerinin iyileştirilmesi ve diğer ilişkili verilere bağlı teknolojik revizyonların sağlanması havalimanlarının yüksek skorlara ulaşmasına ve dolayısıyla bulunulan şehrin hava kalitesinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Havacılık, küresel anlamda kayda değer bir işletme hacmine sahip endüstrilerin başında gelmektedir. Bu nedenle sürdürülebilirlik kavramının endüstriye tam olarak uyarlanabilmesi ve bunun tüm kürede eş zamanlı olarak gerçekleşmesi mümkün olamamıştır. Bu yargının bazı nedenleri, çevresel sürdürülebilirlik için belirli hedeflerin net olmaması ve kaynakların etkili kullanımının belirlenememesi ile havacılık endüstrisinin çevresel etki payının belirsizliği, öncelikli doğal kaynakların belirlenememesi ve hızla büyüyen endüstrilerde teknolojik gelişmelerin çevrecilik politikalarıyla uyumlu bir şekilde yürütülmemesi olarak özetlenebilir. Bu gibi daha çok özelleştirilebilecek birden fazla neden, havacılığın ya da havalimanlarının sürdürülebilirliğinin kesin ve net bir analizinin yapılamamasını açıklar niteliktedir. Elbette sürdürülebilirliğin kesin yargılarına ulaşılamazken etkiler göz ardı edilmemekte ve bunlar nicelik ya da nitelik olarak değerlendirilmelere tabi tutulmalıdırlar. Örneğin büyük ve merkezi bir konumda yer alan havalimanının daha çok yolcu tarafından tercih edildiğini ve bunun tam tersi olan daha kırsal ya da merkeze uzak bir konumda yer alan havalimanının daha düşük maliyetli hava yolculuklarında tercih edildiği tahmin edebilir. Bu tahmin aslında hangi havalimanının daha çevreci ve daha sürdürülebilir olduğunun da cevabını da verebilmektedir. Bu nedenle kesin yargılara sahip olunamayan fakat belli göstergeler yardımıyla analizlerle bulunabilen havacılık ve hatta daha özeli olan havalimanlarının çevresel sürdürülebilirlikleri ilgi çekici ve araştırmaya değer bir konu olarak literatürde yer edinmiştir.

Ön tahminler üzere çıkılabilen bir yolda birden fazla parametrenin sonuçları etkilediği de göz önünde tutulması gereken bir gerçektir. Bu, aslında küçük ve daha az yolcuya ev sahipliği yapan havalimanlarının her zaman çevreci olması sonucuna ulaşılamayacağını açıklamaktadır. Öyle ki bölgelerden ve bulunulan ülkelerden kaynaklanan sürdürülebilirlik üzere yürütülen politika farklılıkları sonuçları ciddi oranda değiştirebilmektedir. Bu çalışmanın örnekleminde bulunan sonuçlar özellikle yolcu memnuniyet sıralamasına göre değerlendirildiğinde sonuç hayli şaşırtıcı çıkmıştır. Çevre skorlarında son iki sıraya sahip olan ICN (Incheon) ve SIN (Singapur) memnuniyet anketlerinde uzun sürelerdir ilk sıraları paylaşan havalimanlarıdır. Bu bulundukları bölgelerdeki yürütülen politikaların çevreci olmadığı anlamına ve daha

çok yolcu konforu odaklı faaliyetlerin sürdürüldüğü anlamına gelebilmektedir. Bakıldığında bu ikisini aynı anda başaran politikaların daha çok Avrupa havalimanları adına yürütüldüğü söylenebilmektedir. Bu, çalışmanın nihai bulguları ile de açıklanabilir nitelikte bir ifadedir. Özellikle havacılık otoriterlerince sık denetlenen ve havacılık endüstrisine yön veren ulusal otoritelere sahip olan havalimanlarının bu sonuçlara göre beklenildiği gibi diğer havalimanlarına göre daha çevreci olduğu gözlemlenmiştir. Bu teknolojik avantajlardan kaynaklanabilirken özellikle havacılığın temel araçları olan uçak ve yer aracı gibi yeni teknolojiyle donatılmış daha çevreci araçların yoğunlukla kullanılmasıyla açıklanabilmektedir.

Çalışma, yapılış amacı gereği havacılık endüstrisinin sürdürülebilirliği kapsamında havalimanlarına ait çevresel performansın göreli bir değerlendirilmesine yönelik gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sürdürülebilirlik kavramı geniş ve etraflıca açıklanmış ve endüstri ile bağdaştırılmış, literatürdeki çalışmalar taranarak anlatılmıştır. Daha sonra çalışmanın analizi için metodoloji aşamalarından bahsedilerek veri toplama ve veriyi işleme aşamaları detaylandırılarak anlatılmış ve bunun sonunda da çalışmanın nihai bulgularına ulaşılmıştır. Literatürde bu konuya yönelik yapılmış çalışmalarda çoğunlukla kullanılan yöntemlerin çok kriterli karar verme yöntemleri olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da bu yönteme benzer bir analiz kullanılmıştır. Analiz havalimanlarının seçimi, havalimanlarına ait analiz edilebilecek verilerin ya da konu dahilinde söylemek gerekirse göstergelerin belirlenmesi ve bunların havalimanı işleticilerine ait raporlardan elde edilmesi sonucu bir veri setinin oluşturulması, veri setinin içinde ilintinin aranması ve bu doğrultuda yorumlar yapılması, nihai sonuçlar için kriter olarak da belirtilen değerlerin bazı denklemler ile hesaplanması ve havalimanlarının bu hesaplamalar sonucu elde edilen skorlar ile sıralanmasını içermiştir. Bu analiz içinde gösterge kategorisi ve bunun altında işlenen verinin aslında kriter olarak belirtilmesinin nedeni bir karar verme aracı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu minvalde elde edilen sonuçlara göre havalimanları yöneticilerinin hangi üst kriter kapsamında aldığı politika kararlarının daha iyileştirilebilir olduğu görülebilmektedir. Örneğin Frankfurt Havalimanı için C3 Enerji üst kriterindeki sonuçlara bakıldığında tüm sıralama içindeki ortalama altında kalan skorlara sahip olan havalimanlarından da düşük bir değerin varlığı görülmektedir. Bu durum FRA (Frankfurt) için enerji yönetiminde yeni ve güncel kalınamaması ve

çevresel etkiler konusunda enerji başlığı altında toplanabilecek tüm faaliyetlerin revize edilmesi için politikalar geliştirilmesini göstermektedir.

Bu çalışmanın Türkiye'de bulunan havalimanlarıyla da yapılmasının özellikle devlet yönetiminde bulunan havalimanlarının çevresel etkilerinin azaltılması hususunda olumlu sonuçlar doğuracağı beklenmektedir. Ayrıca bölgeler arası farklılıkların analiz sonuçlarını etkilediği ve bunun olumlu olduğu düşünülmektedir. Öyle ki tek bir bölge içinde yapılan analiz ile havalimanlarının kıyaslanamayacağı ve dolayısıyla bir havalimanının skorunun o bölgede kötü fakat bölge içinde iyi olarak anılabilecek olması mümkündür. Bu çalışmada örneklem olarak seçilen havalimanları bulundukları ülke politikalarından bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın içinde belirtilen "sürdürülebilir havalimanları için performans metriği" farklı havalimanları ile değerlendirilerek sonuçlar karşılaştırılabilir. Bu metrik uzman görüşleri ile desteklenerek gelecek çalışmalarda daha sağlıklı analizler yapılması için de uygundur. Çalışmanın sınırlılıkları gereği daha fazla sayıda havalimanının örnekleme dahil edilememesi kısmen çalışmanın daha dar sonuçlar vermesine neden olmuştur. Fakat bu, sonuçların kendi aralarında kıyaslanması için bir kısıt oluşturmamıştır. Havalimanlarının şeffaf veri paylaşımı hususunda daha titiz olması gelecek çalışmaların daha büyük örnekleme sahip olunacağını açıklamıştır. Öyle ki bu çalışmada yalnızca yirmi havalimanı için yaklaşık olarak elli rapor taranmış ve yine yaklaşık olarak yüz kadar web sitesi sıklıkla ziyaret edilmiştir. Subjektif bir yargıyla yorumlanacak olursa memnuniyet oranının havalimanlarının şeffaflığı ile pozitif bir ilişkisi bulunmamaktadır. Bu açıdan bazı havalimanlarının analiz edilmeden de çevre açısından sürdürülebilirliği olumsuz olarak eleştirilere maruz kalabilmektedir. Diğer yandan havalimanlarının 2019 yılından sonra daha farkındalıklı bir endüstride operasyonlarını sürdürmesi çevre açısından daha olumlu sonuçlar doğurabilmektedir.

KAYNAKÇA

1.Kitaplar

Altuntaş, Hülya (2019). Biodiversity Management. Sustainable Aviation (ss. 81-95). Springer International Publishing. Manhattan: Springer.

Altuntaş, Önder, Yasin Şöhret ve Tahir Hikmet Karakoç (2019). Fundamentals of Sustainability. Sustainable Aviation, 3-5. Manhattan: Springer.

Carroll, Archie, Ann Buchholtz (2008). Business and Society: Ethics and Stakeholder Management, 7th Edition (7. bs, C. 1). South-Western Cengage Learning.

Carson, Rachel (1962). Silent Spring (L. Darling, Ed.). Boston: Houghton Mifflin.

Dolbeer, Richard (2013). The History of Wildlife Strikes and Management at Airports. Içinde T. L. DeVault, B. F. Blackwell, & J. L. Belant (Ed.), Wildlife in Airport Environments: Preventing Animal–Aircraft Collisions (ss. 1-8).

Grantham, DJ, Nadine Tunstall Pedoe, David Raper ve John Holden (1996). "Surface water contamination caused by airport operations." Environmental management at airports, 104-121. Thomas Telford Services.

Hofstetter, Helmut, Nadine Tunstall Pedoe, David Raper ve John Holden (1996). "Groundwater protection measures at the new Munich Airport." Environmental management at airports. 146-169. Thomas Telford Services.

Meadows, Donella, Dennis Meadows, Jorgen Randers ve William Behrens (1972). The Limits to Growth: A Report to The Club of Rome. New York: Universe Book.

Palmer, Walter J (2016). "Will sustainability fly? Aviation fuel options in a low-carbon world. London: Routledge.

Peet, Richard ve Elaine Hartwick (1999). Theories of Development, Third Edition: Contentions, Arguments, Alternatives. Guilford Press (Third-2015).

Pezzey, John ('Jack') (1989). "Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development." The International Bank for Reconstruction and Development. Washington: The World Bank.

Rosen, Marc (2012). "Environment, ecology, and exergy: enhanced approaches to environmental and ecological management." 1-369. Ontario: Nova

Theis, Tom ve Jonathan Tomkin (2018). "Sustainability: A Comprehensive Foundation." Houston: OpenStax CNX

Upham, Paul (2003). Towards Sustainable Aviation. London: Earthscan.

Wald, Aandreas ve Christoph Fay (2010). Introduction to Aviation Management (R. Gleich, Ed.). Berlin: Lit Verlag.

Williams, Victoria (2008). Impact of the Aviation Sector on the Environment. Içinde Myer Kutz (Ed.), Environmentally Conscious Transportation, 301-329. John Wiley & Sons.

Wittmer, Andreas, Thomas Bieger ve Roland Müller (2021). Aviation Systems-Management of the Integrated Aviation Value Chain. Berlin: Springer.

2. Makaleler, Bildiriler, Diğer Basılı Yayınlar

ACI (2017). Sustainability Policy Statement Background (sf. 1-3). Montreal: ACI.

AENA (2019). Memoria de Responsabilidad Corporativa 2019. Madrid: AENA.

AENA (2021). Sustainability Strategy 2021-2030. Madrid: AENA.

Airport Authority Hong Kong (2020). Sustainability Report 2019/20. Hong Kong: Airport Authority Hong Kong

Airport Authority Hong Kong (2021). Sustainability Report 2020/21. Hong Kong: Airport Authority Hong Kong

Airport Suppliers (2019). Toronto Pearson International Airport. Silverton: Airport Suppliers.

Al Sarrah, Majid, Mian Ajmal ve Charilaos Mertzanis (2020). "Identification of sustainability indicators in the civil aviation sector in Dubai: a stakeholders perspective." Social Responsibility Journal, 17(5): 648-668.

Alba, Sergio Ortega ve Mario Manana (2016) "Energy Research in Airports: A Review." Energies, Vol. 9, Page 349, 9(5): 349.

Alquezar, Renata ve Regina Macedo (2019). "Airport noise and wildlife conservation: What are we missing?" Perspectives in Ecology and Conservation, 17(4), 163-171.

Anttila, Timo ve Annika Kretzschmar (2010). Application of CSR Programs In The Air-Line Industry. Yüksek Lisans Tezi. Saimaa University of Applied Sciences. South Karelia.

AOT (2019a). Air Traffic Report. Thailand: Airports of Thailand Public Company Limited

AOT (2019b). Inspiring Sustainability Airports. Thailand: Airports of Thailand Public Company Limited.

ATAG (2005). The economic & social benefits of air transport. Cenevre: ATAG, ICAO.

ATL (2019). 2019 Annual Report And Audit. Atlanta: ATL.

Atlanta Airport (2023). Atlanta Airport Facts & Figures. Atlanta: ATL.

Atlanta International Airport (2021). Environmental, Social, Governance + Prosperity Report. Atlanta: ATL.

Australia Pacific Airports Co (2019). APAC Annual Airport 2018/19. Melbourne: Australia Pacific Airports Co.

Barke, Alexander, Timo Bley, Christian Thies, Christian Weckenborg, Thomas Spengler (2022). "Are Sustainable Aviation Fuels a Viable Option for Decarbonizing Air Transport in Europe? An Environmental and Economic Sustainability Assessment." Applied Sciences (Switzerland), 12(2): 597.

Barlow, Sofia Buchanan (2020). "Two competing goals: can sustainability and development ever be compatible?" Routes (Sy 1; 2).

Baxter, Glenn (2021). "Examination of Sustainable Water Management at Norway's Major Hub Airport: The Case of Oslo Airport Gardermoen." Advances in Environmental and Engineering Research 2021, Vol. 2, 034, 2(4): 1-19.

Baxter, Glenn (2022). "An Assessment of Water Management at a Major Global Hub Airport: A Case Study of Frankfurt Airport." Article in International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology, 7(1): 1-13.

Baxter, Glenn ve Panarat Srisaeng (2022). "Optimizing Airport Sustainable Waste Management From The Use of Waste-To-Energy Technology And Circular Economy Principles: The Case Of London Gatwick Airport." International Journal for Traffic and Transport Engineering, 12(2): 176-195.

Baxter, Glenn, Panarat Srisaeng ve Graham Wild (2018a). "An Assessment of Sustainable Airport Water Management: The Case of Osaka's Kansai International Airport." Infrastructures 2018, Vol. 3, Page 54, 3(4), 54.

Baxter, Glenn, Panarat Srisaeng ve Graham Wild (2018b). "Sustainable Airport Energy Management: The Case of Kansai International Airport." International Journal for Traffic and Transport Engineering, 8(3): 334-358.

Begault, Durand , Elizabeth Wenzel, Laura Tran ve Mark Anderson (1998). "Survey of Commercial Airline Pilots' Hearing Loss." Perceptual and Motor Skills 86(1), 258.

Benavides, D David Diaz (2001). "The Viability and Sustainability of International Tourism in Developing Countries Chief Trade in Services." Symposium on Tourism Services- World Trade Organization, Cenevre: WTO: 1-21.

Bieliatynskyi, Andrii, Liudmyla Osipa ve Bogdan Kornienko (2018). "Water-saving processes control of an airport." MATEC Web of Conferences, Trans Siberia 239, 05003.

Blackwell, Bradley, Travis DeVault, Esteban Fernández-Juricic ve Richard Dolbeer (2009). "Wildlife collisions with aircraft: A missing component of land-use planning for airports." Landscape and Urban Planning, 93(1): 1-9.

Boca Santa, Stephane Louise, João Marcelo Pereira Ribeiro, Gisele Mazon, Jonas Schneider, Ricardo Luis Barcelos ve José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra (2020). "A Green Airport model: Proposition based on social and environmental management systems." Sustainable Cities and Society. 59.

Boguski, Terrie K (2006). "Environmental Science and Technology Briefs for Citizens Understanding Units of Measurement." Center for Hazardous Substance Research. Kansas State University. 2: 1-2.

Boons, Frank, Arwin Van Buuren ve Geert Teisman (2010). "Governance of sustainability at airports: Moving beyond the debate between growth and noise." Natural Resources Forum, 34(4): 303-313.

Brown, Becky, Mark Hanson, Diana Liverman ve Robert Merideth (1987). "Global sustainability: Toward definition." Environmental Management, 11(6): 713-719.

Büyükbay, Mehmet Necdet, Gülsan Özdemir ve Erhan Üstündağ (2016). "Sustainable aviation applications in Turkey: Energy efficiency at airport terminals." Sustainable Aviation: Energy and Environmental Issues, 53-60.

Carslaw, David, Sean Beevers, Karl Ropkins ve Margaret Bell (2006). "Detecting and quantifying aircraft and other on-airport contributions to ambient nitrogen oxides in the vicinity of a large international airport." Atmospheric Environment, 40(28): 5424-5434.

Carvalho Isabella De Castro, Maria Lucia Calijuri, Paula Peixoto Assemany, Marcos Dornelas Freitas Machado Silva, Ronan Fernandes Moreira Neto, Aníbal Da Fonseca Santiago ve Mauro Henrique Batalha De Souza (2013). "Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports." Resources, Conservation and Recycling, 74: 27-36.

Chang, Yu Chun ve Ming Miin Yu (2014). "Measuring production and consumption efficiencies using the slack-based measure network data envelopment analysis approach: the case of low-cost carriers." Journal of Advanced Transportation, 48(1): 15-31.

Changi Airport Group (2019). A Decade of Distinction Annual Report. Singapur: CAG.

Changi Airport Group (2020a). Resilience & Adaptability Annual Report. Singapur: CAG.

Changi Airport Group (2020b). Resilience & Sustainability / Sustainability Report 2019/20. Singapur: CAG.

Chao, Ching Cheng, Taih Cherng Lirn ve Hung Chung Lin (2017). "Indicators and evaluation model for analyzing environmental protection performance of airports." Journal of Air Transport Management, 63: 61-70.

Chao, Hsun, Datu Buyung Agusdinata Daniel DeLaurentis ve Huai Wei Lo (2019). "Carbon offsetting and reduction scheme with sustainable aviation fuel options:

Fleet-level carbon emissions impacts for U.S. airlines." Transportation Research Part D: Transport and Environment, 75: 42-56.

Codd, Edgar F (1971). Normalized data base structure: a brief tutorial. SIGFIDET '71: Proceedings of the 1971 ACM SIGFIDET (now SIGMOD) Workshop on Data Description, 17.

Comendador, Víctor Fernando Gómez, Rosa María Arnaldo Valdés ve Bernard Lisker (2019). "A holistic approach to the environmental certification of green airports." Sustainability (Switzerland), 11(15): 1-38.

Connelly, Steve (2007). "Mapping Sustainable Development as a Contested Concept." The International Journal of Justice and Sustainability 12(3), 259-278.

Daley, Ben, Dimitrios Dimitriou ve Callum Thomas (2012). "The environmental sustainability of aviation and tourism." Aviation and Tourism: Implications for Leisure Travel, 239-254.

Di Mascio, Paola, Maria Vittoria Corazza, Nicolo Rocco Rosa ve Laura Moretti (2022). "Optimization of Aircraft Taxiing Strategies to Reduce the Impacts of Landing and Take-Off Cycle at Airports." Sustainability 2022, 9692, 14(15), 9692.

Dimitriou, Dimitrios J ve Maria F Sartzetaki (2020). "Social Dimensions of Aviation on Sustainable Development." Sustainable Aviation, 173-191.

Dimitriou, Dimitrios ve Aristi Karagkouni (2022). "Assortment of Airports’ Sustainability Strategy: A Comprehensiveness Analysis Framework." Sustainability 2022, Vol. 14, Page 4217, 14(7), 4217.

Dixon, J. A., & Fallon, L. A. (1989). The concept of sustainability: Origins, extensions, and usefulness for policy. Society and Natural Resources, 2(1), 73-84. https://doi.org/10.1080/08941928909380675

Du Pisani, Jacobus A (2006). "Sustainable development – historical roots of the concept." Environmental Sciences, 3(2), 83-96.

Eid, Ahmed, May Salah, Mahmoud Barakat ve Matevz Obrecht (2022). "Airport Sustainability Awareness: A Theoretical Framework." Sustainability (Switzerland), 14(19), 11921.

Emirates (2020). The Emirates Group Annual Report 2019-20. Dubai: Emirates Group.

Eurocontrol (2019). Taxi times 2019 for Airports. Brüksel: Eurocontrol.

FAA (2013). Federal Aviation Administration Recycling, Reuse and Waste Reduction at Airports A Synthesis Document. Prepared by the Office of Airports Federal Aviation Administration. Washington D.C.: FAA.

FAA (2015). Aviation Emissions and Air Quality Handbook, Version 3, Update 1. Washington D.C.: FAA.

FAA ve Transportation Research Board. (2013). ACRP 42: Integrating Environmental Sustainability into Airport Contracts. Washington D.C.: FAA.

Faiz, Asif (2000). "Sustainable Transport For The Developing World: The Social And Environmental Nexus." Journal Of Transportation Engineering, 126(6): 451-454.

Ferrulli, Paolina (2016). "Green Airport Design Evaluation (GrADE)- Methods and Tools Improving Infrastructure Planning." Transportation Research Procedia, 14, 3781-3790.

Fiedler, Fred E ve Judith Fiedler (1975). "Port noise complaints: Verbal and behavioral reactions to airport-related noise." Journal of Applied Psychology, 60(4): 498-506.

Flughafen Wien AG. (2019). Annual Report 2019 Flughafen Wien AG. Viyana: Flughafen.

Flughafen Wien AG. (2021). Sustainability Report 2021. Viyana: Flughafen.

Flughafen Zürich AG. (2020). Flughafen Zürich AG- Annual Report 2019- Flughafen Zürich AG.

Flughafen Zürich AG. (2021). Flughafen Zürich AG Integrated Report. Flughafen Zürich AG.

Fraport AG. (2019a). Connecting Sustainability Report 2019. Frankfurt: Fraport.

Fraport AG. (2019b). Environmental Statement 2019. Frankfurt: Fraport.

Fraport AG. (2019c). GRI Report 2019 Gute Reise! Frankfurt: Fraport.

Freestone, Robert (2009). "Planning, sustainability and airport-led urban development." International Planning Studies, 14(2): 161-176.

Gagliardi, Paolo, Luca Fredianelli, Duccio Simonetti ve Gaetano Licitra (2017). "ADS-B System as a Useful Tool for Testing and Redrawing Noise Management Strategies at Pisa Airport." Acta Acustica united with Acustica, 103(4): 543-551.

Gebel, Achim (2004). "The Aviation Industry." The Business of Sustainability, 99-123.

Gemmer, Elizabeth (2019). Aviation Sustainability. Honors Projects. Bowling Green State University. 1-26.

Gillen, David W ve Terrence J Levesque (2007). "A socio-economic assessment of complaints about airport noise." Transportation Planning and Technology, 18(1): 45-55.

Global Sustainability Standards Board. (2022). GRI Sector Program-List of prioritized sectors Revision 3. Amsterdam: GRI.

Graham, Anne (2005). "Airport benchmarking: a review of the current situation." Benchmarking: An International Journal, 12(2): 99-111.

Graham, Brian ve Claire Guyer (1999). “Environmental sustainability, airport capacity and European air transport liberalization: irreconcilable goals?” Journal of Transport Geography, 7(3): 165-180.

Greer, Fiona, Jasenka Rakas ve Arpad Horvath (2020). “Airports and environmental sustainability: A comprehensive review.” Environmental Research Letters, 15(10): 1-25.

GRI. (2023). Consolidated Set of the GRI Standards. Amsterdam: GRI.

Grimley, Paul M (2006). “Indicators of sustainable development in civil Aviation.” Doktora Tezi. Loughborough University: Architecture, Building and Civil Engineering

Groupe ADP. (2019). “CSR Report.” Paris: Group ADP.

Groupe ADP. (2023). “Traffic of Paris Aéroport and Groupe ADP airports.” Paris: Groupe ADP.

GTAA. (2019). “GTAA Annual Report.” Toronto: GTAA.

Gürsel, Serap, Rafet Demir ve Hakan Rodoplu (2023). “The effect of digitalisation on sustainability and smart airport.” International Journal of Sustainable Aviation, 9(1): 1-26.

Heathrow Airport. (2019a). Heathrow 2.0 2019 Sustainability Progress. London: Heathrow Airport Holdings.

Heathrow Airport. (2019b). Heathrow Airport 2019 Summer Noise Contours and Noise Action Plan Contours. London: Heathrow Airport Holdings.

Heathrow Airport. (2020). Heathrow 2.0 2020 Sustainability Progress. London: Heathrow Airport Holdings.

Helne, Tuula ve Tuuli Hirvilammi (2015). “Wellbeing and Sustainability: A Relational Approach.” Sustainable Development, 23(3): 167-175.

Heyes, Graeme, Paul Hooper, Fiona Raje, Ian Flindell, Delia Dimitriu, Fabio Galatioto, Narcisa Burtea, Barbara Ohlenforst ve Olena Konovalova (2021). “The Role of Communication and Engagement in Airport Noise Management.” Sustainability 2021, Vol. 13, Page 6088, 13(11).

Hooper, Paul D ve Andrew Greenall (2005). “Exploring the potential for environmental performance benchmarking in the airline sector.” Benchmarking, 12(2): 151-165.

Hsu, Hsiao Hsien, Gary Adamkiewicz, Andres Houseman, Jose Vallarino, Steven Melly, Roger Wayson, John Spengler ve Jonathan Levy (2012). “The relationship between aviation activities and ultrafine particulate matter concentrations near a mid-sized airport.” Atmospheric Environment, 50: 328-337.

Hudda, Neelakshi, Liam Durant, Scott Fruin ve John Durant (2020). "Impacts of Aviation Emissions on Near-Airport Residential Air Quality." Environmental Science and Technology, 54(14): 8580-8588.

ICAO (2006). Economic Contribution of Civil Aviation. Montreal: ICAO.

ICAO (2008). Environmental Protection Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation International Civil Aviation Organization International Standards and Recommended Practices Fifth Edition. Montreal: ICAO.

ICAO (2011). Aviation & Sustainability- Determining the complex environmental, economic and social impacts that are defining aviation's future. Montreal: ICAO.

ICAO (2015). International Civil Aviation Organization Airport Air Quality Manual - Doc.9889. Montreal: ICAO.

ICAO (2017). "Reduction of Noise at Source." Montreal: ICAO.

ICAO (2018). "Waste Management at Airports Eco Airport Toolkit." Montreal: ICAO.

Incheon International Airport Corporation (2019). "Green Report 2019." Seul: Incheon International Airport Corporation

Incheon International Airport Corporation (2020). "2019/2020 Incheon International Airport Corporation Sustainability Report." Seul: Incheon International Airport Corporation

IUCN (1980). "World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development prepared by the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources". Gland: IUCN.

Jain, Prerna ve Pragati Jain (2019). "Ensuring sustainable development by curbing consumerism: An eco-spiritual perspective." Sustainable Development, 27(3): 474-480.

Janic, Milan (2002). "Methodology for assessing sustainability of an air transport system." Journal of Air Transportation, 7(2): 115-152.

Janic, Milan (2003). "An Application of the Methodology for Assessment of the Sustainability of Air Transport System. The Conference Proceedings of the 2003 Air Transport Research Society (ATRS)" World Conference, Volume 5.

Janic, Milan (2010). "Developing an indicator system for monitoring, analyzing, and assessing airport sustainability." European Journal of Transport and Infrastructure Research, 10(3): 206-229.

Japan Airport Terminal Co. (2019). "Investor Relations / 2019 News Release." Tokyo: Japan Airport Terminal Co.

Joumard, Robert (2011). "Environmental sustainability assessments: Towards a new framework." International Journal of Sustainable Society, 3(2): 133-150.

Kahuthu, Anne (2006). “Economic growth and environmental degradation in a global context.” Environment, Development and Sustainability, 8(1): 55-68.

Karagiannis, Ioannis, Panagiotis Vouros, Antonis Skouloudis ve Konstantinos Evangelinos (2019). “Sustainability reporting, materiality, and accountability assessment in the airport industry.” Business Strategy and the Environment, 28(7): 1370-1405.

Kaszewski, Andrea L ve William R Sheate (2004). “Enhancing the sustainability of airport developments.” Sustainable Development, 12(4): 183-199.

Kılıç, Merve, Ali Uyar ve Abdullah S Karaman (2019). “What impacts sustainability reporting in the global aviation industry? An institutional perspective.” Transport Policy, 79: 54-65.

Kılkış, Şan ve Kılkış, Şiir (2016). “Benchmarking airports based on a sustainability ranking index.” Journal of Cleaner Production, 130: 248-259.

Knudsen, Frantz Buch (2004). “Experimental Centre Eurocontrol Defining Sustainability in the Aviation Sector.” Eurocontrol.

Koç, Seyhani ve Vildan Durmaz (2015). “Airport Corporate Sustainability: An Analysis of Indicators Reported in the Sustainability Practices.” Procedia Social and Behavioral Sciences, 181: 158-170.

Kucukvar, Murat, Khalel Ahmed Alawi, Galal Abdella, Muhammet Bulak, Nuri Onat, Melih Bulu ve Murat Yalçıntaş (2021). “A frontier-based managerial approach for relative sustainability performance assessment of the world’s airports. Sustainable Development, 29(1): 89-107.

Kumar, Ashwani, Aswin ve Himansu Gupta (2020). “Evaluating green performance of the airports using hybrid BWM and VIKOR methodology.” Tourism Management, 76: 103941.

Kutty, Adeeb A, Murat Kucukvar, Muhammet Enis Bulak, Eman Elhmoud, Galal Abdalla ve Jalal Elkhara (2021). “Sustainable Management of End-of-Life Vehicles in Qatar View project Internal Research Fund View project Eco-Efficiency Performance of Airlines in Eastern Asia: A Principal Component Analysis Based Sustainability Assessment.” Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Larsson, Jörgen, Anneli Kamb, Jonas Nässén ve Jonas Åkerman (2018). “Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country’s residents methodological development and application for Sweden.” Environmental Impact Assessment Review, 72: 137-144.

Li, Ming Jun ve Xiang Dong Li (2021). “Research on Factors Affecting Green Airport Development Based on Scale Analysis.” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 647(1): 012148.

Lister, Beverly (2008). “Heathrow Terminal 5: Enhancing environmental sustainability.” Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering, 161(1): 21-24.

Lu, Ming Tsang, Chao Che Hsu, James Liou ve Huai Wei Lo (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.

Luke, Timothy W (2005). “Neither sustainable nor development: Reconsidering sustainability in development.” Sustainable Development, 13(4): 228-238.

Lynes, Jennifer K ve Mark Andrachuk (2008). “Motivations for corporate social and environmental responsibility: A case study of Scandinavian Airlines.” Journal of International Management, 14(4): 377-390.

Markatos, Dionysios N ve Spiros G Pantelakis (2023). “Implementation of a Holistic MCDM-Based Approach to Assess and Compare Aircraft, under the Prism of Sustainable Aviation.” Aerospace 2023, 10(3): 240.

Melo, Sofia Pinheiro, Alexander Barke, Felipe Cerdas, Christian Thies, Mark Mennenga, Thomas Spengler ve Christoph Herrmann (2020). “Sustainability Assessment and Engineering of Emerging Aircraft Technologies—Challenges, Methods and Tools.” Sustainability 2020, 12(14): 5663.

Mensah, Justice (2019). “Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review.” Cogent Social Sciences, 5(1).

Miake-Lye, Richard C, Aerodyne Research ve Didier Hauglustaine (2022). “Impacts of Aviation NOx Emissions on Air Quality, Health, and Climate. Local Air Quality.” ICAO, 74-76.

Miola, Apollonia (2007). “Sustainability and transport: a review.” Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. Luxemburg: European Commission

Monsalud, Andrew, Denny Ho ve Jasenka Rakas (2015). “Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process.” Sustainable Cities and Society, 14(1): 414-424.

Moore, Julia E, Alekhya Mascarenhas, Julie Bain ve Sharon Straus, (2017). “Developing a comprehensive definition of sustainability.” Implementation Science, 12(1): 1-8.

Munich Airport. (2019a). “Sustainability Indicators 2019.” Munih: Munich Airport.

Munich Airport. (2019b). “Sustainability Program 2019.” Munih: Munich Airport.

Munich Airport. (2019c). “Immissions Bericht.” Munih: Munich Airport.

Munich Airport. (2020). “Environmental protection and Sustainability.” Munih: Munich Airport.

Nassur, Ali Mohamed, Damien Léger, Marie Lefèvre, Maxime Elbaz, Fanny Mietlicki, Philippe Nguyen, Carlos Ribeiro, Matthieu Sineau, Bernard Laumon ve Anne Sophie Evrard (2019). “Effects of Aircraft Noise Exposure on Heart Rate during Sleep in the Population Living Near Airports.” International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(2): 269.

Netjasov, Fedja (2012). “Contemporary measures for noise reduction in airport surroundings.” Applied Acoustics, 73(10): 1076-1085.

Özdemir, Gülşan ve Ayşe Filibeli (2014). “Basic principles of CO2 emission calculations at airports: A case study from Turkey.” International Journal of Global Warming, 6(2-3): 315-324.

Parameshwar, Hari Kumar (2011). “Solid waste management in airports: A case study of Bangalore International Airport.” Proceedings of the International Conference on Green Technology and Environmental Conservation, GTEC-2011: 152-158.

Peace, Hazel, Janet Maughan, Bethan Owen ve David Raper (2006). “Identifying the contribution of different airport related sources to local urban air quality.” Environmental Modelling & Software, 21(4): 532-538.

Peeters, Paul, Stefan Gössling ve Susanne Becken (2006). “Innovation towards tourism sustainability: Climate change and aviation.” International Journal of Innovation and Sustainable Development, 1(3): 184-200.

Perea-Moreno, Alberto-Jesus, Eugenio Meloni, Giorgio Vilardi, José Carlos, Magalhães Pires, Iva Ridjan Skov ve Belikov (2022). “Use of Sustainable Fuels in Aviation; A Review.” Energies 2022, 15(7): 2440.

Pitt, Michael, Andrew Brown ve Andrew Smith (2002). “Waste management at airports.” Facilities, 20(5/6), 198-207.

Popescu, Francisc, Ioana Ionel ve Camelia Talianu (2011). “Evaluation of air quality in airport areas by numerical simulation.” Article in Environmental Engineering and Management Journal, 10(1), 115-120.

Postorino, Maria Nadia ve Luca Mantecchini (2014). “A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions.” Journal of Air Transport Management, 37, 76-86.

Postorino, Maria Nadia, Luca Mantecchini ve Filippo Paganelli (2019). “Improving taxi-out operations at city airports to reduce CO2 emissions.” Transport Policy, 80, 167-176.

Pueh Lee, Heow, Sanjay Kumar, Saurabh Garg ve Kian Meng Lim (2022). “Characteristics of aircraft flypast noise around Singapore Changi international airport.” Applied Acoustics, 185, 108418.

Qatar Airways Group. (2019). Sustainability Report 2018-2019. Doha: Qatar Airways Group.

Ramakrishnan, Jegan, Tingting Liu, Rongrong Yu, Karthick Seshadri ve Zhonghua Gou (2022). "Towards greener airports: Development of an assessment framework by leveraging sustainability reports and rating tools." Environmental Impact Assessment Review, 93: 106740.

Ranganathan, Janet, Laurent Corbier, Pankaj Bhatia, Simon Schmitz, Peter Gage ve Kjell Oren (2015). "GHG Protocol Initiative Team World Business Council for Sustainable Development Pankaj Bhatia World Resources Institute World Business Council for Sustainable Development Peter Gage World Resources Institute Revision Working Group Core Advisors." Washington: World Resources Institute.

Richardson, Julie (2013). "The triple bottom line: Does it all add up?: Assessing the sustainability of business and CSR." The Triple Bottom Line: Does it All Add Up, 1-186.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2019). "Luchtmeetnet dataset."

Rodríguez-Díaz, Amro, Belarmino Adenso-Díaz ve Pilar González-Torre (2017). "A review of the impact of noise restrictions at airports." Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50: 144-153.

Rowlings, Andrew (2016). "Sustainable energy options for the future airport metropolis." Yüksek Lisans Tezi, Science and Engineering Faculty: Queensland University of Technology.

Sahar, Ibrahim, Mohamed Ali Elkady, Eman Yousef, Mohamed Arabyve Sahar Ibrahim Elkady (2022). "Study the Application of Corporate Social Responsibility to the Aviation Industry." Corporate Social Responsibility, 49-65.

Sarbassov, Yerbol, Christos Venetis, Berik Aiymbetov, Bexultan Abylkhani, Almira Yagofarova, Diyar Tokmurzin, Edward Anthony ve Vassilis Inglezakis (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: 101789.

Sarkar, An (2012). "Evolving Green Aviation Transport System: A Hoilistic Approah to Sustainable Green Market Development." American Journal of Climate Change, 2012(03): 164-180.

Sausen, Robert, Ivar Isaksen ve Volker Grewe, Didier Hauglustaine ve David Lee (2005). "Aviation radiative forcing in 2000: An update on IPCC (1999)." Meteorologische Zeitschrift, 14(4): 555-561.

Schiphol Group. (2019). Annual Report 2019 Royal Schiphol Group. Amsterdam: Royal Schiphol Group.

Schürmann, Gregor, Klaus Schäfer,Carsten Jahn, Herbert Hoffmann, Martina Bauerfeind, Emanuel Fleuti ve Bernhard Rappenglück (2007). "The impact of NOx, CO and VOC emissions on the air quality of Zurich airport." Atmospheric Environment, 41(1): 103-118.

Sebastian, Roshni ve Jibil Louis (2021). "Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 147: 111229.

Seemann, Ralf, Stephan Langhans, Thomas Schilling ve Volker Gollnick (2011). "Modeling the Life Cycle Cost of Jet Engine Maintenance." 60, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress.

Skowron, Agnieszka, David S Lee, Ruben Rodriguez De León, Ling Lim ve Bethan Owen (2021). "Greater fuel efficiency is potentially preferable to reducing NOx emissions for aviation's climate impacts." Nature Communications 2021 12(1): 1-8.

Sledsens, Tton ve Bd De (1998). "Sustainable Aviation The need for a European Environmental aviation charge." European Federation for Transport and Environment.

Somerville, Alexander Glenn Baxter, Steven Richardson ve Graham Wild (2015). "Sustainable water management at major Australian regional airports: the case of Mildura Airport." Vilnius Gediminas Technical University, 19(2): 83-89.

Spangenberg, Joachim H (2004). "Reconciling sustainability and growth: Criteria, indicators, policies." Sustainable Development, 12(2): 74-86.

Sreenath, Sukumaran, Kumarasamy Sudhakar ve Ahmad Fitri Yusop (2021). "Sustainability at airports: Technologies and best practices from ASEAN countries." Journal of Environmental Management, 299.

Stern, David I, Michael Common ve Edward Barbier (1996). "Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development." World Development, 24(7): 1151-1160.

Suppan, Peter ve J Graf (2000). "Impact of an airport on regional air quality at Munich, Germany." International Journal of Environment and Pollution, 14(1-6): 375-381.

Sykes, Alan O (1993). An Introduction to Regression Analysis. Coase-Sandor Institute for Law & Economics Working Paper No. 20, University of Chicago Law School.

Tokuşlu, Aydın (2021). "Calculation of Aircraft Emissions During Landing and Take-Off (LTO) Cycles at Batumi International Airport, Georgia." International Journal of Environment and Geoinformatics, 8(2): 186-192.

Toronto Pearson (2019). Noise Monitoring - Noise Monitoring Terminals. Toronto: Pearson Airport.

UNCHE (1972). Report Of The United Nations Conference On The Human Environment. Stockholm: UNCHE.

United Nations. (2002). "Report of the World Summit on Sustainable Development," Johannesburg, South Africa. İçinde World Summit on Sustainable Development 2002, Johannesburg, South Africa: UN.

United Nations. (2015a). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: UN.

United Nations. (2015b). Summit Charts New Era of Sustainable Development. New York: UN.

United Nations. (2015c). Take Action for the Sustainable Development Goals - United Nations Sustainable Development. New York: UN.

Upham, Paul (2001a). "A comparison of sustainability theory with UK and European airports policy and practice." Journal of Environmental Management, 63(3): 237-248.

Upham, Paul (2001b). "Environmental Capacity of Aviation: Theoretical Issues and Basic Research Directions." Journal of Environmental Planning and Management, 44(5): 721-734.

Upham, Paul ve Julia Mills (2005). "Environmental and operational sustainability of airports: Core indicators and stakeholder communication." Benchmarking, 12(2): 166-179.

Vancouver Airport. (2019). Movement d'Aéronefs YVR Aircraft Movements 1992-Present. Vancouver: Vancouver Airport Authority.

Vancouver Airport Authority. (2019a). 2019 Annual & Sustainability Report. Vancouver: Vancouver Airport Authority.

Vancouver Airport Authority. (2019b). Aeronautical Noise Management Report. Vancouver: Vancouver Airport Authority.

Vancouver Airport Authority. (2019c). FACT SHEET Vancouver International Airport (YVR). Vancouver: Vancouver Airport Authority.

Vancouver Airport Authority. (2020). 2020 Annual & Sustainability Report. Vancouver: Vancouver Airport Authority.

Wan, Lili, Oiuping Peng, Jiuhe Wang, Yong Tian ve Can Xu (2020). "Evaluation of airport sustainability by the synthetic evaluation method: A case study of Guangzhou Baiyun International Airport, China, from 2008 to 2017." Sustainability (Switzerland), 12(8).

Ward, Barbara, Rene Jules Dubos (1972). "Only one earth: the care and maintenance of a small planet." United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm, (1972): 225.

WBCSD. (2002). The "Sustainable Mobility Project." World Business Council for Sustainable Development. 1-3.

Whitelegg, John ve Eco-Logica Ltd (2000). "Aviation: the social, economic and environmental impact of flying." Economics.

Wien Group. (2020). Selected key data of Flughafen Wien Group. Viyana: Vien Group.

Winther, Morten, Uffe Kousgaard, Thomas Ellermann, Andreas Massling, Jacob Klenø Nøjgaard ve Matthias Ketzel (2015). "Emissions of NOx, particle mass and particle numbers from aircraft main engines, APU's and handling equipment at Copenhagen Airport." Atmospheric Environment, 100: 218-229.

World Commission on Environment and Development (1987). "Our common future (Brundtland Report): Report of the World Commission on Environment and Development." Oxford University Press.

Xu, Hao, Kai Xiao, Jun Pan, Qingyan Fu, Xiaodong Wei, Junrui Zhou, Yamei Yu ve Xue Hu (2023). "Evidence of aircraft activity impact on local air quality: A study in the context of uncommon airport operation." Journal of Environmental Sciences, 125: 603-615.

Yim, Steve H L, Marc E J Stettler ve Steven R H Barrett (2013). "Air quality and public health impacts of UK airports." Part II: Impacts and policy assessment. Atmospheric Environment, 67: 184-192.

Zhang, Ming, Qianwen Huang, Sihan Liu ve Huiying Li (2019). "Multi-Objective Optimization of Aircraft Taxiing on the Airport Surface with Consideration to Taxiing Conflicts and the Airport Environment." Sustainability 2019, 11(23): 6728.

3. Elektronik Kaynaklar

ACA (2009). Airport Carbon Accreditation- What is it? https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/what-is-it.html. Erişim Tarihi: 10.09.2022

CAG (2019). Careers At Singapore Changi Airport. Changi Airport Group. https://www.changiairport.com/corporate/careers.html. Erişim Tarihi: 14.04.2023

Civil Aviation Department (2019). Aircraft Noise. https://www.cad.gov.hk/english/ac_noise.html. Erişim Tarihi: 22.08.2022

Climate Group (2019). EV100 members. Climate Group. https://www.theclimategroup.org/ev100-members. Erişim Tarihi: 19.06.2022

FAA (2021). Federal Airport Noise Regulations and Programs. https://crsreports.congress.gov. Erişim Tarihi: 13.02.2023

FAA (2023). Noise Complaints & Inquiries. Federal Aviation Administration. https://www.faa.gov/noise/inquiries. Erişim Tarihi: 18.05.2023

Heathrow (2020). Facts and figures. Heathrow. https://www.heathrow.com/company/about-heathrow/facts-and-figures

Heathrow Airwatch (2019). Heathrow Airwatch Report. http://www.heathrowairwatch.org.uk/documents/Heathrow_Q4_2019.htm#2_monitoring_stations. Erişim Tarihi: 09.03.2023

Hong Kong International Airport (2022). Pollutant Concentration Monthly Summary, AirQuality. https://www.hongkongairport.com/en/sustainability/environment/air-quality/air-monthly-pollutant.page. Erişim Tarihi: 03.10.2022

IIED's founder: Barbara Ward, International Institute for Environment and Development (2020). https://www.iied.org/iied-founder-barbara-ward Erişim Tarihi: 14.03.2023

IATA-Environment (2020). https://www.iata.org/en/programs/environment/. Erişim Tarihi: 16.03.2023

ICN (2020). Seoul Incheon Airport (ICN). https://www.seoul-airport.com/. Erişim Tarihi: 28.11.2022

IPCC (1988). IPCC History. https://www.ipcc.ch/about/history/. Erişim Tarihi: 20.02.2023

ISO (2018). ISO 50001 ISO 50001 Energy management systems. www.climateworks.org/portfolios/energy-efficiency. Erişim Tarihi:19.09.2022

ISO (2023). ISO 14001 and related sironmental managementtandards — Env. https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html. Erişim Tarihi: 23.09.2022

Narita Airport (2019). What is Eco Aiport. https://www.naa.jp/en/environment/environment.html. Erişim Tarihi: 17.02.2023

Narita Airport (2020). What is Eco Airport. https://www.naa.jp/en/environment/environment.html. Erişim Tarihi: 21.02.2023

Schiphol (2019). Schiphol, Interesting facts about the airport. https://www.schiphol.nl/en/you-and-schiphol/page/facts-about-airport/. Erişim Tarihi: 28.03.2023

Schiphol (2020). Schiphol is big. But just how big exactly? https://news.schiphol.com/schiphol-is-big-but-just-how-big-exactly/. Erişim Tarihi: 02.04.2023

Schiphol Nomos (2022). NOMOS online (NL). https://noiselab.casper.aero/ams/#page=actual. Erişim Tarihi: 05.04.2023

Scopus (2023). Scopus- Document search results | Signed in. https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=%22Sustainability%22&sid=d0551cc5cbf272be93738b3d57acd9b5&sot=b&sdt=cl&sl=21&s=ALL%28%22Sustainability%22%29&origin=resultslist&editSaveSearch=&sessionSearchId=d0551cc5cbf272be93738b3d57acd9b5&limit=10. Erişim Tarihi: 25.08.2022

SKYTRAX (2019). World's Top 100 Airports 2019 | SKYTRAX. https://www.worldairportawards.com/worlds-top-100-airports-2019/. Erişim Tarihi: 06.01.2023

UNEP (2023). UNEP: 50 years of Environmental Milestones. https://www.unep.org/environmental-moments-unep50-timeline. Erişim Tarihi: 02.04.2023

UNFCCC (2021). The Net Zero Airport. https://unfccc.int/blog/the-net-zero-airport?gclid=Cj0KCQjwuLShBhC_ARIsAFod4fKUsebOhJgw5rgNN5zrj12VJExsz2KYRnfKqCXt41WBDAjKix_ZXbkaAq6VEALw_wcB. Erişim Tarihi: 18.06.2022

Voinov, Alexey ve Courtland Smith (1994). Dimensios of Sustainability. Içinde Oregon State University, Department of Anthropology. http://www.likbez.com/AV/PUBS/DS/Sust_Dim.html. Erişim Tarihi: 04.02.2023

Zurich Airport (2022). Aircraft noise – Flughafen Zuerich. https://www.flughafen-zuerich.ch/en/company/responsibility/noise-and-sound-insulation/noise-monitoring. Erişim Tarihi: 12.02.2023