



## Havacılık Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları Çalışmaları

Yaşar Şahin<sup>1</sup>

Öz

Havacılık sektörüne artan talep, sektörün olumsuz çevresel etkilerini de artırmaktadır. İklim değişikliğiyle mücadelenin artmasıyla, sektörde sürdürülebilir çözümler arayışları ön plana çıkmış, bu bağlamda sürdürülebilir havacılık yakıtları (SAF) önem kazanmıştır. Sürdürülebilir havacılık yakıtları akademik çevrelerde de dikkat çekmiş, bu alanda çalışmalar literatürde yer almıştır. Çalışmanın amacı, sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili akademik çalışmaların ele alınması ve analiz edilmesidir. Bibliyometrik analiz yöntemiyle gerçekleştirilen bu çalışmada Web of Science kaynağından "sustainable aviation fuels" anahtar kelimesiyle elde edilen veriler incelenmiştir. Çalışmada 2011-2025 dönemlerini kapsayan 261 yayın ele alınmıştır. Bulgularda, ilgili alandaki çalışmaların 2020 yılından sonra hızlı şekilde arttığı, çalışma konusu yayınlara en fazla yer veren derginin Fuel dergisi olduğu görülmüştür. Çalışma alanına en fazla ilgi gösteren yazarların P.Dwivedi, M.Garcia-Perez, M.Wolcott ve Z.Yang, en fazla atıf alan yazarın da M.Garcia-Perez olduğu görülmüştür. Sorumlu yazarların bulunduğu ülkeler ve atıf sayıları açısından Amerika Birleşik Devletleri'nin ilk sırayı aldığı, en sık tekrar eden anahtar kelimelerin jet fuels, biomass ve conversion olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Havacılık, Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları, Sürdürülebilirlik, Bibliyometrik Analiz

**JEL Kodları:** L93, N7, P28, Q2, R4

### New Approaches in Aviation Management: Sustainable Aviation Fuels Studies

#### Abstract

Increasing demand for the aviation sector increases its negative environmental impacts. With the increasing fight against climate change, the sector's search for sustainable solutions has come to the fore, and sustainable aviation fuels have gained importance. SAF has also attracted attention in academic circles, and studies in this field have been included in the literature. The study aims to examine and analyze academic studies on SAF. In the study, which conducted bibliometric analysis, data obtained from the Web of Science source with the keyword "sustainable aviation fuels" were examined. The study examined two hundred sixty-one publications covering the period 2011-2025. In the findings, it was seen that the studies in the relevant field increased rapidly after 2020; the journal that gave the most space to publications was Fuel. It was seen that the authors who showed the most interest in the study were P.Dwivedi, M. Garcia-Perez, M. Wolcott, and Z. Yang; the author who received the most citations was M. Garcia-Perez. It was observed that the United States ranked first in terms of the countries of the responsible authors and the number of citations; the most frequently repeated keywords were jet fuels, biomass, and conversion.

**Keywords:** Aviation, Sustainable Aviation Fuels, Sustainability, Bibliometric Analysis

**JEL Codes:** L93, N7, P28, Q2, R4

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr. Trabzon Üniversitesi, Beşköprü Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, yasarsahin@trabzon.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5205-3054

## Giriş

Havacılık sektörü, her geçen gün daha hızla büyüyen sektörlerden biri olarak küresel ticaretin, turizmin ve ulaşımın temel faktörlerinden birini oluşturmaktadır. Globalleşmenin dünya ekonomisine ve kültürlerarası etkileşime katkıda bulunması, havacılığı küreselleşmenin merkezine yerleştirmiştir (Shahriar & Khanal, 2022: 1). 20. yüzyılın ortalarından itibaren sivil havacılığın hızlı bir şekilde büyümesiyle birlikte, uçak sayısı ve uçuşların sıklığı hızla artmış, havacılık sektörü günümüzde her yıl milyarlarca yolcuya hizmet veren bir konuma gelmiştir. Ancak bu büyümenin getirdiği ekonomik ve sosyal avantajların yanında, çevresel etkilerinin giderek daha fazla sorgulanır hale gelmesi, havacılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından tartışmalara yol açmıştır (Zhang, Butler & Yang, 2020: 85).

Havacılık sektörü, çevresel faktörler dikkate alındığında özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O) ve azot oksitler (NO<sub>x</sub>) gibi sera gazı emisyonları açısından önemli bir kirletici olarak görülmektedir. Sektörden kaynaklanan karbon emisyonları ciddi kirliliğe neden olmakta ve iklim bilimciler küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden birinin uçaklar olduğunu ifade etmektedirler (Mızrak, Türk & Mızrak. 2022: 155). Atmosferde bu gazların birikimi, iklim değişikliği ve küresel ısınma üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %2-3'lük kısmı havacılık sektöründen kaynaklanmakta olup, bu oran, uluslararası taşımacılıkla ilgili olduğunda daha da yükselebilmektedir (Undavalli vd., 2023: 2). Ayrıca, uçaklardan salınan emisyonların stratosfer ve üst troposfer gibi yüksek irtifalarda gerçekleşmesi, bu gazların çevresel etkilerini daha da artırmaktadır. Özellikle havacılıktan kaynaklanan karbon ayak izi, sektörde sürdürülebilirlik kavramının ön plana çıkmasına ve dikkatle ele alınmasına neden olmaktadır (Vardon vd., 2022: 16).

Havacılık sektörünün hızla büyümesi ve talebin artması, çevresel etkilerin de aynı ölçüde artmasına neden olmaktadır (Barke vd., 2022: 1). Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) tarafından yayımlanan raporlara göre, küresel uçuş talebinin her yıl ortalama %4 oranında artması beklenmektedir. Bu durum, yakıt tüketiminin ve dolayısıyla karbon emisyonlarının da yıllık bazda önemli ölçüde artmasına neden olmakta, hızla büyüyen hava trafiği ve artan yakıt tüketimi, sektörün iklim değişikliğiyle mücadele hedefine ulaşmasını zorlaştırmaktadır (Ng, Farooq & Yang, 2021: 2). Ortaya çıkan bu gelişmeler doğrultusunda havacılık sektörünün, karbon emisyonlarını azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla alternatif çözüm arayışları ortaya çıkmaktadır (Abrantes vd., 2021: 2).

Bu bağlamda, Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (Sustainable Aviation Fuel - SAF) son yıllarda öne çıkan en yenilikçi çözümlerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir havacılık yakıtları, geleneksel fosil yakıtlar yerine biyolojik veya sentetik kaynaklardan elde edilen, çevresel etkileri minimize etmeyi hedefleyen alternatif yakıt türüdür (Chiaramonti, 2019: 1204). Sürdürülebilir havacılık yakıtları, özellikle karbon salınımını azaltma potansiyeli ile dikkat çekmekte olup biyolojik kaynaklardan veya sentetik yollardan üretilmekte, yaşam döngüsü boyunca geleneksel jet yakıtlarına kıyasla büyük oranda daha az karbon emisyonu sağlamaktadır (Cabrera & de Sousa, 2022: 4).

Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının havacılık sektörüne entegrasyonu, sektörün karbon ayak izini azaltmada önemli bir adımı oluşturmaktadır. Kullanılmakta olan jet yakıtlarına kıyasla, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının sürdürülebilir kaynaklardan üretilmesi, havacılık

sektörünün uzun vadede fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltarak, daha çevreci ve enerji verimli bir yapıya kavuşmasını sağlayabilecektir (Yılmaz & Atmanli, 2017: 1379).

İklim değişikliği ile mücadele amacıyla sürdürülen faaliyetler kapsamında havacılık sektörü için de karbon emisyonlarını azaltmak için bir dizi strateji benimsenmiştir. Karbon denkleştirme ve azaltma sistemleri, yeni nesil uçak motorları, enerji verimliliğini artıran teknolojiler ve uçuş rotalarının optimize edilmesi gibi yaklaşımlar, sektörde emisyonları düşürmek amacıyla uygulanabilmektedir (Şahin, 2024: 1639). Bu noktada, sürdürülebilir havacılık yakıtları karbon azaltma hedeflerine ulaşmada kilit bir rol oynamakta ve kullanımı, uçakların mevcut altyapısında ve motorlarında herhangi bir değişiklik gerektirmeden uygulanabilmektedir, bu da havayolu şirketleri için sürdürülebilir havacılık yakıtlarını cazip hâle getirmektedir (Teoh vd., 2022: 17246).

Havacılık sektörü, gelecekte daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşmak için yenilikçi çözümler geliştirmeye devam etmekte olup kısa vadede, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının daha geniş ölçekte kullanımı, havacılık sektörünün hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının maliyetleri, üretim kapasitesi ve yaygın kullanılabilirliği gibi faktörler, bu yakıtların geniş çapta benimsenmesinin önündeki en büyük engeller olarak görülmektedir. Ancak hükûmetler ve uluslararası kuruluşlar tarafından sağlanacak teşvikler ve sürdürülebilirlik politikaları, bu engellerin aşılmasına yardımcı olabilecektir. Uzun vadede ise, sektörün sürdürülebilirliğini sağlamak ve iklim değişikliğiyle mücadelede başarılı olmak için sürdürülebilir havacılık yakıtlarının yaygın bir şekilde benimsenmesi kaçınılmazdır (Bauen vd., 2020: 263).

Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının artan önemi akademik çevrelerde de ilgi uyandırmış ve konu bilimsel olarak sıklıkla ele alınmaya başlamıştır. Yapılan çalışmaların araştırmacılara yardımcı olması ve yol göstermesi açısından önemli bir yöntem olan bibliyometrik analiz yöntemi ile ele alınması bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Literatürde sürdürülebilir havacılık ya da havacılık sektörü yakıtlarının analizi ile ilgili çalışmaların bibliyometrik açıdan ele alındığı çalışmalar yer alırken sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili çalışmalar henüz bulunmamaktadır. Yalnızca Duarte vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada havacılık sektörü yakıtlarının tamamı ile ilgili çalışmalar ele alınmış olup bu çalışmada yenilikçi ve çevresel bir yapıya sahip sürdürülebilir havacılık yakıtları alanındaki çalışmalar ele alınmış, elde edilen bulgular ile literatüre yenilik getirmesi ve araştırmacılara fayda sağlaması amaçlanmıştır.

## **1. Kavramsal Çerçeve**

### **1.1. Sürdürülebilir Havacılık**

Havacılık sektörü, günümüz dünyasında ekonominin ve küresel ulaşımın en önemli faktörlerinden biridir. Sektör, küresel anlamda pazarların bir birine bağlanmasını sağladığı için küresel ekonomi için de oldukça önemli bir yapıya sahiptir (Kanmaz ve Karabulut, 2022: 321). Her geçen gün daha fazla insanın seyahat ettiği ve milyonlarca ton kargonun taşındığı bu sektör, aynı zamanda ciddi çevresel etkiler doğurmaktadır. Özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları, hava kirliliği ve yüksek enerji tüketimi, havacılık sektörünün sürdürülebilirliği açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir havacılık kavramı, hem

çevresel etkileri azaltmayı hem de havacılığın gelecekte de ekonomik ve operasyonel olarak varlığını sürdürmesinde önemli bir yapıya sahiptir (Martinez Valencia, Garcia Perez & Wolcott, 2021: 1).

Havacılıkta sürdürülebilir bir yapıya sahip olabilmenin en önemli unsurlarından biri, fosil yakıtlara olan bağlılığın azaltılmasıdır. Bu noktada biyokütle ve atık yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen sürdürülebilir havacılık yakıtları ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir havacılık yakıtları geleneksel jet yakıtlarına kıyasla %80'e kadar daha az karbon emisyonu sağladığı çeşitli çalışmalarla tespit edilmiş, bu da sürdürülebilir havacılık yakıtlarının havacılık sektörünün karbondan arındırılmasında kilit bir rol oynayabileceğini göstermiştir (Cabrera & de Sousa, 2022: 4).

Sürdürülebilir havacılık için önemli bir faktör de, hava araçlarının enerji verimliliğini artırmak için teknolojik yeniliklerin yoğun olarak kullanılması gerekliliğidir. Bu noktada elektrikli ve hibrit uçakların kullanımı ve geliştirilmesi bu alandaki önemli gelişmelerden biri olarak ortaya çıkmaktadır (Grimme, 2023: 11). Elektrikli hava araçlarının özellikle kısa mesafeli uçuşlar için uygun olması fosil yakıtlara bağımlılığı ortadan kaldırmaya yardımcı olmakla birlikte uzun mesafeli uçuşlar için hibrit elektrikli motorlar, elektrik ve fosil yakıtı birleştirerek verimliliği artırmakta ve emisyonları azaltabilmektedir. Hibrit uçak teknolojisinin geliştirilmesi, özellikle büyük ticari uçaklar için orta vadeli bir çözüm olarak görülmektedir (Finger, Bil & Braun, 2020: 2).

Sürdürülebilir havacılık için geleceğe dönük önemli gelişmeler ve iyileştirmeler gerçekleştirilmekle birlikte birtakım zorluklar da bulunmaktadır. Bunların başında sürdürülebilir havacılık yakıtlarının üretiminin ve dağıtımının sisteme uyumu gelmektedir. Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının sisteme entegre olması ve benimsenmesi ile maliyetler gelmektedir. Ayrıca, yürürlükteki yasal düzenlemeler, ulaşılabilirlik, havayollarının ve havalimanlarının sürdürülebilir havacılık yakıtlarının kullanımına uygunluğunun sağlanması dönüşümün zorluklarından (Kanmaz, 2024: 923).

Elektrikli ya da hibrit hava araçlarının ve teknolojilerin geliştirilmesi de bu sürecin istenen düzeyde hızlı gelişmesi önündeki engellerden birini oluşturmaktadır. Bunların yanında hükümetlerin, finansal kuruluşların ya da diğer uluslararası kuruluşların sağlayacağı teşvikler ve politika değişiklikleri, sürdürülebilir havacılık çözümlerinin hızla benimsenmesine olanak sağlayabilecektir. Uzun vadede, havacılık sektörünün karbon nötr bir yapıya kavuşması, sadece teknolojik yeniliklerle değil, aynı zamanda güçlü bir politik irade ve küresel iş birliği ile mümkündür (Grimme, 2023: 11).

Ayrıca büyük çaplı projelerin ve yüksek yatırım maliyetlerin elde edilmesi için bireysel yatırımcıların sisteme çekilmesi yanında kurumsal yatırımcıların ve çevreye duyarlı fonların sisteme adapte edilmesi uzun vadede işbirliğinin ve yeterli kaynakların sağlanabilmesi için etkili olabilecektir. Sonuç olarak sürdürülebilir havacılık, çevresel etkileri en düşük düzeyde tutarken, bireylerin ve ticari ürünlerin küresel ölçekte güvenli ve verimli bir şekilde taşınmasına olanak sağlayan bir gelecek vizyonunu ifade etmekte olup hem teknolojik gelişmeler hem de sürdürülebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, bu geleceğin inşasında kritik bir öneme sahiptir.

## **1.2. Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (Sustainable Aviation Fuel - SAF)**

Havacılık sektörü, küresel ulaşımın en önemli unsurlarından biri olarak modern yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Her yıl milyarlarca insan, havayolunu tercih ederek seyahat etmekte ve tonlarca yük, uçaklar aracılığıyla taşınmaktadır. Ancak havayolu hizmetleri bu faydaları yanında olumsuz çevresel etkileri de barındırmaktadır. Özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları, havacılık sektörünün küresel iklim değişikliği üzerinde olumsuz etkiler bırakmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir havacılık yakıtları sektörün çevresel etkilerini azaltmak ve daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmak amacıyla geliştirilen alternatif yakıt türü olarak etkili bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Gonzalez-Garay vd., 2022: 3292).

Sürdürülebilir havacılık yakıtları, geleneksel jet yakıtlarına alternatif olarak biyolojik veya sentetik kaynaklardan elde edilen, yenilenebilir bir enerji türü olup, en önemli avantajı geleneksel jet yakıtlarına kıyasla %80'e kadar daha düşük karbon emisyonu sağlamasıdır (Capaz, vd., 2021: 503). Bu yakıt türü bitkisel yağlar, atık yağlar, tarımsal atıklar ve sentetik hidrokarbonlar gibi sürdürülebilir kaynaklardan üretilmekte ve yenilenebilir bir yapıya sahip oldukları için çevresel açıdan yük oluşturmamaktadırlar (Seber vd., 2022: 3).

Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının en önemli avantajlarının başında uçakların mevcut altyapısında ve motorlarında herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi gelmektedir. Başka bir avantajı da üretim kaynaklarının oldukça çeşitli olmasıdır. Sürdürülebilir havacılık yakıtları tarımsal ve ormansal atıklardan, gıda endüstrisinin yan ürünlerinden veya kullanılmış yemek yağlarından üretilmektedir (Heyne vd., 2021: 2). Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen sürdürülebilir havacılık yakıtları, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak enerji güvenliğini artırma potansiyeline de sahip olup petrol arzındaki dalgalanmalar ve fosil yakıtların sınırlı olması karşısındaki riski düşürme özelliğine de sahiptir. Ancak sürdürülebilir havacılık yakıtlarının geniş çaplı kullanımı, üretim maliyetleri ve mevcut kapasitenin sınırlı olması nedeniyle yeterli düzeyde yaygınlaşmamıştır (Tanzil vd., 2021: 2).

Havacılık sektörü, Paris Anlaşması kapsamında belirlenen iklim hedeflerine ulaşmak için sürdürülebilir enerji çözümlerine yönelmek zorundadır ve sürdürülebilir havacılık yakıtları bu bağlamda kritik faktörlerden biridir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları, sektörünün çevresel etkilerini azaltmak için büyük bir potansiyele sahip olup maliyetler, üretim kapasitesi ve sürdürülebilir kaynak kullanımı gibi zorlukların aşılması gerekmekte, sektörde benimsenmesi gerçekleştiğinde hem çevresel sürdürülebilirlik hem de sektörün geleceği açısından kritik bir rol oynayacağı görülmektedir (Cabrera & de Sousa, 2022: 1).

## **2. Araştırmanın Metodolojisi**

### **2.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Çevresel farkındalığın artmasıyla birlikte hemen hemen tüm sektörlerde çevreye duyarlı ürün ve hizmetler ön plana çıkmaya başlamıştır. Havacılık sektörü de özellikle yakıt verimliliği ve çevresel etkileri açısından dikkat çekmekte olup, küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmını oluşturmakta, sektörün hızla büyümesi de, karbon ayak izinin daha da artmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının geleneksel jet yakıtlarına kıyasla daha düşük karbon salınımı sağlaması ve çevresel etkileri azaltmadaki rolü giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, gittikçe daha da önem kazanan sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili akademik literatürün analiz edilmesi, akademik çalışmaların ve araştırmacıların ele alınarak sayısal ve görsel verilerle analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaların etki düzeyleri, genel konseptinin belirlenmesi ve sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili çalışmaların gelecekteki vizyonunun tespiti de çalışmanın amaçları arasındadır.

## 2.2. Araştırmanın Yöntemi ve Veri Seti

Çalışmada sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında yapılmış akademik çalışmalar bibliyometrik analiz yöntemiyle ele alınmıştır. Bibliyometri kavramı akademik yayınların niceliksel analizine dayalı ve mevcut araştırmaların değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi amacıyla istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır. Bibliyometrik analiz yöntemi, ilgili alandaki çalışmaları ve araştırmacıları, bir zaman dilimi içerisinde, bilimsel performans açısından değerlendirme, araştırma trendlerini belirleme ve akademik ağları inceleme gibi açılardan analiz eden, kapsamlı ve sayısal bulgular elde eden bir yöntemdir. Bibliyometrik analiz yönteminde ele alınan çalışma konusundaki yayınlar arasındaki ilişkiler tablolar ve grafikler halinde araştırmacılara yol haritası sunmak üzere verilmekte; bilimsel yayınların aldığı atıf, en popüler yazarlar, en çok yayın yapan dergiler gibi özellikler incelenebilmektedir (Topçuoğlu vd., 2023: 1282).

Çalışmada Web of Science veri tabanında “sürdürülebilir havacılık yakıtları” (sustainable aviation fuels) anahtar kelimesi ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmada 2011 ve 2025 yılları arasında yayımlanmış makale, kitap bölümü, erken erişim makale, bildiri, derleme makale türlerinde 261 yayın ele alınmıştır. Yalnızca İngilizce dilinde yayımlanmış çalışmalar ile ilgili dönem kapsamı için filtreleme sonrası elde edilen “bibtex” dosyası, “R Analyse” programında “Bibliometrix” eki ile analiz edilmiştir (Aria & Cuccurullo, 2017: 964).

Çalışmada ele alınan makalelere ait genel bilgiler aşağıda yer alan Tablo 1’de genel hatlarıyla görülmektedir.

**Tablo 1:** Makalelere Ait Genel Bilgiler

DEĞİŞKENLER	VERİ SONUÇLARI
<b>Veri Seti Hakkında Ana Bilgiler</b>	
Zaman Aralığı	2011:2025
Kaynaklar	106
Makale Sayısı	261
Yıllık Yayımlanan Ortalama Makale Sayısı	5,08
Yıl Başına Düşen Ortalama Makale Sayısı	1,43
Makale Başına Düşen Atıf Sayısı	9,521
Referans Sayısı	13951
<b>Doküman İçeriği</b>	
Anahtar Kelimeler + (ID)	736
Yazarın Anahtar Kelimeleri (DE)	823
<b>Yazarlar</b>	
Yazarlar	1085
Tek yazarlı dokümanların yazarları	3
<b>Yazar İşbirliği</b>	
Tek yazarlı dokümanlar	3
Doküman Başına Ortak Yazarlar	5,04
Uluslararası ortak yazarlık %	24,14

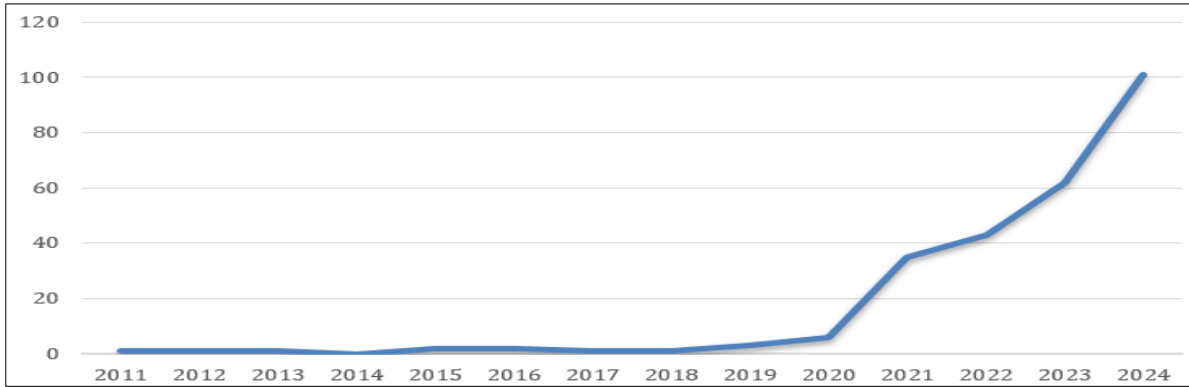
**Tablo 1. Devamı**

Doküman Türü	
Makale	225
Makale: Kitap Bölümü	2
Makale: Erken Erişim	6
Makale: Bildiri Kitabı	2
Derleme Makale	25
Derleme Makale: Erken Erişim	1

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

2011-2025 yılları arasına ait makalelerin yer aldığı veri seti, 106 farklı kaynaktan elde edilen 261 adet yayımlanmış makale ya da erken erişim hâlinde olan makale, kitap bölümü, derleme makale ve bildirilerden oluşmaktadır. Yıllık ortalama 5,08 çalışmanın yayımlanmakta olduğu ve makale başına ortalama atıf miktarının da 9,521 olduğu genel bilgiler içinde yer almaktadır. Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında 1085 yazarın yer aldığı, tek yazarlı çalışma sayısının 3, makale başı ortak yazar sayısı da 5,04 olarak tespit edilmiştir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında çalışmaların yıllara göre dağılımı Grafik 1’de yer almaktadır.

**Grafik 1:** Yıllara Göre Makale Sayısı



**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 1’de yer alan veriler incelendiğinde sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili akademik çalışmaların özellikle 2020 yılından sonra yükselen bir trend içinde yer aldığı, araştırmacıların bu alana ilgisinin dikkat çekecek şekilde artış göstermiş olduğu görülmektedir.

### 3. Bulgular

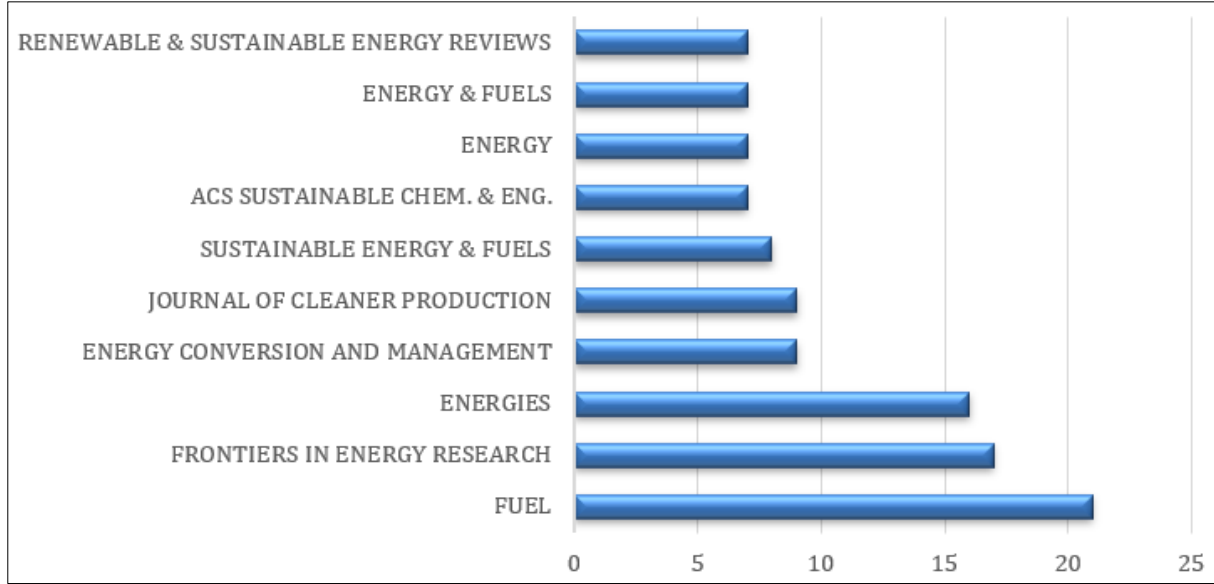
Akademik çalışmaların niceliksel ve niteliksel açıdan ayrıntılı şekilde ele alınmasında etkili olan bibliyometrik analiz yöntemi, akademik çalışmaların: yazarlar, dergiler ve atıflar gibi farklı şekillerde değerlendirilmesinde etkili bir yöntemdir (Karatepe, Kavak ve Topçuoğlu, 2023: 87). Çalışmada ele alınan sürdürülebilir havacılık yakıtları alanındaki akademik çalışmalar da bibliyometrik analiz yöntemi ile ele alınmış, çalışmaların yer aldığı dergiler, yayıncı kuruluşlar, çalışmaların yazarları ve çalışmalarda yer alan anahtar kelimeler gibi çeşitli açılardan ele alınarak değerlendirilmiştir.

#### 3.1. Dergilerin Analizi

Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında 2011-2025 dönemlerini kapsayan çalışmada, 261 adet yayımlanmış ya da erken erişim hâlinde olan makale, kitap bölümü, derleme makale ve bildiri analiz edilmiştir. Bibliyometrik analiz yöntemiyle elde edilen ve ilgili alandaki

yayımların en çok hangi dergilerde yayımlanmış olduklarına ait bulgular, hem araştırmacılar hem de konuya ilgi duyanlar açısından önem taşımaktadır. Böylelikle araştırmacıların en etkili kaynaklara ulaşımı kolaylaşmaktadır. Aşağıda yer alan Grafik 2, sürdürülebilir havacılık yakıtları alanındaki çalışmaların en çok yayımlanmış olduğu, ilk 10 dergiye ait veriler ve yayımlanmış makale sayıları yer almaktadır.

**Grafik 2:** Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları Konusunda En Çok Yayın Yapan Dergiler



**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Elde edilen veriler doğrultusunda Fuel isimli derginin yayımlanmış olduğu 21 adet yayın ile konu hakkında, çalışma kapsamındaki dönem içinde, en fazla yayın yapan dergi olduğu görülmekte, ilgili derginin temel çalışma alanı ile sürdürülebilir havacılık yakıtları arasındaki bağ açısından konu ve yayın organının örtüştüğü görülmektedir. Enerji alanındaki çalışmalara yer veren Frontiers in Energy Research dergisi 17, Energies dergisi de 16 çalışmaya yer vererek çalışma konusuna ilgi duyan ve yayımlanmasını sağlayan ikinci ve üçüncü sıradaki dergiler olarak en çok yayın yapan dergiler arasında yer almışlardır.

Akademik çalışmaların etkinliğinin önemli göstergelerinden biri h indeksidir. Dergiler ve dergilerdeki yayınlara yapılan atıf ve yayın sayılarının yer aldığı Tablo 2’de araştırmacıların ne kadar verimli ve etkili olduğunu gösteren sayısal bir gösterge olan h indeksi açısından dergilerin sıralaması yer almaktadır.

**Tablo 2:** Dergilerin h İndeks Tablosu

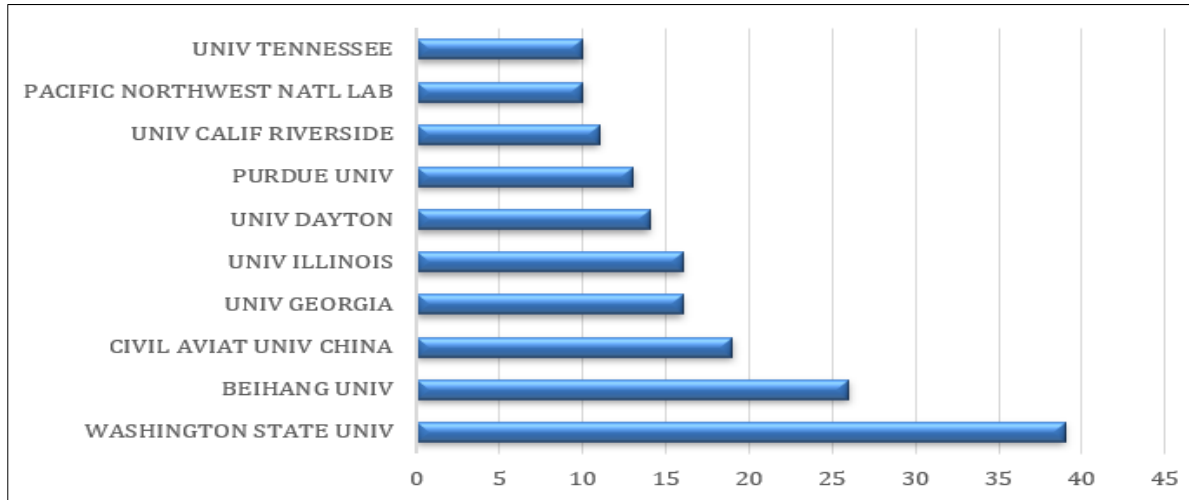
DERGİ İSMİ	h_index	Toplam Atıf	Yayın Sayısı	İlk Yayın Tarihi
Fuel	10	361	21	2020
Frontiers in Energy Research	7	120	17	2021
Energies	6	157	16	2019
Renewable & Sustainable Energy Reviews	6	210	7	2015
Energy	5	207	7	2017
Energy Conversion and Management	5	87	9	2023
Journal of Cleaner Production	5	98	9	2021
Biofuels Bioproducts & Biorefining	3	49	5	2021
Chemical Engineering Journal	3	30	4	2023
Energy & Environmental Science	3	56	3	2022

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.



Tablo 2’de verilmiş olan bulgular doğrultusunda 21 yayına ev sahipliği yapmış Fuel dergisinde yer alan çalışmaların, çalışma kapsamındaki dönem boyunca, 361 atıf sayısına ulaştığı ve h indeksinin de 10 olduğu görülmektedir. Fuel dergisini sırasıyla Frontiers in Energy Research, Energies ve Renewable & Sustainable Energy Reviews dergileri takip etmekte olup Fuel dergisinde yer alan sürdürülebilir havacılık yakıtları alanındaki çalışmaların 2020 yılında yayımlanmaya başlamış olması ve önemli ölçüde atıf sayısına ulaşmış olması dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında en çok çalışma yapan kurumlar da bibliyometrik analiz ile elde edilen bulgulardan olup, bu kurumlara ait bilgiler Grafik 3’te görülebilmektedir.

**Grafik 3:** Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları Konusunda En Çok Yayın Yapan Kurumlar



**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bulgular, Washington State Üniversitesi’nin 39 yayın ile birinci konumda olduğunu göstermektedir. Pekin’de bulunan Beihang Üniversitesi ve yine Çin’de Tianjin şehrinde bulunan Sivil Havacılık Üniversitesi ilgili alanda en çok yayın yapan kurumların başında gelmektedir.

### 3.2. Yazarların Analizi

Bibliyometrik analiz yönteminde ele alınan akademik çalışmalar yazarlarının etkinlikleri, yayın ve atıf sayıları gibi özellikleri açısından da analiz edilebilmekte; en etkili yazarlar, atıf sayıları, buldukları ülkeler gibi açılardan sıralanabilmektedir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında, çalışma kapsamındaki dönemde, en ilgili yazarlar Tablo 3’te görülmektedir.

**Tablo 3:** En İlgili yazarlar

YAZAR ADI	MAKALE SAYISI
Puneet Dwivedi	7
Manuel Garcia-Perez	7
Michael P. Wolcott	7
Zhibin Yang	7
Joshua S. Heyne	6
Kristin Brandt	5
Ling Tao	5
Z. Juju Wang	5
Junyan Zhang	5
Yubao Chen	4

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili yayın sayısı en fazla olan yazarlar 7’şer yayın ile Puneet Dwivedi, Manuel Garcia-Perez, Michael P. Wolcott ve Zhibin Yang olarak tespit edilmiş, ilk on yazara ait sıralamada yazarlara ait yayın sayıları arasında önemli derecede fark olmadığı da görülmüştür. Yayınlarının etkinliğini gösteren önemli bir kriter olan atıf sayıları açısından yazarlar ele alındığında, yerel atıf sayısı en fazla olan ilk on yazara ait sıralama Tablo 4’te yer almaktadır.

**Tablo 4:** En Fazla Yerel Atıf Alan Yazarlar

YAZAR ADI	ATIF SAYISI
Manuel Garcia-Perez	51
Joshua S. Heyne	48
Danial Farooq	40
Kok Siew Ng	40
Aidong Yang	40
Michael P. Wolcott	36
Kristin Brandt	34
Abid H. Tanzil	34
Junyan Zhang	34
Bastian Rauch	27

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4’te yer alan bulgular doğrultusunda en fazla yerel atıfa sahip yazarın 51 atıf almış olan Manuel Garcia-Perez isimli yazar olduğu görülmüştür. Çok sayıda atıf sayısına sahip ikinci yazar ise 48 atıf sayısı ile Joshua S. Heyne olmuştur. Tablo 3’te yer alan çalışma konusu ile ilgili yazarların büyük bir kısmı en çok atıf alan yazarlar listesinde de yer almıştır. Yazarların tanınırlığını ve çalışmalarının etkinliğini gösteren h indeksi açısından yazarlara ait sıralama da Tablo 5’te görülmektedir.

**Tablo 5:** Yazarların Üretkenliklerinin h İndeksine ve Atıf Sayısına Göre Dağılımı

Yazar Adı	h_index	Toplam Atıf	Yayın Sayısı	İlk Yayın Tarihi
Manuel Garcia-Perez	5	110	7	2021
Joshua S. Heyne	5	162	6	2020
Junyan Zhang	5	90	5	2021
Kristin Brandt	4	83	5	2021
Abid H. Tanzil	4	81	4	2021
Ling Tao	4	118	5	2021
Michael P. Wolcott	4	85	7	2021
Zhibin Yang	4	148	7	2021
Salman Ahmad	3	37	3	2021
Puneet Dwivedi	3	38	7	2021

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamındaki dönem boyunca, Manuel Garcia-Perez, Joshua S. Heyne ve Junyan Zhang h indeksi açısından en etkili yazar olarak tespit edilmiştir. Listede yer alan etkili yazarlara ait yayınların neredeyse tamamının 2021 yılına ait olduğu, sadece bir tanesinin 2020 yılında yayımlanmış olduğu görülmekle birlikte yayınların oldukça yeni tarihli olduğu da dikkat çekmiştir. Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında yayınlara sahip araştırmacıların bulunduğu ülkeler açısından etkinliği ve atıf sayıları Tablo 6’da yer almaktadır.

**Tablo 6:** Sorumlu Yazarların Bulunduğu Ükelere Göre Alınan Atıf Sayısı

Ülke	Toplam Atıf	Makale Başına Atıf Ortalaması
Amerika Birleşik Devletleri	1065	11,8
İngiltere	360	20
Almanya	148	7,8
Portekiz	137	27,4
Avustralya	116	11,6
Çin	106	3,7
Birleşik Arap Emirlikleri	70	17,5
Kanada	55	6,9
Etiyopya	42	42
Yunanistan	41	13,7

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan yazarlar, çalışma kapsamındaki dönem ve çalışma konusunda, en fazla atıf alarak ilk sırada yer almışlardır. Listede yer alan diğer ülkelerden oldukça fazla atıf sayısına sahip Amerika Birleşik Devletleri'ni İngiltere ve Almanya'da yer alan yazarlara sahip yayınlar almıştır. Portekiz'de bulunan yazarlara ait çalışmalar ise makale başı en yüksek atıf ortalamasına sahip yazarlar olarak tespit edilmişlerdir. Global açıdan en büyük havayolu şirketlerinin başında, sorumlu yazarların en fazla yer aldığı ülkelerin bulunması ve yolcu trafiğinin en fazla olduğu havalimanlarının bu ülkelerde yer alması, elde edilen bulguların tutarlılığını ve yazarların akademik çalışmalarını ilgili alana yönlendirmiş olmalarının tespiti açısından ayrıca önem taşımaktadır.

### 3.3. Kelimelerin Analizi

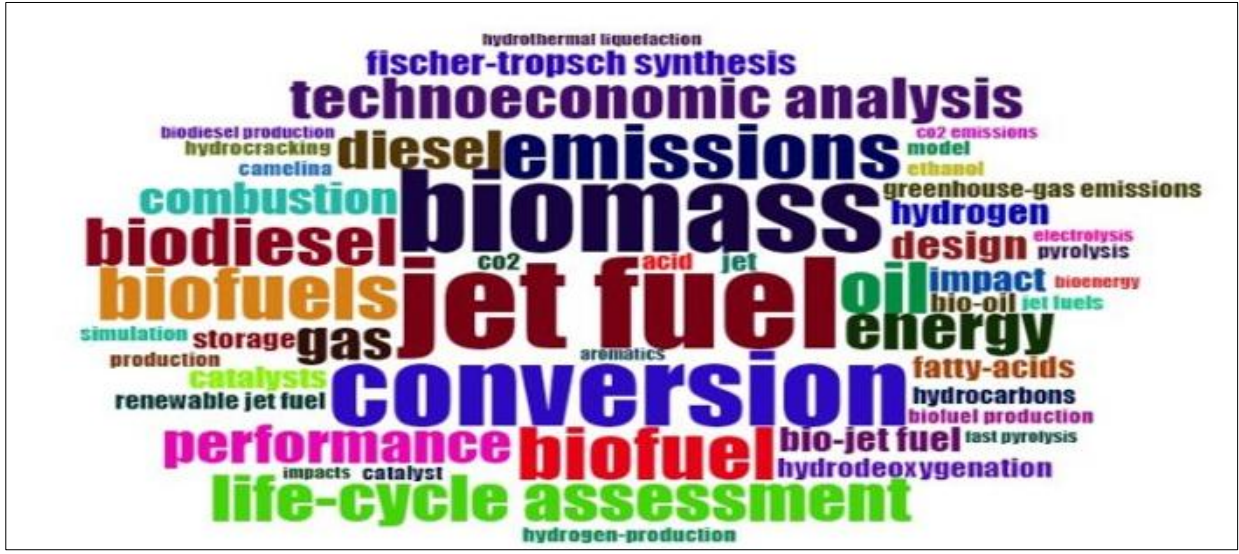
Sürdürülebilir havacılık yakıtları konusunda yapılmış çalışmaların analizinde, bibliyometrik analiz yöntemiyle en çok tekrar edilen kelimelerin, çalışmalara ait anahtar kelimelerin ve çalışmalara ait trendlerin belirlenmesi de mümkün olmaktadır. Tablo 7, çalışma kapsamındaki makalelerle ait yayınlarda en sık kullanılan anahtar kelimeleri, Şekil 1 ise en sık tekrarlanan kelimelere ait görselleştirmeye dayalı kelime bulutunu göstermektedir.

**Tablo 7:** Çalışmalarda En Sık Tekrar Edilen Anahtar Kelimeler

KELİME	TEKRAR EDİLME SAYISI
Jet Fuel	38
Biomass	34
Conversion	31
Emissions	23
Biofuel	22
Biofuels	22
Oil	21
Biodiesel	20
Life-Cycle Assessment	19
Energy	18
Technoeconomic Analysis	17
Diesel	16
Gas	16
Performance	16
Combustion	13

**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 1: En Çok Tekrar Edilen Kelimelere Ait Kelime Bulutu



**Kaynak:** WoS veri tabanında yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmalarda en çok tekrar edilen anahtar kelimelerin başında yayınların içeriğine uygun olarak jet yakıtları (jet fuels), biyoyakıtlar (biomass) ve dönüşüm (conversion) kavramları yer almıştır. Anahtar kelimelerin yakıt türlerinden oluşmakla birlikte dönüşüm ve performans gibi kavramları da içermesi, çalışmaların temel amacını da ortaya koymaktadır. Herhangi bir konu hakkında en sık tekrar eden kelimeleri görsel olarak ifade eden kelime bulutu da Şekil 1’de yer almakta, temel kelimeler yanında çalışmaların altyapısında kullanılan, temel konular ile yakın ilgi içinde bulunan kavramlar da görülebilmektedir.

## Sonuç

Havacılık sektörü, küreselleşmenin artması, ülke ekonomilerinin gelişmesi ve havayolu ulaşımına olan talebin gittikçe artmasıyla her geçen gün büyüyen ve önemi artan bir sektör haline gelmiştir. Ancak sektörün büyümesi ile sektörün yoğun fosil yakıt kullanımının iklim değişikliğine etkisi de dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir havacılık yakıtları (Sustainable Aviation Fuel - SAF), havacılığın çevresel etkilerini azaltmak ve sektörü daha sürdürülebilir bir hale getirmek için önemli bir çözüm olarak günümüzde ön plana çıkmaktadır.

Fosil yakıtlara oranla sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilen sürdürülebilir havacılık yakıtları, gelecekte havacılığın çevresel sürdürülebilirliğini artırmada kritik rol oynayacaktır. Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının uçak motorları ve mevcut altyapı ile uyumluluğu da önemli bir avantaj olarak ortaya çıkmakta, bu da dönüşüm sürecinde kısa vadede herhangi bir altyapı ya da teknoloji değişikliği gerektirmemektedir. Gelecekte sürdürülebilir havacılık yakıtları üretim kapasitelerinin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve politikaların daha fazla destek sağlamasıyla, havacılık sektörünün çevresel etkileri önemli ölçüde azaltılabilecek bir yapıya sahiptir.

Yapılan bu çalışmada, havacılık sektörü için önemi gittikçe artan sürdürülebilir havacılık yakıtları ile ilgili akademik çalışmalar ele alınmış, çalışmaların mevcut yapısı ve vizyonu açısından bibliyometrik analiz yöntemi ile incelenmiştir. 2011 ve 2025 yılları arasındaki dönemi kapsayan çalışma, 106 farklı kaynaktan sağlanmış 261 adet yayımlanmış makale ya da

erken erişim halinde olan makale, kitap bölümü, derleme makale ve bildirimlerin analizini kapsamaktadır. Bibliyometrik analize tabi tutulan veriler, analiz edilen çalışmaların yazarlar, dergiler, kelimeler, yayınların etkinliği, atıf sayıları gibi farklı açılardan değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara öncelikle ilgili alandaki çalışmaların özellikle 2020 yılından sonra hızlı şekilde artmış olduğu görülmüş, araştırmacıların konuya artan bir ilgisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma konusuna en fazla yer veren ve yayınlarına en fazla atıf alan derginin Fuel isimli dergi olduğu görülmüş, Frontiers in Energy Research ve Energies dergileri de bu alanda yayınlara yer veren diğer dergiler olmuştur. İlgili dergilere ait h indekslerinin de sıralamadaki en yüksek değerlere sahip olduğu analiz sonucunda tespit edilmiştir. Çalışmalar, sürdürülebilir havacılık yakıtları alanında en fazla yayın yapan, yani konu ile en ilgili yazarlar açısından ele alındığında, çalışma kapsamındaki dönem için, Puneet Dwivedi, Manuel Garcia-Perez, Michael P. Wolcott ve Zhibin Yang 7'şer yayın yapmış olarak en ilgili yazarlar olarak ortaya çıkmıştır. Çalışmalar, yayınlarına en fazla atıf alan yazarlar açısından değerlendirildiğinde, Manuel Garcia-Perez en fazla atıfa sahip yazar olarak ön plana çıkmış, Joshua S. Heyne isimli yazar da yayınlarına aldığı atıf sayısı bakımından ikinci yazar olarak tespit edilmiştir. Yine her iki yazarın da h indeksi açısından en yüksek indeks değerine sahip yazarlar olduğu da ayrıca görülmüştür.

Çalışmalar, sorumlu yazarların bulunduğu ülkeler ve aldıkları atıf sayıları bakımından ele alındığında, Amerika Birleşik Devletleri'nin açık ara önde olduğu görülmüş olup, bu ülkeyi İngiltere ve Almanya'nın takip etmekte olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalar, en sık kullanılan anahtar kelimeler açısından değerlendirildiğinde jet yakıtları (jet fuels), biyoyakıtlar (biomass) ve dönüşüm (conversion) kelimeleri en çok tekrar edilen anahtar kelimeler olarak ortaya çıkmış, çalışmalarda kullanılan anahtar kelimelerin yakıtlar ve dönüşüm içerikli kelimelerden oluştuğu görülmüştür.

Sürdürülebilir havacılık yakıtları alanındaki çalışmaların bibliyometrik analiz metodu ile ele alındığı bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda ilgili alandaki çalışmaların giderek artan bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda sürdürülebilir havacılık yakıtlarının başka faktörler ile etkileşimi, yakıt dönüşüm sistemlerinin çevre, karlılık, karbon salınımı, müşteri memnuniyeti gibi açılardan analizi literatüre katkı sağlayacaktır.

### **Extended Abstract**

As one of the sectors that grow more rapidly every day, the aviation sector constitutes one of the fundamental factors of global trade, tourism, and transportation. The contribution of globalization to the world economy and intercultural interaction has placed aviation at the center of globalization. With the rapid growth of civil aviation since the mid-20th century, the number of aircraft and the frequency of flights have increased rapidly, and the aviation sector has reached a position where it serves billions of passengers every year today. However, in addition to the economic and social advantages brought by this growth, the fact that its environmental impacts have become increasingly questionable has led to discussions regarding the sustainability of the aviation sector.

The rapid growth of the aviation sector and increased demand have caused environmental impacts to increase to the same extent. For this reason, the aviation sector has emerged seeking alternative solutions to reduce carbon emissions and increase its environmental sustainability. In this context, Sustainable Aviation Fuels (SAF) has emerged as one of the most innovative solutions in recent years. Sustainable aviation fuels are alternative fuel types obtained from biological or synthetic sources instead of traditional fossil fuels, aiming to minimize environmental impacts.

Sustainable aviation fuels are a renewable energy type obtained from biological or synthetic sources as an alternative to traditional jet fuels, and their most important advantage is that they provide up to 80% lower carbon emissions than traditional jet fuels. This type of fuel is produced from sustainable sources such as vegetable oils, waste oils, agricultural wastes, and synthetic hydrocarbons, and since they have a renewable structure, they do not create an environmental burden. One of the most important advantages of sustainable aviation fuels is that they can be used without any changes in the existing infrastructure and aircraft engines. Another advantage is that their production sources are pretty diverse. Sustainable aviation fuels can be produced from agricultural and forestry wastes, by-products of the food industry, or cooking oils that are used. Sustainable aviation fuels obtained from renewable sources also have the potential to increase energy security by reducing dependence on fossil fuels and also have the feature of reducing the risk against fluctuations in oil supply and limited fossil fuels. However, the widespread use of sustainable aviation fuels has not become widespread enough due to production costs and limited current capacity.

This study aims to analyze the academic literature on sustainable aviation fuels, which are becoming increasingly important, and to analyze academic studies and researchers with numerical and visual data. The impact levels of the studies, their general concepts, and the future vision of studies on sustainable aviation fuels are also among the study's objectives. The study addressed academic studies conducted in sustainable aviation fuels using the bibliometric analysis method. Bibliometrics uses statistical methods to evaluate and visualize existing research based on the quantitative analysis of academic publications. The bibliometric analysis method is a method that analyzes studies and researchers in the relevant field in terms of scientific performance within a period of time, determines research trends and, examines academic networks, and obtains comprehensive and numerical findings. In the bibliometric analysis method, the relationships between publications on the subject of the study are given in tables and graphs to provide a roadmap for researchers; features such as the citations received by scientific publications, the most popular authors, and the journals with the most publications can be examined.

The study used data from the Web of Science database with the keyword "sustainable aviation fuels." The study examined 261 publications in the types of articles, book chapters, early access articles, reports, and compilation articles published between 2011 and 2025. The findings first showed that the studies in the relevant field increased rapidly, especially after 2020, and that researchers had an increasing interest in the subject. Fuel was seen to be the journal that included the subject of the study the most and received the most citations to its publications. At the same time, *Frontiers in Energy Research and Energies* were other journals

that included publications in this field. It was determined as a result of the analysis that the h indexes of the relevant journals had the highest values in the ranking.

When the studies were considered in terms of the authors who published the most in the field of sustainable aviation fuels, i.e. the most relevant authors to the subject, Puneet Dwivedi, Manuel Garcia-Perez, Michael P. Wolcott, and Zhibin Yang emerged as the most relevant authors with 7 publications each for the period covered by the study. When the studies were evaluated regarding the authors whose publications received the most citations, Manuel Garcia-Perez stood out as the author with the most citations. Joshua S. Heyne was identified as the second author based on the number of citations his publications received. It was also observed that both authors had the highest h index values.

When the studies were evaluated in terms of the countries where the responsible authors were located and the number of citations they received, it was seen that the United States was ahead, followed by the United Kingdom and Germany. When the studies were evaluated in terms of the most frequently used keywords, the words jet fuels, biomass, and conversion emerged as the most repeated keywords, and it was seen that the keywords used in the studies consisted of fuels and conversion-related words.

---

**Etik Beyanı:** Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti hâlinde Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

---

**Ethical Approval:** The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the case of a contrary situation, Artvin Coruh University International Journal of Social Sciences has no responsibility, and all responsibility belongs to the study's authors.

---

#### Kaynakça

- Abrantes, I., Ferreira, A. F., Silva, A., & Costa, M. (2021). Sustainable aviation fuels and imminent technologies-CO2 emissions evolution towards 2050. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127937.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.
- Barke, A., Bley, T., Thies, C., Weckenborg, C., & Spengler, T. S. (2022). Are sustainable aviation fuels a viable option for decarbonizing air transport in Europe? An environmental and economic sustainability assessment. *Applied Sciences*, 12(2), 597.
- Bauen, A., Bitossi, N., German, L., Harris, A., & Leow, K. (2020). Sustainable aviation fuels: Status, challenges and prospects of drop-in liquid fuels, hydrogen and electrification in aviation. *Johnson Matthey Technology Review*, 64(3), 263-278.
- Cabrera, E., & de Sousa, J. M. M. (2022). Use of sustainable fuels in aviation—a review. *Energies*, 15(7), 2440.
- Capaz, R. S., Guida, E., Seabra, J. E., Osseweijer, P., & Posada, J. A. (2021). Mitigating carbon emissions through sustainable aviation fuels: costs and potential. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 15(2), 502-524.
- Chiaramonti, D. (2019). Sustainable aviation fuels: the challenge of decarbonization. *Energy Procedia*, 158, 1202-1207.
- Duarte, R. B., de França Lopes, G., Pimenta, J. L. C. W., & de Matos Jorge, L. M. (2023). A bibliometric analysis on sustainable aviation fuels: Core technologies, challenges and trends. *Universal Journal of Carbon Research*, 131-152.
- Finger, D. F., Bil, C., & Braun, C. (2020). Initial sizing methodology for hybrid-electric general aviation aircraft. *Journal of Aircraft*, 57(2), 245-255.
- Gonzalez-Garay, A., Heuberger-Austin, C., Fu, X., Klokkenburg, M., Zhang, D., van der Made, A., & Shah, N. (2022). Unravelling the potential of sustainable aviation fuels to decarbonise the aviation sector. *Energy & Environmental Science*, 15(8), 3291-3309.

- Grimme, W. (2023). The introduction of sustainable aviation fuels—A discussion of challenges, options and alternatives. *Aerospace*, 10(3), 218.
- Heyne, J., Rauch, B., Le Clercq, P., & Colket, M. (2021). Sustainable aviation fuel prescreening tools and procedures. *Fuel*, 290, 120004.
- Kanmaz, Ü. (2024). Sürdürülebilir havacılık yakıtlarının havacılık sürdürülebilirliği üzerine niteliksel etki analizi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(107), 920-934.
- Kanmaz, Ü. ve Karabulut, T. (2022). Dönüştürücü ve otantik liderliğin örgütsel yaratıcılık üzerindeki etkisinde pozitif psikolojik sermayenin aracı rolü: Hava kargo taşımacılığı sektöründe bir araştırma. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 316-344.
- Karatepe, S. G., Kavak, O. ve Topçuoğlu, E. (2023). Sosyal politikalar bağlamında girişimciliğin uluslararası alanyazındaki yeri üzerine bibliyometrik analiz. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 79-97.
- Martinez Valencia, L., Garcia Perez, M. ve Wolcott, M. P. (2021). Supply chain configuration of sustainable aviation fuel: Review, challenges, and pathways for including environmental and social benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111680.
- Mızrak, F., Türk, A., & Mızrak, K. C. (2022). An analysis of the relationship between sustainable fuel management and competitive strategy in the aviation industry. In H. Dinçer & S. Yüksel (Eds.), *Clean energy investments for zero emission projects: An analysis on how to reduce the carbon footprint* (151-161). Cham: Springer International Publishing.
- Ng, K. S., Farooq, D., & Yang, A. (2021). Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111502.
- Seber, G., Escobar, N., Valin, H., & Malina, R. (2022). Uncertainty in life cycle greenhouse gas emissions of sustainable aviation fuels from vegetable oils. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 170, 112945.
- Shahriar, M. F., & Khanal, A. (2022). The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel (SAF). *Fuel*, 325, 124905.
- Şahin, Y. (2024). Havacılık ve Yapay Zeka Alanındaki Çalışmaların Bibliyometrik Analizi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(110), 1637-1648.
- Tanzil, A. H., Brandt, K., Wolcott, M., Zhang, X., & Garcia-Perez, M. (2021). Strategic assessment of sustainable aviation fuel production technologies: Yield improvement and cost reduction opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 145, 105942.
- Teoh, R., Schumann, U., Voigt, C., Schripp, T., Shapiro, M., Engberg, Z., ... & Stettler, M. E. (2022). Targeted use of sustainable aviation fuel to maximize climate benefits. *Environmental Science & Technology*, 56(23), 17246-17255.
- Topçuoğlu, E., Oktaysoy, O., Erdoğan, S. U. ve Karatepe, S. G. (2023), İşsizlik ve girişimcilik kavramlarına bibliyometrik bakış. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(2), 1276-1292.
- Undavalli, V., Olatunde, O. B. G., Boylu, R., Wei, C., Haeker, J., Hamilton, J., & Khandelwal, B. (2023). Recent advancements in sustainable aviation fuels. *Progress in Aerospace Sciences*, 136, 100876.
- Vardon, D. R., Sherbacow, B. J., Guan, K., Heyne, J. S., & Abdullah, Z. (2022). Realizing “net-zero-carbon” sustainable aviation fuel. *Joule*, 6(1), 16-21.
- Yilmaz, N., & Atmanli, A. (2017). Sustainable alternative fuels in aviation. *Energy*, 140, 1378-1386.
- Zhang, L., Butler, T. L., & Yang, B. (2020). Recent trends, opportunities and challenges of sustainable aviation fuel. *Green Energy to Sustainability: Strategies for Global Industries*, 85-110.