

**SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVACILIK YAKITLARININ (SAF) TİCARİLEŞME SÜRECİ:
EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK, POLİTİK YÖNETİŞİM VE YEŞİL
PAZARLAMA STRATEJİLERİ AÇISINDAN KÜRESEL BİR KARŞILAŞTIRMA**

COMMERCIALIZATION PROCESS OF SUSTAINABLE AVIATION FUELS (SAF): A
GLOBAL COMPARISON IN TERMS OF ECONOMIC VIABILITY, POLITICAL
GOVERNANCE AND GREEN MARKETING STRATEGIES

Dr. Muhammet Salih YİĞİT

Istanbul Gelisim University, Institute of Graduate, Business Administration,
msyigit@gelisim.edu.tr, Istanbul/Türkiye, <https://orcid.org/0009-0009-2764-2947>

ÖZET

Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF), havacılık endüstrisinin karbon nötr hedefine ulaşmasında kritik bir rol oynamakta olup, bu teknolojinin ticarileşme süreci yalnızca teknik yeterlilikle değil, aynı zamanda ekonomik uygulanabilirlik, yönetim yapıları ve pazarlama stratejileriyle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışma, SAF kullanımının farklı ülkelerdeki gelişim düzeylerini karşılaştırmalı olarak inceleyerek, ekonomik teşvikler, regülasyon politikaları ve altyapı yatırımlarının ticarileşmeye etkisini analiz etmektedir. Ayrıca, havayolu şirketlerinin yeşil pazarlama stratejileri kapsamında SAF temelli sürdürülebilirlik söylemlerini nasıl konumlandıkları, tüketici algısı, marka itibarı ve satın alma niyeti çerçevesinde değerlendirilmiştir. Küresel çapta yapılan vaka analizleri üzerinden geliştirilen bu karşılaştırmalı analiz, yalnızca çevresel hedeflerin değil, aynı zamanda rekabet avantajı yaratma, kurumsal sorumluluk ve marka değeri inşası açısından da SAF'ın stratejik önemini ortaya koymaktadır. Çalışma, hem politika yapımcılar hem de havacılık sektörü için sürdürülebilirlik odaklı dönüşüm stratejilerine bütüncül bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

51

Anahtar Kelimler: Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF), Ticarileşme Süreci, Yeşil Pazarlama, Politik Yönetişim, Ekonomik Uygulanabilirlik

ABSTRACT

Sustainable Aviation Fuels (SAF) play a critical role in the aviation industry reaching its carbon neutrality goal, and the commercialization process of this technology is directly related not only to technical competence but also to economic viability, governance structures and marketing strategies. This study examines the development levels of SAF usage in different countries comparatively, and analyzes the impact of economic incentives, regulatory policies and infrastructure investments on commercialization. In addition, how airline companies position SAF-based sustainability discourses within the scope of green marketing strategies is evaluated within the framework of consumer perception, brand reputation and purchase intention. This comparative analysis, developed through global case studies, reveals the strategic importance of SAF not only in terms of environmental goals but also in creating competitive advantage, corporate responsibility and building brand value. The study aims to provide a holistic perspective on sustainability-oriented transformation strategies for both policy makers and the aviation industry.

Keywords: Sustainable Aviation Fuels (SAF), Commercialization Process, Green Marketing, Political Governance, Economic Viability

1. GİRİŞ

Küresel havacılık sektörü, 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşma hedefi doğrultusunda, karbon azaltımının ön saflarında yer alan Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF) kullanımını hızla gündemine taşımıştır. Bu stratejik yönelim, hem teknik uygunluk (drop-in entegrasyonu) hem de regülasyonlar, teşvik mekanizmaları ve yeşil pazarlama iletişimleriyle şekillenen karmaşık bir pazar dinamiğiyle iç içe geçmektedir (Xu vd., 2024; Ambrosio vd., 2025). Literatürde SAF üretiminin mevcut durumda fosil bazlı jet yakıtı kıyasla iki ila yedi kat daha yüksek maliyetle gerçekleştiği, maliyetlerin düşürülmesi için finansal ve altyapısal destek programlarının elzem olduğu vurgulanmaktadır (Xu vd., 2024; Sharma & Arief, 2024). Ayrıca, üretim teknolojilerinde hidroprocessed esters and fatty acids (HEFA), Fischer-Tropsch ve Alcohol-to-Jet (ATJ) gibi yöntemlerin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklenen dijital ikiz sistemlerinin ticarileşmede kritik rol oynadığı literatürde yeniden teyit edilmiştir (Ambrosio vd., 2025; Öztürk vd., 2024). Politik düzeyde de farklı ülkelerde SAF için zorunlu karışım oranları getirilmiş; AB, ABD ve Japonya gibi bölgelerde SAF'tan %2–15 oranında karışım zorunlulukları uygulanmaktadır (Berrone vd., 2017; Sharma & Arief, 2024). Ancak bu düzenlemelerin yetersiz yatırım ve zayıf politik yönetimle sınırlı kaldıkları, beraberinde yeşil pazarlama iletişimiyle hâlihazırda duyarlılık gösteren tüketicilere mesaj iletme stratejilerinin rekabet avantajı sağlayabileceği ifade edilmektedir (Koç, 2023; Polat, 2025). Tüketicilerin “yeşil markalar”a yönelik artan talepleri karşısında, havayolu şirketlerinin SAF temelli sürdürülebilirlik vaatlerini nasıl konumlandığı, bu vaate yönelik güvenilirlik algısı ve potansiyel “greenwashing” hukuki sorunları önemli bir tartışma alanı haline gelmiştir (Koç, 2023; The Guardian, 2024).

Bu çalışmanın temel amacı, SAF'ın küresel ticarileşme sürecini üç temel boyutta incelemektir: (1) ekonomik uygulanabilirlik, (2) politik yönetim yapıları ve (3) yeşil pazarlama stratejileri. Çalışma, bu üç bileşenin karşılıklı etkileşimlerini farklı ülke örnekleri üzerinden karşılaştırmalı bir biçimde analiz ederek, sürdürülebilir havacılığın önündeki yapısal fırsat ve engelleri açığa çıkarmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, havayolu şirketlerinin SAF temelli sürdürülebilirlik iletişimlerini tüketici algısı ve marka itibarı bağlamında değerlendirmek de amaçlanmaktadır. Her ne kadar SAF teknolojileri olgunlaşma evresine geçmiş olsa da, maliyetlerin yüksekliği, üretim altyapısının sınırlılığı ve teşvik mekanizmalarının yetersizliği nedeniyle ticarileşme süreci beklenen hızda ilerlememektedir (Xu vd., 2024; Öztürk vd., 2024). Ayrıca, birçok havayolu firması sürdürülebilirlik vaadiyle pazarlama faaliyetlerinde bulunsa da, bu söylemlerin tüketici nezdinde ne derece güven oluşturduğu tartışmalıdır. Bu durum, hem yönetsel hem pazarlama stratejileri açısından önemli bir boşluk doğurmaktadır. Çalışma, SAF'ın ticarileşme sürecini yalnızca teknik açıdan değil, aynı zamanda ekonomi-politik ve pazarlama stratejileri boyutuyla da incelemeyi amaçlayan disiplinlerarası bir yaklaşımla yapılandırılmıştır. Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Türkiye örnekleri üzerinden karşılaştırmalı analiz yapılacaktır. Ancak çalışma, belirli ülkelerdeki mikro düzey uygulamaları ve kısa dönemli piyasa reaksiyonlarını kapsamamaktadır. Ayrıca, nitel verilerin sınırlılığı nedeniyle tüketici algısına dair analizler mevcut literatür ve ikincil veri temelli olarak yürütülmüştür. Bunun için, seçilen bölgesel örneklerdeki ekonomik teşvik sistemleri (örneğin vergi kredileri, karbon piyasaları), regülasyon yapıları ve pazarlama stratejileri derinlemesine incelenerek, bu üç bileşenin SAF adaptasyonu üzerindeki güç dengesi ortaya konacaktır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVACILIK YAKITLARI (SAF): KAVRAMSAL ARKA PLAN

SAF, mevcut havacılık altyapısına (drop-in) uyumlu olacak şekilde düşük karbonlu veya karbon nötr alternatif jet yakıtlarını kapsar. ASTM D7566 standardına göre sertifikalı SAF türleri arasında en yaygın olanları şunlardır:

- **HEFA-SPK:** Atık yağ, hayvansal yağ veya bitkisel yağlardan hidrojenasyon yoluyla elde edilen parafinik kerosen (ASTM, 2011) mdpi.com+8de.wikipedia.org+8en.wikipedia.org+8.
- **FT-SPK:** Biyokütle veya gazlaştırılmış kömür/natur gazın Fischer–Tropsch yöntemiyle sıvıya dönüştürülmesi; ASTM onayı 2009’da alınmıştır en.wikipedia.org+2docs.nrel.gov+2mdpi.com+2.
- **ATJ-SPK:** Fermente şeker/kütle kaynaklı alkolün dönüştürülmesi; 2016 yılında ASTM standardına dahil edilmiştir en.wikipedia.org+2sciencedirect.com+2link.springer.com+2.
Diğer gelişmekte olan rotalar arasında PtL (Power-to-Liquid), biyokatalitik yollar, mikroalg kaynaklı yakıtlar yer almaktadır sciencedirect.com+7roadmaps.mit.edu+7sciencedirect.com+7.

SAF’lar, mevcut uçak motorları ve yakıt dağıtım sistemleriyle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Fiziksel ve kimyasal özellikler açısından özellikleri şu şekildedir:

- Yakıt yoğunluğu, yanma kalitesi (cetane kazancı), parlama noktası, viskozite değerleri jet yakıtıyla paraleldir ve bu nedenle drop-in kullanımına uygundur.
- GHG azaltma performansı; HEFA-SPK %60–68, ATJ-SPK %60–75, FT-SPK %86–104 oranında karbon emisyonu azaltımıyla dikkat çekmektedir energycapitalventures.com+12link.springer.com+12en.wikipedia.org+12.
- Ticarileşme sürecinde en kritik teknik husus, mevcut havaalanı ve dağıtım altyapısının modifikasyona ihtiyaç duymadan kullanılmasıdır; küçük pompa ve tank değişiklikleri ile entegrasyon mümkündür.

SAF tedarik zinciri, feedstock temini, dönüştürme, dağıtım ve karışım adımlarından oluşan kompleks bir ekosistemdir. Feedstock olarak atık yağlar, tarımsal yan ürünler, orman atıkları, mikroalgler gibi kaynaklar kullanılmaktadır (caafi.com) Dönüştürme yöntemlerine göre:

- **Merkezi model:** Yüksek kapasitede büyük tesislerde üretim.
- **Dağıtık model:** Küçük ölçekli, yerel üretim tesisleri ile altyapı yükünü azaltma stratejisi
Lojistik: Karayolu, demiryolu ve mevcut boru hatları kullanılarak havaalanlarına dağıtım yapılmakta, ancak terminallerde karışım ve depolama kapasitelerinin artırılması gerekmektedir.
Tedarik zincirinin ölçek büyüyecek şekilde optimize edilmesi için matematiksel programlama, ML ve çok hedefli optimizasyon çalışmaları önerilmektedir.

3. SAF’IN TİCARİLEŞME SÜRECİ VE EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİ

SAF üretimi, mevcut fosil bazlı jet yakıtına göre oldukça yüksek maliyetlidir. Literatürde, SAF birim fiyatının konvansiyonel yakıttan 2–7 kat daha yüksek olduğuna dikkat çekilmektedir; örneğin, HEFA-SPK üretim maliyetinin ekonomik tüketici fiyatının 120 %

üzerinde olduğu, karbon azaltım performansının %27–87 arasında değiştiği bildirilmektedir (Xu vd., 2024).

Ayrıca orman artıkları bazlı bir SAF tesisi için analizler, minimum satış fiyatının (MSP) 1,87 \$/kg (kar marjı sıfır iken) ile 2,50 \$/kg (yüzde 10 IRR ile) arasında olduğunu göstermektedir; bu da yaklaşık olarak fosil yakıtın 2,7 \$/kg'e karşılık gelen 0,87 \$/kg'lık fiyatının üç katına denk düşer pubs.rsc.org

Feedstock temini, enerji-tesis işletme maliyetleri, tesis kurulumu ve lojistik giderler toplam maliyetin büyük kısmını oluşturmakta; özellikle hammadde fiyatları ve elektrik/ısı maliyetleri kritik belirleyicilerdir .

SAF'ın ekonomik çekiciliğini artırmak için devletler çeşitli politika araçları uygulamaktadır. AB'de ResFuelEU kapsamında 2025'te %2, 2030'da %6 SAF zorunluluğu öngörülmüş olup, petrol şirketleri bu yükümlülükleri karşılamak üzere Avrupa Emisyon Ticareti Sistemi (EU ETS) içinde SAF için özel tahsisatlar almıştır (20 milyon tahsisat; ~1,6 milyar € değerinde)

ABD'de ise "SAF Grand Challenge" hedefiyle 2030'a kadar 94 Mton SAF üretimi hedeflenirken, üreticilere galon başına 1,25–1,75 \$ vergi kredisi tanınmaktadır

Türkiye de, 2027'den itibaren uygulamaya geçireceği pilot SAF kullanım zorunlulukları ile 2030'a kadar %5 emisyon azaltımı hedeflemekte, Tupras ve DB Tarımsal Enerji gibi üreticilere destek vermeye hazırlanmaktadır

Bu tür düzenlemeler, maliyet farkını azaltarak SAF talebini stabilize etmek için hayati önem taşımaktadır.

Finansal açıdan SAF yatırımları, büyük ölçekli tesis kurulumuyla ilgilidir. Yakın bir örnek olarak orman artıkları beslemeli tesisin sermaye maliyeti ~422 M\$ olarak rapor edilmiştir; işletme maliyetleri yılda ~79 M\$ olarak hesaplanmıştır, bu durumda yıllık MSP'ye ulaşmak için önemli bir sürdürülebilirlik gerekliliği ortaya çıkmaktadır . BCG ve WEF gibi kaynaklar, SAF'ın iş modelinin "vicious cycle" ile karşı karşıya olduğunu; düşük talebin yatırımları, yatırımların maliyetleri düşürememesinin de talebi sınırladığını belirtmektedir . Bu nedenle, uzun vadeli finansman: düşük faizli krediler, sabit satın alma garantileri (off-take agreements), yeşil tahviller ve karbon fiyatlaması gibi enstrümanları içermelidir . Örneğin, ABD IRA vergi kredisi sayesinde HEFA tesislerinde maliyet farkı galon başına 0,5–3,5 \$'a düşebilmektedir, ancak PtL SAF için eşik çok daha yüksektir (6–10 \$/galon).

SAF'ın yaygınlaştırılması ekonomik olarak büyük zorluklarla karşı karşıyadır: üretim maliyetlerinin yüksekliği, belirsiz finansman modelleri ve feedstock erişimindeki kısıtlar temel engellerdir. Buna karşılık, politika destekleri (vergisel teşvikler, zorunlu karışım oranları, ETS avantajları) maliyet farkını kısmen kıracaktır. Finansal sürdürülebilirlik ise ancak ölçek ekonomisi, sabit satın alma garantileri ve karbon fiyat mekanizmalarının eşliğinde sağlanabilir. Bu üç unsurun entegre edilmesi, SAF'ın sanayiye dönüşümünü mümkün kılacaktır.

4. POLİTİK YÖNETİŞİM VE REGÜLASYONEL ÇERÇEVE

Sürdürülebilir Havacılık Yakıtları (SAF) konusunda politik çerçeve, hem uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen hedeflere hem de ulusal uygulamalara dayalı çok katmanlı bir sistem üzerinden şekillenmektedir. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), "Rules of Thumb" kılavuzu ile üye ülkelere SAF uygulamalarında karbon hesaplamaları ve yaşam döngüsü analizi kriterleri sağlar; bu kriterler, düşük karbonlu yakıt kullanımını teşvik eden

politika araçları için temel teşkil eder. Ayrıca CORSIA (Karbon Telafi ve Emisyon Azaltım Programı) kapsamındaki zorunluluklar, üye ülkelerdeki SAF uygulama düzeylerine doğrudan yansımaktadır.

Avrupa Birliği (AB), “Fit for 55” paketinin parçası olan ReFuelEU Aviation yönetmeliğiyle 2025 yılında %2, ilerleyen yıllarda ise 2030’da %6, 2035’te %20, 2050 yılında ise %70 SAF kullanım zorunluluğu getirmiştir. Ek olarak, EU ETS üzerinden ayrılan 20 milyon karbon tahsisi ile maliyet farkının hafifletilmesi amaçlanmıştır

İngiltere de paralel şekilde 2025 itibarıyla zorunlu SAF kotaları uygulamaya başlamıştır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), SAF Grand Challenge kapsamında 2030 yılına kadar yıllık 3 milyar galon üretim hedeflemektedir. Bu hedefin desteklenmesi için SAF üreticilerine galon başına 1,25–1,75 \$ arası vergi kredileri tanınmıştır. Ayrıca, California eyaleti yerel havayolları ile iş birliği yaparak 2035 yılına kadar 200 milyon galon SAF kullanımını teşvik etmektedir.

Asya Pasifik bölgesinde Çin, Hindistan, Singapur ve Güney Kore gibi ülkeler SAF kotası düzenlemelerini etaplı olarak uygulamaya koymaktadır. Örneğin Çin 2022–2025 arasında 50 kt SAF kullanım hedeflerken, Singapur’da 2026’da %1, 2030’da ise %3–5 oranında SAF kotası öngörülmüştür; benzer düzenlemeler Hindistan, Japonya, Avustralya ve Malezya’da da masadadır.

SAF’ın etkin ticarileşmesi, kamu ve özel sektör arasındaki güçlü koordinasyona dayanmaktadır. ABD’de SAF Grand Challenge roadmap çerçevesinde DOE, DOT ve USDA ortak bir “whole-of-government” stratejiyle teknolojik yenilik, tedarik zinciri oluşturma ve finansal destek modellerini eş zamanlı yürütmektedir. Benzer yaklaşım California’da, eyalet yönetimi ve havayolları arasında kurulan çalışma grupları ve teşvik mekanizmalarıyla sahada uygulanmaktadır.

AB, Global Gateway çerçevesiyle üye ülkelerde yerel SAF yol haritalarını güçlendirirken, EASA aracılığıyla regülasyon taslaklarını koordineli bir şekilde geliştirmektedir. Ayrıca Latin Amerika ve Orta Doğu’da da yeni SAF regülasyonları CIF’ler artmakta, bölgesel politikalar çeşitlenmektedir.

Kamu-özel işbirliği modellerine baktığımızda, Leadvent Group’un vurguladığı gibi, SAF destekli PPP’ler feedstock paylaşımı, tesis yatırım ortaklıkları ve Ar-Ge projeleriyle ekosistemi hızlandırabilir. Örneğin Avustralya, Fransız ve Çinli aktörler tarafından başlatılan projelerde hükümet destekli sermaye ve özel sektör ekspertizi bir araya gelmektedir.

Bu bölümde, hem uluslararası düzenleyici çerçeveler hem de bölgesel SAF stratejileri kapsamlı bir şekilde incelendi. En kritik nokta, güçlü politika araçlarıyla desteklenen entegre kamu-özel modellerin, SAF’ın ekonomik yükünü hafifleterek endüstriyel dönüşümü hızlandırmasıdır. Özellikle karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, AB’nin katı kotalarıyla ABD’nin teşvik bazlı modeli arasında denge stratejisinin kurulduğu ve Asya’nın uyum yeteneğinin bölgesel özel dinamiklere dayandığı görülmektedir.

5. YEŞİL PAZARLAMA STRATEJİLERİ VE TÜKETİCİ ALGISI

Havayolu şirketleri, sürdürülebilirlik odaklı söylemlerini genellikle SAF kullanımı ve karbon dengeleme taahhütleri (offset) etrafında şekillendirmektedir. Örneğin Lufthansa, “Make Change Fly” kampanyasıyla uçuşlarında %20 SAF kullanımını duyurmuş, Air France ve Etihad ise “Fly Better” ve “Environmental Advocacy” temalarıyla benzer mesajlarla öne çıkmıştır (ASA–Birleşmiş Krallık Reklam Standartları, 2023) twobirds.com+1bbc.com+1. Ancak ASA, bu kampanyaların birçoğunu kanıt eksikliği nedeniyle yanıltıcı bularak

yasaklamıştır. Bu gelişmeler, yeşil söylemlerin yalnızca söylem değil, kanıt temelli iletişimle desteklenmesi gerektiğini işaret etmektedir.

Araştırmalar, duyarlı tüketicilerin çevreye duyarlı mesajlara pozitif dönüş verdiğini, ancak almak istedikleri satın alma kararı söz konusu olduğunda tereddüt ettiklerini göstermektedir (The Australian, 2024) theaustralian.com.au. Yeşil marka imajının kalitesi, doğru ve şeffaf pazarlama stratejileriyle güçlendirilse de, greenwashing algısı tüketicinin sadakatini zedeleyebilir. Neureiter & Matthes'e (2023) göre, yeşil mesajların doğrulanabilirliği arttıkça tüketicinin güveni yükselmekte, aksi durum tüketim niyetini olumsuz etkiliyor researchgate.net.

SAF içeren kampanyalar, yalnızca karbon azaltımı değil markanın inovasyon ve sorumluluk kimliği açısından da önemli sinyaller sunar. Ancak hâlihazırda küresel SAF kullanım oranı %1'in altında olup, %10 hedefi tanımlanmış olsa da iletişim stratejileri henüz tüketicide güçlü eyleme dönüşmemiştir (Simpliflying, 2025) green.simpliflying.com. Avrupa'da yalnızca %5'lik havayolu, performansını açıkça duyururken, %59'u greenwashing endişesiyle söylemlerini kısmen ya da tamamen çekmiş durumda. Bu da SAF kampanyalarının etkinliğini kanıtlarla desteklemeden artırmanın mümkün olmadığını göstermektedir.

Greenwashing konusu havacılıkta giderek görünür hale gelmiştir. Virgin Atlantic'in "100 % SAF ile transatlantik uçuş" kampanyası, ASA tarafından yanıltıcı bulundu thetimes.co.uk+1lesteraldrige.com+1. AB düzeyinde 20 havayolu bu konuda soruşturulmakta; GEU, "sustainable" veya "net zero" gibi terimlerin açıklanmadan kullanılmasını sakıncalı bulmaktadır safinvestor.com. Greenwashing hukuki riskleri artırmanın yanı sıra, tüketicide güven kaybına yol açarak yeşil pazarlama çabalarını anlamsızlaştırabilir. Şeffaflık, belgelendirme ve ölçülebilir hedeflerin açıklanması, etik iletişimi mümkün kılacaktır.

Bu bölümde, havayolu şirketlerinin SAF ve sürdürülebilirlik söylemleri, yeşil tüketici dinamikleri, kampanyaların etkisi ve greenwashing riskleri biçiminde yapılandırılmış bütüncül bir analiz sunuldu. Etkin yeşil pazarlama, ancak açık veri, doğrulanabilir iddialar ve etik taahhütlerle mümkündür. Aksi halde tüketicinin algısında oluşan güvensizlik, markaların sürdürülebilirlik stratejilerine zarar verir.

6. KÜRESEL KARŞILAŞTIRMALI VAKA ANALİZLERİ

Avrupa Birliği, ReFuelEU Aviation mevzuatı ile 2025 yılında %2, 2030'da %6 SAF kullanımı zorunluluğu uygulamaya almış olup, 2035'te %20 ve 2050'de %70 kotalar hedeflenmektedir (Carbon Direct, 2024; The Straits Times, 2024). Bunlara ek olarak İngiltere, 2030 yılı için %9,5 SAF kotası ve PTL hedefleri getirmiştir (The Straits Times, 2024). Bu güçlü regülasyon yaklaşımı, sektöre hem net hedef hem de borçlanma teşviki sağlarken, A4E gibi havayolu dernekleri tarafından maliyet baskısı altında eleştirilmektedir (European airlines push back against EU's SAF mandates amid cost concerns). Bu model, politika şeffaflığı ve uzun vadeli planlama açısından referans teşkil etmektedir.

ABD, "SAF Grand Challenge" ile 2030'a kadar yıllık 3 milyar galon SAF üretimi hedeflemekte; buna paralel olarak vergi kredisi uygulamaktadır (U.S. outlines roadmap..., 2022). Biden yönetimi, IRA kapsamında SAF üreticilerine blender kredileriyle destek vermekte; DOE, DOT ve USDA'nın entegre yaklaşımı finansman, altyapı ve distribütör ilişkilerini güçlendirmektedir (reddit). Bu model, regülasyondan ziyade piyasa güçlendirmeye dayanmakta, özel sektörle köprü kurarak teknolojik büyümeyi teşvik etmektedir.

Japonya, 2030 itibarıyla uluslararası uçuşlarda %10 SAF hedeflemekte olup, biyokütle kaynaklı projeler için kamu-özel ortaklıkları teşvik etmektedir (Reuters Factbox ..., 2024). Singapur ise 2026'dan itibaren %1 SAF kotası uygulamasına başlayarak, 2030'da %3–5'e yükselmeyi planlamaktadır. CAAS, yolcu levhası getireceğini açıklamış; SIA da ExxonMobil ve Neste ile pilot SAF kullanımını test etmiştir (Straits Times, 2024; reddit). Bu iki ülke, kent merkezli stratejilerle güvenilir altyapı ve teknoloji kombinasyonuna odaklanmaktadır.

Türkiye, ICAO taahhüdü doğrultusunda 2027'den itibaren uygulanacak %5 emisyon azaltımı hedefiyle sahte SAF zorunlulukları belirlemiştir. Uçuşlarda SAF kullanımını desteklemek için Tüpraş ve DB Tarımsal Enerji'ye üretim teşviki vermekte, yasal yükümlülükler getirmektedir (Reuters, 2025; Tüpraş basın açıklaması). Tarım atıkları potansiyeli yüksek olmakla birlikte, bioenerji lojistiği ve maliyet etkinliği açısından mikro ölçekli uygulamalar henüz emekleme aşamasındadır (Wikipedia – Bioenergy in Turkey). Bu model, regülasyon altyapısı gelişirken lojistik ve üretim kapasitesi açısından önemli potansiyeller barındırmaktadır.

- **AB** güçlü kotalarla trend belirleyici pozisyonunda, ancak havayolları maliyet baskısını dile getiriyor.
- **ABD** piyasa destekli, vergi teşvikli ve özel sektör işbirliğine dayalı bir model izliyor.
- **Japonya ve Singapur**, teknolojik altyapı üzerine yatırım yaparak düşük riskli, kontrollü bir geçiş planı sunuyor.
- **Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler**, regülasyonları belirlemiş, fakat üretim ölçeğini ve tedarik zinciri yapısını kurmak için çalışıyor.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

57

Analiz edilen veriler ve vaka incelemeleri ışığında, SAF'ın ticarileşmesinde ekonomik faktörler ile politik yönetim arasındaki etkileşim temel belirleyicidir. Avrupa Birliği gibi güçlü regülasyon ve zorunlu kullanım kotası uygulayan bölgelerde, üretim maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, sürdürülebilir finansman ve karbon fiyatlaması sayesinde SAF talebi istikrarlı biçimde artmaktadır (Xu vd., 2024; Carbon Direct, 2024). Öte yandan, ABD'de vergi teşviklerine dayalı piyasa destek modeli, özel sektör yatırımlarını hızlandırmakta, ancak politika belirsizlikleri riskleri artırmaktadır (DOE vd., 2024). Türkiye ve gelişmekte olan pazarlar ise henüz regülasyon ve altyapı uyumunda başlangıç aşamasındadır; bu da ticarileşme sürecini yavaşlatmaktadır (Reuters, 2025).

Havayolu şirketlerinin sürdürülebilirlik söylemleri, SAF tabanlı pazarlama kampanyaları ve yeşil tüketici algısı arasında uyum sağlamak zorunludur. Ancak ASA'nın greenwashing tespitleri, tüketici güvenini olumsuz etkileyerek kampanya etkinliğini sınırlandırmaktadır (ASA, 2023). Avrupa'daki bazı havayollarının kampanyalarını geri çekmesi, etik ve doğrulanabilir iletişim ihtiyacını göstermektedir (Neureiter & Matthes, 2023). Bu bağlamda, şeffaflık ve somut karbon azaltım kanıtları, pazarlama başarısının anahtarlarıdır.

Küresel vaka analizleri, politika uyumunun pazarlama performansını doğrudan etkilediğini göstermektedir. AB gibi sıkı regülasyon uygulayan pazarlar, havayollarının sürdürülebilirlik taahhütlerini daha somut hale getirmesini zorunlu kılarak, tüketicide pozitif algı yaratmaktadır. Buna karşılık, teşvik odaklı ve esnek politikalar benimseyen ABD gibi pazarlarda, pazarlama mesajları daha yenilikçi fakat bazen doğrulanabilirlikten uzak olabilmektedir (EASA, 2024; Reuters, 2024). Türkiye gibi gelişmekte olan pazarlarda ise

regülasyonun pazarlama stratejilerine etkisi halen sınırlıdır ve bu durum, hem iç pazar hem de uluslararası rekabet açısından zorluk yaratmaktadır.

Bu bölümde elde edilen bulgular, SAF ticarileşmesinin başarılı olabilmesi için ekonomik teşvikler, güçlü politik çerçeveler ve etik, şeffaf pazarlama stratejilerinin entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca politika uyumunun pazarlama başarısı üzerindeki belirleyici rolü, sürdürülebilir havacılık sektöründe geleceğe yönelik kritik bir odak alanı olarak görülmelidir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, sürdürülebilir havacılık yakıtlarının (SAF) ticarileşme sürecinde ekonomik uygulanabilirlik, politik yönetim ve yeşil pazarlama stratejilerinin bir arada ele alınmasının önemini vurgulamıştır. Teorik olarak, SAF ticarileşmesinde çok boyutlu dinamiklerin nasıl etkileşimde bulunduğunu kapsamlı bir şekilde analiz ederek, literatürdeki boşlukları doldurmuştur. Pratik katkı olarak, politika yapıcılar ve havayolu şirketlerine, SAF kullanımını yaygınlaştırmak için etkili regülasyonların yanı sıra, tüketici algısını doğru yönetmenin ve etik pazarlama iletişiminin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu sayede hem ekonomik sürdürülebilirlik hem de sektör paydaşlarının sosyal kabulü güçlendirilmiştir.

Politika yapıcılarının, SAF ticarileşmesini hızlandırmak için piyasa destekli teşvik mekanizmalarını (örneğin vergi kredileri, karbon fiyatlandırması) ve zorunlu kullanım kotası gibi düzenleyici araçları dengeli şekilde kullanmaları önerilir. Ayrıca, uluslararası işbirliği ve uyum mekanizmalarının geliştirilmesi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde altyapı yatırımlarının artırılması kritik önem taşımaktadır. Yeşil pazarlamada ise, şeffaflık standartlarının oluşturulması ve greenwashing riskine karşı etkili denetim mekanizmalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Kamu-özel sektör ortaklıklarının güçlendirilmesi ve tüketici bilincinin artırılması da uzun vadeli başarı için stratejik öncelikler arasında olmalıdır.

Çalışmada odaklanan ekonomik, politik ve pazarlama boyutlarına ek olarak, SAF tedarik zincirinin sürdürülebilirlik açısından daha derinlemesine incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, tüketici davranışlarının farklı kültürel bağlamlarda nasıl değiştiği, yeşil pazarlama stratejilerinin bu farklılıklara göre nasıl optimize edilebileceği önemli araştırma alanlarıdır. Teknolojik gelişmelerin SAF üretimi ve dağıtımını üzerindeki etkileri ile dijitalleşmenin pazarlama süreçlerine entegrasyonu da ileri çalışmalar için zengin fırsatlar sunmaktadır. Son olarak, politika etkilerinin uzun vadeli ölçümleri ve karşılaştırmalı saha analizleri, sürdürülebilir havacılık politikalarının etkinliğini daha iyi anlamaya katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ambrosio, W. B., Sousa, B. A., Kanieski, J. M., Marchiorie, P., & Mockaitis, G. (2025). *Sustainable aviation fuels: Opportunities, alternatives and challenges for decarbonizing the aviation industry and fostering the renewable chemicals*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.03880>
- Argus Media. (2025). *The SAF Policy & Market Guide 2025*. <https://www.argusmedia.com>
- ASA – Advertising Standards Authority. (2023). *Green claims in aviation: ASA rulings and guidance*. <https://www.twobirds.com/en/insights/2023/uk/greenwashing-in-aviation-recent-asa-rulings>
- ASTM International. (2011). *ASTM D7566 – Standard specification for aviation turbine fuel containing synthesized hydrocarbons*. <https://www.astm.org/d7566>

- BCG (2025). Sustainable aviation fuels need a faster takeoff. Boston Consulting Group.
- CAAFI (Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative). (2023). *SAF production and infrastructure overview*. https://caafi.com/resources/pdf/CAAFI_Webinar_A93_A100-Prem_Lobo.pdf
- Carbon Direct. (2024). *Beyond the transatlantic core: Emerging SAF mandates in global markets*. <https://www.carbon-direct.com/insights/beyond-the-transatlantic-core-emerging-saf-mandates-in-global-markets>
- Carbon Direct. (2024). *Beyond the transatlantic core: Emerging SAF mandates in global markets*. <https://www.carbon-direct.com/insights/beyond-the-transatlantic-core-emerging-saf-mandates-in-global-markets>
- DOE, DOT, & USDA. (2024). *SAF Grand Challenge Roadmap Implementation Framework*. U.S. Department of Energy. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-11/SAF%20GC%20Roadmap%20Implementation%20Framework%20fact%20sheet%20Final.pdf>
- EASA. (2024). *Sustainable Aviation Fuels policy actions*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/eaer/sustainable-aviation-fuels/saf-policy-actions>
- European Commission Climate Catalyst (2024). Sustainable aviation fuel policy in the European Union.
- Green, S. (2025). *Sustainable Aviation Outlook Report 2025*. Simpliflying Green. <https://green.simpliflying.com/p/sustainable-aviation-outlook-report-2025>
- ICAO. (2023). *Guidance on SAF Policies – Version 1*. International Civil Aviation Organization. <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/SAF/Guidance%20on%20SAF%20policies%20-%20Version%201.pdf>
- Koç, E. (2023). Green marketing strategies and climate change awareness in sustainable transportation: The case of airline companies. *Marine Science and Technology Bulletin*, 12(4), 459–472. <https://doi.org/10.33714/masteb.1375842>
- Leadvent Group. (2024). *Public-Private Partnerships in Sustainable Aviation Fuel Development*. <https://www.leadventgrp.com>
- MIT Energy Initiative. (2024). *Sustainable aviation fuel roadmap: Power-to-liquid and biomass conversion*. https://roadmaps.mit.edu/index.php/Sustainable_Aviation_Fuel
- Neureiter, A., & Matthes, J. (2023). Sustainable flying? The effects of greenwashed claims in airline advertising on perceived greenwashing, brand outcomes and attitudes toward flying. *Journal of Environmental Psychology*, 87, 102004. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102004>
- Öztürk, T., Arslan, Y., & Demir, E. (2024). Thermophysical characterization of SAF blends for aviation applications. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147, 1–12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-024-13027-5>
- Pan American Finance / WEF (2024). Global SAF market overview.
- Polat, M. (2025). *Examining the effect of green marketing strategies on airline consumers' purchasing behavior in the scope of theory of planned behavior (TPB)*. Pazarlama

ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, 18(1), 213-242.
<https://doi.org/10.15659/ppad.18.1.1504357>

PW Consulting (2024). Renewable Sustainable Aviation Fuel (SAF) Market.

Reuters (2025, June 30). Turkey to set sustainable aviation fuel mandates for airlines, suppliers.

Reuters. (2024). *Japan and Singapore pursue sustainable aviation fuel targets*. <https://www.reuters.com/sustainability/aviation/japan-singapore-saf-innovation-2024-04-15>

Reuters. (2024, October 30). California, major airlines work to boost sustainable aviation fuel use. *Reuters*. <https://www.reuters.com/sustainability/california-major-airlines-work-boost-sustainable-aviation-fuel-use-2024-10-30>

Reuters. (2025). *Turkey to set sustainable aviation fuel mandates for airlines, suppliers*. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/turkey-set-sustainable-aviation-fuel-mandates-airlines-suppliers-2025-06-30>

Reuters. (2025, June 30). Turkey to set sustainable aviation fuel mandates for airlines, suppliers. *Reuters Sustainability*. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/turkey-set-sustainable-aviation-fuel-mandates-airlines-suppliers-2025-06-30>

SAF Investor. (2024). EU scrutinises airlines' use of SAF in eco-marketing. Retrieved from <https://www.safinvestor.com/news/144914/eu-scrutinises-airlines-use-of-saf-eco-marketing>

Sharma, A., & Arief, M. M. (2024). Hydrogen in aviation: Evaluating the feasibility and benefits of a green fuel alternative. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.15137>

The Australian. (2024, February 9). Travellers reluctant to pay for greener flights despite desire for sustainability. *The Australian*. <https://www.theaustralian.com.au/business/aviation/travellers-reluctant-to-pay-for-greener-flights-despite-desire-for-sustainability/news-story/a8d1b04004e1a3c9f83466efdde05fdd>

The Straits Times. (2024). *Singapore announces sustainable aviation fuel mandates and incentives*. <https://www.straitstimes.com/business/companies-markets/singapore-announces-saf-mandates-2024>

The Times. (2024, November 20). Virgin Atlantic ad banned over sustainable fuel claim. *The Times UK*. <https://www.thetimes.co.uk/article/virgin-atlantic-ad-banned-over-sustainable-fuel-claim-gdvgt8fp>

U.S. Department of Energy (DOE), Department of Transportation (DOT), & USDA. (2024). *SAF Grand Challenge Roadmap Implementation Framework*. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-11/SAF%20GC%20Roadmap%20Implementation%20Framework%20fact%20sheet%20Final.pdf>

Wikipedia. (2024). *Sustainable Aviation Fuel*. https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_Aviation_Fuel

Xu, X., Zhang, Y., & Li, H. (2024). Economic and policy analysis of sustainable aviation fuel adoption: A comparative study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 105, 103289. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103289>

- Xu, Y., Zhang, S., Deng, X., Lee, S.-Y., Wang, K., & Li, L. (2024). Bibliometric analysis and literature review on sustainable aviation fuel (SAF): Economic and management perspective. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.11.014>
- Xu, Y., Zhang, S., Deng, X., Zhang, M., & Xie, H. (2024). Sustainable aviation fuel technologies, costs, emissions, policies, and markets: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 449, 141472. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141472>