

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

**EVTOL ARAÇLARIN TASARIM VE TEKNOLOJİK
EVİRİMİ: ÇOKLU PERSPEKTİF İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge YILKICI

KOCAELİ 2025

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

**EVTOL ARAÇLARIN TASARIM VE TEKNOLOJİK
EVİRİMİ: ÇOKLU PERSPEKTİF İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge YILKICI

Doç. Dr. Didem RODOPLU ŞAHİN

KOCAELİ 2025

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

**E VTOL ARAÇLARIN TASARIM VE TEKNOLOJİK
EVİRİMİ: ÇOKLU PERSPEKTİF İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: Özge YILKICI

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ve No:02.05.2025 - 17

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Didem RODOPLU ŞAHİN

Jüri Üyesi: Doç Dr. Gönül KONAKAY

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Mustafa ASLAN

KOCAELİ 2025

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimi, akademik rehberliği ve yol göstericiliğiyle her zaman yanımda olan, düştüğümde elimden tutup kaldıran, bana ilham veren değerli danışman hocam Doç. Dr. Didem Rodoplu şahin'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi olarak daima yanımda olan, bugünlere gelmemde en büyük katkıyı sağlayan sevgili annem Gül Peri Bülbül ve babam Erdoğan Bülbül'e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlama sürecinde beni her zaman motive eden, eğitim ve kariyer yolculuğumda desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Mert Yılıkcı'ya teşekkür ederim.

Kendisiyle ilgilenmem gereken zamandan çalıp, iyi huyuyla bu çalışmayı yapmama yardımcı olan dünya güzeli kızım Nil Yılıkcı'ya ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak, araştırma sürecine gönüllü olarak katılan ve değerli bilgi ile deneyimlerini benimle paylaşarak çalışmama katkı sağlayan tüm katılımcılara içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	v
SİMGE VE KISALTMALAR.....	viii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	ix
RESİMLER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1
Amaç ve Kapsam	1
1. E VTOL ARAÇ NEDİR VE TEMEL ÖZELLİKLERİ.....	2
1.1. e VTOL Araçların Tanımı	2
1.2 E VTOL Araçların Temel Özellikleri.....	2
1.2.1 Elektrikli Tahrik Sistemi.....	2
1.2.2 Dikey İniş Kalkış	2
1.2.3 Hız ve Uçuş Performansı	3
1.2.4 Tasarım ve Yapısal Özellikler	3
1.2.5 Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler	3
1.2.6. Güvenlik ve Düzenlemeler.....	3
1.2.7. Ticari Uygulamalar	4
1.3 Elektrikli Motor Çeşitleri.....	4
1.3.1. Fırçasız Doğru Akım Motorları (BLDC)	4
1.3.2. Senkron Relüktans Motorlar (SRM).....	5
1.3.3. Asenkron (İndüksiyon) Motorlar	5
1.4. Elektrik ve Batarya Teknolojisi.....	5
1.4.1. Lityum-İyon Bataryalar(Li-ion):	5
1.4.2. Katı Hal Bataryaları (Solid-State Batteries).....	6
1.4.3. Süper Kapasitörler (Supercapacitors)	6
1.5. BMS (Batarya Yönetim Sistemi)	7
1.6. Şarj Altyapısı ve Hızlı Şarj Teknolojileri	7
1.7. Güvenlik Sistemleri	8

1.8. eVTOL Araç Türleri	8
1.8.1. Multirotor eVTOL	9
1.8.2. Tiltrotor eVTOL	9
1.8.3. Lift+Cruise eVTOL	9
1.8.4. Sabit Kanatlı eVTOL	9
1.9. Vertiportlar ve İniş/Kalkış Alanları	10
2. EVTOL ARAÇLARIN TARİHSEL SÜREÇLERİ	11
2.1 Elektrikli Uçan Araçların Erken Gelişimi	11
2.2 Modern EVTOL Teknolojileri ve Ticari Uygulamalar	12
2.3 Dünyadaki Önemli eVTOL Gelişmeleri	12
2.3.1. Volocopter	13
2.3.2. Joby Aviation	15
2.3.3. Lilium	16
2.3.4. Urban Aeronautics (CityHawk)	18
2.3.5. Archer Aviation	19
2.3.6. Vertical Aerospace	20
2.3.7. EHang	21
2.3.8. Pipistrel	22
2.3.9 SkyDrive	23
2.3.10. Horizon Aircraft	24
2.4 Türkiye'deki Önemli e VTOL Gelişmeleri	25
2.4.1 Baykar Teknoloji (CEZERİ)	25
2.4.2 AIRCAR	26
2.4.3. İTÜ ARI Teknokent	27
2.4.4. Breeze Aero	27
2.5. Üretim ve Operasyon Maliyetleri	27
2.6. Potansiyel Müşteri Grupları	28
2.6.1. Şehir İçi Yüksek Gelir Grubunda Olan Kullanıcılar	28
2.6.2. Şehirlerarası Yolculuk Yapan Yolcular	28
2.6.3. Turizm Sektörü Kullanıcıları	28
2.6.4. Sağlık ve Acil Durum Hizmetleri	29
2.6.5. Lojistik ve Kargo Şirketleri	29
2.6.6. Belediyeler ve Kamu Hizmetleri	29

2.6.7. Teknoloji ve Yenilik Sevenler.....	29
2.6.8. Savunma ve Güvenlik Sektörü	29
2.6.9. Ulaşım Hizmeti Sunan Şirketler	29
2.7. Akıllı Şehirler.....	30
2.8. Dünyadaki Son Gelişmeler	30
3. ÇOKLU PERSPEKTİF YAKLAŞIMI	31
3.1. Çoklu Perspektif Değerlendirme Yaklaşımı	31
3.1.1. Alt Yapı Perspektif (Hava Trafik Entegrasyonu) İncelemesi	32
3.1.2. Hukuk Perspektif Açısından Değerlendirme.....	33
3.1.3. Teknolojik Perspektif Açısından Değerlendirme.....	37
3.1.4. Kullanıcı Perspektive Açısından Değerlendirme	38
4. e VTOL ARAÇLARIN ÇOKLU PERSPEKTİVE AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	38
4.1. Araştırmanın Metodolojisi	39
4.1.1. Araştırmanın Konusu ve Önemi.....	39
4.1.2. Araştırmanın Amacı.....	39
4.1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları.....	39
4.1.4. Araştırmanın Yöntemi	40
4.1.5. Veri Toplama Tekniği.....	40
4.1.6. Bulgular.....	40
4.1.7. e VTOL Araç Alt Yapı Perspektife (Hava Trafik Sistemi Entegrasyonu) Açısından Değerlendirmesi.....	43
4.1.8. e VTOL Araç Teknolojik Perspektif Açısından İncelenmesi	46
4.1.9. e VTOL Araç Hukuk Perspektif Açısından Değerlendirme	48
4.1.10. e VTOL Araçların Kullanıcı Perspektif Açısından Değerlendirilmesi.....	51
4.1.11 Kullanıcıların e VTOL Teknolojisine Karşı Kabul Düzeyi	53
4.1.12. e VTOL Araçlara İlişkin Risk Analizi.....	55
SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKÇA	60
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ÖZET

Bu çalışma, elektrikli dikey kalkış ve iniş yapabilen hava araçları olan eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing) sistemlerinin şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyonunu çoklu perspektiflerle incelemeyi amaçlamaktadır. Tez kapsamında, hukuki düzenlemeler, teknolojik gelişmeler, hava trafik kontrol sistemleriyle entegrasyon ve kullanıcı kabulü gibi temel alanlar ele alınmıştır.

Bu çalışmada, eVTOL araçlarının şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyon süreci; hukuki, teknolojik, hava trafik kontrolü (ATC) ve kullanıcı perspektiflerinden nitel bir yaklaşımla ele alınmıştır. Araştırma deseni olarak betimsel nitel araştırma yöntemi tercih edilmiş; veriler, yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler yoluyla toplanmıştır. Katılımcılar, ilgili alanlarda uzmanlık sahibi hukukçular, mühendisler, hava trafik kontrolörleri, apron personeli ve potansiyel kullanıcılar arasından amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler, MAXQDA yazılımı kullanılarak kodlanmış ve tematik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu yöntem, araştırmanın çok yönlü yapısına uygun olarak her bir perspektifi derinlemesine incelemeye ve karşılaştırmalı analiz yapmaya olanak tanımıştır. Araştırma sürecinde etik kurallara riayet edilmiş, katılımcıların bilgileri gizli tutulmuştur.

Araştırma bulguları, eVTOL araçlarının teknolojik olarak hızla gelişmekte olduğunu, ancak mevcut hukuki çerçevenin bu gelişime ayak uydurmakta yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, hava trafik yönetim sistemlerinin eVTOL entegrasyonu için ciddi altyapı yatırımları gerektirdiği ve kullanıcıların bu yeni ulaşım biçimine dair bilgi düzeylerinin sınırlı olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, eVTOL teknolojilerinin şehir içi ulaşımında devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratma potansiyeline sahip olduğu; ancak bu potansiyelin etkin şekilde değerlendirilebilmesi için mevzuat, altyapı ve kullanıcı farkındalığı alanlarında bütüncül bir yaklaşım benimsenmesi gerektiği önerilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: eVTOL, Kentsel Hava Hareketliliği, Havacılık Teknolojisi, Hava Trafik Entegrasyonu, Hukuki Düzenlemeler, Kullanıcı Kabulü, Sürdürülebilir Ulaşım.



ABSTRACT

This study aims to examine the integration of electric vertical take-off and landing (eVTOL) aircraft into urban transportation systems from a multi-perspective approach. The research focuses on four main areas: legal frameworks, technological developments, integration with air traffic control systems, and user acceptance.

A descriptive qualitative research method was employed, using semi-structured interviews as the primary data collection tool. Expert opinions were obtained from airport personnel, engineers, lawyers, and potential users. The collected data were thematically analyzed using the MAXQDA software.

The findings reveal that while eVTOL technologies are rapidly evolving, the current legal regulations remain insufficient to keep pace with this advancement. In addition, significant infrastructure investments are required for the integration of eVTOLs into existing air traffic management systems. Moreover, public knowledge and awareness of this new transportation mode are still limited.

In conclusion, eVTOL technologies hold the potential to create a transformative impact on urban transportation. However, to fully realize this potential, a holistic approach is necessary—addressing regulatory frameworks, technological infrastructure, and user education.

KEYWORDS: eVTOL, Urban Air Mobility, Aviation Technology, Air Traffic Integration, Legal Regulations, User Acceptance, Sustainable Transportation.

SİMGE VE KISALTMALAR

AAM: Advanced Air Mobility

ATC: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrolü)

BLDC: Brushless Direct Current Motor (Fırçasız Doğru Akım Motoru)

BMS: Battery Management System (Batarya Yönetim Sistemi)

EASA: European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı)

eVTOL: Electric Vertical Take-Off and Landing (Elektrikli Dikey Kalkış ve İniş)

FAA: Federal Aviation Administration (ABD Federal Havacılık İdaresi)

FDIR: Fault Detection, Isolation and Recovery (Hata Tespiti, İzolasyonu ve Kurtarma)

ICAO: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)

İHA: İnsansız Hava Aracı

MAXQDA: Kalitatif veri analizi yazılımı

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SRM: Synchronous Reluctance Motor (Senkron Relüktans Motor)

UAM: Urban Air Mobility (Kentsel Hava Hareketliliği)

UTM: Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (İnsansız Hava Aracı Trafik Yönetimi)

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Alt Yapı Perspektif Kod Bazlı Frekans Analizi	45
Grafik 2. Teknolojik Perspektif Kod Bazlı Frekans Sistemi.....	47
Grafik 3: Kullanıcıların e VTOL kullanmayı düşünme oranı	54
Grafik 4. İlk Kullanıcı Olma Durumu.....	54

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Volocopter (volocopter.com).....	14
Resim 2. Volocity (volocopter.com).....	15
Resim 3. Jobyaviation (jobyaviation.com).....	16
Resim 4. Lilium Jet (7-seater)	18
Resim 5. Cityhawk (Evtol.news)	19
Resim 6. Archer Aviation (Archer Avition 2024).....	20
Resim 7. Vertical Aerospace (Vertical Aerospace 2024)	21
Resim 8. El Hang (EHang-2024).....	22
Resim 9. Pipistrel (wikimedia)	23
Resim 10. Sky Drive	24
Resim 11. Cezeri.....	26
Resim 12. Aircar	27

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. e VTOL Araç Şekilleri	10
Şekil 2. Alt Yapı Perspektife Kelime Bulutu	45
Şekil 3. Teknolojik Perspektif Kelime Bulutu	48
Şekil 4. Hukuk Perspektif Kelime Bulutu.....	50
Şekil 5. Kullanıcı Perspektif Kelime Bulutu	53

Şekil 6. Risk Analizi	55
-----------------------------	----

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Volocity Teknik Özellikleri.....	14
Tablo 2. Joby Avation Teknik Özellikleri.....	16
Tablo 3. Lilium Jet Evtol Teknik Özellikler	17
Tablo 4. City Hawk Teknik Özellikleri	18
Tablo 5. Archer Aviation Teknik Özellikleri	19
Tablo 6. Vertical Aerospace Teknik Özellikleri.....	21
Tablo 7. Elhang Teknik Özellikleri	22
Tablo 8. Pipistrek Teknik Özeliikleri.....	23
Tablo 9. SkyDrice Teknik Özellikleri.....	24
Tablo 10. Horizon Aircrefy Teknik Özellikleri.....	25
Tablo 11. Cezeri Teknik Özellikleri	25
Tablo 12. Aircar Teknik Özellikleri	26
Tablo 13. Türkiye’de eVTOL Hukuki Entegrasyon Aşamaları	36
Tablo 14. Demografik Tablo	42
Tablo 15. Mesleklere Göre Evtol Bilgi Düzeyi.....	42
Tablo 16. Alt Yapı Perspektife Kod İlişkileri Tarayıcısı	44
Tablo 17. Teknolojik Perspektife Kod İlişkileri Tarayıcısı.....	46
Tablo 18. Hukuk Perspektif Kod İlişkileri Tarayıcısı.....	49
Tablo 19. Kullanıcı Perspektif Kod İlişkileri Tarayıcıları	51

GİRİŞ

Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın temel amacı, elektrikli dikey kalkış ve iniş yapabilen hava araçları (eVTOL) teknolojisinin şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyonu sürecinde karşılaşılan hukuki, teknik, alt yapı (hava trafik sistemleri ile entegrasyonu) ve kullanıcı perspektiflerine dayalı sorunları analiz etmek ve çözüm önerileri sunmaktır. Gelişen havacılık teknolojilerinin kent içi mobiliteye etkisi artmakta olup, eVTOL araçları gelecekte sürdürülebilir, hızlı ve güvenli ulaşım alternatifi olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda tez, dört temel perspektifi kapsamaktadır: Hukuki Perspektif, Mevcut ulusal ve uluslararası düzenlemelerin eVTOL araçları için yeterliliği, güvenlik ve sertifikasyon süreçlerinin incelenmesi ve yeni hukuki çerçeve ihtiyacının değerlendirilmesi. Teknolojik Perspektif, eVTOL araçların tasarım, batarya, menzil, otonomi gibi teknik boyutlarının incelenmesi ve bu araçların şehir içi operasyonel gerekliliklere uygunluğu. Alt Yapı (ATC Entegrasyon) Perspektifi, Mevcut hava trafik yönetim sistemlerinin eVTOL araçlarıyla etkileşimi, dijital kule ve UTM sistemleri ile entegrasyon potansiyeli, Kullanıcı Perspektifi: eVTOL araçların toplumsal kabulü, kullanıcı deneyimi, algı ve beklentiler üzerine yapılan nitel analizler. Çalışma, bu dört başlık üzerinden yürütülen literatür taraması, uzman görüşmeleri ve saha analizleri ile kapsamlı bir betimsel analiz sunmaktadır. Elde edilen veriler ışığında, Türkiye'nin kentsel hava hareketliliği vizyonuna katkı sunacak öneriler geliştirilmiştir.

1. BÖLÜM

1. E VTOL ARAÇ NEDİR VE TEMEL ÖZELLİKLERİ

1.1. e VTOL Araçların Tanımı

-e VTOL ((Electric Vertical Take-Off and Landing), dikey olarak iniş ve kalkış yapabilen tamamen elektrikli yeni nesil hava araçlarıdır. Geleneksel hava araçlarından farklı olarak elektrikli motorlar ve bataryalarla çalışırlar. İniş ve kalkışları dikey olarak gerçekleştirebilirler bu yüzden uzun pistlere ihtiyaç duymazlar. Bu teknolojik özellikleri sayesinde kentsel hava mobilitesi (Urban Air Mobility, UAM) projelerinde için büyük bir potansiyel taşırlar. Gürültü kirliliği önleme ve karbon emisyon azaltma projelerinde çevresel fayda sağlaması açısından da önemli bir yer edinilmesi beklenmektedir.

1.2 E VTOL Araçların Temel Özellikleri

1.2.1 Elektrikli Tahrik Sistemi

E VTOL araçların en temel özelliği tamamen elektrikli motorlarla çalışıyor olmasıdır. İçten yanmalı motorların aksine çevreye daha az zarar verir böylece karbon emisyonunu azaltmada çevreye fayda sağlarlar (Aloy et al., 2020).

Elektrik gücü ile çalışan motorlarda genellikle lityum-iyon bataryalar bulunur. Bataryaların kapasitesi taşıma kapasitesi ve uçuş menzili sınırlayan faktörlerdir. Bu durumun iyileştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir (MIT.,2023).

E VTOL araçlarının uçuş menzili 100-300 km arasında değişiklik göstermektedir (IEEE Spectrum).

1.2.2 Dikey İniş Kalkış

E VTOL'ler dikey iniş ve kalkış yapımları sayesinde uzun pistlere geniş havaalanlarına ihtiyaç duymazlar. Bu özellikleri sayesinde şehir içi operasyonlara daha uygundur. Önemli noktalara Vertiportlar kurularak şehir içi ulaşımda önemli bir alternatif haline gelebilirler.

1.2.3 Hız ve Uçuş Performansı

eVTOL araçlar 150/300 km/saat aralığında hız performansına sahiptirler. Bu hızlar şehir içi hava taşımacılığı için yeterlidir. Karayolu araçlarına göre avantaj sağlamaktadır (*Vertical Aerospace, 2023*).

Şehir içi kullanım için tasarlanmış olan evtol araçlar 1000m yükseklikte uçuş yapabilirler. Bu yükseklik şehir içi taşımacılık yapmak için yeterlidir. Çoğu evtoller 2000-4000m yükseklikte uçuş yapma kabiliyetine sahiptirler (*Joby Aviation, 2023*).

1.2.4 Tasarım ve Yapısal Özellikler

Kanatlar ya da rotorlar gibi yapısal özelliklere sahiptirler. Uçuş verimliliğini artırmak için hava durumu özelliklerine göre farklı tasarımlara sahip olabilirler. Modüler tasarıma sahip olmaları bakım ve onarım çalışmalarını da kolaylaştırır (*Lilium, 2023*).

eVTOL araçların birçoğu otonom sürüş sistemine sahiptirler. Otonom sürüş sistemi insan hatasından kaynaklı kazaları azaltır, daha güvenli bir uçuş sağlar ve hava trafik kontrolünü kolaylaştırır. GPS, lidar ve diğer sensörlerle otonom uçuş desteklenir (Uber Elevate, 2023).

1.2.5 Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler

eVTOL araçlar elektrikli motorlara sahip oldukları için çevreye sıfır emisyon salımı yaparlar bu da çevreye zarar vermez ayrıca elektrikli motorlar oldukça sessiz çalışırlar helikopter ve geleneksel uçakların aksine gürültü kirliliği yaratmaz (*EASA, 2023*).

1.2.6. Güvenlik ve Düzenlemeler

eVTOL araçlar diğer hava araçları gibi havacılık güvenliği standartlarına tabi tutulmaktadır. Avrupa Havacılık Güvenliği Ajansı (EASA) ve ABD Federal Havacılık

İdaresi (FAA), e VTOL araçlarının güvenlik testlerine tabi tutulmasını ve operasyonel standartların oluşturulmasını için çalışmaları sürdürmektedir (EASA, 2023)

Birçok eVTOL çift motorlu sisteme sahiptir. Böylece motorlardan biri arıza yaptığında diğer motor devreye girerek kaza riskini azaltır. Ayrıca Otonom sürüş sistemleri geliştirilerek insan kaynakları riskleri en aza indirmek hedeflenmiştir (Urban Aeronautics, 2023).

1.2.7. Ticari Uygulamalar

Ticari uygulama olarak en sık göreceğimiz alan hava taksi uygulaması olacaktır. Trafiğin sen yoğun olduğu zamanlarında hızlı ulaşım için bir alternatif haline gelecektir. Örneğin, Uber Elevate ve Lilium gibi şirketler, hava taksisi hizmeti vermeyi planlamaktadır (Uber Elevate, 2023).

eVTOL araçlar, acil durumlarda ve lojistik anlamda da önemli bir yer edinecektir. İlaç ya da ihtiyaç malzemesi taşımada da aktif rol oynayacaktır (Volocopter, 2023).

1.3 Elektrikli Motor Çeşitleri

E VTOL araçlar, çevreci ve sessiz ulaşım hedefleri doğrultusunda tamamen elektrikli motor sistemleriyle donatılmıştır. Bu araçlarda genellikle birden fazla elektrikli motor bulunmakta olup, bu yapı hem yedeklilik sağlar hem de manevra kabiliyetini artırır. Elektrikli motorlar, içten yanmalı motorlara göre daha az bakım gerektirmeleri, daha yüksek enerji verimliliği ve sıfır emisyon gibi avantajlar sunar. Bu özellikler, eVTOL araçlarını hem sürdürülebilir ulaşım çözümleri hem de kentsel hava taşımacılığı için uygun hale getirir (Sun et al., 2021).

Elektrikli motor çeşitleri şunlardır.

1.3.1. Fırçasız Doğru Akım Motorları (BLDC)

eVTOL araçlarda yaygın olarak tercih edilen motor türüdür. Küçük boyutlara sahip olan bu motor büyük miktarlarda güç üretebilir. Fırçaların olmaması aşınmayı ve bakım ihtiyacını azaltır. Gürültü seviyesi oldukça düşüktür.

1.3.2. Senkron Relüktans Motorlar (SRM)

Senkron relüktans motorlar düşük maliyet ve yüksek dayanıklılığı ile ünlüdür. Dezavantajı çok yüksek sesle çalışıyor olmasıdır. Gürültü seviyesi oldukça yüksektir. Düşük maliyetli evtollerde tercih edilebilir.

1.3.3. Asenkron (İndüksiyon) Motorlar

Dayanıklılık ve uzun ömürleri ile bilinirler. Verimlilikleri diğer elektrikli motorlara göre düşüktür. Daha çok tork üretiminin önemli olmadığı araçlarda tercih edilir.

eVTOL araçlar kullanılacak motor seçimi uygulamanın ihtiyacına göre örneğin kısa mesafede mi ya da uzun mesafede mi kullanılacak veya hangi bütçeyle yapılacak hepsi belirleyici faktörlerdir.

1.4. Elektrik ve Batarya Teknolojisi

eVTOL araçlarda batarya sistemleri aracın en kritik bileşeni durumundadır. Bataryaların menzil, hız, şarj süresi ve güvenlik sistemlerini doğrudan etkilemektedir. Aşağıdaki bölümde evtol araçlarda kullanılan bataryalar detaylı olarak incelenmiştir.

1.4.1. Lityum-İyon Bataryalar(Li-ion):

eVTOL araçlarda kullanılan en yaygın batarya türü lityum-iyon bataryalardır. Bu bataryaların tercih edilmesinin sebebi, uzun ömürlü olması, gelişmiş şarj döngüsünün olması ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasıdır. Lityum bataryalar eVTOL dışında kalan elektrikli ulaşım sistemlerinde de kullanılmaktadır. Bu bataryalar e vtol araçların verimliliği doğrudan etkilemektedir. Özellikle ağırlıklarının minimize edilmesi ve enerji yoğunluklarının artırılması konusunda optimize

edilmeleri gerekmektedir. Spesifik olarak daha hafif ve daha hızlı şarj edilmesi bu konudaki araştırmaların temel amacını oluşturmaktadır. (Gai, L., & Liu, H. 2020)

eVTOL araçlarda bulunana bataryaların kapasitesi, uçuş menzilini ve uçuş suresini doğrudan etkileyen bir faktördür. eVTOL araçların diğer geleneksel fosil yakıt kullanana hava araçlarına gore en buyek dezavantajı kullanılan bataryaların enerji yoğunluklarının duşuk olmasıdır. E vtol araçlarda kullanılan bataryaların enerji yoğunluklarını artırmak için çeşitli ozmler aranmaktadır. Yeni nesil Batarya teknolojileri arasında süper kapasitörler (supercapacitors) ve katı hal bataryaları (solid-state batteries) bulunmaktadır. Katı hal bataryaları sıvı hal elektrolitler yerine katı hal elektrolitler kullanılarak daha yüksek yoğunluklu enerji elde etme potansiyeline sahiptirler. Süper kapasitörler ise kısa sureli uçuşlarda kullanıma uygundur. Her iki batarya türü kombin Şekilde kullanılarak yüksek verim elde etme Şansı artmaktadır (Wang, Q., & Zhang, S. 2022).

1.4.2. Katı Hal Bataryaları (Solid-State Batteries)

Katı hal bataryalarının en buyek özellikleri sıvı değil katı elektrolit kullanmalarıdır. Bu bataryalar daha yüksek enerji yoğunluğu, daha uzun ömür ve daha güvenli bir alt yapı sunmaktadır. Lityum-iyon bataryalar sıvı elektronik kullandıkları için bu elektrolitler zamanla bozulabilirler. Aşırı ısınma ve patlamaya neden olabilirler ancak katı hal bataryalarda elektrolitler katı olduğu için byle bir tehlike bulunmaz. Olumlu zellikleri yüksek güvenlik, yüksek enerji yoğunluk ve uzun ömürlü olmalarıdır. Olumsuz zellikleri ise; üretimleri hala oldukça karmaşık ve maliyetlidir. Ayrıca katı elektrolitler ve elektrotlar arasında iyi bir bağlantı kurmak zordur (Cohn, M. A., & Sadoway, D. R. 2017).

1.4.3. Süper Kapasitörler (Supercapacitors)

Super kapasitler geleneksel bataryalara kıyasla farklı bir enerji depolama sistemine sahiptirler. Enerji depolamak için elektrotlar arasındaki elektriksel yük farkını kullanır. Olumlu zellikleri arasında hızlı Şarj olmaları ve yüksek güç

yoğunluğuna sahip olmalarıdır. Yüksek güç yoğunluğu kısa süreli yüksek güç gereksinimlerini karşılamak için uygundur. Örneğin kısa sürede yüksek hızlara çıkmak. Olumsuz özellikleri ise düşük enerji yoğunluğuna sahiptirler ve üretimleri oldukça yüksek maliyetlidir.

1.5. BMS (Batarya Yönetim Sistemi)

BMS eVTOL araçlarda kullanılan batarya kontrol sistemi için geliştirilen bir teknolojidir. Bataryaların güvenliliği, performansı ve verimliliği için oldukça önemlidir. BMS sistemi çalışırken bataryaların sıcaklığını kontrol eder, şarj seviyelerini takip eder, dengelemeyi sağlar ve aşırı yüklenmeyi önler. BMS sistemini doğru çalışması bataryaların ömrünü uzatır, uçuş güvenliğini artırır. BMS ayrıca bataryaların aşırı ısınması durumunda soğutma sistemlerinde aktif hale getirebilir. Bmsler kullanıcıların batarya durumunu kontrol etmesine olanak sağlar uçuş sırasında meydana gelecek olumsuzlukları engellemiş olur. Daha verimli ve güvenli uçuş için oldukça önemlidir (Zhang, J., & Li, W. 2019).

Haziran 2024'te Magnix, Samson300 pilini piyasaya sürdü. Bu gelişmiş pil, eVTOL uçaklarına maksimum güç sağlamak için tasarlanmıştır.

1.6. Şarj Altyapısı ve Hızlı Şarj Teknolojileri

eVTOL araçların daha yaygın olarak kullanılabilmesi için şarj alt yapısının geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle şehir içi taşımacılıkta kullanılacak olan e vtolerde hızlı şarj teknolojileri ve hızlı şarj istasyonları önem arz etmektedir. Hızlı şarj sistemleri bataryaları kısa bir sürede yüzde 80 gibi yüksek bir kapasiteye kadar şarj edilmesini sağlar. Böylelikle evtolerinin hızlı bir şekilde operasyona hazır hale gelmesini sağlar. Hızlı şarja alternatif olarak batarya değişim istasyonları da önerilebilir. Uçuş sonrası batarya değiştirilerek evtoler uçuşa hazır hale getirilebilir zaman kaybı en aza dindirilebilir (Xu, X., & Zhang, Z. Xu, X., & Zhang, Z. 2023).

eVTOL araçlarda batarya sistemleri uçuş güvenliği ve verimliliği açısından kritik bir rol oynaktadır. Şarj sürelerinin kısaltılması, batarya kapasitelerinin artırılması ve güvenlik sistemlerinin geliştirilmesi evtol araçların geleceği açısından büyük önem

taşımaktadır. Bu sistemlerin gelişmesi ile elektrikli hava araçlıklarının yaygınlaşması ve sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin oluşması için oldukça önemlidir.

1.7. Güvenlik Sistemleri

eVTOL araçlarında güvenlik önlemleri hem donanım hem yazılım anlamında birçok sistem ile sağlanır. Aracın uçuş güvenliği donanımsal olarak aerodinamik yapısı ve motor sistemlerinin güvenilirliğine dayanır. Birçok evtol arızalanmalara karşı yedek motor ve bataryalar ile donatılmıştır. Motorlardan biri arıza verdiğinde yedek motorlar ile güvenli bir iniş sağlanabilir. Bataryaların aşırı ısınmaları da bir güvenlik sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bataryaları soğutmak için gelişmiş soğutma sistemleri kullanılmaktadır.

Yazılım tabanlı güvenlik sistemleri evtolleri güvenli hale getirmek için oldukça önemlidir. Otonom sürüş teknolojisi kullanılarak uçuşlar daha güvenli hale getirilebilir. Otonom sürüş sistemi tüm sensörlerden gelen verileri toplayıp analiz ederek olası bir tehlikeyi erken müdahale ederek önleyebilir. “Fault Detection, Isolation, and Recovery” (FDIR) gibi yazılımlar uçuş güvenliğini tehlikeye sokacak bir durum tespit ettiğinde aracın güvenli bir şekilde iniş yapmasını sağlayacak çözümleri otomatik olarak devreye sokar (MIT, 2022).

EASA(**European Union Aviation Safety Agency**) düzenli olarak evtol araçların güvenliği için düzenli olarak standartlar ve kılavuzlar yayınlamaktadır. Bu standartlar hava araçlarının güvenli operasyon yapması için tüm önlemleri içermektedir (EASA, 2024).

1.8. eVTOL Araç Türleri

Evtol araç türleri farklı teknoloji ve tasarımları kullanılarak çeşitli şekilde üretilebilmektedir. Bu tasarımları sayesinde şehir içi hava taşımacılığı, acil durum hizmetleri gibi birçok alanda kullanılabilir. eVTOL araçlar kullanılan motor sistemleri, rotor yapıları ve uçuş modları gibi faktörlere göre farklılık gösterir. Başlıca eVTOL çeşitleri şunlardır.

1.8.1. Multirotor eVTOL

Multirotor evtoller birçok motor ve rotorlarla çalışmaktadır. Bu tür evtollerde bir den fazla rotor kullanılarak uçuş sağlanır ve birden fazla motor bağımsız olarak çalışarak hava aracının dengesini sağlarlar. Genellikle dört, altı, sekiz motorlu versiyonları vardır. Hava aracında birden çok motor olması hava aracının güvenliğini artırmaktadır. Joby Aviation gibi şirketler multrotor modeli üzerinde çalışmaktadır. Multirotor evtol araç tasarımları özellikle kısa mesafeli uçuşlar ve şehir içi hava taşımacılığı için uygundur.

1.8.2. Tiltrotor eVTOL

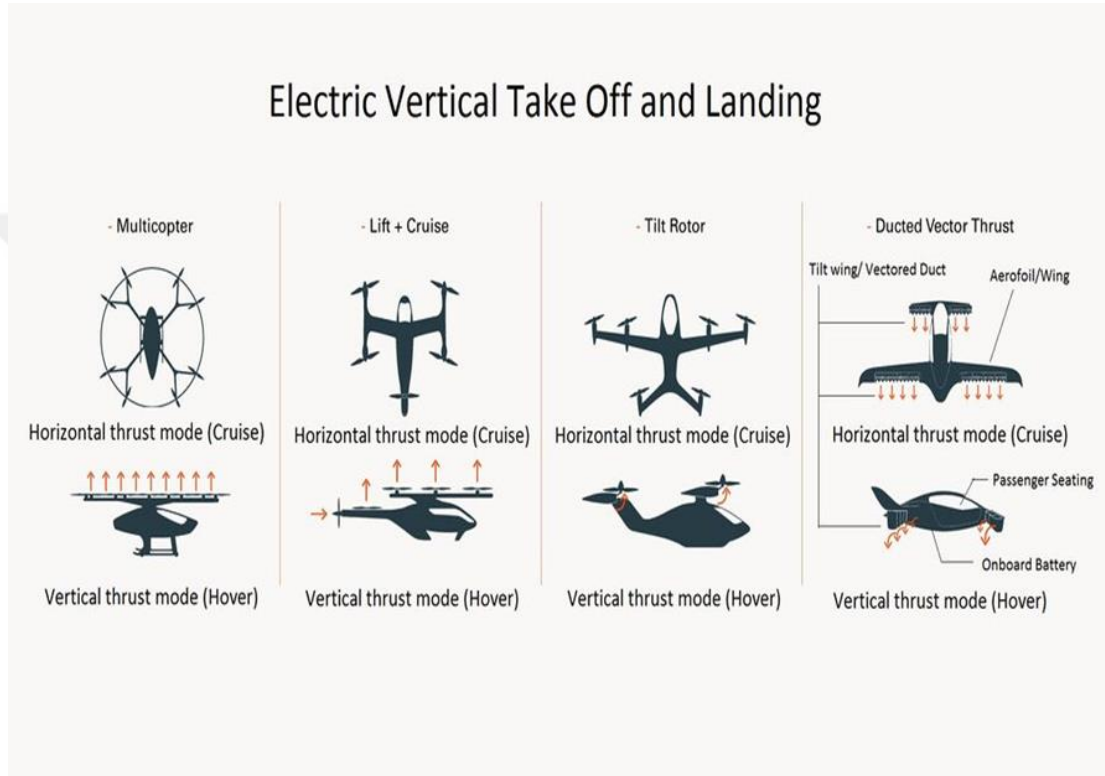
Tiltrotor eVTOL dikey iniş kalkış yapabilmek için dönen motorlara sahiptir, yatay pozisyonda iniş kalkış yapmak için bu motorlara yatay pozisyona getirebilmektedir. Bu tasarım hem dikey iniş kalkış yapabilmesini hem de geleneksel hava araçları gibi yatay iniş kalkış yapmasına müsaade eden hibrit bir tasarıma sahiptir. Bu tasarım daha uzun menzil ya da daha hızlı bir uçuş için avantajlıdır. **Bell V-280 Valor** ve **Leonardo AW609** gibi tiltrotor teknolojisine sahip araçlar, savunma ve ticari alanlarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

1.8.3. Lift+Cruise eVTOL

Lift cruise evtol araçları farklı motor ve rotorları kullanarak hem dikey iniş kalkış yapabilen (lift) hemde yatay iniş kalkış yapabilen (cruise) araçlardır. Dikey iniş ve kalkış için rotorlar bulunurken, yatay uçuş için sabit kanatlar ve daha az sayıda motor kullanılırlar. Bu tasarım daha yüksek hız ve daha uzun menzil için oldukça etkilidir. Sistemin avantajı dikey kalkışla uçuşa başlayıp yatay olarak uçuşa devam edebilmesidir. Bu sayede hem şehir içi ulaşımda hem de uzak mesafe uçuşlarında rahatlıkla kullanılabilir (MIT, 2022).

1.8.4. Sabit Kanatlı eVTOL

Sabit kanatlı evtoller geleneksel uçak tasarımlarına benzerler ama dikey iniş kalkış yapabilme özellikleri vardır. Bu araçlar dikey iniş kalkış yapabilen ancak daha uzun menzile sunan kanat tasarımlarına dayanır. Sabit kanatlar daha düşük enerji tüketimi ve daha uzun menzile imkânı sunmaktadır. **Vertical Aerospace** ve **Joby Aviation** gibi şirketler sabit kanatlı evtol tasarımları üzerinde çalışmaktadır. Özellikle şehirlerarası taşımacılık ve lojistik hizmetleri için uygundur (Joby Aviation, 2023).



Şekil 1. eVTOL Araç Şekilleri

1.9. Vertiportlar ve İniş/Kalkış Alanları

Vertiportlar özellikle eVTOL araçların iniş kalkış yapabilecekleri alt yapı tesisleridir. Sadece e vtol araçlar değil helikopterlerin kullanımı içinde uygundur. vertiportlar şehir içi hava trafiğinin geleceği için son derece önemli bir rol oynamaktadırlar. vertiportlar bir tür havaalanı olarak düşünülebilir. Helikopter pistlerinde daha büyük ve kapsamlıdır.

Vertiportların tasarımında iniş kalkış için alan, yolcu bekleme alanları, şarj istasyonları, bakım tesisleri yer alır. Vertiportların yaygınlaşması yeni yasal düzenlemeler ve hukuki çerçeve gerektirir. Ülkeler vertiportların inşası ve işletmesi için hava sahası güvenliği, çevre düzenlemeleri ve inşaat standartları belirlemektedir. ICAO gibi kuruluşlar vertiportların standartlaşması için çalışmalar yapmaktadır (ICAO, 2023).

Vertiportlar şehir içi ulaşımını daha hızlı hale getirecek önemli unsurlardandır. Elektrikli uçaklar şehir içi trafik sıkışıklığını azaltabilirler. Bu bağlamda vertiportların kurulumu stratejik önem taşımaktadır (Frost & Sullivan, 2023).

Evtollerin işletilmesi için vertiportlar kritik elemandır. Gelecekte ulaşımında devrim niteliği taşıyan bu sistemleri inşa ederken tasarımları ve çevresel faktörler dikkate alınmalıdır. Vertiportlar havacılık dünyasında önemli bir yer tutacak gibi görünmektedir.

2. BÖLÜM

2. EVTOL ARAÇLARIN TARİHSEL SÜREÇLERİ

eVTOL araçların ilk tasarımları 20.yüzyılın başlarına kadar gitmektedir. Dikey iniş kalkış yapabilen araçlar o dönemde başarılı şekilde uçurulamamış olsa da helikopterler ve ilk hava araçları dikey iniş kalkış imkânının temel kavramlarını ortaya koymuştur. Helikopter 1940 ve 1950 yılları arasında dikey kalkış ve inişin mümkün olduğu ilk hava araçları olarak kabul edildi (NASA, 1994).

2.1 Elektrikli Uçan Araçların Erken Gelişimi

Elektrikli hava araçların gelişimi 20. yy. sonlarında 1970'lerde elektrikli motorlar ve bataryaların gelişimi ile başlamıştır. Bu sayede daha hafif ve verimli hava araçları geliştirme şansı elde edilmiştir.

1990 lı yıllara gelindiğinde ise elektrikli motor teknolojisi ile VTOL araçlar geliştirilmeye başlandı. Bunlar askeri ve özel amaçlı kullanımlar için prototip olarak üretildi.

2000'li yıllarında başlarında araştırma ekipleri tamamen elektrikli ve dikey iniş kalkış yapabilen araçlar tasarlamaya başladılar. Düşük maliyetli ve çevre dostu uçuş sunmayı amaçlıyorlardı (R. S. Smith, 2008).

2.2 Modern EVTOL Teknolojileri ve Ticari Uygulamalar

2010'larda e VTOL'ler için gerekli olan batarya kapasiteleri güç sistemleri ve aerodinamik yeniliklerle birlikte tasarımlar hız kazandı. Bu dönemde girişimci şirketler şehir içi ulaşımda kullanılacak olan e VTOL lerin prototiplerini üretmeye başladı. Tasarımlarında multirotor(çok kanatlı) ve tiltrotor (kanatların yatay ve ya dikey uçuşa göre ayarlanması) gibi mühendislik tasarımları ön plana çıkmaktadır.

2010'ların sonlarına doğru, **Joby Aviation, Lilium, Vertical Aerospace, Terrafugia** ve **Volocopter** gibi şirketler, eVTOL araçlarının geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi için önemli girişimlerde bulundular. Bu şirketlerin çoğunun hedefi, urban **air mobility (UAM)** (şehir içi hava taşımacılığı) pazarına girmektir (EEE, 2020).

2010'ların sonlarına doğru, bazı şirketler, başarılı dikey kalkış ve iniş testleri gerçekleştirdi. Test uçuşlarını 2019'da **Lilium Jet** gibi araçlar, başarıyla tamamladı. E VTOL araçlar şehir içi taşımacılığı ve lojistik gibi alanlarda kullanılmaya başlandı (Aerospace America, 2021).

Günümüze gelindiğinde ise büyüyen şehirler ve artan trafikle mücadele için e VTOL araçların hava taksi olarak kullanılması planlanmaktadır. E VTOL araçlar yolcuyla hızlı sessiz ve çevre dostu bir yolculuk vaat ediyor. Batarya ömrü, otonom uçuş sistemleri, enerji verimliliği ve şarj süreleri ile ilgili önemli inovasyonlar beklenmektedir. Bu teknolojilerin gelişmesi ile e VTOL araçlar daha büyük bir kesime ulaşması beklenmektedir (McKinsey & Company, 2022).

2.3 Dünyadaki Önemli eVTOL Gelişmeleri

Elektrikli Dikey Kalkış ve İniş (eVTOL) araçları, sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yönelik artan küresel taleple birlikte hem teknolojik gelişmelerin hem de havacılık sektöründeki dönüşümün bir parçası olarak dikkat çekmektedir. Bu araçlar,

sessiz, çevre dostu ve kısa mesafeli ulaşımda verimli çözümler sunmaları sayesinde şehir içi hava taşımacılığı kavramının temel yapı taşlarından biri hâline gelmiştir (Goyal et al., 2023).

Dünyada özellikle Joby Aviation, Volocopter, Lillium Jet, EHang 216, Archer Aviation, Vertical Aerospace ve Wisk Aero gibi markalar, eVTOL teknolojisinin öncüleri arasında yer almaktadır. Her biri farklı motor konfigürasyonları, menzil kapasiteleri ve kullanım senaryoları ile geliştirilmiş bu araçlar, hava taksi, ambulans, lojistik ve bireysel ulaşım gibi çeşitli alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Türkiye’de ise bu gelişmelere paralel olarak Cezeri (Baykar tarafından geliştirilen), Alp Havacılık ve Titra Teknoloji gibi firmalar, yerli eVTOL projeleriyle dikkat çekmektedir. Bu bölümde, hem uluslararası ölçekte hem de Türkiye özelinde geliştirilen bu öncü eVTOL araçlarının teknik özellikleri, kullanım alanları ve gelişim süreçleri ayrı ayrı ele alınacaktır (Arat & Kuzu, 2022; Baykar, 2024).

2.3.1. Volocopter

Almanya merkezli olan Volocopter Şehir içi hava taksi konseptini geliştiren öncü şirketlerden biridir. Singapur’da ticari faaliyetlere başlamak için gerekli testleri tamamlamış yasal düzenlemeler için 2023 yılında önemli adımlar atmıştır. Özellikle hava taksi yapmak için lisans alma çalışmaları devam etmektedir. (evtolinsights.com/2024).

Volocity Teknik özellikleri;

Rotor Sayısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Kullanım Amacı	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
18 elektrikli rotor	110 km/s	35 km	Şehir içi kısa mesafeli uçuşlar için	1 pilot + 1 yolcu (2 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	500 m ve altı

Tablo 1. Volocity Teknik Özellikleri



Resim 1. Volocopter (volocopter.com)

Almanya'nın Bruchsal kentinde Şubat 2024 tarihinde gerçekleştirmiş olduğu test uçuşuyla seri üretim için gerekli olan sertifikayı almayı başarmıştır. 2024 Paris Olimpiyatlarında yolcu taşımayı hedeflemiş olsa da bu hedefini sertifikasyon çalışmalarını bitiremediği için gerçekleştirememiştir. Ancak yolculu test uçuşları gerçekleştirmiştir. Bu uçuşlar Paris'te bulunan Saint-Cyr-l'École havalimanında yapılmıştır. Şirket bu uçuşlarla kentsel hava hareketliliğinin uygulanabilirliğini göstermiştir.



Resim 2. Volocity (volocopter.com)

2.3.2. Joby Avition

Amerika merkezli evtol üreticidir. Şirketin JOBY S4 modeli 240 km ye kadar menzile sunmaktadır. 2024 yılı itibariyle FAA dan onaylanmak ve uçuş lisansı almak için gerekli testleri tamamlamıştır. Part 135 taşıma sertifikasını almak için uğraşılıyor. Part 135 özellikler ticari uçuşlar için bir tür lisans olup bu lisansı aldıktan sonra JOBY nin taşımacılık hizmeti sunabileceği anlamına geliyor. Yasal düzenlemeler nedeniyle faaliyete başlayamamışlardır ancak ticari faaliyete başlamak üzere yakın şirket joby avation olacaktır. Toyota'dan 500 milyon dolarlık bir yatırım almıştır. Joby Aviation, Inc., 12 Kasım 2023'te Manhattan'daki Downtown Heliport'tan elektrikli dikey kalkış ve iniş (eVTOL) uçaklarıyla bir gösteri uçuşu gerçekleştirdi. İlk uluslararası uçuş gösterimini ise Japonya'da gerçekleştirmiştir. Son olarak FAA dan Part 141 pilot eğitim sertifikası almayı başarmıştır.

V5 adını verdiği e vtol aracının teknik özellikleri;

Rotor Sayısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
6 pervaneli tamamen elektrikli motor	322 km/s	241 km	1 pilot + 4 yolcu (5 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	300 m - 600 m

Tablo 2. Joby Aviation Teknik Özellikleri



Resim 3. Jobyaviation (jobyaviation.com)

2.3.3. Lilium

Almanya merkezli bir E vtol üreticidir. Üretmiş olduğu Liliyum jet adlı E vtol dikey iniş ve kalkış yapabilen jet olarak tasarlanmıştır. Avrupa'da ve diğer bölgelerde ticari uçuş faaliyetlerini başlatabilmek için gerekli yasal düzenlemeleri beklemektedir. Günümüz itibariyle gerekli olan lisansları alması için daha fazla test ve düzenleme aşamasından geçmesi gerekmektedir.

Lilium jet Ekim 2024 tarihinde bazı finansal zorluklar yaşayarak iflas başvurusunda bulunmuştur. İflas başvurusu üzerine şirket hisseleri ciddi değer kaybı yaşamıştır. Hisseler % 50' den fazla değer kaybetmiştir. Bu durum üzerine bazı müşteriler siparişlerinin iptal etmişlerdir. Bütün bu gelişmelere rağmen şirketin 600 tane kesin e-volet siparişi bulunmaktadır. Şirket yeniden yapılanma sürecinde yeni yatırımlar bularak operasyonlara devam etmek ve hava taksi projesinde hedeflerine ulaşmak için çalışmaktadır. (<https://haber.aero/> 2024)

Lilium Jet Evtol Teknik Özellikler

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
Kanatlara entegre 36 elektrikli motor	280 km/s	250 km	1 pilot + 6 yolcu (7 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	3000 m

Tablo 3. Lilium Jet Evtol Teknik Özellikler



Resim 4. Lilium Jet (7-seater)

2.3.4. Urban Aeronautics (CityHawk)

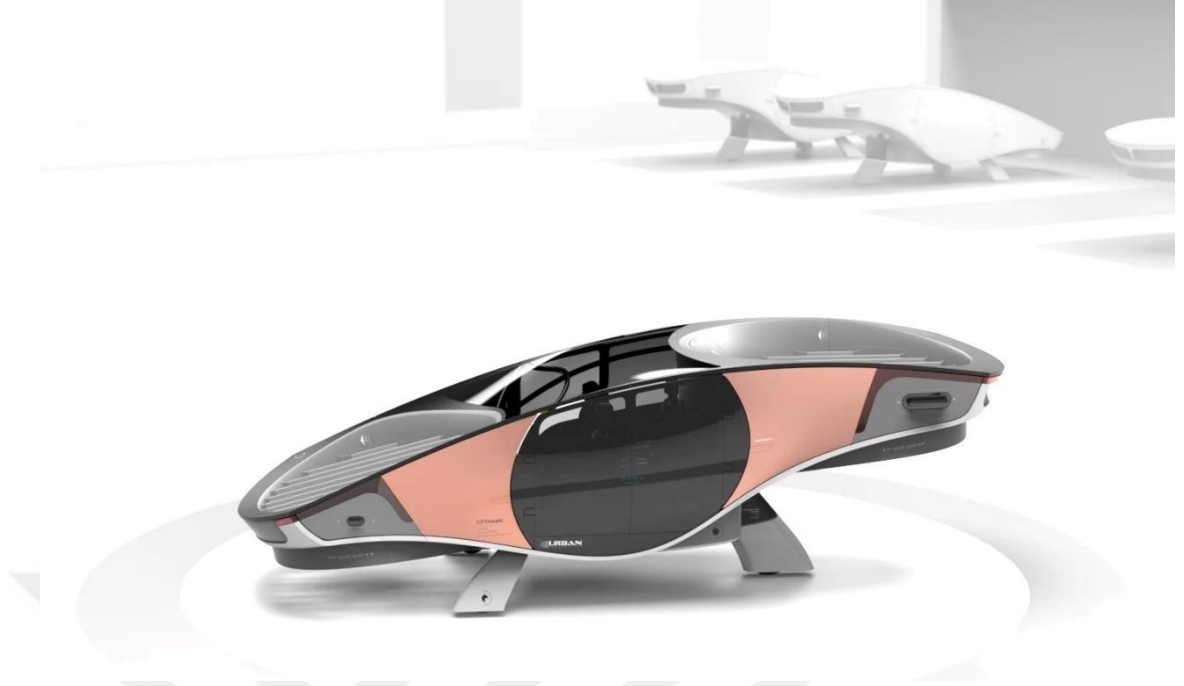
İsrail merkezli olan şirket, helikopter benzeri dikey iniş kalkış yapabilen araçlar üzerine çalışmalar yapmaktadır. Özellikle tıbbi malzeme, hasta taşıma ya da kargo taşımacılığı gibi alanlarda alternatif bir hizmet sunmayı planlamaktadır.

City Hawk kompakt bir tasarım sunmaktadır. Açıkta kanat ya da pervanesi yoktur. Kompakt ve otomobil boyutlarında bir tasarıma sahiptir.

Rotor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
Kapalı rotor sistemine sahip 2 adet pervane	270 km/s	200 km	1 pilot + 4 yolcu (5 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	900 m

Tablo 4. City Hawk Teknik Özellikleri

New York merkezli sağlık kuruluşu HATZOLAH acil durum hizmetleri için 4 adet Cityhawk siparişi verdiğini duyurdu.(<https://www.urbanaero.com>)



Resim 5. Cityhawk (Evtol.news)

2.3.5. Archer Aviation

Archer Aviation, Amerika merkezli şirkettir, **midnight** adlı eVTOL aracını geliştirmiştir. Şirket 2025 yılı itibariyle operasyonlara başlamayı planlamaktadır. Verimli ve güvenli şekilde büyükşehirlerde ulaşımı daha hızlı hale getirmeyi hedeflemektedir (Archer Avition 2024).

Şirket United Airlines ile önemli bir anlaşmaya sahiptir. United Airlines 200 adet Evtol araç siparişi vermiştir. Ayrıca şirket Georgiada bir üretim tesisi kurarak yılda 2000'den fazla e VTOL üretmeyi hedeflemektedir.

Rotor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
12 adet rotor sistemi	240 km/s	160 km	1 pilot + 4 yolcu (5 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	4000 m

Tablo 5. Archer Aviation Teknik Özellikleri



Resim 6. Archer Aviation (Archer Avition 2024)

2.3.6. Vertical Aerospace

Vertical Aerospace, İngiltere merkezli havacılık şirketidir. VA-X4 adlı eVTOL modelini geliştirmiştir. Şirket, 2024-2025 yıllarında ticari uçuşlara başlamayı planlıyor ([Vertical Aerospace](#) 2024) .

Şirket birçok Evtol siparişi almıştır. Virgin Atlantic, American Airlines ve Japan Airlines gibi önemli havayolu şirketleride vardır. Türkiye’den Gözwn Holding 100 adet V-X4 model Evtol siparişi vermiştir ([verticalmag.com](#) 2024).

Teknik Özellikleri

Rotor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
8 adet elektrikli pervaneli motor	241 km/s	161 km	1 pilot + 4 yolcu (5 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	300 - 900 m

Tablo 6. Vertical Aerospace Teknik Özellikleri



Resim 7. Vertical Aerospace ([Vertical Aerospace](#) 2024)

2.3.7. EHang

Çin merkezli EHang, dünyanın önde gelen eVTOL üreticilerinden biridir. **EHang 216** adlı iki kişilik hava taksisi modelini geliştirmiştir. EHang, dünya genelinde çeşitli şehirlerde test uçuşları yapmış ve ticari operasyonlara başlamak için sertifikasyon onayları almak için çalışmalarını devam ettirmektedir. ([EHang-2024](#)).

Teknik Özellikleri

Rotor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
16 adet elektrikli pervaneli motor	130 km/s	30 km	2 yolcu	0 karbon emisyonu	300 - 500 m

Tablo 7. Elhang Teknik Özellikleri



Resim 8. El Hang ([EHang-2024](#))

2.3.8. Pipistrel

Pipistrel Slovenya merkezli, elektrikli uçuş teknolojilerine odaklanan bir havacılık şirkettir. **Pipistrel 801** modeli, dikey kalkış yapabilen elektrikli uçuş aracıdır ve şirket, eVTOL teknolojisi konusunda önemli adımlar atmaktadır. ([Pipistrel 2024](#))

Teknik Özellikleri

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
8adet elektrikli motor	290 km/s	100 km	1 pilot + 5 yolcu (6 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	300 - 600 m

Tablo 8. Pipistrek Teknik Özellikleri



Resim 9. Pipistrel (wikimedia)

2.3.9 SkyDrive

SkyDrive, Japonya merkezli eVTOL sektörü içinde dikkat çeken bir şirkettir. **SkyDrive SD-03** adlı hava aracını geliştirmiştir. 2025 yılı itibariyle ticari uçuşlara başlamayı hedeflemektedir ([SkyDrive2024](#)).

Teknik özellikleri

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
8 adet elektrikli motor	100 km/s	10 km	1 pilot + 1 yolcu (2 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	200 - 500 m

Tablo 9. SkyDrice Teknik Özellikleri



Resim 10. Sky Drive

2.3.10. Horizon Aircraft

Horizon Aircraft, Kanada merkezli Cavorite **X5** adlı dikey kalkış ve iniş yapabilen elektrikli uçuş aracını geliştirmiştir. 805 km ye kadar çıkan uzun menzil mesafesiyle dikkat çekmektedir ([Horizon Aircraft 2024](#)).

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
5 adet elektrikli motor	300 km/s	160 km	1 pilot + 5 yolcu (6 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	1000 - 2000 m

Tablo 10. Horizon Aircrafy Teknik Özellikleri

2.4 Türkiye'deki Önemli e VTOL Gelişmeleri

Yerli üreticilere baktığımız zaman elektrik hava aracı konusunda birkaç proje ön plana çıkmaktadır. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir.

2.4.1 Baykar Teknoloji (CEZERİ)

Türkiye'nin önde gelen savunma sanayi şirketlerinden Baykar, **Bayraktar Akıncı** gibi insansız hava araçları (İHA) üreticisi olarak tanınırken, eVTOL teknolojisine de yatırım yapmaktadır. Baykar, Cezeri marka eVTOL prototipini tanıtmıştır.

Teknik özellikleri

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
8 adet elektrikli motor	100 km/s	70 km	1 pilot + 1 yolcu (2 kişi toplam)	0 karbon emisyonu	500 - 1000 m

Tablo 11. Cezeri Teknik Özellikleri



Resim 11. Cezeri

2.4.2 AIRCAR

2017 yılında İstanbul 'da kurulmuş bir şirkettir. Şehir içi hava taşımacılığına yönelik yerli bir girişimdir. AIRCAR isimli eVTOL geliştirmektedir. AIRCAR bugüne kadar 2 büyük prototip üretmiştir. Test uçuşlarını başarıyla tamamlamıştır. (evtol. News 2024).

Teknik Özellikleri

Motor Yapısı	Maksimum Hız	Uçuş Menzili	Yolcu Kapasitesi	Karbon Emisyonu	Uçuş İrtifası
8 adet elektrikli motor ve pervane	120 km/s	80 km (tek kişiyle), 60 km (iki kişiyle)	1 pilot + 1 yolcu (toplam 2 kişi)	0 karbon emisyonu (tamamen elektrikli)	3000 metreye kadar

Tablo 12. Aircar Teknik Özellikleri



Resim 12. Aircar

2.4.3. İTÜ ARI Teknokent

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ARI Teknokent'te yapılan çalışmalarla Türkiye'nin ilk yerli eVTOL projesi üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. İTÜ ARI Teknokent'teki girişimler, üniversitenin akademik birikimi ve mühendislik kapasitesinden yararlanarak elektrikli dikey kalkış ve iniş yapabilen uçuş araçlarını geliştirmektedir (İTÜ ARI Teknokent-2024).

2.4.4. Breeze Aero

İstanbul merkezli bir girişimdir ve şehir içi hava taşımacılığına yönelik elektrikli uçan araçlar geliştirmektedir. Şirket, eVTOL teknolojisini kullanarak, şehir içi ulaşımı daha hızlı ve çevre dostu hale getirmeyi hedeflemektedir ([Breeze Aero](#)).

2.5. Üretim ve Operasyon Maliyetleri

eVTOL araçların üretim ve operasyon maliyetleri sektörün dinamikleri ve teknolojinin gelişimine göre değişiklik göstermektedir. Üretim maliyetleri, üretim ölçeği, kullanılan malzeme ve teknolojisi seviyesi gibi faktörlere bağlıdır. Örneğin,

Archer Aviation'ın "Midnight" marka evtol modelinin fiyatı 5 milyon ABD doları olarak belirlenmiştir (airnewstimes.com 2024).

Operasyonel maliyetler ise bakım, sigorta, pilotaj giderleri, enerji tüketimi gibi kalemleri içermektedir. eVTOL araçların elektrikle çalışması yakıt maliyetlerini düşürmüş olsa da batarya teknolojisinin sınırlandırılmaları ve şarj alt yapısı operasyonel maliyetleri yükseltmektedir.

Ancak eVTOL araçları için üretim ve operasyonel maliyet verilerine kesin olarak erişmek zordur. Henüz planlama aşamasında olan sektör için veriler oldukça sınırlıdır. Maliyetler teknolojinin olgunlaşması ve pazarın gelişmesiyle daha net olarak hesaplanabilecektir. Gelecekte, üretim süreçlerinin iyileşmesi, teknolojinin gelişmesiyle birlikte maliyetlerin düşmesi bekleniyor. (n24.com)

2.6. Potansiyel Müşteri Grupları

eVTOL araçların potansiyel müşteri grupları şu şekilde sıralanabilir.

2.6.1. Şehir İçi Yüksek Gelir Grubunda Olan Kullanıcılar

Trafikten kaçınmak isteyen, maliyete değil zamandan tasarrufa öncelik veren ve yüksek gelir grubuna sahip kişileri kapsar. CEO'lar, iş insanları, varlıklı kişiler potansiyel müşteri grubunu oluştururlar. Hizmet türü olarak lüks hava taksi olarak adlandırılabilir.

2.6.2. Şehirlerarası Yolculuk Yapan Yolcular

Şehir arası kısa mesafelerde zaman kaybetmek istemeyen kullanıcıları kapsar. İş seyahati ya da sık seyahat eden yolcular tercih edebilir. Zaman kazanmak ve esnek seyahat seçenekleri için uygundur kısa mesafe uçuşlarını kapsar 100 km ile 300 km arasında.

2.6.3. Turizm Sektörü Kullanıcıları

Doğa, manzara ya da lüks tatil merkezine ulaşmak isteyen müşteri gruplarını kapsar. eVTOL özel turlar doğal alanlara erişimde kullanılabilir.

2.6.4. Sağlık ve Acil Durum Hizmetleri

Hızlı ulaşım gerektiren acil durum hizmetlerinde ve ya acil müdahale gerektiren durumlarda e vtol araçlar kullanılabilir. Örnek olarak organ nakli ve ya ambulans taşımacılığı verilebilir.

2.6.5. Lojistik ve Kargo Şirketleri

Hızlı teslimat talep eden işletmeler potansiyel müşteri gruplarını oluşturabilişler. E-ticaret şirketleri ya da tedarik zincir operatörleri tercih edebilirler. Özellikle hassas ve acil gönderiler için e vtol araçlar kullanılabilir.

2.6.6. Belediyeler ve Kamu Hizmetleri

Yoğun trafiğini azaltmak ya da belirli kamu görevlerini yerine getirmek isteyen yerel yönetimler tarafından kullanılabilir.

2.6.7. Teknoloji ve Yenilik Sevenler

Yeni teknolojiyi deneyimlemek isteyen müşteri gruplarını kapsar. Deneyimsel ya da test uçuşları gerçekleştirebilirler.

2.6.8. Savunma ve Güvenlik Sektörü

Hızlı ve çevik araçları ihtiyaç duyan güvenlik birimleri potansiyel müşteri gruplarını oluşturabilir.

Askeri taşımacılık ya da sınır devriyeleri işlemlerinde kullanılabilir. Zor erişilebilir noktalara sevkiyatta kullanılabilir.

2.6.9. Ulaşım Hizmeti Sunan Şirketler

Geniş müşteri grubuna hizmet sunan şirketler tarafından tercih edilebilir. Uber lyft gibi şirketlerce (dataintel.com2024).

2.7. Akıllı Şehirler

Bilgi iletişim ve teknoloji kullanılarak şehirlerin alt yapısını, yaşam kalitesini ve sunulan hizmetleri iyileştirilmesiyle akıllı şehirler oluşmuştur. Akıllı şehirlerin temelinde veri toplama bu verilerin analizi ve toplanan verilerin hizmete ve şehir yönetmek için politikaya dönüştürülmesi yatmaktadır. (Komninos, 2015).

Akıllı şehirlerde; IoT (neslerin interneti), yapay zekâ ve nesnelerin analitiği gibi teknolojilerden faydalanır. Örneği akıllı bir ulaşım hizmetinde trafik verileri canlı olarak kaydedip analiz ederek trafiği optimize edebilir. Başka bir örnek enerji tasarrufunu sağlamak için akıllı aydınlatma sistemini kullanarak hem enerji tasarrufu yapılabilir hem de karbon salınımı düşürülebilir (Giffinger et al., 2007).

Akıllı şehir uygulamalarının olumlu tarafları kadar olumsuz tarafları da vardır. Kişisel bilgi güvenliği ve sosyal eşitsizlik bunların başında gelmektedir. Veriler toplanırken kişisel verilerin ihlal edilmesi akıllı şehirlerdeki endişelerden biridir. Hizmet ulaşımı sırasında sosyal olarak adaletin sağlanamayacağı konusunda da endişeler vardır (Kitchin, 2014).

2.8. Dünyadaki Son Gelişmeler

Archer Aviation ve United Airlines iş birliğiyle, New York'ta hava taksi ağı kurulması planlanmaktadır. Bu proje kapsamında, Manhattan ile çevresindeki havaalanları arasında eVTOL araçlarıyla ulaşım sağlanması hedeflenmektedir. Bu sayede, kara yoluyla 1-2 saat süren yolculukların 5-15 dakikaya indirilmesi amaçlanmaktadır (Reuters, 2025).

2024 Paris Olimpiyatları öncesinde, Volocopter tarafından geliştirilen eVTOL araçlarının demonstrasyon uçuşları planlanmıştır. Ancak, çevresel etkiler ve güvenlik endişeleri nedeniyle Paris Belediyesi ve çeşitli çevre örgütleri projeye karşı hukuki mücadele başlatmıştır (Le Monde, 2024).

Tokyo, eVTOL hizmetleri için detaylı planlar hazırlamış ve ilk gösteri uçuşlarını 2025 yılında gerçekleştirmeyi hedeflemektedir (Urban Air Mobility News, 2024).

Volocopter ve EHang gibi şirketler, Singapur ve Dubai'de eVTOL deneme uçuşları gerçekleştirmiştir. Bu şehirlerde, eVTOL araçlarının şehir içi ulaşımında kullanılması

için gerekli altyapı ve düzenlemeler üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir (Aeroauto, 2024).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇOKLU PERSPEKTİF YAKLAŞIMI

Çoklu perspektif yaklaşımı, bir konunun farklı disiplinlerden ve paydaşlardan gelen bakış açılarıyla kapsamlı biçimde değerlendirilmesini amaçlayan analitik bir yöntemdir. Bu yaklaşım, özellikle karmaşık sistemlerin anlaşılmasında daha bütüncül ve dengeli sonuçlara ulaşılmasını sağlar (Mitroff & Linstone, 1993).

3.1. Çoklu Perspektif Değerlendirme Yaklaşımı

Karmaşık sosyo-teknik sistemlerin değerlendirilmesinde tek bir disiplinin ya da yöntemin yeterli olmaması, çoklu perspektifli analiz yaklaşımlarını ön plana çıkarmaktadır. Çoklu perspektif değerlendirme (multi-perspective evaluation), farklı disiplinlerden, aktörlerden ve metodolojik yaklaşımlardan elde edilen verilerin bütüncül bir şekilde yorumlanmasını amaçlar. Bu yaklaşım, yalnızca teknik doğruluğa odaklanmakla kalmaz; aynı zamanda sosyal kabul, kültürel uyum, organizasyonel uygulanabilirlik ve etik uygunluk gibi çok katmanlı boyutları da içerir. Çoklu yöntem kullanımını savunarak, farklı epistemolojik çerçevelerin entegrasyonu ile karmaşık sistemlerin daha kapsamlı şekilde analiz edilebileceğini belirtmişlerdir (Mingers ve Brocklesby,1997).

“Çoklu perspektif” yaklaşımı, akademik araştırmalarda bir olgunun farklı disiplinler veya paydaş bakış açıları üzerinden bütüncül şekilde değerlendirilmesini amaçlayan yöntemsel bir yaklaşımdır. Özellikle karmaşık, çok aktörlü veya çok disiplinli konularda sıkça tercih edilir.

Çoklu perspektif yaklaşımı, bir problemi veya konuyu farklı aktörlerin (kullanıcı, yasa koyucu, teknokrat, uygulayıcı vb.) veya farklı disiplinlerin (hukuk, sosyoloji,

mühendislik, ekonomi, psikoloji vb.) gözünden incelemeye olanak tanır. Bu sayede konuya dair daha dengeli, derinlikli ve uygulanabilir sonuçlara ulaşılması hedeflenir (Patton, 2015).

Organizasyonel değişim bağlamında kavramsal modellerin değerlendirilmesinde çoklu perspektifli çerçeveler sunmuş, modelin sadece iç tutarlılığını değil, uygulama ortamındaki geçerliliğini de göz önünde bulundurmanın gerekliliğini vurgulamışlardır (Wolff ve Frank ,2005).

Bu çalışmada, eVTOL araçlarının çok yönlü etkilerini kapsamlı biçimde ele alabilmek amacıyla çoklu perspektif değerlendirme yaklaşımı benimsenmiştir. Değerlendirme çerçevesinin alt başlıkları, nitel araştırma yöntemleri doğrultusunda yürütülen ön saha çalışmasıyla şekillendirilmiştir. Bu doğrultuda, havacılık hukuku, mühendislik, şehir planlama, hava trafik kontrolü ve kullanıcı deneyimi alanlarında uzmanlaşmış toplam 9 katılımcı ile derinlemesine yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşlerinden elde edilen bulgular ışığında, eVTOL araçlarının değerlendirilmesinde öne çıkan dört ana perspektif belirlenmiştir: 1- Alt yapı perspektif (Hava trafik entegrasyonu), 2- Teknolojik Perspektif, 3- Hukuk perspektif, 4- Kullanıcı Perspektifi. Bu başlıklar, hem mevcut uygulama zorluklarını hem de gelecekteki politika ve altyapı ihtiyaçlarını anlamaya yönelik çok boyutlu bir analiz zemini sunmaktadır.

3.1.1. Alt Yapı Perspektif (Hava Trafik Entegrasyonu) İncelemesi

eVTOL araçların hava sahasına entegrasyonu için mevcut hava trafik kontrol sistemleri ile uyumlu hale gelmesi bir zorunluluktur. Mevcut hava trafik kontrol sistemleri, sabit kanatlı uçaklar, helikopterler için geliştirilmiş olup, sınırlı kapasiteye sahip radyo temelli iletişim sistemleri, manuel trafik ayırımı ve radar tabanlı gözetim sistemleri üzerine kuruludur (Shuttleworth, Kim, & Silva, 2022, s. 26).

eVTOL araçlar düşük irtifada, özellikle şehir içinde oldukça yoğun ve tamamen otonom sürüş gerçekleştirmesi planlanmaktadır. eVTOL araçların bu durumu, mevcut sistemlerin dikey yoğunluğu yönetmede yetersiz kalabileceği düşündürmektedir. Geleneksel hava trafik kontrol sistemleri ile entegre çalışabilecek yeni bir sistem olan **Uçan Mobilité Trafik Yönetim Sistemi (UTM)** altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır.

UTM sistemleri tamamen otonom ve dijitalleştirilmiş trafik yönetim ilkelerine dayanarak eVTOL araçlara özel hava koridorları tanımlayabilmekte ve tam zamanlı veri paylaşımı ile çakışmaların önüne geçilmesi hedeflenmektedir (FAA, 2023).

Alt yapı perspektifine bakıldığında zaman, hava trafik sistemlerinin hem donanımsal anlamda hem de yazılım anlamında dönüştürülmesi gerekmektedir. Yüksek bant genişliğinde veri akışı, sensörlerin sisteme entegrasyonu ve yapay zekâ destekli trafik tahmin sistemleri geliştirilmelidir. eVTOL araçların sağlıklı bir şekilde hava sahasında uçuş yapabilmesi için yalnızca fiziksel değil dijital anlamda da değişimi şarttır (EASA, 2021).

Böylelikle, eVTOL araçlarının şehir içi hava sahasında güvenli ve verimli bir şekilde operasyonel hale gelebilmesi, mevcut hava trafik kontrol sistemlerinin teknolojik, dijital ve yapısal açılardan yeniden tasarlanmasını ve UTM gibi yenilikçi yönetim sistemleriyle desteklenmesini zorunlu kılmaktadır.

3.1.2. Hukuk Perspektif Açısından Değerlendirme

Hukuki perspektif, bir olgunun veya sorunun yasal düzenlemeler, mevzuat ve yargı kararları çerçevesinde değerlendirilmesini sağlayan analitik bir yaklaşımdır. Bu perspektif, olayların hukuki boyutlarını ortaya koyarak, mevcut hukuk normlarıyla uyumlu çözümler geliştirmeyi hedefler (Keyman, S., 2019).

3.1.2.1. Uluslararası Hukuki Çerçeve

eVTOL araçların uluslararası hava sahasına entegrasyonu var olan havacılık düzenlemeleriyle tam olarak örtüşmediği için bu alanda yeni bir hukuki çerçeve geliştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Uluslararası kuruluşlar bu alanda çalışmalarına devam etmektedirler. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), bu araçları “Advanced Air Mobility (AAM)” olarak tanımlayarak, hava sahasına entegrasyonları için hem operasyonel hem de hukuksal yaklaşımların yeniden tanımlanması gerektiğini vurgulamaktadır. ICAO'nun 2023 tarihli *Advanced Air Mobility Concept Paper* adlı çalışmasında şu ifadelere yer verilmiştir:

“eVTOL araçların mevcut hava sahasına entegrasyonu için yeni operasyonel konseptler, düzenleyici kurallar ve paydaşlarla iş birliği gerekiyor” (ICAO, 2023,).

Avrupa hava sahasında ise; Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA), 2021 yılında yayımladığı Prototype Technical Specifications for Vertiports adlı belgeyle vertiport altyapısının teknik gerekliliklerini ortaya koymuş ve şehir içi hava taşımacılığına uygun emniyet ve çevresel sürdürülebilirlik kriterlerini tanımlamıştır. EASA'nın yaklaşımına göre:

“Vertiport tasarımı, eVTOL uçaklarının ölçeklenebilir, güvenli ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde işletilmesine olanak sağlamalıdır.” (EASA, 2021,)

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise Federal Havacılık İdaresi (FAA), eVTOL araçları mevcut uçak sınıflarına dâhil etmek yerine, “Special Class” (Özel Sınıf) olarak değerlendirerek yeni bir sertifikasyon ve operasyon modeli benimsemiştir. FAA'in 2022 yılında yayımladığı *Special Class Airworthiness Criteria for Powered-Lift Aircraft* başlıklı düzenlemesinde bu araçların geleneksel döner kanatlı hava araçlarından farklı uçuş karakteristiklerine sahip olduğu ve bu nedenle yeni tür bir hava aracı sınıfı olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (FAA, 2022).

3.1.2.2. Ulusal Hukuki Düzenlemeler (Türkiye Örneği)

Türkiye'de eVTOL araçların hukuki statüsü henüz açıkça tanımlanmamış olmakla birlikte, mevcut mevzuat kapsamında bu araçların **İnsansız Hava Aracı (İHA)** sistemleriyle benzer şekilde düzenlendiği görülmektedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), özellikle 2022 yılında güncellenen *SHT-İHA Talimatı* ile birlikte hava araçlarını kütle, kullanım amacı ve otomasyon derecesine göre sınıflandırmakta ve bazı kategorilerde İHA'lara yönelik uçuş izin süreçlerini belirlemektedir. Ancak eVTOL sistemleri, hem insan taşıma kapasitesine sahip olmaları hem de şehir içi hava sahasında faaliyet gösterecekleri için mevcut İHA mevzuatıyla tam olarak örtüşmemektedir. SHGM'nin tanımıyla:

“İnsansız hava aracı: İçinde pilot bulunmadan uzaktan kumanda edilerek veya otonom olarak uçabilen hava aracı” (SHGM, 2022).

Bu tanım, yolcu taşıma özelliği bulunan eVTOL sistemlerini dışarda bırakmakta; dolayısıyla yeni bir sınıflandırma ihtiyacını doğurmaktadır. Türkiye'de hava

araçlarının hava sahasında faaliyet göstermesini düzenleyen temel kanun olan 2920 sayılı *Türk Sivil Havacılık Kanunu*'nda ise "uçak dışı hava araçları"na dair detaylı bir tanımlama veya sınırlama bulunmamaktadır. Bu durum, eVTOL araçların uçuş güvenliği, hava sahası kullanımı ve yer hizmetleri bağlamında **mevzuat boşluğu** yarattığını göstermektedir. Bu boşluğun özellikle kentsel hava hareketliliğine yönelik projelerin önünde ciddi bir engel teşkil ettiğini belirtmekte ve şöyle demektedir:

"Mevcut Türk hava hukuku sistemi, drone sistemlerine dair sınırlı bir düzenlemeye sahip olmakla birlikte, insan taşıyan yeni nesil hava araçları için özel bir yasal rejim oluşturmamıştır." (Ercan, 2021).

Bununla birlikte, Türkiye'nin Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC) ve ICAO üyesi olması, uluslararası gelişmelerin iç hukuk sistemine entegre edilmesini gerektirmektedir. Özellikle EASA'nın vertiport ve eVTOL operasyonlarına yönelik teknik spesifikasyonlarının, Türkiye'deki şehir içi hava taşımacılığı projelerinde örnek teşkil etmesi beklenmektedir. Türkiye'de son yıllarda İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerde eVTOL tabanlı ulaşım modellerinin denenmesi gündeme gelmiş; bu durum, **yerel hava sahası planlaması, trafik yönetimi ve sigorta rejimi** gibi yeni hukuki tartışmaları da beraberinde getirmiştir.

3.1.2.3. Türkiye'de eVTOL Hukuki Entegrasyon Aşamaları (Önerilen Süreç)

eVTOL araçlarının Türkiye'de hava sahasına entegrasyonu, yalnızca mevcut mevzuatın uyarlanmasıyla değil, aynı zamanda yeni hukuki düzenlemelerin oluşturulmasıyla mümkün olabilecektir. Süreç; uluslararası standartların dikkate alındığı, çok aktörlü ve aşamalı bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Tablo 13'de önerilen hukuki entegrasyon aşamaları sıralanmıştır.

Aşama No	Hukuki Entegrasyon Aşamaları
1	Uluslararası Gelişmeler (ICAO – EASA)
2	Ulusal Mevzuat Gözden Geçirme (SHGM)
3	Yeni Düzenleme İhtiyacının Tanımlanması
4	Yolcu Taşıyan eVTOL'lara Özgü Hukuki Statü Oluşturulması
5	Sertifikasyon ve Uçuş İzni Usullerinin Belirlenmesi
6	Belediyelerle Koordinasyon (Vertiport Alan Planlaması)
7	Pilot Uygulama Süreci → Genel Kullanım

Tablo 13. Türkiye’de eVTOL Hukuki Entegrasyon Aşamaları

Bu tablo, eVTOL araçların Türkiye’de hukuki olarak hava sahasına entegre edilebilmesi için izlenmesi gereken aşamaları sistematik bir biçimde sunarak, düzenleyici çerçevenin oluşturulmasına yönelik yol haritasını ortaya koymaktadır.

3.1.2.4. Sertifikaşyon ve Uçuş İzin Süreçleri

eVTOL araçlarının sertifikasyonu, klasik uçak ve helikopter sertifikasyon süreçlerinden farklılık göstermekte ve bu nedenle yeni bir düzenleyici yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda en aktif kuruluşlardan biri olan Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA), “Special Condition for VTOL” dokümanı ile eVTOL araçlar için özel hava aracı tip sertifikasyonu kriterlerini belirlemiştir. EASA’ya göre, eVTOL araçları için uygulanacak sertifikasyon süreci, aracın “manned” (insanlı) veya “autonomous” (otonom) oluşuna göre şekillenmektedir (EASA, 2020).

FAA ise benzer şekilde, eVTOL’ları FAR Part 23 (normal kategori uçaklar) ve FAR Part 27 (hafif helikopterler) standartlarının bazı bölümleri ile hibrit bir şekilde değerlendirerek, “certification by exemption” adı verilen esnek yaklaşımlar geliştirmiştir (FAA, 2022).

Bu süreçte araçların güvenlik, motor yapısı, acil durum kontrol sistemleri, batarya güvenliği gibi birçok alanda testlere tabi tutulması beklenmektedir.

Türkiye'de ise henüz eVTOL araçlarına özgü bir sertifikasyon prosedürü tanımlanmamıştır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), mevcut İHA Talimatları ve ICAO/EASA uyumlu prosedürler çerçevesinde bu tür araçların incelenmesi gerektiğini belirtmektedir. Ancak, insan taşıyan araçlar için uygulanacak uçuş test onayları, bakım/sertifikasyon belgeleri ve pilot lisanslaması gibi hususlarda hukuki bir boşluk söz konusudur. Bu bağlamda Ercan Şu tespiti yapmaktadır:

“e VTOL araçlar, klasik uçak veya drone sınıfına doğrudan uymadıkları için Türkiye’de karma bir düzenleyici rejim ihtiyacı doğmaktadır” (Ercan, 2021).

Bu alanda karşılaşılan temel zorluklardan biri, çok sayıda üretici firmanın farklı teknolojiler kullanıyor olması ve bu nedenle sertifikasyon standartlarının **esnek ama emniyet odaklı** biçimde oluşturulması gerekliliğidir. Aynı zamanda şehir içi alçak irtifa uçuşlarının risk değerlendirmesi, acil durum senaryoları, yangın riskleri gibi başlıklar da uçuş izni sürecinin teknik boyutlarını oluşturmaktadır.

3.1.3. Teknolojik Perspektif Açısından Değerlendirme

eVTOL araçlar, havacılık ve ulaşım alanındaki devrim niteliğindedir. Bu araçlar, elektrikli motorlar kullanarak kısa mesafelerde dikey kalkış ve iniş yapabilme yeteneği sunarak, şehir içi ulaşımında verimlilik, hız ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahiptir. (Kaufman, 2020).

Bu bağlamda e VTOL'ler, sadece teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda toplumun ulaşım anlayışını yeniden şekillendirebilecek potansiyele sahip bir araçtır.

eVTOL araçlarının teknolojik gelişimi, şehir içi hava ulaşımının geleceğini şekillendiren temel unsurlardan biridir. Bu araçların tasarımında kullanılan elektrikli tahrik sistemleri, hem enerji verimliliği hem de karbon salınımının azaltılması açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Özellikle batarya teknolojisindeki gelişmeler, menzil ve taşıma kapasitesinin artırılmasına olanak sağlamaktadır. Uçuş kontrol sistemleri ise otonom uçuş kabiliyetlerini mümkün kılmakta, böylece pilot ihtiyacını

azaltarak operasyonel maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, çok rotorlu yapıların sağladığı aerodinamik avantajlar sayesinde daha stabil ve güvenli bir uçuş deneyimi sunulabilmektedir. Bununla birlikte, bu teknolojik ilerlemelerin standardizasyonu ve sertifikasyonu henüz gelişme aşamasındadır ve düzenleyici otoritelerin yönlendirmesi ile şekillenmektedir. eVTOL teknolojisinin sürdürülebilir, güvenli ve ölçeklenebilir bir ulaşım çözümüne dönüşebilmesi için batarya, otonom sistemleri ve güvenlik protokolleri gibi alanlarda sürekli iyileştirmeler yapılması gerekmektedir (Baur et al., 2021).

3.1.4. Kullanıcı Perspektive Açısından Değerlendirme

Gelişen teknolojiyle birlikte şehir içi hava ulaşımında devrim niteliğinde görülen elektrikli dikey kalkış ve iniş yapabilen (eVTOL) araçlar, sadece teknik ve hukuki düzenlemeler açısından değil, aynı zamanda kullanıcı deneyimi ve toplumsal kabul yönüyle de çok boyutlu bir değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, eVTOL araçlarının yaygın kullanıma geçebilmesi için bireylerin bu yeni ulaşım teknolojisine yönelik tutumları, güven algıları, kullanım kolaylığına ilişkin beklentileri ve sosyo-ekonomik faktörlere dayalı erişilebilirlik gibi unsurlar belirleyici rol oynamaktadır. Kullanıcı perspektifinden yapılan değerlendirmeler, teknolojinin sadece mühendislik başarısıyla değil, aynı zamanda kullanıcı merkezli yaklaşımla sürdürülebilirlik kazanabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu nedenle, eVTOL teknolojilerinin toplumsal düzeyde benimsenmesi, teknik yeterlilik kadar kullanıcı ihtiyaç ve beklentilerinin dikkate alındığı çoklu perspektifli bir yaklaşımla mümkün olacaktır.

4. BÖLÜM

4. e VTOL ARAÇLARIN ÇOKLU PERSPEKTİVE AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çoklu perspektif yaklaşımı; eVTOL araçların yasal düzenlemelere uygunluğu, teknik yeterliliği, mevcut hava sahası yapısına entegrasyon kabiliyeti ve toplumsal kabul düzeyi gibi birbiriyle ilişkili ve bir o kadar da özgün boyutları birlikte değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, eVTOL teknolojisinin kent

içi ulaşım sistemlerine sürdürülebilir, güvenli ve kabul edilebilir biçimde entegre edilebilmesi için kapsamlı bir analiz zemini sağlanmaktadır.

4.1. Araştırmanın Metodolojisi

Bu bölümde araştırmanın konusu, önemi, araştırma verilerinin nasıl toplandığı ve araştırmanın sınırlılıkları verilmiştir.

4.1.1. Araştırmanın Konusu ve Önemi

Araştırma konumuz olan eVTOL araçlar, geleceğin havacılık teknolojisi olarak değerlendirilmektedir. Yakın gelecekte yaygınlaşıp bireysel kullanıma da başlanması ön görülmektedir. Bu kadar önemli bir teknolojinin yaygınlaşması birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Hukuksal alt yapı, teknolojik alt yapı, hava trafik ile entegrasyonu ve kullanıcı kabulü gibi sorunlar gündeme gelmektedir. Tezin önemi, havacılık endüstrisi, yasa yapıcılar, kullanıcılar ve araştırmacılara bir perspektife sunmaktır. eVTOL araçların çoklu perspektife ile incelenmesi, gelecekteki politika oluşturma süreçlerine, kullanıcı kabulünün daha kolay sağlanması gibi stratejik adımların atılmasına katkı sağlayacaktır. eVTOL teknolojisinin sürdürülebilir ve kapsayıcı bir şekilde yaygınlaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

4.1.2. Araştırmanın Amacı

Çalışmanın temel amacı, eVTOL araçlarının kullanımına ilişkin çok boyutlu bir değerlendirme yaparak, bu yeni ulaşım teknolojisinin hukuk, teknoloji, hava trafik kontrol sistemleri ve kullanıcı kabulü açısından fırsatlarını, risklerini ve gereksinimlerini ortaya koymaktır. Böylece hem karar alıcılar hem de sektör paydaşları için eVTOL araçlarının entegrasyonuna yönelik kapsamlı, disiplinler arası bir yol haritası sunulması hedeflenmektedir.

4.1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Çalışmada havacılık sektöründe deneyimine sahip hava trafik kontrolü, apron memuru, memur, avukat ve mühendis gruplarından oluşan 14 uzmanın katılımı ile gerçekleştirilmiştir. eVTOL araçların halen gelişmekte olan yeni bir süreç olması uzun dönemdeki etkileri hakkında kesin öngörülerde bulunmayı güçleştirmiştir. Araştırma

sınırlı sayıda uzman ile gerçekleşmiştir. Bu durum sonuçların genelleştirilebileceğini kısıtlar. Çalışmada kullanılan nitel veriler alanında uzman kişilerle gerçekleştirilen derinlemesine görüşmelere dayanmaktadır. Bu durum kişilerin bireysel deneyim ve algılarına bağlı olduğu için sonuçlar sübjektif olabilir.

4.1.4. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırma yöntemi, kişilerin yaşantılarını, dünyaya bakış açılarını ve belli bir olguya bakış açılarını derinlemesine anlamayı amaçlayan bir araştırma türüdür (Creswell, 2013, s. 47). Nitel araştırma yöntemi araştırmacıların görüşlerini anlama ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı sunmaktadır. Araştırmada katılımcıların eVTOL araçların kullanımının çoklu perspektif de kendi deneyimleri ve görüşleri doğrultusunda değerlendirilmeleri amaçlanmaktadır.

Çalışmanın evreni; havalimanında görev yapan hava trafik kontrolörleri, apron memurları, mühendis, memur ve avukatlardır.

Katılımcılarla gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda elde edilen veriler MAXQDA Programında analiz edilmiştir. MAXQDA programının kullanımındaki temel amaç verilerin doğru genelleyebilir ve sistematik şekilde analiz edilebilmesidir. Katılımcılardan alınan cevaplar detaylıca incelenir ve kodlama işlemi yapılır. Kodlama işleminden sonra bütün cevaplar bir araya getirilir ve kategoriler belirlenir. Ortaya çıkan bulgular tanımlanır ve bireysel olarak yorumlanır.

4.1.5. Veri Toplama Tekniği

Araştırmada, veri toplama tekniği olarak yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış mülakat tekniğinde, açık uçlu sorular sorulmaktadır. Araştırma 14 katılımcıdan elden edilen yanıtlar ile yapılmıştır. Görüşmeler yüz yüze gerçekleştirilmiştir.

4.1.6. Bulgular

Havaalanında çalışan, 4 hava trafik kontrolörü, 3 apron memuru, 4 mühendis ve 2 avukattan oluşan katılımcıların kişisel bilgileri araştırma etiği gereği gizli

tutulmuştur. Katılımcılara “Katılımcı 1, Katılımcı 2, Katılımcı 3” şeklinde rumuzlar verilmiş olup demografik bilgileri ve e VTOL araç bilgi düzeyleri tablo 14’ de gösterilmiştir.

KATILIMCI	CİNSİYET	YAŞ	EĞİTİM	MESLEK	eVTOL Bilgi Düzeyi
Katılımcı 1	Erkek	29	Lisans	Hava Trafik Kontrolörü	7
Katılımcı 2	Erkek	28	Lisans	Hava Trafik Kontrolörü	8
Katılımcı 3	Erkek	49	Yüksek Lisans	Hava Trafik Kontrolörü	3
Katılımcı 4	Kadın	39	Lisans	Hava Trafik Kontrolörü	2
Katılımcı 5	Erkek	32	Lisans	Elektronik Mühendisi	7
Katılımcı 6	Erkek	34	Lisans	Elektronik Mühendisi	8
Katılımcı 7	Erkek	40	Lisans	Uçak Mühendisi	5
Katılımcı 8	Erkek	32	Yüksek Lisans	Mühendis	8
Katılımcı 9	Kadın	32	Lisans	Memur	3
Katılımcı 10	Erkek	49	Lisans	Apron Memuru	5

Katılımcı 11	Erkek	38	Lisans	Apron Memuru	4
Katılımcı 12	Erkek	35	Lisans	Apron Memuru	5
Katılımcı 13	Erkek	32	Lisans	Avukat	4
Katılımcı 14	Kadın	35	Lisans	Avukat	5

Tablo 14. Demografik Tablo

Katılımcılardan e VTOL araçlara dair bilgi düzeylerini 1 ile 10 puan arasında değerlendirilmeleri istenilmiştir. Elde edilen sonuçların mesleklere göre ortalaması aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Meslek Grubu	Ortalama e VTOL Bilgi Seviyesi
Apron Memuru	4.7
Avukat	4.5
Hava Trafik Kontrolü	5.0
Memur	3.0
Mühendis	7.0

Tablo 15. Mesleklere Göre Evtol Bilgi Düzeyi

Katılımcıların mesleki arka planları temelinde yapılan değerlendirme, eVTOL araçlarına ilişkin bilgi düzeylerinin meslek gruplarına göre anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda, mühendislik alanında görev yapan katılımcılar, ortalama 7.0 puan ile en yüksek bilgi düzeyine sahip grup olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, mühendislerin teknolojiye yakınlıkları, teknik

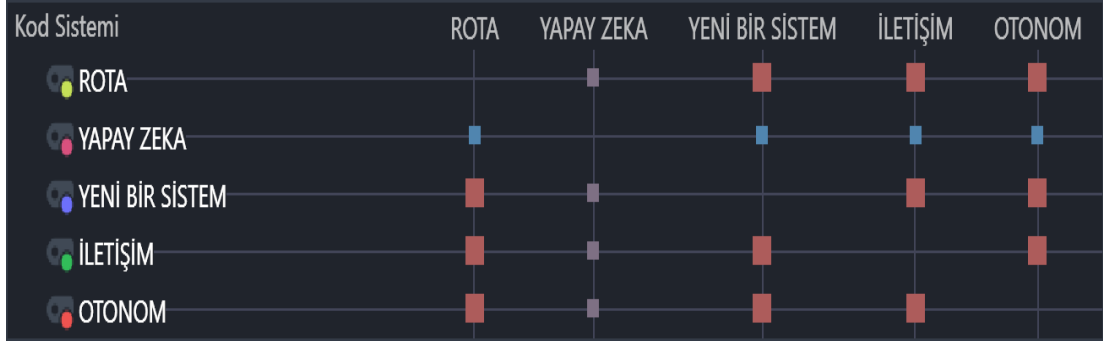
yayımları takip etme olasılıklarının yüksek oluşu ve sektörel güncel gelişmelere aşinalıkları ile açıklanabilir.

Hava trafik kontrolörleri (ATC), ortalama 5.0 puan ile eVTOL teknolojisine dair bilgi düzeyinde ikinci sırada yer almıştır. Bu bulgu, ATC personelinin hava araçları ve hava sahası yönetimi konularında mesleki deneyim sahibi olmalarının eVTOL teknolojisine yönelik farkındalıklarını artırdığına işaret etmektedir. Apron memurları ise ortalama 4.7 puan ile benzer bir bilgi düzeyine sahipken, avukatların bilgi düzey ortalaması 4.5 olarak belirlenmiştir. Bu durum, teknik bilgiye daha az maruz kalan meslek gruplarında eVTOL gibi yeni nesil ulaşım teknolojilerine dair farkındalığın görece sınırlı olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, kamu sektöründe görev yapan memur katılımcıların eVTOL bilgi düzeyi ortalaması yalnızca 3.0 olup, çalışmadaki en düşük değere sahiptir. Bu durum, teknolojik yeniliklere ilişkin bilgi edinme düzeyinin mesleki alanlara göre değiştiğini ve teknik altyapısı daha sınırlı olan gruplarda bilgi düzeyinin düşük kalabildiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, eVTOL gibi ileri teknoloji ürünlerinin toplumsal kabulünü artırmak için meslek gruplarına özgü bilgilendirme ve eğitim stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

4.1.7. e VTOL Araç Alt Yapı Perspektife (Hava Trafik Sistemi Entegrasyonu) Açısından Değerlendirmesi

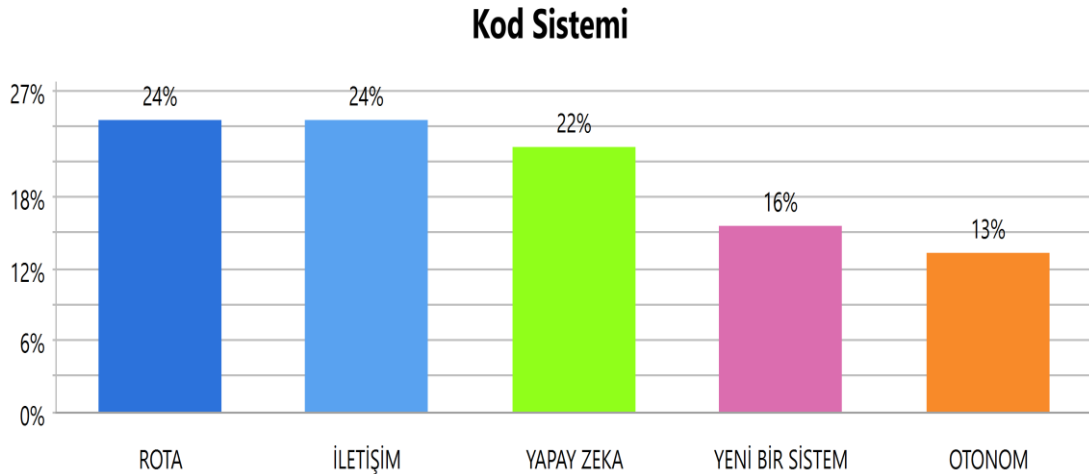
Alt yapı perspektife açısından değerlendirmeleri için hava trafik kontrolörleri ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler MAXQDA programı kullanılarak aynı metin içinde kullanılan kodların sıklığının analizi yapılmıştır. Tablo 15’de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Kod ilişkiler tarayıcısı, kodlar arasında ilişkileri göstererek analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Bu özellik sayesinde kodlar arasındaki ilişkinin anlaşılması kolaylaşır ve araştırmanın derinleşmesini sağlar. Araştırmaya katılan hava trafik kontrolörlerinin bahsetmiş olduğu faktörler ele alınmıştır.



Tablo 16. Alt Yapı Perspektife Kod İlişkileri Tarayıcısı

Elden edilen verilere göre; Rota ve Yapay Zekâ 3 kez, Yapay Zekâ ile Yeni Bir Sistem 3 kez, İletişim ile Otonom 4 kez, Otonom ile İletişim 4 kez, Yeni Bir Sistem ile İletişim 4 kez birlikte kullanılmıştır.

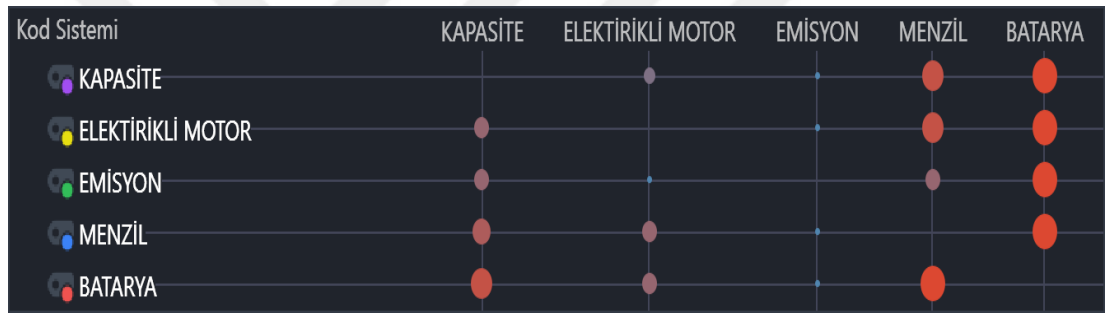
Kod ilişkileri tarayıcısında katılımcıların eVTOL araçlar ile mevcut hava trafik sistemlerinin nasıl uyumlu olacağını hangi faktörlerle ilişkilendirdikleri ortaya çıkmaktadır. Verilere göre otonom sürüş, pilot ve atc arasındaki iletişim, yeni bir sistemin oluşturulması, yapay zekâ desteği ve rotaların belirlenmesi gibi faktörler arasında sık bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Özellikle yapay zekâ ve yeni bir sistemin sık sık ele alınması mevcut sistemlerin yetersiz olduğunu bunun yerine yapay zekâ destekli yeni bir sistemin kurulması gerektiğini işaret etmektedir. Bu veriler e VTOL araçların mevcut hava sahasına uyumu için, pilot ile hava trafik arasında iletişimin sağlandığı otonom, rotaların net olarak belirlendiği yapay zekâ destekli yeni bir sistemin kurulması gerektiğini vurgulamaktadır.



trafik kontrol sistemleri ile eVTOL araçlarının entegrasyonu hem teknik altyapı hem de insan-makine iş birliği açısından çok boyutlu bir dönüşümü gerekli kılmaktadır.

4.1.8. e VTOL Araç Teknolojik Perspektif Açısından İncelenmesi

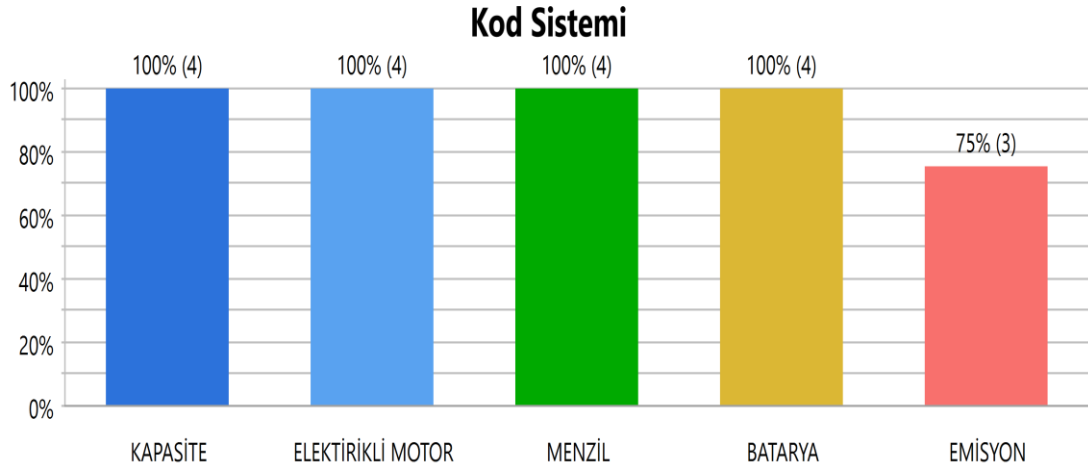
Teknolojik alt yapı perspektif açısından değerlendirme yapılırken alanında uzman mühendisler ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. MAXQDA programı kullanılarak kullanılan kodların analiz sıklığı analizi yapılmıştır. Tablo 16’da verilen sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmaya katılan mühendislerin vermiş oldukları yanıtlardaki faktörler ele alınmıştır.



Tablo 17. Teknolojik Perspektife Kod İlişkileri Tarayıcısı

Elde edilen verilere göre; Kapasite ve Menzil 28 kez, Kapasite ve Batarya 32 kez, Kapasite ve Emisyon 16 kez, Kapasite ve Elektrikli motor 20 kez, Elektrikli Motor ve Menzil 23 kez, Elektrikli Motor ve Batarya 26 kez, Menzil ve Batarya 34 kez birlikte kullanılmıştır.

Kod ilişkilerinde tarayıcında katılımcıların e VTOL araçların teknolojik gelişimini hangi faktörlerle ilişkilendirdikleri ortaya çıkmaktadır. Özellikle Batarya, Menzil ve Kapasite kavramları arasında sık bir ilişkinin olduğu gözlemlenmektedir. Batarya ve Menzil kavramlarının sıkça ele alınması e VTOL araçların teknolojik gelişimi için batarya gelişiminin çok önemli olduğu batarya ile birlikte menzil ve kapasitenin de artabileceğine işaret etmektedir. Bu veriler e VTOL araçların daha verimli hale gelmesi için bataryalarının, menzilin ve kapasitelerinin daha fazla iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

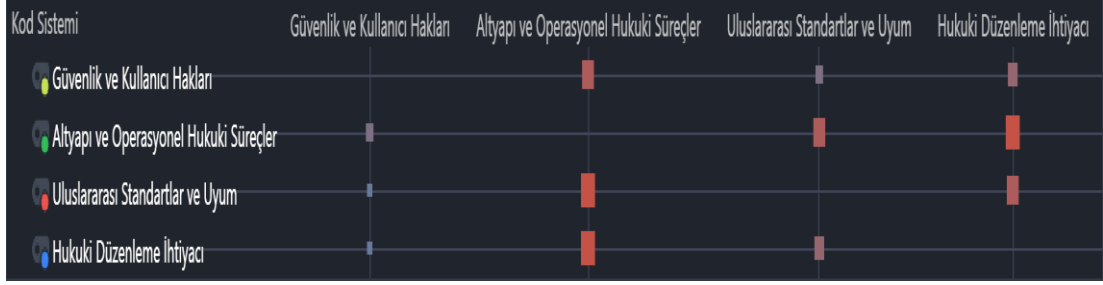


Grafik 2. Teknolojik Perspektif Kod Bazlı Frekans Sistemi

Elde edilen diğer veri MAXQDA programı kullanılarak oluşturulan kod bazlı frekans analizidir grafik2’de sunulmuştur. Araştırmaya katılan mühendislerden elde edilen cevaplar analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında kodların hangi orandan kullanıldığı görülmektedir. Katılımcıların %100’ü “Kapasite”, “Elektrikli Motor”, “Menzil” ve “Batarya” ,% 75’nin “Emisyon” kodunu kullandıkları görülmektedir.

Bu analiz, katılımcıların eVTOL araçların teknolojik perspektif açısından değerlendirmesini yaparken özellikle araç kapasitesi, menzilin uzunluğu, batarya kapasitesine önem verdiği görülmektedir. Analizdeki en önemli husus, katılımcıların ihtisasları dâhilinde bilgi ve birikimlerinden faydalanarak eVTOL araçların teknolojik açıdan değerlendirildiğinde en önemli husus uçuş menzilin kısa olması, bataryaların yetersiz olması, kapasitenin artırılması gerektiğini söylemek mümkündür.

Hukuk perspektif açısından E VTOL araçların incelenmesi için yapılan görüşmeler MAXQDA programı ile metin içinde kullanılan kodların sıklığı kod ilişkileri tarayıcısı ile analiz edilmiştir.



Tablo 18. Hukuk Perspektif Kod İlişkileri Tarayıcısı

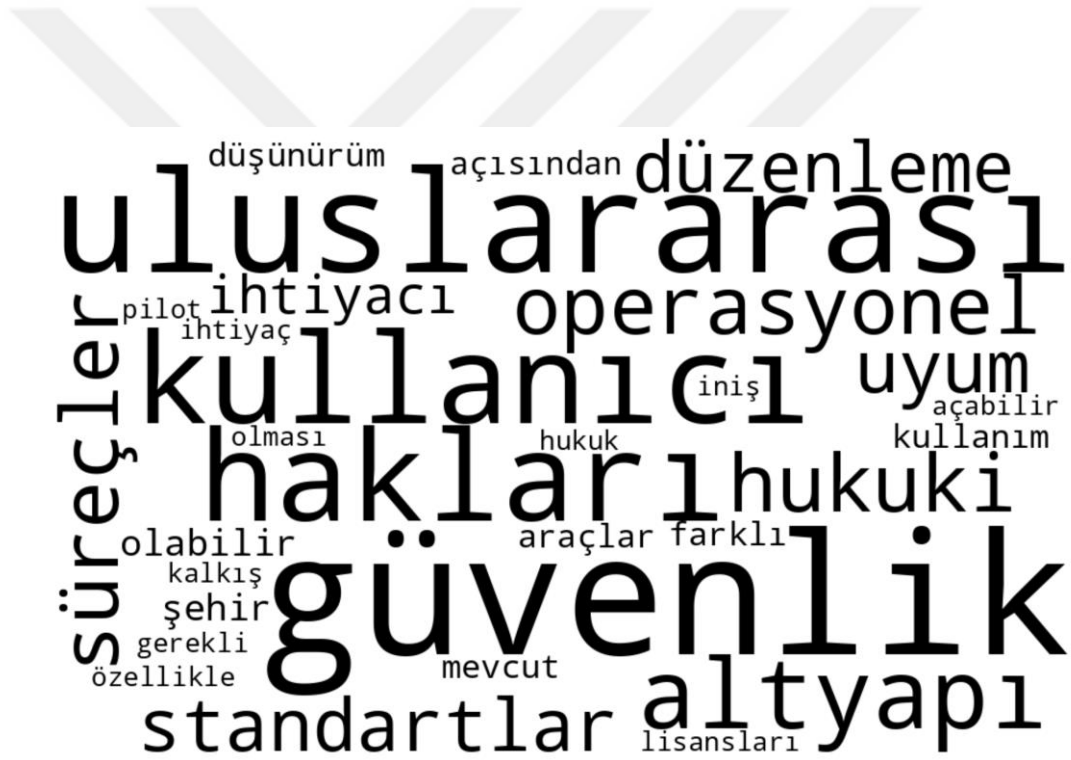
Kod ilişki tarayıcısı ile yapılan analizde katılımcıların hangi kodları ne sıklık ile bir arada tekrar ettikleri analiz edilmiştir. “Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” kodu ile “Altyapı ve Operasyonel Hukuki Süreçler” kodu 20 kez, “Uluslararası Standartlar ve Uyum” ve “Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” 18 kez, “Hukuki Düzenleme İhtiyacı” ve “Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” kodu 19 kez, Uluslararası Standartlar ve Uyum” ve Altyapı ve Operasyonel Hukuki Süreçler” 22 kez birlikte kullanılmıştır.

“Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” kodu ile “Altyapı ve Operasyonel Hukuki Süreçler” kodunun birlikte kullanılmıştır. Bu bulgu, güvenlik endişeleri ile altyapıya yönelik hukuki süreçlerin katılımcılar açısından sıkça birlikte değerlendirildiğini göstermektedir. eVTOL araçların yeni sistemler olmasından dolayı yeni bir alt yapıya ihtiyaç duyulması ile oluşacak yeni bir alt yapının kullanıcıların hakları ve güvenliği konusunda hukuki düzenlemelere ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır.

“Uluslararası Standartlar ve Uyum” ile “Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” kodu **18 kez** eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Bu durum, güvenlik konularının yalnızca yerel düzenlemelerle değil, uluslararası standartlarla da güçlü bir ilişki içerisinde değerlendirildiğine işaret etmektedir. Kullanıcıların hakları ve güvenliklerinin sağlanması konusundan uluslararası standartların belirlenmesi ve bunlara uyumun şart olduğu belirtilmiştir.

“Hukuki Düzenleme İhtiyacı” ile “Güvenlik ve Kullanıcı Hakları” kodları eş zamanlı kullanılmıştır. Bu sonuç, mevcut yasal düzenlemelerin güvenlik ve kullanıcı hakları bağlamında yetersiz kaldığı yönündeki katılımcı algısını yansıtmaktadır. eVTOL araçların kullanılmasında güvenlik ve kullanıcı hakları konusunda yeni bir hukuki düzenlemeye ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Son olarak, “Uluslararası Standartlar ve Uyum” kodu ile “Altyapı ve Operasyonel Hukuki Süreçler” kodu 22 kez birlikte yer almıştır. Bu bulgu, altyapıya dair hukuki süreçlerin, küresel standartlarla uyumlu bir şekilde düzenlenmesi gerektiğine dair ortak bir görüş olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Hukuk Perspektif Kelime Bulutu

Katılımcıların eVTOL araç hukuki perspektife açısından görüşleri değerlendirildiği zaman en sık kullandıkları kelimeler kelime bulutunda gösterilmiştir. Hukuk perspektife açısından bakıldığı zaman en sık kullanılan en çok vurgulanan kelimeler, hukuki meselelerin; güvenlik, kullanıcı hakları, hukuki düzenlemeler, altyapı ihtiyaçları ve uluslararası uyum olduğunu ortaya koyuyor. Kelime bulutu analizine göre, hukuki perspektifte "güvenlik", "kullanıcı hakları", "uluslararası", "hukuki", "düzenleme", "standartlar" ve "altyapı" gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır. Bu

durum, eVTOL araçlarının kullanımına yönelik hukuki çerçevenin oluşturulmasında güvenlik ilkeleri ve kullanıcı haklarının korunmasının temel öncelikler olduğunu göstermektedir. Özellikle "uluslararası" ve "uyum" terimlerinin büyüklüğü, eVTOL araçlarının global ölçekte standartlaştırılması ve ülkeler arası düzenlemelerde bütünlük sağlanması gerekliliğine işaret etmektedir. Ayrıca "operasyonel süreçler", "lisanslar", "altyapı" ve "hukuk" gibi kavramların varlığı, yalnızca uçuş operasyonlarına ilişkin değil, aynı zamanda yer hizmetleri, lisanslandırma ve yetkilendirme süreçlerine ilişkin de kapsamlı bir hukuki altyapının oluşturulmasının önemini vurgulamaktadır. eVTOL teknolojisinin gelişimi ile birlikte, mevcut havacılık mevzuatlarının yetersiz kaldığı ve bu yeni hava araçları için özgün düzenlemelere ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, eVTOL araçlarının güvenli, adil ve etkin bir şekilde kullanımı için hem ulusal hem de uluslararası düzeyde, kullanıcı haklarını koruyan ve operasyonel güvenliği teminat altına alan yeni nesil hukuki standartların geliştirilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir.

4.1.10. eVTOL Araçların Kullanıcı Perspektif Açısından Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, eVTOL araçlarının kullanıcılar tarafından nasıl algılandığı, hangi endişe ve beklentilerle karşılandığı nitel görüşmeler aracılığıyla analiz edilmiştir.



Tablo 19. Kullanıcı Perspektif Kod İlişkileri Tarayıcıları

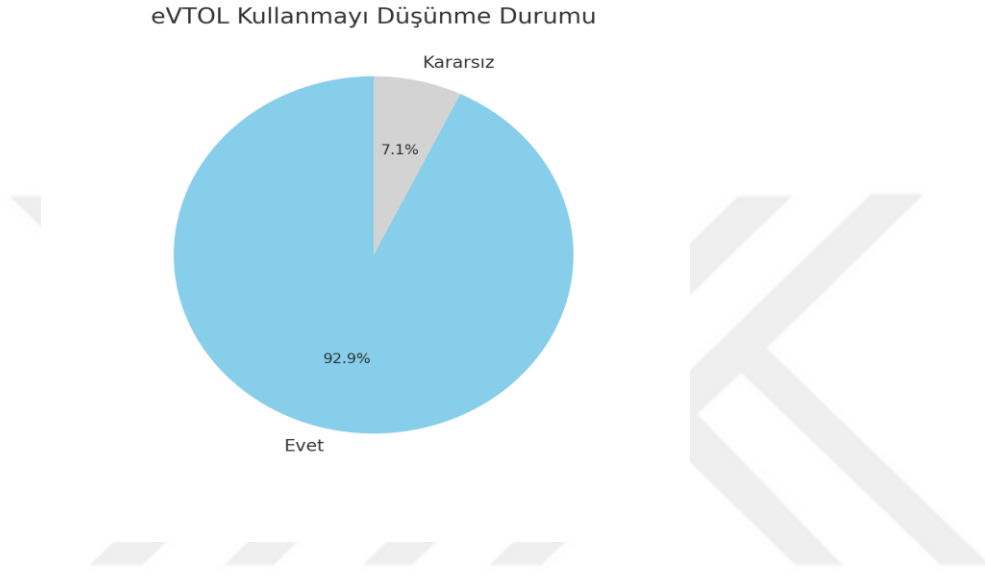
Şekil 5. Kullanıcı Perspektif Kelime Bulutu

Görüşmelerden elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan kelime bulutu, kullanıcıların eVTOL (elektrikli dikey kalkış ve iniş) araçlarına ilişkin algılarında belirgin temaların öne çıktığını ortaya koymaktadır. Kelime bulutunda en fazla dikkat çeken kavramlar arasında “güvenlik”, “emniyet”, “otonom”, “altyapı”, “uçuş”, “sistem” ve “pilot” gibi terimler yer almaktadır. Bu durum, kullanıcıların teknolojiye dair en temel kaygılarının uçuş emniyeti, sistem güvenilirliği ve insan-makine dengesine ilişkin olduğunu göstermektedir. Özellikle “otonom” ve “pilot” kavramlarının birlikte öne çıkması, katılımcıların sürücüsüz sistemlere karşı temkinli yaklaşımını ve insan kontrolüne duyulan güveni yansıtmaktadır. Benzer şekilde, “altyapı” ve “uçuş” gibi kavramların sıklıkla geçmesi, teknolojinin başarılı uygulanabilmesi için sadece araç güvenliği değil, aynı zamanda şehir içi entegrasyonun da kullanıcılar tarafından önemli görüldüğünü göstermektedir. Ayrıca, kelime bulutunda gereksiz tekrarların ve anlamsız ifadelerin yer almaması, analiz sürecinin odaklı ve tematik ilerlediğini desteklemektedir. Sonuç olarak, kullanıcıların eVTOL araçlara dair güvenlik temelli beklentilerinin, teknik yeterlilik ve yapısal hazırlıklarla doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

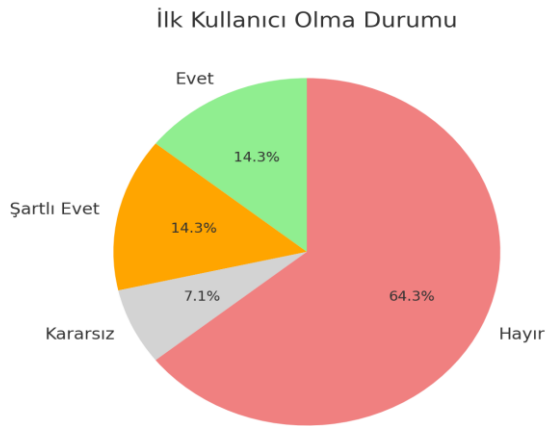
4.1.11 Kullanıcıların eVTOL Teknolojisine Karşı Kabul Düzeyi

Görüşmelerde katılımcılara yöneltilen “eVTOL araçları popüler hale gelirse kullanmayı düşünür müsünüz?” ve “İlk kullanıcılarından olur musunuz?” soruları, bireylerin yeni ulaşım teknolojilerine yönelik kabul düzeylerini ve teknolojiye karşı gösterdikleri tutumları anlamak açısından önemli veriler sunmuştur. Katılımcıların büyük bir kısmı, eVTOL araçlarının yaygınlaşması ve güvenlik standartlarının oturması durumunda bu araçları kullanmaya olumlu yaklaşıklarını ifade etmiştir. Ancak buna rağmen, ilk kullanıcı olma konusunda belirgin bir çekingenlik gözlemlenmiştir. Katılımcılar genellikle teknolojinin test aşamasında olmasından, sistem arızası ihtimallerinden ve otonom kontrol sistemlerine duyulan güvensizlikten dolayı erken adaptasyon konusunda isteksizdir. Kullanıcıların teknolojiyi benimsemek için önce sistemin emniyetli, kararlı ve erişilebilir olduğuna dair toplumsal güven oluşmasını bekledikleri anlaşılmaktadır. Bu bulgu, eVTOL araçlarının pazara giriş

stratejilerinde sadece teknik yeterliliğin değil, aynı zamanda kamuoyunun bilgilendirilmesi ve güven inşa sürecinin de kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Grafik 3 ve 4'te katılımcıların cevapları oransal olarak analiz edilmiştir.



Grafik 3: Kullanıcıların e VTOL kullanmayı düşünme oranı



Grafik 4. İlk Kullanıcı Olma Durumu

4.1.12. e VTOL Araçlara İlişkin Risk Analizi

Risk	Olasılık	Etki	Skor (1-9)	Öncelik Düzeyi
Otonom sistem hataları	Yüksek	Yüksek	9	Çok Yüksek
Altyapı/radar eksikliği	Yüksek	Orta	6	Yüksek
Yasal düzenleme yetersizliği	Orta	Yüksek	6	Yüksek
Batarya ve menzil yetersizliği	Orta	Orta	4	Orta
Siber saldırı ve yazılım hatası	Düşük	Yüksek	3	Orta
Toplumsal kabul düşüklüğü	Yüksek	Düşük	3	Düşük

Şekil 6. Risk Analizi

Bu çalışmada geliştirilen risk matrisi, eVTOL araçların şehir içi hava ulaşımına entegrasyonu sürecinde ortaya çıkabilecek temel riskleri belirlemek amacıyla 14 katılımcıyla yapılan nitel görüşmelere dayalı olarak oluşturulmuştur. Görüşmeler; hava trafik kontrolörleri, hukukçular, mühendisler ve potansiyel kullanıcılar olmak üzere dört farklı paydaş perspektifinden gerçekleştirilmiştir. Nitel veriler tematik analiz yöntemiyle incelenmiş, katılımcı ifadeleri doğrultusunda altı ana risk teması ortaya çıkarılmıştır: Otonom sistem güvenilirliği, altyapı ve radar takibi, yasal düzenleme eksikliği, batarya ve menzil sınırlamaları, siber güvenlik açıkları ve toplumsal kabuldeki çekinceler. Her riskin hem görüşmelerde ne sıklıkla dile

getirildiği (olasılık), hem de ifade edilen potansiyel etkisinin büyüklüğü (etki) göz önünde bulundurularak klasik risk yönetimi yaklaşımı çerçevesinde (ISO 31000 standardı doğrultusunda) 1 ile 9 arasında puanlanan bir olasılık-etki çarpan skoru oluşturulmuştur. Bu skorlar, renk kodlu öncelik düzeyleri (çok yüksek, yüksek, orta, düşük) ile görsel olarak da sınıflandırılmış ve risklerin yönetilmesi gereken öncelik sırası belirlenmiştir. Böylelikle elde edilen matriks, kullanıcı temelli ve bağlamsal bir değerlendirme sunmaktadır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, eVTOL (elektrikli dikey kalkış ve iniş) araçlarının şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyonuna yönelik çoklu bir perspektifle yürütülmüştür. Araştırma sürecinde nitel görüşme tekniğiyle farklı meslek gruplarından katılımcıların değerlendirmeleri alınmıştır. Elde edilen bulgular göstermektedir ki, eVTOL araçlarının şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyonu yalnızca teknik olarak mümkün olmakla kalmamakta, aynı zamanda güçlü bir yasal çerçeve, uygun altyapı koşulları, hava sahası düzenlemeleri ve kullanıcı güveni ile desteklenmesi gereken çok katmanlı bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır. Bu dönüşümde, her bir perspektifin kendine özgü ihtiyaç ve endişeleri bulunduğu tespit edilmiştir. Hukuk perspektifinden yapılan değerlendirmeler, eVTOL araçlarının mevcut havacılık mevzuatı çerçevesinde tam anlamıyla kapsanamadığını ortaya koymuştur. Katılımcıların büyük çoğunluğu, mevcut yasal altyapının sabit kanatlı uçaklar ve helikopterler gibi geleneksel hava araçları için tasarlanmış olduğunu, ancak eVTOL araçların şehir içi kullanım, dikey iniş-kalkış kapasitesi, elektrikli itki sistemleri ve otonom uçuş yetenekleri gibi özellikleri nedeniyle mevcut yasal düzenlemelere uymadığını belirtmiştir. Bu kapsamda, şehir içi hava sahası kullanımı, pilot lisans yetkilendirmeleri, uçuş izin prosedürleri, sivil sorumluluk ve sigorta yükümlülükleri gibi alanlarda ciddi boşluklar olduğu vurgulanmıştır.

Bununla birlikte, katılımcılar yalnızca yeni bir yasal çerçevenin değil, aynı zamanda uluslararası düzeyde ortak standartların oluşturulmasının da zorunlu olduğunu dile getirmiştir. Zira parçalı ve ülkeye özgü düzenlemeler, hem uluslararası üretici firmalar hem de sınır ötesi hava taşımacılığı açısından uygulamada çeşitli zorluklara yol açabilecektir. Bu nedenle, eVTOL araçların hukuk sistemine entegre edilebilmesi için çok katmanlı, dinamik ve teknolojiye uyumlu bir regülasyon süreci geliştirilmesi gerekmektedir.

Hava trafik kontrol (ATC) perspektifinden yapılan değerlendirmeler, eVTOL araçlarının mevcut hava sahası yapısı ve trafik yönetim sistemlerine entegrasyonunun karmaşık ve çok boyutlu bir dönüşüm gerektirdiğini ortaya koymuştur. Katılımcı ATC uzmanlarının ifadelerine göre, mevcut hava trafik yönetimi prosedürleri, sabit güzergâhlar, belirli frekanslar ve manuel koordinasyona dayalı olarak

yapılandırılmıştır. Oysa eVTOL araçlar, özellikle düşük irtifa uçuşları, yoğun şehir içi bölgelerde operasyon, otonom kontrol sistemleri ve yüksek sayıda kalkış/iniş noktası gibi yeni dinamikler getirmektedir. Bu durum, mevcut sistemlerin eVTOL operasyonlarına cevap vermekte yetersiz kalabileceğini göstermektedir.

Ayrıca, ATC personeli açısından eVTOL'lerin hava sahasında yaratacağı potansiyel trafik yoğunluğu ve olası çakışmalar, güvenlik, haberleşme yükü ve gözetim kapasitesi açısından ciddi riskler doğurabilir. Katılımcılar, bu sistemin yalnızca teknik araçlarla değil, aynı zamanda yeni hava sahası yapılandırmaları, yerel hava yönetim otoriteleri ile eşgüdüm ve ATC personeline yönelik özel eğitim programları ile desteklenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Özellikle hava sahasının vertikal ve horizontal bölünmesi, önceden tanımlı eVTOL koridorlarının belirlenmesi ve uçuşa elverişlilik sertifikasyon süreçlerinin yeniden ele alınması gerekliliği dikkat çekmiştir.

eVTOL araçlarının şehir içi hava trafiğine entegre edilebilmesi için yalnızca teknik adaptasyonlar değil, aynı zamanda ATC operasyon kültürünün ve hava sahası yönetiminin yeniden yapılandırılması elzemdir.

Teknik perspektiften elde edilen bulgular, eVTOL araçlarının şehir içi ulaşım sistemlerine entegrasyonunun yalnızca tasarım ve üretim aşamalarıyla sınırlı olmadığını, aynı zamanda enerji altyapısı, yazılım güvenliği, hava aracı dayanıklılığı ve şehir altyapısıyla uyum gibi çok sayıda teknik parametreye bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcı mühendisler, eVTOL sistemlerinin karmaşıklığına dikkat çekmiş ve özellikle elektrikli tahrik sistemlerinin güvenilirliği, batarya kapasitesi, menzil verimliliği, ağırlık-denge yönetimi gibi konuların sistemin sürdürülebilirliği açısından kritik olduğunu ifade etmiştir.

Bununla birlikte, eVTOL araçların şehir içi operasyonlarında karşılaşılabilecek teknik zorluklar arasında gürültü kontrolü, hava koşullarına dayanıklılık, acil durum sistemleri ve bakım altyapısı da öne çıkmaktadır. Katılımcılar, bu araçların tam anlamıyla entegre edilebilmesi için şehir içinde stratejik olarak yerleştirilmiş vertiport altyapısı, akıllı trafik sistemleriyle entegrasyon ve uzaktan yazılım güncelleme ve gözetim teknolojileri gibi destekleyici sistemlerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Sonuç olarak, teknik açıdan eVTOL teknolojisi büyük bir potansiyel taşımakla birlikte, bu potansiyelin gerçeğe dönüşebilmesi için çok disiplinli mühendislik çözümleri, şehir planlamasıyla eşgüdüm ve güvenilirlik odaklı test süreçleri temel belirleyiciler olarak ön plana çıkmaktadır.

Kullanıcı perspektifinden elde edilen bulgular, eVTOL araçlarının toplumsal kabulü için teknik yeterlilik kadar kullanıcı güveni, erişilebilirlik ve algısal kabullenme unsurlarının da belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Görüşmelerde katılımcıların çoğu, eVTOL araçlarının potansiyelini fark ettiklerini ve şehir içi ulaşımda zaman tasarrufu, çevresel sürdürülebilirlik ve yoğun trafikten kaçınma gibi avantajlarını kabul ettiklerini belirtmiştir. Ancak buna rağmen, kullanıcıların önemli bir bölümü, henüz test aşamasında olan bu teknolojiyi kullanma konusunda temkinli, ilk kullanıcı olma konusunda ise büyük ölçüde isteksiz davranmaktadır.

Güvenlik, bu isteksizliğin temel nedenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Katılımcılar, özellikle otonom sistemlere duyulan güvensizlik, acil durumlara müdahale kapasitesi, altyapının yeterliliği ve sigorta/sorumluluk mekanizmalarının belirsizliği gibi faktörlerin kişisel karar süreçlerinde etkili olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, katılımcıların bazıları eVTOL araçlarının başlangıçta lüks bir hizmet alanı olarak sınırlı kesimlere hitap edeceğini, bu durumun da sosyo-ekonomik eşitsizlikleri artırabileceğini dile getirmiştir.

Sonuç olarak, kullanıcılar açısından eVTOL teknolojisinin benimsenmesi, yalnızca ulaşım kolaylığı sunmakla değil, aynı zamanda duygusal güven, teknolojik sadelik, ekonomik erişilebilirlik ve toplumsal bilgilendirme süreçleriyle desteklenmiş bir sistem sunmakla mümkündür. Bu bulgular, kullanıcı kabulünün sadece pazarlama değil, aynı zamanda politika ve şehir planlaması düzeyinde de stratejik olarak ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu çok boyutlu bulgular, eVTOL teknolojisinin sadece mühendislik değil, aynı zamanda hukuk, yönetim ve insan merkezli bakış açılarının eşgüdüm içinde geliştirilmesiyle sürdürülebilir bir ulaşım devrimine dönüşebileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). SAGE Publications.

Komninos, N. (2015). *Smart cities and connected intelligence: Platforms, ecosystems, and networks*. Routledge.

Smith, R. S. (2008). *Electric aircraft and aerospace technology*. Springer.

Makaleler

Aloy, A., Peña, M., & Rodríguez, D. (2020). eVTOL aircraft: A path towards sustainable urban air mobility. *Journal of Aerospace Engineering*, 33(4), 123–138.

Arat, H., & Kuzu, S. (2022). Türkiye’de hava ulaşımında eVTOL teknolojileri: Mevcut durum ve gelecek perspektifi. *Havacılık ve Uzay Dergisi*, 13(2), 77–89.

Cohn, M. A., & Sadoway, D. R. (2017). Solid-state batteries: Technology review and outlook. *MRS Bulletin*, 42(3), 220–227.

Ercan, G. (2021). Türkiye’de drone mevzuatı ve yeni nesil hava araçlarına uyum sorunları. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 79(2), 71–90.

Gai, L., & Liu, H. (2020). Lithium-ion batteries for electric vehicles: Challenges, opportunities, and future directions. *Materials Today*, 21(1), 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2020.07.014>

Goyal, R., Chao, H., & Kim, J. (2023). Urban air mobility: A review of eVTOL technologies and global initiatives. *Aerospace*, 10(1), 25. <https://doi.org/10.3390/aerospace10010025>

He, Y., & Zhang, J. (2021). Design and performance analysis of eVTOL aircraft: A review. *Aerospace Science and Technology*, 112, 106650.

Kaufman, A. (2020). Electric vertical takeoff and landing (eVTOL) aircraft: A new era for urban mobility. *Journal of Aircraft*, 57(5), 879–895.

Loughborough, S. (2021). Urban air mobility and the future of transportation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 121, 136–150.

Shuttleworth, R., Kim, J., & Silva, C. (2022). Integration of urban air mobility into existing air traffic management systems: Challenges and opportunities. *Journal of Air Traffic Control*, 64(3), 25–38. <https://doi.org/10.2514/J.ATC.2022.03.002>

Thipphavong, D. P., et al. (2018). Urban air mobility airspace integration concepts and considerations. In *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, Atlanta, Georgia. <https://doi.org/10.2514/6.2018-3676>

Wolff, F., & Frank, U. (2005). A multi-perspective framework for evaluating conceptual models in organisational change. In *Proceedings of the 13th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Regensburg, Germany.

Xu, X., & Zhang, Z. (2023). Fast charging systems for electric aircraft: Challenges and progress. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111049. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111049>

Zhang, J., & Li, W. (2019). Battery management system and SOC development for electrical aviation applications. *Journal of Power Sources*, 442, 227166. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227166>

İnternet Siteleri ve Raporlar

Aerospace America. (2021). The electric VTOL revolution. Aerospace America.

AirlineRatings. (2023). Electric aviation: From the pioneers to the mainstream. AirlineRatings.

Baykar. (2024). Cezeri uçan araba projesi. <https://www.baykartech.com/tr/urunler/cezeri/>

EASA. (2020). Special condition for VTOL aircraft. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu>

EASA. (2020). VTOL için özel koşul. Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı.

EASA. (2021). Introduction of urban air mobility in the European airspace (s. 42). European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu>

EASA. (2021). Vertiports için prototip teknik özellikleri. Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı. <https://www.easa.europa.eu>

European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2022). eVTOL safety framework. <https://www.easa.europa.eu>

European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2023). Safety and regulation of eVTOL. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/urban-air-mobility>

European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2024). EASA guidelines for VTOL aircraft. <https://www.easa.europa.eu>

eVTOL Insights. (2023, Haziran). Volocopter: An eVTOL world first in summer 2024. <https://evtolinsights.com/2023/06/volocopter-an-evtol-world-first-in-summer-2024/>

FAA. (2022). Kentsel hava hareketliliği sertifikasyon çerçevesi. ABD Federal Havacılık İdaresi.

FAA. (2022). Motorlu kaldırma uçağı için özel sınıf uçuşa elverişlilik kriterleri. Federal Havacılık İdaresi. <https://www.faa.gov>

FAA. (2023). Concept of operations for UAS traffic management (UTM) (s. 18). Federal Aviation Administration. <https://www.faa.gov>

Frost & Sullivan. (2023). The role of vertiports in the future of urban air mobility. Transport Industry Insights.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart cities: Ranking of European medium-sized cities.

Haber Aero. (2023, Eylül). Alman hava taksi Lilium'da iflas süreci devam ediyor. <https://haber.aero/aero-gundem/alman-hava-taksi-liliumda-iflas-sureci-devam/>

Haber Aero. (2023, Haziran). Hava taksi Lilium, EASA'dan sonra FAA'den de sertifika aldı. <https://haber.aero/sivil-havacilik/hava-taksi-lilium-easadan-sonra-faaden-de-sertifika-aldi/>

ICAO. (2023). Gelişmiş hava hareketliliği konsept belgesi. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü. <https://www.icao.int>

International Civil Aviation Organization (ICAO). (2023). Global standards for vertiport operations. ICAO.

Joby Aviation. (2023). Electric air taxi development. <https://www.jobyaviation.com/>

Joby Aviation. (2023). Joby's eVTOL aircraft design and performance. <https://www.jobyaviation.com/>

Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2022). Autonomous flight safety in urban air mobility systems. <https://www.mit.edu>

Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2023). The future of electric airplanes. <https://news.mit.edu/2023/future-electric-airplanes>

McKinsey & Company. (2022). The future of urban air mobility. McKinsey & Company.

NASA. (1994). A history of vertical flight. NASA.

NASA. (2023). Urban air mobility. <https://www.nasa.gov/uam>

SESAR Joint Undertaking. (2020). U-Space: Enabling safe and efficient urban air mobility. SESAR Joint Undertaking.

SHGM. (2022). SHT-İHA Talimatı (Revizyon 3). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.

SHGM. (2022). SHT-İHA Talimatı: İnsansız hava aracı sistemleri talimatı (Revizyon 3). T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.

Türkiye Cumhuriyeti. (1983). 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu. Resmî Gazete No: 18059.

Vertical Aerospace. (2023). eVTOL aircraft design. <https://www.vertical-aerospace.com/>

Vertical Magazine. (2023). Vertical Aerospace achieves successful electric flight with full-scale aircraft. <https://verticalmag.com/press-releases/vertical-aerospace-achieves-successful-electric-flight-with-full-scale-aircraft/>

ÖZGEÇMİŞ

Özge YILKICI Kayseri Mustafa Özkan Anadolu Lisesini bitirdikten sonra lisans eğitimini Erciyes Üniversitesi Havacılık Fakültesi Sivil Havacılık Ulaştırma İşletmeciliği bölümünde tamamlamıştır. 2021 yılında Kocaeli Üniversitesi Havacılık Yönetimi ana bilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2018 yılında Devlet Hava Meydanları İşletmesi kurumuna apron memuru olarak atanmış halen görevine devam etmektedir.



