

T.C
SAHA İSTANBUL & TÜBİTAK TÜSSİDE
SAHA AKADEMİ MBA YÖNETİCİ GELİŞTİRME PROGRAMI

**İnsansız Hava Araçlarının Havadan Yakıt
İkmal Platformu Olarak Kullanımı**



Danışman
Dr. Uğur TARÇIN
Ankara - 2025

1. SAHA İstanbul Yönetim Kurulu kararıyla, 2024-2025 eğitim döneminden itibaren SAHA AKADEMİ MBA katılımcılarına “Araştırma Projesi” hazırlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu uygulama; katılımcıların sektörel bilgi, stratejik düşünme ve akademik üretkenlik yetkinliklerini geliştirmeyi hedeflerken, savunma sanayii ekosistemine bilimsel katkıyı artırmayı amaçlamaktadır. Bu girişim, Türk savunma sanayii ekosisteminde bilimsel katkıyı artırmaya yönelik önemli bir adımdır.

2. SAHA İstanbul-SAHA AKADEMİ tarafından yayımlanan bu çalışma, ilgili yazar tarafından özgün biçimde hazırlanmış ve beyan edilmiştir. Çalışmada yer alan görüşler yazara ait olup, SAHA İstanbul’un kurumsal görüşünü yansıtmamaktadır. İçerikte sunulan bilgi, yorum ve sonuçların doğruluğu sorumlu yazara aittir. SAHA AKADEMİ; benzerlik oran tespitini yapmıştır.

3. Bu çalışma, [Mustafa ERBAY] tarafından hazırlanmıştır. Araştırma Projesi danışman tarafından değerlendirilmiş ve sunumu [25 Mayıs 2025] tarihinde yeterli görülerek kabul edilmiştir.

Araştırma Projesi Sunum Jüri Üyeleri

Başkan	Dr. Uğur Tarçın (SAHA AKADEMİ Öğr.Görevlisi)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	İlker Özkan (Genel Sekreter Yrdc)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	Pınar Erguvan Kaya (SAHA İstanbul Kurumsal İlişkiler Müdürü)	<i>e-imzalıdır</i>

(Formun aslı, imzalı olarak ilgili dosyada muhafaza edilmektedir.)

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1. Özet:	3
2. Proje Amacı:	3
3. Projenin Kapsamı:	4
4. Projenin Hedef Kitlesi:	5
5. Projenin Yöntemi ve Çalışma Planı:	5
6. Beklenen Sonuçlar:	7
7. Proje Bütçesi:	7
8. Riskler ve Önlemler:	8
9. Proje Süresi:	9
10. Kaynaklar:	9
11. Değerlendirme Kriterleri:	9
12. Sonuç	10
13. Kaynakça	11



İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ (İHA) HAVADAN YAKIT İKMAL PLATFORMU OLARAK KULLANIMI (İHA-R) (PROJE)

Mustafa ERBAY

MSB, Hava Kuvvetleri Komutanlığı

erbay38@hotmail.com

1. Özet:

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) gelecekte havadan yakıt ikmal platformu olarak kullanılması, modern askeri operasyonlarda stratejik bir dönüm noktasını oluşturabilir. Bu sistem, savaş uçakları ve diğer insansız araçların operasyonel sürekliliğini artırırken insan faktörüne bağlı riskleri azaltmayı hedeflemektedir.

Proje kapsamında, otonom yakıt transfer sistemleri, yapay zekâ tabanlı kontrol mekanizmaları ve gelişmiş sensör teknolojileri geliştirilecektir. Bu teknolojiler, İHA'ların hem güvenli hem de etkin bir şekilde diğer hava araçlarına yakıt ikmal yapmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda, simülasyonlar ve test uçuşlarıyla sistemin güvenilirliği ve performansı değerlendirilirken, operatörlerin eğitimi için de özel programlar düzenlenecektir.

Bu yaklaşım, savunma sanayiinde maliyet etkinliği ve enerji verimliliği sağlarken, operasyonların kesintisiz olarak devam etmesine imkân tanıyacaktır. Böylece hem ulusal savunma kapasitesini hem de uluslararası askeri iş birliklerini güçlendirme potansiyeline sahiptir. Proje, yenilikçi teknolojiler sayesinde savaş alanında devrim yaratacak bir vizyon sunmaktadır.

2. Proje Amacı

Projenin amacı, İHA'ların operasyonel esneklik ve sürekliliğini artırarak, modern savaş ve savunma stratejilerine yenilikçi bir çözüm sunmaktır. Daha spesifik olarak:

- İnsanlı hava araçlarına veya diğer İHA'lara İHA-R vasıtasıyla uçuş sırasında güvenli ve hızlı bir şekilde yakıt ikmal yaparak platformların görev sürelerini uzatmak ve böylece **yakıt ikmal süreçlerinde verimliliği sağlamak.**
- Geleneksel yakıt ikmal operasyonlarında yer alan **personel ve ekipmanların risklerini ortadan kaldırmak**, özellikle düşman bölgelerinde yapılan operasyonlarda güvenliğini artırmak.

- İHA-R'ler ile görev uçaklarının görev sahasında daha uzun süre kalmasını ve genişletilmiş görev menziline ulaşmasını sağlayarak **operasyonel kapasiteyi artırmak**,
- İnsansız platformların daha düşük maliyetli işletim avantajlarından yararlanarak, konvansiyonel ikmal uçaklarına ihtiyacı azaltmak ve böylece **maliyet etkinliği sağlamak**,
- Aynı zamanda otonom yakıt transferi, uçuş ve sensör teknolojisi gibi ileri mühendislik çözümlerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına öncülük ederek **teknolojik ilerlemeleri teşvik etmektir**.

3. Projenin Kapsamı

a) İlgili Alanlar / Odaklanılan Konular:

- **Otonom Sistemler ve Teknoloji Gelişimi:** Otonom yakıt transfer sistemlerinin geliştirilmesi, İHA-R'lerin görev sırasında diğer hava araçlarına yakıt aktarabilmesi.
- **Havacılık ve Savunma Sanayii:** Operasyonel süreklilik sağlamak amacıyla İHA-R platformlarının öncelikle muharip uçaklar ve diğer insansız hava araçlarıyla (İHA/Silahlı İHA-SİHA) entegre çalışabilmesi.
- **Yakıt Transfer Güvenliği:** Havada yakıt ikmali sırasında ortaya çıkabilecek teknik ve güvenlik risklerinin azaltılmasına yönelik sistem geliştirme.
- **Stratejik Operasyonel Yetenekler:** Uzun mesafeli/sürekli görevlerde insansız platformların kullanımıyla görev sürekliliğinin artırımı.

b) Yürütülecek faaliyetler:

- **Ar-Ge Çalışmaları:** İHA'ların yakıt taşıma kapasitesinin artırılması, yakıt aktarım yeteneklerinin oluşturulması.
- **Prototip Geliştirme:** Havadan yakıt transferi yapabilecek İHA-R prototiplerinin geliştirilip üretilmesi.
- **Simülasyon ve Test Uçuşları:** Farklı hava koşulları ve operasyonel senaryolar için güvenlik testlerinin ve performans değerlendirmelerinin yapılması.
- **Regülasyon ve Standart Çalışmaları:** Ulusal ve uluslararası hava sahası düzenlemelerine uygun olarak mevzuat ve standartların oluşturulması.
- **İş birlikleri ve Entegrasyon:** Savunma sanayi şirketleri, mühendislik firmaları ve hükümet kuruluşları arasında koordinasyonun sağlanması.

- **İleri Teknoloji Transferi:** Sensör sistemleri, yapay zekâ destekli karar mekanizmaları ve iletişim altyapısının geliştirilmesi.

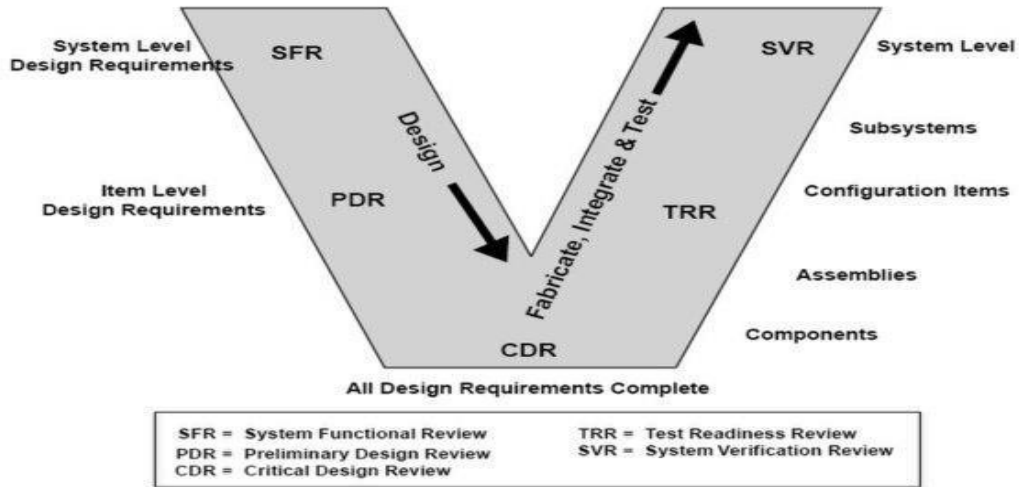
4. Projenin Hedef Kitleleri

- **Türk Silahlı Kuvvetleri ve Özel Operasyon Birimleri:** Stratejik üstünlük sağlamak, Türkiye'nin bölgesel etkinliğini güçlendirmek ve caydırıcılığını artırmak için kullanabilir. Görev sürekliliği sağlanarak daha uzun mesafelerde operasyonel süreklilik artırılabilir, halihazırda kullanılan ve gelecekte daha gelişmiş yeteneklere haiz olması beklenen İHA/SİHA/MİUS'ların (Muharip İnsansız Uçak Sistem) otonom tekniklerle havada lojistik desteği sağlanabilir ve havada kalış süresi artırılarak hedef angajman imkânı zamandan bağımsız yürütülebilir.
- **Savunma Sanayi Şirketleri:** İHA üreticileri, sensör ve yakıt transfer teknolojisi geliştiren şirketler, yazılım geliştiren şirketler proje de dahil edilerek gelecek teknolojilerinde küresel pazarda rekabetçi ve öncü bir duruma erişebilirler.
- **Dost/Müttefik Ülkeler:** NATO ve dost/müttefik ülkelere ihraç edilmek suretiyle bu ülkelerle savunma alanında iş birliği, bölgesel güvenlik ve istikrarı artırılabilir, ülkeler arasında stratejik bağlar güçlendirilir ve karşılıklı güven pekiştirilebilir.

5. Projenin Yöntemi ve Çalışma Planı

- Projenin, alanında uzman mühendisler, savunma sanayi şirketleri, akademik kuruluşlar ve devlet kurumlarından oluşan bir konsorsiyum oluşturularak gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.
- Proje, PMI (Project Management Institute) standartlarına uygun şekilde aşamalı olarak yönetilecektir. İş paketleri ve kilometre taşları, düzenli gözden geçirme toplantıları ile takip edilecektir. Finansal, insan gücü ve teknik kaynaklar optimize edilecek, gerekli prototipler, laboratuvar altyapısı ve test sahaları hazırlanacaktır.
- Süreç içerisinde bilgisayar teknolojileri ve aerodinamik çalışmalara bağlı olarak küçük ölçekli İHA'lar (veya mevcut sistemler) üzerinde teknolojilerin uygulanabilirliği test edilecek ve mevcut veya gelecekte geliştirilecek alternatif platformlar üzerinde prototip ürünler geliştirilerek test uçuşları yapılacaktır.
- Projede öncelikle **Literatür Taraması** yapılarak mevcut havadan yakıt ikmali teknolojileri ve İHA platformlarına uygulanabilirliğinin incelenmesi, halihazırda ve yakın gelecekte hayata geçmesi beklenen teknolojilerde dikkate alınarak **Durum Analizi** yapılması hedeflenmektedir.

- Yakıt tasarruflu itki sistemlerinin araştırılacak/geliştirilecek, konvansiyonel sistemlere göre kısmen daha küçük kapasitelerde (2 ton veya daha düşük) farklı miktarda yakıt ikmal kabiliyetine sahip İHA modelleri tasarlanacak veya seri üretimi bulunan sistemlerin modifikasyonu yapılabilme olanakları incelenecektir.
- Ayrıca Otonomus sistemler için AI (Yapay Zekâ) ve iletişim protokollerini içerecek şekilde yazılımlar geliştirilecek olup alıcı platforma nitelikli sensörler ve mekanik sistemler vasıtasıyla hassas yakıt ikmali sağlayacak sistemler tasarlanacaktır.
- İlerleyen aşamada test ve simülasyonlar vasıtasıyla farklı operasyonel senaryolara göre emniyetli uçuşa esas geliştirme testleri yapılacak, Prototip ürünlerin tatbikat, benzetilmiş senaryolarda emniyet esas alınarak mevcut muharip sistemler ile gerçek zamanlı kullanım senaryoları gerçekleştirilecektir.
- Projenin aşağıda sunulduğu üzere genel havacılık çalışmaları için geçerli olan Sistem Fonksiyonel İncelemesi (System Functional Review-SFR), Ön Tasarım İncelemesi (Preliminary Design Review-PDR), Kritik Tasarım İncelemesi (Critical Design Review-CDR), Test Hazırlık İncelemesi (Test Readiness Review-TRR) ve Sistem Doğrulama İncelemesi (System Verification Review-SVR) süreçleri dikkate alınarak yürütülmesi planlanmaktadır.



V-Model

Kaynak : <https://www.slideserve.com/philander-steve/lecture-1-4-life-cycle-models>

Buna göre T0 Proje başlangıç (Kick-off) tarihi olmak üzere öngörülen takvim Tablo-1’de sunulmuştur

System Requirement Review - SRR	Preliminary Design Review - PDR	Critical Design Review - CDR	Test Readiness Review- TRR	System Verification Review - SVR
T0 + 8 Ay	T0+16 Ay	T0+28 Ay	T0+40 Ay	T0+52 Ay

Tablo-1: Taslak Proje Takvimi

6. Beklenen Sonuçlar

- Projenin tamamlanması ile birlikte otonomus kabiliyete haiz İHA-R platformları ile üzerlerine entegre sensörler ve yazılım vasıtasıyla havadan yakıt alma kabiliyetine haiz başta muharip platformlar olmak üzere insanlı/insansız hava araçlarına havadan yakıt ikmali yapılabilmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle daha fazla sayıda İHA-R ile hava sahasının birçok bölgesinde aynı anda görev gerçekleştirilebilecek ve kesintisiz görev icra edilebilecektir.
- Ayrıca proje sonunda insanlı tanker uçaklarına oranla; daha düşük radar görünürlüğüne sahip, nispeten daha düşük operasyonel maliyetlerle kullanılacak, riskli operasyonel bölgelerde veya düşman radarlarının yoğun olduğu alanlarda görev yapma kapasitesinde, yapay zekâ ve otonom navigasyon gibi ileri teknolojilerle donatılmış platformlar kullanılacak ve istenmeyen operasyonel kayıplar sadece platform seviyesinde kalabilecek, nitelikli insan/operatör kaybı yaşanmayacaktır.

7. Proje Bütçesi

- Projenin bir geliştirme projesi olduğu dikkate alınmakta ve nitelikli insan gücü ile yüksek teknoloji sistem ihtiyaçları bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda gerçekleştirilen Savunma Sanayii Projelerinde kullanılan maliyet kırılımları da göz önünde bulundurulduğunda maliyet kalemleri ve yaklaşık maliyetler aşağıda sunulmuştur.

Maliyet Kalemi	Tahmini Bütçe
Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri	50-70 milyon USD
Prototip Üretimi	30-50 milyon USD
Test ve Simülasyon alt yapı kurulumu	10-20 milyon USD
Test Uçuşları (Prototiplerin farklı senaryolarda testi)	15-25 milyon USD
Seri üretim (1 platform maliyeti)	100-150 milyon USD
Entegrasyon (Sistemlerin mevcut savunma altyapısına entegrasyonu)	20-30 milyon USD
Kullanıcı Eğitimi ve Operasyonel Hazırlık	5-10 milyon USD
Gerçek operasyonel koşullarda saha testleri.	10-15 milyon USD
Proje Yönetim Faaliyetleri	5-10 milyon USD
Maliyet Kalemi	Tahmini Bütçe
Lojistik ve Destek (Yedek parça, bakım ve lojistik destek)	10-20 milyon USD
TOPLAM	255-400 milyon USD

Tablo-2

8. Riskler ve Önlemler

Proje kapsamında Teknik riskler (*Yakıt Transfer Hataları, Otonom Sistem/Yazılım Hataları vb.*) Güvenlik riskleri (*Kaza-kırım,siber güvenlik açıkları vb.*), Operasyonel Riskler (*Meteorolojik zorluklar vb.*) ve Kanuni/mevzuatsal Riskler (*Hava Sahası Kullanımı, Uluslararası Regülasyonlar-EASA/FAA vb.*) ile karşılaşmak mümkündür.

Bu riskleri minimize etmek için gelişmiş ve test ve simülasyon ortamlarının yoğunlukla kullanımı, platformlara TCAS vb çarpışma önleyici sistem entegrasyonu veya over-ride imkânı bulunması, kritik sensör ve sistemlerin yedekli entegrasyonu (yedek taktik data link vs.), Hava sahası düzenlemelerine

uyum sağlamak için uluslararası kuruluşlarla iş birliği yapılması, sertifikasyon süreçlerinin hızlandırılması amacıyla kanun düzenleyici kurumlarla eşgüdümlü olarak çalışılması uygun olacaktır.

9. Proje Süresi

Projede, yukarıda ifade edilen konsorsiyum üyelerinin bütünleşik katkıları ile birlikte, ilk test uçuşunun TRR öncesi, sözleşme imzasına müteakip 36 ay içerisinde gerçekleştirilebileceği, Başlangıç Operasyonel Kabiliyette (Initial Operational Capable-IOC) platform teslimine ise 48 ay içerisinde başlanabileceği değerlendirilmektedir. Nihai Operasyonel Kabiliyette (Full Mission Capable-FMC) platform teslimatlarına, sertifikasyon & kalifikasyon süreçleri de paralel fazda yürütüleceği farz ve kabul edilerek, 60 ay sonunda başlanabileceği kıymetlendirilmektedir.

10. Kaynaklar

Projenin, NATO (SPS-Science for Peace and Security-Barış ve Güvenlik için Bilim) ve Avrupa Birliği (Horizon Europe, EUREKA vb.) benzeri dış kaynak finansmanları ve Müsterek Silahlanma İş Birliği Teşkilatı (OCCAR- Organisation Conjointe de Coopération en matière d'Armement) benzeri ülke konsorsiyumları ile yürütülebileceği kıymetlendirilmektedir.

Ayrıca SSB.lığı (Nitelikli Ürün Kredisi vb), TÜBİTAK (1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı vb), Kalkınma Ajansları gibi iç finansman teşvik ve hibelerinden de faydalanılabileceği değerlendirilmektedir.

Bu kritik yetenek için Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) ve bu alanda çalışsan,üretim yapan firmalarla kaynak sağlama çalışması yapılabilir. NATO fonlarından faydalanma araştırılabilir.

11. Değerlendirme Kriterleri:

Projede yer alan sistem ve kabiliyetlere yönelik yapılan araştırmalar neticesinde benzer çalışmaların Boeing, Airbus gibi büyük havacılık firmaları tarafından yapıldığı bilinmektedir. Örneğin MQ-25 Stingray İHA'sı (Şekil-1) ile F/A-18 Super Hornet uçağına (Şekil-2) ve E-2D (Hawkeye) Komuta Kontrol Uçağına (Şekil-3) 2021 yılında havadan yakıt ikmali yapma denemeleri yapılmıştır.



Şekil 1: MQ-25 Stingray



Şekil 2: F/A-18 Super Hornet



Şekil 3: E-2D Komuta Kontrol Uçağı
(Hawkeye)

Başarım kriteri, aşamalara bölünerek tanımlanmıştır. Buna göre ilk prototip platform test uçuşları akabinde erişilecek olan IOC kabiliyetinde otonom uçuş yeteneğinin sağlanması ve operatör vasıtasıyla havadan yakıt ikmal edebilme imkânı bulunması hedeflenmiştir. Projenin ana başarı kriteri olarak FMC kabiliyetinde bir İHA-R ile otonomus olarak başka bir uçağa yakıt ikmali yapılması hedeflenmiştir.

Hedeflenen uçağın, hâlihazırda test ve denemeleri devam eden muadilleri de dikkate alınarak aşağıda sunulan teknik özelliklere sahip olması amaçlanmıştır.

Kanat Açıklığı : ~21-24 m arasında

Yerden yüksekliği : ~2.5-3.5 m arasında

Maksimum Kalkış Ağırlığı (MTOW): 3.500 – 4.000kg arasında

Faydalı Yük Kapasitesi: ~2.000 kg

İtki Sistemi : Turbofan

Seyir hızı : ~ 900 km/sa

Maksimum irtifa : ~ 35.000 feet (11 km)

12. Sonuç

Harekat alanında avantaj sağlayacak ve hareket mesafesini uzatacak önemli bir yetenektir.

13. Kaynakça

- NATO (n.d.) https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_216199
- Scientiadr (n.d.) <https://scientiadr.com/V-Model>
- Systems Engineering Fundamentals. Defense Acquisition University Press, 2001.
- Martinez,C. & Richardson, Thomas & Campoy,P. “Towards Autonomous Air-to-Air Refuelling for UAVs using visual information”,05.2013, <https://www.researchgate.net/publication/261435362>.
- Kurunç,K. “Avrupa'nın Eurodrone İHA programında PDR aşaması tamamlandı.”, GDH Defence,17.05.2024, <https://archive.gdh.digital>.
- Özbek,T.“Airbus havada İHA'ya yakıt ikmali yaptı.” 28.03.2023, www.tolgaozbek.com/savunma/
- Werner,B. “General Atomics, Boeing Autonomous System Division Team for MQ-25A Bid”, 20.02.2018, U.S.Naval Institute (https://news.usni.org/2018/02/20/mq_25a_bidders_team_up)
- <https://www.naval-technology.com/projects/mq-25-stingray-unmanned-aerial-refuellingaircraft/?cf-view&cf-closed>
- Savunma ve Havacılık Sanayii Yatırımlarında Yararlanılabilecek Devlet Destekleri ve Teşvik Programları, İstanbul Sanayi Odası Savunma Sanayi Zirvesi, 9 Ekim, 2017

