

Kısa Pistli Uçak Gemilerinden Operasyonel Olarak İHA Kaldırmak İçin Maliyet Etkin Bir Yaklaşım

Mustafa MURAT¹ ORCID 0000-0002-5404-870X

Fahrettin ÖZTÜRK^{*2} ORCID 0000-0001-9517-7957

¹Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Ankara

²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi: 28.08.2023

Kabul tarihi: 28.03.2024

Atıf şekli/ How to cite: MURAT, M., ÖZTÜRK, F., (2024). Kısa Pistli Uçak Gemilerinden Operasyonel Olarak İHA Kaldırmak İçin Maliyet Etkin Bir Yaklaşım. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(1), 23-30.

Öz

Havacılık endüstrisi ve savunma sanayiinde uçak gemilerinin operasyonel olarak kullanılması oldukça kritik bir konudur. Günümüzde ise uçak gemilerinin operasyonel konsepti İnsansız Hava Araçları (İHA) ile beraber kurgulanmaktadır. İHA'ların uçak gemilerinin minimum maliyet ile kaldırılması askeri anlamda birçok faydayı beraberinde getirecektir. Değişken hücum açılı kanada sahip olarak tasarlanan bir insansız hava aracı, kısa mesafeli uçak gemisi pistlerinden rahatlıkla kalkabilmesi için uygun bir tasarım öngörülmüş ve bu bağlamda uygun bir matematik model ile hesaplamalar doğrulanmıştır. Yapılan hesaplamalarda ülkemizin en büyük uçak gemisi Türkiye Cumhuriyeti Gemisi (TCG) Anadolu'dan toplam ağırlığı 1425 kg'ı geçmeyen İHA rahatlıkla kalkış-iniş yapabilir sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Değişken hücum açılı kanat; Kısa mesafeden kalkış; Uçak gemisinden İHA kalkışı

A Cost-Effective Approach to Operationally Removing UAVs from Short-Runway Aircraft Carriers

Abstract

The operational use of aircraft carriers in the aviation industry and defense industry is a critical issue. Today, the operational concept of aircraft carriers is designed together with Unmanned Aerial Vehicles (UAV). The removal of aircraft carriers of UAVs with minimum cost will bring many benefits in military terms. An UAV designed with a variable angle of attack wing was designed to be able to easily take off from short-range aircraft carrier runways, and in this context, a suitable mathematical model was used to validate the calculations. In the calculations, it was concluded that the UAV, whose total weight does not exceed 1425 kg, can easily take off and land from Republic of Türkiye Ship (TCG) Anadolu, the largest aircraft carrier of our country.

Keywords: Variable incidence wing; Take-off from short runway; UAV Take-off from aircraft carrier

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Fahrettin ÖZTÜRK, fahrettin71@gmail.com

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA)'ın sivil, askeri ve istihbarat alanında kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır [1]. Özellikle askeri olarak, savunma, saldırı, istihbarat gibi önemli alanlarda etkinliği artan insansız hava araçlarının önemi her geçen yıl daha da iyi anlaşılırken, ülkelerin bu teknolojiye yaptığı yatırımlar da katlanarak artmaktadır.

İHA'lar köklü konvansiyonel savaş metotlarında paradigma değişimlerine yol açmış, savaş stratejilerini değiştirmiş, artık savaşların İHA faktörlerine göre yeniden kurgulandığı bir döneme girilmiştir [2]. Özellikle ülkemizde üretilen İHA'lar gündem olmuştur. Bunun en önemli örneklerini dünyaya Türk İHA'larının Karabağ, Libya, Suriye, Irak gibi birçok bölgede defalarca kanıtlamış, tüm dünya ülkemizin bu alandaki teknolojik gücünü ve ürün kalitesini kabullenmiştir. Bunun neticesinde hava araçlarının ihracatı sürekli artarak devam etmekte, dünyada İHA denince akla Türk insansız hava araçları gelmeye başlamıştır [3].

Bu platformların gelişmesiyle birlikte birbirinden farklı modeller ortaya çıkmıştır, örneğin seyir füzeleri artık bu platformlara entegre edilirken kimi zaman baz istasyonu olarak bile kullanılabilir hale gelen modelleri ve hatta denizaltı avlayan modelleri dahi savunma sanayinin hizmetine sunulmuştur. Bu gibi amaçların dışında sosyal faaliyetlerde de sık sık kullanılan bu teknoloji yangın, deprem ve herhangi bir doğal afet durumunda da kendilerine geniş kullanım alanları bulmaktadır [4]. Medya sektöründe de hemen hemen her yerde kullanılmaya başlamıştır. İHA'ların kullanım alanları arttıkça ve varyasyonları da zaman içinde geliştikçe bu sistemlerin deniz platformlarına taşınması ve operasyonel olarak savaş gemilerinde kullanılması gelişmiş orduların bir isteği haline gelmeye başlamıştır. Bu isteğin en önemli sebebi şüphesiz savaş gemilerinin harp sahasındaki öneminden kaynaklanmaktadır. Zira bir filo hava aracını deniz ötesi ihtiyaç olan bir bölgeye intikal ettirip ana karadan uzakta savaş ve ikmal faaliyetlerini başarıyla sürdürebilmek ancak savaş gemileriyle mümkün olmaktadır. İnsan faktörü olmayan İHA'ların bu savaş gemileriyle başarılı bir şekilde entegrasyonu ve operasyonel olarak

kullanılmasının ise önümüzdeki dönemlerde savaş stratejisinde derin izler bırakacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda kısa pistli savaş gemilerinden operasyonel olarak İHA kaldırıp indirmek günümüzün en önemli mühendislik konuları arasında yer almaktadır. Örneğin güvertesinde katapult ile çekme veya kanca ile durdurma sistemi olmayan, pisti de kısa olan (202 m) TCG Anadolu gemisinden İHA kaldırıp indirmek ciddi bir mühendislik konusu olup yeni maliyet etkin yaklaşımlara açık bir alandır. Bu bağlamda değişken hücum açılı kanat tasarımı ile kısa pistli gemilerden kalkış ve iniş operasyonel olarak mümkün olacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Değişken hücum açılı kanat tasarımı hava aracına birçok alanda esneklik kazandırmaktadır. Bunların başında üretilen kaldırma kuvvetinin istenilen durumlarda artırılıp azaltılması ve CL/Cdmax açısının her uçuş koşulunda rahatlıkla yakalanması olarak özetlenebilir. (CL: Kaldırma veya taşıma katsayısı, Cd: Sürüklenme katsayısı). Değişken hücum açılı kanat tasarımı fikri 1950'lere kadar uzanmaktadır. Değişken hücum açılı kanat için ilk patent 1912 yılında George Boginoff tarafından alınmıştır [5]. İlk uçuşunu 25 Mart 1955 tarihinde gerçekleştiren F-8 jeti, değişken hücum açılı kanatları ile Amerikan Deniz Kuvvetlerinde kullanılmıştır. Toplamda 1219 adet üretilen bu hava aracı 1900'lerin ortasında kendine operasyonel olarak kullanım alanı bulmuştur [6]. Hava araçlarının deniz platformlarında kullanımı genel olarak ciddi bir konu iken bu durum 1950'lerde daha büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmıştır. Özellikle hava aracının uçak gemisine yaklaşması esnasında uçağın hızının yavaşlaması, uçağın hücum açısının artmasına sebebiyet veriyordu. Uçağın hücum açısının artması ise pilotların pisti görmesini zorlaştırıyor, ciddi kullanım zorluklarına yol açıyordu. Bu sorunu çözmek amacıyla F-8 tasarımcıları değişken hücum açılı kanat ile uçağın hücum açısını artırmadan sadece kanadın hücum açısını artırarak uçağın gemiye daha kontrol edilebilir ve güvenli olarak yaklaşmasını amaçlayarak Şekil 1'de görülen F-8'i tasarladılar. Bu tasarım değişikliği sadece uçağın daha düşük hızlarda güvenle gemiye yaklaşıp inmesini

sağlamadı aynı zamanda gemiden daha kısa mesafede kalkmasına da katkıda bulundu.



Şekil 1. Değişken hücum açılı kanada sahip F-8 jeti

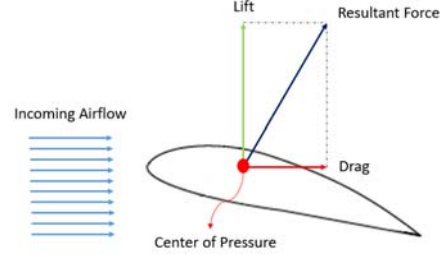
3. MALZEME VE METOT

Bu bölümde yapılan hesaplamalarda kullanılan metot açıklanacaktır. Hava araçlarının uçuş hesaplamaları çok karmaşık olduğu için matematik modelleme yöntemleri bu hesaplamaları gerçekleştirirken kullanılan en temel yöntemdir. Bu bağlamda matematik model Matlab SIMULINK ile kurulmuştur. Matematik modele eklenmesi gereken parametreler ise CFD analizleri ile uçuş mekaniği verilerini el hesaplaması temeline göre sonuçlandıran XFLR5 programı ile hesaplanmış ve matematik modele eklenmiştir. Kurulan matematik model ile kalkış süresi kalkış mesafesi, kalkış hızı vb. tüm parametreler hesaplanarak grafiklendirilmiştir.

4. KISA MESAFEDEN KALKIŞ ANALİZİ

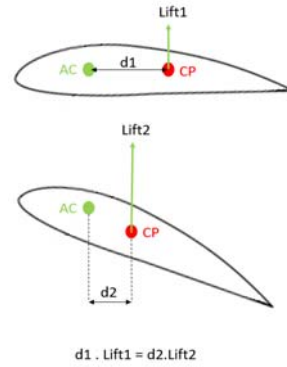
Bu bölümde değişken kanat açılı mekanizmanın hava aracının kalkış mesafesine olan etkisi ve buna bağlı olan diğer parametrelerin incelenmesi söz konusudur. Bu parametreler, basınç merkezi, aerodinamik merkez, nötr nokta ve stabilite olarak sıralanabilir.

Şekil 2’de gösterildiği üzere basınç merkezi kanatta oluşan kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin bileşke olarak etkidiği hayali noktaya verilen addır.



Şekil 2. Basınç merkezi

Hücum açısı Şekil 3’de gösterildiği üzere yaklaşan hava veya ilgili hava akımı ile hava aracı üzerindeki bir veter çizgisinin arasındaki açıdır.



Şekil 3. Aerodinamik merkez

Uçakların ürettiği kaldırma kuvvetinin çok büyük bir kısmı kanatlardan elde edilmektedir. Her ne kadar gövde ve diğer komponentler de kaldırma kuvveti üretse de asıl etki kanattan gelmektedir. Üretilen kaldırma kuvveti:

$$L = (0.5) * (\rho) * (v)^2 * S * C_L [7]$$

ρ = Hava yoğunluğu (kg/m³)

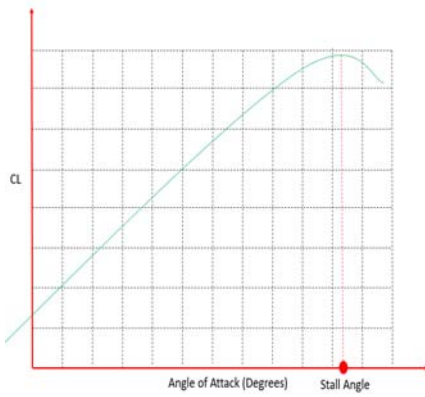
v = Hava aracı hızı (m/s)

S = Kanat izdüşümü (m²)

C_L = Kaldırma katsayısı

formülüyle hesaplanmaktadır. Bu formülde uçağın hızının ve havanın yoğunluğunun sabit olduğunu varsayarsak kaldırma kuvvetinin artması için C_L katsayısının artmasının gerektiği görülmektedir. C_L

katsayısının artması ise doğrudan kanadın hücum açısına bağlıdır [8]. Bu durumda, kanadın hücum açısını ihtiyaç halinde artırabileceğimiz bir tasarım yapmak kısa pistten kalkış imkânını İHA'lar için mümkün kılacaktır. Kanadın gövdeye oturma açısının yüksek CL ihtiyacı olduğu durumlarda artırılması ve gerekli ihtiyacın ortadan kalkması durumunda da (CL/Cd)max açısına getirilmesi hem kısa pistten iniş kalkışı sağlayacak hem de maksimum havada kalışı sağlayacaktır [9].



Şekil 4. CL-alfa grafiği

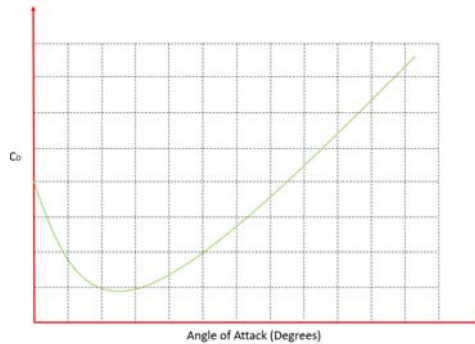
Cd-alfa grafiği (Şekil 5) bir diğer önemli parametredir. Toplam üretilen sürüklenme kuvveti aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$D = 0.5 * \rho * v^2 * S * Cd \quad [10]$$

D: Sürüklenme kuvveti (Newton)

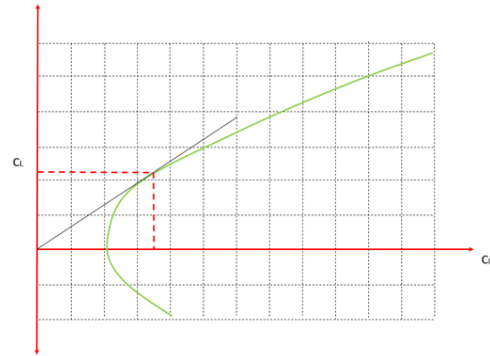
Cd: Sürüklenme katsayısı

Örnek bir Cd-alpha grafiği Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Cd-alfa grafiği

İHA tasarımı esnasında dikkat edilen en önemli parametrelerden bir tanesi de CL-Cd grafiğidir. Zira CL-Cd değerinin maksimum olduğu açı aynı zamanda maksimum havada kalış için gerekli açı olduğu için bir diğer önemli parametre olarak değerlendirilmektedir. (CL/Cd)max değeri Şekil-6'da sembolize edildiği üzere CL-Cd grafiğinde orijinde başlayıp grafiğe teğet çizilen bir doğrunun açısı olarak hesaplanmaktadır.



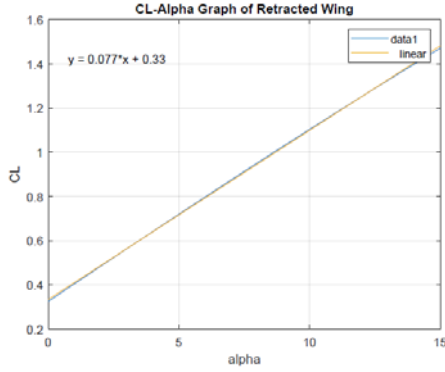
Şekil 6. CL-Cd grafiği

Bu çalışmada kalkış mesafesinin hesaplanması Matlab Simulink programında kurulan matematik modelle gerçekleştirilmiştir. Kullanılan matematik modelde kaldırma kuvveti, sürüklenme kuvveti, motor itkisi, yer sürtünmesi v.b. parametreler kullanılmıştır. Kurulan matematik modelde kullanılan aerodinamik katsayılar XFLR5 programı kullanılarak hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kanat modeli aerodinamik veriler

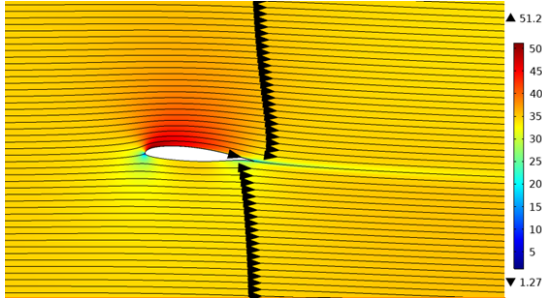
alpha	CL	CD	Cm	XCP
0	0,325062	0,010693	-0,17838	0,9602
1	0,364823	0,011787	-0,18803	0,9016
2	0,404533	0,012932	-0,19765	0,8546
3	0,483775	0,015821	-0,21684	0,7838
4	0,562736	0,019623	-0,2359	0,7331
5	0,641363	0,024105	-0,25483	0,695
6	0,719607	0,029173	-0,2736	0,6654
7	0,797416	0,034853	-0,29219	0,6418
8	0,874741	0,04091	-0,31057	0,6225
9	0,951533	0,04755	-0,32872	0,6066
10	1,027	0,054655	-0,34663	0,5931
11	1,103	0,062443	-0,36427	0,5818
12	1,178	0,070784	-0,38163	0,572
13	1,252	0,079416	-0,39867	0,5635
14	1,325	0,088469	-0,41539	0,5562
15	1,398	0,097917	-0,43175	0,5498

Yukarıda verilen CL-alfa değerleri aşağıdaki tabloda gösterilen 1. dereceden yaklaşım ile lineerleştirilip matematik modele eklenmiş ve Şekil 7’de gösterilmiştir.

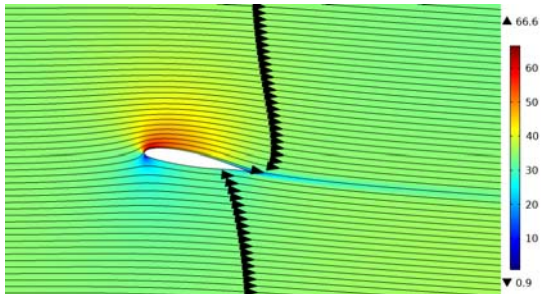


Şekil 7. CL-alfa grafiği

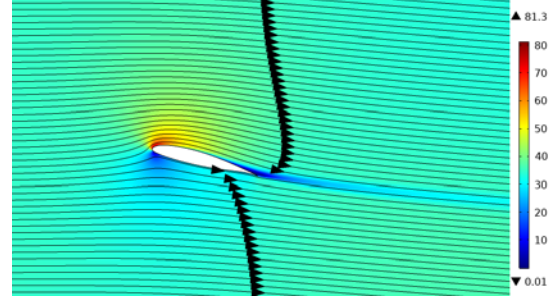
Kanat için sadece XFLR5 programı kullanılmamış olup CFD analizleri de gerçekleştirilmiştir. Bu kompleks CFD analizleri neticesinde de kanadın CL-alfa grafiği XFLR5 programı ile benzer çıkmıştır. 4,10 ve 14 derece açıları için hız ve basınç gradyenleri Şekil 8 ve Şekil 13 arasında sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.



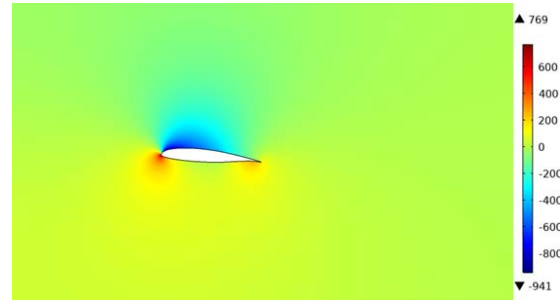
Şekil 8. 4 derece hücum açısı için hız gradyeni



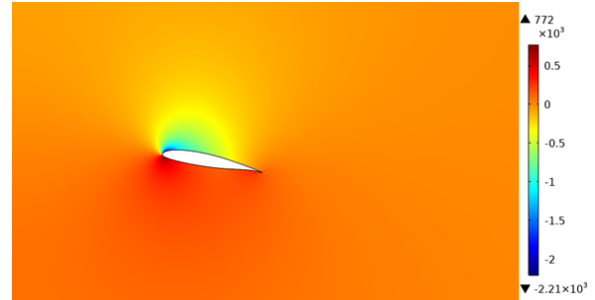
Şekil 9. 10 derece hücum açısı için hız gradyeni



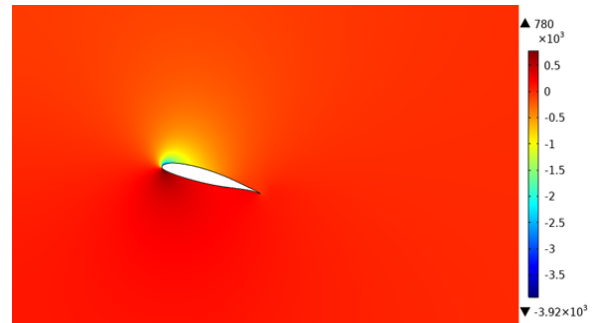
Şekil 10. 14 derece hücum açısı için hız gradyeni



Şekil 11. 4 derece hücum açısı için basınç gradyeni



Şekil 12. 10 derece hücum açısı için basınç gradyeni



Şekil 13. 14 derece hücum açısı için basınç gradyeni

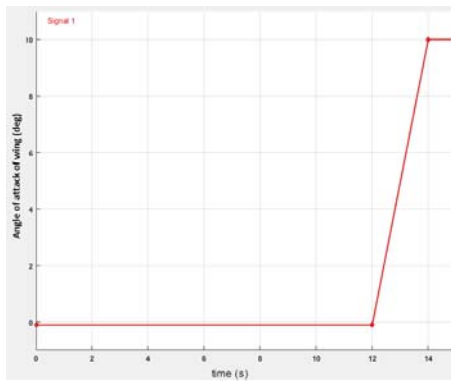
CFD sonuçları ile elde edilen CL-alfa grafiği ile XFLR5 programı ile elde edilen CL-alfa grafiği benzerlik göstermektedir.

Hava aracının toplam ağırlığı 1425 kg olarak alınmıştır. Bu ağırlığın 225 kg'ı yakıt ağırlığı olarak toplam itki ise 3000 Newton olarak kabul edilmiştir. Pist olarak ise Şekil 14'te gösterilen TCG Anadolu amfibi hücum gemisinin eğimli atlama rampası (ski-jump) pisti matematik modele eklenmiştir. TCG Anadolu'nun toplam pist uzunluğu 202 metredir.



Şekil 14. TCG Anadolu

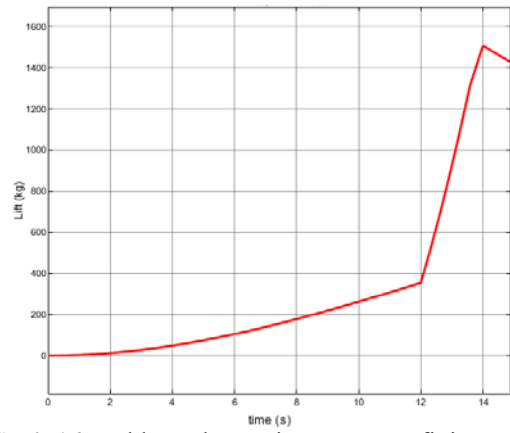
Kanadın hücum açısı ve kanadın kaldırma kuvveti arttıkça sürüklenme kuvveti de artmaktadır. Sürüklenme kuvvetinin artması ise hava aracının hızını azalttığı için kanadın hücum açısı 12. saniyede kalkışa kısa bir süre kala 10 dereceye çıkartılmıştır. Kanadın hücum açısının zamana bağlı değişimi Şekil 15'de gösterilmiştir.



Şekil 15. Kanadın hücum açısı – zaman grafiği

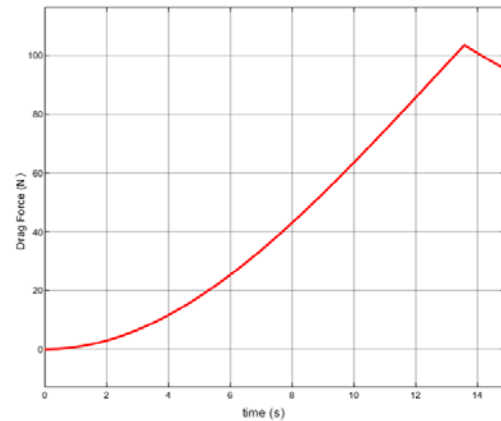
Kaldırma kuvveti Şekil 16'da gösterildiği üzere 12. saniyeye kadar kademeli olarak artmıştır. 12.

saniyeden sonra ise kaldırma kuvvetinde ani bir artış gerçekleştirmiştir. Bu artışın sebebi kanadın hücum açısının bu saniyeden sonra artmasıdır. 14. saniyeden sonra oluşan kaldırma kuvvetinin azalmasının sebebi ski-jump bölgesinin eğimi dolayısıyladır. Kalkış bittiğinde ise 1435 kg kaldırma kuvveti üretilmektedir, bu da hava aracının toplam kalkış ağırlığı kadar olduğu için kalkışın başarılı olduğu söylenebilir.



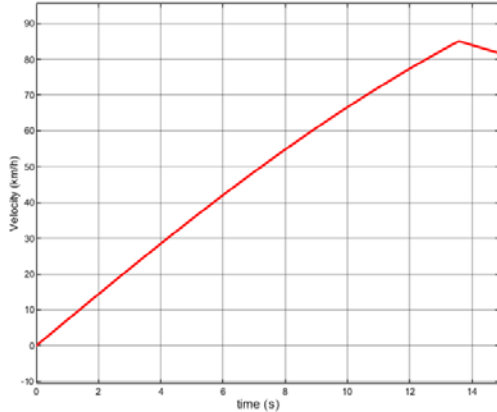
Şekil 16. Kaldırma kuvveti – zaman grafiği

Sürüklenme kuvveti ise bu süre zarfında eksponansiyel olarak ski-jump bölgesine kadar artmıştır. Sski-jump bölgesinde hız azaldığı için sürüklenme kuvveti bu bölgede azalmıştır. Sürüklenme kuvveti zaman grafiği Şekil 17'de gösterilmiştir.



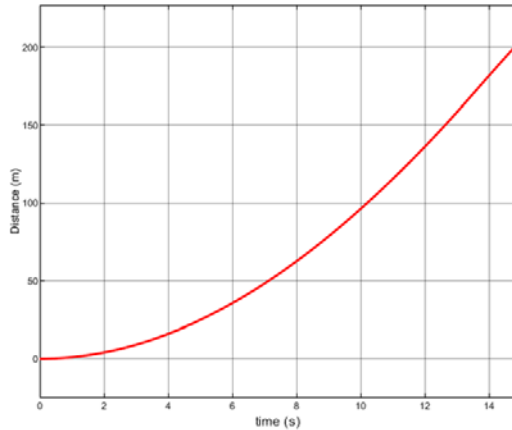
Şekil 17. Sürüklenme kuvveti – zaman grafiği

Hava aracının hız – zaman grafiği de neredeyse lineer olarak ski-jump bölgesine kadar artmış bu bölgeden sonra hız-zaman grafiği negatif eğime dönmüştür. Hava aracının hız-zaman grafiği Şekil 18’de gösterilmektedir.



Şekil 18. Hız-zaman grafiği

Hava aracının konum-zaman grafiğinin değişimi ise eksponansiyel olarak gerçekleşmiş, hava aracı 202 metrelik pisti 14,9 saniyede tamamlamıştır. Modellemede elde edilen konum-zaman grafiği Şekil 19’da ifade edilmiştir.



Şekil 19. Konum-zaman grafiği

5. SONUÇ

Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler ve hesaplamalar pist uzunluğu 202 metre olan ski-jump TCG Anadolu gemisinden toplam ağırlığı

1425 kg’ı geçmeyen kanat hücum açısı değiştirilebilir bir mekanizmaya sahip bir insansız hava aracının rahatlıkla katapult sistemi kullanmadan kalkabildiğini göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Villi, O., Yakar, M., 2022. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 4(2), 73-100.
2. Karakuş, C., Katman, F., 2019. Male Sınıfı İnsansız Hava Aracı (İHA) Teknolojisi ve Konvansiyonel (Geleneksel) Savaşta Yeri. Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 6(2), 882-897.
3. Ateş, E., 2021. Türkiye’nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(1), 7-16.
4. Erdelj, M., Natalizio, E., 2016. UAV-Assisted Disaster Management: Applications and Open Issues. 2016 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), Kauai, 1-5.
5. Boginoff, G., 1912. Aéroplane "Monoplan" Pouvant se Transformer en Biplan Dans la Chute, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/001485019/publication/FR44.4010A?q=pn%3DFR444010>, Erişim tarihi: 08.07.2023.
6. United States Naval Institute Proceedings, 1965.
7. NASA, 2021. The lift equation, <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/lifteq.html#:~:text=The%20lift%20equation%20states%20that,times%20the%20wing%20area%20A.&text=For%20given%20air%20conditions%2C%20shape,Ci%20to%20determine%20the%20lift>. Erişim tarihi: 10.07.2023, Cleveland.
8. Soontornpasatch, T., 2018. Computational Study of Low and High Subsonic Speed Aerodynamic Characteristics of the Modified Airfoil Profile. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 405.
9. NASA, 2021. Lift to drag ratio-glenn research center, <https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/lift-to-drag-ratio/> Erişim tarihi 10.07.2023, Cleveland.

10. Houghton, E.L., Carpenter, P.W., 2003.
Aerodynamics for Engineering Students,
Burlington, 28.